

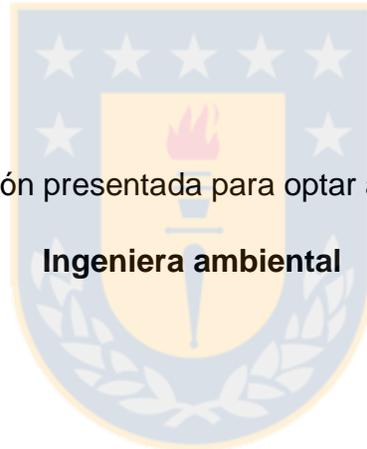


Universidad de Concepción



FACULTAD DE CIENCIAS
AMBIENTALES

Evaluar la relación entre los Objetos de Valoración y el
Potencial Hidroeléctrico de la cuenca del río Aysén para la
planificación territorial del desarrollo hidroeléctrico



Habilitación presentada para optar al título de

Ingeniera ambiental

TANIA GABRIELA GUERRERO FIGUEROA

CONCEPCIÓN (Chile), 2018



Universidad de Concepción



FACULTAD DE CIENCIAS
AMBIENTALES

Evaluar la relación entre los Objetos de Valoración y el
Potencial Hidroeléctrico de la cuenca del río Aysén para la
planificación territorial del desarrollo hidroeléctrico

Habilitación presentada para optar al título de

Ingeniera ambiental

TANIA GABRIELA GUERRERO FIGUEROA

Profesora guía: Alejandra Patricia Stehr Gesche

CONCEPCIÓN (Chile), 2018



“EVALUAR LA RELACIÓN ENTRE LOS OBJETOS DE VALORACIÓN Y POTENCIAL HIDROELÉCTRICO DE LA CUENCA DEL RÍO AYSÉN PARA PLANIFICACIÓN TERRITORIAL DEL DESARROLLO HIDROELÉCTRICO”

PROFESOR GUÍA: DRA. ALEJANDRA STEHR GESCHE

PROFESOR CO - GUÍA: MSc. PEDRO ARRIAGADA SANHUEZA

PROFESOR COMISIÓN: MSc. FERNANDO TORREJÓN GODOY

CONCEPTO: APROBADO CON DISTINCIÓN



Conceptos que se indica en el Título

- ✓ Aprobado por Unanimidad : (En Escala de 4,0 a 4,9)
- ✓ Aprobado con Distinción (En Escala de 5,0 a 5,6)
- ✓ Aprobado con Distinción Máxima (En Escala de 5,7 a 7,0)

CONCEPCIÓN, ENERO DE 2018

ÍNDICE	
Índice de figuras	iii
Índice de tablas	iv
Índice de anexos	v
AGRADECIMIENTOS	vi
RESUMEN	vii
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 OBJETIVO	3
1.1.1 Pregunta de investigación.	3
1.1.2 Objetivo general:.....	3
1.1.3 Objetivos específicos:	3
2. ANTECEDENTES	4
2.1 La gestión de cuenca como herramienta en la planificación territorial.	4
2.2 Relación Objetos de Valoración y Potencial Hidroeléctrico.	6
2.3 La teoría de grafo como herramienta de gestión de los recursos hídricos.	11
3. METODOLOGÍA	16
3.1. Área de estudio.....	16
3.2 Identificación de los los Objetos de Valoración más relevantes.	19
3.2.1 Método Delphi.	21
3.2.2 Evaluación de los Objetos de Valoración.....	22
3.3 Aplicar el modelo de grafo para los Objetos de Valoración identificados.	24
3.3.1 Análisis de resultados de la encuesta.....	24
3.3.2 Cálculo de la función permanente.	25
3.4 Proponer una alternativa en las subcuencas para la planificación del desarrollo hidroeléctrico de la cuenca.	27
4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
4.1 Identificar los Objetos de Valoración más relevantes de las subcuencas de la cuenca del río Aysén.	28
4.1.1 Sistema fluvial.	28
4.1.2 Sistema terrestre.....	33
4.1.3 Sistema sociocultural.	37
4.1.4 Sistema productivo.	40

4.2	Aplicar el modelo de grafo para los Objetos de Valoración identificados.	43
4.2.1	Resultados generales.	44
4.2.2	Sistema fluvial.	45
4.2.3	Sistema terrestre.....	47
4.2.4.	Sistema sociocultural.	49
4.2.5.	Sistema productivo.	51
4.3.	Proponer una alternativa en las subcuencas para la planificación del desarrollo hidroeléctrico de la cuenca del río Aysén.	53
4.3.1.	Subcuenca río Mañihuales.	55
4.3.2.	Subcuenca río Simpson.....	57
4.3.3.	Subcuenca río Aysén bajo junta Mañihuales.....	58
4.3.4.	Subcuenca río Riesco.	60
5.	CONCLUSIONES.....	62
6.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64
7.	ANEXOS.....	70



Índice de figuras

Figura 1: Marco General para la GIRH	5
Figura 2: Clasificación de los Objetos de Valoración	8
Figura 3: Interacción entre los subsistemas.	13
Figura 4: Estructura gráfica del sistema de recursos hídricos.....	14
Figura 5: Forma matricial del sistema de recursos hídricos	14
Figura 6: Mapa cuenca río Aysén	18
Figura 7: Metodología para seleccionar OdV	20
Figura 8: Esquema de matriz a la que se le aplicará la función permanente.....	26
Figura 9: Resultados función permanente agrupados.....	44
Figura 10: Resultado función permanente sistema fluvial.	46
Figura 11: Resultado porcentual función permanente sistema fluvial.	46
Figura 12: Resultado función permanente sistema terrestre.....	48
Figura 13: Resultado porcentual función permanente sistema terrestre.....	48
Figura 14: Resultado función permanente sistema sociocultural.	50
Figura 15: Resultado porcentual función permanente sistema terrestre.....	50
Figura 16: Resultado función permanente sistema productivo.	51
Figura 17: Resultado porcentual función permanente sistema terrestre.....	52
Figura 18: Representación gráfica de los resultados de la función permanente. .	54
Figura 19: Resultado porcentual función permanente subcuenca río Mañihuales.	56
Figura 20: Resultado porcentual función permanente subcuenca río Simpson....	57
Figura 21: Resultado porcentual función permanente subcuenca río Aysén bajo junta Mañihuales.	59
Figura 22: Resultado porcentual función permanente subcuenca río Riesco.....	60

Índice de tablas

Tabla 1: Comparación de índices de sustentabilidad.....	11
Tabla 2: Superficie por subcuenca.....	16
Tabla 3: Potencial hidroeléctrico por subcuenca.	17
Tabla 4: Valores cualitativos de los subsistemas de la cuenca.	22
Tabla 5: Valores cualitativos de la interacción entre subsistemas.....	23
Tabla 6: Sistemas a considerar.	25
Tabla 7: Análisis presencia de Objetos de Valoración sistema fluvial.	28
Tabla 8: Análisis presencia de Objetos de Valoración sistema terrestre.	33
Tabla 9: Análisis presencia de OdV sistema sociocultural.....	37
Tabla 10: Análisis presencia OdV sistema productivo	40
Tabla 11: Cantidad de OdV identificados por cada subcuenca	42
Tabla 12: Valor optimista y pesimista para cada subsistema.	43



Índice de anexos

Anexo 1: Matriz energética de Chile.	70
Anexo 2: Definición de las categorías de Alto Valor de Conservación.....	71
Anexo 3: Definición de los Objetos de Valoración.....	72
Anexo 4: Programa Matlab para calcular la función permanente.....	80
Anexo 5: Información curricular del panel de expertos.....	81
Anexo 6: Preguntas de la encuesta aplicada.....	87
Anexo 7: Resumen presencia de Objetos de Valoración por subcuenca.	90
Anexo 8: Objetos de Valoración seleccionados para evaluar.	104
Anexo 9: Valor medio de las respuestas a la encuesta.....	105



AGRADECIMIENTOS

A Dios.

A mi madre, que desde algún lado sé que estás orgullosa.

Papá y Susana, por confiar en mí.

A mis hermanas, por ser mi mayor apoyo.

A mis amigos, los de siempre y los que conocí acá, por hacer siempre la vida tan divertida. Con mención especial a mi amiga Tami, por siempre tener tanta paciencia cuando necesitaba ayuda con el inglés.

A los peludos por su infinito cariño sin palabras.



RESUMEN

La promoción de las fuentes nuevas y renovables de energía se ha vuelto uno de los principales ítems del desarrollo sustentable. Es por ello, que acorde a las metas del Ministerio de Energía en la agenda de energía 2050, se hace necesario utilizar recursos energéticos propios para la generación de energía, pero esto no puede ser llevado a cabo sin medidas que se consideren los elementos del territorio.

Una de estas formas de generación de energía es la hidroelectricidad, sin embargo, ya no es suficiente con considerar el potencial hidroeléctrico del río, es por eso que este se relaciona con los Objetos de Valoración de las subcuencas del río Aysén a través de la teoría de grafo.

Los Objetos de Valoración son los elementos del territorio a considerar para realizar una planificación territorial para aplicar en la teoría de grafo, estos se definen como acciones, actividades u otro tipo de aspectos que las comunidades valoran en su territorio y que puedan o no tener un grado de tutela o protección por parte del estado. Además, se dividen en cuatro sistemas: Fluvial, terrestre, sociocultural y productivo.

Por su parte, la teoría de grafo es un modelo que entrega un índice único que puede ser comparado en situaciones estándar, en este caso, un escenario optimista y uno pesimista.

La aplicación de este modelo en la cuenca del río Aysén arrojó como resultados principales que el sistema terrestre era el más valorado. Por su parte, la subcuenca río Aysén bajo junta Mañihuales fue la que arrojó mayores valores para el modelo aplicado.

A modo de conclusión el modelo de grafo puede ser utilizado como herramienta de planificación territorial, sin embargo, se debe utilizar un método de encuesta que asegure una respuesta de la mayoría de los participantes.

1. INTRODUCCIÓN

La promoción de las fuentes nuevas y renovables de energía se ha vuelto uno de los principales ítems del desarrollo sostenible, esto debido a que se esperan diferentes escenarios de desarrollo, en el cual los países en desarrollo tendrán mayor participación a nivel global en el consumo de energía y por tanto mayor responsabilidad en las emisiones de Gases de Efecto Invernadero por quema de combustibles fósiles (Recalde et al., 2015).

La mayor parte de la energía primaria en Chile corresponde a hidrocarburos importados (carbón, petróleo y gas) lo que lo hace ser un país vulnerable a los precios del mercado internacional, además de las restricciones de abastecimiento por fenómenos políticos, climáticos o de mercado (Ministerio de Energía, 2014). Para el año 2012 el mayor porcentaje de la matriz energética primaria estaba dado por petróleo crudo (31%) y biomasa (28%) (Ministerio de Energía, 2016a)(Anexo 1).

Uno de los desafíos en temas energéticos del Ministerio de Energía es que el 45% de la capacidad de generación eléctrica instalado entre los años 2014 y 2025 provenga de Energías Renovables No Convencionales (ERNC) (Ministerio de Energía, 2014).

Para llevar a cabo esto, uno de los ejes de trabajo del Ministerio de Energía en la agenda de energía 2050 consiste en el desarrollo de recursos energéticos propios; donde la hidroelectricidad ocupa un papel importante, especialmente desde la cuenca del río Maule al sur, por lo que se hace necesario contar con una herramienta de planificación territorial en el área energética (Ministerio de Energía, 2014).

Existe una necesidad de compatibilizar el desarrollo y crecimiento económico con la protección del medio ambiente y de sus recursos naturales mediante la formulación de una Política de Manejo del Territorio o de Ordenamiento Territorial que permita orientar las acciones y criterios en el uso sustentable del territorio, favoreciendo el desarrollo armónico sin comprometer las funciones ecosistémicas de los componentes del medio ambiente aire, agua, suelo, flora, fauna y pasaje (Iturriaga, 2003).

Para llevar a cabo un desarrollo hidroeléctrico de los ríos de la región de Aysén se hace necesario evaluar los elementos del territorio de manera integrada entre los diferentes actores de la sociedad, para evitar nuevos conflictos como el emblemático caso de Hidroaysén, a partir del cual se ha intentado fortalecer las políticas públicas en el desarrollo energético (Segura, 2010)

Como método de análisis para la conservación de ríos, es clave definir un valor para este, tanto a nivel nacional como regional (Dunn, 2004), es por eso que en conjunto con las metas propuestas por el Ministerio de Energía en un escenario de desarrollo hidroeléctrico con criterios de sustentabilidad y la información territorial recopilada por los grupos de estudio de cuencas, se realiza la siguiente tesis con el fin de utilizar la teoría de grafo como una alternativa de herramienta de planificación territorial en la cuenca del río Aysén.

1.1 OBJETIVO

1.1.1 Pregunta de investigación.

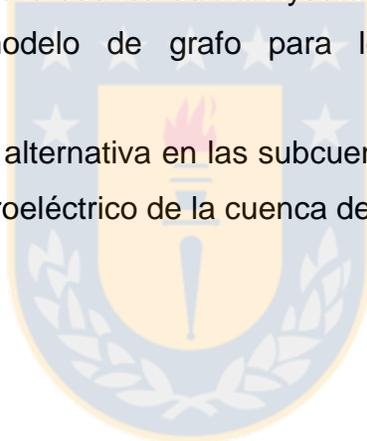
¿Es posible utilizar el modelo de grafo para la planificación del desarrollo hidroeléctrico de la cuenca del río Aysén?

1.1.2 Objetivo general:

Evaluar la relación entre los Objetos de Valoración y el Potencial hidroeléctrico de la cuenca del río Aysén, mediante la utilización del modelo de grafo para facilitar la planificación territorial del desarrollo hidroeléctrico.

1.1.3 Objetivos específicos:

- I. Identificar los Objetos de Valoración más relevantes de las subcuencas de la cuenca del río Aysén.
- II. Aplicar el modelo de grafo para los Objetos de Valoración identificados.
- III. Proponer una alternativa en las subcuencas para la planificación del desarrollo hidroeléctrico de la cuenca del río Aysén.



2. ANTECEDENTES

2.1 La gestión de cuenca como herramienta en la planificación territorial.

La cuenca es reconocida como la unidad territorial más adecuada para la gestión de los recursos hídricos (Aguirre, 2011), utilizar este límite natural en Chile para la creación de políticas públicas se dificulta por diversos motivos, como son la fragmentación de los actores responsables de su control y aprovechamiento, por tipos de usos, por la fuente de captación y además la división político-administrativa que, por lo general, no coincide con los límites naturales (Dourojeanni et al., 2002).

La dificultad de implementar una gestión a nivel de cuenca provoca limitaciones en la compatibilidad entre diferentes usos y altera la integridad del ecosistema que en última instancia permite la producción del agua y permite el consumo de ésta (Retamal et al., 2013).

Muchos problemas relacionados con la planificación en la cuenca ocurren por ignorar las condiciones socioeconómicas (Jalili Pirani & Alireza Mousavi, 2016; de Lange et al., 2010) es por ello que en la figura 1 se presenta un esquema para la gestión integral de los recursos hídricos creado por la Asociación Mundial para el Agua (GWP por sus siglas en inglés), donde se reconocen criterios dominantes relacionados con el desarrollo sostenible como son la eficiencia económica, la equidad social y la sustentabilidad ecológica (Universidad de Chile, 2009)



Figura 1: Marco General para la GIRH

Fuente: GWP (2000), Universidad de Chile (2009)

La idea de hacer planificación en la cuenca surge de los esfuerzos por reunir los requerimientos de todos los usuarios del agua, aunque la mayoría de las veces es imposible; frecuentemente los conflictos surgen porque el agua es un recurso escaso y compartido, además, aumentan las dificultades por los diferentes usos que existen dentro de la cuenca y que se complica el distribuirla equitativamente sin afectar a los otros usuarios (Safavi et al., 2015)

El territorio es un complejo sistema de componentes y relaciones entre la naturaleza y la sociedad, por lo que debe ser conceptualizado esencialmente como un bien común, lo que constituye la razón por la que los estados asumen la formulación de políticas públicas para su administración (Romero & Vásquez, 2005). En la siguiente sección se presenta una forma de ver los elementos del territorio presentes en la cuenca que pueden ser afectados en un escenario de generación hidroeléctrica.

2.2 Relación Objetos de Valoración y Potencial Hidroeléctrico.

La cuenca es un sistema complejo que incorpora muchos componentes como lo son el sistema natural, económico, demográfico y factores políticos (Wang et al., 2006; Ratha & Agrawal, 2015). Estos múltiples factores deben ser considerados a través de algún tipo de clasificación para darle un único valor como se indica a continuación.

Desde la definición de Brown (2013) un objeto de Alto Valor de Conservación (AVC) es un “valor biológico, ecológico, social o cultural excepcionalmente significativo o de importancia crítica”. Este concepto fue primeramente instaurado para su aplicación en el sector forestal y luego adoptado por otros sistemas de certificación y organizaciones para mantener o mejorar los valores medioambientales y sociales más significativos y/o críticos (Brown et al., 2013)

El concepto de AVC fue desarrollado por primera vez en 1996 por el Consejo de Administración Forestal (Forest Stewardship Council o FSC en adelante), el cual ha demostrado su utilidad para la identificación y gestión de valores medioambientales y sociales en paisajes productivos; también son utilizados en estándares de certificación y en general para el uso de recursos y en la planificación de su conservación (Brown et al., 2013).

Para la identificación de los objetos de AVC se deben tener en cuenta las seis categorías que estos tienen:

- AVC 1 Diversidad de especies
- AVC 2 Ecosistemas y mosaicos a escala de paisaje
- AVC 3 Ecosistemas y hábitats
- AVC 4 Servicios ecosistémicos
- AVC 5 Necesidades de la comunidad
- AVC 6 Valores culturales

Brown (2013) indica que la identificación consiste en interpretar las seis categorías de AVC en un contexto local o nacional y decidir cuáles están presentes en el área de interés. La definición de las categorías de AVC se encuentra en el anexo 2.

En el año 2015 el Ministerio de Energía generó la guía “Base para la planificación territorial en el desarrollo hidroeléctrico futuro” en el cual amplió la clasificación de los objetos de AVC para la consideración de otros aspectos relevantes. Al ampliar la clasificación los atributos pasan a llamarse Objetos de Valoración (OdV) y se definieron como las “acciones, actividades u otros tipo de aspectos que las comunidades valoran en su territorio y que puedan o no tener un grado de tutela o protección por parte del estado” (Ministerio de Energía, 2015).

En la figura 2 se muestra como desde las seis categorías de los AVC fueron clasificados por el Ministerio de Energía en cinco OdV: Fluvial, terrestre, social, cultural y productivo. Además, en el informe final del estudio de cuencas en el año 2016, se incorpora una sexta categoría que es “Fiordos”, la cual es exclusiva para los ríos de la región de Aysén (Ministerio de Energía, 2016).

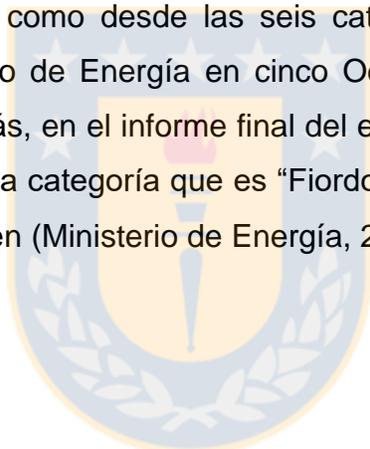




Figura 2: Clasificación de los Objetos de Valoración

Fuente: Ministerio de Energía (2015)

Las clases de OdV fueron definidas como:

- Fluviales: “Elementos que dentro de su naturaleza, interactúan, se conforman o requieren de la red hidrográfica como elemento fundamental de su constitución, es decir, tienen relación con el cauce del río, o la variable que lo define existe en el mismo cauce del río, en su franja ribereña o en su planicie de inundación” (Ministerio de Energía, 2016c)
- Terrestres: “Elementos que, dentro de su naturaleza, interactúan, se conforman o requieren de un componente principalmente terrestre, o que no calzan en la categoría fluvial. También son variables que presentan una variable asociada a ambientes acuáticos, pero no una conexión a la red hidrográfica evidente, o bien tienen condiciones mixtas entre terrestres y acuáticos, como los humedales, pero han sido clasificados bajo esta clase para conseguir un ordenamiento más orgánico e intuitivo” (Ministerio de Energía, 2016c)
- Sociales: “Tienen relación con elemento que cumplen funciones para satisfacer necesidades básicas de las comunidades locales o grupos indígenas (para sus medios de vida, la salud, la nutrición y el agua, por nombrar algunos ejemplos) (Ministerio de Energía, 2016c)
- Culturales: “Sitios, recursos, hábitats y paisajes significativos a escala global o nacional por razones culturales, arqueológicas o históricas, o de importancia cultural, ecológica, económica, o religiosa o sagrada crítica para la cultura tradicional de las comunidades locales o pueblos indígenas e identificados mediante el diálogo con dichas comunidades locales o pueblos indígenas” (Ministerio de Energía, 2016c)

- Productivos: Importante para dar relevancia a las actividades económicas locales valores por la sociedad y sobre las cuales el desarrollo hidroeléctrico podría tener algún efecto, tanto respecto del uso del suelo como del agua, especialmente las que utilizan fuentes de agua superficial para la producción. (Ministerio de Energía, 2016c)
- Fiordos: Se incorpora para estudiar la estrecha relación que existe entre la cuenca de drenaje, el ecosistema fluvial y el ecosistema de fiordo, ya que estas zonas de intercambio de agua dulce y salada funcionan como un importante receptor y transformador de nutrientes, que son esenciales para la productividad biológica en estas zonas, especialmente de peces e invertebrados (Ministerio de Energía, 2016c)

Para el grupo de cuencas de la región de Aysén, es decir, las cuencas de los ríos Palena, Cisnes, Aysén, Baker y Pascua, se ha levantado información de 42 OdV cuyas definiciones se encuentran en el anexo 2.

Los OdV son los elementos del territorio que se pretende relacionar con la variable potencial hidroeléctrico, el cual puede definirse como la disponibilidad de energía de una fuente hidráulica existente en una unidad especial particular, como puede ser la cuenca o un subcuenca y se mide en Mega Watts (MW) (Ministerio de Energía, 2015)

Sin embargo, la metodología anteriormente mencionada no entregó resultados satisfactorios para las cuencas de la región de Aysén, por la diversidad de regímenes hidrológicos y la falta de data histórica, además, los DAANC son casi inexistentes. Para obtener la información de potencial hidroeléctrico se utilizó un modelo hidrológico basado en transposición de caudales medios que considera el registro histórico de caudales y la elevación del terreno (Ministerio de Energía, 2016c)

2.3 La teoría de grafo como herramienta de gestión de los recursos hídricos.

Para llevar a cabo alguna herramienta de planificación territorial es necesario que estos sean diseñados y gestionados para contribuir totalmente a los objetivos de la sociedad, ahora y en el futuro, mientras se mantenga su integridad ecológica, ambiental e hidrológica (Sandoval-Solis et al., 2011).

Dado que el principio básico de la gestión de cuenca es el uso del territorio acorde a su capacidad y tratarlo acorde a las necesidades de sustentabilidad de las personas que viven en el área (Rao & Kumar, 2004) y considerando que la cuenca es un complejo sistema que incorpora muchos componentes como el natural, económico, demográfico y factores políticos, estos a su vez están interconectados e interactúan entre sí (Ratha & Agrawal, 2015) se hace necesario buscar una forma de considerar estos factores al momento de realizar políticas públicas.

Para medir la sustentabilidad de políticas públicas, se pueden utilizar índices de sustentabilidad, el fin de esto es realizar una síntesis de numerosos factores en un único factor para poder comparar las decisiones a tomar (Sandoval-Solis et al., 2011). A continuación, en la tabla 1 se presenta un cuadro comparativo, donde se resaltan las características de dos tipos de índices, basado en los trabajos de (Toumi et al., 2017) y el de Ratha y Agrawal (2015). La comparación de estos trabajos es dado a que ambos llegan a un valor en base a “pesos” que los componentes tienen.

Tabla 1: Comparación de índices de sustentabilidad

Método basado en el coeficiente de entropía de Shannon	Método de grafo utilizando la función permanente
Da el peso de manera objetiva	Da el peso de manera subjetiva
Utiliza indicadores estandarizadas	Fléxible en las variables
No considera interacción entre los sistemas	Considera interacción entre sistemas

Fuente: Elaboración propia en base a Toumi et al. (2017) y Ratha & Agrawal (2015)

Como indica la Tabla 1, el primer método utiliza variables estandarizadas y objetivas, el segundo método utiliza información de un panel de expertos, sin embargo, tal vez el mayor atributo de grafo sea la consideración de la interacción entre sistemas. El primer trabajo concluye que en el futuro se puede seguir en la investigación con el fin de incorporar la interacción entre los sistemas (Toumi et al., 2017).

Para relacionar los elementos del territorios, representados como OdV y el Potencial Hidroeléctrico a través una metodología que considere el sistema en su totalidad, se utilizará teoría de grafo dado su flexibilidad y por considerar la interacción entre los sistemas.

La teoría de grafo, consiste en una representación gráfica para el análisis visual de la interacción, una representación matricial y el cálculo de la función permanente (Ratha & Agrawal, 2014). Esta ha sido utilizada para analizar en grupos de decisión sobre políticas de energía (Geetha et al., 2016).

Estructuras gráficas han sido mostradas como una poderosa y efectiva forma de representar los patrones de paisaje y representan un complejo análisis en relación a la conectividad de estos; aplicaciones de la teoría de grafo en conservación la sugieren como una herramienta computacional capaz de vencer limitaciones que aparecen en un gran set de datos (Pascual-Hortal & Saura, 2006).

Ratha & Agrawal (2014) utilizaron la teoría de grafo considerando como subsistemas la gestión de cuenca, desarrollo de las aguas subterráneas, recursos hídricos superficiales, cambio climático y desarrollo del nivel de campo, sin embargo, el número de sistemas a considerar es variable, se puede agregar o quitar sistemas según el lugar de estudio (Ratha & Agrawal, 2015).

Además de considerar los subsistemas se toman en consideración la interacción entre ellos como muestra la figura 3.

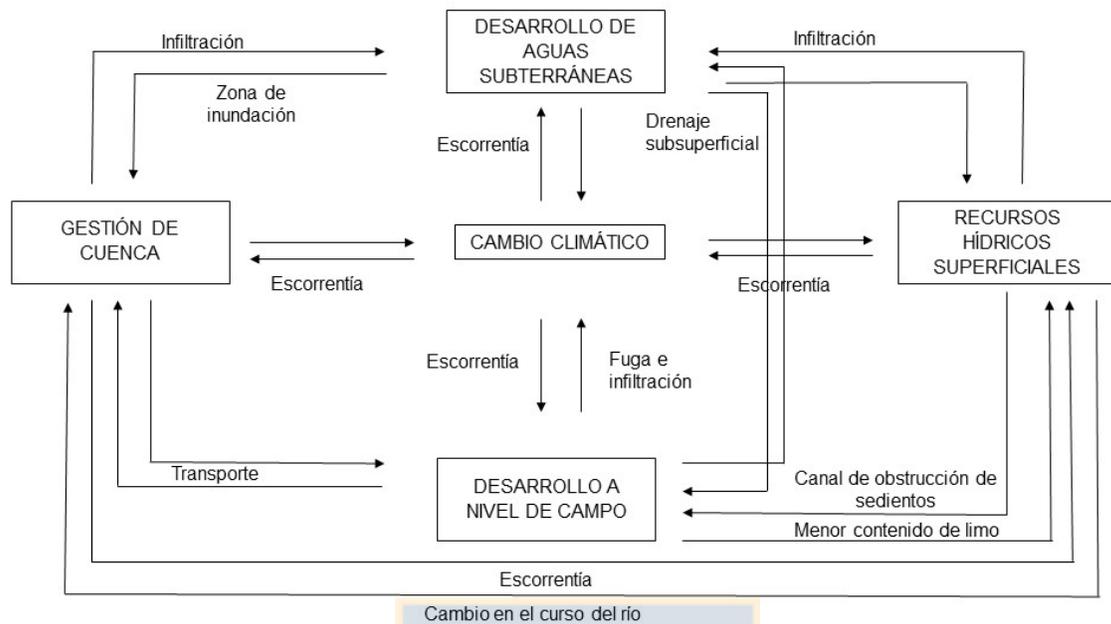


Figura 3: Interacción entre los subsistemas.

Fuente: Adaptado de Ratha & Agrawal (2014)

El esquema de la figura 4 resulta útil para el análisis visual, posterior a eso se escribe en un modelo matricial para poder ser programado en el computador. Este esquema matricial se representa en la figura 5, donde Ratha (2014) utilizando los cinco subsistemas de la figura (S_i) y las interacciones entre ellos (e_{ij}).

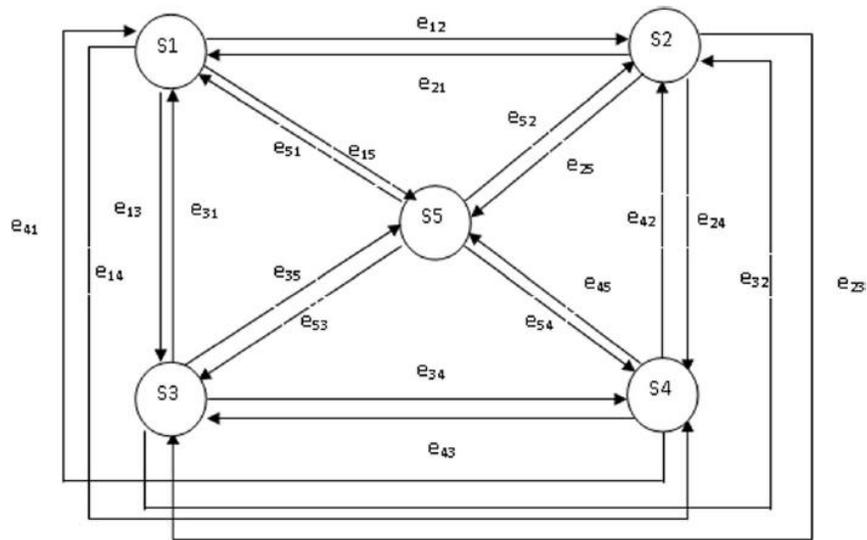


Figura 4: Estructura gráfica del sistema de recursos hídricos

Fuente: Ratha & Agrawal (2014)

$$P = \begin{bmatrix} S_1 & e_{12} & e_{13} & e_{14} & e_{15} \\ e_{21} & S_2 & e_{23} & e_{24} & e_{25} \\ e_{31} & e_{32} & S_3 & e_{34} & e_{35} \\ e_{41} & e_{42} & e_{43} & S_4 & e_{45} \\ e_{51} & e_{52} & e_{53} & e_{54} & S_5 \end{bmatrix}$$

Figura 5: Forma matricial del sistema de recursos hídricos

Fuente: Ratha & Agrawal (2014)

Una manera rápida de desarrollar la matriz es a través de una función permanente la cual provee de una completa información del sistema. Esta matriz se obtiene cuando todos los términos tienen signo positivo como muestra la matriz de la figura (Ratha & Agrawal, 2014). En la ecuación 1 se muestra el desarrollo de la función permanente para una matriz de 5x5 (Ratha & Agrawal, 2014).

Ecuación 1: Desarrollo de la función permanente para una matriz de 5x5

$$\prod_{i=1}^5 S_i + \sum_i \sum_j \sum_k \sum_l \sum_m (e_{ij}e_{ji})S_k S_l S_m + \sum_i \sum_j \sum_k \sum_l \sum_m (e_{ij}e_{jk}e_{ki} + e_{ik}e_{kj}e_{ji})S_l S_m +$$

$$\left[\left(\sum_i \sum_j \sum_k \sum_l \sum_m (e_{ij}e_{ji} + e_{kl}e_{lk})S_m \right) + \left(\sum_i \sum_j \sum_k \sum_l \sum_m (e_{ij}e_{jk}e_{kl}e_{li} + e_{il}e_{lk}e_{kj}e_{ji})S_m \right) \right]$$

$$+ \left[\left(\sum_i \sum_j \sum_k \sum_l \sum_m (e_{ij}e_{ji})(e_{kl}e_{lm}e_{mk} + e_{km}e_{ml}e_{lk}) \right) + \right.$$

$$\left. \left(\sum_i \sum_j \sum_k \sum_l \sum_m (e_{ij}e_{ji})(e_{ij}e_{jk}e_{kl}e_{lm}e_{mi} + e_{im}e_{ml}e_{lk}e_{kj}e_{ji}) \right) \right]$$

Fuente: Ratha & Agrawal (2014)

La función permanente de una matriz estándar es un modelo útil para representar el sistema de la cuenca de una manera concluyente. Esta no contiene signos negativos en su desarrollo como muestra la ecuación 1 por lo que proporciona todas las posibles alternativas que llevan a un mejor entendimiento y optimas soluciones basadas en los diferentes contrastes e intereses de las partes interesadas y para políticas de gobierno (Ratha & Agrawal, 2015).

Un escenario basado en la decisión multi-criterio puede resolver complejos problemas en la planificación y gestión de los recursos hídricos que puede resultar en serios conflictos y puede tratar con las incertidumbres. Esta forma de decisión se utiliza para analizar los impactos socio-económicos y ambientales de las políticas de las gestión (Weng et al., 2010).

3. METODOLOGÍA

3.1. Área de estudio.

La cuenca del río Aysén está ubicada en la XI región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo, Chile y abarca una superficie de 11.456,71 km² (Tabla 2). Sus afluentes principales son los ríos Simpson, Toqui, Ñirehuao, Emperador Guillermo, Mañihuales y Blanco (MIDEPLAN, 2005) Estos ríos forman parte de las cuatro subcuencas que forman la cuenca del río Aysén, en la parte norte el río Mañihuales con un escurrimiento norte-sur, virando luego hacia el poniente. En la parte sur de la cuenca, en el límite con Argentina con el río Simpson, luego de la confluencia del río Simpson y Mañihuales nace el río Aysén y este en su última parte recibe al río Riesco (CONAMA, 2004) (Figura 6).

Tabla 2: Superficie por subcuenca

Nombre subcuenca	Superficie [km ²]
Río Mañihuales	4231,96
Río Simpson	3358,81
Río Riesco	2902,08
Río Aysén bajo junta Mañihuales y desembocadura	963,86
Total	11456,71

Fuente: Elaboración propia en base a shapefile de la cuenca.

Con respecto a la demografía de la cuenca, el censo del año 2002 indica que la mayor parte de la población de la cuenca se concentra en los dos mayores centros urbanos, que son las ciudades de Coyhaique y Puerto Aysén cuya población de cada comuna al 2017 era de 57.818 y 23.959 habitantes respectivamente. Además de otras localidades con menor población como Villa Mañihuales, Balmaceda, El Blanco, entre otros (DGA, 2004).

Las áreas protegidas de la cuenca equivalen a un 12% de la superficie total, en estas habitan especies amenazadas como el Huemul (*Hippocamelus bisulcus*),

Cóndor (*Vultur gryphus*), Pudú (*Pudu pudu*), Huillín (*Lontra provocax*), entre otros; esta cuenca forma parte de la ecorregión de bosques templados lluviosos, la cual ha sido identificada a nivel internacional como uno de los 25 sitios de más alto valor para conservar la biodiversidad a nivel mundial (CONAMA, 2004).

Las actividades económicas de la cuenca son una empresa minera de concentrado de zinc y metales de oro, plantas de tratamiento de aguas servidas, extracción de áridos, pisciculturas, plantas que trabajan con productos del mar, centrales hidroeléctricas, empresa ganadera y agricultura, por mencionar algunas (CONAMA, 2004)

Las centrales hidroeléctricas mencionadas corresponden a las centrales hidroeléctricas Aysén, Lago Atravesado, Monreal y El Toqui (IDE Ministerio de Energía, 2016).

El potencial hidroeléctrico de la cuenca es de 848 MW (Ministerio de Energía, 2017) el cual se especifica a nivel de subcuenca en la tabla 3.

Tabla 3: Potencial hidroeléctrico por subcuenca.

Nombre subcuenca	Potencial hidroeléctrico [MW]
Río Mañihuales	193
Río Simpson	149
Río Riesco	415
Río Aysén bajo junta Mañihuales y desembocadura	91
Total	848

Fuente: Elaboración propia en base a shapefile de información territorial del sitio web Hidroelectricidad Sustentable del Ministerio de Energía (2017b)

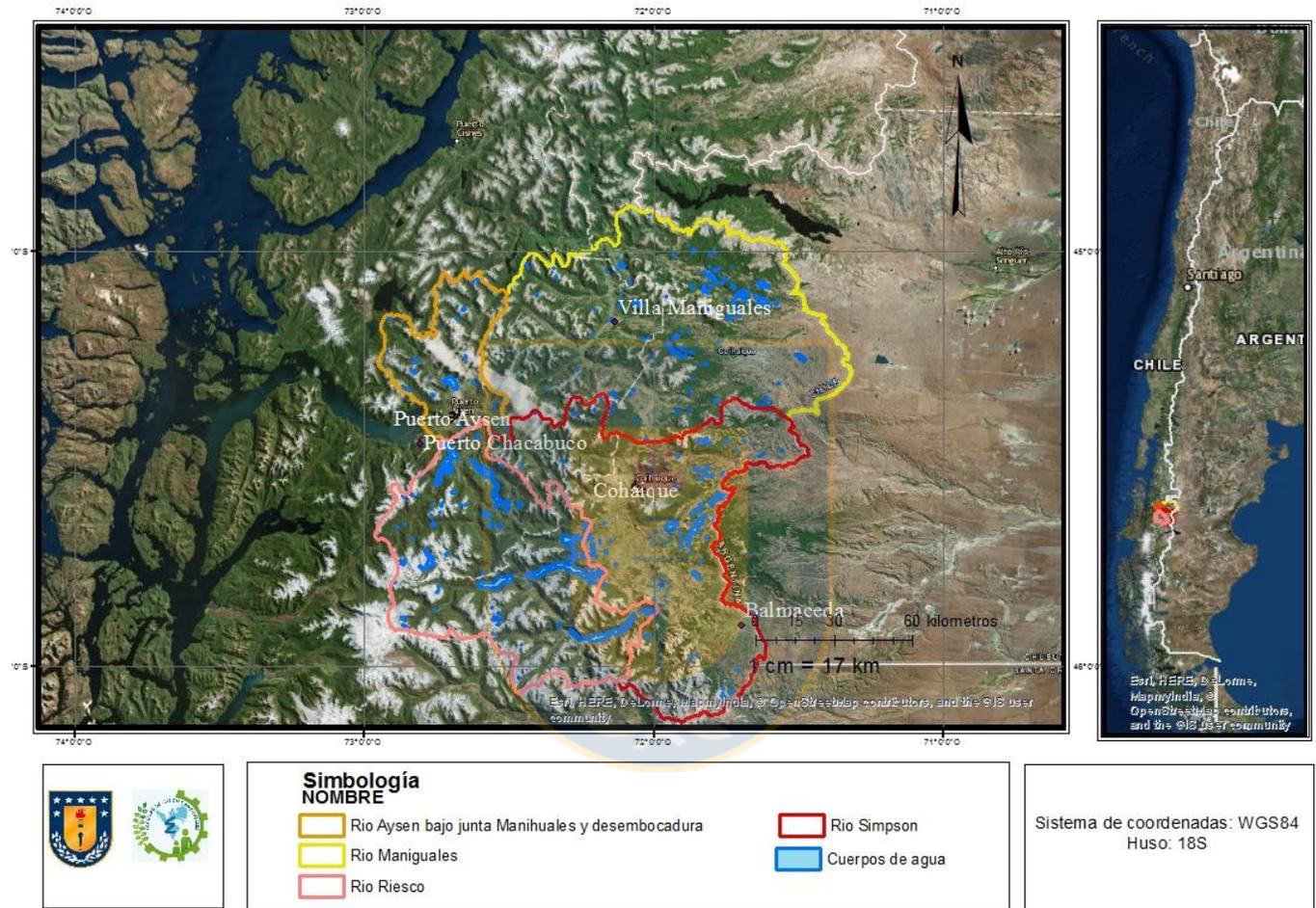


Figura 6: Mapa cuenca río Aysén

Fuente: Elaboración propia en base a shapefile DGA.

3.2 Identificación de los los Objetos de Valoración más relevantes.

Se identificaron los OdV presentes en la cuenca a nivel de subcuenca según las cinco categorías propuestas por el Ministerio de Energía (2016). La categoría fiordo no será evaluada en la presente investigación, dado que solo cuenta con un OdV construido. Además, las categorías social y cultural se unieron en un solo sistema como “Sociocultural”.

Para efectos de esta investigación, se seleccionaron cuatro OdV por cada sistema (Fluvial, Terrestre, Sociocultural y Productivo) para que todas las matrices a evaluar tengan igual dimensión. Esto debido a que el sistema con menor cantidad de OdV, es decir, el productivo, tiene solo seis, por lo que se necesita un número menor a este para evaluar.

Para la identificación se utilizó la información de los shapefile de los OdV, procesados en el software Arcmap para obtener información sobre la presencia de cada uno de los OdV en las subcuencas, esta información fue elaborada por el grupo de estudio de cuencas de Aysén y puesta a disposición en el sitio web de hidroelectricidad sustentable del Ministerio de Energía, la cual se resume en las tablas del anexo 7 por cada subcuenca y descrita brevemente a continuación.

En primer lugar, la identificación es si existe o no la presencia del OdV en la cuenca del río Aysén, aquí se pueden presentar tres casos y se explica el procedimiento a continuación:

- 4 OdV en la cuenca:
No hay necesidad de seleccionar más OdV.
- Más de 4 OdV en la cuenca:
Se seleccionan las de mayor presencia, idealmente que esté presente en todas las subcuencas.
En caso de que siga siendo mayor a 4 el número de OdV a evaluar, se analiza el caso según la información disponible.

- Menos de 4 OdV en la cuenca:

Se selecciona un OdV que esté presente en al menos una subcuenca.

Para resumir esta metodología, en la figura 7 se explica de una forma esquematizada los pasos a seguir para la selección de los OdV a evaluar:

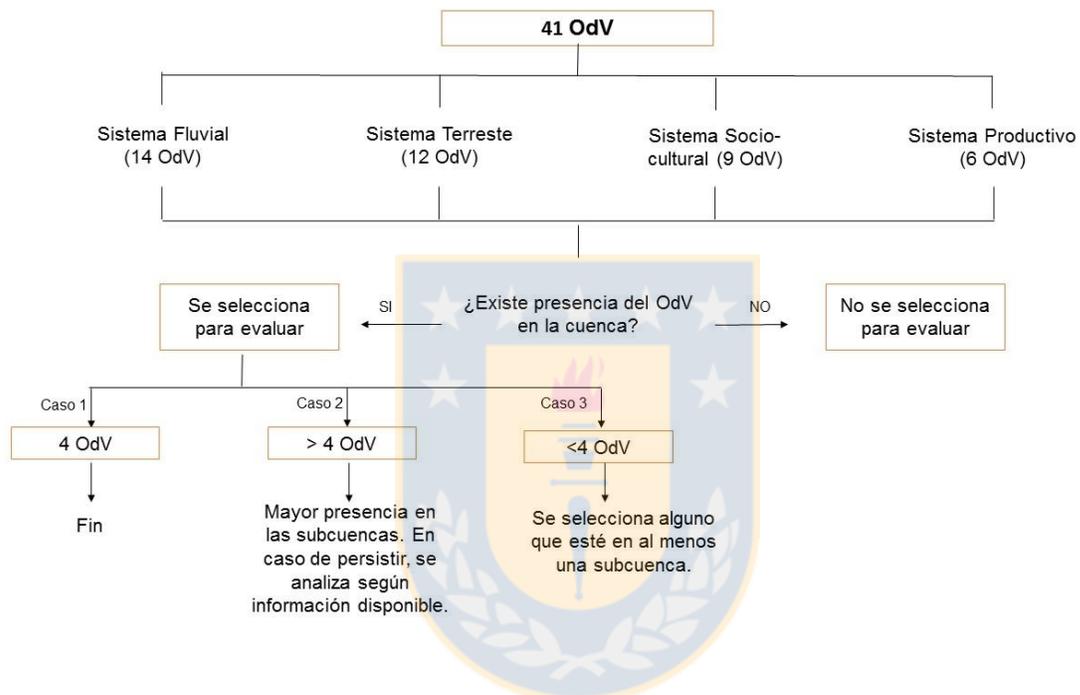


Figura 7: Metodología para seleccionar OdV

Fuente: Elaboración propia

3.2.1 Método Delphi.

El método Delphi, es una técnica de recogida de información que permite obtener la opinión de un grupo de expertos a través de una consulta reiterada y es recomendable cuando no se dispone de información suficiente para la toma de decisiones (Reguant-Álvarez & Torrado-Fonseca, 2016).

En esta ocasión la consulta será basada en este método, ya que este consta de cuatro fases: Formulación del problema, elección de expertos, elaboración y lanzamiento de los cuestionarios y el desarrollo práctico y explotación de resultados; donde en esta última etapa se envía el cuestionario a dos grupos de modo de eliminar incertidumbre (Reguant-Álvarez & Torrado-Fonseca, 2016), para esta ocasión solo se envió un cuestionario a un panel de expertos.

En ocasiones se distinguen dos tipos de expertos, los “especialistas” y los “afectados”, los primeros son los que poseen conocimiento científico y experiencia sobre la temática objeto de estudio, mientras que los segundos son los que se encuentran implicados de alguna forma en el área de estudio concreta (Cabero & Infante, 2014), para esta investigación, se consideró solo al primer tipo, por lo que en la selección del panel de expertos se tomó como criterio general el que debían ser profesionales con experiencias en las distintas aristas de la sustentabilidad.

Sobre el número de expertos que deben utilizarse para este método, no existe un consenso ni un criterio claramente definido, Malla & Zabala (1978) lo sitúan entre 15-20, León & Montero (2004) entre 10-30, Landeta (2002) entre 7-30, y Skulmoski (2007) entre 10-15 (Cabero & Infante, 2014). La aplicación de una encuesta a través de una plataforma online por lo general tiene un bajo índice de respuesta. Por lo que para esta ocasión se pudo obtener la información curricular de 22 personas a las cual se les envió la encuesta por correo electrónico.

La experiencia se corroborará en base al historial que tengan estas personas, es decir, que hayan trabajado en investigaciones relacionadas con variables ambientales, ecología, gestión de recursos hídricos, economía ambiental, entre otros. Esta información se encuentra en el anexo 5.

3.2.2 Evaluación de los Objetos de Valoración.

En las tablas 4 y 5 se presentan valores cualitativos para los subsistemas y sus interdependencias según la escala de Ratha y Agrawal (2015). Esta valoración será llevada a cabo por profesionales con experiencia en el área de los OdV identificados.

Tabla 4: Valores cualitativos de los subsistemas de la cuenca.

Medida cualitativa del estado	Peso
Excepcionalmente bajo	1
Extremadamente bajo	2
Muy bajo	3
Normal	4
Alto	5
Muy alto	6
Extremadamente alto	7
Excepcionalmente alto	8

Fuente: Ratha & Agrawal (2015)

Tabla 5: Valores cualitativos de la interacción entre subsistemas.

Medida cualitativa de la interdependencia	Peso
Fuerte interacción	3
Interacción media	2
Interacción débil	1
Sin interacción	0

Fuente: Ratha & Agrawal (2015)

La valoración será a través de una encuesta que se realizará en modalidad online en el sitio web Survio (<https://www.survio.com/es/>) en un periodo de dos semanas. Las preguntas de esta encuesta están en el anexo 6.

La forma de relacionar los OdV con el potencial hidroeléctrico será suponiendo que este último es un sistema más, es decir, se deberá evaluar en base a la escala de la Tabla 4.

Como segundo supuesto, se considerará que la interacción no varía con la ubicación espacial, a diferencia del estado de los OdV, es por eso que en la encuesta se preguntará el estado del OdV para cada subcuenca y las interrelaciones a modo general.

3.3 Aplicar el modelo de grafo para los Objetos de Valoración identificados.

3.3.1 Análisis de resultados de la encuesta.

Desde el sitio web Survio se recopilaron las respuestas de manera anónima que el grupo de expertos dio a la encuesta. Posterior a eso, se digitaron las respuestas en una planilla Excel; finalmente se hizo un análisis estadístico de tendencia central, para conocer el valor promedio de los datos, o en torno a qué valor se distribuyen estos (Gorgas et al., 2011). A continuación, se explican las medidas de tendencia central a estudiar, de forma que una de ellas sea la que de el resultado que será aplicado en la función permanente.

- **Media aritmética:** Representa el centro de gravedad o centro geométrico del conjunto de las medidas. Una característica importante de esta medida es que es muy poco robusta, es decir, depende mucho de los valores particulares de los datos por lo que se hace muy dependiente a observaciones extremas (Gorgas et al., 2011)
- **Mediana:** Medida central de los datos ordenados de mayor a menor. Es una medida más fiable del valor central, sin embargo, es muy poco robusta ya que es muy sensible a los valores extremos de la variable (Gorgas et al., 2011).
- **Moda:** Es el valor de la variable que tiene una frecuencia máxima (Gorgas et al., 2011). Para efectos de esta investigación, utilizar esta medida se complica cuando existe más de una moda en la respuesta.
- **Cuartiles:** Los tres valores que dividen la muestra en cuatro partes iguales (Gorgas et al., 2011).

3.3.2 Cálculo de la función permanente.

Se aplica la función permanente según la valoración entregada por el panel de expertos. El programa a ser ejecutado en el software Matlab se especifica en el anexo 4.

Para seguir con la nomenclatura de la figura 5, los elementos fuera de la diagonal que corresponden a la interacción con los sistemas, están enumerados en la tabla 6.

Tabla 6: Sistemas a considerar.

Sistema (e)	Número sistema
Fluvial	1
Terrestre	2
Socio-cultural	3
Productivo	4
Potencial hidroeléctrico	5

Fuente: Elaboración propia.

A modo de ejemplo, en la Figura 8 se presentan las tres matrices correspondientes a la evaluación del sistema número 1: Fluvial. Este es el modo en que se deben escribir las matrices al ser procesadas al software Matlab para poder calcular la función permanente en los tres casos.

$$\text{Matriz 1 (Valor real)} = \begin{bmatrix} \text{OdV}_1 & e_{12} & e_{13} & e_{14} & e_{15} \\ e_{21} & \text{OdV}_2 & e_{23} & e_{24} & e_{25} \\ e_{31} & e_{32} & \text{OdV}_3 & e_{34} & e_{35} \\ e_{41} & e_{42} & e_{43} & \text{OdV}_4 & e_{45} \end{bmatrix}$$

$$\text{Matriz 1 (Valor optimista)} = \begin{bmatrix} 8 & e_{12} & e_{13} & e_{14} & e_{15} \\ e_{21} & 8 & e_{23} & e_{24} & e_{25} \\ e_{31} & e_{32} & 8 & e_{34} & e_{35} \\ e_{41} & e_{42} & e_{43} & 8 & e_{45} \end{bmatrix}$$

$$\text{Matriz 1 (Valor pesimista)} = \begin{bmatrix} 1 & e_{12} & e_{13} & e_{14} & e_{15} \\ e_{21} & 1 & e_{23} & e_{24} & e_{25} \\ e_{31} & e_{32} & 1 & e_{34} & e_{35} \\ e_{41} & e_{42} & e_{43} & 1 & e_{45} \end{bmatrix}$$

Figura 8: Esquema de matriz a la que se le aplicará la función permanente.

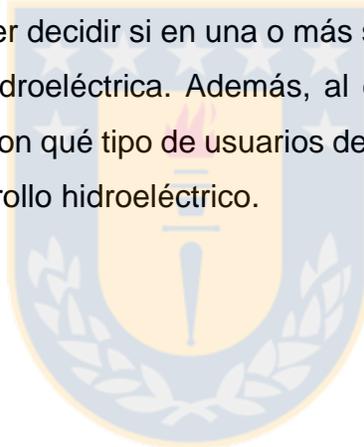
Fuente: Elaboración propia.

3.4 Proponer una alternativa en las subcuencas para la planificación del desarrollo hidroeléctrico de la cuenca.

Al tener el valor de la función permanente para las tres matrices de cada subsistema, se puede hacer una comparación para saber a qué lado tiende el resultado real dado por la valoración del panel de expertos.

Al conocer el valor del potencial hidroeléctrico se podría pensar que tipo de generación hidroeléctrica se podría construir en el lugar. Los valores de la función permanente estarán a nivel de subcuenca, por lo que para cada una de ellas se podrá saber cuál sistema tiene una mayor valoración y por ende cuál podría verse afectada por un desarrollo hidroeléctrico.

Finalmente, se debería poder decidir si en una o más subcuencas podría llevarse a cabo o no la generación hidroeléctrica. Además, al conocer la valoración de los sistemas, se puede prever con qué tipo de usuarios de la cuenca podría tener algún conflicto producto del desarrollo hidroeléctrico.



4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Identificar los Objetos de Valoración más relevantes de las subcuencas de la cuenca del río Aysén.

4.1.1 Sistema fluvial.

Tabla 7: Análisis presencia de Objetos de Valoración sistema fluvial.

Sistema fluvial	
Nombre OdV	Análisis presencia del OdV
F.1 Especies fluviales en categoría de amenaza	Presencia en todas las subcuencas de especies fluviales en categoría de amenaza de <i>Aplochiton taeniatus</i> (EN), <i>Aplochiton zebra</i> (EN), <i>Geotria australis</i> (VU) y <i>Hatcheria macraei</i> (VU) (EULA-Chile, 2016).
F.2 Especies fluviales endémicas	No hay presencia de especies ícticas endémicas en la cuenca, por lo que se considera que el OdV no está presente en la cuenca (EULA-Chile, 2016).
F.3 Régimen hidrológicamente no alterado	Según la definición de este OdV, se busca saber el nivel de alteración que tiene el régimen hidrológico por la presencia de obras civiles (Ministerio de Energía, 2017), en la cuenca existen 2 reservorios o embalses y 30 bocatomas en la cuenca (EULA-Chile, 2016). Existe una presencia sobre el 80% en 20 SSC, en la que la mayor presencia está en el río Riesco donde todas las SSC tienen esta categoría de presencia.

<p>F.4 Régimen de sedimentos no alterado</p>	<p>En la cuenca existen actividades y obras civiles que alteran el régimen y disponibilidad de sedimentos, como los embalses y extracciones de áridos, en la cuenca existen 2 reservorios o embalses y 40 extracciones de áridos (EULA-Chile, 2016).</p> <p>Al igual que el OdV F.3, este está presente en 20 SSC de la cuenca, donde la subcuenca del río Riesco destaca con todas sus SSC en categoría sobre el 80% de presencia del OdV. Por otro lado, solo dos SSC están bajo un 40% de presencia, que corresponden a la subcuenca del río Aysén bajo junta Mañihuales.</p>
<p>F.5 Sistemas fluviales con conectividad longitudinal a nivel de cauce no fragmentada</p>	<p>Presencia de 2 reservorios o embalses, 30 bocatomas o desviaciones de agua, 3 centrales de pasada y 113 obras transversales de otro tipo (EULA-Chile, 2016).</p> <p>Las categorías de este OdV están bastante dispersas, presentándose SSC todas las categorías, donde el rango 40,1%-60% es el de mayor cantidad de SSC y área, con 9 y 4447,55 km² respectivamente.</p>
<p>F.6 Sistemas fluviales con conectividad longitudinal de corredor ripariano</p>	<p>La presencia de puentes hace que exista una conectividad longitudinal de las riberas del río, en la cuenca existen 214 puentes repartidos en 24 SSC (EULA-Chile, 2016).</p> <p>La presencia del OdV está en prácticamente el total de la cuenca, donde el rango 40,1%-60% es el que abarca mayor área, con 10 SSC que son 3652,82 km². El segundo rango con mayor presencia corresponde al mayor de 80%, con 8 SSC que son 3096,7 km².</p>
<p>F.7 Sistemas fluviales con conectividad lateral no fragmentada</p>	<p>La conexión lateral, involucra la interacción entre el cauce la zona ripariana/terrestre, permitiendo flujos de materia y energía entre ambos ambientes. Este OdV mide la conectividad lateral entre el cauce, la franja ripariana y la planicie de inundación para mantener los servicios ecosistémicos. Aquí se tomaron en cuenta la presencia de carreteras a borde de río, las defensas longitudinales y canalizaciones completas (Ministerio de Energía, 2016c).</p>

	<p>Este OdV está presente en prácticamente toda la cuenca, donde el rango 60,1%-80% tiene mayor presencia, con 10 SSC, lo que corresponde a un área de 4322,45 km².</p>
<p>F.8 Accesibilidad a la red hidrográfica</p>	<p>La accesibilidad a la red hidrográfica corresponde a las especies fluviales, donde se puede ver alterada por obras civiles presentes en la cuenca que alteren el normal comportamiento de las especies.</p> <p>En la cuenca existen 2 reservorios o embalses, 30 bocatomas y desviaciones de agua, 3 centrales de pasada y 113 obras transversales de otro tipo.</p> <p>El OdV tiene una fuerte presencia, donde el rango sobre 80% está por sobre los demás, abarcando un área de 8556 km², donde el río Riesco destaca dado que todas sus subcuencas están en este rango.</p>
<p>F.9 Sistemas fluviales con condiciones naturales de calidad físico-química del agua</p>	<p>En general, en la región de Aysén las actividades que afectan la calidad de agua de los sistemas fluviales están relacionadas a la actividad antrópica como las extracciones de áridos, fuentes puntuales de contaminación (residuos líquidos de plantas de tratamiento de aguas servidas) y fuentes difusas (actividad agropecuaria, minería y quemadas) (EULA-Chile, 2016).</p> <p>Este OdV fue categorizado como “Se identifica el OdV” y “No se identifica el OdV”, donde en una SSC del río Mañihuales no se identificó debido a la presencia de la mina El Toqui y en cuatro SSC del río Simpson, que se puede asociar a que en aquí existe la mayor concentración de población, además de la actividad agropecuaria que se da en esta subcuenca.</p>
<p>F.10 Sistemas fluviales morfológicamente intactos</p>	<p>Las obras civiles y las actividades antrópicas afectan este OdV, en la cuenca existen 4 canalizaciones completas, 11 extracciones de áridos, 2 remodelación de secciones, 15 corte de vegetación ripariana y 6 canalizaciones temporarias (EULA-Chile, 2016).</p> <p>Este OdV está presente en toda la cuenca, donde la mayor presencia está en el rango sobre el 80%, en 10 SSC lo que abarca 4301,1 km².</p>

<p>F.11 Comunidades fluviales con baja presencia de especies exóticas</p>	<p>La presencia de especies exóticas representa una gran amenaza para la conservación de la vida acuática. En Aysén existe presencia de especies de peces como la trucha arco iris <i>Oncorhynchus mykiss</i> y la trucha común <i>Salmo trutta</i>, además del aumento en los últimos años del didymo <i>Didymosphenia geminata</i> (EULA-Chile, 2016). Este OdV tiene una baja presencia en la cuenca, de las cuales solo cuatro SSC cuentan con este en algún grado.</p>
<p>F.12 Áreas fluviales críticas para la conservación de la biodiversidad</p>	<p>Las áreas fluviales críticas para la conservación de especies acuáticas son zonas utilizadas de manera temporal o permanente para reproducción, refugio o corredores y tienen una mayor diversidad de especies en comparación al resto de la región. Se consideran humedales, lados de corte de meandros (Oxbow lake), cuerpos de agua, entre otros (Ministerio de Energía, 2017a). En la cuenca 129 humedales y 121 oxbow lakes, además de cuerpos de agua en todas las SSC (EULA-Chile, 2016). El OdV está presente en todas las subcuencas, donde el rango con mayor extensión está en un 40,1%-60% de presencia, que abarca 16 SSC en un área de 6867,23 km².</p>
<p>F.13 Ecosistemas lacustres</p>	<p>En este OdV se considera la presencia de lagos y lagunas, el cual está presente en la mayor parte de la cuenca donde el rango con mayor extensión está en un 40,1%-60% de presencia, que abarca 10 SSC en un área de 3821,91 km².</p>
<p>F.14 Glaciares</p>	<p>La presencia del OdV glaciares se limita a una zona de la subcuenca del río Riesco.</p>

Fuente: Elaboración propia.

Discusión Objetos de Valoración del sistema fluvial

Este es el sistema con mayor cantidad de OdV, por lo que se hace más difícil la selección ya que el único OdV que no tiene presencia en ninguna SSC es el F.2 “Especies fluviales endémicas” por lo que se descarta de inmediato.

Los OdV F.11 “Comunidades fluviales con baja presencia de especies exóticas” y el F.14 “Glaciares” tienen una baja presencia en la cuenca, en donde el F.11 está en una SSC del río Mañihuales, una en el río Aysén bajo junta Mañihuales y dos del río Riesco, esto debido a la propagación de las especies exóticas mencionadas. El F.14 solo se identificó en la subcuenca del río Riesco, pero también es importante considerar la importancia de estos ecosistemas como reserva de agua dulce y la fragilidad de los mismos.

Siguiendo con los OdV donde el rango mayor, es decir, sobre el 80% de presencia, no existe ninguno en donde esté presente al 100% en la cuenca. Sin embargo, existen OdV donde la mayoría de las SSC están en este rango, como lo son el F.3, F.4, F.8, F.9 y F.10. Sobre los OdV F.3, F.4, F.8 y F.10 se construyeron en base a información de actividades y obras civiles que puedan alterar el régimen hidrológico, de sedimentos y el acceso a la red hidrográfica de las especies.

Sobre los OdV F.12 y F.13 ambos están con la mayor presencia en el rango 40,1%-60%

Finalmente, los objetos de valoración del sistema fluvial seleccionados para ser evaluados son el OdV F.1 “Especies fluviales en categoría de amenaza”, el OdV F.8 “Accesibilidad a la red hidrográfica”, OdV F.13 “Ecosistemas lacustres” y el OdV F.14 “Glaciares”

4.1.2 Sistema terrestre.

Tabla 8: Análisis presencia de Objetos de Valoración sistema terrestre.

Sistema terrestre	
Nombre OdV	Análisis presencia OdV
<p>T.1 Especies terrestres en categoría de amenaza</p>	<p>Este OdV considera especies terrestres de flora y fauna con alguna categoría de amenaza como “En peligro crítico (EN)”, “En peligro (EN)”, “Casi amenazada (NT)”, “Rara (R)” y “Vulnerable (VU)”.</p> <p>Para obtener la información de la fauna terrestre, se realizó una intersección de formaciones vegetacionales y biotopos faunísticos que presenten especies en categorías de amenaza (Ministerio de Energía, 2017a), en toda la cuenca está presente el OdV en categoría alto. El biotopo corresponde a Matorral el cual es hábitat del Huemul <i>Hippocamelus bisulcus</i> (EN) (EULA-Chile, 2016).</p> <p>Con respecto a la flora, en la cuenca hay de cobertura de piso donde están el helecho <i>Histiopteris incisa</i> (VU) y el arbusto <i>Schinus marchandii</i> (VU) (EULA-Chile, 2016), lo que hace que este OdV está presente en rango alto y medio, esto representa un área de 57,03% y 42,97% respectivamente. Donde el rango “Alto” corresponde a las SSC donde estén ambas especies y el rango “Medio” donde hay una de las dos especies (Ministerio de Energía, 2017a).</p>
<p>T.2 Especies terrestres endémicas</p>	<p>Al igual que el OdV anterior, este igual se subdivide en especies de flora y fauna, en donde se tomaron en consideración los biotopos de la cuenca.</p> <p>Para construir este OdV se realizó una intersección de formaciones vegetacionales y biotopos faunísticos que presenten especies en categorías de amenaza (Ministerio de Energía, 2017a); este OdV está presente en toda la cuenca y en su gran mayoría en categoría alta, a excepción de una SSC que está en rango medio en la subcuenca del río Simpson.</p> <p>Los biotopos donde se encuentra la fauna endémica son los de bosque siempreverde semidenso a denso y bosque siempreverde</p>

	<p>muy abierto a abierto, este se asocia a la presencia de anfibios como <i>Atelognathus cei</i>, <i>Batrachyla nibaldoi</i>, <i>Chaltenobatrachus grandisonae</i>, <i>Alsodes coppingeri</i> y <i>Alsodes kaweskari</i>; además de la lagartija <i>Liolaemys scolaroi</i> (EULA-Chile, 2016).</p> <p>La flora también tiene una fuerte presencia, con el 100% de las SSC en rango alto. Los pisos vegetaciones dominantes con especies endémicas son en bosques de <i>Nothofagus pumilio</i> y <i>Berberis ilicifolia</i> (2 especies) y bosque de <i>Nothofagus pumilio</i> y <i>Ribes cucullatum</i> (3 especies) (EULA-Chile, 2016).</p>
<p>T.3 Áreas terrestres críticas para la conservación de la biodiversidad o singularidad de especies</p>	<p>La definición de este OdV corresponde a áreas de uso temporal crítico que se utilizan como refugio, lugar de reproducción, migración, alimentación o hibernación (Ministerio de Energía, 2017a). Este se encuentra en toda la cuenca se encuentra en rango bajo.</p>
<p>T.4 Áreas de paisaje terrestre natural</p>	<p>La definición indica que estas áreas consideran las cuencas con pocos impactos que tengan efectos sobre la hidrología-suelo-contaminación del agua (Ministerio de Energía, 2017a). Este OdV está presente en toda la cuenca en rango alto.</p>
<p>T.5 Paisaje natural no fragmentado</p>	<p>Para categorizar este OdV se realizó una estimación del grado de cohesión de los fragmentos de vegetación nativa a través de un índice que identifica la relación de distancia entre unidades espaciales homogéneas que definen las áreas de paisaje natural, mientras más alto el valor, mayor es la conectividad y, por tanto, menor es la fragmentación (baja presencia del OdV) (Ministerio de Energía, 2017a).</p> <p>Las subcuencas del río Mañihuales y Simpson son las con mayor presencia de este OdV, donde el área con respecto al total de la cuenca corresponde a un 40,82% de la cuenca. Todas las SSC de la subcuenca del río Aysén presentan el OdV en rango bajo, así mismo la subcuenca del río Riesco presenta este OdV en rango</p>

	bajo en la mayor parte de las SSC, a excepción de una en rango medio.
T.7 Ecosistemas terrestres azonales	<p>La definición de este OdV indica que para la construcción de este OdV se identificaron ecosistemas particulares con extensión particular reducida o restringida, asociada a condiciones edáficas particulares. Un ejemplo conocido de este tipo de ecosistemas son los humedales.</p> <p>La presencia de este OdV está en rango bajo en toda la cuenca.</p>
T.8 Ecosistemas terrestres en categoría de amenaza	<p>Se identifican los ecosistemas terrestres que están en alguna categoría de amenaza según la evaluación de la Lista Roja de Ecosistemas de Chile (EULA-Chile, 2016).</p> <p>El mayor porcentaje de la cuenca está en rango bajo, a excepción de una SSC en de la subcuenca río Mañihuales y tres de la subcuenca del río Simpson, que en conjunto corresponde a un 18% con respecto al área total de la cuenca.</p>
T.9 Protección frente a la erosión	<p>La protección frente a la erosión es un servicio ecosistémico, este tiene la función de mantener-regular el régimen fluvial o calidad de agua y controlar la erosión y estabilidad del terreno (Ministerio de Energía, 2017a)</p> <p>El OdV está presente en toda la cuenca, en sus tres rangos con un área que corresponde al 50,13%, 33,76% y 16,1% para los rangos alto, medio y bajo respectivamente.</p>
T.10 Parques nacionales	No hay parques nacionales en la cuenca, por lo tanto todas las SSC están en rango bajo.
T.11 Áreas oficiales de conservación excluyendo parques nacionales	<p>En la cuenca se encuentran dos áreas pertenecientes a bienes nacionales que son el Cerro Rosado y el Lago Copa. Hay reservas nacionales que corresponden a una parte de Cerro Castillo y las reservas Coyhaique, río Simpson y Trapananda; además del monumento nacional Dos Lagunas.</p> <p>Estas áreas oficiales están presenten en la subcuencas río Simpson y río Riesco, en donde se encuentra el OdV en rango alto</p>

	y estas corresponden a un 25,23% con respecto al área total de la cuenca.
T.12 Áreas de conservación de interés privado y sitios prioritarios	Existen áreas de conservación privadas y el sector Hudson como sitio prioritario. Estas están ubicadas en la subcuenca del río Riesco que es la única cuenca que presenta un rango alto para este OdV en una SSC.

Fuente: Elaboración propia.

Discusión Objetos de Valoración del sistema terrestre

Este sistema cuenca con 12 OdV, donde en la mayoría de los casos se utilizaron los rangos alto, medio y bajo para clasificar la presencia. Para comenzar con los OdV que sea recomendable descartar los OdV que están para toda la cuenca en el rango bajo como es el caso de los OdV T.3, T.7 y T.10.

La mayor presencia corresponde a los OdV T.1 el cual está el 100% de la cuenca está en categoría alta para fauna y un 57% para flora, el OdV T.2 con una presencia en rango alto del 96% de la cuenca en fauna y 100% en flora y el OdV T.4 con el 100% de la cuenca en rango alto.

Por otro lado, se debe mencionar que los OdV T.5 y T.9 también tienen una alta presencia, donde el T.5 está presente en 10 SSC pero solo de los ríos Mañihuales y Simpson. A diferencia, el T.9 tiene una presencia en rango alto en 16 SSC distribuidas por toda la cuenca.

Finalmente, se seleccionan para evaluar los OdV de mayor presencia: T.1 “Especies terrestres en categoría de amenaza”, T.2 “Especies terrestres endémicas”, T.4 “Áreas de paisaje terrestre natural” y el T.9 “Protección frente a la erosión” ya que este último cuenca con SSC en presencia alta en todas las subcuencas.

4.1.3 Sistema sociocultural.

Para las cuencas de la región de Aysén se construyeron tres OdV para el sistema social y seis del sistema cultural. Para efectos de la presente tesis, estos sistemas se tomaron como uno solo.

Tabla 9: Análisis presencia de OdV sistema sociocultural

Sistema sociocultural	
N° OdV	Análisis presencia OdV
S.1 Conectividad fluvial	Este OdV solo fue construido para el grupo de cuencas de la región de Aysén y se consideró el número de obras de infraestructura fluvial en la SSC (Ministerio de Energía, 2017a). Este OdV se define como la existencia de obras o instalaciones fluviales que satisfacen las necesidades de movilidad, conectividad, accesibilidad y transporte, por lo que está presente en toda la cuenca.
S.2 Agua Potable Rural (APR)	Este OdV fue construido a partir de un índice de valoración, que relaciona el porcentaje de población abastecida por el APR respecto a la población total de la SSC (Ministerio de Energía, 2017a) En la cuenca hay 11 APR que se estima que abastecen 4.677 habitantes, cuyos comisés se encuentran en Villa Mañihuales, Villa Ñirehuao, Villa Ortega, Los Torreones, El Salto, El Balseo, Alto Baguales, Lago Atravesado, Valle Simpson, Villa Frei y El Blanco (Aguas Patagonia, 2013).
S.3 Sistema de agua potable	Este OdV corresponde al porcentaje de población abastecida por el sistema, con respecto a la población total de la SSC (Ministerio de Energía, 2017a). Las áreas urbanas que se abastecen por sistemas de agua potable corresponden a Coyhaique, Puerto Aysén, Puerto Chacabuco y Balmaceda (Aguas Patagonia, 2011).
C.1 Monumento histórico	Este OdV fue construido solo para las cuencas de la región de Aysén a través de un índice multicriterio que agrupa relevancia de la Protección legal (PI), la Singularidad (Si) y la Accesibilidad (Ac) de cada monumento (Ministerio de Energía, 2017a).

		Este OdV está presente en dos subcuencas, estos monumentos están corresponden al Puente Presidente Ibáñez y las construcciones de la sociedad industrial de Aysén, ambas en la subcuenca de Aysén bajo junta Mañihuales; el otro monumento de la cuenca es la escuela Pedro Quintana Mansilla en la subcuenca río Simpson, ambos son monumentos declarados por el Consejo de Monumentos Nacionales (CMN) y corresponden al Puente Presidente Ibáñez y las Construcciones de la sociedad industrial de Aysén en la ciudad de Puerto Aysén y la escuela Pedro Quintana Mansilla en la ciudad de Coyhaique.
C.2	Zona típica	Este OdV fue construido solo para las cuencas de la región de Aysén, en donde solo se identificó Caleta Tortel como zona típica (EULA-Chile, 2016), por lo que en la cuenca del río Aysén no se identificó el OdV.
C.3	Sitio arqueológico	Este OdV fue construido a partir de un índice multicriterio que agrupa relevancia de la Protección legal (PI), la Singularidad (Si) y la Accesibilidad (Ac) de cada sitio arqueológico (Ministerio de Energía, 2017a) El OdV no se identificó en gran parte de la cuenca, a excepción de una SSC en la subcuenca del río Simpson en donde está ubicada la Cueva de Punta del Monte que se encuentra en el centro-este de la provincia de Coyhaique, localidad de Coyhaique alto (Nuevo et al., 2012).
C.4	Cementerio y/o sitio de culto	No se identificó el OdV en las cuencas.

C.5 Sitio de alto valor paisajístico	<p>Se identificaron los sitios atractivos para contemplar el entorno natural, a través de un índice multicriterio que agrupa relevancia de la Protección legal (PI), la singularidad (Si) y la Accesibilidad (Ac) de cada sitio paisajístico (Ministerio de Energía, 2017a).</p> <p>Este OdV no está presente en la mayor parte de la cuenca, con excepción de una SSC del río Simpson que se encuentra en rango medio, la cual al cruzar con el shapefile de cuerpos de agua de Chile, es la SSC en donde están presentes los lagos Castor, Thompson, Pollux y Frío (EULA-Chile, 2016).</p>
C.6 Fiestas y costumbres	<p>OdV construido solo para las cuencas de la región de Aysén a través de un índice multicriterio que agrupa relevancia de la Protección legal (PI), la Singularidad (Si) y la Accesibilidad (Ac) de cada fiesta y costumbre (Ministerio de Energía, 2017a)</p> <p>El OdV fue identificado solo en una cuenca del río Aysén bajo junta Mañihuales y está asociado al aniversario de la ciudad de Puerto Aysén.</p>

Fuente: Elaboración propia.

Discusión Objetos de Valoración del sistema sociocultural

Este sistema solo tienen nueve OdV construidos y en todos los casos con un par de SSC con alta presencia.

A diferencia de los dos sistemas anteriores, este no tiene objetos de valoración con tan alta presencia, esto debido a que la mayoría de estos están concentrados donde hay mayor población como es el caso de los OdV relacionados al abastecimiento de agua potable tanto rural como urbana, los cuales abarcan los lugares donde existe más población agrupada.

Por otro lado, el OdV S.1 “Conectividad fluvial” los rangos se basan en cantidad de obras de infraestructura, de los cuales solo 5 SSC no presentan ninguna de estas obras.

Los OdV culturales tienen incluso menor presencia, donde los OdV C.2 y C.4 no tienen ninguna presencia.

El OdV C.1 tiene dos SSC en rango alto, estos monumentos están ligados a la zona urbana y para el resto de la cuenca no se identifica. Los OdV C.3 y C.6 tienen solo una SSC en rango alto y en las demás no se identifica. Y por mencionar el último, el C.5 solo tiene un SSC con presencia y en rango medio.

En conclusión, para este sistema se seleccionan los tres OdV en un principio pertenecientes al sistema social y solo uno del original cultura que corresponde al C.1 “Monumento histórico”.

4.1.4 Sistema productivo.

Tabla 10: Análisis presencia OdV sistema productivo

Sistema productivo	
N° OdV	Análisis presencia OdV
P.1 Producción agrícola	<p>Para la construcción de este OdV se utilizó el porcentaje de superficie agrícola en cada SSC, a partir de la superficie agrícola de las comunas de cada SSC (Ministerio de Energía, 2017a).</p> <p>La producción agrícola está mayoritariamente concentrada en el sector oriente de la cuenca, por lo que el mayor rango se encuentra en SSC de las subcuencas del río Mañihuales y río Simpson, que en su conjunto abarcan un 35,4% con respecto al área total de la cuenca. También el hecho de que la producción agrícola se concentre en una zona de la cuenca hace que rango bajo sea mayor, abarcando el 46,39% de la cuenca.</p> <p>Por otro lado, la subcuenca del río Riesco presenta todas sus SSC en categoría baja para este OdV.</p>
P.2 Producción forestal	<p>Para construir este OdV se utilizó el porcentaje de superficie a escala de SSC (Ministerio de Energía, 2017a)</p> <p>Esta actividad está distribuida por toda la cuenca, principalmente en rango medio con la excepción de la subcuenca del río Riesco que la mayoría de las SSC están en rango bajo.</p> <p>Al igual que el OdV anterior, la mayor presencia de este OdV está en las subcuencas del río Mañihuales y Simpson donde el rango medio es preponderante.</p>

<p>P.3 Servicios sanitarios</p>	<p>Este OdV se construyó a partir del valor agregado que entrega la actividad de saneamiento y provisión de agua potable (MM USD) (Ministerio de Energía, 2017a).</p> <p>La información de este OdV es similar a la información entregada del OdV S.3, por lo que se hace referencia a los mismos sistemas de agua potable de Coyhaique y Puerto Aysén que estarían en rango alto y Balmaceda en la SSC con rango bajo.</p>
<p>P.4 Actividad minera</p>	<p>Este OdV se construyó solo en las cuencas de la región de Aysén a partir del valor aproximado de la producción (MM USD) de las faenas mineras por SSC (Ministerio de Energía, 2017a).</p> <p>El OdV fue identificado solo en la subcuenca del río Mañihuales debido a la presencia de la mina de concentrado de zinc y metales de oro El Toqui.</p>
<p>P.5 Actividad turística</p>	<p>Este OdV fue construido por la presencia de Zonas de Interés Turístico (ZOIT) actuales y en proceso de estudio, en términos de porcentaje de superficie en cada SSC (Ministerio de Energía, 2017a).</p> <p>En la región de Aysén, todavía no existen, además en proceso están en proceso las zonas del lago General Carrera, Queulat y la Provincia de los Glaciares, es decir, ninguna se encuentra en la cuenca del río Aysén (SERNATUR, 2016).</p> <p>La presencia está dada por un rango bajo en 8 SSC que representan el 24,2% con respecto al área total de la cuenca.</p>
<p>P.6 Actividad acuícola</p>	<p>Este OdV fue construido a partir de la presencia de centros de cultivo desarrollados en cuerpos de agua dulce, medida como el número de centros por SSC (Ministerio de Energía, 2017a)</p> <p>En el anexo 7, se indica que este OdV está presente en más de una SSC de cada subcuenca, donde destacan la subcuencas de los ríos Mañihuales y Simpson que tienen ambas dos SSC en un rango alto para este OdV.</p>

Fuente: Elaboración propia.

Discusión Objetos de Valoración del sistema productivo

Como este sistema solo tiene seis OdV construidos, se deben descartar solo dos.

Como el OdV P.3 “Servicios sanitarios” hace referencia a los mismos sistemas de agua potable del sistema social, se descarta para no hacer preguntas repetitivas en la encuesta final. Por otro lado, el OdV P.5 “Actividad turística” se basa en la presencia de ZOIT, las cuales no existen en la cuenca por lo que también se descarta.

Finalmente, para evaluar se seleccionan los OdV P.1 “Producción agrícola”, P.2 “Producción forestal”, P.4 “Actividad minera” y P.6 “Actividad acuícola”.

La Tabla 11 resume de la cantidad de Objetos de Valoración presentes en cada subcuenca.

Tabla 11: Cantidad de OdV identificados por cada subcuenca

	Fluvial	Terrestre	Sociocultural	Productivo
Río Mañihuales	9	7	2	5
Río Simpson	8	8	6	4
Río Aysén bajo junta Mañihuales	10	7	4	5
Río Riesco	12	6	1	3

Fuente: Elaboración propia.

4.2 Aplicar el modelo de grafo para los Objetos de Valoración identificados.

Se selecciona la media como la medida de tendencia central que representa las respuestas del panel de expertos. De esta forma se construyeron las matrices que representan a los sistemas y se procesaron en Matlab, con el programa del anexo 9.

De la cantidad de encuestas aplicadas, hubo respuesta de siete personas, número estadísticamente poco representativo, por lo que utilizar la moda como el valor más representativo de la encuesta y ser aplicado en la función permanente. Por la variedad de profesionales del panel de expertos, se observaron una gran variedad de resultados, por lo que utilizar la mediana o los rangos intercuartiles como medida de tendencia central alejaban mucho el resultado de algunas opiniones, por lo que se optó por utilizar la media.

La tabla 12 muestra el valor de la función permanente para los casos optimista y pesimista. Estos valores se consideraron para realizar un análisis porcentual, donde el valor optimista representa el 100% para cada sistema y así a través de una regla de tres simple se puede comparar porcentualmente y así hacer un análisis visual para cada sistema, el cual se presenta en las figuras 11, 13, 15 y 17.

Tabla 12: Valor optimista y pesimista para cada subsistema.

Valor	Sistema			
	Fluvial	Terrestre	Sociocultural	Productivo
Optimista	19140	22268	14448	18336
Pesimista	1745	2577	938	1725

Fuente: Elaboración propia.

4.2.1 Resultados generales.

En la figura 9 se muestran los resultados de la función permanente para los cuatro sistemas en las cuatro subcuencas, donde se ve que los mayores valores están asociados al sistema terrestre, a excepción de la subcuenca río Mañihuales. El sistema fluvial es el segundo más valorado, con valores dentro del mismo rango en toda la cuenca.

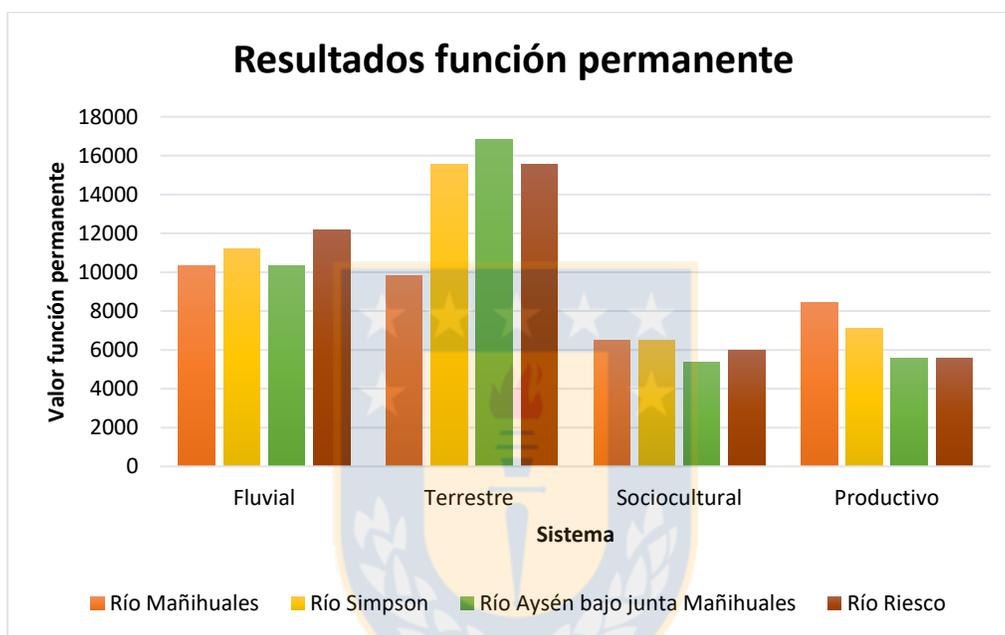


Figura 9: Resultados función permanente agrupados.

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 11 se puede utilizar para comparar la cantidad de OdV que existen en la cuenca, ya que como se mencionó anteriormente, son solo cuatro los que se escogen para pasar por la encuesta y por tanto, ser evaluados por el panel de expertos.

En primer lugar, a pesar que todos tienen una presencia similar del sistema terrestre, la subcuenca río Mañihuales está muy por debajo de las demás subcuencas.

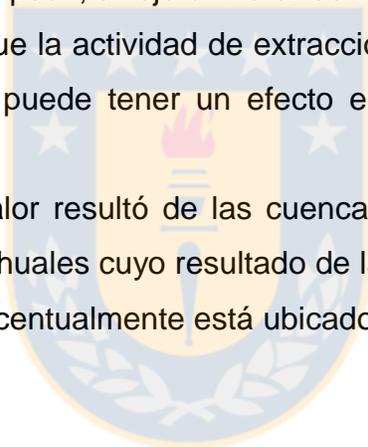
También, se nota que la subcuenca río Mañihuales está igual nivel con la subcuenca río Simpson, siendo que esta última tiene 6 OdV de los 9 construidos.

4.2.2 Sistema fluvial.

En las figura 10 y 11 se observa que todas las subcuencas están en rangos similares, donde la de mayor valor es la subcuenca del río Riesco con un valor de 12161, lo que en una escala porcentual frente a la condición optimista corresponde a un 63,54%, esta valoración se puede asociar a que es la cuenca con menor actividad antrópica que interfieren en el normal funcionamiento de los ecosistemas; además, esta es la única subcuenca en donde está presente el OdV glaciar.

La subcuenca del río Simpson, arrojó un valor de 11220, lo que indica que está en el 58,62%, a pesar que la actividad de extracción de áridos está muy fuerte en esta cuenca lo que puede tener un efecto en la valoración de los OdV seleccionados.

Finalmente, el menor valor resultó de las cuencas del Río Mañihuales y Río Aysén bajo la junta Mañihuales cuyo resultado de la función permanente fue de 10320, sin embargo, porcentualmente está ubicado en el 53,91%.



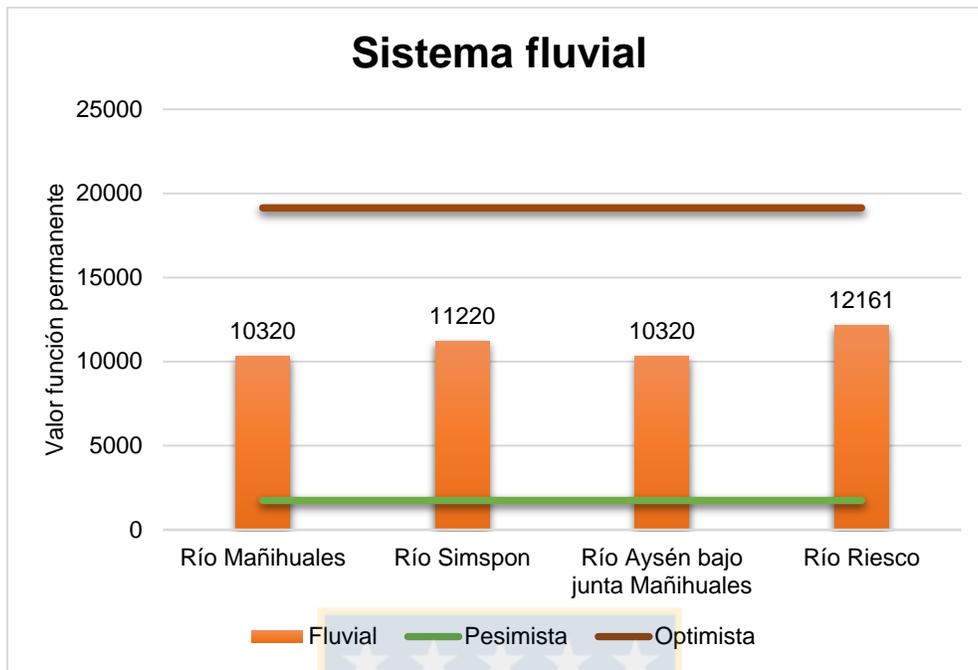


Figura 10: Resultado función permanente sistema fluvial.

Fuente: Elaboración propia.

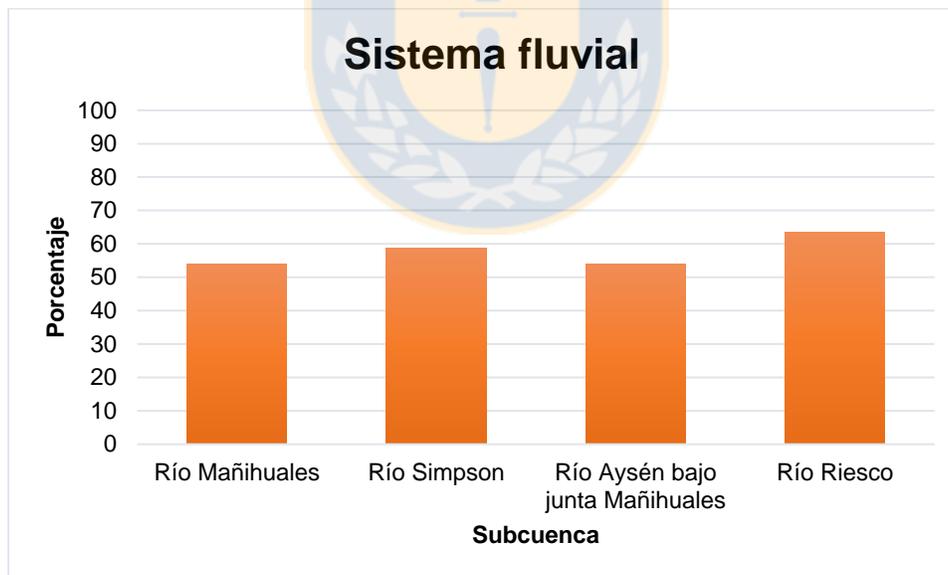


Figura 11: Resultado porcentual función permanente sistema fluvial.

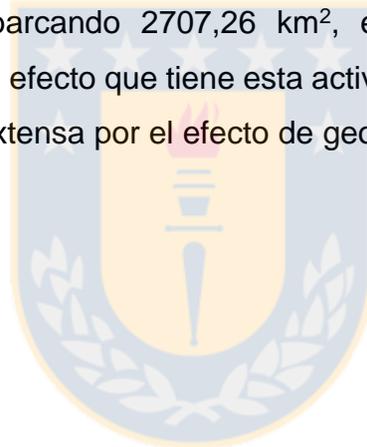
Fuente: Elaboración propia.

4.2.3 Sistema terrestre.

El mayor resultado surgió en la subcuenca río Aysén bajo junta Mañihuales, cuyo valor de la función permanente resultó de 16851 como muestra la figura 12, lo que en una escala porcentual representa un 75,67%, el cual es un valor muy alto. Este valor debe ser influenciado fuertemente por la ecorregión.

Las subcuencas río Riesco y Simpson arrojaron el mismo valor de 15579, lo que se ubica en un 70% el cual también es un valor alto.

A diferencia de las tres cuenca mencionadas anteriormente, cuyo valor supera el 15000, la subcuenca río Mañihuales arrojó un valor de 9812 lo que porcentualmente es 44,06%, esto infiere en que en esta cuenca es poco valorado este sistema, una explicación probable es la actividad forestal presente en categoría media abarcando 2707,26 km², es decir, un 63,97% de la subcuenca. Además, del efecto que tiene esta actividad, la vegetación nativa en esta cuenca no es tan extensa por el efecto de geografía de la subcuenca.



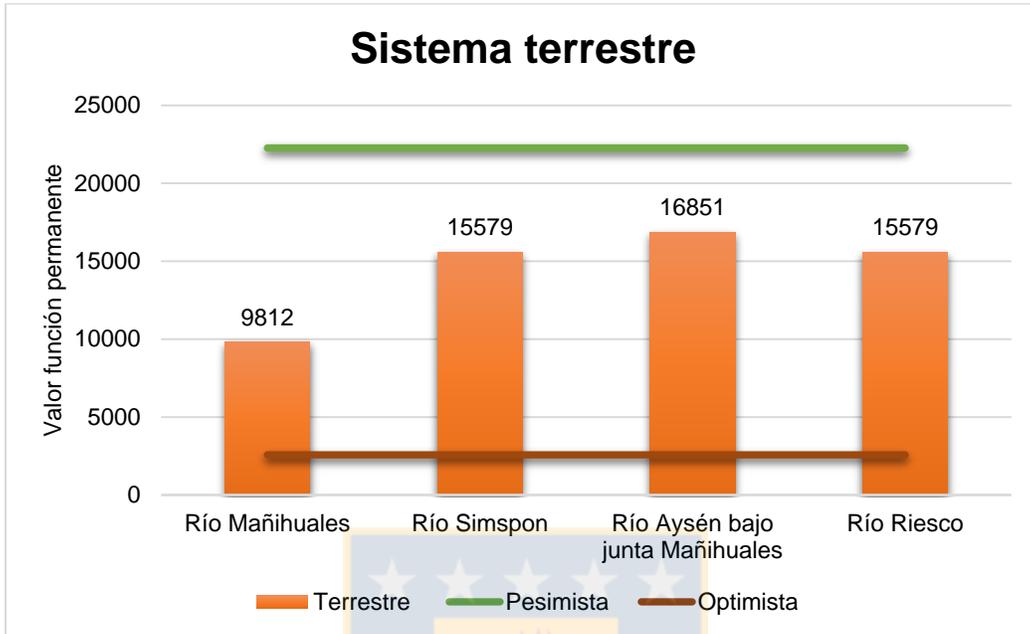


Figura 12: Resultado función permanente sistema terrestre.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 13: Resultado porcentual función permanente sistema terrestre.

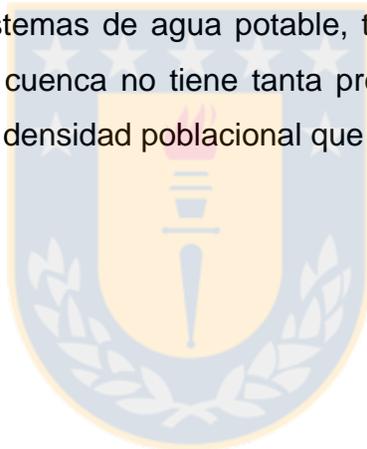
Fuente: Elaboración propia.

4.2.4. Sistema sociocultural.

Como se ve en las figura 14 y 15 el valor optimista está posicionado más abajo que los sistemas fluvial y terrestre, de eso se derivan en que la opinión del panel de expertos es que los demás sistemas no tienen una relación tan fuerte con sistema sociocultural.

Cuando se lleva los valores de la función permanente a porcentajes, todas las subcuencas están bajo el 50% como se ve en la figura 15.

Este sistema tiene baja valoración a diferencia de los anteriormente analizados. Las subcuencas de mayor valor fueron la de río Mañihuales y Simpson, cuyo resultado fue de 6512 (Figura 14), el cual porcentualmente representa un 45,07%. A su vez, estas cuencas son las que tienen mayor presencia en conectividad fluvial y sistemas de agua potable, tanto urbano como rural, sin embargo, en general la cuenca no tiene tanta presencia de los OdV de este sistema debido a la baja densidad poblacional que tiene.



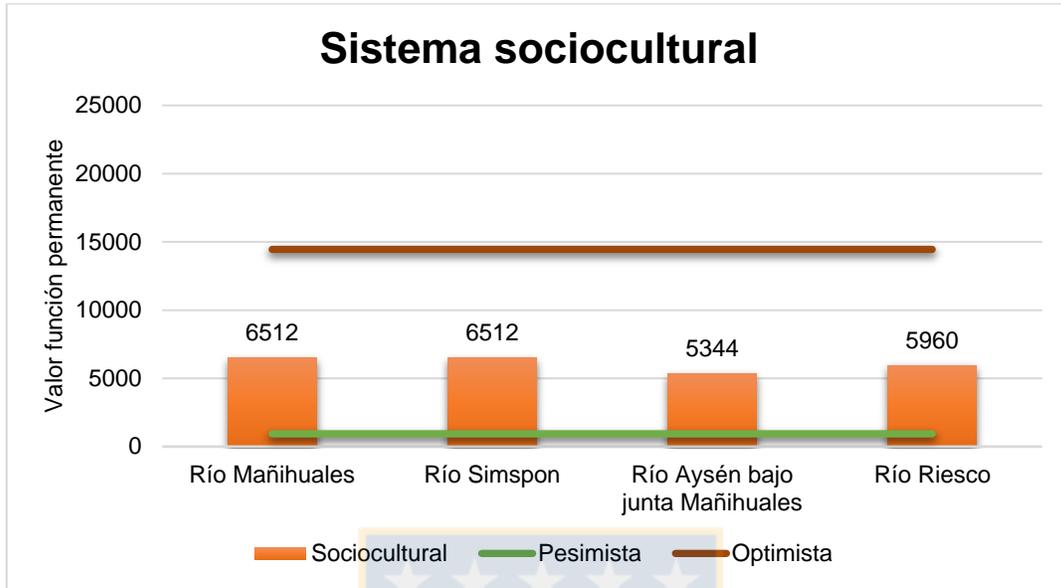


Figura 14: Resultado función permanente sistema sociocultural.

Fuente: Elaboración propia.

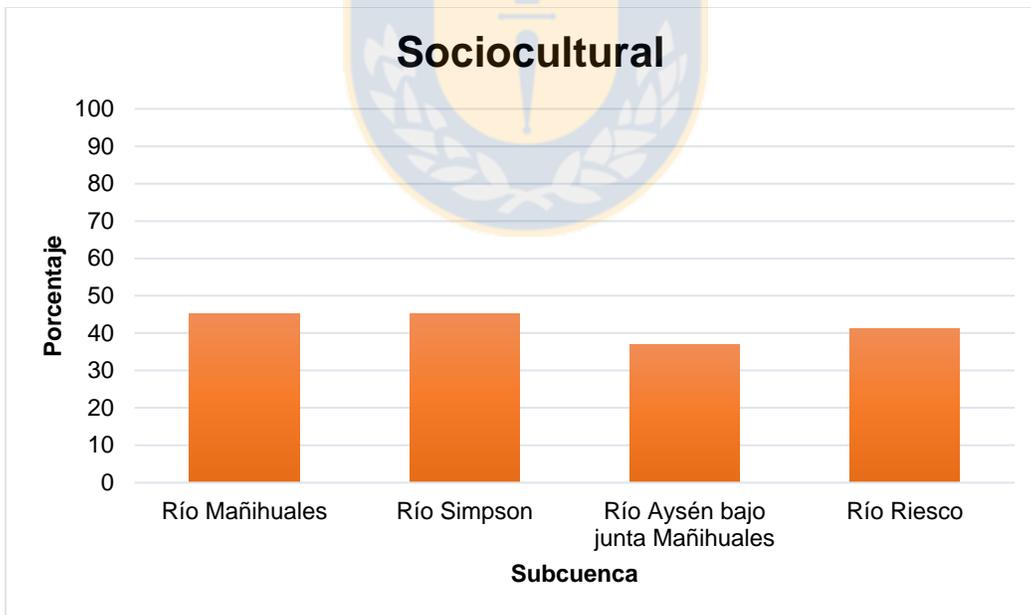


Figura 15: Resultado porcentual función permanente sistema terrestre.

Fuente: Elaboración propia.

4.2.5. Sistema productivo.

Para este sistema, el valor optimista esta sobre el sistema sociocultural pero también por debajo de los sistemas fluvial y terrestre. Además, porcentualmente, todas las subcuencas están por debajo del 50% (Figura 17).

La subcuenca río Mañihuales fue la que obtuvo mayor valor, con 8440 lo cual porcentualmente representa un 46,03%, este valor está asociado a que es la única subcuenca que tiene todos los OdV del sistema productivo.

Las subcuencas río Aysén bajo junta Mañihuales y río Riesco están en la menor valoración, el resultado de la función permanente fue de 5562 (Figura 16) lo que porcentualmente los ubica en un 30,33%, lo cual está muy relacionado a que las actividades productivas tienen mayor presencia en el lado oriental de la cuenca.

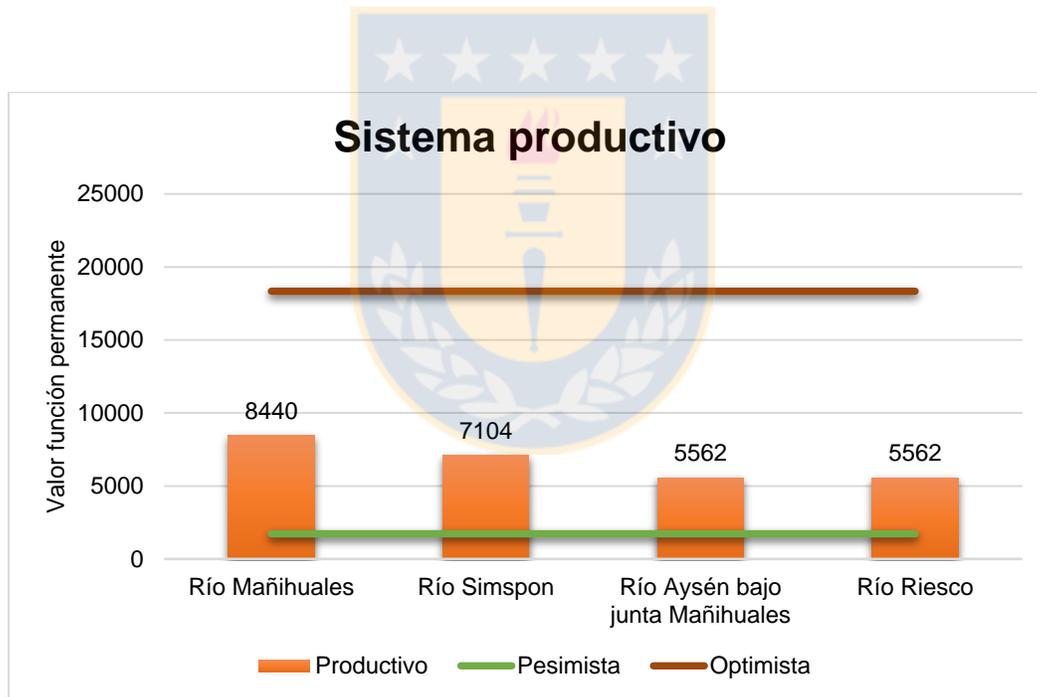


Figura 16: Resultado función permanente sistema productivo.

Fuente: Elaboración propia.

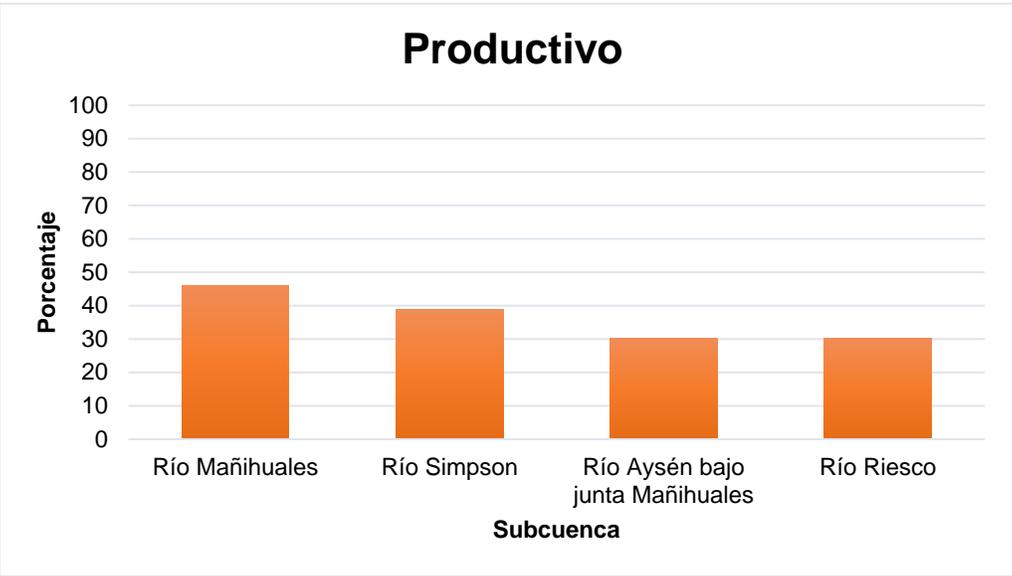


Figura 17: Resultado porcentual función permanente sistema terrestre.



4.3. Proponer una alternativa en las subcuencas para la planificación del desarrollo hidroeléctrico de la cuenca del río Aysén.

A modo general, para realizar la planificación territorial frente a un escenario de desarrollo hidroeléctrico en la cuenca del río Aysén se consideran dos opciones de generación, con centrales de embalse o centrales de pasada que son los casos más comunes cuando se habla de desarrollo hidroeléctrico.

Las grandes represas, en los últimos 50 años, se han destacados por sus impactos sociales y ambientales. Las grandes represas han fragmentado y transformado los ríos del mundo y millones de personas han sido desplazadas, de modo que se cuestiona el uso de este tipo de construcciones, generando conflictos por la ubicación e impactos, convirtiéndose en uno de los asuntos más controvertidos en materia de desarrollo sustentable (CMR, 2000) por lo que no se considera una alternativa para la cuenca del río Aysén en ninguna de sus subcuencas.

Por otro lado, las centrales de pasada, es decir, con una generación menor a los 20 MW según la ley 20.257 del Ministerio de Economía. Estas se consideran como soluciones competitivas en la generación de energía por sus ventajas con respecto a otras ERNC como el alto nivel de automatización y telemando, permiten aprovechar el potencial energético de pequeños cursos de agua con una inversión relativamente baja y un costo de operación prácticamente nulo y son una excelente alternativa para la electrificación de áreas rurales apartadas (Ordoñez, 2011).

A continuación, se desglosan por cada subcuenca la información que podría ayudar a tomar una decisión frente al desarrollo hidroeléctrico.

En la figura X indica gráficamente el resultado de la función permanente para los cuatro subsistemas y en las cuatro subcuencas, donde los colores más fuertes indican mayor valoración.

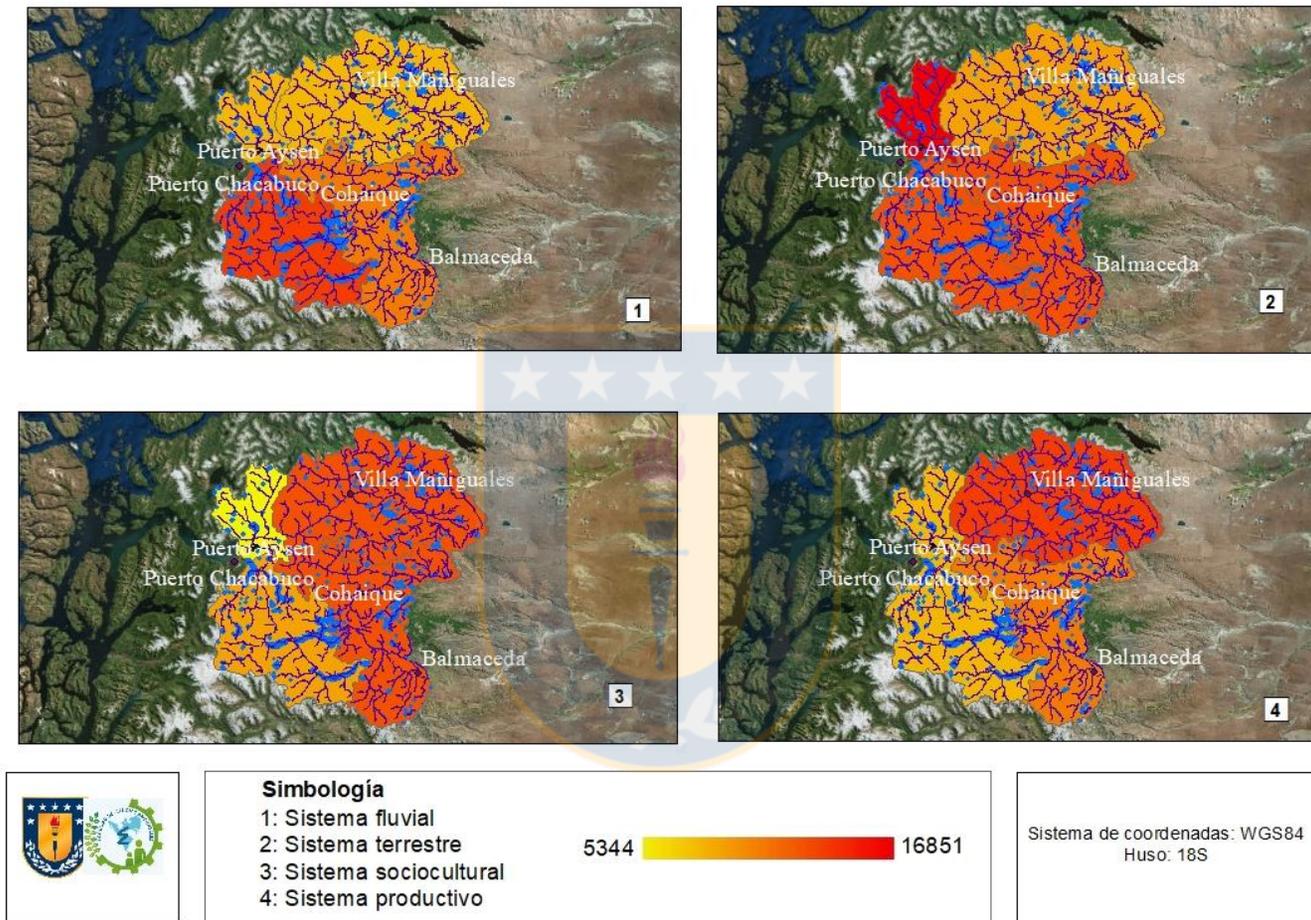


Figura 18: Representación gráfica de los resultados de la función permanente.

Fuente: Elaboración propia en base a shapefile de la DGA.

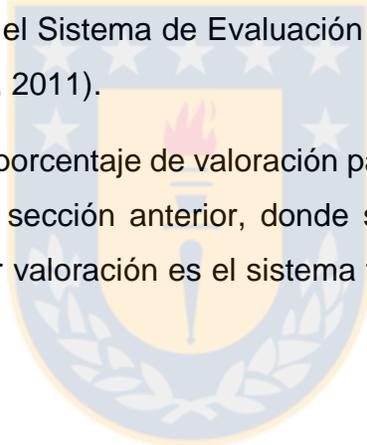
4.3.1. Subcuenca río Mañihuales.

La subcuenca del río Mañihuales, no tiene centros urbanos de gran tamaño, existen localidades como Villa Mañihuales, Ñirehuao, El Gato y otros sectores rurales que podrían necesitar abastecimiento energético.

Además de esto, como indica la tabla 2, cuenta con un potencial hidroeléctrico de 193 MW.

La actividad productiva, como se mencionó en la sección anterior, es la que tuvo mayor valoración debido a la actividad forestal, acuícola, agrícola y minera, esta última tiene su propio abastecimiento de energía a través de una central generadora diésel y una central hidroeléctrica de pasada, la cual tiene una potencia de 2400 kW, la misma que pasó por el Sistema de Evaluación Ambiental para aumentar su potencia a 3900 kW (SCMT, 2011).

En la figura 18 se grafica el porcentaje de valoración para cada uno de los sistemas según los resultados de la sección anterior, donde se aprecia que tienen cierta similitud, donde el de mayor valoración es el sistema fluvial que supera levemente el 50%.



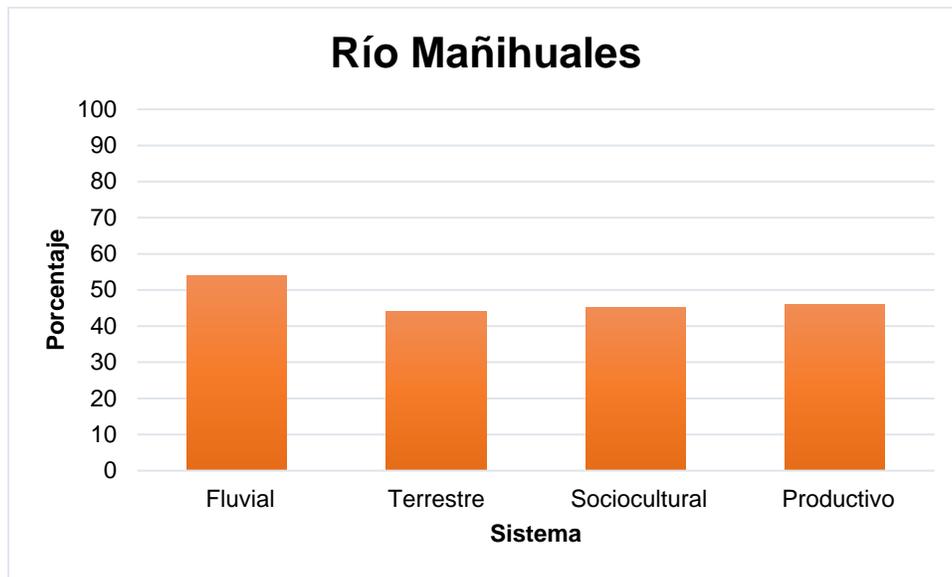


Figura 19: Resultado porcentual función permanente subcuenca río Mañihuales.

Fuente: Elaboración propia.

Esta es la subcuenca con menor valoración general para los sistemas con respecto a las otras subcuencas, con excepción al sistema productivo.

A su vez, en esta subcuenca se podrían ver beneficiadas por la instalación de centrales de paso las comunidades rurales que muchas veces utilizan generadores diésel para la generación eléctrica.

4.3.2. Subcuenca río Simpson.

En la cuenca del río Simpson está el mayor centro poblado de la cuenca, Coyhaique, además, de otras localidades como Balmaceda, El Blanco, Balmaceda, Coyhaique Alto, Valle Simpson, Villa Frei, entre otros.

La subcuenca del río Simpson, tiene un potencial hidroeléctrico de 149 MW (Tabla 4) y no existen centrales hidroeléctricas dentro la subcuenca.

Como se puede apreciar en la figura 19, la valoración del sistema terrestre está en casi un 70% siendo este el más valorado en la subcuenca. Productivamente, en esta subcuenca se encuentran tres de las cuatro actividades evaluadas, las que corresponden a la actividad forestal, agrícola y acuícola.

Socioculturalmente, esta cuenca con la presencia de monumentos nacionales, específicamente la escuela Pedro Quintana Mansilla en la ciudad de Coyhaique, lo que hace que este porcentaje suba por sobre las demás subcuencas, además, de ser la subcuenca con mayor población y por tanto, la que más recibe los servicios de abastecimiento de agua potable, tanto urbano como rural.

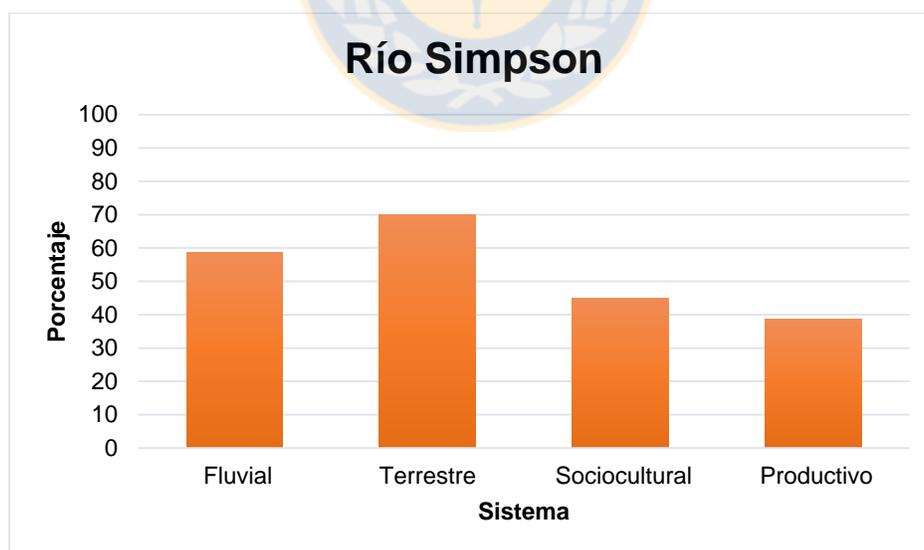


Figura 20: Resultado porcentual función permanente subcuenca río Simpson.

Fuente: Elaboración propia.

Para esta subcuenca el tema de traer nuevas tecnologías de generación energética puede ayudar en los problemas de contaminación atmosférica de la ciudad de Coyhaique, ya que sería una nueva alternativa para disminuir el uso de leña. En este caso, la eficiencia energética es un punto clave, por lo que para utilizar la hidroelectricidad para disminuir el uso de leña para combustión y cocina, tiene que ir acompañado de campañas de educación para la ciudadanía.

4.3.3. Subcuenca río Aysén bajo junta Mañihuales.

Esta subcuenca tiene otro centro urbano importante, como es la ciudad de Puerto Aysén y muy próximo a esta, Puerto Chacabuco.

La subcuenca del río Aysén, la de menor superficie y menor potencial hidroeléctrico, el cual es de 91 MW (Tabla 4). Aquí la generación hidroeléctrica está dada por la central Aysén, con una capacidad de 6,6 MW (Ministerio de Energía, 2016).

Como se ve en la figura 20, tiene una gran valoración del sistema terrestre, debido a la importante cantidad de vegetación nativa que existe en esta zona.

A diferencia de las dos subcuencas anteriores, esta tiene solo dos actividades productivas de las evaluadas, que son la actividad forestal y acuícola, por lo que en porcentaje este sistema es el menos valorado con el 30%.

Al igual que la cuenca del río Simpson, en esta se concentra la segunda mayor concentración de población de la cuenca, por lo que tienen la misma valoración del sistema sociocultural.

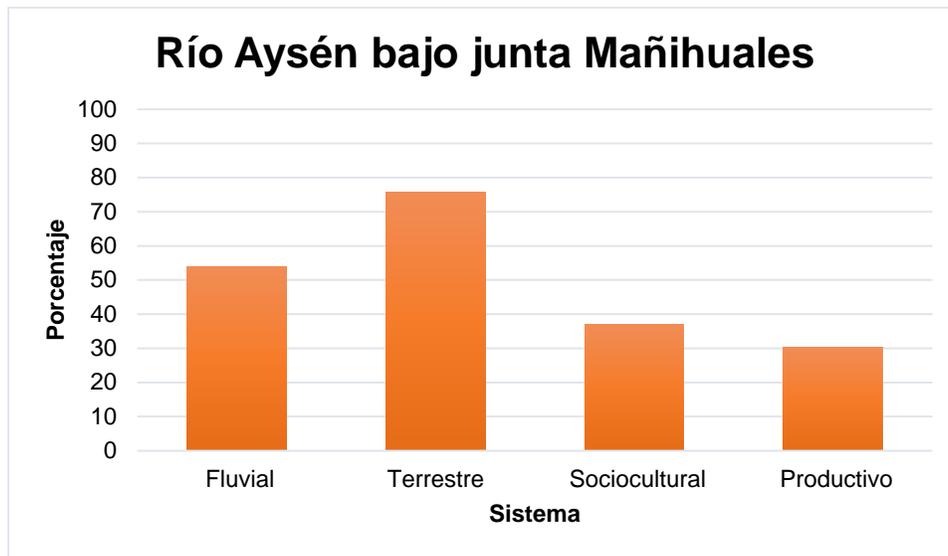


Figura 21: Resultado porcentual función permanente subcuenca río Aysén bajo junta Mañihuales.

Fuente: Elaboración propia.

Esta subcuenca solo tiene cuatro SSC, de las cuales tres tienen algún rango de actividad acuícola, por lo que es más probable que se contrapongan intereses, especialmente entre dueños de Derechos de Aguas.

4.3.4. Subcuenca río Riesco.

Esta es la subcuenca con menor población, la cual es principalmente rural que habita próximo a los lagos Paloma, Elizalde, Riesco, entre otros.

La subcuenca del río Riesco es la de mayor potencial hidroeléctrico, con 415 MW (Tabla 4), siendo casi la mitad del potencial total de la cuenca.

En esta subcuenca están las centrales Monreal y Lago Atravesado, ambos en la desembocadura de los lagos homónimos, con una potencia de 3 MW y 11 MW respectivamente (Ministerio de Energía, 2016) ambas colindantes con la subcuenca del río Simpson.

El río Riesco tiene una valoración alta por parte del panel de expertos para los sistemas fluvial y terrestre, esto debido a que es la subcuenca con menor intervención antrópica y con menor población, por lo que ha podido mantener mejor los ecosistemas, es por la misma razón del bajo valor del sistema productivo.

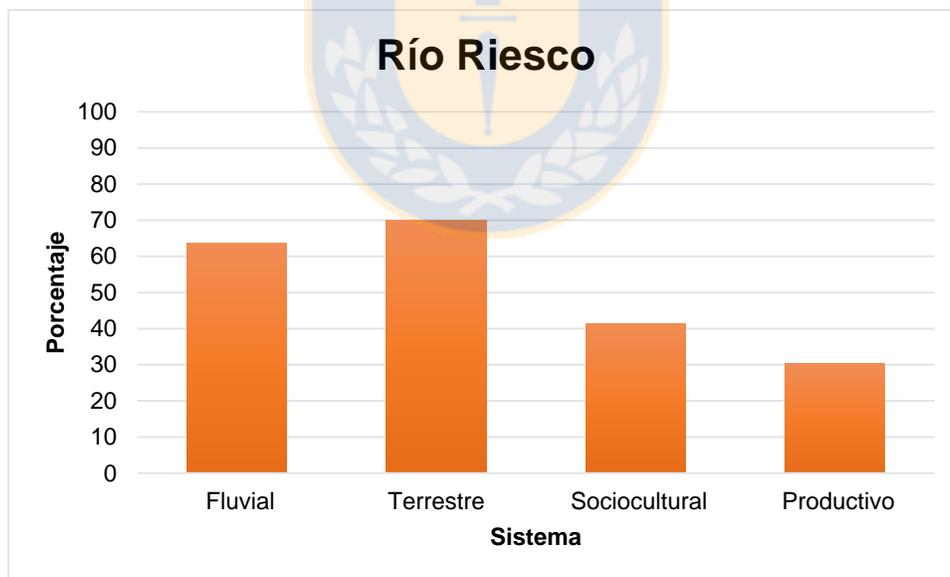


Figura 22: Resultado porcentual función permanente subcuenca río Riesco.

Fuente: Elaboración propia.

En esta subcuenca es donde está el mayor desarrollo hidroeléctrico de la cuenca, en donde se han aprovechado la caída natural a los lagos para la generación eléctrica, la cual puede ser replicada y/o aumentada siguiendo estándares técnicos y ambientales compatibles con el territorio.

Finalmente, la propuesta a presentar según los resultados obtenidos, da como recomendación que la subcuenca del río Mañihuales sea la seleccionada para llevar a cabo un desarrollo hidroeléctrico a baja escala.



5. CONCLUSIONES

La cuenca del río Aysén es un territorio grande, con una baja densidad poblacional y con ello pocas actividades productivas, con grandes atributos ecosistémicos como lo arrojó la gran valoración para los pocos OdV evaluados de los sistemas fluvial y terrestre.

A modo comentario general, es importante mencionar que el desarrollo hidroeléctrico debe ser llevado a cabo a través de centrales de pasada, no obstante, que su generación es menor, es un aporte para disminuir el consumo de combustibles fósiles o leña en zonas más afectadas por la contaminación atmosférica.

Las actividades económicas presentes en la cuenca y que fueron discutidas en la presente investigación, la actividad acuícola es la que podría presentar mayores conflictos; sin embargo, la hidroelectricidad puede ser aprovechada para la generación eléctrica necesaria en los procesos, como es el caso de la mina el Toqui.

Otra ventaja que el desarrollo sea a baja escala, es que también los impactos negativos no serán tan altos, tanto para los ecosistemas, las comunidades y/o el paisaje.

El modelo de grafo para hacer gestión puede ser una herramienta muy útil en la gestión territorial, como esta tesis está enfocada en el desarrollo hidroeléctrico, la cuenca es la unidad idónea para hacer esta gestión, sin embargo, la cuenca es un territorio muy extenso y se necesitaría una opinión más robusta cuando se quiera tomar una decisión.

Es por eso, que la consulta a un panel de expertos a través de una encuesta online generó una gran desventaja, ya que solo se apela a la voluntad de éstos y resultó en un bajo nivel de respuesta, generando sesgos en las respuestas dada la variedad de profesionales que habían.

A modo de conclusión, el modelo de grafo puede ser una herramienta para hacer gestión de cuenca, pero dado a que la situación más común es la falta de información, sería más idónea trabajarla en una subcuenca o más ambiciosamente, en una sub-subcuenca, de modo que se pueda generar un panel de trabajo en donde se involucren más actores de la sociedad y se puedan discutir con mayor profundidad los elementos del territorio.

Finalmente, si se tuviera que escoger alguna subcuenca para llevar a cabo un desarrollo hidroeléctrico, sería la subcuenca río Mañihuales, ya que según los resultados el ecosistema fluvial y terrestre ya tienen baja valoración, por lo que el conflicto con respecto a esos dos sistemas sería mucho menor.



6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguas Patagonia. (2011). *Memoria anual. Aguas Patagonia de Aysén S.A.*
- Aguas Patagonia. (2013). *Unidad técnica de Agua Potable Rural (UT-APR).*
- Aguirre Núñez, M. (2011). La cuenca hidrográfica en la gestión integrada de los recursos hídricos. *Revista Virtual Redesma*(1), 10-19.
- Brown, E., Dudley, N., Lindhe, A., Muhtaman, D. R., Stewart, C., & Synnott, T. (2013). *Guía genérica para la identificación de Altos Valores de Conservación.* Red de Recursos de AVC (HCVRN).
- Cabero Almenara, J., & Infante Moro, A. (2014). Empleo del método Delphi y su empleo en la investigación en comunicación y educación. *EDUTECH. Revista Electrónica de Tecnología Educativa.*, 48, 1-16.
- Centro de Ciencias Ambientales EULA-Chile. (2016). *Análisis de las condicionantes para el desarrollo hidroeléctrico en las cuencas de los ríos Palena, Cisnes, Aysén, Baker y Pascua, desde el potencial de generación a las dinámicas socio-ambientales.* Universidad de Concepción.
- CMR. Comisión Mundial de Represas. (2000). *Represas y Desarrollo: Un nuevo marco para la toma de decisiones.*
- CONAMA. Comisión Nacional del Medio Ambiente. (2004). *Anteproyecto de normas secundarias para la protección de las aguas continentales de la cuenca del río Aysén.* Santiago.
- de Lange, W., Wise, R., & Nahman, A. (2010). Integrating socio-economic and biophysical data to support water allocations within river basins: An example from the Inkomati Water Management Area in South Africa. *Environmental modelling & software* (25), 43-50.

- DGA. Dirección General de Aguas. (2004). *Diagnostico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad: Cuenca del río Aysén*. Ministerio de Obras Públicas. Gobierno de Chile.
- Dourojeanni, A., Jouravlev, A., & Chávez, G. (2002). *Gestión del agua a nivel de cuencas: teoría y práctica*. Santiago: División de Recursos Naturales e Infraestructura de CEPAL.
- Dunn, H. (2004). Defining the ecological values of rivers: the views of Australian river scientists and managers. *Aquatic conservation: marine and freshwater ecosystems*(14), 413-433.
- Geetha, N. K., Siva Kumar, N., & Sekar, P. (2016). Assessment of optimal combination of operating parameters using graph theory matrix approach. *Indian Journal of Science and Technology*, 9(36), 1-7.
- Gorgas García, J., Cardiel López, N., & Zambrano Calvo, J. (2011). Estadística descriptiva. En *Estadística básica para estudiantes de ciencias* (págs. 9-44). Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- GWP. Global Water Partnership. (2000). *Manejo integrado de recursos hídricos*. Estocolmo.
- IDE Ministerio de Energía. (2016). *Infreestructura de Datos Espaciales del Ministerio de Energía*. Obtenido de Centrales de generación eléctrica: <http://sig.minenergia.cl/sig-minen/moduloCartografico/composer/> (Consulta: julio, 2017)
- Iturriaga Meneses, J. (2003). Ordenamiento territorial en Chile: Instituciones, instrumentos, problemas y propuestas. Santiago: Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Jalili Pirani, F., & Alireza Mousavi, S. (2016). Integrating socio-economic and biophysical data to enhance watershed management and planning. *Journal of hydrology*, 540, 727-735.

- Landeta, J. (2002). *El método Delphi: una técnica de previsión para la incertidumbre*. Barcelona: Ariel.
- León, G., & Montero, I. (2004). *Métodos de investigación en Psicología y Educación*. Madrid: McGraw-Hill.
- Malla, F. G., & Zabala. (1978). La previsión del futuro en la empresa (III): El método Delphi. *Estudios Empresariales*(39), 13-24.
- MIDEPLAN. Ministerio de Planificación y Cooperación. (2005). *Atlas región de Aysén*. Santiago: Gobierno de Chile.
- Ministerio de Energía. (2014). *Agenda de energía. Un desafío país, progreso para todos*. Santiago: Gobierno de Chile.
- Ministerio de Energía. (2015). *Base para la planificación territorial en el desarrollo hidroeléctrico futuro. Resultados de la primera fase del estudio de cuencas*. Santiago: Gobierno de Chile.
- Ministerio de Energía. (2016a). *Energía 2050. Política energética de Chile*. Santiago: Gobierno de Chile.
- Ministerio de Energía. (2016b). *Energía abierta*. Obtenido de Centrales hidroeléctricas: <http://datos.energiaabierta.cl/dataviews/228007/centrales-hidroelectricas/>(Consulta: agosto, 2017)
- Ministerio de Energía. (2016c). *Estudio de cuencas. Análisis de las condicionantes para el desarrollo hidroeléctrico en las cuencas del Maule, Biobío, Toltén, Valdivia, Bueno, Puelo, Yelcho, Palena, Cisnes, Aysén, Baker y Pascua*. Santiago: Gobierno de Chile.
- Ministerio de Energía. (2017a). *¿Qué es un Objeto de Valoración?* Santiago: Gobierno de Chile.

- Ministerio de Energía. (2017b). *Hidroelectricidad sustentable*. Obtenido de <http://www.hidroelectricidadsustentable.gob.cl/entendimiento/cuenca/113/cuenca-del-rio-aysen> (Consulta: agosto, 2017)
- MOP. Ministerio de Obras Públicas. (2013). *Estrategia Nacional de Recursos Hídricos 2012-2025*. Santiago: DGA. Dirección General de Aguas.
- Nuevo Delaunay, A., Méndez, C., Reyes, O., & Trejo, V. (2012). Evaluando evidencias humanas en el margen bosque-estema (>900 MSNM) de Patagonia central: Cueva de Punta del Monte (Región de Aysén, Chile). *Magallania*(2), 127-144.
- Ordoñez Parrini, R. (2011). Metodología de identificación de impactos ambientales en pequeñas centrales hidroeléctricas de pasada en cauces naturales, estudio de caso. Santiago: Universidad de Chile.
- Pascual-Hortal, L., & Saura, S. (2006). Comparison and development of new graph-based landscape connectivity indices: towards the prioritization of habitat patches and corridors for conservation. *Landscape Ecology*(21), 959-967.
- Pérez López, C. (2004). Estadísticos robustos. En *Técnicas de análisis multivariante de datos. Aplicaciones con SPSS* (págs. 33-38). Madrid: Pearson Educación S.A.
- Rao, D. K., & Kumar, S. D. (2004). Spatial decision support system for watershed management. *Water Resources Management*(18), 407-423.
- Ratha, D., & Agrawal, V. (2014). Structural modeling and analysis of water resources development and management system: A Graph Theoretic Approach. *Water Resources Management*(28), 2981-2997.
- Ratha, D., & Agrawal, V. (2015). A digraph approach to evaluation and analysis of integrated watershed management system. *Journal of Hydrology*(525), 188-196.

- Recalde, M. Y., Bouille, D. H., & Girardin, L. O. (2015). Limitaciones para el desarrollo de energías renovables en Argentina. *Revista Problemas del Desarrollo*(46), 89-115.
- Reguant-Álvarez, M., & Torrado-Fonseca, M. (2016). El método Delphi. *REIRE, Revisda d'Innovació i Recerca en Educació*(1), 87-102.
- Retamal, M., Andreoli, A., Arumi, J. L., Rojas, J., & Parra, O. (2013). Gobernanza del agua y cambio climático: Fortalezas y debilidades del actual sistema de gestión del agua en Chile. Análisis interno. *Interciencia*, 38(1), 8-16.
- Romero, H., & Vásquez, A. (2005). Pertinencia y significado del ordenamiento territorial en Chile. *Urbano*(11), 91-99.
- Safavi, H. R., Golmohammadi, M. H., & Sandoval-Solis, S. (2015). Expert knowledge based modeling for integrated water resources planning and management in the Zayandehrub River Basin. *Journal of Hydrology*(528), 773-789.
- Sandoval-Solis, S., McKinney, D. C., & Loucks, D. P. (2011). Sustainability index for Water Resources Planning and Management. *Journal of Water Resources Planning and Management*(5), 381-390.
- Santana O., C., Falvey, M., Ibarra, M., & García, M. (2014). *Energías renovables en Chile: El potencial eólico, solar e hidroeléctrico de Arica a Chiloé*. Santiago: Ministerio de Energía. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ).
- SCMT. Sociedad Contractual Minera el Toqui. (2011). Expediente Ampliación Central Hidroeléctrica El Toqui CH El Toqui. *Declaración de Impacto Ambiental*. Obtenido de http://seia.sea.gob.cl/archivos/5c9_01_Descripcion_del_Proyecto.pdf (Consulta: octubre, 2017)
- Segura, P. (2010). Hidroaysén y Energía Austral quieren represar la patagonia y condenarla a convertirse en la gran pila de Chile. En S. Larraín, & P. Poo,

Conflictos por el agua en Chile: Entre los derechos humanos y las reglas del mercado (págs. 349-360). Santiago: Programa Chile Sustentable.

SERNATUR. Servicio Nacional de Turismo. (2016). *Territorios se preparan para la definición de polígonos de Zonas de Interés Turístico*. Obtenido de <https://www.sernatur.cl/territorios-se-preparan-para-definicion-de-los-poligonos-de-zonas-de-interes-turistico/>(Consulta:agosto, 2017)

Skulmoski, G. J. (2007). The Delphi method for graduated research. *Journal of Information Technology Education*(6), 1-21.

Toumi, O., Le Gallo, J., & Ben Rejeb, J. (2017). Assessment of Latin American sustainability. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*(78), 878-885.

Universidad de Chile. (2009). *Informe final estudio "Gestión integrada de los recursos hídricos en Chile"*. Santiago: Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Ciencias Ambientales y Recursos Renovables.

Valencia Agudelo, G. D., & Vasco Correa, C. A. (2012). La interconexión eléctrica de las Américas. *Perfil de Coyuntura económica*(19), 93-111.

Wang , L., Meng, W., Guo, H., & Zhang, Z. (2006). An interval fuzzy multiobjective watershed management model for the lake Qionghai watershed, China. *Water Resources Management*(20), 701-721.

Weng, S., Huang , G. H., & Li, Y. P. (2010). An integrated scenario-based multicriteria decision support system for water resources management and planning-A case study in the Haihe River Basin. *Expert Systems with Applications*(37), 8242-8254.

Xu, C. (Noviembre de 2008). www.MathWorks.com. Obtenido de <https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/22194-matrix-permanent?focused=5106905&tab=function> (Consulta: abril, 2017)

7. ANEXOS

Anexo 1: Matriz energética de Chile.

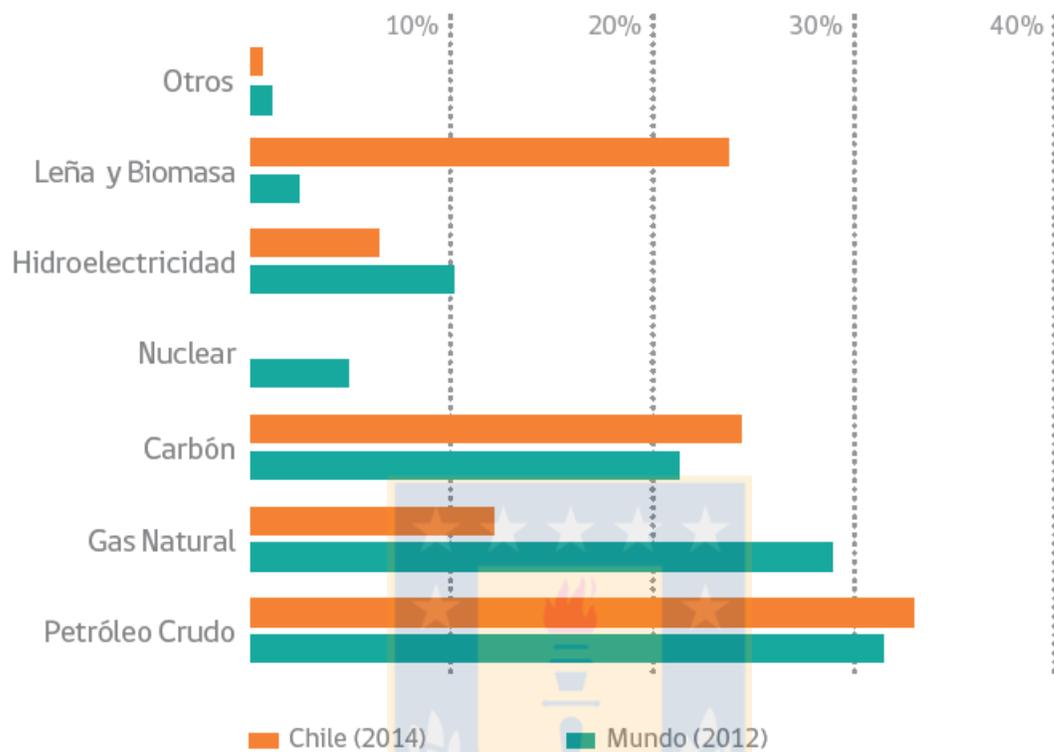


Figura 1: Matriz energética en Chile y el mundo al año 2012

Fuente: Ministerio de Energía, 2016a

Anexo 2: Definición de las categorías de Alto Valor de Conservación.

Caja 1: Las seis categorías de Alto Valor de Conservación

AVC 2 Ecosistemas y mosaicos a escala de paisaje

Ecosistemas y mosaicos de ecosistemas de gran tamaño a escala de paisaje e importantes a escala global, regional o nacional, y que contienen poblaciones viables de la gran mayoría de las especies presentes de manera natural bajo patrones naturales de distribución y abundancia.

AVC 1 Diversidad de especies

Concentraciones de diversidad biológica que contengan especies endémicas o especies raras, amenazadas o en peligro de extinción, y que son de importancia significativa a escala global, regional o nacional.

AVC 6 Valores culturales:

Sitios, recursos, hábitats y paisajes significativos por razones culturales, históricas o arqueológicas a escala global o nacional, o de importancia cultural, ecológica, económica, o religiosa o sagrada crítica para la cultura tradicional de las comunidades locales o pueblos indígenas.



AVC 3 Ecosistemas y hábitats

Ecosistemas, hábitats o refugios raros, amenazados o en peligro.

AVC 4 Servicios ecosistémicos

Servicios básicos del ecosistema en situaciones críticas, como la protección de áreas de captación de agua y el control de la erosión de suelos y laderas vulnerables.

AVC 5 Necesidades de las comunidades

Sitios y recursos fundamentales para satisfacer las necesidades básicas de las comunidades locales o grupos indígenas (para sus medios de vida, la salud, la nutrición, el agua, etc.), identificados mediante el diálogo con dichas comunidades o pueblos indígenas.

Fuente: Brown et al., 2013

Anexo 3: Definición de los Objetos de Valoración.

Tabla 1: Objetos de Valoración del tipo fluvial

OdV	Nombre	Definición
F.1	Especies fluviales en categoría de amenaza	Riqueza de especies en categoría de amenaza: En peligro crítico (CR), En peligro (EN), Casi amenazada (NT) Rara (R) y Vulnerable (VU)
F.2	Especies fluviales endémicas	Riquezas de especies fluviales endémicas.
F.3	Regimen hidrológicamente no alterado	Nivel de alteración entre el régimen hidrológico mediante presencia de obras civiles que lo alteren.
F.4	Regimen de sedimentos no alterado	Nivel de alteración de régimen y disponibilidad de sedimentos mediante la identificación de obras e intervenciones que alteren su naturalidad.
F.5	Sistemas fluviales con conectividad longitudinal a nivel de cauce	Sistemas fluviales con conectividad lateral no fragmentada.
F.6	Sistemas fluviales con conectividad longitudinal del corredor ripariano	Conectividad longitudinal con conectividad lateral no fragmentada.
F.7	Sistemas fluviales con conectividad lateral	Sistemas fluviales con conectividad lateral no fragmentada.
F.8	Accesibilidad a la red hidrográfica	Accesibilidad a hábitats en el río para especies fluviales por sub-subcuenca (SSC)
F.9	Sistemas fluviales con condiciones naturales de calidad físico-química del agua	Sistemas fluviales con condiciones naturales de calidad físicoquímica.
F.10	Sistemas fluviales morfológicamente intactos	Sub-subcuencas que presenten un menor grado de alteración en su morfología fluvial, mediante la

		evaluación de obras y actividades antrópicas que la alteren.
F.11	Comunidades fluviales con baja presencia de especies exóticas	Ecosistemas fluviales relativamente intervenidos desde la perspectiva de la presencia de especies exóticas.
F.12	Áreas fluviales críticas para la conservación de la biodiversidad	Existencia de hábitats importantes para la conservación de la biodiversidad de especies relacionadas al ambiente ripariano.
F.13	Ecosistemas lacustres	Existencia de lagos y lagunas
F.14	Glaciares	Presencia de glaciares

Fuente: Ministerio de Energía, 2016c



Tabla 2: Objetos de Valoración de tipo terrestre

OdV	Nombre	Definición
T.1	Especies terrestres en categoría de amenaza (Flora y fauna)	Especies terrestres en categorías de amenaza: En peligro crítico (CR), En peligro (EN), Casi amenazada (NT) Rara (R) y Vulnerable (VU)
T.2	Especies terrestres endémicas	Riqueza de especies terrestres endémicas
T.3	Áreas terrestres críticas para la conservación de la biodiversidad o singularidad de especies	Áreas de uso temporal crítico (refugios, reproducción, cría, migración, alimentos o hibernación)
T.4	Áreas de paisaje terrestre natural	Cuencas con pocos impactos que tengan efectos sobre la hidrología – suelo –contaminación del agua
T.5	Paisaje natural no fragmentado	Ausencia o baja fragmentación del paisaje natural por sub-subcuenca.
T.7	Ecosistemas terrestres azonales	Identifica ecosistemas particulares con extensión particular reducida o restringida, asociada a condiciones edáficas particulares.
T.8	Ecosistemas terrestres en categoría de amenaza	Identificación de ecosistemas terrestres que están categorizados como amenazados según la evaluación de la Lista Roja de Ecosistemas de Chile
T.9	Protección frente a la erosión	Servicio ecosistémico de protección frente a la erosión. Identificación de áreas críticas para mantener y regular el régimen fluvial o calidad de agua y controlar la erosión y estabilidad del terreno.

T.10	Parques nacionales	Todas las áreas definidas oficialmente como parques nacionales.
T.11	Áreas oficiales de conservación excluyendo parques nacionales	Áreas protegidas de carácter oficial y público, exceptuando parques nacionales, monumentos nacionales, bienes nacionales protegidos y santuarios de la naturaleza.
T.12	Áreas de conservación de interés privado y sitios prioritarios	Áreas consideradas como sitios prioritarios para la conservación por el Ministerio de Medio Ambiente y áreas protegidas de interés privado.

Fuente: Ministerio de Energía, 2016c



Tabla 3: Objetos de Valoración de tipo social

OdV	Nombre	Definición
S.1	Conectividad fluvial	Existencia de obras o instalaciones fluviales que satisfacen las necesidades de movilidad, conectividad, accesibilidad y transporte.
S.2	Agua Potable Rural (APR)	Existencia de servicio prestado en áreas rurales o agrícolas para satisfacer la necesidad de agua potable.
S.3	Sistema de agua potable	Existencia de servicio prestado en áreas urbanas para satisfacer la necesidad de agua potable.

Fuente: Ministerio de Energía, 2016c



Tabla 4: Objetos de Valoración de tipo cultural

OdV	Nombre	Definición
C.1	Monumento histórico	Existencia de monumentos que, por su calidad e interés histórico o artístico o por su antigüedad, se ha declarado como tales por el Consejo de Monumentos Nacionales.
C.2	Zona típica	Existencia de bienes inmuebles urbanos o rurales, que constituyen una unidad de asentamiento representativo de la comunidad humana y que destacan por la unidad estilística, su materialidad o técnicas constructivas (CMN).
C.3	Sitio arqueológico	Existencia de bienes muebles o inmuebles, que por su valor histórico o artístico o por su antigüedad deben ser conservados para el conocimiento o disfrute de las generaciones presentes y futuras.
C.4	Cementerio y/o sitio de culto	Existencia de lugar o monumento que permite recordar o conmemorar a personas fallecidas.
C.5	Sitio de alto valor paisajístico	Identificación de sitios atractivos para contemplar el entorno natural, dadas por sus características únicas y particulares.
C.6	Fiestas y costumbres	Existencia de actividades que son parte de la tradición de una comunidad o sociedad y que están profundamente relacionados con su identidad, su carácter único y su historia.

Fuente: Ministerio de Energía, 2016c

Tabla 5: Objetos de Valoración de tipo productivo

OdV	Nombre	Definición
P.1	Producción agrícola	Relevancia económica o valor agregado de la actividad agrícola.
P.2	Producción forestal	Relevancia económica o valor agregado del sector forestal.
P.3	Servicios sanitarios	Relevancia económica o valor agregado de los servicios sanitarios.
P.4	Actividad minera	Presencia de actividad minera determinado por la existencia de faenas mineras
P.5	Actividad turística	Presencia de actividad turística medida por la existencia de Zonas de Interés Turístico (ZOIT)
P.6	Actividad acuícola	Valor agregado de la actividad acuícola.

Fuente: Ministerio de Energía, 2016c

Tabla 6: Objetos de valoración de tipo fiordo

OdV	Nombre	Definición
Fi.1	Cambio de caudales sobre el ecosistema fiordos	Razón entre el caudal de un tramo fluvial y su desembocadura. Se utilizan caudales reportados en la Dirección General de Aguas.

Fuente: Ministerio de Energía, 2016c



Anexo 4: Programa Matlab para calcular la función permanente.

```
function P = permanent_final(w)

    if isempty(w)
        P = [];
        return
    end

    [N,M] = size(w);

    if N > M
        w = w.';
        [N,M] = deal(M,N);
    end

    if N == 1
        P = sum(w);
        return
    end

    if N == M
        cols = 1:N;
    else
        cols = nchoosek(1:M,N);
    end
    end
    cN = perms(1:N);

    P = 0;
    for i = 1:size(cols,1)
        P_i = w(cN(:,1),cols(i,1));

        for j = 2:N
            P_i = P_i .* w(cN(:,j),cols(i,j));
        end

        P = P + sum(P_i);
    end
end
```



Fuente: Adaptado de Xu, 2008

Anexo 5: Información curricular del panel de expertos.

1. Alejandra Zurita Coronado

Profesión y Grado Académico: Ingeniera ambiental.

Especialidad: Proyecto de Ministerio de Energía “Análisis de las condicionantes para el Desarrollo Hidroeléctrico de las cuencas de los ríos Palena, Cisnes, Aysén, Baker y Pascua, desde el potencial de generación a las dinámicas socio-ambientales”

2. Andrés de la Fuente

Profesión y Grado Académico: Ingeniero agrónomo.

Especialidad: Trabajo en Sistemas de Información Geográfica.

3. Carlos Olivares Sepúlveda

Profesión y Grado Académico: Ingeniero civil mención hidráulica y ambiental. MSc. en Ingeniería civil mención hidráulica y ambiental.

Especialidad: División de Desarrollo Sustentable Ministerio de Energía. Estudios hidrológicos para generación eléctrica.

4. Claudio Valdovinos Zarges

Profesión y Grado Académico: Licenciado en biología. Dr. en ciencias mención zoología.

Especialidad: Ecología bentónica de sistemas continentales y marinos; biodiversidad de invertebrados acuáticos; ecología y conservación de aguas continentales.

5. Cristian Frene Conget

Profesión y Grado Académico: Ingeniero forestal. Dr. en Ecología.

Especialidad: Desarrollo rural con énfasis en el manejo de bosques nativos; gestión territorial e investigación relacionada con el bosque nativo, con énfasis en el manejo integrado de cuencas para la provisión de agua a comunidades humanas.

6. Cristian Vargas Gálvez

Profesión y Grado Académico: Biólogo marino. Dr. en oceanografía.

Especialidad: Ciclos biogeoquímicos en el continuo río-mar, impactos antropogénicos y tramas tróficas, cambio climático y acidificación, funcionamiento de ecosistemas de estuarios y fiordos.

7. Esteban Toha González

Profesión y Grado Académico: Geógrafo, MSc en Geografía.

Especialidad: gestión y diseño de sistemas de información para planificación y ordenamiento territorial y gestión de investigación científica; investigación científica aplicada y consultorías relacionadas con la evaluación económica y social de políticas públicas medioambientales.

8. Evelyn Habit Conejeros

Profesión y Grado Académico: Biólogo, Dr. en Ciencias Ambientales.

Especialidad: Ecología y conservación de peces de agua dulce, ecología y gestión de sistemas fluviales y lacustres.

9. Felipe Vásquez Lavín

Profesión y Grado Académico: Ingeniero comercial. Dr. en Economía agraria y recursos naturales.

Especialidad: Economía del cambio climático, economía de los recursos hídricos, valoración económica de servicios ambientales y economía de la salud.

10. Gerardo Azócar García

Profesión y Grado Académico: Geógrafo. Dr. en Ciencias Ambientales

Especialidad: Planificación y Ordenamiento del Territorio: Desarrollo regional y transformaciones territoriales. Sustentabilidad Ambiental de los procesos de desarrollo urbano. Influencia del paisaje en el desarrollo urbano y la calidad de vida.

11. Juan Pablo Cerda

Profesión y Grado Académico: Ingeniero Forestal, Magister en Ciencias, Planificación bajo incertidumbre y de riesgo.

Especialidad: servicios de consultoría de proyectos energéticos; agricultura; minería; infraestructura y que creen en hacer las cosas de la manera correcta.

12. Laura Catalán Barredo

Encargada programa agua dulce WWF.

Cuenta con experiencia en trabajos de investigación científica, gestión de recursos hídricos y cursos de formación profesional, en Chile y el extranjero.

13. Luca Mao

Profesión y Grado Académico: Bc. S Ciencias Forestales y Ambientales, Ph. D. Gestión de Cuencas Ambiental.

Especialidad: Geomorfología fluvial, hidrología, manejo de cuencas hidrográficas.

14. Marcelo Olivares Acuña

Profesión y Grado Académico: Ingeniero Industrial, Dr En Dirección de Operaciones y Medio Ambiente en Estadística.

Especialidad: Investigación en trabajos empíricos en diversas áreas de gestión y operaciones. Jefe de proyecto estudio de cuencas grupo Valdivia, Bueno, Puelo y Yelcho.

15. Oscar Link Lazo

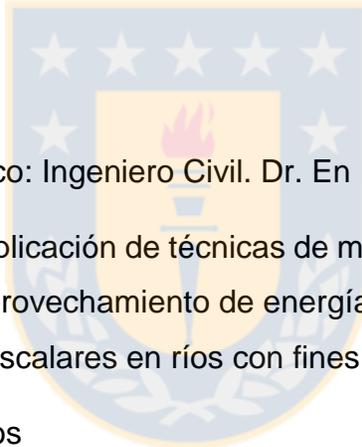
Profesión y Grado Académico: Ingeniero Civil. Dr. En Ingeniería

Especialidad: Desarrollo y aplicación de técnicas de medición y modelación, para el estudio de escurrimiento, aprovechamiento de energía, transporte de sedimentos y transporte de propiedades escalares en ríos con fines de diseño de obras civiles.

16. Oscar Parra Barrientos

Profesión y Grado Académico: Licenciado en Biología, Dr. en Recursos Naturales

Especialidad: Taxonomía y ecología de algas de agua dulce, calidad del agua y contaminación acuática y gestión de recursos hídricos.



17. Patricio Muñoz Proboste

Profesión y Grado académico: Ingeniero Civil, Universidad de Concepción.

Especialidad: Hidráulica, hidrología e ingeniería sanitaria. Ingeniero de proyecto de Ministerio de Energía “Análisis de las condicionantes para el Desarrollo Hidroeléctrico de las cuencas de los ríos Palena, Cisnes, Aysén, Baker y Pascua, desde el potencial de generación a las dinámicas socio-ambientales”

18. Patricio Pliscoff Varas

Profesión y Grado Académico: Geógrafo. Dr. en Ciencias Biológicas.

Especialidad: Biogeografía, conservación biológica y ecología, centrandó su trabajo en el análisis de los patrones de distribución espacial de la biodiversidad y en la definición de prioridades de conservación.

19. Roberto Ponce Oliva

Profesión y Grado Académico: Ingeniero comercial. Dr. en Ciencias y gestión del cambio climático.

Especialidad: Economía ambiental y sustentabilidad, economía de recursos hídricos y economía del cambio climático.

20. Roberto Urrutia Pérez

Profesión y Grado Académico: Biólogo. Dr. en Ciencias Ambientales

Especialidad: Limnología, cambio climático, restauración de ecosistemas lacustres y contaminación ambiental.

21. Rodrigo Fuster Gómez

Profesión y Grado Académico: Ingeniero Agrónomo, Dr en Ciencias y Tecnologías Ambientales.

Especialidad: Gestión de Recursos hídricos, gestión territorial.

22. Sebastián Vicuña Díaz

Profesión y Grado Académico: Ingeniero Civil. Dr. en Ingeniería Civil y Ambiental.

Especialidad: ingeniería en gestión integrada de los recursos hídricos a nivel de cuenca, efectos del cambio climático sobre los recursos hídricos y exploración de estrategias de adaptación de impactos asociados.



Anexo 6: Preguntas de la encuesta aplicada.

Preguntas de estado:

1. Sobre el OdV 1 "Especies fluviales en categoría de amenaza" y con la escala presentada, ¿Cuál cree usted que es el valor que tienen las especies fluviales en categoría de amenaza en cada subcuenca?
2. Sobre el OdV 2 "Accesibilidad a la red hidrográfica" y con la escala presentada, ¿Cuál cree usted que es el nivel de accesibilidad que tienen las especies a los hábitats en el río?
3. Sobre el OdV 3 "Áreas fluviales críticas para la conservación de la biodiversidad" y con la escala presentada, ¿Cuál cree usted que es el valor que tienen estas áreas en cada subcuenca?
4. Sobre el OdV 4 "Glaciares" y con la escala presentada, ¿Cuál cree usted que es valor que tienen los glaciares en cada subcuenca?
5. Sobre el OdV 5 "Especies terrestres en categoría de amenaza (Flora y Fauna)" y según la escala presentada, ¿Cuál cree que es el valor que se le da a las especies terrestres en categoría de amenaza en cada subcuenca?
6. Sobre el OdV 6 "Especies terrestres endémicas" y con la escala presentada, ¿Cuál cree que es el valor que se le da a las especies terrestres endémicas en cada subcuenca?
7. Sobre el OdV 6 "Especies terrestres endémicas" y con la escala presentada, ¿Cuál cree que es el valor que se le da a las especies terrestres endémicas en cada subcuenca?
8. Sobre el OdV 8 "Protección frente a la erosión" y según la escala presentada, ¿Cuál cree usted que es el valor de este servicio ecosistémico en cada subcuenca?
9. Sobre el OdV 9 "Conectividad fluvial" y con la escala presentada, ¿Cuál cree usted que es valor de las obras de conectividad en cada subcuenca?

10. Sobre el OdV 10 "Agua Potable Rural (APR)" y con la escala presentada, ¿Cuál cree usted que es valor del acceso a agua potable para las comunidades rurales en cada subcuenca?
11. Sobre el OdV 11 "Sistema de agua potable" y con la escala presentada, ¿Cuál cree usted que es valor del acceso a agua potable en las zonas urbanadas de cada subcuenca?
12. Sobre el OdV 12 "Monumento histórico" y con la escala presentada, ¿Cuál cree usted que es valor de los monumentos históricos en cada subcuenca?
13. Sobre el OdV 13 "Producción agrícola" y con la escala presentada, ¿Cuál cree usted que es valor de esta actividad en cada subcuenca?
14. Sobre el OdV 14 "Producción forestal" y con la escala presentada, ¿Cuál cree usted que es valor de esta actividad en cada subcuenca?
15. Sobre el OdV 15 "Actividad minera" y con la escala presentada, ¿Cuál cree que es valor de esta actividad en cada subcuenca?
16. Sobre el OdV 16 "Actividad acuícola" y con la escala presentada, ¿Cuál cree que es valor de esta actividad en cada subcuenca?

Preguntas de interacción:

17. En una escala de 0 a 3, ¿Cuál cree usted que es el nivel de interacción de las especies fluviales en categoría de amenaza con los subsistemas?
18. En una escala de 0 a 3, ¿Cuál cree usted que es el nivel de interacción de la accesibilidad a la red hidrográfica con los subsistemas?
19. En una escala de 0 a 3, ¿Cuál cree usted que es el nivel de interacción de las áreas críticas para la conservación de la biodiversidad con los subsistemas?
20. En una escala de 0 a 3, ¿Cuál cree usted que es el nivel de interacción de los glaciares con los subsistemas?
21. En una escala de 0 a 3, ¿Cuál cree usted que es el nivel de interacción de las especies terrestres en categoría de amenaza con los subsistemas?

22. En una escala de 0 a 3, ¿Cuál cree usted que es el nivel de interacción de las especies terrestres endémicas con los subsistemas?
23. En una escala de 0 a 3, ¿Cuál cree usted que es el nivel de interacción de las áreas de paisaje natural con los subsistemas?
24. En una escala de 0 a 3, ¿Cuál cree usted que es el nivel de interacción de la protección contra la erosión con los subsistemas?
25. En una escala de 0 a 3, ¿Cuál cree usted que es el nivel de interacción de las obras de conectividad fluvial con los subsistemas?
26. En una escala de 0 a 3, ¿Cuál cree usted que es el nivel de interacción del abastecimiento de agua potable en áreas rurales con los subsistemas y el potencial hidroeléctrico?
27. En una escala de 0 a 3, ¿Cuál cree usted que es el nivel de interacción del abastecimiento de agua potable en áreas urbanas con los subsistemas?
28. En una escala de 0 a 3, ¿Cuál cree usted que es el nivel de interacción de los monumentos históricos con los subsistemas?
29. En una escala de 0 a 3, ¿Cuál cree que es el nivel de interacción de la actividad agrícola con los subsistemas?
30. En una escala de 0 a 3, ¿Cuál cree usted que es el nivel de interacción la actividad forestal con los subsistemas?
31. En una escala de 0 a 3, ¿Cuál cree usted que es el nivel de interacción de la actividad minera con los subsistemas?
32. En una escala de 0 a 3, ¿Cuál cree usted que es el nivel de interacción de la actividad acuícola con los subsistemas?

Anexo 7: Resumen presencia de Objetos de Valoración por subcuenca.

En el presente anexo considerar RM: Río Mañihuales, RS: Río Simpson, RA: Río Aysén bajo junta Mañihuales y RR: Río Riesco.

1. Sistema fluvial

Tabla 1: Presencia del OdV F.1.

OdV F.1 Especies fluviales en categoría de amenaza												
Categoría	0%		<20%		20%-40%		40,1%-60%		60,1%-80%		>80%	
	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)
RM	1	254,8	1	465,5	3	1179,3	2	981,7	1	546,3	1	804,2
RS	0	0	3	1303,9	2	1014,8	3	861,9	1	177,9	0	0
RA	0	0	0	0	0	0	1	444,4	0	0	3	518,04
RR	0	0	0	0	3	1201,600	4	1550,700	0	0	1	147,1

Fuente: Elaboración propia en base a shapefile información territorial del Ministerio de Energía (2017b).

Tabla 2: Presencia del OdV F.3.

OdV F.3 Régimen hidrológicamente no alterado												
Categoría	0%		<20%		20%-40%		40,1%-60%		60,1%-80%		>80%	
	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)
RM	0	0	0	0	0	0	1	804,2	4	1853,4	4	1574,2
RS	0	0	0	0	0	0	1	464,4	2	691	6	2203,3
RA	1	66,24	0	0	1	190,5	0	0	0	0	2	705,7
RR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	2899,4

Fuente: Elaboración propia en base a shapefile información territorial del Ministerio de Energía (2017b).

Tabla 3: Presencia del OdV F.4.

OdV F.4 Régimen de sedimentos no alterado												
Categoría	0%		<20%		20%-40%		40,1%-60%		60,1%-80%		>80%	
Subcuenca	N° SSC	Área	N° SSC	Área	N° SSC	Área	N° SSC	Área	N° SSC	Área	N° SSC	Área
RM	0	0	0	0	0	0	0	0	1	465,51	8	3766,3
RS	0	0	0	0	0	0	2	881,52	5	1652,75	2	824,37
RA	1	66,24	0	0	0	0	0	0	1	190,52	2	705,78
RR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	2899,1

Fuente: Elaboración propia en base a shapefile información territorial del Ministerio de Energía (2017b).

Tabla 4: Presencia del OdV F.5.

OdV F.5 Sistemas fluviales con conectividad longitudinal a nivel de cauce												
Categoría	0%		<20%		20%-40%		40,1%-60%		60,1%-80%		>80%	
Subcuenca	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)
RM	0	0	0	0	1	143,66	5	3078,64	2	754,66	1	254,8
RS	0	0	1	464,36	4	1356,83	2	839,48	1	329,36	1	368,61
RA	2	256,76	0	0	1	261,33	0	0	0	0	1	444,45
RR	0	0	0	0	0	0	2	529,43	1	295,06	5	2074,6

Fuente: Elaboración propia en base a shapefile información territorial del Ministerio de Energía (2017b).

Tabla 5: Presencia del OdV F.6.

OdV F.6 Sistemas fluviales con conectividad longitudinal del corredor ripariano												
Categoría	0%		<20%		20%-40%		40,1%-60%		60,1%-80%		>80%	
Subcuenca	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)
RM	0	0	1	143,66	2	1392,71	3	1428,78	0	0	3	1266,6
RS	0	0	2	881,52	2	761,72	4	1346,79	1	368,61	0	0
RA	1	66,24	0	0	0	0	1	190,52	0	0	2	705,78
RR	0	0	0	0	0	0	2	686,73	3	1088,11	3	1124,3

Fuente: Elaboración propia en base a shapefile información territorial del Ministerio de Energía (2017b).

Tabla 6: Presencia del OdV F.7.

OdV F.7 Sistemas fluviales con conectividad lateral												
Categoría	0%		<20%		20%-40%		40,1%-60%		60,1%-80%		>80%	
Subcuenca	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)
RM	0	0	0	0	2	609,17	3	1700,27	3	1667,52	1	254,8
RS	0	0	1	177,95	2	579,66	2	1063,58	4	1537,45	0	0
RA	1	66,24	0	0	0	0	3	896,3	0	0	0	0
RR	0	0	0	0	1	391,67	0	0	3	1117,48	4	1390

Fuente: Elaboración propia en base a shapefile información territorial del Ministerio de Energía (2017b).

Tabla 7: Presencia del OdV F.8.

OdV F.8 Accesibilidad a la red hidrográfica												
Categoría	0%		<20%		20%-40%		40,1%-60%		60,1%-80%		>80%	
Subcuenca	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)
RM	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1943,82	6	2287,9
RS	1	646,42	1	115,3	0	0	0	0	0	0	7	2596,9
RA	0	0	0	0	0	0	1	190,52	0	0	3	772,02
RR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	2899,1

Fuente: Elaboración propia en base a shapefile información territorial del Ministerio de Energía (2017b).

Tabla 8: Presencia del OdV F.9.

OdV F.9 Sistemas fluviales con condiciones naturales de calidad físico-química del agua				
Categoría	Se identifica el OdV		No se identifica el OdV	
Subcuenca	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)
RM	8	3766,25	1	465,51
RS	5	2183,87	4	1174,77
RA	8	962,54	0	0
RR	4	2899,12	0	0

Fuente: Elaboración propia en base a shapefile información territorial del Ministerio de Energía (2017b).

Tabla 9: Presencia del OdV F.10

OdV F.10 Sistemas fluviales morfológicamente intactos												
Categoría	0%		<20%		20%-40%		40,1%-60%		60,1%-80%		>80%	
Subcuenca	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)
RM	0	0	0	0	2	947,85	1	307,56	5	2387,83	1	588,52
RS	0	0	0	0	1	417,16	4	1119,19	3	1175,87	1	646,42
RA	1	66,24	0	0	0	0	1	190,52	0	0	2	705,78
RR	0	0	0	0	1	391,67	1	147,07	0	0	6	2360,4

Fuente: Elaboración propia en base a shapefile información territorial del Ministerio de Energía (2017b).

Tabla 10: Presencia del OdV F.11.

OdV F.11 Comunidades fluviales con baja presencia de especies exóticas												
Categoría	0%		<20%		20%-40%		40,1%-60%		60,1%-80%		>80%	
Subcuenca	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)
RM	8	3685,5	0	0	1	546,3	0	0	0	0	0	0
RS	9	3358,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RA	3	701,21	0	0	0	0	0	0	1	261,33	0	0
RR	6	2111,3	2	787,84	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia en base a shapefile información territorial del Ministerio de Energía (2017b).

Tabla 11: Presencia del OdV F.13.

OdV F.12 Áreas fluviales críticas para la conservación de la biodiversidad												
Categoría	0%		<20%		20%-40%		40,1%-60%		60,1%-80%		>80%	
Subcuenca	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)
RM	0	0	0	0	5	2448,98	4	1782,78	0	0	0	0
RS	0	0	0	0	2	483,91	5	2279,62	1	417,16	1	177,95
RA	0	0	1	66,24	1	261,33	1	444,45	0	0	1	190,52
RR	0	0	0	0	1	391,67	6	2360,38	1	147,07	0	0

Fuente: Elaboración propia en base a shapefile información territorial del Ministerio de Energía (2017b).

Tabla 12: Presencia del OdV F.14.

OdV F.13 Ecosistemas lacustres												
Categoría	0%		<20%		20%-40%		40,1%-60%		60,1%-80%		>80%	
Subcuenca	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)
RM	0	0	1	720,31	4	1983,47	2	981,68	1	546,3	0	0
RS	0	0	3	845,49	3	1210,88	4	1302,27	0	0	0	0
RA	2	256,76	0	0	0	0	0	0	1	261,33	1	444,45
RR	0	0	0	0	0	0	4	1537,96	2	817,92	2	543,24

Fuente: Elaboración propia en base a shapefile información territorial del Ministerio de Energía (2017b).

Tabla 13: Presencia del OdV F.14.

OdV F.14 Glaciares				
Categoría	Se identifica el OdV		No se identifica el OdV	
Subcuenca	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)
RM	0	0	9	4231,76
RS	0	0	9	3358,64
RA	0	0	5	962,52
RR	2	640,81	6	2258,31

Fuente: Elaboración propia en base a shapefile información territorial del Ministerio de Energía (2017b).

2. Sistema terrestre.

Tabla 14: Presencia del OdV T.1 con respecto a especies de fauna.

OdV T.1 Especies terrestres en categoría de amenaza (Fauna)						
Categoría	Alto (>20%)		Medio (10%-20%)		Bajo (0%-10%)	
Subcuenca	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)
RM	9	4231,96	0	0	0	0
RS	9	3358,81	0	0	0	0
RA	4	962,54	0	0	0	0
RR	8	2899,12	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia en base a shapefile información territorial del Ministerio de Energía (2017b).

Tabla 15: Presencia del OdV T.1 con respecto a especies de fauna.

OdV T.1 Especies terrestres en categoría de amenaza (Flora)						
Categoría	Alto		Medio		Bajo	
Subcuenca	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)
RM	7	2980,47	2	1251,29	0	0
RS	6	2334,18	3	1024,46	0	0
RA	1	444,45	3	518,09	0	0
RR	2	772	6	2127,12	0	0

Fuente: Elaboración propia en base a shapefile información territorial del Ministerio de Energía (2017b).

Tabla 16: Presencia del OdV T.2 con respecto a especies de fauna.

OdV T.2 Especies terrestres endémicas (Fauna)						
Categoría	Alto (>20%)		Medio (10%-20%)		Bajo (0%-10%)	
Subcuenca	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)
RM	9	4231,96	0	0	0	0
RS	8	2990,2	1	368,61	0	0
RA	4	962,54	0	0	0	0
RR	8	2899,12	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia en base a shapefile información territorial del Ministerio de Energía (2017b).

Tabla 17: Presencia del OdV T.2 con respecto a especies de fauna.

OdV T.2 Especies terrestres endémicas (Flora)						
Categoría	Alto (>20%)		Medio (10%-20%)		Bajo (0%-10%)	
Subcuenca	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)
RM	9	4231,96	0	0	0	0
RS	9	3358,81	0	0	0	0
RA	4	962,54	0	0	0	0
RR	8	2899,12	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia en base a shapefile información territorial del Ministerio de Energía (2017b).

Tabla 18: Presencia del OdV T.3.

OdV T.3 Áreas terrestres críticas para la conservación de la biodiversidad o singularidad de especies						
Categoría	Alto (>20%)		Medio (10%-20%)		Bajo (0%-10%)	
Subcuenca	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)
RM	0	0	0	0	9	4231,96
RS	0	0	0	0	9	3358,81
RA	0	0	0	0	4	962,54
RR	0	0	0	0	8	2899,12

Fuente: Elaboración propia en base a shapefile información territorial del Ministerio de Energía (2017b).

Tabla 19: Presencia del OdV T.4.

OdV T.4 Áreas de paisaje terrestre natural						
Categoría	Alto (>20%)		Medio (10%-20%)		Bajo (0%-10%)	
Subcuenca	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)
RM	9	4231,96	0	0	0	0
RS	9	3358,81	0	0	0	0
RA	4	962,54	0	0	0	0
RR	8	2899,12	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia en base a shapefile información territorial del Ministerio de Energía (2017b).

Tabla 20: Presencia del OdV T.5.

OdV T.5 Paisaje natural no fragmentado						
Categoría	Alto (>5,2)		Medio (2,6-5,2)		Bajo (0-2,6)	
Subcuenca	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)
RM	6	3011,59	3	1220,17	0	0
RS	4	1663,85	3	1162,33	2	532,46
RS	0	0	0	0	4	962,54
RR	0	0	1	514,79	7	2384,33

Fuente: Elaboración propia en base a shapefile información territorial del Ministerio de Energía (2017b).

Tabla 21: Presencia del OdV T.7.

OdV T.7 Ecosistemas terrestres azonales						
Categoría	Alto (>20%)		Medio (10%-20%)		Bajo (0%-10%)	
Subcuenca	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)
RM	0	0	0	0	9	4231,96
RS	0	0	0	0	9	3358,81
RA	0	0	0	0	4	962,54
RR	0	0	0	0	8	2899,12

Fuente: Elaboración propia en base a shapefile información territorial del Ministerio de Energía (2017b).

Tabla 22: Presencia del OdV T.8.

OdV T.8 Ecosistemas terrestres en categoría de amenaza						
Categoría	Alto (>20%)		Medio (10%-20%)		Bajo (0%-10%)	
Subcuenca	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)
RM	1	804,19	0	0	8	3427,57
RS	3	1302,27	0	0	6	2056,37
RA	0	0	0	0	4	962,54
RR	0	0	0	0	8	2899,12

Fuente: Elaboración propia en base a shapefile información territorial del Ministerio de Energía (2017b).

Tabla 23: Presencia del OdV T.9.

OdV T.9 Protección frente a la erosión						
Categoría	Alto (>90%)		Medio (80%-90%)		Bajo (0-80%)	
Subcuenca	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)
RM	6	2434,17	2	993,4	1	804,19
RS	4	1174,85	3	1541,48	2	642,31
RA	3	896,3	1	66,24	0	0
RR	3	1236,1	4	1266,85	1	396,17

Fuente: Elaboración propia en base a shapefile información territorial del Ministerio de Energía (2017b).

Tabla 24: Presencia del OdV T.10.

OdV T.10 Parques nacionales						
Categoría	Alto (>20%)		Medio (10%-20%)		Bajo (0%-10%)	
Subcuenca	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)
RM	0	0	0	0	9	4231,76
RS	0	0	0	0	9	3358,64
RA	0	0	0	0	4	962,54
RR	0	0	0	0	8	2899,12

Fuente: Elaboración propia en base a shapefile información territorial del Ministerio de Energía (2017b).

Tabla 25: Presencia del OdV T.11.

OdV T.11 Áreas oficiales de conservación excluyendo parques nacionales						
Categoría	Alto (>20%)		Medio (10%-20%)		Bajo (0%-10%)	
Subcuenca	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)
RM	0	0	0	0	9	4231,76
RS	5	1652,75	0	0	4	1705,89
RA	0	0	0	0	4	962,54
RR	3	1236,1	0	0	5	1663,02

Fuente: Elaboración propia en base a shapefile información territorial del Ministerio de Energía (2017b).

Tabla 26: Presencia del OdV T.12.

OdV T.12 Áreas de conservación de interés privado y sitios prioritarios						
Categoría	Alto (>20%)		Medio (10%-20%)		Bajo (0%-10%)	
Subcuenca	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)
RM	0	0	0	0	9	4231,76
RS	0	0	0	0	9	3358,64
RA	0	0	0	0	4	962,54
RR	1	345,75	0	0	7	2553,37

Fuente: Elaboración propia en base a shapefile información territorial del Ministerio de Energía (2017b).

3. Sistema sociocultural

Tabla 27: Presencia del OdV S.1.

OdV S.1 Conectividad fluvial								
Categoría	Alto (16-29)		Medio (7-15)		Bajo (1-6)		Sin conectividad fluvial	
Subcuenca	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)
RM	2	1139,63	4	1392,71	2	1444,62	1	254,8
RS	3	1359,42	3	1192,98	3	806,24	0	0
RA	0	0	0	0	3	896,3	1	66,24
RR	0	0	1	426,25	4	1597,69	3	875,18

Fuente: Elaboración propia en base a shapefile información territorial del Ministerio de Energía (2017b).

Tabla 28: Presencia del OdV S.2.

OdV S.2 Agua Potable Rural (APR)								
Categoría	Alto (>90%)		Medio (50%-90%)		Bajo (<50%)		No se identifica el OdV	
Subcuenca	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)
RM	2	1262,64	1	143,66	0	0	6	2825,46
RS	1	329,36	3	1147,35	1	464,36	4	1417,57
RA	0	0	0	0	0	0	4	962,54
RR	0	0	0	0	0	0	8	2899,12

Fuente: Elaboración propia en base a shapefile información territorial del Ministerio de Energía (2017b).

Tabla 29: Presencia del OdV S.3.

OdV S.3 Sistema de agua potable								
Categoría	Alto (>90%)		Medio (50%-90%)		Bajo (<50%)		No se identifica el OdV	
Subcuenca	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)
RM	0	0	0	0	0	0	9	4231,76
RS	2	654,88	0	0	0	0	7	2703,76
RA	1	190,52	0	0	0	0	3	772,02
RR	0	0	0	0	0	0	8	2899,12

Fuente: Elaboración propia en base a shapefile información territorial del Ministerio de Energía (2017b).

Tabla 30: Presencia del OdV C.1

OdV C.1 Monumento histórico								
Categoría	Alto		Medio		Bajo		No se identifica el OdV	
Subcuenca	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)
RM	0	0	0	0	0	0	9	4231,76
RS	1	464,36	0	0	0	0	8	2894,28
RA	1	190,52	0	0	0	0	3	772,02
RR	0	0	0	0	0	0	8	2899,12

Fuente: Elaboración propia en base a shapefile información territorial del Ministerio de Energía (2017a).

Tabla 31: Presencia del OdV C.3.

OdV C.3 Sitio arqueológico								
Categoría	Alto (>8)		Medio (6-7)		Bajo (3-5)		No se identifica el OdV	
Subcuenca	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)
RM	0	0	0	0	0	0	9	4231,76
RS	1	646,42	0	0	0	0	8	2894,28
RA	0	0	0	0	0	0	4	962,54
RR	0	0	0	0	0	0	8	2899,12

Fuente: Elaboración propia en base a shapefile información territorial del Ministerio de Energía (2017b).

Tabla 32: Presencia del OdV C.5.

OdV C.5 Sitios de alto valor paisajístico								
Categoría	Alto (>8)		Medio (6-7)		Bajo (3-5)		Sin valor	
Subcuenca	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)
RM	0	0	0	0	0	0	9	4231,76
RS	0	0	1	464,36	0	0	8	2894,28
RA	0	0	0	0	0	0	4	962,54
RR	0	0	0	0	0	0	8	2899,12

Fuente: Elaboración propia en base a shapefile información territorial del Ministerio de Energía (2017b).

Tabla 33: Presencia del OdV C.6.

OdV C.6 Fiestas y costumbres								
Categoría	Alto (>8)		Medio (6-7)		Bajo (3-5)		Sin valor	
Subcuenca	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)
RM	0	0	0	0	0	0	9	4231,76
RS	0	0	0	0	0	0	9	3358,64
RA	1	190,52	0	0	0	0	3	772,02
RR	0	0	0	0	0	0	8	2899,12

Fuente: Elaboración propia en base a shapefile información territorial del Ministerio de Energía (2017b).

Tabla 34: Presencia del OdV P.1.

OdV P.1 Producción agrícola						
Categoría	Alto (>20%)		Medio (10%-20%)		Bajo (<10%)	
Subcuenca	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)
RM	2	1392,71	4	1829,59	3	1009,46
RS	7	2660,67	0	0	2	697,97
RA	0	0	2	256,76	2	705,78
RR	0	0	0	0	8	2899,12

Fuente: Elaboración propia en base a shapefile información territorial del Ministerio de Energía (2017b).

Tabla 35: Presencia del OdV P.2.

OdV P.2 Producción forestal						
Categoría	Alto (>20%)		Medio (10%-20%)		Bajo (<10%)	
Subcuenca	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)
RM	1	465,51	6	2707,26	2	1058,99
RS	1	361,58	6	2150,55	2	846,51
RA	1	66,24	2	634,97	1	261,33
RR	0	0	2	817,92	6	2081,2

Fuente: Elaboración propia en base a shapefile información territorial del Ministerio de Energía (2017b).

Tabla 36: Presencia del OdV P.3.

OdV P.3 Servicios sanitarios								
Categoría	Alto (>1,35)		Medio (0,4-1,35)		Bajo (<0,4)		Sin valor	
Subcuenca	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)
RM	0	0	0	0	0	0	9	4231,76
RS	1	464,36	0	0	1	477,9	7	1956,86
RA	1	190,52	0	0	0	0	3	771,6
RR	0	0	0	0	0	0	8	2899,12

Fuente: Elaboración propia en base a shapefile información territorial del Ministerio de Energía (2017b).

Tabla 37: Presencia del OdV P.4.

OdV P.4 Actividad minera								
Categoría	Alto (>31)		Medio (NA)		Bajo (<31)		Sin valor	
Subcuenca	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)
RM	1	465,51	0	0	0	0	8	3766,25
RS	0	0	0	0	0	0	9	3358,64
RA	0	0	0	0	0	0	4	962,54
RR	0	0	0	0	0	0	8	2899,12

Fuente: Elaboración propia en base a shapefile información territorial del Ministerio de Energía (2017b).

Tabla 38: Presencia del OdV P.5.

OdV P.5 Actividad turística								
Categoría	Alto (>50%)		Medio (25%-50%)		Bajo (<25%)		No se identifica el OdV	
Subcuenca	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)	N° SSC	Área (km ²)
RM	0	0	0	0	3	1027,87	6	3203,89
RS	0	0	0	0	0	0	9	3358,64
RA	0	0	0	0	1	444,45	3	518,09
RR	0	0	0	0	4	1302,67	4	1596,45

Fuente: Elaboración propia en base a shapefile información territorial del Ministerio de Energía (2017b).

Tabla 39: Presencia del OdV P.6.

OdV P.6 Actividad acuícola								
Categoría	Alto (>3)		Medio (2)		Bajo (<1)		Sin valor	
Subcuenca	N° SSC	Área (km ²)						
RM	2	1054,03	1	447,1	1	307,56	5	2423,07
RS	2	778,74	1	646,42	1	115,3	5	1818,18
RA	0	0	1	190,52	2	705,78	1	66,24
RR	0	0	2	787,84	1	426,25	5	1685,03

Fuente: Elaboración propia en base a shapefile información territorial del Ministerio de Energía (2017b).



Anexo 8: Objetos de Valoración seleccionados para evaluar.

FLUVIAL	<ul style="list-style-type: none">•F.1 Especies fluviales en categoría de amenaza.•F.8 Accesibilidad a la red hidrográfica.•F.13 Ecosistemas lacustres.•F.14 Flaciares.
TERRESTRE	<ul style="list-style-type: none">•T.1 Especies terrestres en categoría de amenaza.•T.2 Especies terrestres endémicas.•T.4 Áreas de paisaje terrestre natural.•T.9 Protección frente a la erosión.
SOCIOCULTURAL	<ul style="list-style-type: none">•S.1 Conectividad fluvial.•S.2 Agua Potable Rural (APR).•S.3 Sistema de agua potable.•C.1 Monumento histórico.
PRODUCTIVO	<ul style="list-style-type: none">•P.1 Producción agrícola.•P.2 Producción forestal.•P.4 Actividad minera.•P.6 Actividad acuícola.



Anexo 9: Valor medio de las respuestas a la encuesta.

Tabla A¹: Media a las respuestas sobre el estado de los Objetos de Valoración.

Sistema	N° Pregunta	RM	RS	RA	RR
Sistema fluvial	1	6	6	6	6
	2	6	6	6	7
	3	6	6	6	6
	4	6	7	6	7
Sistema terrestre	5	6	6	7	6
	6	7	7	7	7
	7	7	7	7	7
	8	6	7	7	7
Sistema sociocultural	9	6	6	5	5
	10	6	6	6	6
	11	6	6	6	6
	12	5	6	6	5
Sistema productivo	13	6	6	5	5
	14	6	6	6	5
	15	5	4	4	3
	16	5	4	5	4

Fuente: Elaboración propia.

¹ RM: Río Mañihuales; RS: Río Simpson; RA: Río Aysén bajo junta Mañihuales; RR: Río Riesco.

Tabla B²: Media a las respuestas de interacción de los Objetos de Valoración y los sistemas.

Sistema	N° Pregunta	F	T	SC	P	PH
Sistema fluvial	17	3	3	2	2	3
	18	3	2	2	2	2
	19	3	3	2	2	2
	20	2	2	2	2	2
Sistema terrestre	21	2	3	2	3	2
	22	2	3	2	2	2
	23	2	3	3	3	3
	24	3	3	3	3	2
Sistema sociocultural	25	3	2	2	2	2
	26	2	2	2	2	2
	27	2	2	2	2	2
	28	1	2	3	1	1
Sistema productivo	29	2	3	2	3	2
	30	2	3	2	3	2
	31	2	2	2	3	2
	32	3	1	3	2	2

Fuente: Elaboración propia.

² F: Sistema fluvial; T: Sistema terrestre; SC: Sistema sociocultural; P: Sistema productivo; PH: Potencial hidroeléctrico.