

TRABAJO FINAL INTEGRADOR

Evaluación Ambiental Preliminar de un
aprovechamiento hidroeléctrico en su fase de
factibilidad en el arroyo Casa de Piedra, San
Carlos de Bariloche

Alumna: Katherine Aguilar

Director: Mg. Ing. Martin Nini

Co-Directora: Ing. María Eugenia Parma

Carrera: Ingeniería Ambiental

Universidad Nacional de Río Negro - Sede Andina - San Carlos de Bariloche

2023

Agradezco a mi familia por apoyarme durante todos
estos años en mi formación profesional.
A mis compañeros y amigos por acompañarme
día a día en la universidad y fuera de ella.
Y a mis directores de tesis por guiarme
durante este trabajo.

Índice

1. Introducción.....	7
1.1. Energía hidroeléctrica.....	10
1.1.1. PAH.....	12
1.2. Caso de estudio.....	19
1.3. Objetivos.....	22
2. Marco normativo.....	24
2.1. Internacional.....	24
2.2. Nacional.....	25
2.3. Provincial.....	27
2.4. Municipal.....	30
3. Línea Base.....	31
3.1. Hidrología.....	32
3.2. Clima.....	39
3.3. Aire.....	41
3.4. Geología.....	43
3.5. Suelos.....	45
3.6. Flora.....	45
3.7. Fauna.....	50
3.8. Social.....	55
4. Evaluación de riesgo ambiental.....	60
4.1. Metodología.....	61
4.2. Resultados.....	62
4.2.1. Identificación de factores ambientales de interés.....	62
4.2.2. Nivel de riesgo de impactos ambientales.....	64
4.3. Análisis de resultados.....	68
4.4. Conclusiones.....	71
5. Análisis técnico y económico.....	75
5.1. Metodología.....	76
5.1.1. Cálculo de PHTB y PHTA.....	77
5.1.2. Relevamiento de costos de instalación de PAH.....	79
5.2. Resultados.....	80
5.3. Análisis de resultados.....	87
5.4. Conclusiones.....	88
6. Análisis social.....	90
6.1. Metodología.....	90
6.2. Resultados.....	92
6.3. Análisis de resultados.....	98
6.4. Conclusiones.....	99

7. Conclusiones finales y recomendaciones.....	101
8. Bibliografía.....	103
Anexos.....	107
Anexo I - Mapa del área urbana cercana al arroyo Casa de Piedra en la zona de desembocadura.....	107
Anexo II - Mapa de sensibilidad arqueológica y mapa con sitios de interés arqueológico y comunidades originarias presentes en la cuenca del arroyo Casa de Piedra.....	108
Anexo III - Metodología para la determinación de la sensibilidad del medio receptor según la Resolución 203/2016 - Anexo VI.....	110
Anexo IV - Metodologías implementadas para completar la serie de caudales de la estación de medición en el arroyo Casa de Piedra.....	112

Acrónimos

BGR: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales, Alemania)

CAI: Centro Argentino de Ingenieros

CAMMESA: Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico Sociedad Anónima

CDC: Curva de Duración de Caudales

CEB: Cooperativa de Electricidad Bariloche

CNEA: Comisión Nacional de Energía Atómica

DPA: Departamento Provincial de Aguas

EAP: Evaluación Ambiental Preliminar

EIA: Evaluación de Impacto Ambiental

EPRE: Ente Provincial Regulador de la Electricidad

GEI: Gases de Efecto Invernadero

IGN: Instituto Geográfico Nacional

MDE: Modelo Digital de Elevación

NDVI: Normalized Difference Vegetation Index (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada)

PAH: Pequeño Aprovechamiento Hidroeléctrico

PHTA: Potencial Hidroeléctrico Técnico Aprovechable

PHTB: Potencial Hidroeléctrico Teórico Bruto

PNNH: Parque Nacional Nahuel Huapi

PPNN: Parques Nacionales

RNU: Reserva Natural Urbana

RRNN: Recursos Naturales

SACC: Secretaría de Ambiente y Cambio Climático

SEGEMAR: Servicio Geológico Minero Argentino

SMN: Servicio Meteorológico Nacional

ONG: Organización No Gubernamental

ONU: Organización de las Naciones Unidas

Definiciones

Caudal ecológico: La cantidad, calidad y régimen¹ de los caudales necesarios para mantener ecosistemas de agua dulce y de estuario, así como el sustento y bienestar humano que dependen de dichos ecosistemas.

Evaluación Ambiental Preliminar: Estudio realizado en las primeras etapas de un proyecto cuya finalidad es brindar información para la toma de decisiones tempranas presentando una visión general sobre el potencial efecto que puede generar el proyecto sobre el medio natural y la sociedad.

Evaluación de Impacto Ambiental: Proceso que permite identificar, predecir, evaluar y proponer medidas de mitigación de los potenciales impactos que un proyecto de obra o actividad puede causar al ambiente, en el corto, mediano y largo plazo, previo a la toma de decisión sobre su ejecución. Desde la óptica normativa, se plantea como un procedimiento técnico-administrativo de carácter preventivo, que permite una toma de decisión informada por parte de la autoridad ambiental competente respecto de la viabilidad ambiental de un proyecto y su gestión ambiental.²

Parque Nacional: Áreas a conservar en su estado natural, que sean representativas de una región fitoogeográfica y tengan gran atractivo en bellezas escénicas o interés científico, las que serán mantenidas sin otras alteraciones que las necesarias para asegurar su control, la atención del visitante y aquellas que correspondan a medidas de Defensa Nacional adoptadas para satisfacer necesidades de Seguridad Nacional.

¹ Por cantidad hacemos referencia al volumen del caudal ecológico, mientras que el régimen es la variación de este volumen de agua a través del año a causa de los factores climáticos, factores físicos (relieve, vegetación y permeabilidad del sustrato rocoso) y factores humanos, como la construcción de presas y canales.

² Extraído en julio de 2023 de:
<https://www.argentina.gob.ar/qmbiente/desarrollo-sostenible/evaluacion-ambiental/glosario>

Reserva Nacional: Áreas que interesan para la conservación de sistemas ecológicos, el mantenimiento de zonas protectoras del Parque Nacional contiguo, o la creación de zonas de conservación independientes, cuando la situación existente no requiera o admita el régimen de un Parque Nacional.

Viabilidad Ambiental (de un proyecto): Expresión que relaciona la capacidad del ambiente de recuperarse ya sea por medios naturales o artificiales, y de los promotores de los proyectos de hacer un manejo adecuado de las alteraciones positivas o negativas; de tal forma, que se pueda garantizar un nuevo equilibrio proyecto ambiente, ante la intervención de cualquier actividad humana que implique producción o prestación de bienes y servicios, suministro de materias primas y/o desarrollo de infraestructura (Rodríguez, 2019).

Unidades

W= Watt

kW= Kilowatt

MW= Megawatt

m = Metro

ha = Hectáreas (1 ha = 10000 m²)

N = Newton

s = Segundo

1. Introducción

La energía ha resultado un medio para satisfacer las necesidades de la humanidad desde sus orígenes. Con el pasar del tiempo han ocurrido distintos hitos históricos que han llevado a su mayor demanda junto con la necesidad de ciertas formas de energía. Fue en el siglo XIX cuando una serie de descubrimientos e inventos llevaron al desarrollo del concepto y uso de la *energía eléctrica*. El hecho de que pudiera obtenerse a través de múltiples fuentes (carbón, leña, petróleo, recursos hídricos, entre otros) junto con su versatilidad y rendimiento frente a las alternativas de la época llevaron a que se fuera empleando cada vez más en el tiempo. En la actualidad, la electricidad es ampliamente utilizada para múltiples fines de gran vitalidad para la sociedad como: iluminación, refrigeración, comunicación, utilización de equipos electrónicos (computadoras, celulares, maquinarias, vehículos, etcétera), entre muchos otros usos.

Este incremento en su demanda ha llevado a la necesidad de aumentar cada vez más la producción de energía eléctrica, en especial, a través de la quema de combustibles fósiles. Esta forma de obtención se denomina *termoeléctrica* y alrededor de 2/3 de la energía eléctrica generada en el mundo es adquirida por este medio. Es durante la combustión de los combustibles que se produce la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI), llevando a la generación de electricidad a ser una de las principales actividades antrópicas en el mundo que contribuye al *calentamiento global*. Particularmente, en Argentina es la responsable del 13,1% de las emisiones de CO₂ del país; siendo solo superada por el transporte (13,8%) y la ganadería (21,6%).³ Esto se debe a que más del 80% de su matriz energética proviene de la quema de combustibles fósiles⁴ (específicamente del petróleo y gas en Argentina) que deriva en la generación de GEI.

Frente a este problema se han buscado múltiples soluciones, donde una de ellas ha sido el aumentar la participación de las denominadas *energías renovables* que, a pesar de generar otro tipo de impactos sobre el ambiente, no utilizan combustibles fósiles como materia prima y generan menos emisiones al ambiente. Como ejemplos

³ Información obtenida del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Argentina del 2019.

⁴ Carbón, gas, petróleo y sus derivados.

de estas energías se puede mencionar: la energía *eólica* que utiliza las corrientes de viento; la *solar* que aprovecha la radiación proveniente del sol; la *hidroeléctrica* generada a partir de las corrientes de agua; la *geotérmica* a partir del calor interior de la tierra; entre otras. Debido a que cada una de estas alternativas requiere de diferentes recursos de la naturaleza, cada país se ha visto en la necesidad de analizar qué recursos naturales posee, cual es el potencial de estos recursos, y cuál de ellos presenta mayores ventajas para el desarrollo energético. Todo esto con el objetivo de frenar el aumento de las temperaturas globales a través de la neutralidad de emisiones al acrecentar paulatinamente la implementación de las energías renovables, entre otras alternativas de mitigación del calentamiento global.

En los últimos años Argentina se ha propuesto una serie de metas de participación de energías renovables en su matriz energética, siendo del: 8% para los años 2017 y 2018; 12% para los años 2019 y 2020; y 16% para el año 2021. En la Imagen 1 se muestra cómo estos objetivos no se han llegado a cumplir obteniendo aportes del: 2% en 2017; 2,5% en 2018; 6,1% en 2019; 10% en 2020; y 13% en 2021.

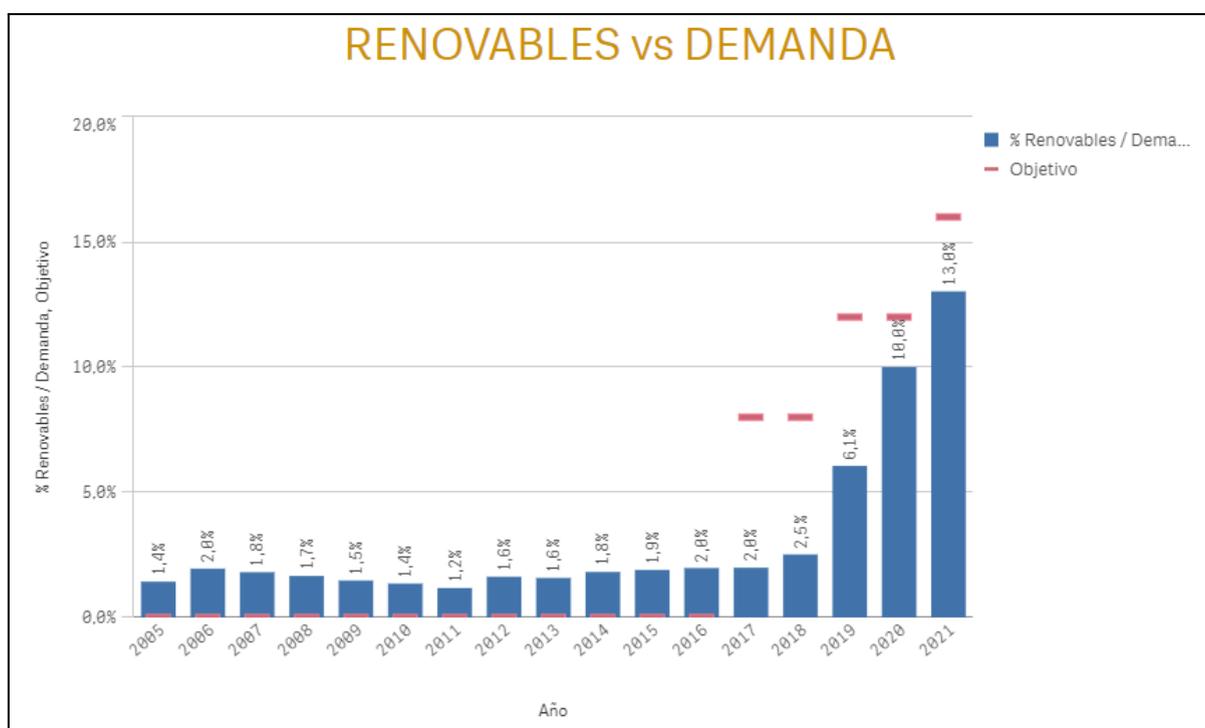


Imagen 1: Objetivos y porcentajes de participación de energías renovables en Argentina desde 2005. Fuente: Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico Sociedad Anónima (CAMMESA).

En un estudio en particular realizado para la provincia de Río Negro, Argentina, se propuso caracterizar los distintos recursos naturales que presentaba la provincia para su aprovechamiento energético a baja y mediana escala⁵. En el marco de este trabajo se obtuvieron diversos mapas donde, específicamente para el recurso hidroeléctrico, se destacó el potencial para aprovechamientos de baja escala en la zona oeste de la provincia, en el departamento de Bariloche (Imagen 2).

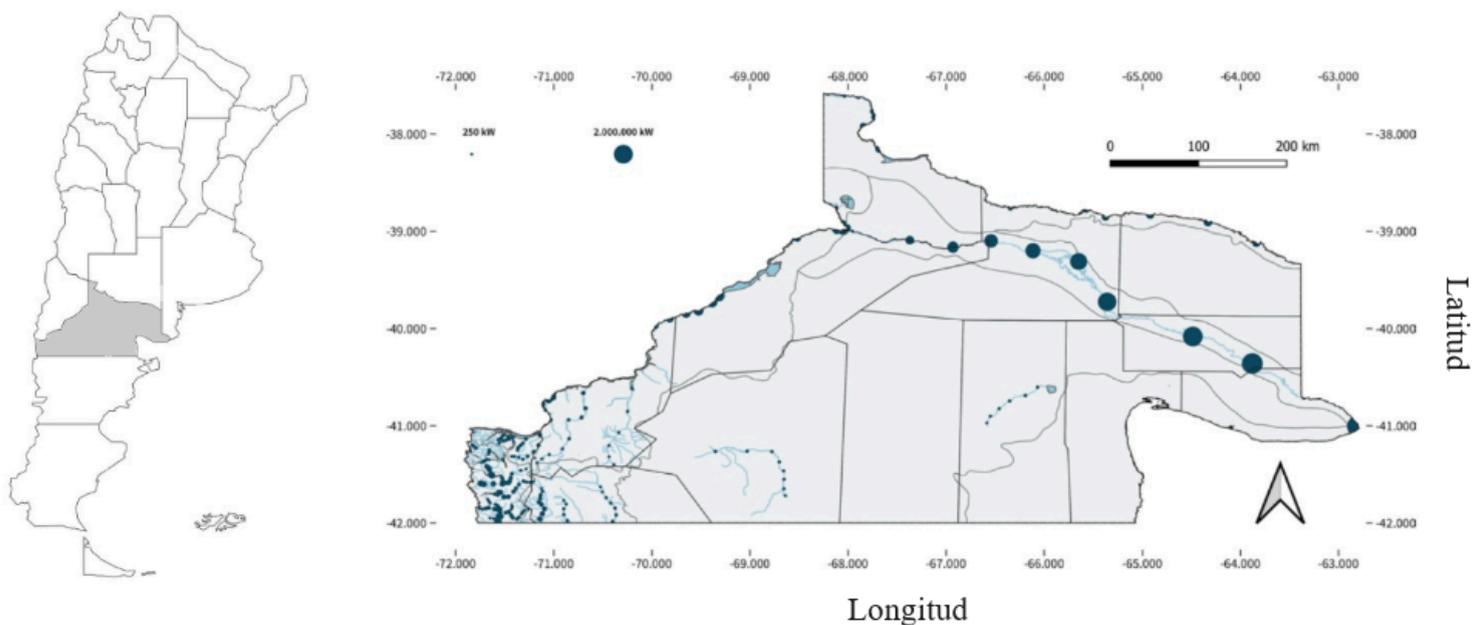


Imagen 2: Potencial hidroeléctrico teórico acumulado por cuenca y subcuenca de Río Negro en kW. Fuente: Fundación Bariloche, 2023.

Estos resultados indican, en una primera instancia, las condiciones favorables que presenta la zona para la explotación hidroeléctrica a pequeña y mediana escala. Sin embargo, es necesario conocer las particularidades que presentan este tipo de aprovechamientos para determinar su viabilidad en la región; por lo que a continuación se pasarán a abordar con mayor profundidad las características de la energía hidroeléctrica.

⁵ El estudio en particular limita la media escala a potencias menores de 10 MW, y la baja escala a menos de 2 MW.

1.1. Energía hidroeléctrica

La energía hidroeléctrica, como su nombre indica, utiliza la energía cinética y potencial producto del movimiento del agua (ya sea por sus corrientes, caídas, o saltos de agua) para generar energía mecánica a través del movimiento de turbinas que posteriormente es convertido en energía eléctrica.

Dentro de las ventajas de las centrales hidroeléctricas, se pueden destacar:

- I. Una menor cantidad de emisiones gaseosas generadas en comparación a otras alternativas (por ejemplo, la termoeléctrica) durante su operación.
- II. A menudo puede combinarse con otros beneficios como riego, protección contra inundaciones, suministro de agua, turismo, etcétera.
- III. Los costos de mantenimiento y operación son bajos en comparación a otras alternativas de generación eléctrica.
- IV. Las obras de ingeniería para una central hidroeléctrica tienen una vida útil extensa (en promedio su duración es de al menos 50 años). Además de contar con la posibilidad de extender su vida útil.
- V. Las turbinas hidráulicas son máquinas sencillas, eficientes y seguras que pueden ponerse en marcha y detenerse con rapidez, y operar automáticamente.
- VI. Puede trabajar a temperatura ambiente.

Se puede agrupar los aprovechamientos hidroeléctricos en 3 grandes grupos:

- **De pasada:** Captan parte del caudal de un río que se encuentre en bajada y utilizan la energía potencial natural del curso para que fluya a través de las turbinas y luego sea reingresado al río aguas abajo. Debido a que se utilizan las condiciones naturales del cuerpo de agua, esta forma de aprovechamiento es altamente dependiente de las condiciones naturales y variaciones temporales.

- **De embalse:** En este caso se implementa una estructura denominada *presa*; la misma se ubica aguas arriba para que se genere una retención y acumulación de agua en un embalse. De esa manera, se va regulando la cantidad de agua que se desea dejar pasar por las turbinas y no se depende de las variaciones naturales del cauce.
- **Por bombeo:** Se cuenta con 2 embalses a diferentes alturas, uno aguas arriba y otro aguas abajo; este último actúa como reserva de energía. Durante las horas o momentos de menor demanda de energía, el agua se bombea desde el embalse aguas abajo hasta el embalse aguas arriba mediante una estación de bombeo.

Los desarrollos hidroeléctricos también pueden ser categorizados según su rango de potencias, siendo aquellos con una capacidad mayor a los 50 MW grandes centrales hidroeléctricas; y menores a 50 MW centrales de mediana - pequeña escala.

Los Pequeños Aprovechamientos Hidroeléctricos (PAH) presentan múltiples ventajas frente a sus contrapartes de mayor potencia dado que: requieren menores tiempos de gestación y construcción; menores inversiones globales; y ocasionan menores impactos negativos en el ambiente. Este último punto se debe a que, en líneas generales, las centrales hidroeléctricas de gran potencia suelen recurrir al uso de embalses, mientras que las pequeñas emplean aprovechamientos de pasada. Esta distinción es importante ya que gran parte de los impactos negativos en el ambiente por hidroeléctricas son producto de la generación de embalses. Esta forma de retener grandes volúmenes de agua requieren un mayor nivel de obras e infraestructuras, además de implicar una intervención mucho más intrusiva en los ciclos naturales del agua, que finalmente terminan generando: alteraciones en el funcionamiento del ecosistema (terrestre, acuático y los intercambios gaseosos entre estos medios), inundaciones, desplazamiento de comunidades, etcétera. Es debido a esto, y a los objetivos del presente trabajo, que a continuación se realizará una descripción de la energía hidroeléctrica enfocada en aprovechamientos a pequeña escala del tipo de pasada, mencionando: las obras civiles involucradas, las tareas realizadas para su construcción y operación, sus impactos negativos en el ambiente, entre otros detalles.

1.1.1. PAH

Históricamente se buscaba que los aprovechamientos energéticos se ubicaran en zonas cercanas a los centros poblados para así disminuir las pérdidas en el sistema de conexión y requerir menor inversión en líneas de transmisión que recorran largas distancias. Esta forma de organización territorial era posible debido a que tradicionalmente solo se presentaba el desafío de llevar los combustibles hasta estas ubicaciones. Las energías renovables en muchos casos no presentan esta ventaja ya que los sitios con mayor concentración de recursos (como viento, radiación solar, entre otros) suelen encontrarse alejados de las áreas urbanas. Esto sumado a las complejidades y costos de llevar la energía generada en grandes aprovechamientos (como pueden ser grandes represas hidroeléctricas) a poblaciones lejanas. Los pequeños aprovechamientos, al ser de menor escala y tener menor nivel de infraestructuras (y por ende menor impacto visual), pueden ser más fácilmente ubicados en zonas cercanas a centros urbanos. A su vez, resultan en una alternativa de generación que permite: reforzar la oferta energética, simplificar su distribución, y aumentar la seguridad del sistema energético al no depender únicamente de grandes aprovechamientos brindando otras alternativas. Este último punto cobra especial relevancia en el caso de que la principal fuente de abastecimiento eléctrico de una ciudad deba ser retirada del sistema (por ejemplo, por problemas técnicos o de mantenimiento en el aprovechamiento o en el sistema de interconexión) y se pueda contar con otras alternativas para cubrir parte de la demanda energética de la población.

El diseño de los PAH es otro factor que debe tenerse en cuenta al momento de analizar este tipo de proyectos. Las partes que conforman su infraestructura pueden separarse en cuatro grupos, como muestra el Cuadro 1.

Partes de un PAH	Objetivo/Función	Infraestructura implementada
Cierre y captación	Obras que captan y extraen parte del caudal del curso de agua para su posterior derivación aguas abajo	Toma de agua - Sistema de rejas - Desarenador - Cámara de carga
Conducción o derivación	Instalaciones encargadas de llevar el agua captada hasta la sala de máquinas	Sistema de tuberías cerradas o combinadas con canales a cielo abierto
Sala de máquinas	Espacio destinado a albergar el equipamiento necesario para la conversión de la energía cinética y potencial del agua a energía eléctrica	Turbina hidroeléctrica - Regulador de velocidad - Generador - Tablero de comandos y control
Transmisión y distribución	Medio de despacho de la energía hidroeléctrica generada a los usuarios finales	Playa de maniobras - Estaciones de transformación - Líneas de media y baja tensión
Restitución	Restitución del agua captada al cauce natural, aguas abajo de la generación	Canal de conducción - Equipamiento para la descarga controlada

Cuadro 1: Componentes de un PAH de pasada.

Fuente: Elaboración propia en base a bibliografía: Mugerza, 2003.

Esta descripción para la obra civil de un PAH puede volverse más o menos compleja dependiendo de las características particulares en las que se desarrolle cada proyecto (limitaciones económicas; condiciones del terreno; acoplamiento con otros usos; etcétera).

La construcción de un aprovechamiento hidroeléctrico (independientemente del tipo y potencia instalada) resulta en una intervención antrópica sobre el ecosistema natural, por lo cual, resulta inevitable la generación de impactos sobre el ambiente. La

magnitud y ocurrencia de los mismos dependerá de múltiples factores que serán necesarios conocer para poder determinar su gravedad. A grandes rasgos, se pueden prever los impactos relacionados con un proyecto según las partes que lo conforman como muestra la Imagen 3.

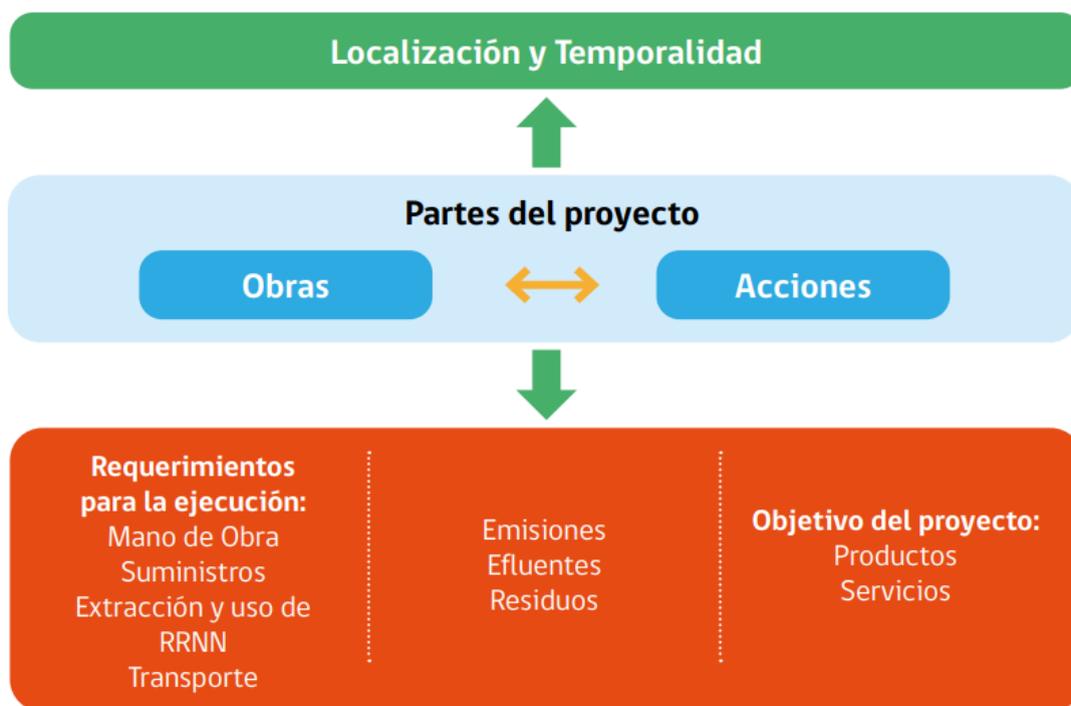


Imagen 3: Factores que determinan impactos ambientales de un proyecto.

Fuente: Departamento de Estudios y Desarrollo de Chile, 2021.

Nota: Recursos Naturales (RRNN).

En la identificación de impactos se debe considerar, además de la magnitud de las obras, como los factores particulares de cada proyecto interactúan con los elementos bióticos y abióticos que componen el entorno natural, al igual que con el entorno social donde se lleve a cabo.

Para evaluar estos impactos asociados a los aprovechamientos hidroeléctricos, resulta útil separar las acciones que deben llevarse a cabo durante el proyecto en 2 grandes etapas: *construcción* y *operación*. Durante la primera de estas etapas, se pueden mencionar algunas de las actividades a realizar: acondicionamiento del terreno (extracción de cobertura vegetal, movimiento de suelo, etcétera); construcción y mantenimiento de caminos de acceso y cierre de caminos temporales; uso y cierre de

las instalaciones de apoyo para la producción de áridos y hormigón; tránsito y funcionamiento de vehículos y maquinarias; transporte de insumos, residuos y mano de obra; construcción de partes u obras de una central hidroeléctrica; entre otras tareas. A pesar de que muchas de las estructuras y obras realizadas durante la etapa de construcción posteriormente son cerradas antes de iniciar la fase de puesta en marcha (por ejemplo, campamentos de trabajo), algunas de ellas pueden permanecer para uso posterior como pueden ser los caminos hacia la obra. Una etapa final de esta fase es la *puesta en marcha*, que conlleva la instalación de equipos (turbinas, compresores, transformadores, etcétera) y su encendido por primera vez en el aprovechamiento. Una etapa clave para la comprobación del correcto estado y funcionamiento de los equipos y las instalaciones desarrolladas.

Durante la etapa de *operación* se desarrollan aquellas tareas relacionadas con el servicio a brindar, en este caso: la puesta en operación de la central hidroeléctrica; operación de las unidades de generación de energía eléctrica; tareas de mantenimiento de las instalaciones, caminos, subestaciones eléctricas y tendido eléctrico; manejo de caudal ecológico; etcétera.

Teniendo en cuenta todas las tareas necesarias para el desarrollo de este tipo de proyectos, se puede deducir como muchas de estas acciones terminarían generando múltiples impactos negativos sobre el ambiente, que deberán ser contemplados en una Evaluación de Impacto Ambiental (EIA). En el Cuadro 2 se enlistó una serie de impactos ambientales negativos asociados a PAH, extraídos de múltiples fuentes bibliográficas. Cabe aclarar que estos impactos, de carácter general, se presentan independientemente del tipo de ambiente en el que se encuentre el PAH.

Componentes bióticos y abióticos del ambiente	Potenciales impactos negativos sobre el ambiente	
	Etapa de construcción	Etapa de operación
Geología y suelo	<ul style="list-style-type: none"> ● Erosión por deforestación y/o alteración del régimen hídrico. ● Pérdida y compactación. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Erosión debido al mayor tránsito humano durante tareas de operación y/o mantenimiento.

	<ul style="list-style-type: none"> ● Alteración de sus propiedades químicas y biológicas. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Compactación. ● Alteración de zonas de inundación. ● Cambio en el régimen de acarreo de sedimentos. ● Erosión en zonas de riberas de ríos debido a la retención de sedimentos aguas arribas. ● Acumulación de sedimentos aguas arribas.
Agua	<ul style="list-style-type: none"> ● Contaminación del medio por liberación accidental de hidrocarburos, materiales, o compuestos químicos contaminantes (por ejemplo, refrigerante). 	<ul style="list-style-type: none"> ● Interrupción del flujo natural del agua. ● Alteración de la calidad y condiciones del agua (temperatura, mayor incidencia de radiación solar, presión, etcétera) ● Disminución en la capacidad de autodepuración del curso de agua. ● Mayor capacidad erosiva en el punto de restitución de agua por aumento repentino del caudal.
Aire	<ul style="list-style-type: none"> ● Contaminación debido a la producción de polvo y sedimentos durante la construcción. ● Generación de ruidos molestos. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Generación de ruidos molestos debido al movimiento de las turbinas hidroeléctricas. ● Formación de ozono troposférico alrededor de las infraestructuras eléctricas debido a la ionización del aire.
Flora	<ul style="list-style-type: none"> ● Deforestación y pérdida de cobertura vegetal. ● Fragmentación de comunidades vegetales. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Perturbación en la funcionalidad del ecosistema. ● Alteración de la flora acuática y ribereña. ● Invasión del cauce por vegetación ribereña. ● Imposibilidad de crecimiento de flora en áreas ocupadas por caminos, líneas de tensión, etcétera.
Fauna	<ul style="list-style-type: none"> ● Pérdida y/o perturbación de individuos y sus procesos naturales (por ejemplo: en la nidificación, alimentación, etc.) ● Dispersión y/o ahuyentamiento de comunidades. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Disminución en la capacidad del cuerpo de agua para alimentar la fauna acuática. ● Perturbación de la biota acuática debido a la alteración del caudal y/o las barreras físicas que puede imponer la estructura del aprovechamiento.

	<ul style="list-style-type: none"> ● Cambios o pérdidas de hábitats. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Muerte o lesión de individuos que ingresen a la central hidroeléctrica en el curso de agua. ● Muerte o lesión de aves al ser electrocutadas, o por colisionar, con el tendido eléctrico. ● Alteración de la fauna debido a la generación de ruidos molestos. ● Generación de barreras para la conectividad ecológica debido a la infraestructura del aprovechamiento y su sistema de conexión a la red.
Social	<ul style="list-style-type: none"> ● Transformación del escenario natural (presencia de equipos y maquinaria de construcción, campamentos de trabajo, etcétera). ● Alteración de sitios con valor antropológico, arqueológico, paleontológico, histórico, y cultural. ● Apropiación de tierras. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Alteración del escenario natural (presencia de infraestructuras que conforman la hidroeléctrica y su sistema de conexión). ● Competencia y/o restricciones para otros usos antrópicos del recurso hídrico. ● Potenciales daños a la salud de personas que vivan en cercanía a líneas de tensión debido a los campos electromagnéticos que generan.

Cuadro 2: Impactos ambientales asociados a hidroeléctricas de pasada.

Fuente: Elaboración propia a partir de bibliografía: Vega, 2015; Fundación Bariloche, 2023; Fernández Rios, 2022; Servicio de Evaluación Ambiental, 2021; Villarreal, 2018; Belmonte, 2019; y Comisión Europea, 2018.

Por otra parte, los PAH pueden brindar múltiples beneficios directos e indirectos para la sociedad y el ambiente. Tanto la fase de construcción como de operación requiere la inversión en mano de obra que brinda una oferta laboral a la gente local, y la oportunidad de capacitación y formación en la temática a profesionales del área. En comparación a otras fuentes de energías renovables, los PAH requieren un número particular de mano de obra durante su construcción dada las complejidades de la obra civil como muestra la Imagen 4.

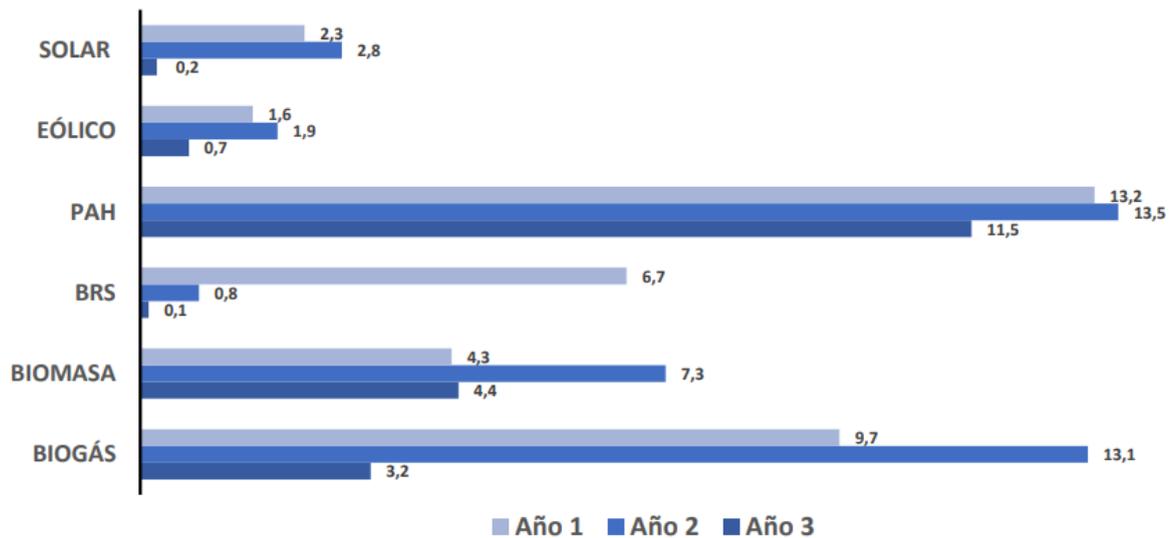


Imagen 4: Número de empleados requeridos por MW para un periodo de 3 años de construcción para diversas fuentes de energías renovables en Argentina. ⁶

Fuente: Rijter, 2018.

Para tareas de operación y mantenimiento en PAH, se estima que son necesarias alrededor de 2,5 personas por MW de potencia instalada, enfocadas principalmente en tareas de operación (Rijter, 2018).

Para múltiples comunidades alejadas de centros urbanos y sin posibilidad de conexión a una red eléctrica, los PAH pueden ser una alternativa para obtener energía eléctrica de manera aislada y segura. Las tecnologías actuales generaron que muchos de estos aprovechamientos puedan manejarse de manera prácticamente automática gran parte del año, lo que es otra ventaja para lugares cuyas condiciones climáticas o ambientales dificultan su acceso continuo.

A pesar de los potenciales riesgos que implica para el ambiente este tipo de aprovechamientos, también resulta en una forma de obtención de energía que puede reemplazar las alternativas convencionales. Esta sustitución llevaría a poder reducir la dependencia al consumo de combustibles fósiles, originando una menor presión en la necesidad de su extracción del ambiente, y una mayor independencia de la importación de este recurso.

⁶ BRS: Biogás de Relleno Sanitario

1.2. Caso de estudio

El presente trabajo busca centrarse en un posible proyecto de PAH para una localidad y analizarlo desde una perspectiva ambiental en una fase temprana de planeamiento. Para la elección del área de estudio se eligió a la ciudad de San Carlos de Bariloche como centro poblacional que se vería directamente afectado y beneficiado por el proyecto. Esta ciudad se ubica dentro de la provincia de Río Negro, en el departamento de Bariloche. Su ubicación se detalla en la Imagen 5.

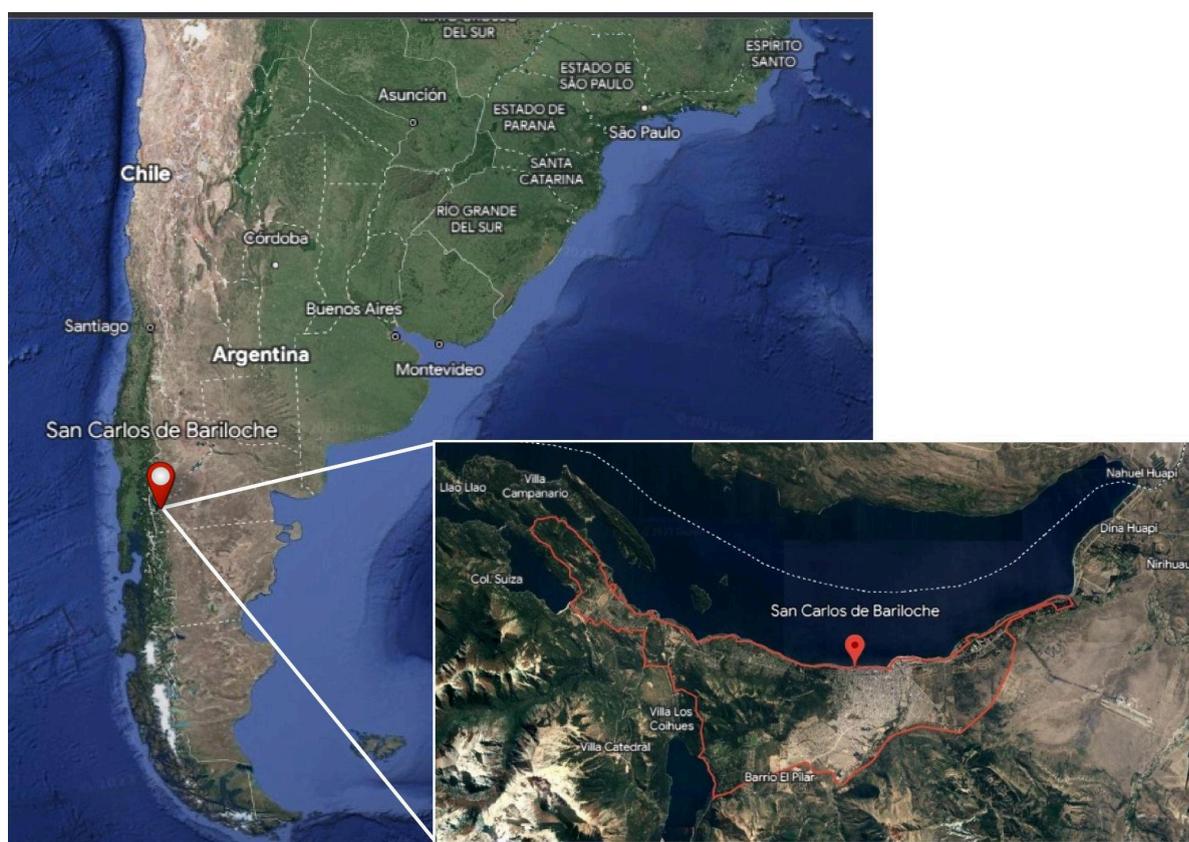


Imagen 5: Ubicación de la ciudad de San Carlos de Bariloche

(coordenadas: -41,15; -71,32). Fuente: Elaboración propia a partir de Google Maps.

Una peculiaridad de esta urbe es que se encuentra rodeada por el Parque Nacional Nahuel Huapi (PNNH), en parte es debido a esto que el turismo es la principal actividad económica de la ciudad. Según datos estimados por la Municipalidad, en el año 2023 S.C. de Bariloche presenta una población de 149.869

habitantes⁷, la segunda ciudad más poblada de la provincia después de la ciudad de Roca. A este valor se debe sumarle el aumento de la población en épocas de temporada turística con la llegada de visitantes. En la Imagen 6 y 7 se puede ver como el pasado año 2022 el número de turistas anuales llegó a sobrepasar el millón; con picos de ocupación en épocas invernales (julio y agosto) de más de 100.000 visitantes.

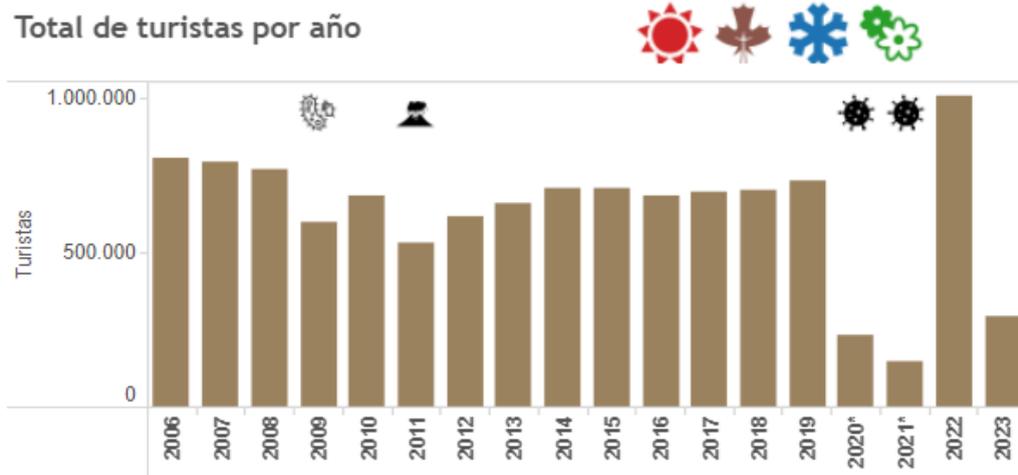


Imagen 6: Arribo de turistas a Bariloche por año.

Fuente: Página oficial de la municipalidad de San Carlos de Bariloche.⁸



Imagen 7: Arribo de turistas a Bariloche por mes.

Fuente: Página oficial de la municipalidad de San Carlos de Bariloche.⁹

⁷ Datos relevados en agosto del 2023 de: https://www.bariloche.gov.ar/estadisticas_grafico.php?grafico=28
⁸ Datos relevados en julio del 2023 de: https://www.bariloche.gov.ar/estadisticas_grafico.php?grafico=2
⁹ Datos relevados en julio del 2023 de: https://www.bariloche.gov.ar/estadisticas_grafico.php?grafico=2

Actualmente la ciudad cuenta con una conexión en el extremo de la red eléctrica interconectada nacional, a través de una línea de alta tensión, con la central hidroeléctrica Alicurá. Como reserva, posee una serie de grupos diésel transportable con 20 MW de potencia instalados cerca de la estación transformadora Bariloche (Sagardoy, 2021).

A esta dependencia en el sistema energético debe considerarse la ocurrencia de accidentes en las líneas de transmisión por las condiciones climáticas adversas de la zona (fuertes vientos, nevadas, caídas de árboles, etcétera) que acrecientan la vulnerabilidad energética de la ciudad. Es desde esta perspectiva que se considera concerniente el análisis de alternativas de abastecimiento eléctrico como pueden ser los PAH.

El desarrollo de proyectos hidroeléctricos, ya sean a pequeña o gran escala, resultan complejos y requieren de distintas etapas que inician desde la ingeniería conceptual hasta la ingeniería de detalle del aprovechamiento. La primera fase de cualquier proyecto se suele definir con el término *factibilidad*, donde se presentan diferentes alternativas técnicamente viables, junto con sus ventajas y desventajas, de tal manera que se cuente con una lista corta de opciones a analizar con mayor profundidad en la siguiente fase. Luego se analizan y seleccionan las alternativas que resultan más realizables, y se establecen las pautas para su posterior desarrollo. Llegado a este punto, un proyecto cuenta con un nivel de definición de alrededor del 15%; sin embargo, estas primeras etapas resultan vitales para los costos finales y una óptima ejecución. Dependiendo del tipo de proyecto que se realice, se pueden obtener distintos análisis en esta instancia, desde las bases generales de diseño y balances de masa, hasta estudios más especializados como una Evaluación Ambiental Preliminar (EAP) (Centro Argentino de Ingenieros, s.f.).

Para la determinación de un posible curso de agua en el cual pueda ubicarse el PAH, se eligió al arroyo Casa de Piedra ubicado al oeste de la ciudad (Imagen 8). Esta elección se basó en 3 criterios: cercanía con la ciudad; poseer recursos hídricos favorables para un aprovechamiento hidroeléctrico (caudales constantes y desniveles en el terreno); y la existencia de un antecedente para un proyecto hidroeléctrico en el arroyo creado a finales de la década de los 60' que finalmente no fue llevado a cabo.

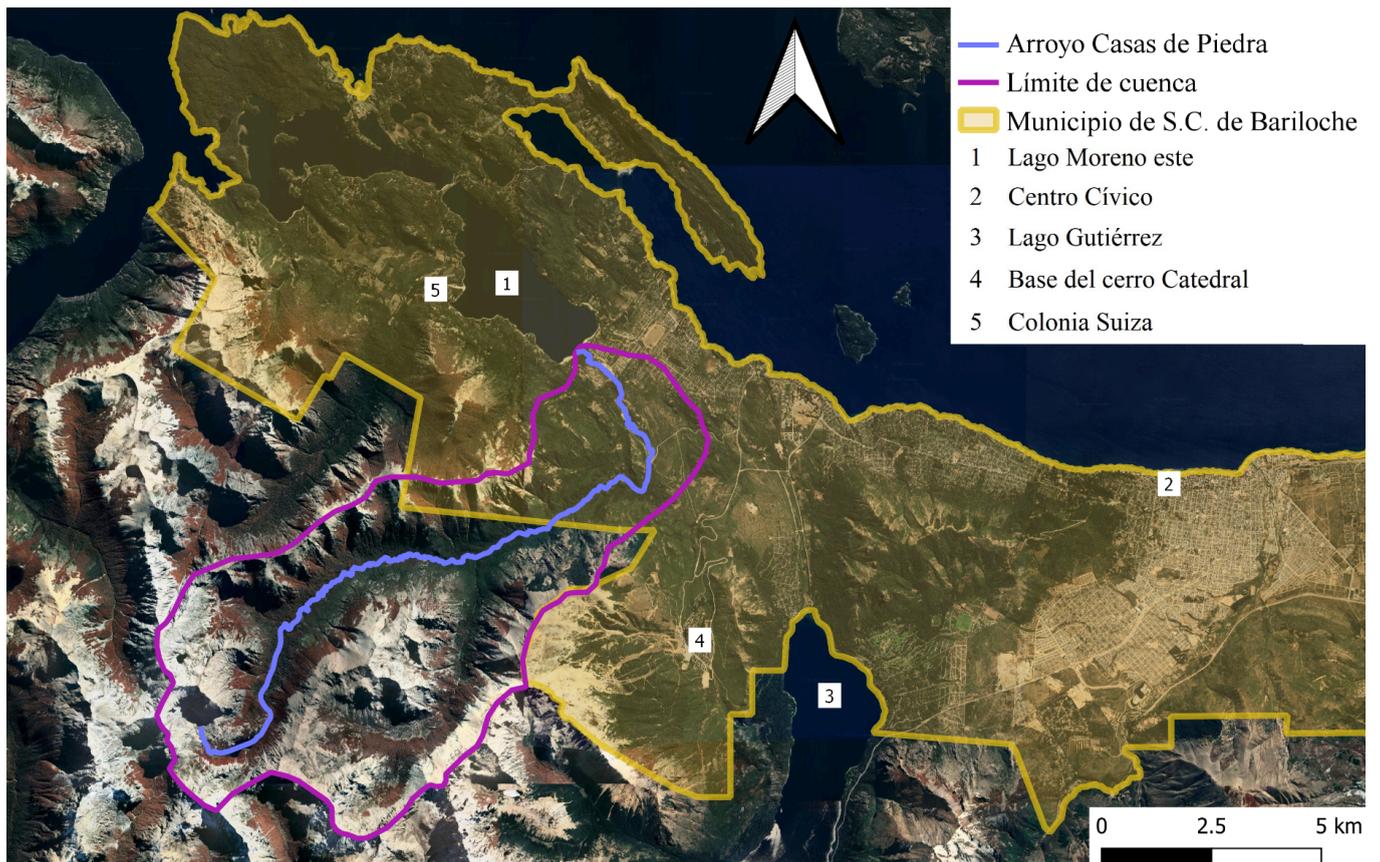


Imagen 8: Ubicación del arroyo Casa de Piedra.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Instituto Geográfico Nacional (IGN).

1.3. Objetivos

En el marco de este trabajo, se plantean los siguientes objetivos general y específicos:

General

Determinar la viabilidad ambiental de planificar un Pequeño Aprovechamiento Hidroeléctrico de pasada en el arroyo Casa de Piedra.

Específicos

1. Evaluar los factores ambientales involucrados o potencialmente en riesgo ante un proyecto hidroeléctrico en el arroyo Casa de Piedra.

2. Analizar los factores sociales y económicos asociados al posible proyecto hidroeléctrico.

2. Marco normativo

Durante este apartado se tuvieron en cuenta normativas pertenecientes a diversos aspectos que se abordarán durante la realización del presente trabajo. Entre los temas relevados se pueden mencionar:

- Procesos de evaluación ambiental.
- Medidas de promoción para energías renovables (especialmente aquellas relacionadas con hidroeléctricas).
- Protección y gestión de flora, fauna, y recursos hídricos; presentes en la cuenca. La elección de estos componentes del ambiente se basa en que se espera que los mismos sean los principales afectados por el proyecto.
- Las distintas jurisdicciones dentro de la cuenca.

2.1. Internacional¹⁰

❖ **Decreto 499 (2017):** “*Agenda 2030 para el desarrollo sostenible*”. *Objetivo 7*

En la “Cumbre mundial sobre el desarrollo sostenible” realizada en 2015 los estados nacionales miembros de la ONU aprobaron un documento con 17 objetivos para el 2030. Dentro de estos objetivos se enumeran múltiples temáticas sociales, ambientales, y económicas. El objetivo 7, en particular, plantea como principal eje garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos; y dentro de sus sub objetivos aumentar considerablemente la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas.

En 2017 la Argentina emite en el decreto 499/17 donde se establece en su artículo 1 que:

“... el consejo nacional de coordinación de políticas sociales de la presidencia de la nación será el organismo responsable de coordinar las

¹⁰ Para la normativa internacional se citó únicamente la normativa nacional que declarara la adhesión de Argentina a tratados y convenios internacionales.

acciones necesarias para la efectiva implementación de la “Agenda 2030 para el desarrollo sostenible”, con intervención de las áreas competentes de la administración pública nacional.”

2.2. Nacional

❖ **Constitución Nacional - Art. 41** (1995):

Se dictamina que todos los habitantes gozan con el derecho a un ambiente sano, equilibrado, apto para el desarrollo humano, sin comprometer a las generaciones futuras. Además, de remarcar la necesidad de: recomponer el daño ambiental; utilizar de manera racional los RRNN; y preservar el patrimonio natural, cultural, y la diversidad biológica.

❖ **Ley N° 15336** (1960): *Ley de energía eléctrica*

Se establece la reglamentación básica para todas las actividades destinadas a la generación, transformación y transmisión, o a la distribución de la electricidad, que se encuentren dentro de la jurisdicción nacional. En múltiples artículos se hace especial referencia a los aprovechamientos hidroeléctricos.

❖ **Ley N° 22351** (1980): *Parques Nacionales (PPNN)*

Se estipulan las características referidas a las áreas que conforman: PPNN, monumentos naturales y reservas nacionales.

❖ **Ley N° 25675** (2002): *Ley de presupuesto mínimos - Política ambiental nacional*

En palabras del artículo 1:

“La presente ley establece los presupuestos mínimos para el logro de una gestión sustentable y adecuada del ambiente, la preservación y protección de la diversidad biológica y la implementación del desarrollo sustentable.”

Dentro del artículo 11 se hace referencia a la EIA y como la misma es un procedimiento sujeto, previo a la ejecución, de toda obra o actividad que represente un potencial riesgo para el ambiente.

❖ **Ley N° 25688 (2002): *Régimen de gestión ambiental de aguas***

Ley de presupuestos mínimos para la preservación del agua, su aprovechamiento y uso racional. En el artículo 5, se enlistan aquellas acciones que se entienden como “utilización de las aguas” y entre ellas alude a la toma, desviación, estancamiento, y modificación en el flujo o la profundización de aguas superficiales.

❖ **Ley N° 26331 (2007): *Presupuestos mínimos de protección ambiental de los bosques nativos***

Ley de presupuestos mínimos para la protección ambiental en el enriquecimiento, restauración, conservación, aprovechamiento y manejo sostenible de bosques nativos, y los servicios ambientales que brindan.

En el capítulo 6 se hace referencia específica a las EIA y su papel en actividades que involucren el desmonte o aprovechamiento sostenible de bosques nativos.

❖ **Ley N° 27191 (2015): *Régimen de fomento nacional para el uso de fuentes renovables de energía destinada a la producción de energía eléctrica***

Se restringe la potencia máxima permitida para la inclusión de las hidroeléctricas dentro de las energías renovables en 50MW.

Como objetivo para el 2025 que un 20% del consumo de energía eléctrica nacional sea a partir de fuentes renovables. Para ello se planifica un aumento paulatino de este tipo de energías desde el 2017 (con una participación del 8% por parte de las fuentes renovables) con las siguientes metas: 12% para el 2019; 16% para el 2021; y 18% para el 2023.

❖ **Resolución 203/2016: *Reglamento para la EIA en la administración de PPNN***

Se da aprobación al reglamento para la EIA de proyectos realizados en áreas administradas por PPNN. Los detalles de esta reglamentación se adjuntan en los anexos de la resolución.

2.3. Provincial

❖ **Constitución de la provincia de Río Negro - Art. 84 (1988):**

Este artículo hace referencia al derecho de los habitantes de gozar de un medio ambiente sano, libre de factores nocivos para la salud, y el deber de preservarlo y defenderlo. Para ello, establece medidas a adoptar por parte del estado entre las que se destacan:

“Para grandes emprendimientos que potencialmente puedan alterar el ambiente, exigir estudios previos del impacto ambiental.”

“Conservar la flora, fauna y el patrimonio paisajístico.”

“Prevenir y controlar la contaminación del aire, agua y suelo, manteniendo el equilibrio ecológico.”

❖ **Ley N° 2631 (1993): Ley general de ambiente**

Declara que la provincia de Río Negro adhiere, adopta, y declara de interés social y económico a los principios del “desarrollo sustentable” para la generación de riqueza junto con su distribución equitativa, y la protección del ambiente para el bienestar de la sociedad.

En especial, se destacan 2 objetivos de la ley en su art. 6:

“Respetar el ambiente, integrando las consideraciones ecológicas con las productivas en la toma de decisiones.”

“La utilización racional del suelo, agua, flora, fauna, paisajes, fuentes energéticas y demás recursos naturales, en función de lograr un desarrollo sustentable.”

❖ **Ley N° 2669 (1993): Sistema provincial de áreas naturales protegidas**

Se instituye el sistema provincial de áreas naturales protegidas para la provincia de Río Negro. Se hace referencia a esta ley específicamente por su relación con la ordenanza municipal N° 2308 del 2012 para la creación de la Reserva Natural Urbana (RNU) “Isla de la desembocadura del arroyo Casa de Piedra”. Esta RNU cuenta con la categoría V de *paisaje protegido* descrita en esta ley:

“El carácter de las zonas que forman parte de esta categoría será muy diverso, debido a la gran variedad de paisajes naturales, seminaturales y culturales existentes en la provincia, dignos de ser preservados en su condición tradicional o actual. Dadas las características de estas áreas, los esfuerzos deberían estar dirigidos a mantener la calidad del paisaje mediante prácticas de ordenamiento adecuadas.”

❖ **Ley N° 2701 (1993): Preservación del ambiente ante la construcción y operación de centrales hidroeléctricas**

El objetivo de la presente ley es el de asegurar que la construcción y operación de centrales hidroeléctricas que se encuentren dentro de la provincia o afecten a la misma de manera directa o indirecta, deberán garantizar el resguardo del ambiente. Entre sus artículos se enumeran diversas acciones que deberán realizar aquellos interesados en la gestión de este tipo de proyectos para lograr el objetivo de la ley.

❖ **Ley N° 2771 (1994): Modificación de la ley provincial N° 2701**

Se estipula que en caso de tratarse de aprovechamientos hidroeléctricos a pequeña escala, pueden realizarse algunas excepciones en cuanto a ciertas autorizaciones que resultan obligatorias para grandes centrales hidroeléctricas.

❖ **Ley N° 2952** (1996): *Código de aguas*

Dentro del artículo 16 se le otorga al Departamento Provincial de Aguas (DPA) la jurisdicción de los recursos hídricos provinciales. Dentro de sus responsabilidades se encuentran: la regulación de su uso; intervenir en el otorgamiento de toda concesión; intervenir y proveer en todo lo relacionado con las obras de cualquier naturaleza que se ejecuten en los cauces, lechos, playas y riberas de los cursos y cuerpos de agua pública; etcétera.

❖ **Ley N° 3266** (1999): *EIA*

Se plantea como objetivo regular el procedimiento de EIA. Dentro del artículo 3 se enlistan sus alcances donde se mencionan, entre otras, la construcción de obras para la generación de energía hidroeléctrica.

❖ **Ley N° 3930** (2005): *Modificación del código de aguas - Ley 2952*

Se faculta al DPA a llevar adelante estudios, planificación, desarrollo y ejecución de obras hidroeléctricas.

❖ **Ley N° 4552** (2010): *Ordenamiento territorial de bosques nativos de la provincia de Río Negro*

En cumplimiento a la ley nacional N° 26331, se establece esta normativa pertinente a la conservación y aprovechamiento sustentable de los bosques nativos. Dentro del artículo 4 se describen las categorías consideradas para el ordenamiento territorial de los bosques nativos en la provincia.

❖ **Ley N° 5139** (2016): *Adhesión a la ley nacional N° 27191*

Integración de la provincia a la ley nacional N° 27191 sobre el régimen de fomento nacional para el uso de fuentes renovables de energía destinada a la producción de energía eléctrica.

❖ **Ley N° 5140** (2016): *Ley general de cambio climático*

Arreglo para la intervención provincial dirigida a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y la toma de medidas de adaptación frente al cambio climático. Dentro del artículo 4 se mencionan las acciones tendientes a impulsar este objetivo, donde se enumera el uso de energías renovables.

2.4. Municipal

❖ **Ordenanza N° 217-CM-89:** *Política de EIA*

Las pautas para la EIA detalladas en esta ordenanza son para todo proyecto que se que supongan la realización de obras o actividades susceptibles de afectar la vida y la salud humana, o la conservación y desarrollo de los recursos naturales en el ámbito del ejido municipal de la ciudad. Dentro del artículo 4 se enlistan aquellos proyectos a los que hace referencia, donde se mencionan la generación de energía hidroeléctrica.

❖ **Resolución N° 1389-I-94:** *Reglamentación de la ordenanza 217-CM-89 impacto ambiental*

Indica los pasos a seguir para las evaluaciones ambientales de proyectos que entren dentro los alcances de la ordenanza 217-CM-89. Se establece el concepto de “cuestionario preliminar de efectos ambientales”, junto con los estudios ambientales necesarios a presentar según se considere cada proyecto.

❖ **Ordenanza N° 2308-CM-12:** *Crea la RNU denominada “Isla de la desembocadura del arroyo Casa de Piedra”*

Se crea la RNU denominada “Isla de la desembocadura del arroyo Casa de Piedra”, ubicada en la zona de desembocadura del arroyo Casa de Piedra. La misma cuenta con carácter de área natural protegida categoría V (paisaje protegido) según ley provincial N° 2669.

3. Línea Base

Se realizó un relevamiento bibliográfico sobre las características ambientales y socioculturales de la cuenca arroyo Casa de Piedra recurriendo a distintas fuentes de información: trabajos de investigación en el arroyo; libros publicados sobre características ambientales de la zona; datos provistos por diversas instituciones (DPA, Administración de PPNN, área de ambiente de la municipalidad de San Carlos de Bariloche, entre otros); etcétera.

A modo complementario, se llevó a cabo una salida a campo con el objetivo de identificar las condiciones naturales de las zonas aledañas al arroyo. La visita se realizó el día 13 de abril del 2023, donde se recorrió la zona aguas arriba y abajo, a partir del puente que atraviesa el arroyo Casa de Piedra por la ruta provincial N°79 (Imagen 9).

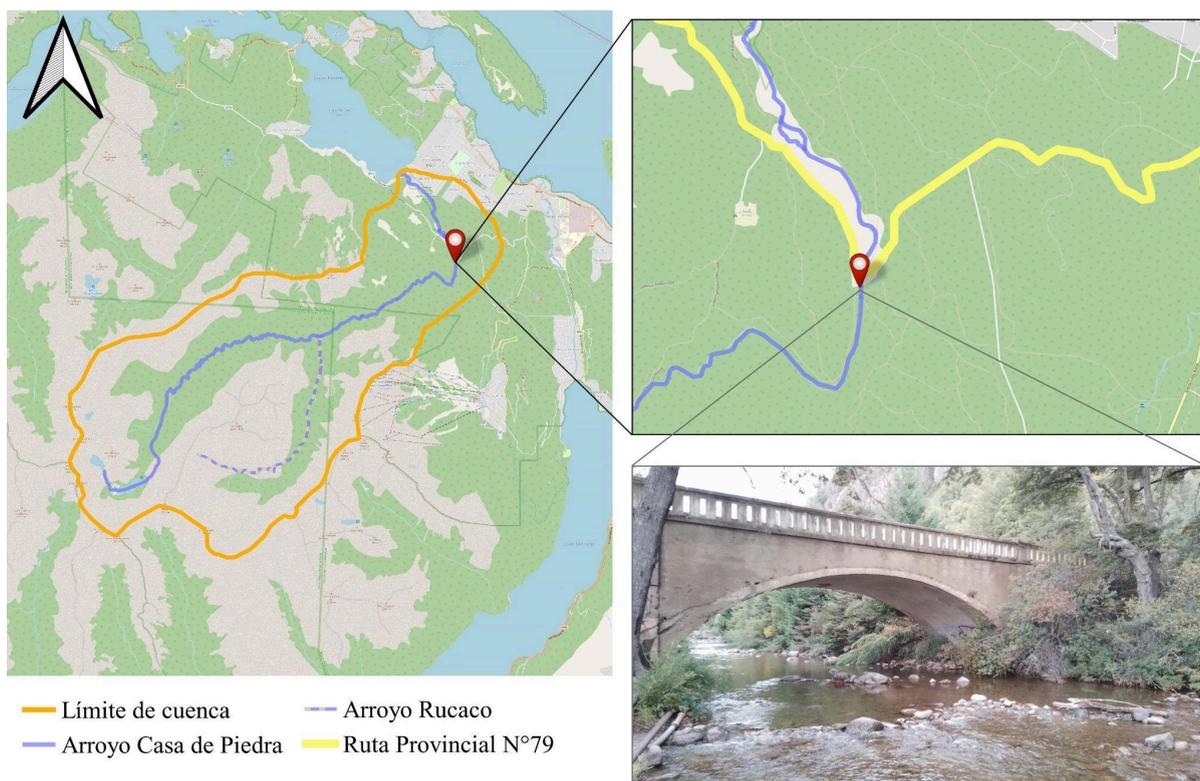


Imagen 9: Ubicación de zona relevada a campo.

(Coordenadas del lugar: -41,13; -71,45)

Fuente: Elaboración propia.

Durante la salida a campo se logró identificar una serie de especies tanto de flora como de fauna, al igual que se observó la presencia y estado de distintas intervenciones antrópicas que se han llevado a cabo en la cuenca (senderos, toma de agua, rutas de vehículos, etcétera).

Toda la información obtenida fue recopilada en una línea base del lugar, cuyos datos fueron de relevancia para posteriores análisis realizados durante el presente trabajo.

3.1. Hidrología

El arroyo Casa de Piedra forma parte de la cuenca de nombre homónimo, las nacientes del arroyo se originan en la laguna *Jakob* (cuya superficie es de 0,15 km² y se encuentra a 1.550 m.s.n.m.), y recorre 15 km hasta finalmente desembocar sus aguas en el lago Moreno este y posteriormente en el lago Nahuel Huapi. El arroyo Casa de Piedra resulta el mayor afluente del lago Moreno este, y posee múltiples tributarios, siendo el arroyo Rucaco el más destacable (Imagen 10).



Imagen 10: Límites y cursos de agua en la cuenca del arroyo Casa de Piedra.

Fuente: Elaboración propia a partir de Google Earth, mapa de la cuenca aportado por el DPA, y capa shape de “Líneas de aguas continentales perenne” extraída del IGN.

La cuenca posee un área total de 63 km², sin embargo, dada su ubicación y forma, la misma se divide en cuatro sectores: un 65% del área de la cuenca se encuentra en el PNNH; un 12% a la reserva nacional Nahuel Huapi; y el restante espacio al ejido municipal de San Carlos de Bariloche, con una pequeña fracción perteneciente a la RNU de la isla desembocadura Casa de Piedra. En la Imagen 11 se muestra la distribución de estas jurisdicciones en el área de la cuenca.

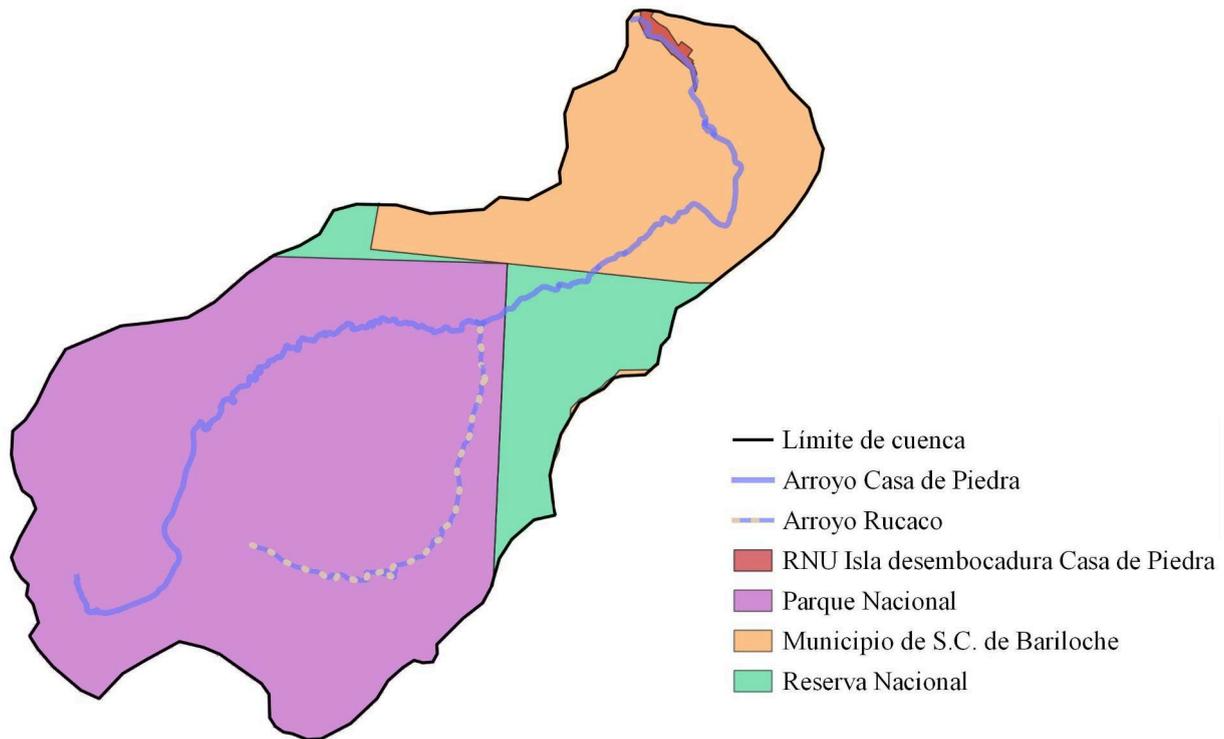


Imagen 11: Cuenca delimitada por jurisdicciones.

Fuente: Elaboración propia en base a capas shape extraídas del IGN y aportadas por la dirección de áreas protegidas y conservación del patrimonio histórico.

Debido a las condiciones climáticas y topográficas del lugar, se generan 3 periodos hidrológicos que condicionan el caudal que circula a través del arroyo: *precipitaciones* (desde abril hasta septiembre); *deshielo* (octubre a diciembre); y *basal* (enero a marzo). Este tipo de variaciones se corresponden con el tipo de régimen de alimentación del arroyo, pluvio-nival; donde los mayores caudales se presentan en los meses de mayores precipitaciones, y posteriormente en los meses próximos al verano donde se producen los deshielos (Sosnovsky, 2020).

En la Imagen 12, se muestra un análisis de caudales del arroyo realizado desde 1991 por el DPA, se observa que hay 2 momentos del año donde el caudal aumenta: en los meses de octubre a diciembre y junio-julio.

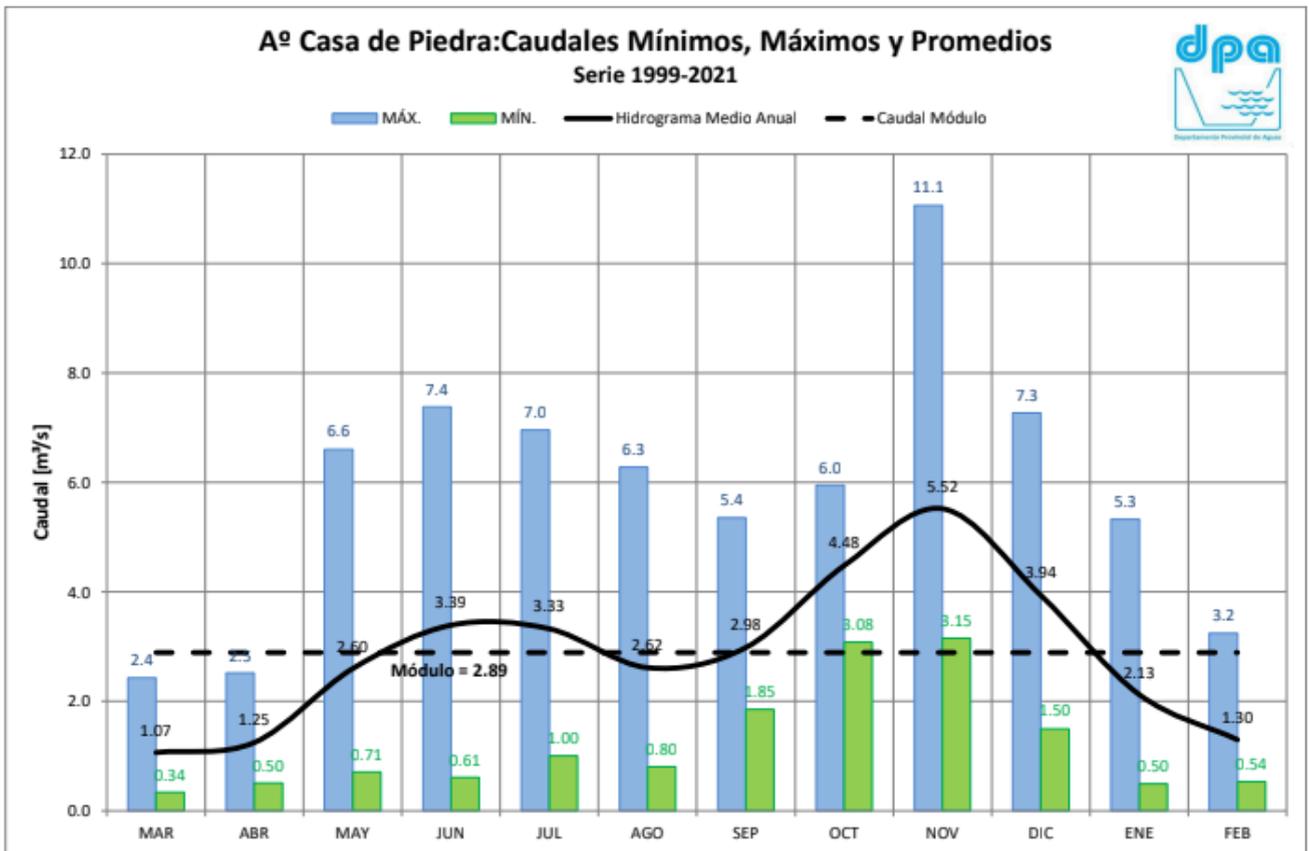


Imagen 12: Caudales mínimos, máximos y promedios del arroyo Casa de Piedra.

Serie 1999 - 2021. Fuente: DPA, 2022.

Un estudio del relieve y dinámica fluvial que se desarrolló en la cuenca determinaron, entre otras conclusiones, que el arroyo Casa de Piedra presentaba una rápida respuesta hidrológica a aportes de agua; junto con la curva hipsométrica obtenida que se muestra en la Imágen 13 (Ybarra, 2018).

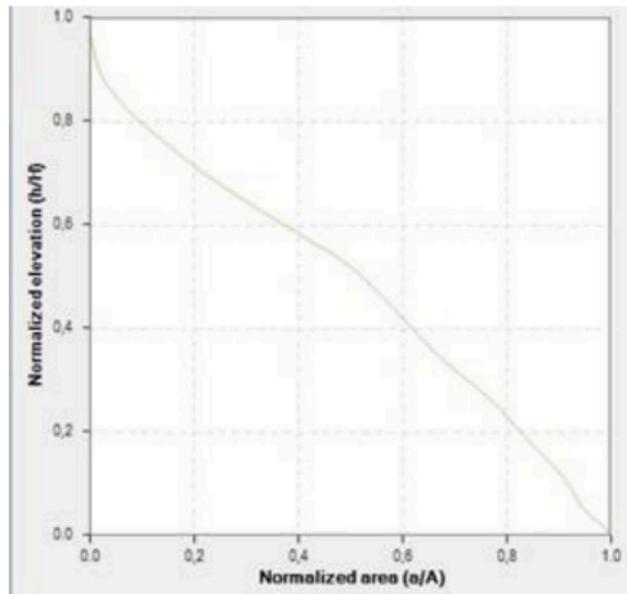


Imagen 13: Curva hipsométrica. Fuente: Ybarra, 2018.

La investigación obtuvo que la integral hipsométrica (el área bajo la curva hipsométrica) era de 0,481; con este valor se llegó al siguiente análisis:

“Según el esquema evolutivo propuesto por Davis los valores superiores a 0,30 constituyen cuencas convexas, jóvenes, inestables tectónicamente y de poca denudación. Según Willgoose y Hancock (1998) valores inferiores a 0,5 demuestran que la erosión fluvial es la dominante jugando un rol preponderante en los procesos fluviales encauzados. En el caso de estudio la cuenca presenta un típico modelado glaciar correspondiente a la última glaciación y que actualmente posee un predominante tallado fluvial.” (Ybarra, 2018)

Un fenómeno a destacar que se pudo observar durante el relevamiento a campo fue el cambio en la dinámica del arroyo. Tomando como punto de referencia el puente de la ruta provincial N° 79 ubicado sobre el arroyo, hacia aguas abajo se observó que el arroyo se dividía en múltiples brazos que continuamente volvían a unirse al tramo principal. Estas desviaciones del arroyo presentaban variaciones en cuanto a la velocidad del agua, siendo que en ciertas secciones el agua podía llegar a ralentizarse como muestra la Imagen 14. Esta característica se debe principalmente al cambio

abrupto que se da en la pendiente longitudinal del cauce y además al ensanchamiento abrupto del valle, y la composición del material del lecho. Estos parámetros son sensiblemente diferentes a los tramos del cauce aguas arriba del citado puente. Este fenómeno fue observado a campo en el mes de abril del 2023. No se realizaron salidas posteriores para ver cómo este efecto podría variar en otros momentos del año.

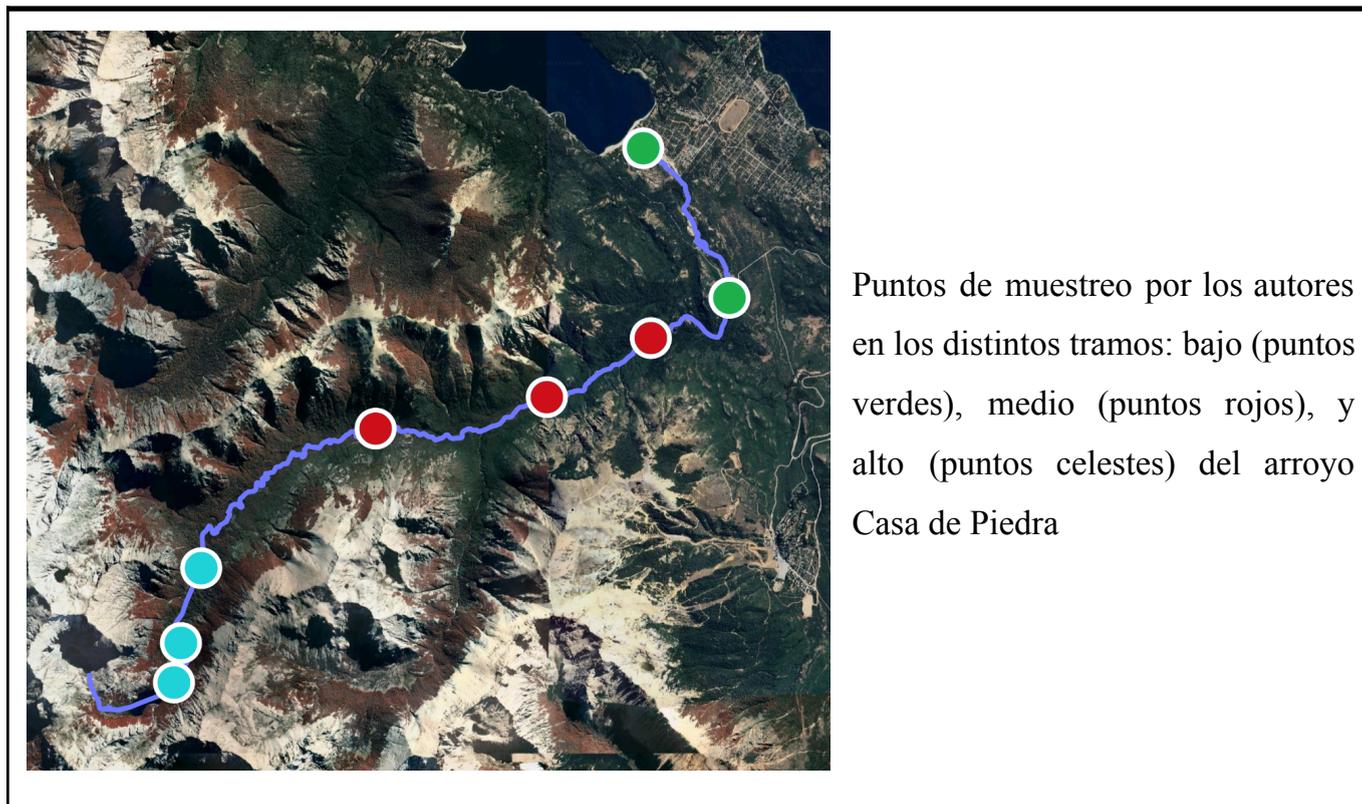


Imagen 14: Zona aguas abajo del puente del Arroyo Casa de Piedra.

Fuente: Elaboración propia, foto tomada a campo el 13 de abril del 2023.

En cuanto a las características físico-químicas del agua, distintos estudios han mostrado que la misma es del tipo oligotrófica, con muy bajas concentraciones de nutrientes. El Cuadro 3 nos muestra una sintetización de variables que se han medido en el arroyo en diferentes estudios y tramos del mismo.

Variable	Valor			Tramo del arroyo	Año de toma de muestras
	Promedio	Mínimo	Máximo		
Temperatura (°C)	6,3	1,3	16,3	Bajo	2014 - 2015
Conductividad eléctrica (µs/cm)	42	22	65	Bajo	2014 - 2015
pH	7,3	6,3	8,1	Bajo	2014 - 2015
Turbidez (NTU)	0,8	0	20,4	Bajo	2014 - 2015
Sólidos en Suspensión (mg/L)	< 1	-	-	Bajo - Medio - Alto	2011 - 2013 (Entre dic. y abril)
Carbono Orgánico Disuelto (mg/L)	<0,5	-	-	Bajo - Medio - Alto	2011 - 2013 (Entre dic. y abril)
Nitrógeno Total (µg/L)	9 a 135	-	-	Bajo - Medio - Alto	2011 - 2013 (Entre dic. y abril)
Fósforo Total (µg/L)	0,2 a 5	-	-	Bajo - Medio - Alto	2011 - 2013 (Entre dic. y abril)



Cuadro 3: Variables fisicoquímicas del arroyo Casa de Piedra.

Fuente: García, 2016; y Sosnovsky, 2020.

3.2. Clima

La región cuenta con un clima húmedo microtermal con un marcado gradiente climático. A nivel de precipitaciones, los mayores valores se registran en dirección oeste y disminuyen hacia el este. A su vez, se presentan variabilidades en cuanto a la altura y la temperatura, dado que existe una relación inversa entre estas 2 variables; a mayores alturas se presentan menores temperaturas y viceversa.¹¹

Las precipitaciones se concentran en los meses de otoño e invierno, por lo que pueden presentarse también como nevadas, especialmente, en zonas de altura. Por el contrario, los meses de primavera-verano suelen ser más secos. Mientras que en el centro de la ciudad se registran valores de precipitación de 1100 mm anuales, en lugares más alejados hacia el oeste como el cerro Catedral o el Llao Llao presentan cantidades de 1400 mm y 2000 mm respectivamente (Pereyra, 2007).

¹¹ Esta relación se da en alturas de troposfera, ya que a mayor altura de esta capa atmosférica la variación altura-temperatura cambia.

Los vientos que llegan a la zona proceden de las corrientes originadas en el océano pacífico, por lo que la dirección del viento suele provenir desde el oeste con una frecuencia del 80% sobre otras direcciones.

La temperatura media anual registrada para el centro de la ciudad de Bariloche es 8°C con disminuciones de temperatura en inviernos alrededor de los 0°C. Según datos extraídos de la página oficial del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), la Imagen 15 muestra un registro de precipitaciones y temperaturas (mínimas y máximas) medias de cada mes desde 1991 al 2020 en el aeropuerto de la ciudad.

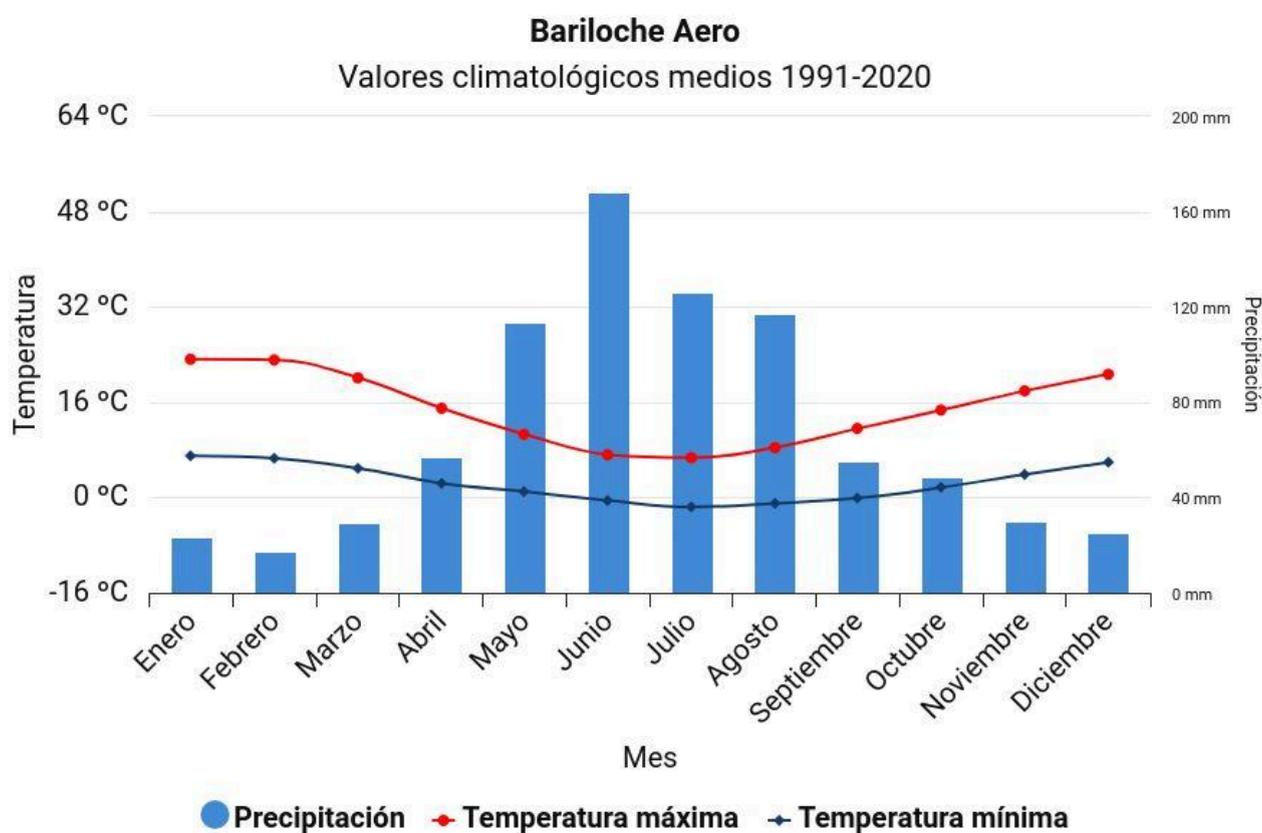


Imagen 15: Temperaturas medias máximas y mínimas mensuales, y precipitaciones medias mensuales registradas en el aeropuerto de San Carlos de Bariloche desde 1991 hasta 2020. Fuente: SMN, 2023.

Estudios realizados en el arroyo Casa de Piedra han llegado a registrar datos climáticos del lugar entre los años 2014 - 2015. Durante ese periodo se registró una temperatura media anual de 8,7°C; y una precipitación anual de 1092 mm (Sosnovsky, 2018).

3.3. Aire

San Carlos de Bariloche cuenta con una estación de monitoreo continuo de la calidad del aire, ubicada dentro de la zona urbana de la ciudad.¹² Esta estación cuenta con equipamiento para cuantificar: material particulado, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, ozono, dióxido de azufre, sulfuro de hidrógeno, y datos meteorológicos. Un estudio realizado en 2018 relevó los datos registrados por esta estación y en los resultados describe que ninguno de los compuestos detectables por los equipos superan los límites permitidos por la ley nacional 20284/73 (Menger, 2019).¹³

A lo largo de la historia S.C. de Bariloche se ha visto afectada por fenómenos de caída de material piroclástico (especialmente ceniza volcánica) producto de su cercanía a zonas de alta actividad volcánica, y sus condiciones climáticas (específicamente la dirección de los vientos que dispersan el material piroclástico hacia la ciudad). La Imagen 16 muestra un mapa con la dispersión de cenizas de las erupciones más significativas de la región en los últimos 80 años. Cabe destacar, que la erupción ocurrida en 2011 por el volcán Cautle-Puyehue afectó particularmente a Bariloche (entre otras ubicaciones cercanas) por caída de ceniza.

¹² Entre las calles Isidoro Ruiz Moreno y Domingo Faustino Sarmiento en un lote perteneciente a PPNN.

¹³ Ley que describe el plan de prevención de situaciones críticas de contaminación atmosféricas.

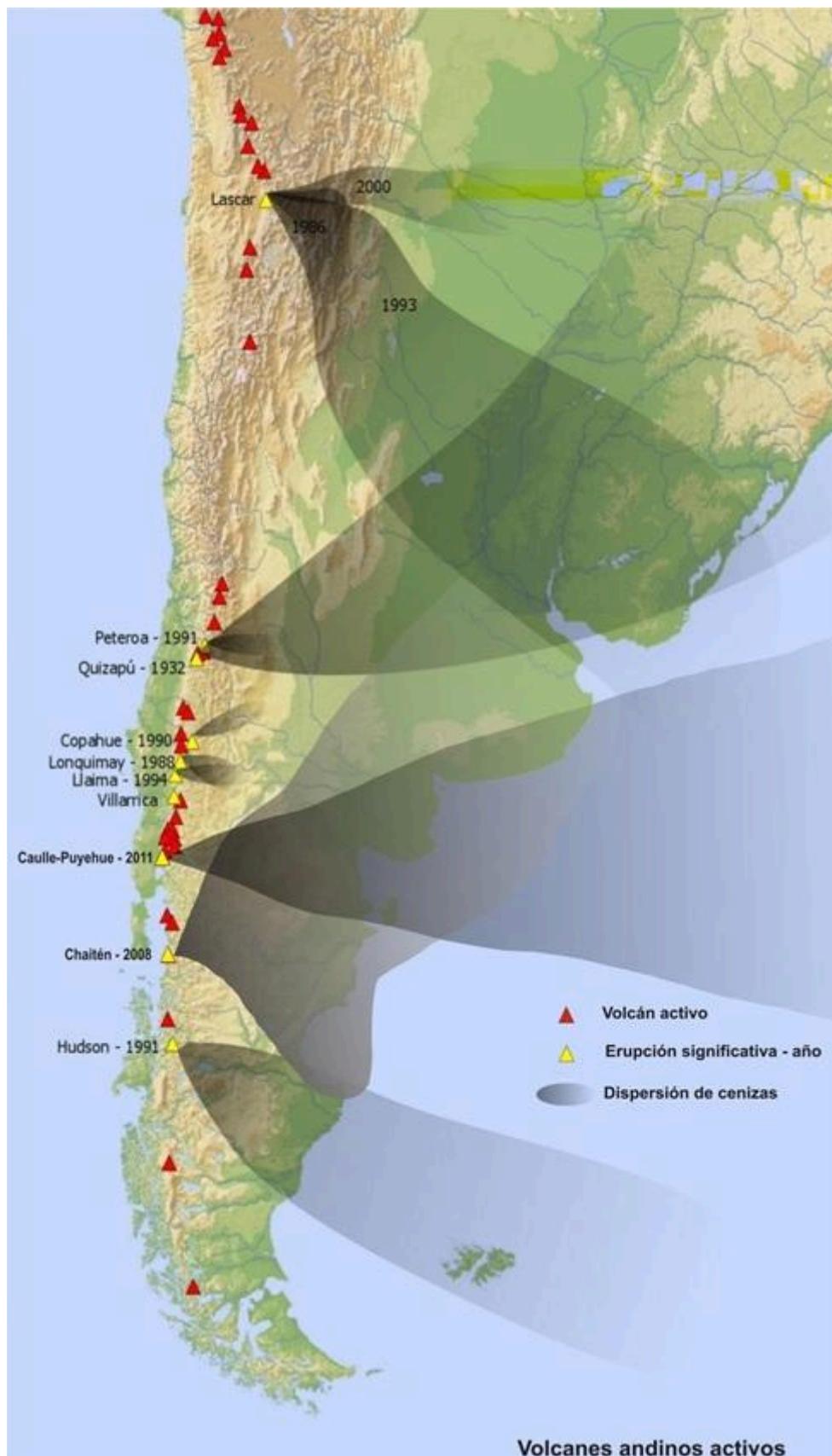


Imagen 16: Mapa con la dispersión de cenizas de las erupciones más significativas de los últimos 80 años en Argentina y Chile.

Fuente: Instituto nacional de prevención sísmica, s.f.

Otra potencial fuente de contaminantes para el aire en la ciudad son los gases producidos por incendios forestales, tales como: ozono, monóxido de carbono, compuestos aromáticos policíclicos, dióxido de nitrógeno y material particulado (Wettstein, 2018). Esto se debe a que existen múltiples factores en la zona que hacen que el riesgo de este tipo de incendios sea mayor, como: la abundante vegetación circundante del PPNH, la utilización de fogones por parte de residentes y turistas que visitan la zona, veranos secos, etcétera.

3.4. Geología

La zona comprendida alrededor del lago Nahuel Huapi presenta una geoformación marcada por una gran glaciación ocurrida hace miles de años en la región. Estos acontecimientos ocurridos hace tiempo se ven reflejados en el paisaje actual en forma de valles glaci-fluviales, terrazas y planicies glaciolacustres, abanicos aluviales, etcétera.

El arroyo Casa de Piedra muestra una forma de valle glaciario con perfil transversal en forma de “U”, con presencia de otras formaciones como morenas en las zonas de desembocadura del lago Moreno este y en cotas superiores a los 1200 m.s.n.m. del arroyo. Es debido a esta forma de valle que en zonas laterales se ubican los denominados circos glaciarios, los mismos cuentan con una forma de anfiteatro con afloramiento rocosos en los laterales. Los procesos geomorfológicos dominantes en este tipo de formación geológica son las caídas de roca, las avalanchas de nieve y roca y los procesos criogénicos (Pereyra, 2009).

En pequeños sectores cercanos al lago Moreno también se han observado geoformas glaci-lacustres; y en zonas de altura del arroyo depósitos glaci-lacustres. En menor medida, las geoformas fluviales componen parte de la cuenca en forma de abanicos aluviales, compuestos por gravas, arenas (medianas a finas), limos y arcillas. Estos abanicos en general poseen varios niveles, un signo de la incisión fluvial. También, se pueden mencionar otras geoformas como las planicies aluviales ubicadas entre los 800 y 900 m.s.n.m. en el arroyo Casa de Piedra.

En la Imagen 17 se muestra como en las limitaciones de la cuenca del arroyo Casa de Piedra se encuentran 3 cerros que representan los puntos de mayor altura en el área de estudio: Catedral (2091 m.s.n.m.), Tres Reyes (2076 m.s.n.m), y Agrupación (2047 m.s.n.m.). Estos puntos de altura suelen ser puntos donde se genera una acumulación de nieve que luego aportan a los cursos de agua de la cuenca.

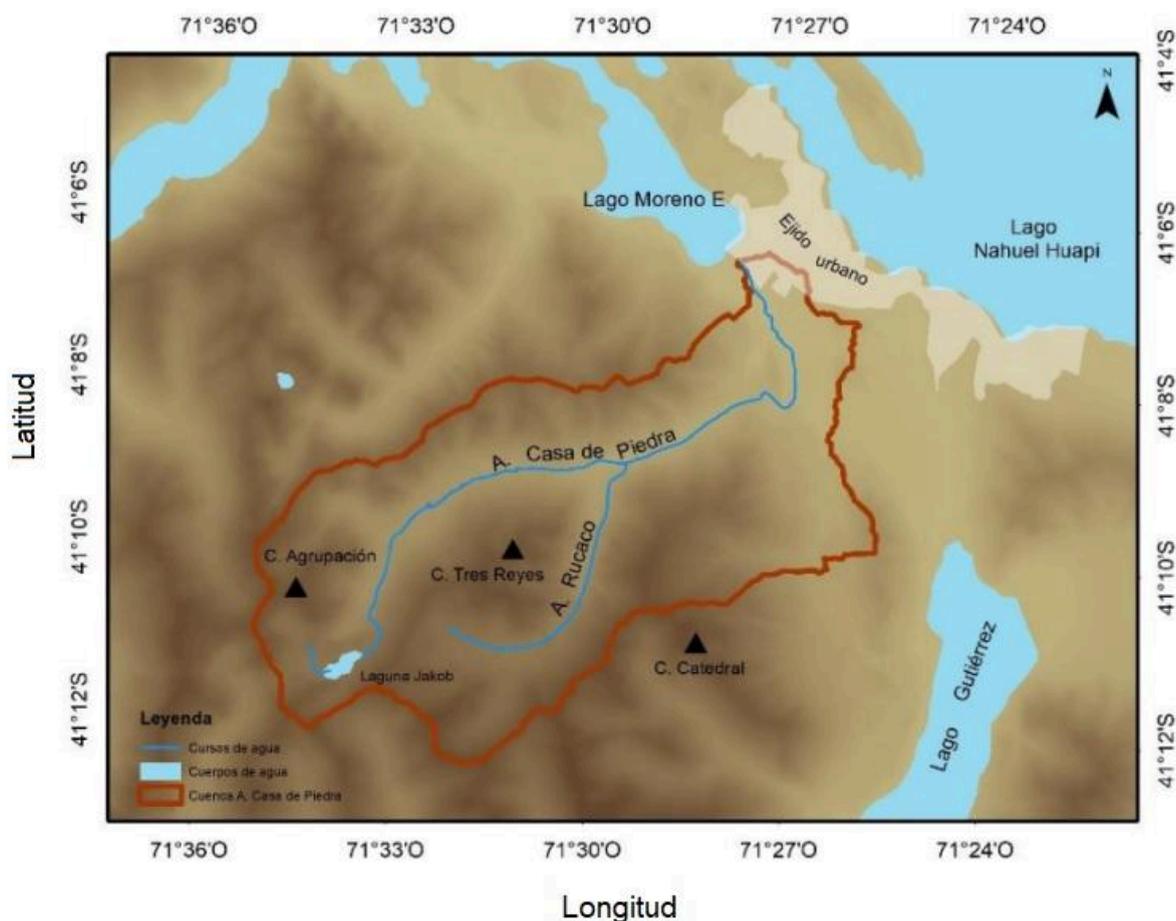


Imagen 17: Cerros en la cuenca arroyo Casa de Piedra. Fuente: Ybarra, 2018.

En contraparte, los puntos de menor nivel se encuentran en la desembocadura del arroyo sobre el lago Moreno (899 m.s.n.m.). Dadas estas marcadas diferencias de altura sobre una cuenca no muy extensa, se genera una pendiente elevada de 33,9 m/km. Las mayores pendientes se encuentran concentradas en las cabeceras de la cuenca y en los flancos de los valles glaciarios, mientras que en zonas aledañas al arroyo y en la desembocadura de la cuenca hay pendientes más suaves (Sosnovsky, 2018).

3.5. Suelos

En los laterales del valle glaciar (correspondiente a las zonas laterales de la cuenca) y en cotas de altura entre los 1200 y 900 m.s.n.m. se pueden encontrar escasos afloramientos rocosos y una predominancia de suelos: con textura franco-arenosa muy fina, moderadamente profundos (de 50 a 80 cm) a profundos (más de 80 cm), bien drenados, moderadamente ácidos (pH 5,5 a 6,0), y un buen porcentaje de materia orgánica de 6 a 10 % (Pereyra, 2009).

En las planicies aluviales, entre los 800 y 900 m.s.n.m., los suelos son: francos a franco-arenosos finos, moderadamente profundos a profundos, moderadamente ácidos, de drenaje moderado a imperfecto, con una marcada disminución de la materia orgánica de oeste (mayor del 6 %) a este (menor del 6%) (Pereyra, 2009).

En líneas generales, se puede decir que el suelo predominante de la cuenca es del tipo Andisol, generado a partir de material volcánico (cenizas y material piroclástico) y con una alta capacidad de retención de agua. En menor medida pueden encontrarse suelos poco desarrollados como inceptisoles o afloramientos rocosos. En el lecho del arroyo se pueden encontrar rocas de diversos tamaños que varían desde cantos rodados hasta bloques de mayor tamaño (García, 2016).

3.6. Flora

En zonas de altura (por arriba de los 1600 m.s.n.m) dentro de la cuenca se presenta una disminución en la densidad de la vegetación con un porcentaje de cobertura de 7 a 25%, generando que estos ambientes presentan cualidades de semidesierto. La vegetación en estos casos es de baja altura o rastrera; y las especies que más comúnmente son características de estas zonas son: la chaura enana (*Gaultheria pumila*), murtila (*Empetrum rubrum*), *Poa obvallata*, *Luzula chilensis*, y asteráceas del género *Senecio* y *Nassauvia*.

En zonas de menor altura hay vegetación característica de bosques húmedos. En las áreas contiguas a los arroyos Casa de Piedra y Rucaco, desde sus nacientes hasta aguas abajo, se encuentran zonas prácticamente prístinas con presencia de

herbáceas, matorrales, y bosques patagónicos con predominancia de lenga (*Nothofagus pumilio*). Siguiendo el recorrido del arroyo por áreas boscosas se destaca la presencia de otras especies endémicas como coihue (*Nothofagus dombeyi*), ciprés (*Austrocedrus chilensis*), ñire (*Nothofagus antarctica*), notro (*Embothrium coccineum*), arrayán (*Luma apiculata*), maitén (*Maytenus boaria*), entre otros. En la zona de desembocadura, se ubica un entorno mucho más urbano con una disminución en la presencia de flora.

A modo ilustrativo, se realizó una estimación del *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), para la zona de la cuenca y alrededores, a través de la página online de Land Viewer (<https://eos.com/landviewer>). El NDVI es una herramienta de análisis para imágenes satelitales que permite discernir, a través de sus valores, la densidad y estado de la vegetación. Este índice posee una escala que va desde el -1 hasta 1: Los valores < 0,1 indican áreas con suelo desnudo, arena o nieve; los valores entre 0,2 a 0,3 se asocian con especies arbustivas; y de 0,6 a 0,8 representan bosques. Los resultados obtenidos para la cuenca se observan en la Imagen 18.

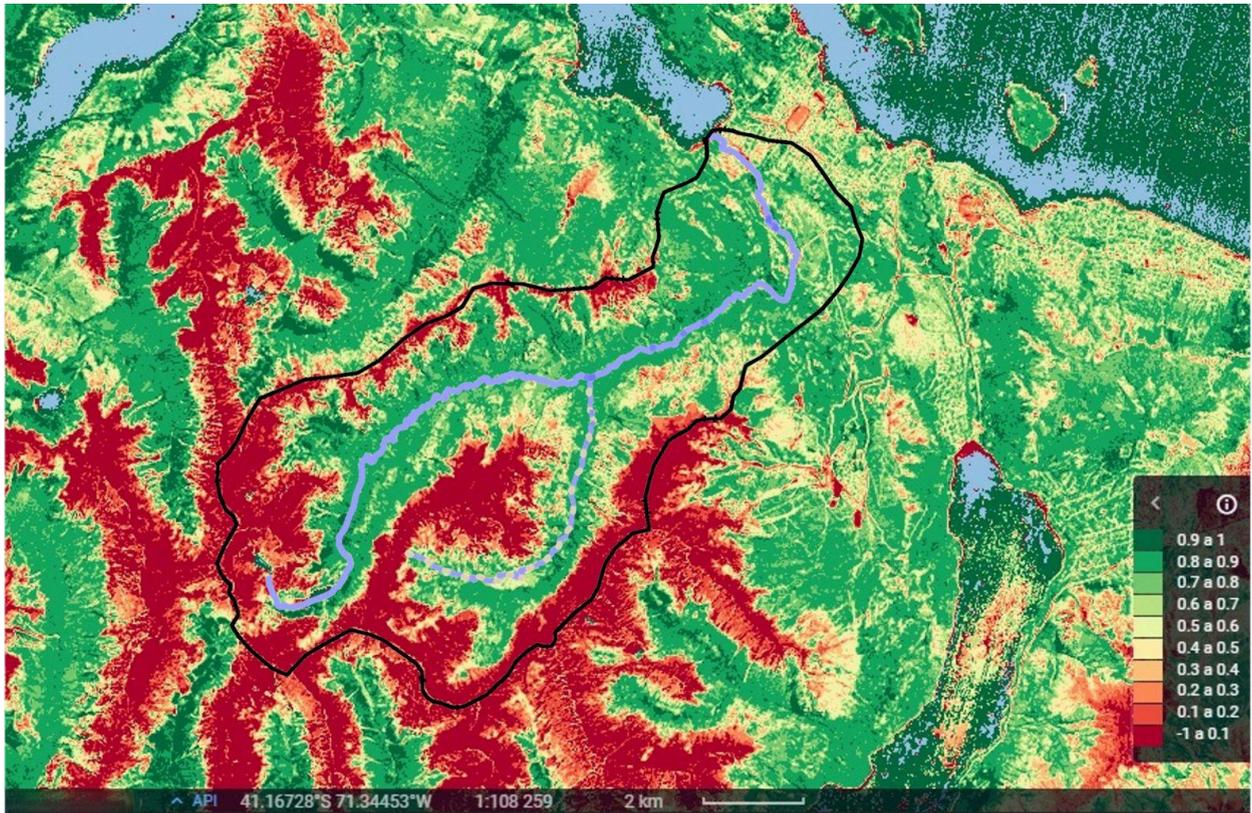


Imagen 18: Valores de NDVI obtenidos para la cuenca arroyo Casa de Piedra.

Fuente: Elaboración propia a través de Land Viewer.

Nota: La imagen utilizada fue capturada por el satélite Sentinel-2 L2A el 26 de marzo de 2023. Los límites de la cuenca se encuentran marcados en negro.

En este caso particular, las zonas rojas con bajo valor de NDVI coinciden con las zonas de mayor altura y a las que se les adjudica tener baja densidad de vegetación. Mientras, en el otro extremo del espectro, las zonas verdes con mayor NDVI se encuentran en las zonas aledañas a los arroyos donde se registraba la presencia de bosques. En la zona de desembocadura del arroyo, se asocia las tonalidades intermedias a la presencia de ambientes urbanos.

Finalmente, durante la visita a campo realizada en el arroyo se observó una abundante vegetación junto a las orillas del arroyo. Se pudo confirmar la presencia y predominancia de las plantas previamente mencionadas (coihue y ciprés), y también se pudieron identificar otras especies. En la zona relevada, sobre todo en cercanías al puente que cruza el arroyo, se pudo observar la presencia de especies exóticas como pinos (*Pinus*), retama (*Genista monspessulana*), y rosa mosqueta (*Rosa rubiginosa* L.). Otras variedades de plantas que pudieron reconocerse durante la visita a campo

son: reina mora (*Mutisia spinosa*), chaura (*Gaultheria mucronata*), caña colihue (*Chusquea culeou*), palo piche (*Fabiana imbricata*) y helechos (*Filicopsida*). A modo ilustrativo, las Imágenes 19.1 y 19.2 son fotos tomadas a campo que muestran la vegetación circundante al arroyo unos metros aguas arriba y abajo desde el puente que atraviesa el arroyo por la ruta 79.



Imagen 19.1: Aguas arriba del puente en el arroyo Casa de Piedra.

Fuente: Elaboración propia, foto tomada a campo el 13 de abril del 2023.



*Imagen 19.2: Aguas abajo del puente en el arroyo Casa de Piedra.
Fuente: Elaboración propia, foto tomada a campo el 13 de abril del 2023.*

Un aspecto a destacar, es que debido a la presencia de especies nativas de interés, la flora de la cuenca se encuentra bajo la conservación de la ley provincial N° 4552 de bosques nativos. Esta ley utiliza 3 categorías de conservación:

Categoría I (rojo): Sectores de muy alto valor de conservación que no deben transformarse. Incluye áreas que por sus ubicaciones relativas a reservas, su valor de conectividad, la presencia de valores biológicos sobresalientes y la protección de cuencas que ejercen, ameritan su persistencia como bosque a perpetuidad, aunque estos sectores puedan ser hábitat de comunidades indígenas y ser objeto de investigación científica.

Categoría II (amarillo): Sectores de mediano valor de conservación que pueden estar degradados pero, que a juicio de la autoridad de aplicación jurisdiccional con la implementación de actividades de restauración, pueden tener un valor alto de conservación y que podrán ser sometidos a los siguientes usos: aprovechamiento sostenible, turismo de bajo impacto, recolección e investigación científica.

Categoría III (verde): Sectores de bajo valor de conservación que pueden transformarse parcialmente o en su totalidad, aunque dentro de los criterios de la presente ley.

En la Imagen 20 se observan las zonas que se encuentran protegidas por la ley de bosques nativos en sus 3 niveles: rojo, amarillo y verde para las categorías I, II, y III respectivamente.

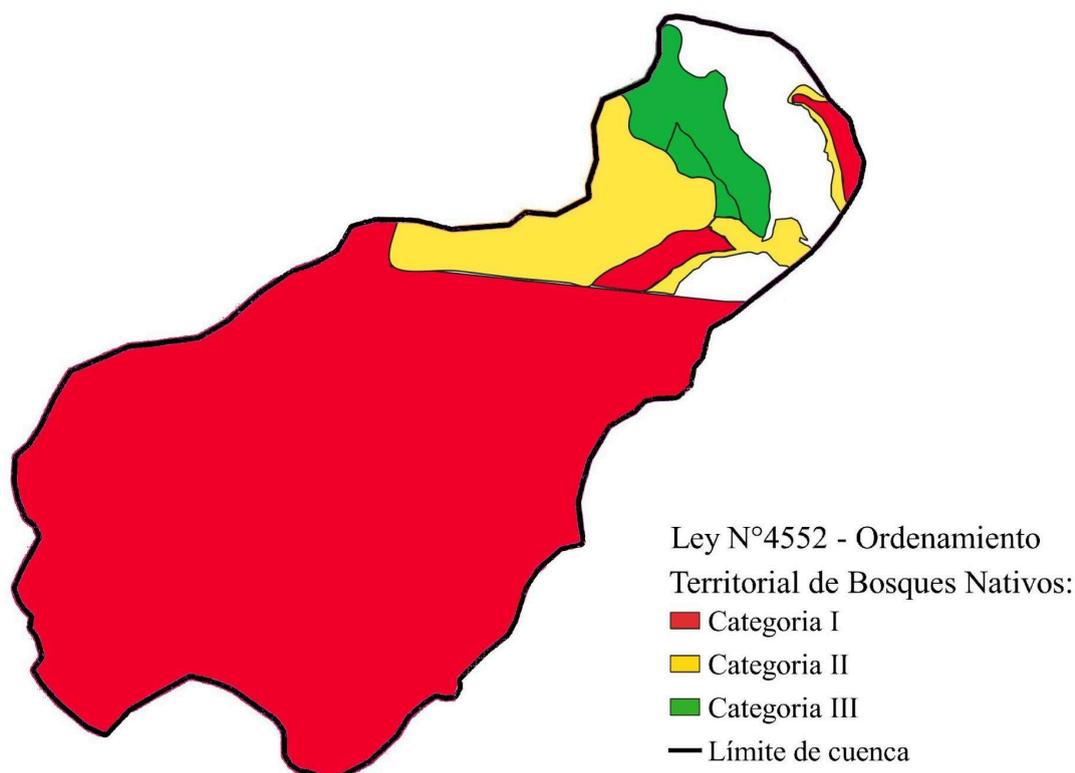


Imagen 20: Zonificación de la ley provincial de bosques nativos en la cuenca arroyo Casa de Piedra. Fuente: Plan de ordenamiento territorial, secretaría de planeamiento y medioambiente.

3.7. Fauna

En la zona se han podido registrar un total de 1104 especies nativas, de las cuales, 23% son vertebrados y 77% invertebrados (Administración de Parques Nacionales, 2019). La mayoría de las especies se corresponden con aves, seguidas por mamíferos, anfibios y reptiles. Entre ellas, destacan ciertas especies de elevado valor

de conservación cuya importancia se puede deber a múltiples motivos (importancia para el ecosistema, baja distribución, endemismo, etcétera).

En las zonas de altura (mayores a los 1600 m.s.n.m.) las condiciones climáticas pueden resultar extremas, por lo que existe una falta natural de alimento que hace que pocas especies permanezcan en estas regiones, especialmente, durante todo el año. Dentro de los animales conocidos en la zona se encuentran: distintas especies de roedores como el chinchillón (*Lagidium viscacia*), el ratón de pelo largo (*Abrothrix longipilis*), el pericote patagónico (*Loxodontomys micropus*), entre otros; aves como el yal andino (*Melanodera xanthogramma*) o plomizo (*Phrygilus unicolor*) y dormilonas de nuca amarilla (*Muscisaxicola flavinucha*) o ceja blanca (*Muscisaxicola albilora*); lagartijas adaptadas a las condiciones de altura; ciertos anfibios como rana semiacuática (*Alsodes gargola*) y el sapo de tres rayas (*Bufo variegatus*) (Mermoz M., 2009).

En zonas de bosques húmedos se pueden encontrar una mayor variedad de especies. A nivel de anfibios se cuenta con distintas especies de ranas (por ejemplo, del género *Batrachyla*) y sapos como el de tres rayas (*Bufo variegatus*). Existe poca variedad de reptiles, donde la mayoría está representada por lagartijas. Mientras que existen diversas variedades de aves características de la región como: paloma araucana (*Columba araucana*), aguilucho de cola rojiza (*Buteo ventralis*), esparvero común (*Accipiter bicolor*), caburé grande (*Glacidium nanum*), lechuza bataraza (*Strix rufipes*), picaflor rubí (*Sephanoides Sephaniodes*), entre otros. Los mamíferos que habitan este tipo de ambientes de bosque húmedo presentan un tamaño de mediano a pequeño; siendo la mitad de ellos roedores. Algunos ejemplos de mamíferos son: el ratón oliváceo (*Abrothrix olivaceus*), el monito de monte (*Dromiciops australis*), el coipo (*Myocastor coypus*), entre otros (Mermoz M., 2009).

En la edición del 2019 del plan de gestión del PNNH se realizó un listado de especies con especial valor de conservación dentro del parque. A continuación, se detallan aquellas cuya distribución coincide con la cuenca del arroyo Casa de Piedra:

- 1. Pato de los torrentes (*Merganetta armata*):** Esta especie tiene un especial valor de conservación dada su vulnerabilidad. En el sur de Argentina está presente en bajas densidades poblacionales, posee bajas tasas reproductivas, es

muy sensible a los cambios en su hábitat, y posee baja capacidad de colonizar áreas abandonadas. Habita exclusivamente en ríos y arroyos de montaña, y dentro del PNNH fue visto en bosques húmedos y de transición entre los 500 y los 1100 m.s.n.m. Presentan una preferencia hacia los sectores rápidos con saltos y cascadas, con afloramientos rocosos y aguas blancas. Esta especie es monógama y en épocas reproductivas se vuelven territoriales. Pueden poner de 4 a 5 huevos (que son incubados por las hembras durante 43-44 días) y ubican sus nidos en lugares altos, a las orillas de ríos, en cavidades de árboles o grietas de rocas.

Dependiendo de las variaciones estacionales de caudal en los cuerpos de agua, el pato de los torrentes puede desplazarse aguas arriba o abajo. Estudios realizados en el río Villegas y Manso demostraron que en la estación de primavera-verano, cuando aumenta el caudal aguas abajo, el pato prefería sectores aguas arriba. Mientras que a fines del verano cuando el caudal aguas arriba disminuía, el pato se trasladaba aguas abajo buscando mayores caudales.

- 2. Cóndor andino (*Vultur gryphus*):** Ave carroñera conocida por ser la más grande de los Andes (se han registrado individuos que han superado los 3 metros de envergadura y los 15 kg de peso) y su distribución se extiende desde Tierra del Fuego hasta Ecuador por la zona de la Cordillera de los Andes. A nivel ecológico cumple el rol de alimentarse y eliminar cadáveres de animales. Ocupa grandes áreas de acción y se desplazan por largas extensiones. Durante su ciclo de vida se alimentan en zonas de estepa, y ocupan zonas de altura en bosques para dormideros comunales o condoreras, mientras que en la época reproductiva se vuelven territoriales y nidifican en sitios aislados. Su capacidad de reproducción es baja dado que ponen un huevo cada 2 años. La Imagen 21 muestra un mapa de la distribución de esta especie (junto con otras de las cuales se resalta al pato de los torrentes) en el ejido del PNNH.

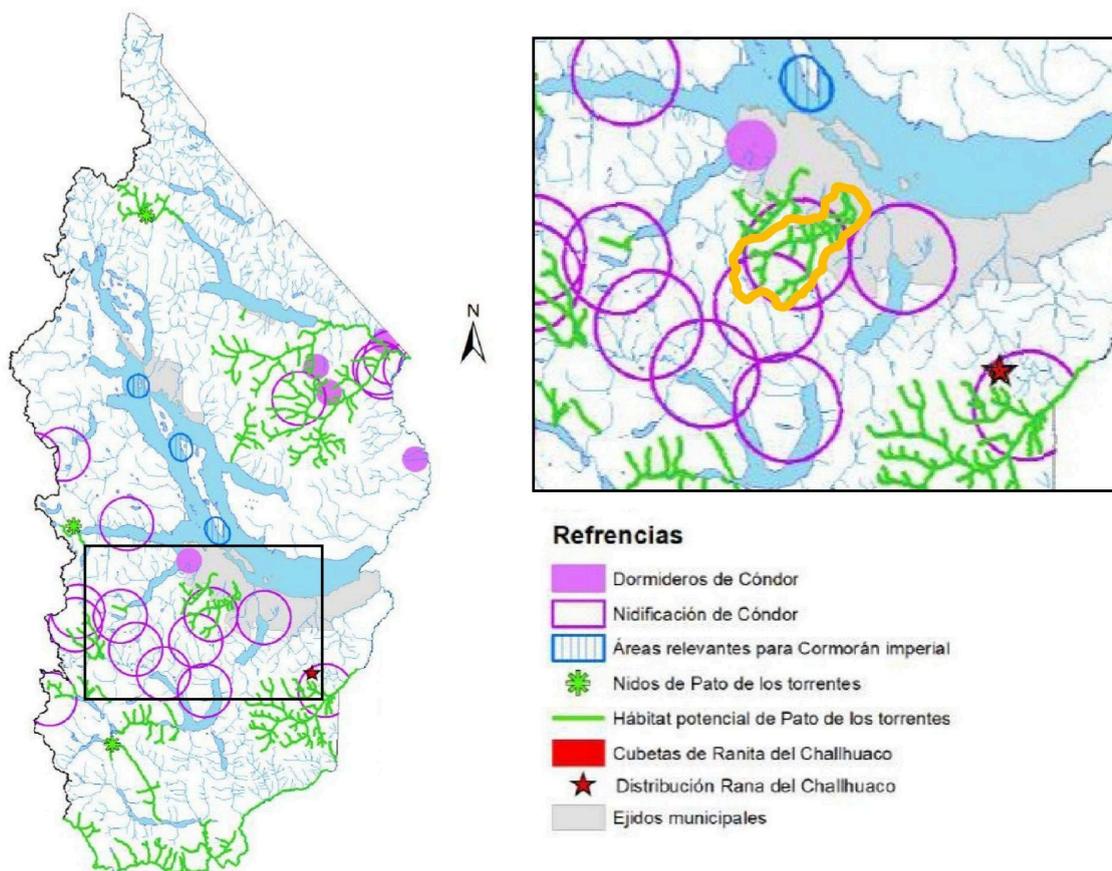


Imagen 21: Mapa de distribución para especies de interés en el PNNH.

Fuente: Elaboración propia en base a bibliografía: Administración de Parques Nacionales, 2019.

Nota: En la imagen ampliada de la derecha se remarca los límites de la cuenca arroyo Casa de Piedra en naranja.

3. Pudú (*Pudu puda*): Esta especie de ciervo es conocida por su pequeño tamaño ya que solo alcanza alrededor de 40 cm de altura. Habita en bosques húmedos, templados y fríos con estrato arbustivo denso. Presenta preferencia por zonas de vegetación espesa y evita los claros muy extensos. Generalmente se lo encuentra en solitario, pero se los puede ver con una hembra y su cría o en grupos de 2 a 3 individuos. Puede poseer áreas de acción de hectáreas, o reducidas a pequeños lugares mientras cuente con la suficiente cobertura vegetal. Suele usar las mismas rutas cuando se desplaza y su dieta se basa en hojas y brotes tiernos de árboles y arbustos, y en menor medida helechos, gramíneas, flores y algunos frutos. Dada su preferencia por habitar zonas de

densa vegetación y su velocidad al desplazarse es difícil determinar su distribución pero se estima que se encuentra fuera de peligro.¹⁴

4. Gato huiña (*Leopardus guigna*): Uno de los felinos más pequeños del mundo (mide de 40 a 50 cm de largo y pesa de 2 a 3 kg) y actualmente se encuentra amenazado. Su distribución en Argentina se limita a los bosques andinos patagónicos desde el sureste de Neuquén hasta Chubut. Utiliza zonas por debajo de los 1200 m s. n. m. con bosques densos o abiertos con sotobosque para habitar. Sus poblaciones presentan baja densidad y áreas de acción de 40 a 250 ha. Pasa gran parte del tiempo refugiado descansando en ramas de árboles y se alimenta principalmente de aves y pequeños animales como ratones y lagartijas. Tiene una personalidad solitaria y hábitos nocturnos. Durante su etapa de reproducción puede tener camadas de 1 a 4 crías que son depositadas en nidos contruidos sobre árboles o matas de caña colihue.¹⁵

5. Huillín (*Lontra provocax*): Nutria endémica del sur de Chile y Argentina, y emblema del PNNH. En el país se distribuye por los cuerpos de agua de los bosques de la patagonia y algunos ríos de la estepa. Requiere de ambientes acuáticos en buena calidad, vegetación riparia y porciones sustanciales de costa estructuralmente complejas con presencia de troncos caídos y/o grandes rocas. Su dieta se basa en consumir macrocrustáceos y peces. La mayor parte del año es solitario y territorial, salvo en la época reproductiva a mediados del otoño donde se lo puede ver con pareja. Un macho puede aparearse con varias hembras y estas dan a luz de 2 a 4 cachorros en invierno.

No se encontró registro de presencia de especies nativas de peces en la cuenca. Sin embargo, un estudio llevado a cabo en la región reveló una predominancia de salmónidos en los arroyos de la zona. El arroyo Casa de Piedra fue relevado durante esta investigación y se pudo detectar la presencia de 2 especies exóticas: trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*) y trucha de arroyo (*Salvelinus fontinalis*); siendo la

¹⁴ Información relevada en julio del 2023 de: <https://sib.gob.ar/especies/pudu-puda>

¹⁵ Información relevada en julio del 2023 de: <https://sib.gob.ar/especies/leopardus-guigna>

primera la que se encontró en mayor abundancia. Dado que los ejemplares capturados resultaron juveniles, se presenta la teoría de que los salmónidos utilizan los arroyos y ríos de la región como sitios de desove y cría (Lallement, 2016).

Los macroinvertebrados forman una parte vital de la fauna acuática al igual que en la dieta de múltiples especies, particularmente, en el caso de los peces. No se encontraron antecedentes de investigaciones realizadas en la zona de estudio sobre esta temática. Sin embargo, parte de un estudio llevado a cabo en el área estimó una densidad de macroinvertebrados de alrededor de 200 individuos por m² para un tramo del arroyo Casa de Piedra en la zona de desembocadura. Este dato fue analizado de manera particular dado que la obtención de muestras en el arroyo fue tomada posterior a la erupción del volcán Puyehue-Cordón Caulle. Debido a la falta de información previa del lugar, no se pudo determinar que tanto influyó la llegada de material piroclásticos a los resultados sobre las comunidades de macroinvertebrados (Lallement, 2016).

Finalmente, durante el relevamiento a campo se pudieron observar 3 especies de aves conocidas dentro del PNNH:

- Picolesna patagónico (*Pygarrhichas albogularis*)
- Carancho (*Caracara plancus*)
- Comesebo patagónico (*Phrygilus patagonicus*)

3.8. Social

Dado que parte de la cuenca se encuentra dentro del ejido municipal de San Carlos de Bariloche, y otra parte en el PNNH, la cuenca arroyo Casa de Piedra presenta diversos grados de intervención antrópica. En la costa este del lago Moreno, donde se encuentra con el arroyo Casa de Piedra, se encuentra la playa del Viento, un punto turístico de interés donde convergen residentes y turistas en temporadas. En el lugar se realizan diversas actividades recreativas como: recorridos de 4x4, llegadas de parapentes, windsurf, kitesurf, uso de embarcaciones deportivas, entre otros. En el [anexo I](#) se puede observar un mapa del área urbana cercana al arroyo.

La zona de desembocadura del arroyo se encuentra, por un lado, al límite de una región urbanizada con presencia de barrios residenciales (barrio lago Moreno, 2 de Agosto, Covibar, y Casa de Piedra), y por otro lado con áreas naturales del ejército. Debido a su ubicación en una zona límite entre un área urbanizada y una natural, junto a sus valores ecosistémicos (en particular la isla ubicada en medio del arroyo), se creó la RNU “*isla desembocadura del arroyo Casa de Piedra*”. La misma cuenta con un carácter de área natural protegida categoría V según la ley provincial N° 2669; e incluye el área de desembocadura del arroyo con límites en los brazos norte y sur del curso de agua, incluyendo la isla que se encuentra dentro, y desde la altura de las calles Tempestad hasta la calle de la Ribera.

En el arroyo se encuentra una toma informal de agua potable (a unos 100 metros aguas arriba desde el puente ubicado sobre la ruta 79 a Colonia Suiza), que abastece a alrededor de 3500 personas ubicadas en los barrios Nueva Jamaica, lago Moreno y Jockey Club. La Imagen 22 muestra la toma de agua observada a campo.



Imagen 22: Toma en el arroyo Casa de Piedra para agua potable.

Fuente: Elaboración propia, foto tomada a campo el 13 de abril del 2023.

Nota: Con flechas verdes se indica el desvío de agua hacia la toma de agua.

Mientras se sube por el arroyo se pueden encontrar múltiples rutas de trekking y enduro (Imagen 23) que atraviesan toda la longitud de la cuenca por zonas menos intervenidas y es un estado más prístino hasta diversos destinos de interés turístico: puntos panorámicos, refugios (particularmente en la laguna Jakob), entre otros.



Imagen 23: Ruta de enduro junto al arroyo Casa de Piedra.

Fuente: Elaboración propia, foto tomada a campo el 13 de abril del 2023.

A nivel de patrimonio cultural, se ha registrado la presencia de comunidades originarias dentro del área de la cuenca. Al igual que la existencia de ciertos lugares

puntuales de importancia arqueológica. Dentro de la ordenanza municipal N°3139-CM-2019 se trazó en mapas los niveles de sensibilidad arqueológicas para la región, y dentro de la cuenca se encontraron los 3 niveles de sensibilidad: alta, media y baja; representados por los colores rojo, amarillo y verde respectivamente. En el [anexo II](#) se puede observar un par de mapas sobre la sensibilidad arqueológica en la zona alrededor del arroyo Casa de Piedra, y la ubicación de puntos de interés arqueológico y comunidades originarias en el área.

En cuanto a la distribución del sistema eléctrico, las zonas urbanas cercanas al arroyo se encuentran provistas por la Cooperativa de Electricidad Bariloche (CEB) a través de su sistema de conexión compuesta por cables aéreos y subterráneos. La estación transformadora más cercana al arroyo Casa de Piedra es la Estación Transformadora Puerto Moreno (ET-PMO) que realiza bajas de voltaje a 13,2 kV para la distribución de energía a subestaciones transformadoras más pequeñas que se encuentran repartidas por las calles. En la Imagen 24 se puede observar un diagrama de las líneas de alimentación conectadas a la ET-PMO.

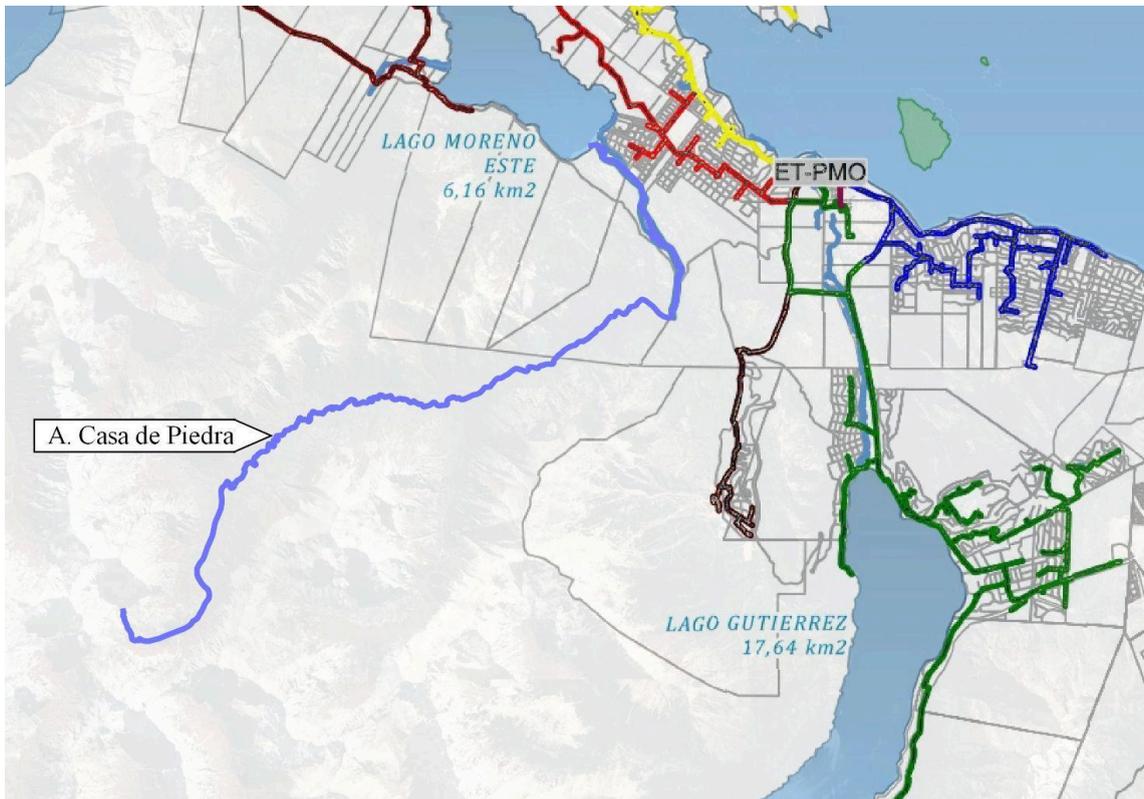


Imagen 24: Croquis ilustrativo del sistema de conexión eléctrica en la zona oeste de S.C. de Bariloche en el año 2023. Fuente: CEB.

Nota: Las líneas de colores que se observan en la imagen son las distintas líneas de alimentación conectadas a la ET-PMO.

4. Evaluación de riesgo ambiental

La identificación temprana del daño que puede generar un proyecto sobre el ambiente resulta en un factor decisivo, al igual que los aspectos técnicos y económicos, cuando se decide si finalmente el mismo es realizable o no. Dependiendo del grado de desarrollo del proyecto, se puede determinar con mayor o menor precisión los posibles impactos a generarse. En este caso en particular, donde se analiza en una de las primeras etapas de desarrollo (factibilidad), no se cuenta con la información necesaria para la cuantificación de impactos (tanto negativos como positivos) que podrían ocurrir. Es debido a esto, que se optó por realizar una *evaluación del riesgo ambiental*. Según las normas ISO 14001 el riesgo ambiental se define como:

“la posibilidad de que ocurra un suceso en el medio ambiente ya sea de forma natural o de origen antrópico”¹⁶

Al evaluar el riesgo se busca generar información referida a las posibles fuentes de peligro y los receptores a proteger. Para este trabajo se tomará como fuente de peligro a las tareas involucradas en la creación de un PAH (en su fase de construcción y operación) y como receptores a distintos factores ambientales y sociales que se encuentren dentro de la cuenca del arroyo Casa de Piedra. Se abordó a toda la cuenca como sitio de estudio, para que de esa forma los resultados obtenidos brinden un panorama más amplio de todas las zonas que atraviesa el arroyo y que podrían verse involucradas por el proyecto.

Finalmente, aclarar que la metodología y resultados obtenidos en este capítulo fueron especialmente enfocados al riesgo de sufrir impactos de carácter negativo, mientras que aquellos de carácter positivo fueron expuestos en la sección de conclusiones. Esta decisión se tomó debido a que se consideró que los riesgos a sufrir

¹⁶ Información relevada en julio del 2023 de: <https://www.nueva-iso-14001.com/2020/08/como-gestionar-los-impactos-y-riesgos-ambientales-con-un-software/#:~:text=El%20mencionado%20riesgo%2C%20es%20lo,el%20momento%20que%20era%20necesario.>

impactos negativos ameritaba un análisis más detallado para lo que serían finalmente las conclusiones de este trabajo.

4.1. Metodología

Todo proyecto (público o privado) que se desee llevar a cabo dentro de las áreas bajo jurisdicción de PPNN e involucra la implementación de: obras, instalaciones, prestaciones de servicios, aprovechamiento de recursos naturales, entre otros; está sujeto a la reglamentación pertinente para su evaluación ambiental. La resolución nacional 203/2016 establece el “REGLAMENTO PARA LA EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL EN LA ADMINISTRACIÓN DE PARQUES NACIONALES”. En el artículo 6 de este documento se establecen los instrumentos de evaluación y monitoreo ambiental, entre los cuales, se encuentra la evaluación ambiental expeditiva, la cual, tiene por objetivo:

“Obtener en forma expedita y sencilla un diagnóstico preliminar de las principales interrelaciones entre el proyecto y el medio receptor en función de la tipología de proyecto, su riesgo ambiental y la sensibilidad de dicho medio.”

Utilizando la información obtenida previamente en la línea base, se aplicó parte de la metodología establecida para la evaluación ambiental expeditiva descrita en el anexo VI de la res. 203/2016. Específicamente, se emplearon las pautas destinadas a determinar la sensibilidad del medio receptor. Las mismas se encuentran, en detalle, dentro del [anexo III](#) del presente trabajo. Esto se realizó con el objetivo de reconocer la presencia de factores ambientales y culturales que resulten de valor en la zona del proyecto.

Una vez obtenidas las características ambientales de valor descritas en el anexo III que se encontraran presentes dentro de la cuenca, se determinó el nivel de riesgo de que las mismas se vean afectadas por el proyecto a través de una metodología semicuantitativa adaptada por el BID para la evaluación ambiental de proyectos. Como muestra la Imagen 25, esta metodología se basa en una matriz de doble entrada donde a través de la *probabilidad* de ocurrencia del impacto y las *consecuencias* que

el mismo puede provocar, se puede obtener una jerarquización del riesgo en cuatro niveles: bajo, moderado, alto, o crítico. Este análisis se llevó a cabo tanto para la etapa de construcción, como para la de operación; dado que en ambas fases del proyecto se realizan actividades muy diferentes que generan distintos impactos.

Probabilidad	Consecuencia				
	Impacto insignificante: específico de un sitio y reversible en menos de un mes	Impacto menor: localizado y reversible en menos de seis meses	Impacto moderado: localizado y reversible en menos de dos años	Impacto importante: extenso pero reversible en dos años o irreversible y localizado	Impacto catastrófico: extenso e irreversible; efecto permanente en toda la característica y pérdida de viabilidad
Casi seguro: se prevé que ocurrirá	M	A	C	C	C
Probable: probablemente ocurrirá	M	A	A	C	C
Posible: podría ocurrir en ciertas circunstancias	B	M	A	C	C
Improbable: podría ocurrir en algún momento	B	B	M	A	C
Raro: sólo en circunstancias excepcionales	B	B	M	A	A

Niveles de riesgo: B=bajo, M=moderado, A=alto, C=crítico.

Imagen 25: Enfoque semicuantitativo para clasificar los riesgos: consecuencia y probabilidad de los impactos. Fuente: Watkins, 2015.

4.2. Resultados

4.2.1. Identificación de factores ambientales de interés

En el Cuadro 4, se detallan los resultados obtenidos para la determinación de factores ambientales de interés.

<u>Sensibilidad del medio receptor</u>	
Descripción	Presencia [Sí / No]
Características físicas del área	
Presencia de recursos hídricos (ríos, arroyos, lagos, lagunas, humedales, etc.)	Sí
Presencia de glaciares o campos de hielo	No
Suelos de permafrost o expuestos a congelamiento periodico	No
Suelos con características especiales (zonas de arenisca, tierras blandas, pequeños arenales, etc.)	No
Sensibilidad de suelos (posibilidad de ser expuestos a movimientos de origen antrópico, erosión, afectación de los patrones de infiltración o drenaje, etc.)	Sí
Terrenos con pendiente, barrancas de ríos o arroyos	Sí
Material paleontológico, mineralógico y/o espeleológicos de interés	No
Características del medio biótico	
Ecorregiones o ecosistemas en retroceso	Sí
Corredores ecológicos, sitios de importancia en migraciones, ecotonos, etc.	Sí
Sitios de importancia para determinadas especies, hábitat o procesos (hábitats singulares, sitios de importancia para la reproducción y alimentación, etc.)	Sí
Presencia de especies en peligro, vulnerables, amenazadas, raras, endémicas, carismáticas, de valor especial	Sí
Presencia de endemismo	No
Aspectos socio-culturales	
Existencia de sitios arqueológicos, históricos, religiosos, u otro patrimonio socio-cultural	Sí
Presencia de poblaciones vulnerables	No
Presencia de comunidades indígenas	Sí
Paisajes naturales escénicos o culturales de interés	Sí
Usos tradicionales de los recursos naturales, de importancia económica o cultural, etc.	Sí

Cuadro 4: Resultados para la detección de factores ambientales de interés en la cuenca arroyo Casa de Piedra. Fuente: Elaboración propia.

Durante el relevamiento realizado en el capítulo anterior, no se encontró registro de presencia de cuerpos de hielo como glaciares, campos de hielo, o permafrost; al igual que con material de interés paleontológico. Dadas las características físicas presentes en el área, se puede destacar la presencia de cuerpos de agua (arroyos y lagos), y su formación geológica en forma de valle glaciar que proporciona terrenos de elevada pendiente. Con respecto al suelo, no se confirmó que el mismo tuviera características particulares que lo diferenciarán del resto de la región cercana a la cuenca. Sin embargo, se considera que los caminos de trekking y rutas para el entrenamiento en motocicletas que se observaron a campo representan una práctica que puede aumentar la vulnerabilidad del suelo y su drenaje.

Dadas las condiciones naturales de la cuenca y su estado de conservación, se considera que la misma es una ecorregión característica del PNNH; y un hábitat para diversas especies de flora y fauna con valor de conservación. También se consideró que el arroyo funciona como un corredor ecológico para la especie del pato de los torrentes que se mueve estacional entre las zonas de aguas arriba y abajo a través de este cuerpo de agua. No se encontró registro de que alguna de las especies encontradas durante el relevamiento sea endémica de la cuenca.

A nivel socio-cultural, la cuenca contiene diversos paisajes y RRNN que dan lugar a diversas actividades recreativas, turísticas, entre otras. En la línea base, ya se mencionó la presencia de lugares arqueológicos de interés y comunidades originarias; aunque no se constató que hubiera poblaciones particularmente vulnerables¹⁷ en la zona de interés. Entre los usos más destacables de la cuenca, se puede mencionar su valor como zona natural de conservación y de interés para el turismo; y la toma de agua en el arroyo realizada para abastecer de agua potable a los barrios aledaños.

4.2.2. Nivel de riesgo de impactos ambientales

¹⁷ A nivel de poblaciones, la vulnerabilidad es un atributo relacionado con la propensión a sufrir situaciones de fragilidad, precariedad, indefensión o incertidumbre. Esto suele verse reflejado en sociedades que presentan: bajos ingresos económicos, bajo nivel escolar, altas tasas de desempleo, entre otros parámetros.

En total, se detectó la presencia de 11 factores de valor ambiental de importancia en la cuenca arroyo Casa de Piedra:

1. Presencia de recursos hídricos (ríos, arroyos, lagos, lagunas, humedales, etc.).
2. Sensibilidad de suelos (posibilidad de ser expuestos a movimientos de origen antrópico, erosión, afectación de los patrones de infiltración o drenaje, etc.).
3. Terrenos con pendiente, barrancas de ríos o arroyos.
4. Ecorregiones o ecosistemas en retroceso.
5. Corredores ecológicos, sitios de importancia en migraciones, ecotonos, etc.
6. Sitios de importancia para determinadas especies, hábitat o procesos (hábitats singulares, sitios de importancia para la reproducción y alimentación, etc.).
7. Presencia de especies en peligro, vulnerables, amenazadas, raras, endémicas, carismáticas, de valor especial.
8. Existencia de sitios arqueológicos, históricos, religiosos, u otro patrimonio socio-cultural.
9. Presencia de comunidades indígenas.
10. Paisajes naturales escénicos o culturales de interés.
11. Usos tradicionales de los recursos naturales, de importancia económica o cultural, etc.

En los siguiente 3 cuadros se muestran los resultados obtenidos en la determinación del nivel de riesgo de impacto para cada uno de los factores en la fase de construcción y operación del proyecto hidroeléctrico.

Fase de construcción					
Probabilidad	Consecuencia				
	Impacto insignificante	Impacto menor	Impacto moderado	Impacto importante	Impacto catastrófico
Casi seguro			11	1 - 2 - 4 - 5 - 6 - 7 - 10	
Probable					
Posible		8	9	3	
Improbable					
Raro					
1 - Recursos hídricos 2 - Sensibilidad de suelos 3 - Terrenos con pendiente, barrancas de ríos o arroyos 4 - Ecorregiones o ecosistemas en retroceso 5 - Corredores ecológicos 6 - Sitios de importancia para especies, hábitat o procesos 7 - Especies de valor especial			8 - Sitios arqueológicos, históricos religiosos, u otro patrimonio socio-cultural 9 - Comunidades indígenas 10 - Paisajes naturales escénicos o culturales 11 - Usos tradicionales de los recursos naturales (uso turístico, recreativo, y toma de agua)		

Cuadro 5: Determinación del nivel de riesgo en la fase de construcción.

Fuente: Elaboración propia.

Fase de operación					
Probabilidad	Consecuencia				
	Impacto insignificante	Impacto menor	Impacto moderado	Impacto importante	Impacto catastrófico
Casi seguro				1 - 5 - 6	
Probable				2	
Posible			9	3 - 4 - 7 - 10 - 11	
Improbable					
Raro	8				

1 - Recursos hídricos (arroyos, lagos y lagunas)	8 - Sitios arqueológicos, históricos religiosos, u otro patrimonio socio-cultural
2 - Sensibilidad de suelos (zonas de camino expuestos)	9 - Comunidades indígenas
3 - Terrenos con pendiente, barrancas de ríos o arroyos	10 - Paisajes naturales escénicos o culturales
4 - Ecorregiones o ecosistemas en retroceso	11 - Usos tradicionales de los recursos naturales (uso turístico, recreativo, y toma de agua)
5 - Corredores ecológicos	
6 - Sitios de importancia para especies, hábitat o procesos	
7 - Especies de valor especial	

Cuadro 6: Determinación del nivel de riesgo en la fase de operación.

Fuente: Elaboración propia.

Nivel de riesgo de impacto		
Factor ambiental de interés	Fase	
	Construcción	Operación
1 - Recursos hídricos	Crítico	Crítico
2 - Sensibilidad de suelos	Crítico	Crítico
3 - Terrenos con pendiente, barrancas de ríos o arroyos	Crítico	Crítico
4 - Ecorregiones o ecosistemas en retroceso	Crítico	Crítico
5 - Corredores ecológicos	Crítico	Crítico
6 - Sitios de importancia para especies, hábitat o procesos	Crítico	Crítico
7 - Especies de valor especial	Crítico	Crítico
8 - Sitios arqueológicos, históricos religiosos, u otro patrimonio socio-cultural	Moderado	Bajo
9 - Comunidades indígenas	Alto	Alto
10 - Paisajes naturales escénicos o culturales	Crítico	Crítico
11 - Usos tradicionales de los recursos naturales (uso turístico, recreativo, y toma de agua)	Crítico	Crítico

Cuadro 7: Resultados obtenidos para el nivel de riesgo en la fase de construcción y operación. Fuente: Elaboración propia.

4.3. Análisis de resultados

En la fase de construcción, más de la mitad de los factores presentaron una probabilidad de impacto “*Casi seguro*”, por lo que se prevé que los mismos se vean impactados. Anteriormente en el presente trabajo se describieron, aquellas tareas que,

comúnmente, se realizan para la construcción de hidroeléctricas. Muchas de ellas involucran la preparación del terreno para el albergue de la infraestructura necesaria para el proyecto: toma de agua, cámaras de turbinas, caminos, etcétera. Esto implica la utilización de maquinaria y extracción de vegetación que termina perturbando a la flora, fauna y sus hábitats. Es debido a ello que todos los factores que formaban parte de las características del medio biótico (ecosistemas en retroceso, corredores ecológicos, sitios de importancia para determinadas especies, y presencia de especies de valor) se ven directamente involucrados en esta etapa. Se consideró que las consecuencias generadas por estos posibles impactos resultan irreversibles y localizados dado que la ubicación del proyecto, junto con sus instalaciones, tendrán una ubicación fija que se verá sometida a tareas que involucran su acondicionamiento, alterandola de manera irreversible. Es por estas razones que los mismos se incluyeron dentro de la categoría de "*Impacto importante*". Caso similar fue para los factores de: recursos hídricos, paisajes naturales y sensibilidad de suelos. En cuanto a los usos tradicionales que se realizan en el lugar de estudio, a pesar de tener la misma probabilidad de ocurrencia que los factores anteriores, se le consideró un nivel más bajo de consecuencias a "*Impacto moderado*" ya que las interferencias que puede generar en las actividades que actualmente se llevan a cabo en la cuenca (principalmente turísticas y la toma de agua para consumo) se acabarían una vez terminadas las tareas de construcción. El resto de los factores que no se consideró dentro de una probabilidad "*Casi segura*" de impacto (sitios arqueológicos, comunidades indígenas, y terrenos con pendientes y barrancas de arroyos) se ubicaron dentro de la categoría de "*Posible*" ocurrencia. Esta decisión se basó en que para establecer la posibilidad de impacto, para estos 3 factores, en el espectro de más o menos probable es necesario conocer información más precisa sobre el proyecto como la ubicación exacta y detalles del diseño. Dado que no se encontraron registros de sitios arqueológicos en la cuenca,¹⁸ se considera que el impacto a este factor sería, en primera instancia, menor. En el caso de los terrenos con pendientes, se le otorgó un nivel de impacto elevado dado que un daño a este factor resulta prácticamente irreversible pero puntual en el espacio. Las consecuencias que puede tener este

¹⁸ Esta información fue relevada a partir de la búsqueda de artículos y publicaciones científicas, y a través de consultas con profesionales del área de ambiente de la municipalidad.

proyecto sobre las comunidades indígenas (tanto durante la fase de construcción como de operación) resultan especialmente inciertas en esta etapa del proyecto, por lo cual se lo vinculó a una probabilidad de “*Posible*” ocurrencia con consecuencias moderadas. Posteriormente se le da mayor profundidad a este factor en el capítulo de *Análisis Social*.

En la fase de operación se observa que algunos factores cambian el nivel de riesgo de impacto a una menor categoría, pero ninguno presenta un mayor riesgo de impacto que el obtenido para la fase de construcción. El agua resulta el recurso clave que se implementará para la operación del proyecto, específicamente, la que conforma parte del arroyo Casa de Piedra, un sitio habitado y utilizada por múltiples especies de fauna y flora. Es debido a esto que la probabilidad de riesgo en cuanto a los recursos hídricos, corredores ecológicos, y sitios de importancia para especies; se mantuvieron en el mayor nivel. Las consecuencias para estos 3 factores fue de un nivel igualmente alto dado que es esperado que el impacto negativo recibido sea focalizado en el tramo del arroyo donde parte del caudal será desviado durante la operación del proyecto. En cuanto a la sensibilidad de los suelos, se espera que el tránsito de personal y vehículos necesarios para las tareas de operación y mantenimiento en la central hidroeléctrica serán la principal razón de impacto para este factor. Dado que esto se concentraría en los caminos diseñados para este fin, se lo ubicó en la categoría de “*Importante*” para las consecuencias esperadas; pero un menor nivel de probabilidad que los anteriores 3 factores. Esto debido a que hoy en día existen muchas tecnologías que permiten automatizar diversas tareas que se llevan a cabo durante la operación de una hidroeléctrica, lo cual implica menores necesidades de intervención humana en el lugar. De todos los factores analizados para esta fase, el riesgo de impacto para sitios arqueológicos obtuvo el menor nivel dada la baja probabilidad de que alguna de las actividades llevadas a cabo en esta fase puedan desembocar en un peligro para estos lugares. Para el resto de los factores no mencionados, fueron ubicados en un nivel medio de probabilidad de ocurrencia ya que, como en el caso anterior, se requiere mayor información del proyecto para discernir si los mismos presentan mayores o menores oportunidades de ser impactados. Sin embargo, de ocurrir este impacto, se determinó que el mismo puede resultar irreversible y localizado en el área del proyecto. Ejemplos de esto sería: afectación de la actividad turística por la alteración

del paisaje debido a la presencia de obras; cambios en la forma natural de las costas de los arroyos debido a la variación de caudales; retroceso del ecosistema debido al aumento de tránsito humano para desarrollar tareas de operación y mantenimiento; entre otros.

En líneas generales, más del 80% de los factores de valor ambiental en la zona presentaron un nivel de riesgo crítico a ser impactados durante ambas etapas del proyecto. Estos datos resultan esperables dado el alto nivel de tareas y elementos que involucran el desarrollo de un aprovechamiento hidroeléctrico (a pesar de ser de pequeña escala), y las condiciones naturales de la cuenca que alberga múltiples objetos de valor de conservación.

4.4. Conclusiones

Se debe destacar que los resultados de este capítulo fueron obtenidos tomando en cuenta aquellos impactos que comúnmente aparecen en este tipo de proyectos y que se prevé podrían ocurrir dadas las condiciones particulares de la cuenca. Por lo que para etapas más avanzadas será necesario reevaluar: si aparecen otro tipo de impactos particulares de este proyecto (ya sea por su diseño, ubicación, etcétera); y si el nivel de riesgo para alguno de los factores cambia, o incluso deban agregarse otros factores que en esta primera etapa no se abarcaron.

Al igual que con los impactos ya mencionados, resulta impreciso poder determinar el alcance y magnitud de los impactos positivos que este tipo de aprovechamientos puede abarcar dada la falta de detalles del proyecto. La generación de empleo es un beneficio indudable que puede traer, además de la oferta de profesionales que la ciudad de S.C. de Bariloche puede aportar tanto en la fase de construcción como de operación. Este tipo de aprovechamientos energéticos regionales a pequeña escala también resultan en un valioso aporte para la seguridad energética de una ciudad que presenta una continua tasa de crecimiento poblacional. El aporte que puede generarse a la disminución de emisiones y consumo de combustibles fósiles que existe en el sector energético actual, es otro beneficio que debe considerarse en etapas del proyecto. A su vez, existe la posibilidad de combinación entre el aprovechamiento hidroeléctrico con otro tipo de instalaciones

cuyo fin pueda favorecer al desarrollo sostenible urbano, por ejemplo: una planta potabilizadora de agua, un reservorio de agua para incendios forestales, etcétera. Todos estos impactos positivos deberán ser abordados con mayor detalle en estudios posteriores dada su relevancia para la toma de decisiones.

En cuanto a los resultados obtenidos para los niveles de riesgo; a pesar de que ambas etapas del proyecto presentaron igual número de factores con riesgo crítico, en el caso de la fase de construcción la mayoría de los mismos contaban con una probabilidad casi segura de ocurrencia; mientras que en la fase de operación la mayoría se encuentra dentro del umbral de ocurrencia de posible. Al momento de indagar cómo minimizar o evitar un daño al ambiente esta información resulta de relevancia para hacer una distinción entre aquellos factores cuyo daño puede ser amortiguado al disminuir las consecuencias previstas por una actividad, e incluso prevenido si se logra evitar que determinadas situaciones ocurran. Teniendo en cuenta este hecho, a continuación, se enlistan una serie de recomendaciones y observaciones que se consideran de importancia para la realización de futuros estudios y decisiones relacionadas al proyecto:

1. Durante el desarrollo de la línea base y el análisis de riesgo se detectó una falta de información sobre la cuenca en ciertos temas, especialmente sobre la fauna. La mayor parte de la información obtenida resultó genérica del PNNH, pero no se encontraron estudios específicos en el arroyo Casa de Piedra sobre este tema. Por lo que se recomienda que para el posterior desarrollo de un EIA se realice un estudio particular en cuanto a la fauna presente en la cuenca y su relación con el ecosistema y otras especies. Ocurre un caso similar con respecto a la falta de información específica sobre el patrimonio arqueológico en la cuenca. Sin embargo, dado que obtener esta información presenta un cierto nivel de dificultad, se recomienda contar con un plan de gestión ambiental en caso de encuentros fortuitos de material arqueológico en la cuenca durante la fase de construcción.
2. Existen múltiples decisiones que pueden llevarse a cabo desde el diseño del aprovechamiento hidroeléctrico para la mitigación de impactos durante su fase de operación, entre ellos se puede mencionar: uso de rejas en la toma de agua

para evitar el ingreso de peces; la instalación de un *paso de peces*¹⁹ cuyo diseño resulte adecuado para la zona; uso de turbinas especialmente adaptadas para evitar el daño a peces que puedan ingresar; etcétera. Para la etapa de diseño, se recomienda tener en cuenta este tipo de estructuras y la búsqueda de alternativas para la minimización de posibles daños en el ambiente. Igualmente, se recalca la necesidad de contar con un plan de mantenimiento periódico para todas estas estructuras.

3. Para la etapa de construcción donde se presentan una alta posibilidad de daño, se deberán buscar alternativas que busquen la minimización de las consecuencias esperadas. La selección de la ubicación del proyecto resultará en un factor clave para esta etapa ya que ubicaciones más alejadas de los caminos de acceso al arroyo implicarán mayores dificultades durante esta etapa y la necesidad de generar mayores intervenciones sobre el ambiente.
4. En la etapa de operación se pueden adoptar diversas medidas para disminuir las consecuencias de las actividades llevadas a cabo en esta fase. Algunas de ellas son: la reintroducción de sedimentos que pudieran ser desviados en la toma de agua; introducción de un lecho rocoso en el punto de restitución de caudal para evitar la erosión producto del reingreso de agua; etcétera. De entre todas las medidas posibles, se destaca sobre todo la importancia de contar con un *caudal ecológico* que indique el mínimo de agua que se debe dejar en el arroyo para evitar los múltiples impactos asociados a una disminución extrema del caudal natural.
5. Para cualquier de las medidas o infraestructuras que se desee realizar a raíz de lo planteado en los anteriores ítems 2, 3, y 4; se deberán plantear los correspondientes sistemas de monitoreo que aseguren su eficiencia una vez sean puestas en funcionamiento, ya que las mismas pueden demostrar ser inadecuadas y requerir de acciones correctoras.

Finalmente, recordar que en este análisis no se consideró en detalle los riesgos asociados a la línea de interconexión necesaria para conectar el aprovechamiento con

¹⁹ Estructura diseñada para facilitar el movimiento de los peces aguas arriba en zonas de obstáculos. En este caso, el tramo del arroyo cuyo caudal resulte desviado será el obstáculo.

la red de distribución eléctrica. Para ello será necesario realizar un EIA a parte del necesario para la central hidroeléctrica, dada la envergadura que podría implicar esta obra.

5. Análisis técnico y económico

Además de los análisis ambientales, la toma de decisiones para un proyecto tiene en cuenta otros factores tales como: el aspecto **técnico** que indique las alternativas tecnológicas más óptimas para la obtención de un servicio o bien; y la dimensión **económica** donde se ven las ganancias y pérdidas monetarias que generaría el proyecto. Al igual que con los estudios ambientales, existen múltiples evaluaciones técnicas y económicas, con diferentes niveles de detalle, que se realizan en paralelo al avance del proyecto. En el presente trabajo se buscará abordar estos 2 aspectos de manera puntual para la complementación de la EAP.

A nivel técnico, una de las primeras variables que se analizan para este tipo de proyectos es la evaluación del recurso hídrico y cuánta energía puede producir. El Potencial Hidroeléctrico Teórico Bruto (PHTB) es una medida de la cantidad de energía máxima hidráulica obtenible en un determinado tiempo y ubicación sobre un curso de agua. La ecuación por la cual se calcula se muestra a continuación:

$$PHTB = \gamma Q \Delta H$$

Donde:

$PHTB$ = Potencial Hidroeléctrico Teórico Bruto [W]

γ = Peso específico del agua [N/m³]

Q = Caudal del curso de agua [m³/s]

ΔH = Altura del salto de agua [m]

Como se puede ver, el PHTB depende de 2 variables fundamentales del lugar de interés: el **caudal** de agua (Q), y la **altura del salto de agua** (ΔH) que resulta de la diferencia de altura que existe entre la toma de agua y el punto de reingreso luego de pasar por las turbinas hidroeléctricas. Un detalle de gran importancia para esta forma de determinación del potencial hidroeléctrico es que toma en cuenta todo el caudal del curso de agua, sin considerar las pérdidas por cuestiones sociales, ecológicas, económicas, técnicas, etcétera. Por lo cual, da un valor máximo de potencial que puede ser extraído, pero que al final resulta imposible llevar a cabo en la práctica. Para

lograr obtener un valor de potencial más cercano al aprovechable en la realidad se utiliza el Potencial Hidroeléctrico Técnico Aprovechable (PHTA), que se obtiene al tomar el PHTB y deducirle las pérdidas por motivos sociales (tomas de agua potable o con otros fines), ecológicos (caudal ecológico), técnicos (pérdidas de energías en conductos, turbinas, entre otros), entre otras (Arriaga, 2015).

Saber cuánta energía puede generarse en un curso de agua resulta fundamental para conocer un posible orden de los costos involucrados en una etapa de prefactibilidad. La energía hidroeléctrica en comparación a otras opciones de generación de energía eléctrica renovable, como la eólica y la solar, resulta en una de las alternativas que requiere una mayor inversión inicial para su construcción (IRENA, 2022). Por lo que el costo de instalación es un factor crucial cuando se determina la factibilidad de un proyecto hidroeléctrico.

En este capítulo se buscará determinar el PHTB y PHTA en 2 puntos del arroyo Casa de Piedra y realizar una recopilación bibliográfica de potenciales costos de instalación del aprovechamiento. Esto con el objetivo de poder estimar cual es la magnitud de energía que podría aportar el arroyo (teniendo como principal enfoque de estudio el recurso hídrico), y la inversión necesaria para su construcción.

5.1. Metodología

Para la determinación de los sitios específicos a analizar del arroyo se buscó adoptar un criterio de selección que permitiera elegir los lugares con mayor potencial hidroeléctrico teórico y que a su vez presentaran el menor potencial de impacto para el ambiente. Bajo estos criterios, y considerando que el PHTB depende del Q y el ΔH , se decidió centrar la búsqueda de posibles sitios en aquellos puntos sobre el arroyo que presentaran mayores pendientes y así disminuir la necesidad de extraer grandes volúmenes de agua del curso. Este tipo de aprovechamientos que utilizan altos saltos de agua y bajos caudales son denominadas hidroeléctricas de *alta presión* y, al contrario de las centrales que requieren altos caudales de agua en lugares de baja pendiente, utiliza obras civiles y equipos de generación de reducidas dimensiones, lo que ocasiona que los costos de inversión e impactos ambientales sean menores (Monroy, s.f.).

Como se mencionó anteriormente, el PHTA se obtiene de la diferencia entre el PHTB y las pérdidas generadas por distintos factores. En este caso se analizarán únicamente las pérdidas ambientales a través del cálculo de un caudal ecológico. Para ello, se utilizará como guía el trabajo realizado por Romagnoli, 2022; donde se analizaron las metodologías más adecuadas para el cálculo de caudales ambientales en un curso de agua cercano al arroyo Casa de Piedra. Este trabajo concluyó que las metodologías que mejor se adaptan a los cursos de agua de la zona son aquellos basados en su Curva de Duración de Caudales (CDC). La CDC es ampliamente utilizada en estudios hidrológicos y muestra el porcentaje de tiempo en el que un cierto valor de caudal es igualado o excedido.

5.1.1. Cálculo de PHTB y PHTA

En la determinación de los puntos de interés sobre el arroyo donde se estimaría el PHTB, se buscó los tramos del cauce que presentaran mayor pendiente. Se recurrió al programa de información geográfica *QGIS*, y su herramienta de extensión *Profile Tool* con el fin de obtener el perfil altitudinal del arroyo. Para ello, se extrajo desde la página oficial del IGN²⁰ un Modelo Digital de Elevación (MDE) de la cuenca con una resolución de 30 m; además de utilizarse un trazado del arroyo y cuenca en formato *shape*, provisto desde el DPA. Para los diversos valores de altura obtenidos, en función de la ubicación del arroyo, se realizó una aproximación a la derivada del perfil de altura obtenido mediante una *diferenciación progresiva* siguiendo la siguiente ecuación:

$$f'(x_k) = \frac{f(x_{k+1}) - f(x_k)}{x_{k+1} - x_k}$$

Donde:

x_k = Distancia progresiva del cauce del arroyo [m]

$f(x_k)$ = Función del perfil de altura del arroyo Casa de Piedra [m]

²⁰ Datos relevados en agosto del 2023 de: <https://www.ign.gob.ar/NuestrasActividades/Geodesia/ModeloDigitalElevaciones/Introduccion>

$$f'(x_k) = \text{Pendiente del tramo [m/m]}$$

Posteriormente, se calculó una *media móvil* a los valores obtenidos de la anterior ecuación para determinar gráficamente las zonas de mayor pendiente en el arroyo.

Con los puntos seleccionados se procedió a calcular el caudal en las ubicaciones. Para ello se utilizó un registro de caudales medios diarios realizado por una estación de medición del DPA ubicada en el arroyo Casa de Piedra entre los años 1983 y 2022. Esta serie requirió ser acortada debido a grandes periodos de datos faltantes, los más extensos fueron desde el año 1991 a 1999; y desde el 2001 hasta el 2003. A partir del 2004 se pudo empezar a completar los datos faltantes de la serie a través de 2 metodologías. Para los periodos de menos de 10 datos faltantes se realizó un promedio entre los valores extremos registrados; y para aquellos periodos de más de 10 datos se realizó una correlación con registros de caudales de otros 2 cursos de agua de la zona: el arroyo Ñireco y el arroyo Goye. Este proceso se realizó hasta el año 2017 donde ya no se contó con más datos con los que se pudiera realizar una correlación con el arroyo Casa de Piedra.

Una vez completada la serie de caudales, los valores obtenidos para ese punto específico del arroyo fueron trasladados a los puntos de interés a través de la relación que existe entre el Q y sus áreas de aporte (A) como indica la siguiente ecuación:

$$\frac{Q_1}{A_1} = \frac{Q_2}{A_2}$$

Donde:

Q_1 = Caudal en el punto 1 del arroyo [m^3/s]

A_1 = Área de aporte en el punto 1 [km^2]

Q_2 = Caudal en el punto 2 del arroyo [m^3/s]

A_2 = Área de aporte en el punto 2 [km^2]

Para la limitación de las áreas de aporte, se trazaron curvas de nivel en la cuenca a partir del MDE en QGIS, y luego se determinó las posibles direcciones de escurrimiento que terminarán aportando a los puntos de interés dentro de los límites de la cuenca. Los resultados obtenidos se compararon con un trazado realizado en Google Earth a través de una visualización tridimensional de la cuenca.

Una vez obtenidos los caudales en los puntos de interés, se calculó el caudal medio mensual para cada una de las series. Este valor de Q fue utilizado en la ecuación de PHTB descrita al principio del capítulo para los puntos 1 y 2. Para este caso, no se realizaron cálculos adicionales de potencial hidroeléctrico con valores históricos extremos de caudal (ya sea en épocas de sequía como de crecidas).

Para el cálculo de caudal ecológico se obtuvo la CDC del arroyo utilizando la serie de caudales obtenidas para los puntos 1 y 2, y el software *FDC tool*. El mismo cuenta con la opción de obtener la CDC por mes (*FDC - Months*) a través de la serie de caudales. Para el cálculo de caudal ecológico, se promediaron 3 valores extraídos de la CDC por mes de cada punto:

- El caudal igual o excedido el 90% del tiempo (Q_{90})
- El caudal igual o excedido el 95% del tiempo (Q_{95})
- El 70% del caudal obtenido o excedido el 50% del tiempo ($70 Q_{50}$)

Para el PHTA se utilizó la ecuación de PHTB, pero para la variable Q se tomó al caudal medio mensual y se le descontó el caudal ecológico.

5.1.2. Relevamiento de costos de instalación de PAH

Se buscaron diversas fuentes bibliográficas sobre PAH con estimaciones de costos de instalación por MW de potencia a nivel nacional y regional. Finalmente se compararon estos valores con un análisis económico relevado por la Secretaría de Energía de Río Negro para un posible proyecto hidroeléctrico a pequeña escala en la localidad del Bolsón (ubicada a 120 km de la ciudad de S. C. de Bariloche).

5.2. Resultados

Se obtuvieron los valores de altura cada 33 m de tramo de arroyo en promedio con un desvío estándar de 9 m entre los valores. A la derivada del perfil de altura se calculó una media móvil cada 10 datos calculados. Los resultados adquiridos se muestran en la Imagen 27.

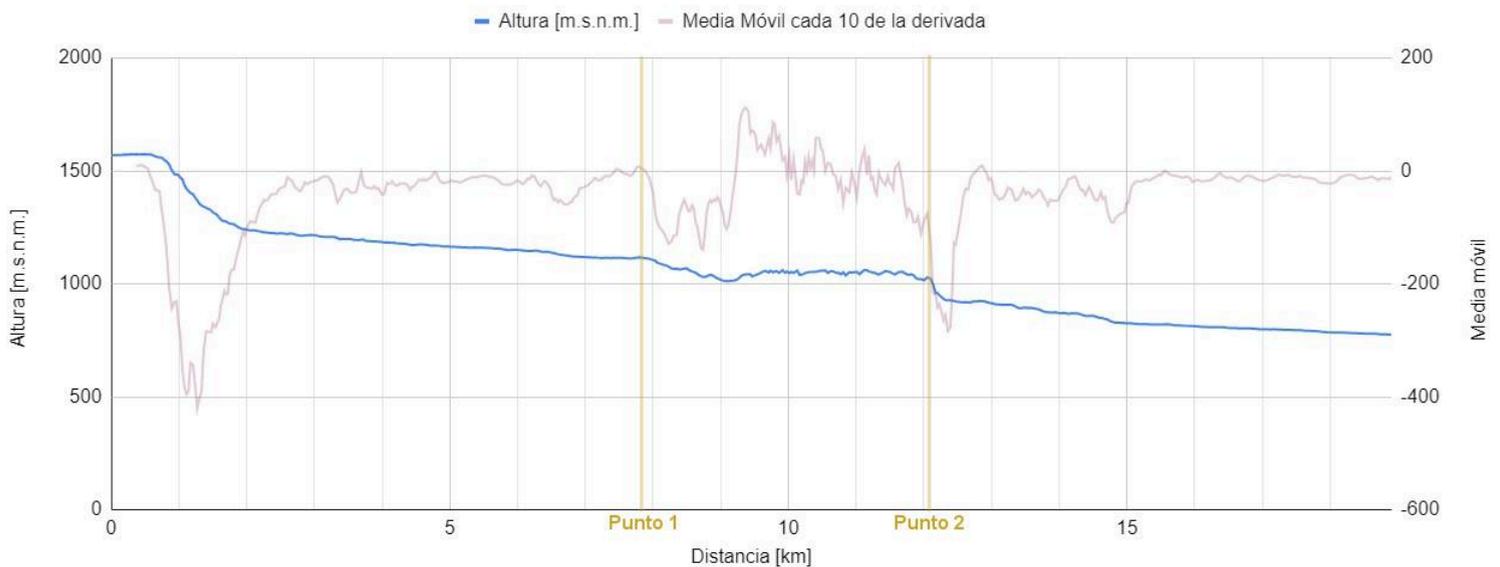


Imagen 27: Perfil de altura del arroyo Casa de Piedra junto con su derivada.

Fuente: Elaboración propia.

A partir del gráfico anterior, se seleccionaron los siguientes 2 puntos:

- **Punto 1** a una distancia de 7,9 km de las nacientes del arroyo; coordenadas: -71,51139; -41,15020. El valor de ΔH fue de 46 m para una distancia de aproximadamente 0,4 km del arroyo.
- **Punto 2** a una distancia de 12,1 km de las nacientes del arroyo; coordenadas: -71,47195; -41,13938. El valor de ΔH fue de 101 m para una distancia de aproximadamente 0,3 km del arroyo.

La zona mayor pendiente que se muestra a un 1 km de las nacientes no se consideró dada su lejanía de los centros urbanos en comparación a los otros 2 puntos. Esta mayor distancia se traduciría en una mayor dificultad para: la planificación y

ejecución de un sistema de conexión y transmisión de electricidad, la construcción del aprovechamiento hidroeléctrico, etcétera. En la Imagen 28 se muestran los puntos seleccionados sobre la cuenca, junto con la ubicación de la estación de medición de caudales del DPA.

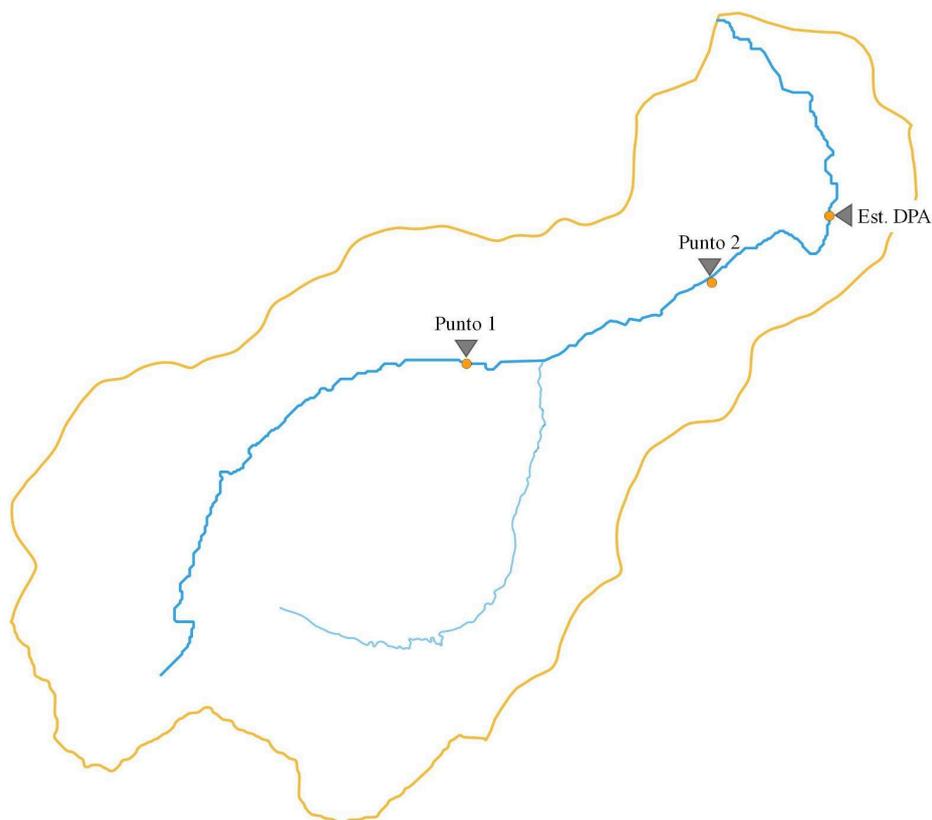


Imagen 28: Ubicación de los puntos de interés sobre el arroyo Casa de Piedra para el cálculo de PHTB. Fuente: Elaboración propia.

En el registro de medición de caudales de la estación del DPA se determinó la falta de 473 datos entre los años 2004 y 2017, lo cual, representa alrededor del 9% de los datos de la serie. La distribución de estos datos faltantes en el tiempo se puede observar en la Imagen 29.

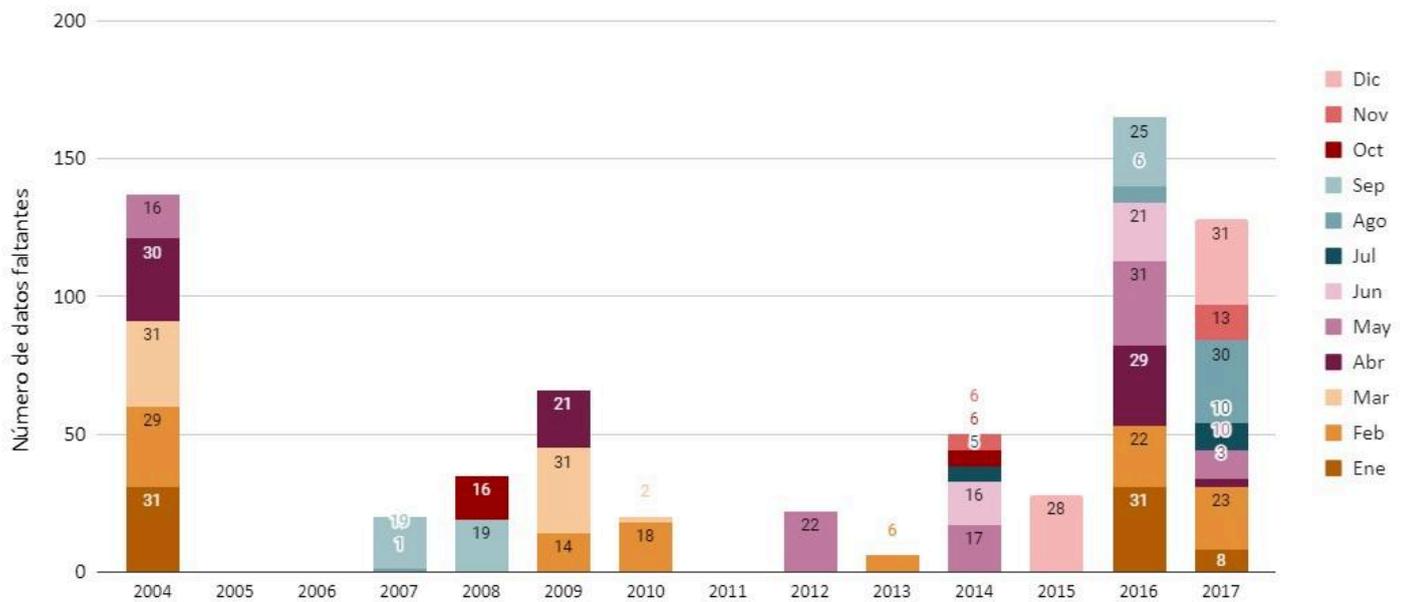


Imagen 29: Número de datos faltantes en la serie de caudales del arroyo Casa de Piedra. Fuente: Elaboración propia.

Las metodologías implementadas para cada periodo faltante de datos en específico se detallan en el [anexo IV](#).

Para las áreas de aporte, los resultados obtenidos se muestran en la Imagen 30. El valor de cada una de estas áreas fue de: 24,93 km² para el punto 1; 53,06 km² para el punto 2; y 55,78 km² para la estación de medición del DPA.

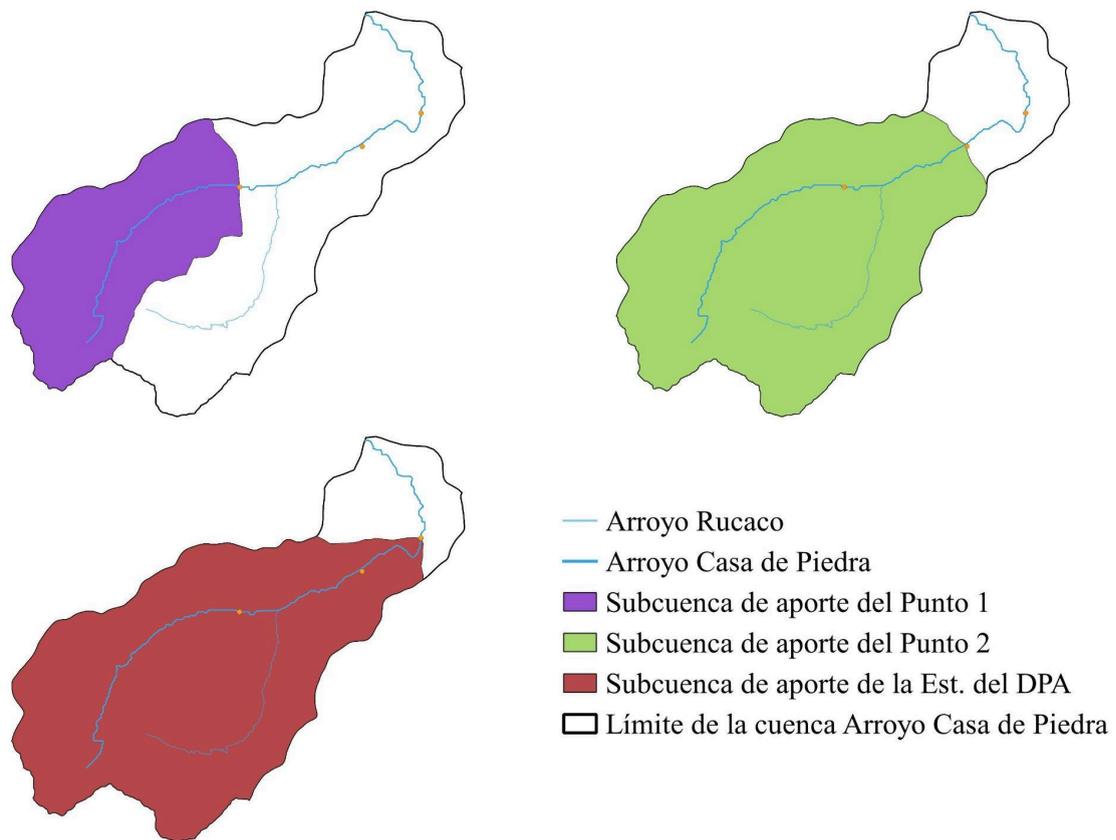


Imagen 30: Áreas de aporte para puntos de interés en el arroyo Casa de Piedra.

Fuente: Elaboración propia.

Con las áreas de aporte y la serie de caudales trasladada a cada uno de los puntos, se obtuvieron los valores de caudal promedio mensual descritos en el Cuadro 8 para los puntos 1 y 2.

Caudales mensuales [m ³ /s] Serie 2004 - 2017												
N° de mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Punto 1	0,91	0,53	0,42	0,67	1,15	1,53	1,38	1,19	1,38	1,98	2,51	1,78
Punto 2	1,94	1,12	0,89	1,43	2,44	3,25	2,94	2,54	2,93	4,22	5,34	3,79
Est. DPA	2,04	1,18	0,93	1,51	2,57	3,42	3,09	2,67	3,08	4,44	5,61	3,99

Cuadro 8: Caudales mensuales en 3 puntos del arroyo Casa de Piedra.

Fuente: Elaboración propia.

Con las series de caudales en el punto 1 y 2 se obtuvieron los Q_{50} , Q_{90} y Q_{95} mensuales necesarios de las CDCs (generadas a través del software *FDC tool*) para el cálculo del caudal ecológico. Los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro 9.

	N° de punto	Caudales ecológicos por mes [m ³ /s]											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
70 Q_{50}	1	0,46	0,27	0,25	0,31	0,50	0,74	0,70	0,67	0,83	1,28	1,62	1,10
	2	0,97	0,58	0,52	0,65	1,05	1,58	1,48	1,42	1,77	2,72	3,46	2,34
Q_{90}	1	0,29	0,17	0,14	0,20	0,26	0,49	0,45	0,46	0,73	1,23	1,44	0,71
	2	0,61	0,37	0,30	0,43	0,56	1,03	0,96	0,97	1,56	2,62	3,06	1,52
Q_{95}	1	0,25	0,14	0,12	0,19	0,19	0,24	0,42	0,36	0,69	1,10	1,25	0,56
	2	0,53	0,31	0,25	0,40	0,41	0,52	0,90	0,78	1,46	2,33	2,66	1,20
Promedio	1	0,33	0,19	0,17	0,23	0,32	0,49	0,52	0,50	0,75	1,20	1,44	0,79
	2	0,70	0,42	0,36	0,49	0,67	1,04	1,11	1,06	1,60	2,56	3,06	1,69

Cuadro 9: Caudales ecológicos para 2 puntos en el arroyo Casa de Piedra.

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, con estos datos se calculó el PHTB en el punto 1 y 2 tomando como caudal al promedio mensual; y para el PHTA, la diferencia entre el promedio mensual y el caudal ecológico (los promedios obtenidos en el cuadro anterior). En el Cuadro 10 y la Imagen 31 se muestran los resultados obtenidos.

Mes	Punto 1			Punto 2		
	PHTB [kW]	Caudal ecológico [m ³ /s]	PHTA [kW]	PHTB [kW]	Caudal ecológico [m ³ /s]	PHTA [kW]
1	412	0,33	262	1921	0,70	1226
2	239	0,19	151	1113	0,42	696
3	189	0,17	113	880	0,36	528
4	305	0,23	199	1420	0,49	931
5	519	0,32	376	2419	0,67	1752
6	691	0,49	469	3221	1,04	2189
7	625	0,52	388	2911	1,11	1807
8	540	0,50	316	2518	1,06	1471
9	622	0,75	283	2900	1,60	1318
10	897	1,20	353	4181	2,56	1647
11	1135	1,44	485	5290	3,06	2259
12	806	0,79	449	3755	1,69	2085

Cuadro 10: Valores mensuales de PHTB, caudal ecológico, y PHTA para los puntos 1 y 2 del arroyo Casa de Piedra.

Fuente: Elaboración propia.

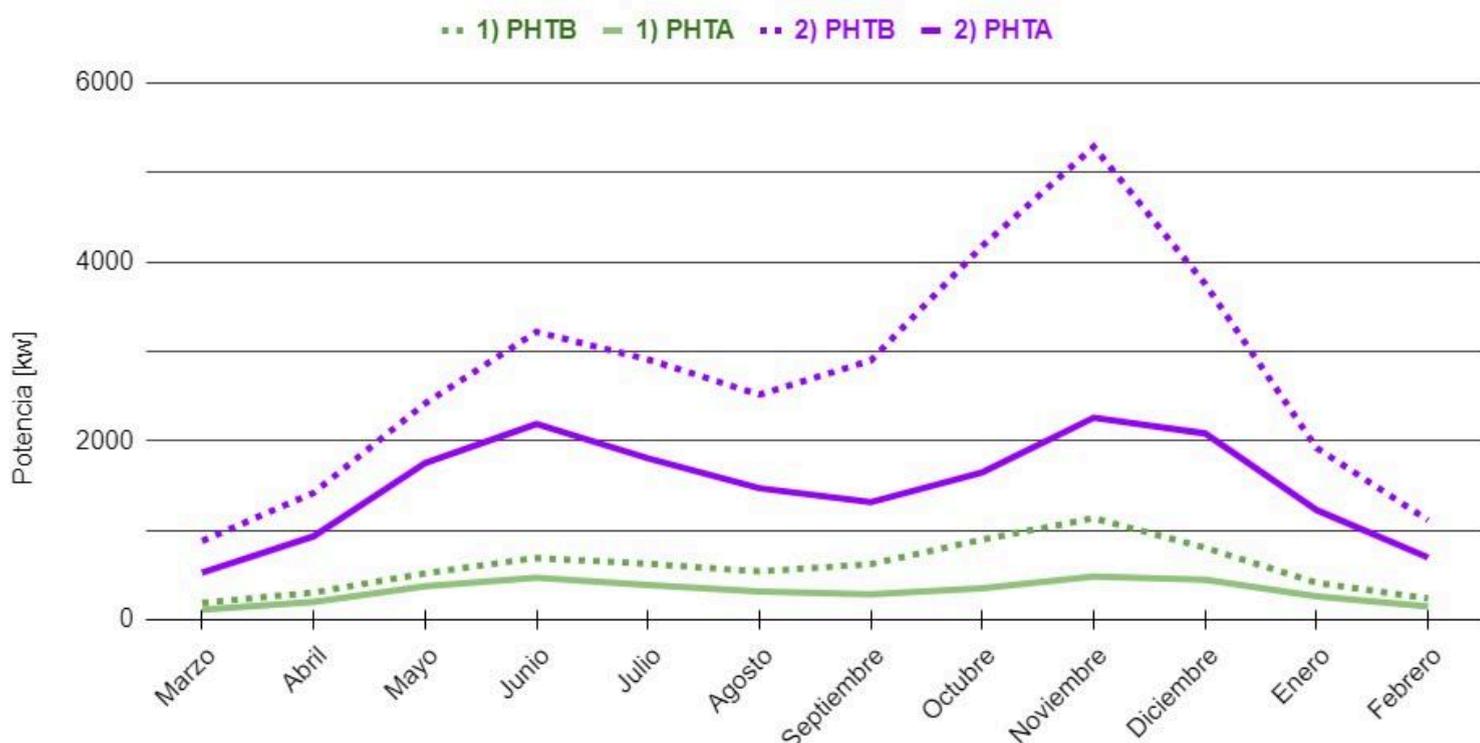


Imagen 31: PHTB (línea punteada) y PHTA (línea continua) para el punto 1 (color verde) y 2 (color violeta) en el arroyo Casa de Piedra. Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a los costos de instalación, los datos relevados para el análisis económico se encuentran detallados en el Cuadro 11.

Costos de instalación de PAH	
Nivel geográfico	Costo [USD/kW]
Sudamérica (excluyendo a Brasil)	3000
Argentina	2800
Provincia de Río Negro	5000

Cuadro 11: Costos de instalación para PAH.

Fuente: Elaboración propia en base a bibliografía: IRENA, 2022; CAMMESA, 2019; y Secretaría de Energía de Río Negro²¹, s.f.

²¹ Valor estimado para la construcción desde 0 de hidroeléctricas fuera de servicio en el Bolsón.

Para comparar estas variables se tomó el caso del proyecto de la central hidroeléctrica El Lindo en la localidad de El Bolsón. El mismo es un proyecto cuya idea se viene gestando desde el 2015, pero que no ha logrado llevarse a cabo en la actualidad. Sin embargo se han presentado estudios técnicos y económicos sobre el mismo en entes estatales. El proyecto contempla ser una aprovechamiento de tipo de pasada con las siguiente características:

- Componentes del aprovechamiento: una obra de toma, un desripiador, sistema de tubería de aducción, cámara de carga, conducción forzada, la central, y obras de restitución.
- Caudal extraído del curso de agua: 1,51 m³/s (teniendo un caudal ecológico de 0,28 m³/s).
- Altura del salto de agua neto: 446 m.
- Potencia instalada: 4,8 MW.
- Tiempo de construcción: 2 años.

Con esta información se estimó un costo total de obras de 11.797.328 U\$S ²² con una distribución de costos de construcción del 37,8% el primer año y un 62,2% el segundo año. Lo que hace que los costos de instalación fueran de alrededor de 2500 USD/kW. Cabe aclarar que este presupuesto no incluye los costos del tendido de distribución.

5.3. Análisis de resultados

Por un considerable margen, la zona del punto 2 mostró tener mayor potencial hidroeléctrico en comparación con el punto 1. Esta diferencia es debido a que el punto 2 posee mayor salto de agua y caudal (esto último gracias a contar con una área de aporte de mayores dimensiones, y la contribución de caudal del arroyo Rucaco). En esta ubicación se obtuvieron picos máximos de PHTA en los meses de noviembre, junio, y diciembre con valores superiores a los 2000 kw (2 MW). Mientras que en los meses de marzo, febrero, y abril se calcularon rendimientos menores a 1000 kw (1 MW).

²² Estimación realizada en el año 2016 por la empresa ABS. S.A, de la ciudad de La Plata.

Otro factor a considerar al momento de elegir un lugar de emplazamiento es la diferencia en las jurisdicciones entre ambas zonas. Mientras el punto 1 se encuentra dentro de PPNN, el punto 2 se ubica en el ejido municipal de S.C. de Bariloche.

A nivel económico, se puede observar una variabilidad en las estimaciones de los costos de construcción, dentro de un cierto rango de valores. Esta incertidumbre en cuanto a la estimación de costos se debe a que las mismas se obtienen a partir del promedio de los costos de inversión de PAH ya construidos. Las particularidades de cada uno de los aprovechamientos hace que los costos no resulten iguales para cada caso. Tomando el caso de estudio del presente trabajo, la ubicación del aprovechamiento resultará clave para determinar los costos de construcción. Por un lado, se debe tener en cuenta que el punto 2 se encuentra más cerca de la principal vía de acceso al arroyo, la ruta provincial N°79; lo que facilita logísticas operativas para la etapa de construcción y posteriores tareas de operación y mantenimiento.

5.4. Conclusiones

Se logró obtener una estimación aproximada del posible potencial extraíble del arroyo Casa de Piedra, además de poder dar una valoración de costos respecto a la construcción del aprovechamiento. Sin embargo, debe tomarse en consideración que para el cálculo de caudales se contó con una serie de 14 años cuando, en líneas generales, se suelen utilizar series de al menos 30 años para realizar estimaciones confiables. A su vez, no se tuvieron en cuenta las pérdidas que pueden surgir debido a turbulencias y rozamientos del agua en los ingresos de las tuberías y otras secciones (como en válvulas, codos, etcétera); pérdidas en los equipos de generación de energía; etcétera. Esto llevaría a tener un menor potencial eléctrico aprovechable, además, de que deben tomarse en cuenta otros factores como: la ubicación del proyecto, las dificultades de construcción, rendimientos económicos, entre otras múltiples consideraciones para llegar al potencial óptimo aprovechable.

A pesar de que no era el objetivo de este capítulo seleccionar la ubicación ideal para la instalación del PAH, sí se pudieron observar ciertas ventajas en la zona del punto 2 (además de su mayor PHTA). La más destacable es su mayor cercanía al

centro urbano de la ciudad, que llevaría a requerir menores intervenciones sobre el ambiente tanto en la fase de construcción como en la de operación.

6. Análisis social

Proyectos de la índole que se analizan en este trabajo resultan de un gran impacto no solo para el medio natural donde esté ubicado, sino también para las comunidades cercanas. El agua al ser un bien vital para la vida y el desarrollo humano es un recurso de gran importancia para la sociedad. Es debido a esto que un análisis temprano del consenso social para un proyecto hidroeléctrico resulta fundamental. Tener en cuenta las inquietudes y expectativas de las personas puede llevar a prevenir problemas futuros como son: protestas, desafíos laborales y sociales, huelgas, invasiones, y vandalismo; todas situaciones que pueden perjudicar económicamente al proyecto, e incluso llevar a que el mismo deba ser detenido o cancelado. Un estudio realizado por el BID, en 2017, relevó 200 proyectos de infraestructura llevados a cabo en América Latina en los últimos 40 años y que sufrieron conflictos con la comunidad. Los resultados arrojaron que: en el 81% de los casos esto llevó a demoras en el proyecto; en el 42% produjo un rediseño del proyecto; y en el 58% de los casos generó sobrecostos.²³

En este capítulo se establecerá cuales son aquellos grupos sociales que pueden verse involucrados en el proyecto y son necesarios considerar desde una etapa temprana. Para ello, la metodología aplicada se basará en la técnica “Colaboración y Conflicto, Legitimidad, Interés, Poder” (CLIP). Esta técnica permite describir las características y las relaciones de los principales actores involucrados en un conflicto o situación (en este caso, la construcción y operación de un PAH en el arroyo Casa de Piedra), y evaluar formas de resolver problemas sociales (Chevalier, 2009).

6.1. Metodología

En primera instancia se realizó una lista de actores sociales que por un lado pudieran verse afectados (tanto de manera positiva como negativa) por el proyecto; o que podrían influenciar al mismo. Una vez seleccionados, se determinó la relevancia de estos actores según 3 características:

²³ Información relevada en agosto del 2023 de: <https://blogs.iadb.org/sostenibilidad/es/conflictos-infraestructura-consulta/>

- Poder (P): Su capacidad para influir en la toma de decisiones relacionadas al PAH. Esto incluye: riqueza económica, autoridad política, acceso a información, etcétera.
- Intereses (I): Las ganancias o pérdidas que pueden generarse debido a la creación y desarrollo del proyecto a nivel de: riqueza económica, autoridad, etcétera. Una aclaración importante es no confundir esta categoría con el hecho de que los actores presenten o no interés o atención en el proyecto.
- Legitimidad (L): El reconocimiento de otros actores al poder que puede ejercer, ya sea por que está establecido por ley, por costumbre sociales, entre otros.

El nivel que los actores pueden presentar para estas 3 categorías se clasificó en: bajo, medio y alto. Para lograr entrar dentro de alguna de las características anteriores (“P”, “I” y/o “L”); el actor debía presentar un nivel medio o alto. Con este criterio, se procedió a separar los actores en grupos siguiendo el orden mostrado en la Imagen 32. Posteriormente se realizó un diagrama donde cada actor fue agrupado según: la clasificación CLIP y el tipo de interés que presenta sobre el proyecto (positivo, negativo, o nulo). En base a este diagrama se determinaron las posibles relaciones de conflicto y/o colaboración que se pueden dar entre los actores.

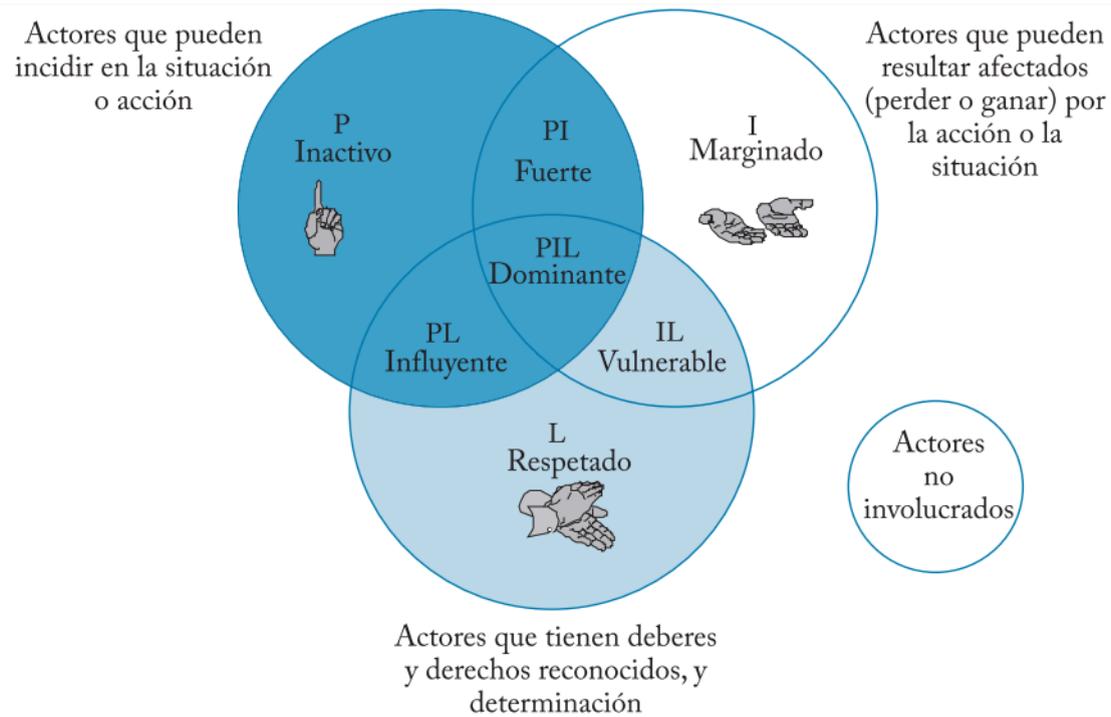


Imagen 32: Diagrama de Venn para las categorías propuestas por la técnica CLIP.

Fuente: Chevalier, 2009.

6.2. Resultados

A continuación, se detallan los resultados obtenidos para el análisis social. Los actores que se consideraron de relevancia para el proyecto junto con la categorización siguiendo las clases propuestas por la técnica CLIP se muestran en el Cuadro 12.

Actores	Poder (P)	Interés neto (I)	Legitimidad (L)	Categoría
CAMMESA	Alto	Medio	Alto	PIL - Dominante
Ejército Argentino	Medio	Medio	Alto	PIL - Dominante
Delegación de Parques Nacionales (DPPNN)	Alto	Alto	Alto	PIL - Dominante
Dirección de Bosques	Alto	Alto	Alto	PIL - Dominante
Secretaría de Energía (SdE)	Alto	Alto	Alto	PIL - Dominante
Secretaría de Ambiente y Cambio Climático (SACC)	Alto	Medio	Alto	PIL - Dominante
Ente Provincial Regulador de la electricidad (EPRE)	Alto	Alto	Alto	PIL - Dominante
DPA	Alto	Alto	Alto	PIL - Dominante
Comunidades originarias y pobladores del área	Bajo	Medio	Alto	IL - Vulnerable
Juntas vecinales aledañas	Bajo	Alto	Alto	IL - Vulnerable
Instituciones científicas	Medio	Bajo	Alto	PL - Influyente
Organizaciones No Gubernamentales (ONG)	Medio	Bajo	Medio	PL - Influyente
Medios de comunicación	Medio	Bajo	Medio	PL - Influyente
CEB	Medio	Alto	Alto	PIL - Dominante
Concejo Deliberante de S.C. de Bariloche	Alto	Alto	Alto	PIL - Dominante
Municipalidad de S.C. de Bariloche	Alto	Alto	Alto	PIL - Dominante

Cuadro 12: Resultados de análisis CLIP. Fuente: Elaboración propia.

Siendo, en resumen:

- **Actores dominantes:** CAMMESA, Dirección de Bosques, DPPNN, Ejército Argentino, SdE, SACC, EPRE, DPA, CEB, Municipalidad y Concejo Deliberante de S.C. de Bariloche.

- **Actores influyentes:** Medios de comunicación, instituciones científicas, y ONGs.
- **Actores vulnerables:** Comunidades originarias, y juntas vecinales.

Todos los **actores dominantes** cuentan con respaldo a nivel normativo (ya sea a nivel municipal, provincial o nacional) que respalda su legitimidad y poder como instituciones habilitadas en temáticas relevantes al proyecto. Unido a ello, cada una de ellas posee intereses que pueden verse alterados:

- CAMMESA, EPRE, y la CEB son entidades que se relacionan con el mercado energético cuyo interés puede proceder del aporte que esta hidroeléctrica brindaría como generador.
- DPPNN junto con la Dirección de Bosques pueden tener intereses negativos dado el impacto ambiental que este proyecto puede generar en terrenos pertenecientes a PPNN y que a su vez poseen especies arbóreas nativas con gran valor de conservación.
- El DPA al ser el organismo responsable del manejo integral del agua en la provincia de Río Negro, será el encargado de regularizar este tipo de aprovechamientos, además de poder encontrar beneficios económicos por el uso del agua de terceros.
- El resto de los actores pertenecen a distintos niveles del gobierno que pueden tener intereses positivos al respecto dado que el proyecto se alinea con las metas actuales de fomentar acciones tendientes a descarbonizar la matriz energética, brindar un servicio energético seguro y sostenible para los habitantes, etcétera.

Dado el valor natural de la cuenca del arroyo Casa de Piedra, algunos de estos actores (como la SACC) pueden presentar intereses negativos si el proyecto demostrará ser más perjudicial que beneficioso para el ambiente. El Ejército Argentino es una organización cuya legitimidad es fuertemente respaldada, y a pesar de no tener competencia en temas relacionados con este tipo proyectos, parte de las tierras que componen la cuenca arroyo Casa de Piedra pertenecen al mismo. Lo cual,

le da poder si parte del aprovechamiento hidroeléctrico se desarrollará en estos terrenos, y un interés dada la posible ocupación de tierras que podrían presentar otras finalidades.

Los denominados **actores influyentes** en este caso presentan diferentes características. Los medios de comunicación no cuentan con un respaldo normativo pero sí a nivel de reputación y social con respecto a su legitimidad, y dada su importancia como fuente de información para el público general, se le otorgó un nivel medio de legitimidad y poder. Dado que el desarrollo del proyecto no afectaría los bienes de los medios de comunicación, se le dió un nivel de interés bajo. Las instituciones científicas (como pueden ser las universidades y otros organismos) cuentan con prestigio y profesionales calificados que les brindan un alto nivel de legitimidad y un considerable nivel de poder dado su conocimiento y manejo de información que puede influenciar sobre el proyecto. Aunque, como en el caso de los medios de comunicación, al no afectar de manera directa los intereses de estas instituciones, se le dió un nivel de interés bajo. Finalmente, las ONGs pueden presentar menor nivel de legitimidad frente a otras instituciones más consolidadas o especializadas en la temática. Sin embargo, en muchos casos son reconocidas a nivel social lo que les otorga un nivel medio de legitimidad, al igual que de poder dada su capacidad de influir ante el público general. A pesar de que el proyecto puede afectar sus intereses ideológicos, se le determinó un nivel bajo en esta categoría para las ONGs debido a que este tipo de intereses no entran dentro de la definición propiamente dicha de intereses que se adopta en esta metodología.

Como **actores vulnerables** se tienen 2 agrupaciones cuya legitimidad proviene, principalmente, de su reconocimiento como asociaciones por parte del gobierno y la sociedad. Ninguno de estos actores poseen competencias directas que puedan vincularse al proyecto, por lo que carecen de poder. Sin embargo, su nivel de interés se considera de medio o alto por razones similares; en ambos casos se prevé que haya un interés negativo dado el impacto perjudicial que puede generar la construcción y operación de una hidroeléctrica en un lugar natural con gran valor de conservación. Pero también pueden surgir intereses más particulares como: la utilización de tierras donde se ha reconocido la presencia de comunidades originarias; el uso de un curso de

agua donde actualmente existe una toma de agua potable gestionada principalmente por una junta vecinal; etcétera.

En base a estos resultados, se obtuvo el siguiente diagrama (Imagen 33) donde se señalan las posibles relaciones de colaboración o conflicto que pueden surgir entre actores:

En el diagrama no se tuvieron en cuenta a los medios de comunicación ni al Concejo Deliberante. Dado que los medios de comunicación actúan como una vía de información no debería establecer relaciones con los otros actores. En el caso del concejo, se decidió englobarlo en el actor Municipalidad para las posibles relaciones que pudiera establecer.

Para la identificación de relaciones de colaboración entre actores se tomó en cuenta a aquellos que tuvieran igual interés (ya sea positivo o negativo) por el proyecto. Mientras que para el caso de situaciones de conflictos, se espera que las mismas se produzcan entre actores que tengan intereses opuestos. Para el caso de los actores de tipo *Influyentes* (Ejército e instituciones científicas) cuya postura puede variar según las características más detalladas del diseño del proyecto, se les indicó las posibles relaciones que se pudieran generar entre los distintos grupos de actores.

6.3. Análisis de resultados

En total se analizaron 16 actores de distintos sectores y alcances. A pesar de ser de pequeña escala, los aprovechamientos hidroeléctricos implican un gran nivel de complejidad que lleva a tener que considerar un múltiple número de actores. Dada la naturaleza del proyecto, como una potencial fuente de energía eléctrica renovable para una ciudad, es esperable que entre dentro de las agendas de múltiples sectores en el ámbito estatal para el cumplimiento de las metas de descarbonización de la matriz energética y el aseguramiento de un servicio básico como es la electricidad a la población. Empresas o entidades del sector energético e hídrico también pueden percibir los beneficios que podría traer el proyecto. Las principales contras que pueden llegar a generar rechazo en ciertos actores de relevancia, es la ubicación del proyecto. Como se describió en secciones anteriores, el arroyo Casa de Piedra forma parte de una cuenca cuyo ecosistema alberga especies de flora y fauna de gran valor de conservación en un ambiente que se encuentra muy poco alterado en gran parte de la cuenca. Este hecho, junto con la creciente preocupación de la población general por el estado de los paisajes naturales de la zona, pueden llevar a crear un sentimiento de rechazo por cualquier actividad que quiera llevarse a cabo en el lugar.

Analizando rápidamente el diagrama de posibles relaciones entre actores, se puede ver que hay un mayor número de actores dominantes que, en primera instancia, tiene un interés positivo sobre el proyecto. Sin embargo, del lado contrario, existe un menor número de actores que presentan intereses negativos, además de ser una parte dominante y otra parte vulnerable. Este desequilibrio de poder indica que, por un lado, un gran número de actores que poseen poder sobre el proyecto pueden proporcionar su apoyo en diversas etapas del proyecto. Por otro parte, se tiene un menor número actores que también poseen poder como la DPPNN y la Dirección de Bosques que representan un potencial obstáculo para el desarrollo del aprovechamiento. A su vez, no se debe minimizar a otros actores (como son las juntas vecinales y comunidades originarias) que a pesar de no tener poder como otros actores, si poseen diversos mecanismos por los cuales pueden frenar e incluso detener el proyecto si se genera una fuerte oposición de su parte. Existen casos como el ocurrido en 2017 donde, a pesar de contar con el apoyo del gobierno y diversas entidades, se debió dar marcha atrás con el proyecto de una central nuclear en la provincia de Río Negro. El mismo se encontraba en una fase de desarrollo avanzada donde ya se habían realizado análisis de factibilidad (lo cual requirió de inversiones de dinero y tiempo), pero finalmente fue cancelado por la fuerte oposición social de la población.²⁴

En cuanto a los actores cuyo interés puede tomarse como neutral (instituciones científicas y ONGs) su apoyo tanto a favor como en contra del aprovechamiento puede resultar fundamental para mover la opinión general. Las instituciones científicas cuentan con información y profesionales cuya opinión y diagnóstico puede tanto impulsar como detener la gestión del proyecto. Caso similar con las ONGs que pueden aportar credibilidad con su apoyo y contacto más directo con las personas.

6.4. Conclusiones

De querer llevar a cabo un aprovechamiento de la índole que se está evaluando en el presente trabajo, identificar aliados como potenciales opositores resulta de vital importancia, en especial, en etapas tempranas del proyecto. Hay que tener en cuenta

²⁴ Información relevada en agosto del 2023 de: <https://www.argentina.gob.ar/noticias/5ta-central-nuclear-su-locacion>

que esta evaluación social resulta en una primera aproximación a los posibles actores a considerar junto con sus posibles roles. Este análisis deberá actualizarse conjuntamente con el avance del proyecto debido a cambios que puedan surgir como: aparición de otros actores, cambio de roles, etcétera.

Es necesario prestar especial atención a aquellos actores que podrían verse o sentirse afectados negativamente. Una estrategia para evitar conflictos futuros es involucrar a estos actores cuando se realizan los primeros estudios del proyecto. Contar con su opinión y saber de sus preocupaciones brinda información que luego debe ser tomada en cuenta cuando se toman decisiones relevantes como son cuestiones relacionadas al diseño, análisis de alternativas, etcétera. En casos donde no se puede evitar perjudicar a alguno de los actores (como puede ser la alteración del paisaje para los vecinos) se debe buscar la forma de compensarlos y que los mismos acepten estas medidas a cambio.

Otra táctica que debe efectuarse para evitar conflictos es la de difundir información, no solamente de cómo se va avanzando con el proyecto, sino también de cómo el mismo puede beneficiar a las personas y que medidas se toman para mitigar impactos. Este enfoque ayuda de 2 maneras: por un lado genera confianza en la sociedad, y por otro, se pueden desmentir posibles malentendidos que terminan infundiendo temor en las personas. Por ejemplo, un error muy común es el de asociar todos los aprovechamientos hidroeléctricos con grandes represas y notorias intervenciones en el ambiente; cuando esto solo ocurre en hidroeléctricas de gran potencia, y no en pequeños aprovechamientos.

Debe recalarse que en ocasiones el conflicto resulta inevitable. Por lo cual, además de tomar medidas para evitarlos, se debe considerar cómo afrontar y gestionar los conflictos que puedan surgir de manera que los mismos no terminen perjudicando a los actores involucrados.

7. Conclusiones finales y recomendaciones

Se lograron cumplir los objetivos planteados para el presente trabajo al poder obtener una primera aproximación de los potenciales efectos que este proyecto podría generar en el ambiente. Se observaron ciertas características del arroyo Casa de Piedra que lo vuelven un candidato a considerar para la generación de hidroelectricidad, pero a su vez se detectaron múltiples obstáculos potenciales que requieren ser considerados, en una adecuada planificación y elaboración del proyecto, para su elusión. Este proyecto puede ayudar al ambiente a través de la descarbonización de la matriz energética; pero a su vez presenta un nivel de riesgo para múltiples factores naturales de la cuenca a través de, por ejemplo, las actividades desmonte de vegetación que implicaría la liberación del CO₂ almacenado en estos organismos. A su vez, puede ser el desencadenante de conflictos y problemas sociales; pero también una fuente de ingreso que aporte ganancias y brinde trabajo y seguridad energética a la población. En función del objetivo general de este trabajo, junto con las conclusiones obtenidas en los capítulos anteriores, **se concluye que el proyecto no presenta impedimentos que lo hagan inviable a nivel ambiental en esta primera etapa.** Sin embargo, al ser una etapa de evaluación preliminar, el resultado final queda sujeto al proceso de evaluación ambiental y social correspondiente al proyecto ejecutivo.

Es importante resaltar que durante una evaluación de prefactibilidad, especialmente en un proyecto de estas características, es recomendable evaluar sus beneficios e impactos en comparación con otras alternativas. Por lo cual resulta indispensable, en una etapa posterior a la presente, comparar el posible proyecto abordado en este trabajo con otras alternativas como puede ser: utilizar otro curso de agua de la zona; acoplar otras funcionalidades al proyecto (por ejemplo, la formalización y mejora de la obra de captación de agua existente para los barrios ubicados aguas abajo del arroyo; un reservorio de agua para incendios forestales, etcétera); entre otras. Este paralelismo entre alternativas aportará herramientas de decisión al proceso de desarrollo del proyecto.

Finalmente, recordar que este trabajo no se propone dar información intangible, sino, brindar elementos concretos que ayude en la toma de decisiones tempranas sobre la viabilidad del presente proyecto y, si se desea llevar a cabo en el

futuro, pueda aportar aspectos y elementos a considerar e incorporar en el diseño del proyecto ejecutivo. Al igual, que aportar contenidos a lo que posteriormente deberá ser un EIA que contemple toda la extensión de las tareas involucradas.

8. Bibliografía

Administración de Parques Nacionales (2019). *Plan de Gestión del Parque Nacional Nahuel Huapi*. San Carlos de Bariloche.

Arriaga P. (2015). *El potencial hidroeléctrico de una cuenca*. Mi iAgua. Universidad del País Vasco.

Belmonte P. (2019). *Los impactos ambientales de las líneas e infraestructuras eléctricas*. Ecologistas en Acción de la Región Murciana

Centro Argentino de Ingenieros (s.f.). *Alcances de ingeniería*. Comisión de Empresas Proveedoras de Servicios de Ingeniería. Provincia de Buenos Aires.

Chevalier J.M. & Buckles D.J. (2009). *Guía para la investigación colaborativa y la movilización social*. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo.

Comisión Europea (2018). *Documento de orientación sobre los requisitos aplicables a la energía hidroeléctrica con arreglo a la legislación de la UE en materia de protección de la naturaleza*.

Fattorelli S. & Fernández P.C. (2011). *Diseño Hidrológico*. Segunda Edición digital publicada en la biblioteca virtual de la Water Assessment & Advisory Global Network.

Fernández Ríos L. S. (2022). *Jerarquización de Impactos Ambientales en Proyectos Hidroeléctricos Establecidos en Ecosistemas de Montaña*. LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, Vol. 3 (2): pp. 677-690.

Fundación Bariloche (2023). *Río Negro. Renova. Caracterización de los recursos y tecnologías de energías renovables para su aprovechamiento en media y baja escala en la provincia de Río Negro*. Provincia de Río Negro.

García R.D. (2016). *Caracterización de la materia orgánica alóctona y la dinámica de su ingreso en un lago profundo Norpatagónico a través de arroyos tributarios*. [Tesis de doctorado]. Universidad Nacional del Comahue.

Instituto nacional de prevención sísmica (s.f.). *Volcanes andinos Argentino-Chilenos - Erupción últimos 80 años*.

IRENA (2022). *Renewable Power Generation Costs in 2021*. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.

Lallement M.E. (2016). *Plantilla de hábitat y estructura de los ensambles de peces de arroyos tributarios a la cuenca del río Limay superior, Patagonia Argentina*. [Tesis de doctorado]. Universidad Nacional del Comahue.

Menger L. (2019). *Análisis de mediciones de calidad de aire en San Carlos de Bariloche*. [Tesis de grado]. Universidad Nacional de Río Negro.

Mermoz M., Úbeda C., Grigera D., Brion C., Martín C., Bianchi E. & Planas H. (2009). *El Parque Nacional Nahuel Huapi. Sus características ecológicas y estado de conservación*. Editorial APN Parque Nacional Nahuel Huapi.

Monroy C.J.L., Herbas C.C., Funes A.N. & Ramírez R.E. (s.f.). *Estudio de potenciales hidroeléctricas en la cuenca alta del río Pelechuco y diseño de una central hidroeléctrica piloto identificada*. Instituto de Hidráulica e Hidrología, Carrera de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz Bolivia.

Muguerza D. (2003). *Micro Centrales Hidroeléctricas*.

Pereyra F., Elissondo M., López C., Dzendoletas A., Roverano D. & Wilson C. (2009). *Carta de Peligrosidad Geológica 4172-IV. San Carlos de Bariloche*. SEGEMAR.

Pereyra F.X. (2007). *Geomorfología Urbana de San Carlos de Bariloche y su influencia en los peligros naturales, Río Negro*. Revista de la Asociación Geológica Argentina, Vol. 62 (2): pp. 309- 320.

Rijter G. (2018). *Generación de empleo. Energías renovables . Programa RenovAr y MATER*. Subsecretaría de energías renovables. Ministerio de Energía.

Rodríguez L.C. & Chirino J. (2019). *La viabilidad ambiental: Una mirada desde los proyectos socio integradores*. Revista Polo del Conocimiento, Vol. 4 (9): pp. 108-132.

Romagnoli M.L. (2022). *Evaluación de Caudales Ambientales en el río Ñirihuau, asociados al proyecto de captación y potabilización de agua para San Carlos de Bariloche*. [Tesis de grado]. Universidad Nacional de Río Negro.

S.A. (2021). *Guía para la descripción de centrales de generación de energía hidroeléctrica de potencia menor a 20 MW en el SEIA*. Departamento de Estudios y Desarrollo. Chile.

Sagardoy I. (2021). *Estudio de prefactibilidad para la instalación de una central Termoeléctrica a base de biomasa forestal residual en San Carlos de Bariloche*. [Tesis de maestría]. Universidad Nacional del Comahue.

Servicio de Evaluación Ambiental (2021). *Guía para la Descripción de Centrales de Generación de Energía Hidroeléctrica de potencia menor a 20 MW en el SEIA*. Gobierno de Chile.

Sosnovsky A., Alonoso M., Fernández V., Lallement M., Rechencq M. & Cantet R. (2018). *Informe técnico: Hidrología y dinámica físico-química de los arroyos Gutiérrez y Casa de Piedra, San Carlos de Bariloche*. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas Universidad Nacional del Comahue.

Sosnovsky A., Rechencq M., Fernández M.V., Suarez M.J. & Cantet R.J.C. (2020). *Hydrological and physico-chemical dynamics in two Andean streams*. *Limnetica*, Vol. 39 (1): pp. 17-33.

Vega J.S. (2015). *Propuestas para mejorar los procesos de evaluación ambiental y social de hidroeléctricas en el Perú*. Programa de Gestión Socio-Ambiental e Inversiones.

Villarreal T.K. (2018). *Guía para la elaboración de estudios de caudales ecológicos en proyectos de aprovechamiento de recursos hídricos*. Banco de Desarrollo de América Latina.

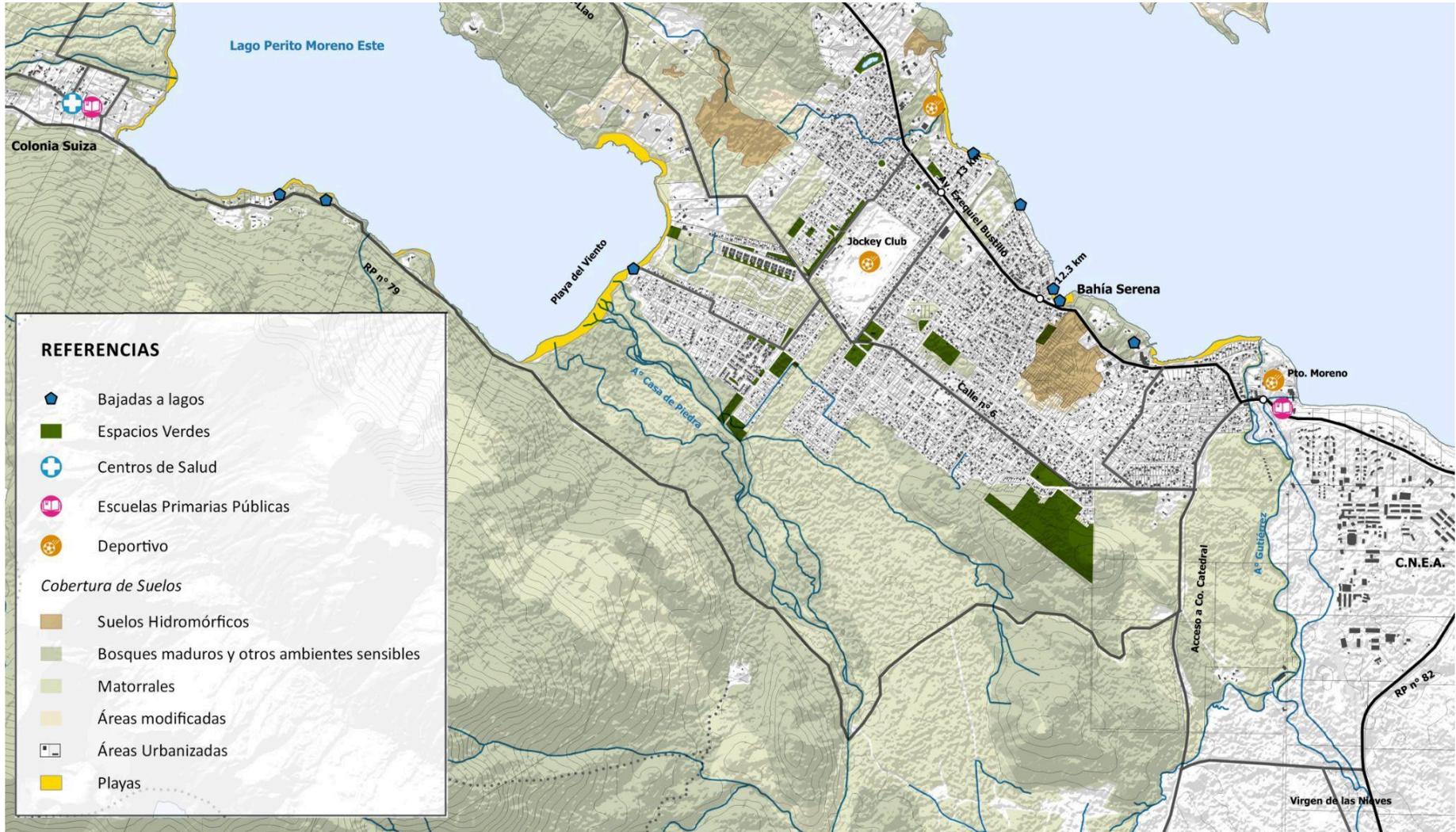
Watkins G., Atkinson R., Canfield E., Corrales D., Dixon J., Factor S., Hardner J., Hausman H., Hawken I., Huppman R., Josse C., Langstroth R., Pilla E., Quintero J., Radford G., Rees C., Rice D. & Villalba A. (2015). *Guía para evaluar y gestionar los impactos y riesgos para la biodiversidad en los proyectos respaldados por el Banco Interamericano de Desarrollo*. Banco Interamericano de Desarrollo.

Wettstein Z.S., Hoshiko S., Fahimi J., Harrison R.J., Cascio W.E. & Rappold G. (2018). *Cardiovascular and Cerebrovascular Emergency Department Visits Associated With Wildfire Smoke Exposure in California in 2015*. *Journal of the American Heart Association*. Vol. 7 (8).

Ybarra A.G.V., Gil V. & Campo A.M. (2018). *Análisis del relieve y dinámica fluvial. Cuenca del arroyo Casa de Piedra, Río Negro, Argentina*. XII Jornadas de Investigación en Geografía. "Territorio, sociedad y recursos hídricos". Ubicación: Santa Fe.

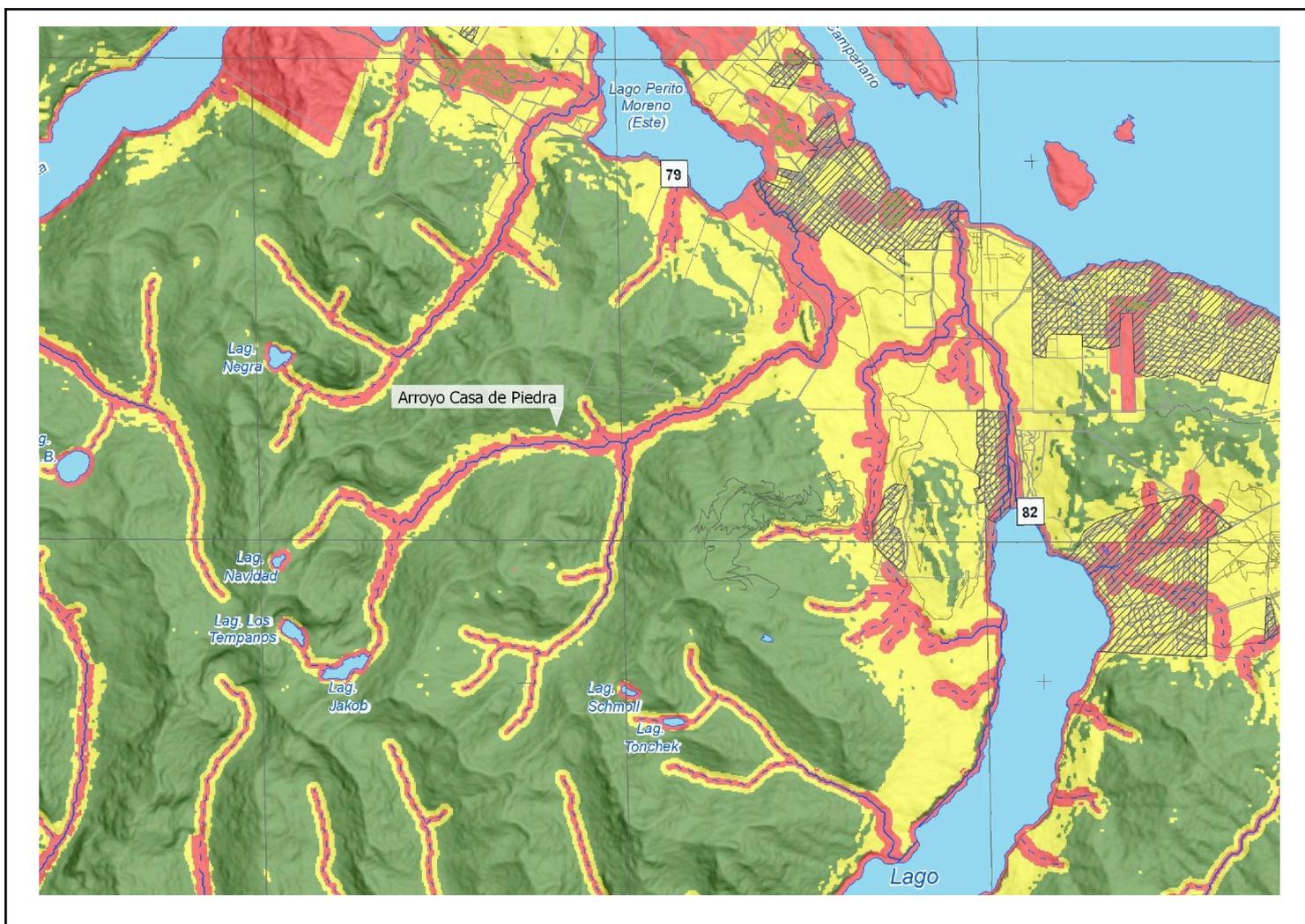
Anexos

Anexo I - Mapa del área urbana cercana al arroyo Casa de Piedra en la zona de desembocadura.²⁵



²⁵ Fuente: Plan de desarrollo Urbano-Ambiental para el sector Oeste de San Carlos de Bariloche

Anexo II - Mapa de sensibilidad arqueológica²⁶ y mapa con sitios de interés arqueológico y comunidades originarias²⁷ presentes en la cuenca del arroyo Casa de Piedra.



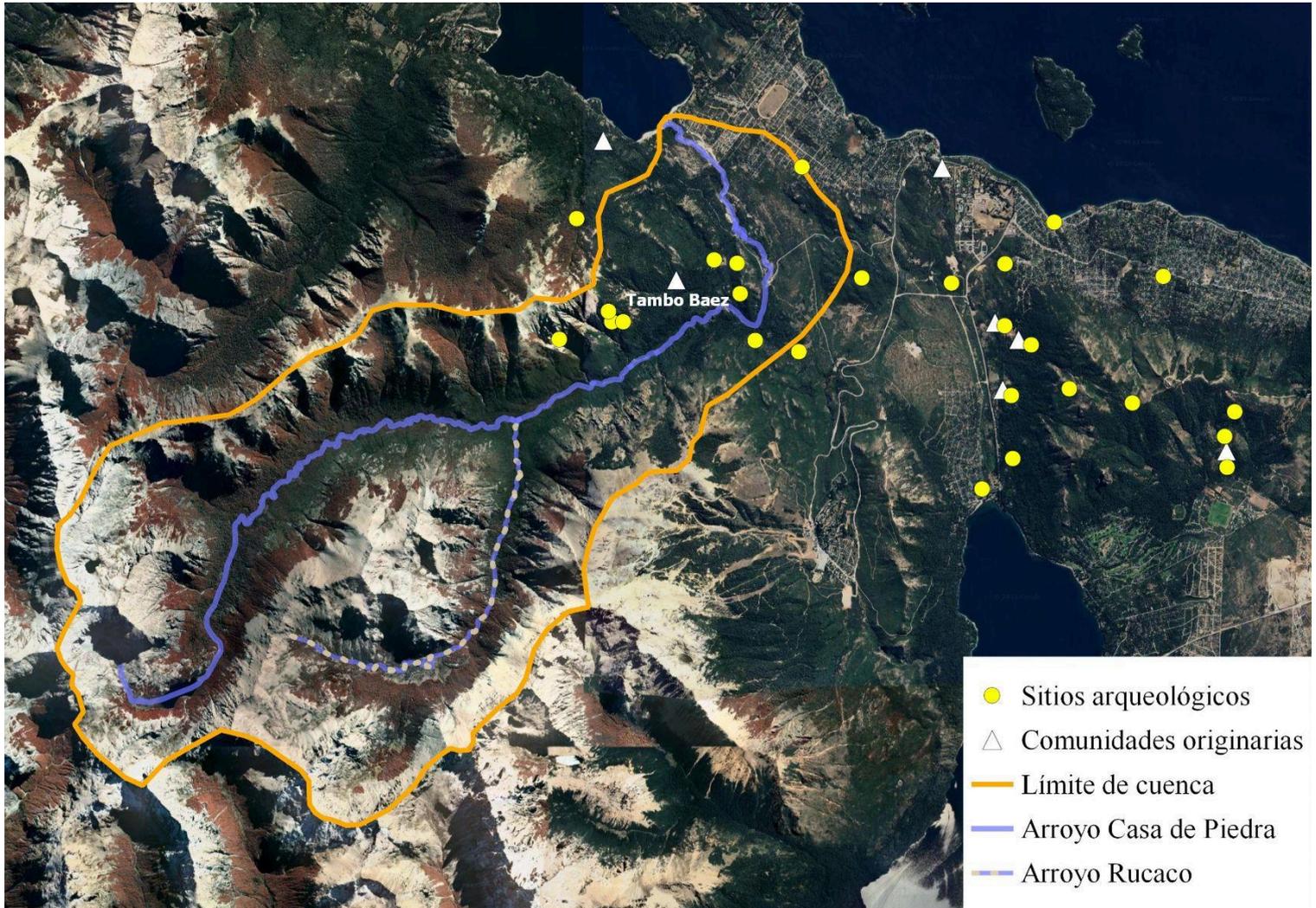
<p>Rojo (Sensibilidad: Alta)</p>	<p>No deben modificarse sin la contratación de un arqueólogo profesional para los estudios previos requeridos. Incluye áreas que por sus antecedentes históricos, geomorfológicos, sus vinculaciones a cursos de agua y áreas de vegetación autóctona poseen altos grados de probabilidad de ocupación humana y ameritan su cuidado y acciones para la mitigación de impactos que las remociones de tierra y obras de infraestructuras pudieran generar.</p>
<p>Amarillo (Sensibilidad: Media)</p>	<p>La intervención del arqueólogo profesional de la municipalidad bastará en una primera instancia para establecer los protocolos a seguir, seguimientos de obra especiales y actividades de escasez puntuales en caso de ser necesarios.</p>

²⁶ Fuente: Mapa provisto por la Dirección de Áreas Protegidas y Conservación del Patrimonio Histórico de San Carlos de Bariloche.

²⁷ Fuente: Elaboración propia en base a capas shape aportadas por la Dirección de Áreas Protegidas y Conservación del Patrimonio Histórico.

Verde
(Sensibilidad:
Baja)

Deben ser considerados al realizar una obra de infraestructura, la cual puede transformar total o parcialmente en sustrato arqueológico que yace enterrado. En este caso se solicita dar aviso del comienzo de obra a la autoridad de aplicación jurisdiccional.



Anexo III - Metodología para la determinación de la sensibilidad del medio receptor según la Resolución 203/2016 - Anexo VI

"2016- Año del Bicentenario de la Declaración de la Independencia Nacional"



Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable
 Administración de Parques Nacionales
 Ley N° 22.351

203

Anexo VI

ANA BALANISIC
 11/11/2016
 11

7. Sensibilidad del medio receptor [Características relevantes del entorno o presencia de componentes ambientales de valor]	
Descripción	Presencia [Sí ; No]
Características físicas del área	
Presencia de recursos hídricos (ríos, arroyos, lagos, lagunas, humedales, etc.)	
Presencia de glaciares o campos de hielo	
Suelos de permafrost o expuestos a congelamiento periódico	
Suelos con características especiales (zonas de areniscas, tierras blancas, pequeños arenales, etc).	
Sensibilidad de suelos (posibilidad de ser expuestos a movimientos, erosión, afectación de los patrones de infiltración o drenaje, etc.)	
Terrenos con pendiente, barrancas de ríos o arroyos	
Material paleontológico, mineralógico y/o espeleológico de interés	
Características del medio biótico	
Ecorregiones o ecosistemas en retroceso	
Corredores ecológicos, sitios de importancia en migraciones, ecotonos, etc.	
Sitio de importancia para determinadas especies, hábitat o procesos (hábitats singulares, sitios de importancia para la reproducción y alimentación, etc.)	
Presencia de especies en peligro, vulnerables, amenazadas, raras, endémicas, carismáticas, de valor especial.	
Presencia de endemismos	
Aspectos socio-culturales	
Existencia de sitios arqueológicos, históricos, religiosos, u otro patrimonio socio-cultural	
Presencia de poblaciones vulnerables	
Presencia de comunidades indígenas	
Paisajes naturales escénicos o culturales de interés	
Usos tradicionales de los recursos naturales, de importancia económica o cultural, etc.	



203

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable
 Administración de Parques Nacionales
 Ley N° 22.351

Anexo VI

MIGUEL BALBUENA
 Director
 Contratación

7. Sensibilidad del medio receptor [Características relevantes del entorno o presencia de componentes ambientales de valor]			
Descripción			Presencia [Sí ; No]
Otras condiciones particulares del sitio			
SENSIBILIDAD DEL MEDIO RECEPTOR (valoración global)			
[considera lo expresado en los ítems 2 a 7]			
Alta / Media / Baja			
Muy Alta	Alta	Moderada	Baja

Anexo IV - Metodologías implementadas para completar la serie de caudales de la estación de medición en el arroyo Casa de Piedra

Número de datos faltantes	Periodo de inicio	Método de completado de datos
137	01/01/2004	Correlación con arroyo Goye ($R^2=0,87$)
20	31/08/2007	Correlación con arroyo Goye ($R^2=0,87$)
35	12/09/2008	Correlación con arroyo Goye ($R^2=0,70$)
66	15/02/2009	Correlación con arroyo Goye ($R^2=0,84$)
20	11/02/2010	Correlación con arroyo Goye ($R^2=0,75$)
22	05/05/2012	Correlación con arroyo Goye ($R^2=0,76$)
3	01/02/2013	Promedio
3	15/02/2013	Promedio
19	15/05/2014	Correlación con arroyo Goye ($R^2=0,76$)
19	17/06/2014	Correlación con arroyo Goye ($R^2=0,76$)
6	10/10/2014	Promedio
6	19/11/2014	Promedio
81	04/12/2015	Correlación con arroyo Goye ($R^2=0,76$)
81	02/04/2016	Correlación con arroyo Goye ($R^2=0,80$)
31	26/08/2016	Correlación con arroyo Goye ($R^2=0,62$)
31	24/01/2017	Correlación con arroyo Goye ($R^2=0,71$)
13	28/04/2017	Correlación con arroyo Goye ($R^2=0,74$)
40	22/07/2017	Correlación con arroyo Goye ($R^2=0,80$)
59	18/11/2017	Correlación con arroyo Goye ($R^2=0,64$)