



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

CARACTERIZACIÓN DE CUENCAS Y SUBCUENCAS PARA UNA POSIBLE CONSTRUCCIÓN DE CENTRALES HIDROELÉCTRICAS ENTRE EL RÍO MAIPO Y EL RÍO YELCHO, CHILE

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERA CIVIL

ALLISON JACQUELINE CARRASCO GONZÁLEZ

PROFESOR GUÍA
ADOLFO OCHOA LLANGATO

MIEMBROS DE LA COMISIÓN
JORGE PULGAR ALLENDES
DAVID CAMPUSANO BROWN

SANTIAGO DE CHILE
2019

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR AL
TÍTULO DE: Ingeniera Civil
POR: Allison Jacqueline Carrasco González
FECHA: 07/01/2019
PROFESOR GUIA: Adolfo Ocho Llangato

CARACTERIZACIÓN DE CUENCAS Y SUBCUENCAS PARA UNA POSIBLE CONSTRUCCIÓN DE CENTRALES HIDROELÉCTRICAS ENTRE EL RÍO MAIPO Y EL RÍO YELCHO, CHILE

El presente trabajo de título consta de una extensa recopilación y análisis de bibliografía relacionada con las cuencas hidrográficas de Chile y su potencial hidroeléctrico, junto con la realización de entrevistas a expertos profesionales en el área de sustentabilidad. Como base para este informe, se utilizó el Primer Estudio de Cuencas elaborado para el Gobierno de Chile, en el que se da a conocer información de doce cuencas hidrográficas de Chile, de las cuales se seleccionan dos cuencas utilizando un criterio ingenieril y económico, asociado a decisiones de inversión como lo son el potencial hidroeléctrico, la cercanía a los centros de consumo de electricidad y a líneas de transmisión, además de considerar los lugares en donde existen proyectos anteriores.

Seleccionadas estas dos cuencas, fue posible conocer la ubicación de las potenciales centrales hidroeléctricas con las que sería posible generar el potencial hidroeléctrico disponible, de ser factible la construcción de estas. Se identificaron los elementos, acciones, actividades o atributos que se encuentran en estos territorios en particular, y que la sociedad considera valiosos, a los cuales se les identifica como Objetos de Valoración, pues para construir proyectos hidroeléctricos que sean aceptados por la sociedad se deben generar medidas de prevención o mitigación, de tal forma que estos Objetos de Valoración no se vean afectados, y si lo son, que se vean afectados de la menor manera posible. Para su tratamiento se obtuvieron sugerencias por parte de los expertos entrevistados para encontrar formas en que los Objetos de Valoración se vean mínimamente afectados. Estas sugerencias fueron complementadas con el contenido del Informe de Buenas Prácticas en hidroeléctricas chilenas.

Finalmente, conociendo los Objetos de Valoración, el potencial hidroeléctrico y las características que existen en la sub-subcuencas seleccionadas y gracias a las buenas prácticas conocidas de centrales en funcionamiento además de la opinión de los expertos entrevistados, es posible entregar información relevante a titulares de proyectos hidroeléctricos y a las comunidades que existen en los territorios involucrados. A los titulares se les puede entregar la información de los Objetos de Valoración que se encuentren en la cuenca y en la cercanía del futuro proyecto, e indicar cuáles serían las buenas prácticas que deberían considerar en su trabajo, mientras que a las comunidades, desde ya, se les debería aconsejar que exijan educación energética a las autoridades locales y sectoriales, como Ministerio de Energía, de tal forma que entiendan los riesgos y beneficios que trae consigo los proyectos hidroeléctricos que podrían instalarse en sus territorios.

A mi Padre Samuel, porque siempre he tratado de seguir tus pasos
Agradezco ser tu hija y te recuerdo cada día
Un beso al cielo.

Quiero agradecer a Miriam, mi madre, por el gran esfuerzo que ha hecho durante toda mi vida, de darme lo mejor, por apoyarme para que siempre pudiera estudiar tranquila. Por siempre estar presente en lo bueno y en lo malo, por ser la mejor madre que podría pedirle a la vida. Gracias por tanto, espero poder compensarte.

A Felipe, mi gran compañero de vida, mi pilar fundamental, el mejor consejero que podría tener, porque gracias a tus consejos he conseguido realizar con éxito mis metas. Simplemente te amo.

A Magdalena, mi abuela, por ser la persona que siempre está para apoyarnos cuando necesitamos de tu ayuda, la mejor enfermera y cocinera.

A Marcos, por ser una figura paterna, por ayudarme en todo lo que he necesitado y por estar siempre presente.

A Nelda, mi amiga de toda la vida, hemos crecido juntas y a pesar de no vernos tan seguido como antes, sé que nuestra relación de confianza y cariño no cambia.

A Angelica, solo las dos sabemos lo que se siente este gran transcurso por la U, gracias por los buenos momentos que hemos compartido.

A Don Adolfo Ochoa, por confiar en mi para ser el profesor guía de este trabajo de título, por todo el tiempo dedicado, su ayuda y compromiso. Muchas gracias.

A Don Jorge Pulgar, por aceptar ser parte de mi comisión, ayudarme a conseguir un espacio propio dentro de la universidad y resolver dudas.

A Don David Campusano, por aceptar ser parte de mi comisión, y por estar constantemente realizando sugerencias y revisando este trabajo de título.

A Marcelo Olivares, Matías Peredo, Pablo Durán, Esteban Toha, Meliza González, Carlos Olivares, Marcia Montedonico y Rodrigo Fuster por su tiempo y colaboración.

A los chiquillos del Mecesus, hicieron que trabajar en mi memoria fuera más entretenido.

Finalmente a los que me acompañaron en cada noche de desvelo fielmente, Maximiliano, Morgana, Zeus, Puca, Pelu, Loqui, Morita, Ñancuz, Silvestre, Princesa y Pintita.

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Objetivo General	2
1.2	Objetivos Específicos	2
1.3	Alcances.....	3
1.4	Hipótesis De Trabajo.....	3
2	MARCO CONCEPTUAL Y TEÓRICO	4
3	METODOLOGÍA	13
3.1	Identificar Algunas Cuencas Susceptibles De Recibir Proyectos Hidroeléctricos 13	
3.2	Metodología Para Caracterizar Las Sub-Subcuencas Identificadas	14
3.3	Metodología Para Seleccionar Sub-Subcuencas En Las Que Se Podría Establecer El Proyecto Hidroeléctrico	14
3.4	Entrevistas A Expertos	14
4	RESULTADOS	18
4.1	Descripción De Cuencas Seleccionadas.....	18
4.1.1	Información De Cuencas Seleccionadas	18
4.1.1.1	Potencial Hidroeléctrico De Las Cuencas Del Maule Y Biobío	18
4.1.1.2	Identificación De Sub-Subcuencas De Acuerdo Con El Potencial Hidroeléctrico Para La Posible Construcción De Centrales Hidroeléctricas.....	24
4.1.1.3	Objetos De Valoración Que Serán Asociados A Las Potenciales Centrales Hidroeléctricas De Las Sub-Subcuencas De La Cuenca Del Maule	28
4.1.1.4	Objetos De Valoración Que Serán Asociados A Las Potenciales Centrales Hidroeléctricas De Las Sub-Subcuencas De La Cuenca Del Biobío.....	31
4.1.2	Caracterización De La Primera Cuenca Seleccionada: Río Maule.....	34
4.1.2.1	Ubicación, Superficie Y Comunas Que Comprenden A La Cuenca Del Río Maule	34
4.1.2.2	Potencial Hidroeléctrico	35
4.1.2.3	Información Obtenida Del Censo 2017.....	38
4.1.2.4	Clima.....	41
4.1.2.5	Fluviometría	41
4.1.2.6	Pluviometría	42
4.1.2.7	Volúmenes De Agua Almacenados	43
4.1.2.8	Flora Y Fauna	44
4.1.2.9	Usos Del Suelo	46
4.1.2.10	Usos Del Agua	50

4.1.3	Caracterización De La Segunda Cuenca Seleccionada: Río Biobío	51
4.1.3.1	Ubicación, Superficie Y Comunas Que Comprenden A La Cuenca Del Río Biobío	51
4.1.3.2	Potencial Hidroeléctrico	52
4.1.3.3	Información Obtenida Del Censo 2017.....	55
4.1.3.4	Clima.....	58
4.1.3.5	Fluviometría	58
4.1.3.6	Pluviometría	59
4.1.3.7	Volúmenes De Agua Almacenados	59
4.1.3.8	Flora Y Fauna	61
4.1.3.9	Usos Del Suelo	64
4.1.3.10	Usos Del Agua	67
4.2	Resultados Obtenidos De Las Entrevistas	68
	OdV Fluvial, Terrestre:.....	68
	OdV Productivo:.....	69
	OdV Sociales y Culturales:	70
5	ANÁLISIS DE RESULTADOS	73
5.1	Análisis Y Características De Cuencas Y Comunas Seleccionadas	73
5.2	Comparación De Las Características De Cuencas Seleccionadas	77
5.3	Objetos De Valoración De Las Cuencas Seleccionadas.....	79
5.4	Como tratar OdV A Partir De Los Expertos Entrevistados	84
5.5	Como tratar OdV A Partir Del Manual De Buenas Prácticas	87
5.5.1	Buenas Prácticas En El Ámbito Sociocultural.....	87
5.5.2	Buenas Prácticas En El Ámbito Físico Ecológico:	92
6	COMENTARIOS	95
7	CONCLUSIONES.....	97
8	BIBLIOGRAFÍA.....	99
	ANEXO I.....	101
	ANEXO II ENTREVISTAS A EXPERTOS EN ODV	112

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Objetos de Valoración (OdV) presentes en las cuencas del Maule y Biobío....	10
Tabla 2: Potencial hidroeléctrico de cada una de las sub-subcuencas (SSC) de la cuenca del Maule.	19
Tabla 3: Potencial hidroeléctrico de cada una de las sub-subcuencas (SSC) de la cuenca del Biobío.....	21
Tabla 4: Listado de centrales hidroeléctricas en operación de la Región del Maule y su Potencial total (MW).	22
Tabla 5: Listado de centrales hidroeléctricas en operación de la Región del Biobío y su Potencial total (MW).	23
Tabla 6: Potenciales centrales hidroeléctricas de la comuna de Colbún, pertenecientes a la cuenca del Maule.....	24
Tabla 7: Potenciales centrales hidroeléctricas de la comuna de San Clemente, perteneciente a la cuenca del Maule.	25
Tabla 8: Potenciales centrales hidroeléctricas de la comuna de Los Ángeles, pertenecientes a la cuenca del Biobío.....	25
Tabla 9: Potenciales centrales hidroeléctricas de la comuna de Mulchén, pertenecientes a la cuenca del Biobío.	25
Tabla 10: Clase Terrestre de Objetos de Valoración presentes en la cuenca del Maule en las comunas de Colbún y San Clemente, donde x indica su presencia.	29
Tabla 11: Clase Fluvial de Objetos de Valoración presentes en la cuenca del Maule en las comunas de Colbún y San Clemente, donde x indica su presencia.	30
Tabla 12: Clases Productiva, cultural y social de Objetos de Valoración presentes en la cuenca del Maule en las comunas de Colbún y San Clemente, donde x indica su presencia.	31
Tabla 13: Clase Terrestre de Objetos de Valoración presentes en la cuenca del Biobío en las comunas de Los Ángeles y Mulchén, donde x indica su presencia.	32
Tabla 14: Clase Fluvial de Objetos de Valoración presentes en la cuenca del Biobío en las comunas de Los Ángeles y Mulchén, donde x indica su presencia.	33
Tabla 15: Clases Productiva, cultural y social de Objetos de Valoración presentes en la cuenca del Biobío en las comunas de Los Ángeles y Mulchén, donde x indica su presencia.	34
Tabla 16: Cantidad de potenciales centrales hidroeléctricas por cada sub-subcuenca (SSC) de la cuenca del Maule.	37
Tabla 17: Comunas del Maule con Potenciales centrales hidroeléctricas mayores a 3 (MW).....	38
Tabla 18: Comunas del Maule con Potenciales centrales hidroeléctricas desde 0,1 (MW).....	38
Tabla 19: Pluviometría de la cuenca del Río Maule al 30 de noviembre de 2018. Tabla modificada de Información pluviométrica, Fluviométrica, Estado de embalses y aguas subterráneas, DGA.	42
Tabla 20: Volúmenes almacenados al 30 de noviembre de 2018 (millones-m ³) en la cuenca Maule. (DGA, 2018).....	43
Tabla 21: Formaciones vegetales de la cuenca del Maule.....	45

Tabla 22: Flora acuática de la cuenca del Maule. Tabla modificada de Cuenca del Río Maule, Diagnostico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetos de calidad, DGA, diciembre 2004.....	45
Tabla 23: Fauna íctica de la cuenca del río Maule.....	46
Tabla 24: Clasificación de Usos del suelo de la cuenca del río Maule. Tabla obtenida de Cuenca del río Maule, Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetos de calidad, DGA, diciembre 2004.....	47
Tabla 25: Listado con sitios protegidos y sitios de interés para la conservación de la cuenca del río Maule. (*2).....	47
Tabla 26: Usos del agua según derechos consuntivos concedidos para la cuenca del río Maule. Tabla obtenida del Informe Final.....	51
Tabla 27: Usos del agua según derechos no consuntivos concedidos para la cuenca del río Maule. Tabla obtenida del Informe Final ¹	51
Tabla 28: Cantidad de potenciales centrales hidroeléctricas por cada sub-subcuenca (SSC) de la cuenca del Biobío.....	53
Tabla 29: Comunas del Biobío con Potenciales centrales hidroeléctricas mayores a 3 (MW).....	54
Tabla 30: Comunas del Biobío con Potenciales centrales hidroeléctricas desde 0,1 (MW).....	55
Tabla 31: Pluviometría de la cuenca del Río Biobío al 30 de noviembre de 2018. Tabla modificada de Información pluviométrica, Fluviométrica, Estado de embalses y aguas subterráneas, DGA.....	59
Tabla 32: Volúmenes almacenados al 30 de noviembre de 2018 (millones-m ³) en la cuenca del río Biobío. (DGA, 2018).....	60
Tabla 33: Clasificación vegetal de la cuenca del Río Biobío. Tabla Obtenida de Informe Cuenca del Río Biobío.....	62
Tabla 34: Especies de Flora Acuática, Macrófitas en la cuenca del Biobío. Tabla adaptada de Informe Cuenca del Río Biobío ²	62
Tabla 35: Especies de Fauna Acuática, Bentos en la cuenca del Biobío. Tabla adaptada de Informe Cuenca del Río Biobío ²	63
Tabla 36: Especies de Fauna Acuática, Peces en la cuenca del Biobío. Tabla adaptada de Informe Cuenca del Río Biobío ²	64
Tabla 37: Clasificación de los usos del suelo de la Cuenca del Río Biobío. Tabla obtenida de Informe Cuenca del Río Biobío, Diagnostico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetos de calidad, DGA, diciembre 2004.....	65
Tabla 38: Listado con sitios protegidos y sitios de interés para la conservación de la cuenca del río Biobío. Tabla modificada del Informe Cuenca del Río Biobío, Diagnostico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetos de calidad, DGA, diciembre 2004.....	65
Tabla 39: Listado con sitios protegidos y sitios de interés para la conservación de la cuenca del río Biobío. Tabla modificada del Informe Cuenca del Río Biobío, Diagnostico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetos de calidad, DGA, diciembre 2004.....	66
Tabla 40: Usos del agua según derechos consuntivos concedidos para la cuenca del río Biobío. Tabla obtenida del Informe Final.....	68
Tabla 41: Usos del agua según derechos no consuntivos concedidos para la cuenca del río Biobío. Tabla obtenida del Informe Final ³	68

Tabla 42: Comparación entre las características de las comunas Colbún y San Clemente, pertenecientes a la cuenca del río Maule.....	74
Tabla 43: Comparación entre las características de las comunas Los Ángeles y Mulchén, pertenecientes a la cuenca del río Biobío.	75
Tabla 44: Comparación entre las características de la cuenca del Maule y la cuenca del Biobío.	77
Tabla 45: Clase de Objeto de Valoración (OdV) Terrestre, en la que se identifica presencia o ausencia de este en la Cuenca del Río Maule.....	80
Tabla 46: Clase de Objeto de Valoración (OdV) Terrestre, en la que se identifica presencia o ausencia de este en la Cuenca del Río Biobío.	80
Tabla 47: Clase de Objeto de Valoración (OdV) Productivo, en la que se identifica presencia o ausencia de este en la Cuenca del Río Maule.....	81
Tabla 48: Clase de Objeto de Valoración (OdV) Productivo, en la que se identifica presencia o ausencia de este en la Cuenca del Río Biobío.	81
Tabla 49: Clase de Objeto de Valoración (OdV) Fluvial, en la que se identifica presencia o ausencia de este en la Cuenca del Río Maule	81
Tabla 50: Clase de Objeto de Valoración (OdV) Fluvial, en la que se identifica presencia o ausencia de este en la Cuenca del Río Biobío.....	82
Tabla 51: Clase de Objeto de Valoración (OdV) Cultural, en la que se identifica presencia o ausencia de este en la Cuenca del Río Maule.....	83
Tabla 52: Clase de Objeto de Valoración (OdV) Cultural, en la que se identifica presencia o ausencia de este en la Cuenca del Río Biobío.	83
Tabla 53: Clase de Objeto de Valoración (OdV) Social, en la que se identifica presencia o ausencia de este en la Cuenca del Río Maule.	83
Tabla 54: Clase de Objeto de Valoración (OdV) Social, en la que se identifica presencia o ausencia de este en la Cuenca del Río Biobío.	84
Tabla 55: Potencial Hidroeléctrico medio disponible en la comuna de Colbún, cuenca del Maule.....	101
Tabla 56: Potencial Hidroeléctrico medio disponible en la comuna de Linares, cuenca del Maule.....	102
Tabla 57: Potencial Hidroeléctrico medio disponible en la comuna de Longaví, cuenca del Maule.....	102
Tabla 58: Potencial Hidroeléctrico medio disponible en la comuna de Molina, cuenca del Maule.....	103
Tabla 59: Potencial Hidroeléctrico medio disponible en la comuna de Parral, cuenca del Maule.....	103
Tabla 60: Potencial Hidroeléctrico medio disponible en la comuna de Río Claro, cuenca del Maule.....	103
Tabla 61: Potencial Hidroeléctrico medio disponible en la comuna de san Clemente, cuenca del Maule.	104
Tabla 62: Potencial Hidroeléctrico medio disponible en la comuna de Alto Biobío, cuenca del Biobío.....	104
Tabla 63: Potencial Hidroeléctrico medio disponible en la comuna de Antuco, cuenca del Biobío.....	106
Tabla 64: Potencial Hidroeléctrico medio disponible en la comuna de Cabrero, cuenca del Biobío.....	107

Tabla 65: Potencial Hidroeléctrico medio disponible en la comuna de Hualqui, cuenca del Biobío.....	107
Tabla 66: Potencial Hidroeléctrico medio disponible en la comuna de Laja, cuenca del Biobío.	107
Tabla 67: Potencial Hidroeléctrico medio disponible en la comuna de Los Ángeles, cuenca del Biobío.	107
Tabla 68: Potencial Hidroeléctrico medio disponible en la comuna de Mulchén, cuenca del Biobío.....	108
Tabla 69: Potencial Hidroeléctrico medio disponible en la comuna de Nacimiento, cuenca del Biobío.....	108
Tabla 70: Potencial Hidroeléctrico medio disponible en la comuna de Pinto, cuenca del Biobío.	109
Tabla 71: Potencial Hidroeléctrico medio disponible en la comuna de Quilaco, cuenca del Biobío.....	109
Tabla 72: Potencial Hidroeléctrico medio disponible en la comuna de Quilleco, cuenca del Biobío.....	109
Tabla 73: Potencial Hidroeléctrico medio disponible en la comuna de San Rosendo, cuenca del Biobío.....	110
Tabla 74: Potencial Hidroeléctrico medio disponible en la comuna de Santa Bárbara, cuenca del Biobío.....	110
Tabla 75: Potencial Hidroeléctrico medio disponible en la comuna de Tucapel, cuenca del Biobío.....	110

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1: Tipos de potencial de energías renovables. Imagen adaptada de “Energías Renovables en Chile, El potencial eólico, solar e hidroeléctrico de Arica a Chiloé”	12
Figura 2: Distribución del Potencial hidroeléctrico en la cuenca del Maule de acuerdo con sus sub-subcuencas. Elaboración propia en base a Shapes del sitio web Hidroelectricidad Sustentable.	19
Figura 3: Distribución del potencial hidroeléctrico en la cuenca del Biobío. Elaboración propia en base a Shapes del sitio web Hidroelectricidad Sustentable.....	21
Figura 4: Ubicación de potenciales centrales escogidas en cuenca del Maule, comunas de Colbún y San Clemente. Elaboración propia en base a Shapes del sitio web Hidroelectricidad Sustentable.	27
Figura 5: Ubicación de potenciales centrales hidroeléctricas ubicadas en la cuenca del Biobío, comunas de Los Ángeles y Mulchén. Elaboración propia en base a Shapes del sitio web Hidroelectricidad Sustentable.	28
Figura 6: Potenciales centrales hidroeléctricas para la cuenca del Maule. Elaboración Propia en base a Shapes del sitio web Hidroelectricidad Sustentable.	36
Figura 7: Datos de población pertenecientes a la región del Maule. Imagen obtenida de la última actualización del Censo 2017.	39
Figura 8: Porcentaje de Pueblos originarios en la comuna de Colbún. Imagen obtenida de los resultados del censo 2017.	40
Figura 9: Porcentaje de Pueblos originarios en la comuna de San Clemente. Imagen obtenida de los resultados del censo 2017.....	40
Figura 10: Fluviometría del Río Maule en Armerillo. Imagen obtenida de DGA, noviembre 2018.....	42
Figura 11: Volúmenes de agua del Embalse Colbún. Imagen obtenida del Boletín N°487 de la DGA, Información pluviométrica, Fluviométrica, Estado de embalses y aguas subterráneas.....	44
Figura 12: Volúmenes de agua de la Laguna del Maule. Imagen obtenida del Boletín N°487 de la DGA, Información pluviométrica, Fluviométrica, Estado de embalses y aguas subterráneas.....	44
Figura 13: Potenciales centrales hidroeléctricas para la cuenca del Biobío. Elaboración Propia en base a Shapes del sitio web Hidroelectricidad Sustentable.	53
Figura 14: Datos de población pertenecientes a la región del Biobío. Imagen obtenida de la última actualización del Censo 2017.....	56
Figura 15: Porcentaje de Pueblos originarios en la comuna de Los Ángeles. Imagen obtenida de los resultados del censo 2017.....	57
Figura 16: Porcentaje de Pueblos originarios en la comuna de Mulchén. Imagen obtenida de los resultados del censo 2017.....	57
Figura 17: Fluviometría del Río Biobío en Rucalhue. Imagen obtenida de DGA, noviembre 2018.....	59
Figura 18: Volúmenes de agua del Lago Laja. Imagen obtenida del Boletín N°487 de la DGA, Información pluviométrica, Fluviométrica, Estado de embalses y aguas subterráneas.....	60

Figura 19: Volúmenes de agua del Embalse Ralco. Imagen obtenida del Boletín N°487 de la DGA, Información pluviométrica, Fluvimétrica, Estado de embalses y aguas subterráneas.....	61
Figura 20: Volúmenes de agua del Embalse Pangue. Imagen obtenida del Boletín N°487 de la DGA, Información pluviométrica, Fluvimétrica, Estado de embalses y aguas subterráneas.....	61
Figura 21: Comunas seleccionadas de la cuenca del Maule y cuenca del Biobío.	74
Figura 22: Comparación de valor relativo de Potencial Hidroeléctrico y OdV agregado por Sub-subcuenca (Elaboración Propia).....	96

1 INTRODUCCIÓN

Esta memoria nace debido al interés de conocer cuáles son las razones que tienen las comunidades y la sociedad en general, para oponerse a la construcción de las centrales hidroeléctricas, y para aportar en las soluciones que permitan la construcción de éstas, respetando a las comunidades y al ecosistema.

Dado que el abastecimiento de energía eléctrica es un insumo importante en el desarrollo y crecimiento económico del país, el Estado ha desarrollado estrategias para garantizar su suministro durante las próximas décadas. Una de ellas es la Hoja de Ruta 2050, informe en el cual se destaca que la hidroelectricidad es básica en el desarrollo energético para Chile, y las principales razones son: la estabilidad y seguridad que aporta al sistema, factores que no están presentes en la generación con fuentes eólica y solar, dada la intermitencia de su generación; por las horas de viento y sol disponibles al día. Por lo que la hidroelectricidad resultó fundamental en todos los escenarios que se analizaron.

Actualmente los proyectos hidroeléctricos tienen problemas para su desarrollo. Tal como lo señala el mismo estudio mencionado, estos obstáculos corresponden a aspectos ambientales y de relacionamiento con las comunidades locales donde se inserta este tipo de proyecto. Para cambiar esta situación es que debe existir un trabajo entre el Estado, las empresas y las comunidades para desarrollar proyectos que favorezcan a las comunidades, procurando que exista transparencia y una nueva cultura, y que se identifiquen y aprecien los Objetos de Valoración que la sociedad valora en los lugares o subcuencas donde se pretende desarrollar un proyecto hidroeléctrico.

Hasta ahora no existen protocolos claros para el desarrollo de estos proyectos en armonía con las comunidades y con los objetos que la sociedad valora, y es por esta razón que se presenta este trabajo de título.

Por medio del presente trabajo de título se identificará un determinado número de proyectos hidroeléctricos, en cuencas y sub-subcuencas, que se caracterizarán y analizarán para determinar si son susceptibles o no de recibir proyectos hidroeléctricos. Por lo que el paso final será seleccionar solo algunas sub-subcuencas para la construcción de centrales hidroeléctricas.

La base de información la constituye el Estudio de Cuencas: “Base para la planificación territorial en el desarrollo hidroeléctrico futuro, Resultados de la primera fase del Estudio de Cuencas, 2015”, realizado por el Centro de Cambio Global, Pontificia Universidad Católica de Chile, para el Ministerio de Energía. Dicho estudio define los Objetos de Valoración existentes en cada cuenca o subcuenca y que son los aspectos que la sociedad y comunidad valora. Lo relevante de dicho estudio es que es un levantamiento ambiental público, que puede servir de referencia para el desarrollo de inversiones por parte de los privados. Los resultados de este estudio se cruzarán con otros estudios, sobre potencial hidroeléctrico, por ejemplo, para identificar proyectos en

las cuencas y subcuencas seleccionadas; vinculando a ellos los Objetos de Valoración que se han determinado.

El presente trabajo se realiza mediante una serie de pasos como son: analizar el potencial hidroeléctrico de la potencial central hidroeléctrica, analizar los objetos de valoración que existen en la posible zona a afectar y ver si son posibles de tratar, y en función de esto se comentará la factibilidad de realizar una posible construcción de una central hidroeléctrica. Además considera avanzar en los estudios que se han realizado bajo el amparo del Ministerio de Energía de Chile y de la Comisión Nacional de Energía (CNE), revisando y analizando la extensa bibliografía disponible, tanto de la propia CNE, como toda otra bibliografía relacionada con sustentabilidad en el campo hidroeléctrico.

Se espera que este trabajo sea un aporte para la instalación de una nueva forma de realizar los proyectos hidroeléctricos, la cual considera la opinión de las comunidades y la sociedad, planificación territorial, los efectos del cambio climático, políticas públicas, entre otros.

1.1 Objetivo General

El objetivo general de este trabajo corresponde a seleccionar un número de sub-subcuencas para la posible construcción de centrales hidroeléctricas, las cuales pasarán por un protocolo de identificación, caracterización y análisis.

1.2 Objetivos Específicos

- Identificar algunas cuencas, subcuencas y/o sub-subcuencas de Chile utilizando los resultados del Estudio de Cuencas y el software libre QGIS versión 3.2.3 (Sistema de Información Geográfica Cuántica) para exponer los Objetos de Valoración (OdV) de las cuencas y sus respectivos Potenciales Hidroeléctricos, ambos están categorizados en umbrales bajo, medio o alto, según la medición que existe en cada cuenca analizada.
- Caracterizar las cuencas identificadas. Para ello se debe investigar cuales son las condiciones que limitan a las cuencas, subcuencas o sub-subcuencas, como las condiciones físicas, sociales, ambientales, si existen otros proyectos, industrias, mineras y/u obras, por lo que además se deberá analizar si se produce sinergia. Otro factor relevante será investigar si existe transmisión cercana para la sub-subcuenca seleccionada.
- Analizar las sub-subcuencas que fueron identificadas y caracterizadas, viendo si es posible tratar los objetos de valoración que se podrían ver afectados por la posible construcción de una central hidroeléctrica.

1.3 Alcances

El alcance de este trabajo de título corresponde a los siguientes puntos:

- Estudiar algunas cuencas, subcuencas y sub-subcuencas entre el río Maipo y río Yelcho para una posible construcción de centrales hidroeléctricas;
- Analizar los objetos de valoración en las sub-subcuencas a estudiar;
- Analizar cómo influyen estos objetos de valoración en la decisión de construir una central hidroeléctrica;
- Realizar entrevistas a 6 expertos en tratamientos de Objetos de Valoración.

1.4 Hipótesis De Trabajo

A través de la intersección entre los Objetos de Valoración, el Potencial Hidroeléctrico y posteriormente de la caracterización de las sub-subcuencas, se espera encontrar las sub-subcuencas susceptibles de recibir centrales hidroeléctricas.

2 MARCO CONCEPTUAL Y TEÓRICO

Uno de los principales ejes sobre los que se basó este trabajo de título corresponde a los Estudios de Cuencas. El Primer Estudio de Cuenca tiene por nombre: Base para la planificación territorial en el desarrollo hidroeléctrico futuro, Resultados de la primera fase del Estudio de Cuencas, 2015 (en adelante solo se mencionara como Primer Estudio de Cuencas); mientras que el Segundo Estudio de Cuencas tiene por nombre: 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, 2016 (en adelante solo se mencionara como Segundo Estudio de Cuencas). Ambos estudios encabezados por el Ministerio de Energía y su División de Desarrollo Sustentable.

Se define: “El estudio de cuencas corresponde a la identificación de las cuencas con potencial hidroeléctrico y a la caracterización de los elementos que son valiosos para la sociedad y que pueden verse alterados por el desarrollo hidroeléctrico (Base para la planificación territorial en el desarrollo hidroeléctrico futuro, Resultados de la primera fase del Estudio de Cuencas, Ministerio de Energía, 2015)”.

Es este mismo estudio el que describe una cuenca hidrográfica como “una superficie o territorio drenado por un río principal y sus afluentes, cuyas aguas fluyen hacia un único punto de salida (Base para la planificación territorial en el desarrollo hidroeléctrico futuro, Resultados de la primera fase del Estudio de Cuencas, Ministerio de Energía, 2015)”. Este único punto de salida puede corresponder al mar o a un lago endorreico (área en la que el agua no tiene salida fluvial hacia el océano y cuya evaporación es mayor que su alimentación). Las cuencas están delimitadas por las altas cumbres o la línea divisoria de aguas y reciben su nombre del río principal que las alimenta. Es posible dividir las cuencas en unidades más pequeñas como lo son las subcuencas y estas a su vez en sub-subcuencas (SSC), que corresponde a la unidad mínima del territorio. Las subcuencas corresponden a los territorios por los que pasan los ríos secundarios que confluyen al río principal y de este modo lo alimentan, mientras que las sub-subcuencas corresponden a territorios que alimentan al río secundario.

En el Primer Estudio de Cuencas, se realiza una investigación de 12 cuencas, en la que se levantó información sobre el potencial hidroeléctrico y los Objetos de valoración de cada cuenca. Estas cuencas estudiadas corresponden a las siguientes: Maipo, Rapel, Mataquito, Maule, Itata, Biobío, Imperial, Toltén, Valdivia, Bueno, Puelo y Yelcho.

En el Segundo Estudio de Cuencas, se realizó una investigación con mayor profundidad sobre 12 cuencas, de las cuales 7 cuencas se habían estudiado en el primer Estudio de Cuencas, y que corresponden a las de mayor potencial hidroeléctrico, mientras que las otras 5 corresponden a cuencas de la región de Aysén. Estas cuencas se mencionan a continuación, y se agrupan de acuerdo con la zona del país a la que pertenecen: Maule, Biobío, Toltén (zona centro), Valdivia, Bueno, Puelo, Yelcho (zona sur), Palena, Cisnes, Aysén, Baker y Pascua (región de Aysén).

Para este trabajo de título se seleccionarán 2 de las 12 cuencas del Primer Estudio de Cuencas, las cuales también se incluyen en el Segundo Estudio de Cuencas. Estas cuencas corresponden a la cuenca del río Maule y la cuenca del río Biobío. La metodología para la selección de estas cuencas se encuentra en el Capítulo 3 del presente trabajo.

En el Primer Estudio de Cuencas, se caracterizan elementos valiosos para la sociedad, por lo que pretenden conservar un territorio en particular. Los participantes de este Estudio de Cuencas adaptaron una metodología llamada Altos Valores de Conservación (AVC, Brown et al, 2013) utilizados para identificar y gestionar los valores medio ambientales y sociales en paisajes productivos, áreas o lugares con importancia debido a su condición de conservación y hábitats de biodiversidad como parques nacionales y reservas nacionales, y de este modo nacieron los Objetos de Valoración (OdV) que corresponden a acciones, actividades y otro tipo de aspectos que tienen cierto valor otorgado por las comunidades. Es necesario aclarar que, al hablar sobre comunidades, no se está limitando a los habitantes de las localidades cercanas, sino que puede comprender a los habitantes de una comuna, región, país o incluso del mundo.

Existen seis clases de Objetos de Valoración (OdV), y son las siguientes:

- 1) Fluvial: corresponden a cualquier OdV que tenga relación con el cauce del río, su franja ribereña o planicie de inundación. Entre ellos:
 - Diversidad de especies: se refiere a la conservación de diversidad biológica que contenga especies endémicas o especies raras, amenazadas o en peligro de extinción.
 - Ecosistemas y mosaicos: corresponden a paisajes de gran tamaño y que contiene población viable de la gran mayoría de especies presentes.
- 2) Terrestre: corresponden a variables biológicas, ecológicas y ambientales que sean parte de la sub-subcuenca en estudio y que no quepa en la clase Fluvial.
- 3) Sociales: corresponden a las necesidades de las comunidades locales o de grupos indígenas para sus medios de vida, salud, nutrición, abastecimiento de agua, entre otros.
- 4) Culturales: corresponden a sitios, recursos, hábitats y paisajes significativos por razones culturales, históricas, arqueológicas, religiosas, económicas o sagradas para la comunidad local o indígena.
- 5) Productivos: corresponden a actividades que utilizan recursos escasos (bienes económicos) como el suelo y los recursos hídricos. Estos objetos a diferencia de los otros no necesitan tutela por parte del estado, pero de igual forma entregan un valor a la sociedad.

- 6) Fiordos: esta clase de OdV solo se encuentra en la región de Aysén, y no se trabajará con esta, puesto que se trabajará con dos cuencas del sector centro de Chile. Pero de todos modos se entregará su descripción, debido a la importancia que tiene. Este OdV se plantea por la importancia que tiene poder registrar, de alguna forma, los efectos observados en el fiordo aguas arriba hacia diferentes sub-subcuencas, pues estimando la razón entre los caudales de tramos fluviales con los caudales de su respectiva desembocadura, es posible identificar cuales sub-subcuencas tienen mayor influencia en el cambio de caudales que pudieran afectar al ecosistema fiordo. Esto es relevante pues bajos valores de esta razón indican: menor influencia de la pluma de agua dulce superficial; disminución en la carga de nutrientes; cambios en las tasas de productividad y biomasa de productores primarios; y modificación de las áreas de desove de estadios larvales de peces e invertebrados, y cambios en la distribución de sus comunidades

A continuación, se definirán cada uno de los Objetos de valoración considerados en este trabajo. Esta información se extrajo del Segundo Estudio de Cuencas, y se complementó con información obtenida de las entrevistas realizadas a expertos en OdV:

1 OdV Terrestres:

- 1.1 Especies terrestres en categoría de amenaza: Riqueza de especies en categoría de amenaza como lo son: En peligro crítico (CR), En Peligro (EN), Vulnerable (V), Insuficientemente conocida (IN), Rara (R).
- 1.2 Protección frente a la erosión: Servicio ecosistémico de protección de 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.
- 1.3 Parques Nacionales: Todas las áreas definidas oficialmente como parques nacionales, que corresponden a un área protegida que goza de un determinado estatus legal que obliga a proteger y conservar la riqueza de su flora y fauna. Se caracteriza por ser representativa de la zona.
- 1.4 Especies terrestres endémicas: Riqueza de especies terrestres endémicas. Estas especies están limitadas a un ámbito geográfico reducido y no se encuentran en forma natural en ninguna otra parte del mundo.
- 1.5 Paisaje natural no fragmentado: Ausencia o baja fragmentación del área natural por sub-subcuenca. Esta fragmentación puede ser longitudinal (a lo largo del río), lateral (en la que existe interacción entre el cuerpo de agua y la zona ribereña, que corresponde a la interfase entre el suelo y un río o un arroyo) o fragmentación vertical (interacción entre el cuerpo de agua y la zona ribereña que ocurre cuando el caudal del río o arroya aumenta, subiendo la altura normal del río o arroyo, de este modo se traspasan nutrientes y sedimentos a lugares en los que normalmente el curso de agua no alcanzaría) .

- 1.6 Ecosistemas terrestres azonales: Identifica ecosistemas particulares con extensión espacial reducida o restringida, asociada a condiciones edáficas particulares (las condiciones edáficas corresponden a la composición y naturaleza del suelo en relación con las plantas y el entorno que le rodea).
- 1.7 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 (esta Lista Roja de Ecosistemas son herramientas para evaluar el riesgo de pérdida de la biodiversidad).
- 1.8 Comunidades terrestres con baja presencia de especies exóticas: Incorpora la identificación de ecosistemas terrestres relativamente intervenidos desde la perspectiva de la presencia de especies exóticas (especies foráneas que han sido introducidas fuera de su distribución natural por razones principalmente antrópicas).
- 1.9 Áreas terrestres críticas para la conservación de la biodiversidad: Áreas de uso temporal crítico (refugios, reproducción, cría, migración, alimentación o hibernación).
- 1.10 Áreas oficiales de conservación excluyendo parques nacionales: Áreas protegidas con carácter oficial y público, exceptuando parques: reservas nacionales, monumentos nacionales, bienes nacionales protegidos y santuarios de la naturaleza.
- 1.11 Áreas de paisaje terrestre natural: Cuencas con pocos impactos que tengan efectos sobre la hidrología-suelo-contaminación del agua.
- 1.12 Áreas de conservación de interés privado y sitios prioritarios: Áreas consideradas como sitios prioritarios para la conservación por el Ministerio del Medio Ambiente y áreas protegidas de interés privado.

2 OdV Productivos:

- 2.1 Actividad turística: Relevancia económica o valor agregado de la actividad turística.
- 2.2 Actividad acuícola: Valor agregado de la actividad acuícola.
- 2.3 Servicios sanitarios: Relevancia económica o valor agregado de los servicios sanitarios.
- 2.4 Producción forestal: Relevancia económica o valor agregado del sector forestal.
- 2.5 Producción agrícola: Relevancia económica o valor agregado de la actividad agrícola.

3 OdV Fluviales:

- 3.1 Especies fluviales en categoría de amenaza: Riqueza de especies en categoría de amenaza como lo son: En peligro crítico (CR), En Peligro (EN), Vulnerable (V), Insuficientemente conocida (IN), Rara (R).
- 3.2 Sistemas fluviales con conectividad lateral no fragmentada: En los que existe interacción entre el cuerpo de agua y la zona ribereña, que corresponde a la interfase entre el suelo y un río o un arroyo.
- 3.3 Ecosistemas lacustres: Existencia de lagos y lagunas.
- 3.4 Sistemas fluviales con conectividad longitudinal del corredor ripariano: Conectividad longitudinal del corredor ripariano no fragmentada, es decir, que se mantenga el contacto a lo largo de todo el río con la franja ripariana o zona ribereña, que corresponde a la interfase entre el suelo y un río o un arroyo. Esta conectividad se puede perder por medio de encajonar los ríos con hormigón armado o con escombros.
- 3.5 Sistemas fluviales con conectividad longitudinal a nivel de cauce no fragmentada: Sistema permita que los procesos a lo largo del río se mantengan y puedan ser bidireccionales, por ejemplo, el movimiento de los peces puede ser aguas arriba o aguas abajo, o unidireccionales como el arrastre de sedimentos.
- 3.6 Régimen hidrológicamente no alterado: Nivel de alteración entre el régimen hidrológico mediante presencia de obras civiles que lo alteren.
- 3.7 Sistemas fluviales con condiciones naturales de calidad fisicoquímica del agua: la presencia de sustancias químicas disueltas e insolubles en el agua (que puede ser de origen natural o antropogénico) define su composición física y química. Para decidir si un agua califica para un propósito particular, su calidad debe especificarse en función del uso que se le va a dar, como permitir la vida de los peces, apta para natación, útil para consumo humano y útil para la industria. Bajo estas condiciones, se dice que un agua está contaminada cuando sufre cambios que afectan su uso real o potencial. (Esta información fue obtenida de Aspectos Fisicoquímicos de la calidad del agua, Capítulo I. Quím. Ada Barrenechea Martel).
- 3.8 Comunidades 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.
- 3.9 Régimen de sedimentos no alterados: Nivel de alteración de régimen y disponibilidad de sedimentos mediante la identificación de obras e intervenciones que alteren su naturalidad.
- 3.10 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.

- 3.11 Glaciares: Presencia de glaciares, que corresponde a una gruesa masa de hielo que se origina en la superficie terrestre por acumulación, compactación y recristalización de la nieve, mostrando evidencias de flujo en el pasado o en la actualidad.
- 3.12 Especies fluviales endémicas: Riqueza de especies fluviales endémicas. Estas especies están limitadas a un ámbito geográfico reducido y no se encuentran en forma natural en ninguna otra parte del mundo.
- 3.13 Accesibilidad de la red hidrográfica: Accesibilidad a hábitats en el río para especies fluviales por sub-subcuenca.
- 3.14 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.

4 OdV Culturales:

- 4.1 Sitios Arqueológicos: Presencia de “bienes muebles e inmuebles tales como ruinas, construcciones, y objetos, ya sean de propiedad fiscal, municipal, o particular que, conforme a la Ley 17.288, se encuentran en la superficie del territorio o bajo éste y que por su valor histórico o artístico o por su antigüedad deben ser conservados para el conocimiento de la cultura de un pueblo”.
- 4.2 Sitios de alto valor paisajístico: Presencia de lugares que se encuentran en áreas cuya condición natural y sus atributos paisajísticos se constituyen en zonas de interés y de valor para la población local de un territorio, otorgándoles una calidad que los hace únicos y representativos.
- 4.3 Sitios de significación cultural y de manifestaciones o actividades culturales: Existencia de sitios de valor histórico o sagrado, que tienen una significación cultural asociada a rituales, ceremonias o celebraciones que forman parte de la cosmovisión y patrimonio de las comunidades que habitan el territorio; y existencia de sitios donde se realizan manifestaciones o actividades culturales propias o de identidad de una comunidad, y que responden a sus intereses. Tienen un carácter tradicional y generan sentimientos de arraigo en la comunidad.

5 OdV Sociales:

- 5.1 Necesidades sociales de subsistencia alimentaria: Existencia de unidades sociales de subsistencia alimentaria que utilicen aguas superficiales para riego.
- 5.2 Necesidades sociales de subsistencia: sanidad y agua potable: Presencia de localidades con requerimiento relevante de agua potable.

En la Tabla 1 se puede apreciar un resumen de los Objetos de Valoración anteriormente descritos.

Tabla 1: Objetos de Valoración (OdV) presentes en las cuencas del Maule y Biobío.

Clase de OdV	N°	OdV
Terrestre	1.1	Especies terrestres en categoría de amenaza
	1.2	Protección frente a la erosión
	1.3	Parques nacionales
	1.4	Especies terrestres endémicas
	1.5	Paisaje natural no fragmentado
	1.6	Ecosistemas terrestres azonales
	1.7	Ecosistemas terrestres en categoría de amenaza
	1.8	Comunidad terrestre con baja presencia de especies exóticas
	1.9	Áreas críticas para conservación de biodiversidad
	1.10	Áreas oficiales de conservación excluye parques nacionales
	1.11	Interés privado y sitios prioritarios
	1.12	Áreas de paisaje terrestre natural
Productivo	2.1	Actividad turística
	2.2	Actividad acuícola
	2.3	Servicios sanitarios
	2.4	Producción forestal
	2.5	Producción agrícola
Fluvial	3.1	Especies fluviales en categoría de amenaza
	3.2	Sistemas fluviales con conectividad lateral no fragmentada
	3.3	Ecosistema lacustre
	3.4	Sistemas fluviales con conectividad longitudinal del corredor ripariano
	3.5	Sistemas fluviales con conectividad longitudinal a nivel de cauce no fragmentada
	3.6	Régimen hidrológicamente no alterado
	3.7	Sistemas fluviales con condiciones naturales de calidad fisicoquímica del agua
	3.8	Comunidades fluviales con baja presencia de especies exóticas
	3.9	Régimen de sedimentos no alterados
	3.10	Áreas fluviales críticas para la conservación de la biodiversidad
	3.11	Glaciares
	3.12	Especies fluviales endémicas
	3.13	Accesibilidad a la red hidrográfica
	3.14	Sistemas fluviales morfológicamente intactos
Cultural	4.1	Sitios arqueológicos
	4.2	Sitios de alto valor paisajístico
	4.3	Sitios de significación cultural y de manifestaciones o actividades culturales
Social	5.1	Necesidades sociales de subsistencia alimentaria
	5.2	Necesidades sociales de subsistencia sanidad y agua potable

Otro punto importante dentro de este trabajo de título corresponde al potencial hidroeléctrico, el cual según el Primer Estudio de Cuencas “representa la disponibilidad de energía de fuente hidráulica existente en un territorio o unidad espacial, de acuerdo con las características de los recursos hídricos disponibles y la geomorfología del terreno, y se mide en Megawatts (MW). El potencial estará dado por el caudal de un río y la altura de caída desde la tubería de toma de agua hasta la sala de máquinas de las centrales hidroeléctricas (Base para la planificación territorial en el desarrollo hidroeléctrico futuro, Resultados de la primera fase del Estudio de Cuencas, Ministerio de Energía, 2015).”

La potencia de una central hidroeléctrica se calcula mediante la fórmula (1):

$$P_e = \rho \cdot g \cdot \eta_g \cdot \eta_m \cdot Q \cdot H \quad (1)$$

Donde:

P_e : Potencial (MW).

ρ : densidad del fluido (kg/m^3).

g : aceleración de gravedad (m/s^2).

η_g : rendimiento de la turbina hidráulica (-).

η_m : rendimiento del generador eléctrico (-).

Q : caudal que pasa por la turbina (m^3/s).

H : desnivel disponible en la presa entre aguas arriba y aguas abajo (m).

Existen cuatro tipos de clasificación de potencial hidroeléctricos: teórico, técnico, económico y de mercado, como se muestra en la Figura 1. Para efectos de este trabajo se utilizará el potencial técnico, “pues toma en consideración las posibilidades de aprovechamiento de las fuentes de energía considerando el desarrollo tecnológico y restricciones territoriales y/o legales relacionadas con el uso del suelo. El potencial teórico evalúa la disponibilidad total de energía de las fuentes renovables con aproximaciones teóricas, sin discriminar la viabilidad técnica y económica de su aprovechamiento. El Potencial económico considera la competitividad de las energías renovables respecto de otras fuentes de suministro. Finalmente, el potencial de mercado suele reflejar la fracción del potencial económico que es posible desarrollar bajo las condiciones presentes en un momento dado, un ejemplo de esto es el crecimiento de la demanda de energía (Energías Renovables en Chile, El potencial eólico, solar e hidroeléctrico de Arica a Chiloé, Ministerio de Energía, 2014)”.

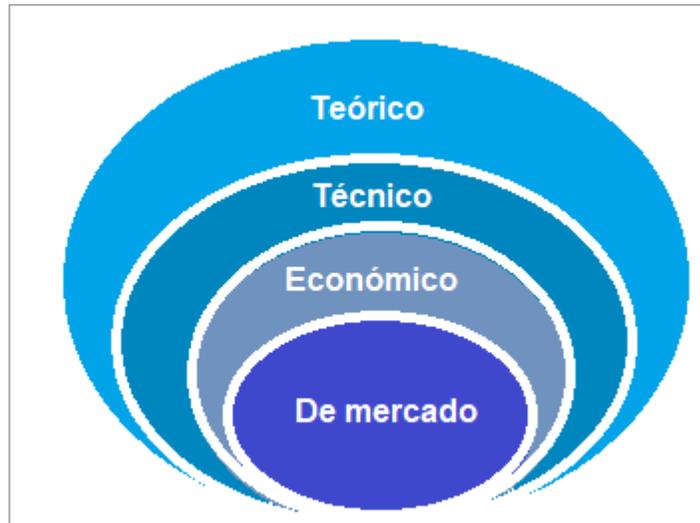


Figura 1: Tipos de potencial de energías renovables. Imagen adaptada de "Energías Renovables en Chile, El potencial eólico, solar e hidroeléctrico de Arica a Chiloé"

3 METODOLOGÍA

Para cumplir con los objetivos y alcances de este trabajo de título, se debe seguir la siguiente metodología:

- a) Revisión bibliográfica de los estudios realizados por la Comisión Nacional de Energía, para extraer la información sobre las cuencas y subcuencas elegidas. En lo principal enlistar los Objetos de Valoración.
- b) Revisión bibliográfica sobre sustentabilidad en el campo hidroeléctrico.
- c) Entrevistas a expertos en tratamiento de Objetos de Valoración, para conocer y registrar sus recomendaciones sobre su tratamiento, resaltando, si es pertinente, los cambios que deben hacerse respecto del pasado.

3.1 Identificar Algunas Cuencas Susceptibles De Recibir Proyectos Hidroeléctricos

Para seleccionar las cuencas a estudiar se utilizó un criterio ingenieril y económico, asociado a decisiones de inversión como lo son el potencial hidroeléctrico, la cercanía a los centros de consumo de electricidad y a líneas de transmisión, además de considerar los lugares en donde existen proyectos anteriores. En este proceso se seleccionaron dos de doce cuencas del Primer Estudio de Cuencas.

Mediante una actualización realizada el año 2016 del Potencial Hidroeléctrico de Chile para el libro “Energías Renovables en Chile. El potencial eólico, solar e hidroeléctrico de Arica a Chiloé” fue posible obtener la información de la ubicación de potenciales centrales hidroeléctricas y sus respectivos potenciales hidroeléctricos. Esta ubicación de las potenciales centrales hidroeléctricas se realizó utilizando la información otorgada por bases de datos de Derechos de Aprovechamiento de Aguas No Consuntivos (DAANC), los cuales se pueden obtener en la siguiente página web: <http://walker.dgf.uchile.cl/Explorador/DAANC/> .

La información de estas potenciales centrales se ordenó de acuerdo con sus comunas, y luego de tenerlas agrupadas por comunas, se procedió a ordenarlas por su potencial hidroeléctrico de mayor a menor, para posteriormente descartar aquellas potenciales centrales cuyo potencial hidroeléctrico fuera inferior a 3 MW. Solo se consideraron las potenciales centrales hidroeléctricas cuyo potencial hidroeléctrico fuera superior a 3 MW porque son ellas las que deben ingresar obligatoriamente al SEIA (Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental) y deban obtener una RCA (Resolución de Calificación Ambiental) favorable para su materialización. Esto debido a una condición que contempla la Ley medioambiental N°19.300 en su artículo 10° y que se desarrolla en el Reglamento del SEIA (D.S. N°40).

Posterior a esta filtración de potenciales centrales hidroeléctricas, se sumaron por comuna la cantidad de potencial hidroeléctrico existente, y se escogió dos comunas

por cuenca, prefiriendo aquellas con alto potencial hidroeléctrico. Cabe señalar que en cada una de estas dos comunas existen varias sub-subcuencas.

Se decide sumar el potencial hidroeléctrico por comuna para generar información pública clara acerca de los lugares en los que es posible realizar una construcción de algún tipo de central hidroeléctrica. Además, al agrupar o seleccionar comunas se está privilegiando el ordenamiento territorial mínimo, donde la comunidad tiene un representante, el Alcalde de la comuna, cuya autoridad normalmente debe liderar la opinión comunitaria ante el desarrollo de un proyecto de inversión.

3.2 Metodología Para Caracterizar Las Sub-Subcuencas Identificadas

Para poder determinar que sub-subcuencas serían seleccionadas para una posible construcción de centrales hidroeléctricas fue necesario conocer las características de las sub-subcuencas como lo son la cantidad de precipitación anual que recibe, la diversidad de especies que posee, sus dimensiones geográficas, demográficas, socioeconómicas, saber si existen o no comunidades protegidas por leyes especiales y planes reguladores comunales.

3.3 Metodología Para Seleccionar Sub-Subcuencas En Las Que Se Podría Establecer El Proyecto Hidroeléctrico

Una vez conocidos el potencial hidroeléctrico del posible proyecto, los objetos de valoración presentes en la zona, y las características de las sub-subcuencas, fue necesario establecer si los objetos de valoración presentes en la zona eran tratables al verse afectados por esta posible construcción. Esto significa establecer ciertas medidas de prevención o mitigación para que el proyecto no afecte en un 100% a todos los objetos de valoración. Pero de no encontrarse medidas para tratar los Objetos de Valoración, el proyecto sería inviable.

Para tratar los Objetos de valoración que se podrían ver afectados se consideró las buenas prácticas de proyectos anteriores y las sugerencias recibidas durante las entrevistas realizadas a expertos de Objetos de Valoración, además de los estudios de impacto ambiental.

3.4 Entrevistas A Expertos

Para este trabajo de título se realizaron entrevistas a ocho expertos en distintas clases de Objetos de Valoración.

El propósito de realizar estas entrevistas fue obtener la opinión de expertos frente a diferentes dudas que surgieron al realizar este trabajo de recopilación bibliográfica, y de conocer formas de evitar, reducir y reparar los Objetos de valoración frente a la construcción y luego operación de centrales hidroeléctricas.

Estas entrevistas fueron semi-estructuradas, pues eran conversaciones con cierto patrón, y para cada entrevistado se buscó obtener una información en particular.

Los entrevistados, sus cargos e instituciones o empresas a las que pertenecen, y que se obtuvo de cada entrevista se detallan a continuación:

1) Marcelo Olivares:

- Ingeniero Civil de la Universidad de Chile. Master of Science (MSc), The Johns Hopkins University, USA. PhD, University of California, Davis, USA.
- Profesor asistente en el área de recursos hídricos y medio ambiente de la Universidad de Chile. Participó como jefe de proyecto de la zona sur para el Estudio de Cuencas encargado por el Ministerio de Energía.
- Entrevista:
 - Definición de conceptos como Objetos de Valoración, categorías alta media y baja de los Objetos de Valoración.
 - Influencia de las centrales hidroeléctricas en la sociedad.
 - Opinión sobre centrales hidroeléctricas.

2) Matías Peredo:

- Ingeniero Civil Hidráulico Sanitario Ambiental, Ingeniería Hidráulica de la Universidad de Chile. Master of Science (MSc) de la Universidad Politécnica de Valencia en Gestión y Planificación de Recursos Hídricos. Doctor de la Universidad Politécnica de Valencia en Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente, EcoHidráulica.
- Jefe Área Ecohidráulica, Plataforma de Investigación en Ecohidrología y Ecohidráulica, EcoHyd. Encargado de Objetos de Valoración Ambiental para el Estudio de Cuencas encargado por el Ministerio de Energía.
- Entrevista:
 - Como influyen los Objetos de Valoración en la decisión de construir centrales hidroeléctricas.
 - Como tratar Objetos de Valoración fluviales.
 - Opinión sobre centrales hidroeléctricas.

3) Pablo Durán:

- Geógrafo, Medio Ambiente de la Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Consultor Senior Gerencia Medio Ambiente, Arcadis.
- Entrevista:
 - Como afecta un proyecto más al medio ambiente.
 - Diferencias entre las centrales de hoy y las de 40 años atrás.
 - Influencia del Estudio de Cuencas realizado por el Ministerio de Energía.

4) Esteban Toha:

- Geógrafo de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Master of Science (MSc) de la Universidad de Heidelberg en Gobernanza de Riesgos y Recursos Naturales.

- Coordinador Unidad de Biodiversidad y Recursos Naturales – División de Desarrollo Sustentable, Ministerio de Energía Chile.
 - Entrevista:
 - Estrategias de política pública.
 - Como tratar Objetos de Valoración.
- 5) Meliza González:
- Ingeniera en Recursos Naturales Renovables, Ciencias Ambientales de la Universidad de Chile
 - Profesional Unidad de Innovación y Sustentabilidad, División Desarrollo Sustentable, Ministerio de Energía Chile.
 - Entrevista:
 - Estrategias de política pública.
 - Como tratar Objetos de Valoración.
- 6) Carlos Olivares:
- Ingeniero Civil, mención en Hidráulica y Ambiental de la Universidad de Concepción. Magíster en Ciencias de la Ingeniería Civil, mención Hidráulica y Ambiental de la Universidad de Concepción.
 - Profesional División de Desarrollo Sustentable.
 - Entrevista:
 - Estrategias de política pública.
 - Como tratar Objetos de Valoración.
- 7) Marcia Montedónico:
- Ingeniera Agrónoma de la Universidad de Chile. Magister en desarrollo sustentable y gestión de sistemas agroambientales de la Universidad de Bologna, Italia.
 - Jefa Área Socioambiental del Centro de Energía de la FCFM-Equipo Desarrollo Socioambiental de la Universidad de Chile.
 - Entrevista:
 - Como tratar Objetos de Valoración sociales, culturales.
 - Medidas de mitigación frente a centrales hidroeléctricas.
 - Comunidades y Centrales hidroeléctricas.
 - Asimetría de información entre titulares de proyectos y comunidades.
- 8) Rodrigo Fuster:
- Ingeniero Agrónomo, Mención manejo de suelos y aguas de la Universidad de Chile. Master of Science (MSc) de la Universidad Autónoma de Barcelona en Ciencias y Tecnologías Ambientales. Doctor de la Universidad Autónoma de Barcelona en Ciencias y Tecnologías Ambientales.
 - Director académico de Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile.
 - Entrevista:

- Como tratar Objetos de Valoración sociales, culturales.
- Medidas de mitigación frente a centrales hidroeléctricas.
- Comunidades y Centrales hidroeléctricas.
- Asimetría de información entre titulares de proyectos y comunidades.
- Cosmovisión de pueblos originarios.

4 RESULTADOS

En el presente capítulo se describirán los resultados obtenidos de la caracterización de las cuencas seleccionadas y de las entrevistas realizadas a los profesionales expertos en el área de definición y manejo de objetos de valoración.

4.1 Descripción De Cuencas Seleccionadas

De acuerdo con lo señalado en la metodología del presente informe, se realiza la selección de cuencas por medio de criterios ingenieriles y económicos: inversiones, potencial hidroeléctrico, la cercanía a los centros de consumo de electricidad y las líneas de transmisión, además de considerar los lugares en donde existen proyectos anteriores.

4.1.1 Información De Cuencas Seleccionadas

Las cuencas a estudiar corresponderán al Maule y Biobío, las cuales juntas suman una capacidad de potencial hidroeléctrico desarrollado de 4.270 MW (según el segundo Estudio de cuencas, 2016), y sobre las cuales es posible conocer los criterios mencionados en el párrafo anterior.

4.1.1.1 Potencial Hidroeléctrico De Las Cuencas Del Maule Y Biobío

Para tener un escenario claro del potencial hidroeléctrico presente en la cuenca del Maule, se presentan la Figuras 2 y la Tabla 2. En la Figura 2 es posible observar el potencial hidroeléctrico presente en cada sub-subcuenca, se presentan tonalidad de azules, más claro indica menor potencial hidroeléctrico mientras que al ir aumentando la intensidad a un azul más oscuro indica mayor potencial hidroeléctrico. En la Tabla 2, aparece la información del potencial hidroeléctrico que podría desarrollarse en cada sub-subcuenca (SSC), estas sub-subcuencas se señalan de acuerdo con su código el cual también se puede observar en la Figura 2. De la misma manera que se explica para la cuenca del Río Maule, se presenta la información para la cuenca del Río Biobío, para ello se presenta la Figura 3 y la Tabla 3.

Gracias a estas Tablas es posible observar que el potencial hidroeléctrico por desarrollar en la cuenca del Maule es de 990 (MW), mientras que en la cuenca del Biobío es posible desarrollar un potencial hidroeléctrico de 2.342 (MW).

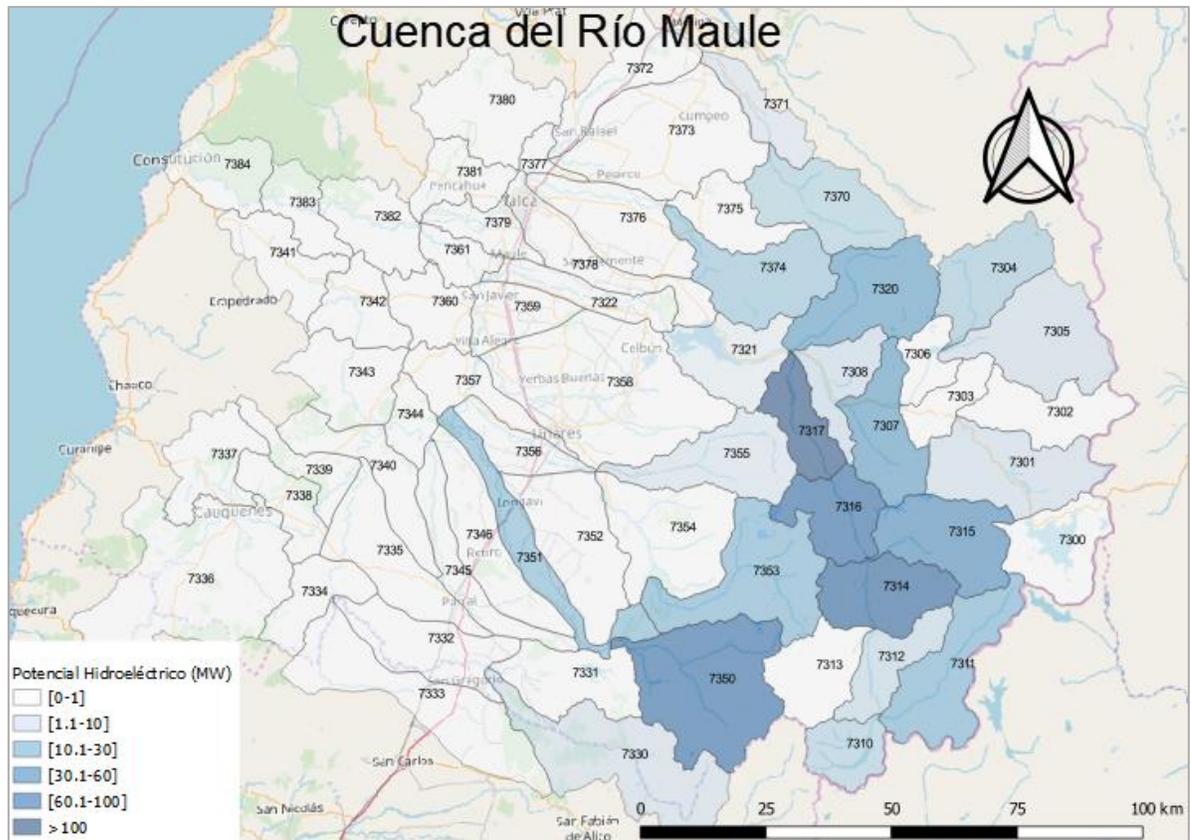


Figura 2: Distribución del Potencial hidroeléctrico en la cuenca del Maule de acuerdo con sus sub-subcuenclas. Elaboración propia en base a Shapes del sitio web Hidroelectricidad Sustentable.

Tabla 2: Potencial hidroeléctrico de cada una de las sub-subcuenclas (SSC) de la cuenca del Maule.

Código SSC	Potencial Hidroeléctrico (MW)	Código SSC	Potencial Hidroeléctrico (MW)
7300	0	7342	0
7301	12,6	7343	0
7302	0	7344	0
7303	0	7345	0
7304	22,3	7346	0
7305	13,1	7350	110,5
7306	0	7351	26,7
7307	50,2	7352	0
7308	13,4	7353	27,2
7310	18,9	7354	0
7311	28,9	7355	6,5
7312	15,2	7356	0
7313	0	7357	0

Código SSC	Potencial Hidroeléctrico (MW)	Código SSC	Potencial Hidroeléctrico (MW)
7314	149,1	7358	0
7315	62,7	7359	0
7316	116,8	7360	0
7317	205,9	7361	0
7320	47,2	7370	19
7321	2,7	7371	5,6
7322	0	7372	0
7330	12	7373	0
7331	0	7374	23,5
7332	0	7375	0
7333	0	7376	0
7334	0	7377	0
7335	0	7378	0
7336	0	7379	0
7337	0	7380	0
7338	0	7381	0
7339	0	7382	0
7340	0	7383	0
7341	0	7384	0
Potencial hidroeléctrico Total (MW)			990

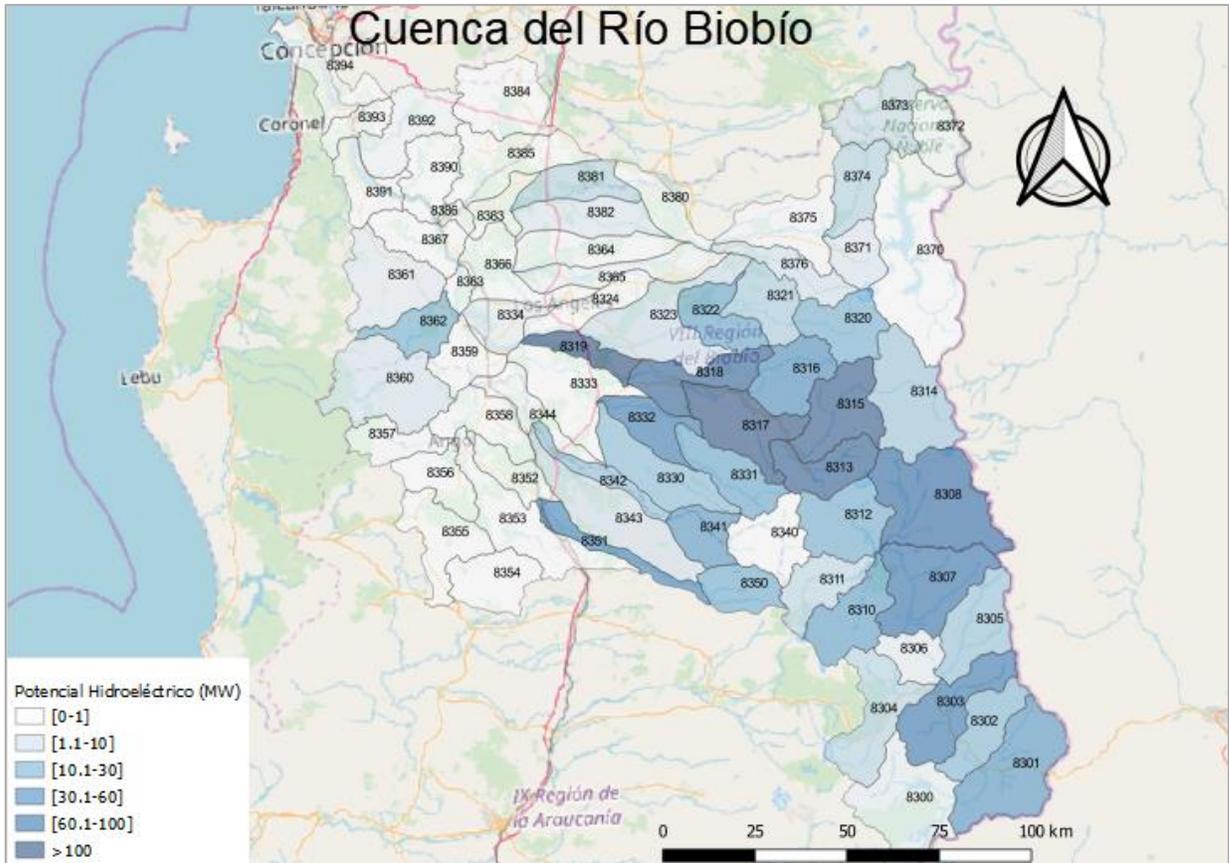


Figura 3: Distribución del potencial hidroeléctrico en la cuenca del Biobío. Elaboración propia en base a Shapes del sitio web Hidroelectricidad Sustentable.

Tabla 3: Potencial hidroeléctrico de cada una de las sub-subcuencas (SSC) de la cuenca del Biobío

Código SSC	Potencial Hidroeléctrico (MW)	Código SSC	Potencial Hidroeléctrico (MW)
8300	1,3	8352	0
8301	53,3	8353	0
8302	26,9	8354	0
8303	92,2	8355	0
8304	17,6	8356	0
8305	24,2	8357	0,1
8306	1,7	8358	0
8307	106,6	8359	0
8308	128,8	8360	6,5
8310	46,9	8361	3,3
8311	15,6	8362	32,7
8312	38,1	8363	0
8313	173,1	8364	0,1
8314	23,2	8365	0,4

Código SSC	Potencial Hidroeléctrico (MW)	Código SSC	Potencial Hidroeléctrico (MW)
8315	183,4	8366	0
8316	58,6	8367	0
8317	313,6	8370	0
8318	169,1	8371	5,5
8319	404,1	8372	0
8320	32,7	8373	11,7
8321	19,9	8374	18,6
8322	43,2	8375	0,3
8323	12,6	8376	8,4
8324	0	8380	0,2
8330	25,8	8381	18,1
8331	42,5	8382	4,3
8332	89	8383	0
8333	0	8384	0
8334	1,9	8385	0
8340	0	8386	0
8341	52,1	8390	0
8342	24,4	8391	0
8343	12	8392	0,5
8344	0	8393	0
8350	40,3	8394	0
8351	67,3		
Potencial hidroeléctrico Total (MW)			2.342

Luego, en las Tablas 4 y 5 se entrega un listado de las centrales generadoras de en hidroelectricidad y su potencia total para las cuencas del Maule y del Biobío. Esta información se obtuvo del sitio IDE Energía, del Ministerio de Energía, Gobierno de Chile <http://sig.minenergia.cl/sig-minen/moduloCartografico/composer/>

Tabla 4: Listado de centrales hidroeléctricas en operación de la Región del Maule y su Potencial total (MW).

Central hidroeléctrica Instalada	Comuna	Potencial Total (MW)
MCH Dosal	Curicó	0,27
Purísima	Molina	0,42
Roblería	Linares	3,99
San Clemente	San Clemente	5,89
Los Hierros II	Linares	5,99
Mariposas	San Clemente	6,29
Ojos de Agua	San Clemente	8,98
Providencia	San Clemente	14,13
Lircay	San Clemente	18,95
Chiburgo	Colbún	19,16

Central hidroeléctrica Instalada	Comuna	Potencial Total (MW)
Los Hierros	Linares	25,00
San Ignacio	Yerbas Buenas	36,91
Loma Alta	San Clemente	39,93
Isla	San Clemente	69,90
Curillinque	San Clemente	91,77
Machicura	Colbún	94,76
Cipreses	San Clemente	105,82
Colbún	Colbún	472,82
Pehuenche	Colbún	568,29
Total (MW)		1.589,27

Tabla 5: Listado de centrales hidroeléctricas en operación de la Región del Biobío y su Potencial total (MW).

Central hidroeléctrica instalada	Comuna	Potencial total (MW)
Quillaileo	Santa Bárbara	0,82
Boquiamargo	Alto Biobío	1,09
Alto Renaico	Mulchén	1,48
Lleuquereo	Santa Bárbara	1,79
Los Padres	Quilleco	2,18
Bureo	Mulchén	2,20
El Mirador	Alto Biobío	3,00
El Diuto	Los Ángeles	3,29
CMPC San Fe	Nacimiento	5,00
Renaico	Mulchén	6,30
Palmucho	Alto Biobío	31,95
Laja 1	Laja	34,04
Mampil	Santa Bárbara	54,91
Quilleco	Quilleco	70,80
Peuchen	Santa Bárbara	84,87
Abanico	Antuco	135,60
Rucue	Quilleco	178,13
Antuco	Tucapel	319,17
Angostura	Santa Bárbara	321,00
El Toro	Antuco	448,74
Pangue	Alto Biobío	465,83
Ralco	Quilaco	688,97
Total (MW)		2.861,16

El siguiente paso fue identificar algunas sub-subcuenca asociadas a altos potenciales hidroeléctricos presentes en cada cuenca. Para ello, se ordenaron tablas con información referente a cada proyecto, de acuerdo con las comunas, de modo de poder entregar información a los habitantes respecto de los potenciales proyectos a desarrollar en sus alrededores.

4.1.1.2 Identificación De Sub-Subcuencas De Acuerdo Con El Potencial Hidroeléctrico Para La Posible Construcción De Centrales Hidroeléctricas

Para la cuenca del Maule se escogieron las comunas de Colbún y San Clemente, las cuales son vecinas, están separadas por el río Maule y están ubicadas en la precordillera. Las sub-subcuencas que son parte de estas comunas suman un potencial medio de 412,1 (MW).

Para la cuenca del Biobío se escogieron las comunas de Los Ángeles y Mulchén, las cuales son vecinas, están separadas por el río Biobío y se ubican en el valle de la cuenca. Estas dos comunas suman un alto potencial hidroeléctrico medio de 794,9 (MW).

Se presentan las Tablas 6, 7, 8 y 9 en las que se indica las comunas escogidas por cada cuenca, las sub-subcuencas con potencial hidroeléctrico superior a 3 MW y el código de cada sub-subcuenca (SSC).

En el Anexo I, se presentan las tablas de todas las potenciales centrales hidroeléctricas, agrupadas por comunas, mientras que en este capítulo se presentan las potenciales centrales hidroeléctricas seleccionadas para este trabajo de título en función de su potencial hidroeléctrico, el cual era superior en comparación con otros potenciales hidroeléctricos pertenecientes a la misma cuenca.

Tabla 6: Potenciales centrales hidroeléctricas de la comuna de Colbún, pertenecientes a la cuenca del Maule.

Comuna	Sub-subcuenca	Código SSC	Potencial Hidroeléctrico medio (MW)
Colbún	Río Melado Entre Estero El Toro y Río Maule	7317	75,3
	Río Guaiquivilo Entre Estero Relbún y Río de La Puente	7314	65,3
	Río Melado Entre Río de La Puente y Bajo Junta Estero El Toro	7316	28,2
	Río Melado Entre Río de La Puente y Bajo Junta Estero El Toro	7316	26,5
	Río Maule entre Río Melado y Muro Embalse Colbún	7321	22,8
	Río Melado Entre Estero El Toro y Río Maule	7317	17,7
	Río de La Puente	7315	15
	Estero Perales y Cajón Troncoso	7311	14,8
	Río de La Puente	7315	6,1
	Río Guaiquivilo Entre Estero Relbún y Río de La Puente	7314	6
	Río Guaiquivilo Entre Estero Perales, Cajón Troncoso y Río Relbún	7312	5,9
	Río de La Puente	7315	5
	Total, Potencial Hidroeléctrico medio (MW)		

Tabla 7: Potenciales centrales hidroeléctricas de la comuna de San Clemente, perteneciente a la cuenca del Maule.

Comuna	Sub-subcuenca	Código SSC	Potencial Hidroeléctrico medio (MW)
San Clemente	Río Maule Entre Desagüe Laguna del Maule y Río Puelche	7301	25,8
	Río Maule Entre Desagüe Laguna del Maule y Río Puelche	7301	7,2
	Río Maule Entre Desagüe Laguna del Maule y Río Puelche	7301	3,7
	Río Maule Entre Desagüe Laguna del Maule y Río Puelche	7301	3,3
	Río Puelche	7302	7,3
	Río Barroso	7304	6,5
	Río Barroso	7304	5,8
	Río de La Invernada	7305	6,7
	Río de La Invernada	7305	3,8
	Río Maule entre Río Cipreses y Río Curillinque	7307	9,8
	Río Claro	7320	14,8
	Río Claro	7320	5,2
	Estero Piduco	7378	5,9
	Total Potencial Hidroeléctrico medio (MW)		

Tabla 8: Potenciales centrales hidroeléctricas de la comuna de Los Ángeles, pertenecientes a la cuenca del Biobío.

Comuna	Sub-subcuenca	Código SSC	Potencial Hidroeléctrico medio (MW)
Los Ángeles	Río Bio-Bio Entre Estero Pile (Calbuco) y Río Duqueco	8319	399,8
	Río Bio-Bio Entre Estero Pile (Calbuco) y Río Duqueco	8319	55
	Río Bio-Bio Entre Estero Pile (Calbuco) y Río Duqueco	8319	26,5
	Río Laja Entre Arriba Estero Alcapan y Río Caliboro	8381	10,8
	Río Duqueco Entre Estero Quilleco y Río Coreo	8323	10,2
	Total Potencial Hidroeléctrico medio (MW)		

Tabla 9: Potenciales centrales hidroeléctricas de la comuna de Mulchén, pertenecientes a la cuenca del Biobío.

Comuna	Sub-subcuenca	Código SSC	Potencial Hidroeléctrico medio (MW)
Mulchén	Río Bio-Bio Entre Estero Pile (Calbuco) y Río Duqueco	8319	169,2

Comuna	Sub-subcuenca	Código SSC	Potencial Hidroeléctrico medio (MW)
	Río Bio-Bio Entre Estero Pile (Calbuco) y Río Duqueco	8319	36,2
	Río Mulchén hasta junta Río Bureo	8330	7,4
	Río Bureo Hasta Bajo Estero Pichibureo	8331	9,1
	Río Bureo entre Río Pichibureo y Río Mulchén	8332	9,5
	Río Bureo entre Río Pichibureo y Río Mulchén	8332	7,1
	Río Renaico hasta bajo junta Río Amargo	8340	20,5
	Río Renaico Entre Río Amargo y Bajo Estero Luanrelun	8341	8,8
	Río Renaico Entre Río Amargo y Bajo Estero Luanrelun	8341	5,8
	Río Renaico entre Río Luanrelun y Río Mininco	8342	6,7
	Río Renaico entre Río Luanrelun y Río Mininco	8342	6,3
	Río Renaico entre Río Luanrelun y Río Mininco	8342	6
	Total Potencial Hidroeléctrico medio (MW)		292,6

Las Figuras 4 y 5 corresponden a mapas de las cuencas de Maule y Biobío respectivamente, en las que se indican las ubicaciones de las potenciales centrales hidroeléctricas por medio de puntos, y de acuerdo con el color y tamaño de cada punto será el valor del potencial hidroeléctrico. En la Figura 4 se destacan las comunas de Colbún y Mulchén, mientras que en la Figura 5 se destacan las comunas de Los Ángeles y San Clemente.

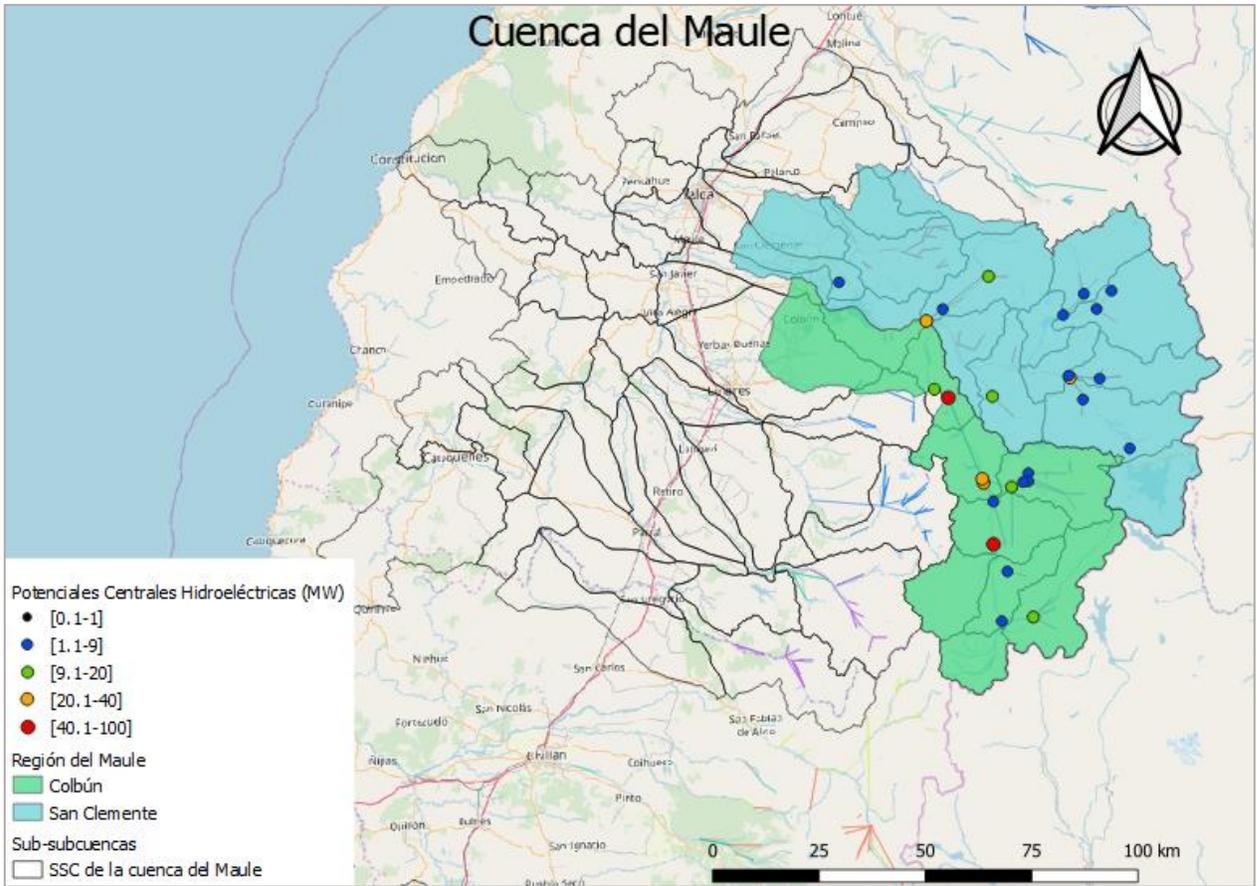


Figura 4: Ubicación de potenciales centrales escogidas en cuenca del Maule, comunas de Colbún y San Clemente. Elaboración propia en base a Shapes del sitio web Hidroelectricidad Sustentable.

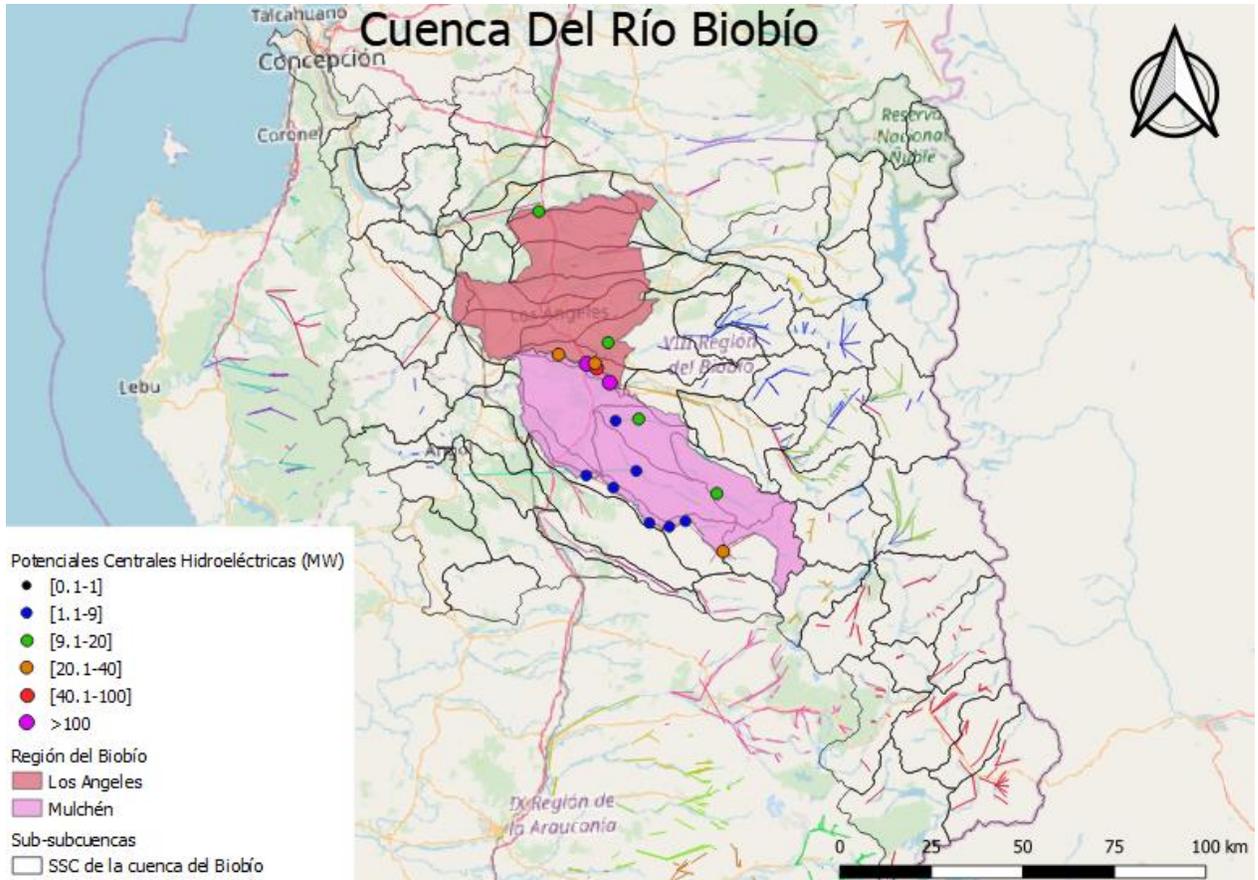


Figura 5: Ubicación de potenciales centrales hidroeléctricas ubicadas en la cuenca del Biobío, comunas de Los Ángeles y Mulchén. Elaboración propia en base a Shapes del sitio web Hidroelectricidad Sustentable.

4.1.1.3 Objetos De Valoración Que Serán Asociados A Las Potenciales Centrales Hidroeléctricas De Las Sub-Subcuencas De La Cuenca Del Maule

En las Tablas 10, 11 y 12 se presentan los Objetos de Valoración (OdV) junto con sus respectivas clases y las sub-subcuencas (SSC) elegidas de la cuenca del Maule. La “x” indica si en la sub-subcuenca se encuentra el OdV.

Tabla 10: Clase Terrestre de Objetos de Valoración presentes en la cuenca del Maule en las comunas de Colbún y San Clemente, donde x indica su presencia.

Comunas	Clase		Terrestre											
	SSC/OdV		Especies terrestres en categoría de amenaza	Protección frente a la erosión	Parques nacionales	Especies terrestres endémicas	Paisaje natural no fragmentado	Ecosistemas terrestres azonales	Ecosistemas terrestres en categoría de amenaza	Comunidad terrestre con baja presencia de especies exóticas	Áreas críticas para conservación de biodiversidad	Áreas oficiales de conservación excluye parques nacionales	Interés privado y sitios prioritarios	Áreas de paisaje terrestre natural y paisaje terrestre
Colbún	7311					x	x	x	x	x			x	x
	7312	x				x	x	x	x	x			x	x
	7314	x				x	x	x	x	x				x
	7315	x				x	x	x	x	x			x	x
	7316	x				x	x	x	x	x			x	x
	7317	x				x	x	x	x	x		x	x	x
	7321	x	x			x	x	x	x	x	x		x	x
San Clemente	7301	x				x	x	x	x	x		x	x	x
	7302					x	x	x	x	x			x	x
	7304					x	x	x	x	x			x	x
	7305					x	x	x	x	x			x	x
	7307	x				x	x	x	x	x				x
	7308	x				x	x	x	x	x				x
	7320	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x
	7374	x	x			x	x	x	x	x		x	x	x
	7378	x	x			x	x	x	x	x			x	x

Tabla 11: Clase Fluvial de Objetos de Valoración presentes en la cuenca del Maule en las comunas de Colbún y San Clemente, donde x indica su presencia.

Comunas	Clase	Fluvial													
	SSC/OdV	Categoría amenazada	Conectividad lateral	Ecosistema lacustre	Conectividad longitudinal ripariana	Conectividad longitudinal a nivel de cauce no fragmentado	Régimen hidrológicamente no alterado	Sistema fluvial con condiciones naturales de calidad	Baja presencia de especies exóticas	Régimen de sedimentos no alterados	Áreas fluviales críticas para la conservación	Glaciares	Especies endémicas	Accesibilidad a la red hidrográfica	Sistema fluvial morfológicamente intactos
Colbún	7311	x	x	x		x	x	x	x	x	x		x		x
	7312	x	x			x	x	x	x	x			x		x
	7314	x	x	x		x	x	x	x	x	x		x		x
	7315	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x		x
	7316	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x		x
	7317	x	x			x	x	x	x	x			x		x
	7321	x	x			x	x	x	x	x	x		x		x
San Clemente	7301		x			x	x	x	x	x		x			x
	7302		x			x	x	x		x					x
	7304		x			x	x	x		x		x			x
	7305	x	x	x		x	x	x	x	x			x		x
	7307	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x		x
	7308	x	x			x	x	x	x	x			x		x
	7320		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x
	7374	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x
	7378	x	x			x			x	x	x		x	x	x

Tabla 12: Clases Productiva, cultural y social de Objetos de Valoración presentes en la cuenca del Maule en las comunas de Colbún y San Clemente, donde x indica su presencia.

Comunas	SSC/OdV	Clase			Productivo			Cultural			Social	
		Actividad turística	Actividad acuícola	Servicios sanitarios	Producción forestal	Producción agrícola	Sitios arqueológicos	Alto valor paisajístico	Sitios de significación cultural	Subsistencia alimentaria	Subsistencia sanidad y agua potable	
Colbún	7311	x				x	x	x				
	7312	x				x		x				
	7314	x				x	x	x				
	7315	x				x		x				
	7316	x				x	x	x				
	7317	x				x	x	x	x			
	7321	x			x	x	x	x		x	x	
San Clemente	7301	x				x	x	x				
	7302	x				x		x				
	7304	x				x	x	x				
	7305	x				x		x				
	7307	x				x	x	x				
	7308	x	x			x	x	x		x		
	7320	x				x	x	x		x		
	7374	x			x	x	x	x	x	x	x	
	7378	x	x	x	x	x		x	x	x	x	

4.1.1.4 Objetos De Valoración Que Serán Asociados A Las Potenciales Centrales Hidroeléctricas De Las Sub-Subcuenas De La Cuenca Del Biobío

En las Tablas 13, 14 y 15 se presentan los Objetos de Valoración (OdV) junto con sus respectivas clases y las sub-subcuenas (SSC) elegidas de la cuenca del Biobío. La "x" indica si en la sub-subcuenca se encuentra el OdV.

Tabla 13: Clase Terrestre de Objetos de Valoración presentes en la cuenca del Biobío en las comunas de Los Ángeles y Mulchén, donde x indica su presencia.

Clase		Terrestre											
Comunas	SSC/OdV	Especies terrestres en categoría de amenaza	Protección frente a la erosión	Parques nacionales	Especies terrestres endémicas	Paisaje natural no fragmentado	Ecosistemas terrestres azonales	Ecosistemas terrestres en categoría de amenaza	Comunidad terrestre con baja presencia de especies exóticas	Áreas críticas para conservación de biodiversidad	Áreas oficiales de conservación excluye parques nacionales	Interés privado y sitios prioritarios	Áreas de paisaje terrestre natural
	Los Ángeles	8319	x			x	x	x	x	x			
8323		x			x	x	x	x	x				x
8381		x			x	x	x	x	x				x
Mulchén	8319	x			x	x	x	x	x				x
	8330	x	x		x	x	x	x	x				x
	831	x	x		x	x	x	x	x		x		x
	8332	x			x	x	x	x	x				x
	8340	x	x		x	x		x	x		x	x	x
	8341	x	x		x	x		x	x		x		x
	8342	x	x		x	x	x	x	x				x

Tabla 14: Clase Fluvial de Objetos de Valoración presentes en la cuenca del Biobío en las comunas de Los Ángeles y Mulchén, donde x indica su presencia.

Clase		Fluvial													
Comunas	SSC/OdV	Categoría amenazada	Conectividad lateral	Ecosistema lacustre	Conectividad longitudinal ripariana	Conectividad longitudinal a nivel de cauce no fragmentado	Régimen hidrológicamente no alterado	Sistema fluvial con condiciones naturales de calidad fisicoquímica del agua	Baja presencia de especies exóticas	Régimen de sedimentos no alterados	Áreas fluviales críticas para la conservación	Glaciares	Especies endémicas	Accesibilidad a la red hidrográfica	Sistema fluvial morfológicamente intactos
	Los Ángeles	8319	x	x				x		x	x	x		x	x
8323		x	x		x	x	x		x	x	x		x	x	x
8381		x	x		x		x		x	x	x		x		x
Mulchén	8319	x	x				x		x	x	x		x	x	x
	8330	x	x		x	x	x		x	x			x	x	x
	831	x	x		x	x	x	x	x	x	x		x	x	x
	8332	x	x		x	x	x		x	x	x		x	x	x
	8340		x		x	x	x	x	x	x	x		x		x
	8341	x	x		x	x	x		x	x	x		x		x
	8342	x	x	x	x		x		x	x	x		x		x

Tabla 15: Clases Productiva, cultural y social de Objetos de Valoración presentes en la cuenca del Biobío en las comunas de Los Ángeles y Mulchén, donde x indica su presencia.

	Clase	Productivo	Cultural	Social
Comunas	SSC/OdV			
	Actividad turística			
	Actividad acuícola			
	Servicios sanitarios			
	Producción forestal			
	Producción agrícola			
	Sitios arqueológicos			
	Alto valor paisajístico			
	Sitios de significación cultural			
	Subsistencia alimentaria			
Subsistencia sanidad y agua potable				
Los Ángeles	8319	x		
	8323	x	x	
	8381	x		
Mulchén	8319	x		
	8330	x	x	
	831	x		
	8332	x	x	
	8340	x		
	8341	x		
	8342	x		

4.1.2 Caracterización De La Primera Cuenca Seleccionada: Río Maule

4.1.2.1 Ubicación, Superficie Y Comunas Que Comprenden A La Cuenca Del Río Maule

Se comenzó caracterizando la cuenca del Maule. Esta cuenca hidrográfica, que recibe el nombre de su río principal, el río Maule, esta sectorizada orográficamente, desde este a oeste se encuentran respectivamente la cordillera de Los Andes, la depresión o valle central y la cordillera de la Costa. Tiene una superficie de 21.053 km², está compuesta por 9 subcuencas y 64 sub-subcuencas. Comprende 21 comunas, de las cuales 19 pertenecen a la VII Región del Maule y son Cauquenes, Colbún, Curepto, Empedrado, Licantén, Linares, Longaví, Maule, Molina, Parral, Pelarco, Pencahue, Retiro, Río Claro, San Clemente, San Javier, Talca, Villa Alegre, Yervas Buenas, mientras que solo 2 pertenecen a la VIII región del Biobío y son Quirihue y Ñiquén.

La cuenca del Maule se encuentra entre los paralelos 35°05' y 36°30' de latitud sur y entre los meridianos 70°25' y 72°30' de longitud oeste.

4.1.2.2 Potencial Hidroeléctrico

El potencial hidroeléctrico en operación de la zona es de 1.589,26 MW. Hasta el año 2018 se han construido 19 hidroeléctricas, de las cuales, 10 son menores a 20 MW y suman un potencial de 84,0 MW, mientras que 9 son mayores a 20 MW y suman un potencial hidroeléctrico de 1.505,2 MW. En esta cuenca además existen 3 centrales generadoras tipo biomasa, las cuales aportan con 36 MW, y 6 termoeléctricas que aportan un total de 89,9 MW de las cuales 5 utilizan como combustible petróleo Diesel y generan 87,9 MW y 1 utiliza como combustible el carbón, que genera 2 MW. Por lo que la potencia eléctrica total instalada en la cuenca, considerando todas las centrales generadoras es de 1.715,2 MW.

En la comuna de Colbun existen 4 centrales hidroeléctricas, las cuales suman una potencia eléctrica de 1.155 MW, y se detallan a continuación:

- 1) Central Chiburgo. Hidroeléctrica menor a 20 MW. Potencial total 19,1 MW. Resolución de calificación ambiental 137-2005.
- 2) Central Machicura. Hidroeléctrica mayor a 20 MW. Potencial total 94,8 MW. Resolución de calificación ambiental sin información.
- 3) Central Colbun. Hidroeléctrica mayor a 20 MW. Potencial total 472,8 MW. Resolución de calificación ambiental 176-2007.
- 4) Central Pehuenche. Hidroeléctrica mayor a 20 MW. Potencial total 568,3 MW. Resolución de calificación ambiental sin información.

Mientras que en San Clemente existen 8 centrales hidroeléctricas, las cuales suman una potencia eléctrica de 355,2 MW, y se detallan a continuación:

- 1) Central San Clemente. Hidroeléctrica menor a 20 MW. Potencial total 5,9 MW. Resolución de calificación ambiental 270-2007.
- 2) Central Ojos de Agua. Hidroeléctrica menor a 20 MW. Potencial total 8,9 MW. Resolución de calificación ambiental 11-2006.
- 3) Central Providencia. Hidroeléctrica menor a 20 MW. Potencial total 14,1 MW. Resolución de calificación ambiental 90-2011.
- 4) Central Lircay. Hidroeléctrica menor a 20 MW. Potencial total 18,9 MW. Resolución de calificación ambiental 414-2006.
- 5) Central Loma Alta. Hidroeléctrica mayor a 20 MW. Potencial total 39,9 MW. Resolución de calificación ambiental 367-1995.

- 6) Central Isla. Hidroeléctrica mayor a 20 MW. Potencial total 69,9 MW. Resolución de calificación ambiental Sin Información.
- 7) Central Curillinque. Hidroeléctrica mayor a 20 MW. Potencial total 91,8 MW. Resolución de calificación ambiental Sin Información.
- 8) Central Cipreses. Hidroeléctrica mayor a 20 MW. Potencial total 105,8 MW. Resolución de calificación ambiental Sin Información.

Existen 100 potenciales centrales hidroeléctricas asociadas a la zona de la cuenca del Maule, la cuales se pueden observar en la Figura 6. Las comunas en las que se identificaron estas potenciales centrales hidroeléctricas son Colbún, Linares, Longaví, Molina, Parral, Río Claro y San Clemente. Además, en la Tabla 16 se detalla la cantidad de potenciales proyectos por cada sub-subcuenca, expresada a través de su código.

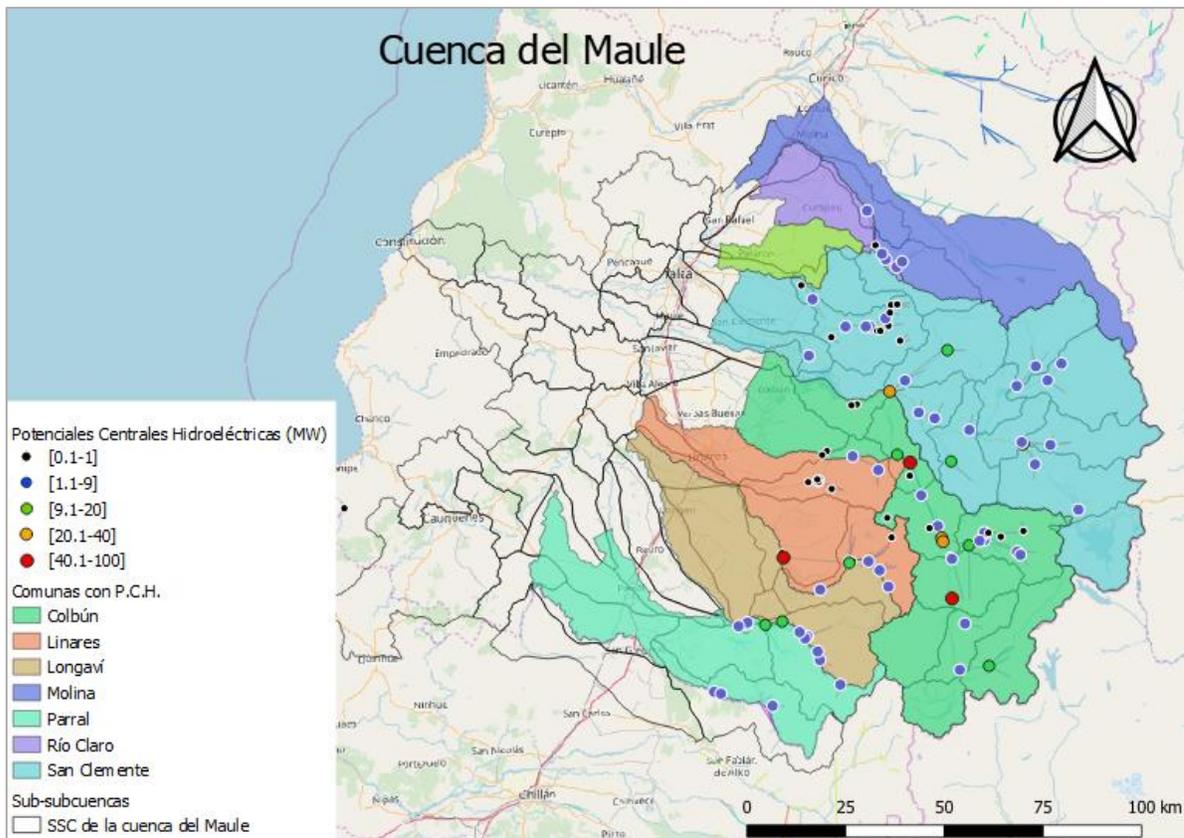


Figura 6: Potenciales centrales hidroeléctricas para la cuenca del Maule. Elaboración Propia en base a Shapes del sitio web Hidroelectricidad Sustentable.

Tabla 16: Cantidad de potenciales centrales hidroeléctricas por cada sub-subcuenca (SSC) de la cuenca del Maule.

Código SSC	N° Proyectos por SSC	Potencial medio (MW)
7301	4	40
7302	1	7,3
7304	2	12,3
7305	2	10,5
7307	2	11,8
7308	2	2,9
7311	1	14,8
7312	2	9,7
7314	3	72,3
7315	11	36,2
7316	6	60,9
7317	3	93,1
7320	3	21
7321	3	23,6
7330	3	7
7350	8	54
7351	3	13,1
7353	9	43,6
7354	2	63,4
7355	8	12,1
7358	1	0,7
7370	5	10,8
7371	1	3,6
7374	14	11,8
7378	1	5,9
Total	100	642,4

Información similar a la entregada en la Tabla 16 es posible encontrarla en la Tabla 17, pero aquí es posible conocer la información a través de las comunas en las que existen Potenciales centrales hidroeléctricas, con un potencial hidroeléctrico medio superior a 3 (MW) junto con la cantidad de potenciales proyectos para cada una de esas comunas. Mientras que en la Tabla 18 se entrega información de las comunas en las que existe Potenciales centrales hidroeléctricas pero esta vez considera a todos los potenciales proyectos, es decir, incluye a las potenciales centrales cuyo potencial hidroeléctrico parten desde 0,1 (MW).

Tabla 17: Comunas del Maule con Potenciales centrales hidroeléctricas mayores a 3 (MW).

	P.H. medio (MW)	N° Proyectos
Colbún	299,4	15
Linares	32,2	4
Longaví	118,5	8
Parral	6,23	3
Río Claro	7,8	2
San Clemente	105,8	13
Total	569,93	45

Tabla 18: Comunas del Maule con Potenciales centrales hidroeléctricas desde 0,1 (MW).

	P.H. medio (MW)	N° Proyectos
Colbún	315,2	32
Linares	37,9	11
Longaví	127,5	14
Molina	2	1
Parral	23,9	6
Río Claro	12,4	5
San Clemente	123,5	31
Total	642,4	100

4.1.2.3 Información Obtenida Del Censo 2017

La Figura 7 corresponde a información obtenida de los resultados del Censo 2017, gracias a la cual es posible conocer la población total de la Región del Maule, que es de 1.044.950 habitantes, de los cuales un 26,8% vive en áreas rurales, mientras que un 73,2% vive en áreas urbanas. Algunos de los grandes centros poblados corresponden a las provincias de Curicó, Linares, Cauquenes y la capital regional, Talca.

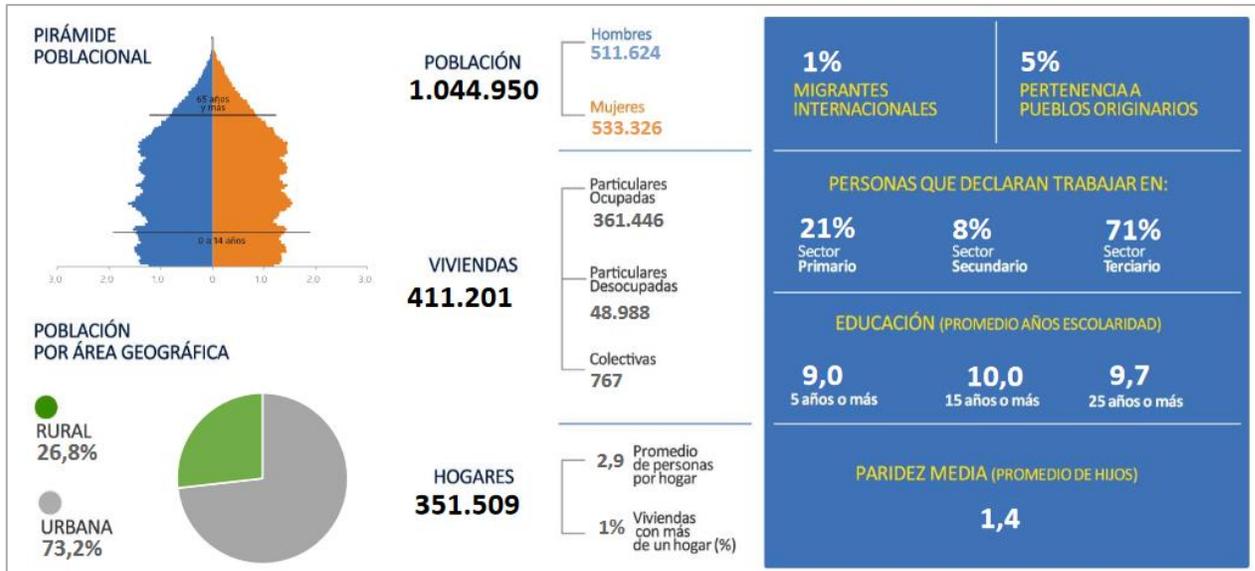


Figura 7: Datos de población pertenecientes a la región del Maule. Imagen obtenida de la última actualización del Censo 2017.

Entre las personas que declaran trabajar, que corresponde a un 54% de la población, es decir, 564.273 habitantes, 118.497 personas trabajan en el sector primario (agricultura, ganadería, pesca, minería), 45.142 trabajan en el sector secundario (industria, artesanía, construcción) y 400.634 en el sector terciario (servicios educativos, transporte, comercio).

En la comuna de Colbún, existe una población de 20.765 habitantes, entre los cuales 10.560 son mujeres y 10.205 son hombres. Además, existe un 5% de pueblos originarios en esta comuna, cuya distribución por etnias se aprecia en la Figura 8. Con respecto a la educación, en esta comuna, existe un 95% de asistencia a educación escolar, 74% de asistencia a educación media, 13% de ingreso a educación superior y 75% de educación superior terminada. En lo que respecta a agua potable, un 92% de las viviendas cuenta con conexión a red pública de agua.

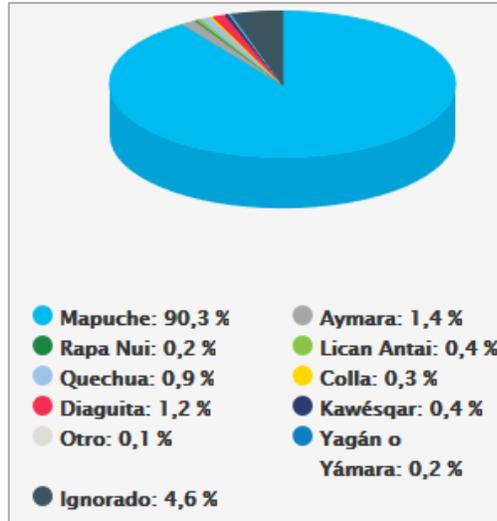


Figura 8: Porcentaje de Pueblos originarios en la comuna de Colbún. Imagen obtenida de los resultados del censo 2017.

En la comuna de San Clemente, existe una población total de 43.269 habitantes, de los cuales 21.677 son mujeres y 21.592 son hombres. Existe un 5% de pueblos originarios en esta comuna, cuya distribución por etnias se aprecia en la Figura 9. Con respecto a la educación, en esta comuna, existe un 95% de asistencia a educación escolar, 76% de asistencia a educación media, 13% de ingreso a educación superior y 69% de educación superior terminada. En lo que respecta a agua potable, un 90% de las viviendas cuenta con conexión a red pública de agua.

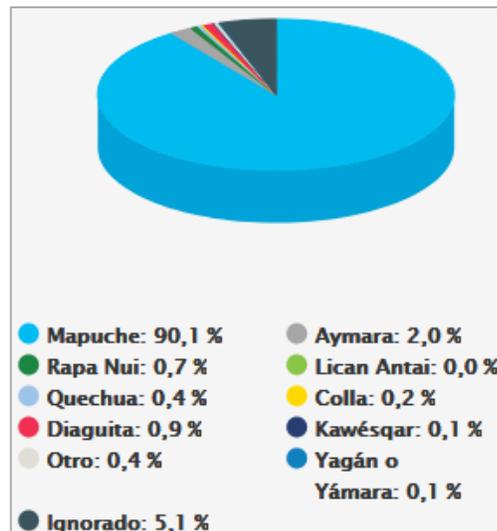


Figura 9: Porcentaje de Pueblos originarios en la comuna de San Clemente. Imagen obtenida de los resultados del censo 2017.

4.1.2.4 Clima

La siguiente información fue obtenida del informe: Cuenca del Río Maule, Diagnostico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad, Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas, Gobierno de Chile, diciembre 2004.

La cuenca del río Maule se encuentra bajo la influencia de un clima mediterráneo, es decir, existen al menos dos meses consecutivos del verano con déficit hídrico. Las variaciones pluviales sumadas con las diferencias térmicas que ocurren en la cordillera de Los Andes definen dos tipos bioclimáticos en la cuenca:

- 1) Mediterráneo pluviestacional-oceánico: que influye en los sectores costeros, la cordillera de La Costa, el valle Central y los pisos inferiores de la cordillera de Los Andes, bajo los 2.000 m.s.n.m.
- 2) Mediterráneo pluviestacional-continental: se encuentra en las zonas andinas altas por sobre los 2.000 m.s.n.m., por el efecto que ejerce la altitud sobre la continentalidad.

La temperatura media anual es de 14,9°C, con una máxima de 22,8°C y una mínima de 8°C. El periodo seco es de seis meses y la precipitación promedio anual es de 735 (mm). El detalle por comunas que cuentan con estación pluviométrica se entrega en el punto 4.1.2.6 del presente capítulo.

4.1.2.5 Fluviometría

La fluviometría, que corresponde a la medición del caudal de un río, fue obtenida del Boletín N°487, de noviembre de 2018, de la Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas del Gobierno de Chile. En la Figura 10 es posible observar la fluviometría del río Maule en la Zona de Armerillo, comuna de San Clemente. “El régimen del río Maule varía a lo largo de su desarrollo, es nivo-pluvial en la parte alta de su cuenca, lo que queda caracterizado por la estación Fluviométrica Maule en Armerillo, luego adopta un régimen mixto en su parte media, antes de la junta con el río Loncomilla en la estación Maule en Longitudinal, para finalmente adoptar un régimen pluvial en su parte baja, debido a la influencia del río Loncomilla (Cuenca del Maule, Diagnostico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad, diciembre 2004, Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas, Gobierno de Chile)”.

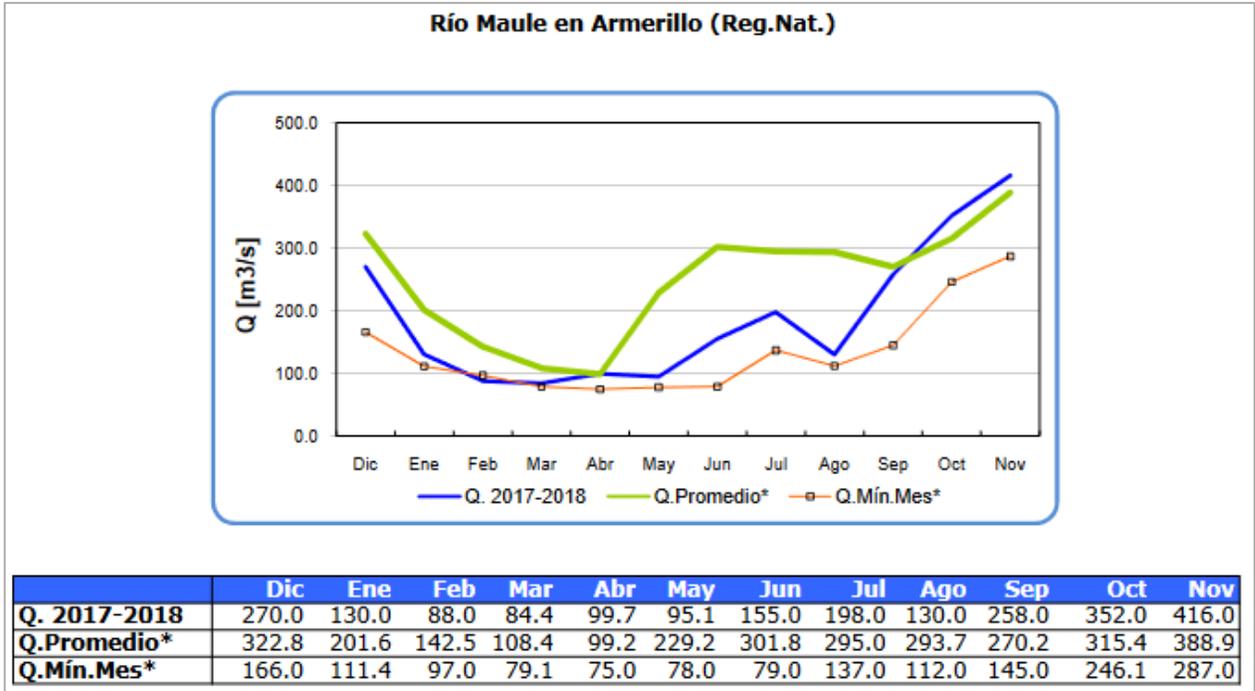


Figura 10: Fluvimetría del Río Maule en Armerillo. Imagen obtenida de DGA, noviembre 2018.

4.1.2.6 Pluviometría

La pluviometría es la parte de la meteorología que mide y estudia la cantidad, la intensidad y la regularidad de las lluvias según el espacio geográfico y las estaciones del año.

En la Tabla 19 se presenta información obtenida del Boletín N°487 de la DGA, Información pluviométrica, Fluvimétrica, Estado de Embalses y Aguas Subterráneas, con promedios acumulados para el periodo 1981-2010 y valores expresados en milímetros (1 mm = 1 litro x m²).

Tabla 19: Pluviometría de la cuenca del Río Maule al 30 de noviembre de 2018. Tabla modificada de Información pluviométrica, Fluvimétrica, Estado de embalses y aguas subterráneas, DGA.

Estaciones	Comuna	Noviembre	2018 [mm]	2017 [mm]	Promedio 1981- 2010 [mm]	Exceso o Déficit %
Talca	Talca	20,3	426,8	605,2	636,3	-33
Colorado	San Clemente	42,0	1024,2	1378,8	1361,8	-25
Linares	Linares	42,0	646,4	910,2	883,1	-27
Parral	Parral	41,5	691,6	956,8	948,2	-27
Embalse Digua	Parral	95,7	1131,8	1312,9	1425,0	-21

4.1.2.7 Volúmenes De Agua Almacenados

En la Tabla 20 se tienen los datos de los volúmenes almacenados hasta noviembre de 2018 de 5 embalses de la cuenca del Maule correspondientes a:

- 1) Colbún, compartido territorialmente entre las comunas de San Clemente y Colbún, con una extensión de 5.700 (ha) lo hace el mayor embalse artificial en Chile;
- 2) Laguna del Maule de origen volcánico y ubicada en la cordillera de Los Andes, da origen al río Maule, tiene una superficie de 45 km²;
- 3) Bullileo, embalse artificial ubicado en la comuna de Parral;
- 4) Embalse Digua se ubica sobre el río Cato, 30 km al oriente de la ciudad de Parral, y;
- 5) Embalse Tutuvén ubicado a 11 km de Cauquenes.

Tabla 20: Volúmenes almacenados al 30 de noviembre de 2018 (millones-m³) en la cuenca Maule. (DGA, 2018)

Embalse	Capacidad	Promedio Histórico Mensual	Noviembre		Uso Principal
			2017	2018	
Colbún	1544	1354	1513	1543	Generación y Riego
Laguna Maule	1420	994	425	333	Generación y Riego
Bullileo	60	57	60	60	Riego
Digua	225	201	219	225	Riego
Tutuvén	22	12	12	22	Riego

En las Figuras 11 y 12 es posible observar los volúmenes de agua del embalse Colbún y la Laguna del Maule respectivamente, en Millones de metros cúbicos (mil-m³), donde el volumen de agua es con respecto a los años 2017 y 2018, mientras que el promedio se estimó con datos de los años 1981 a 2010. Esta información fue obtenida del Boletín N°487 de la DGA, Información pluviométrica, Fluviométrica, Estado de Embalses y Aguas Subterráneas.

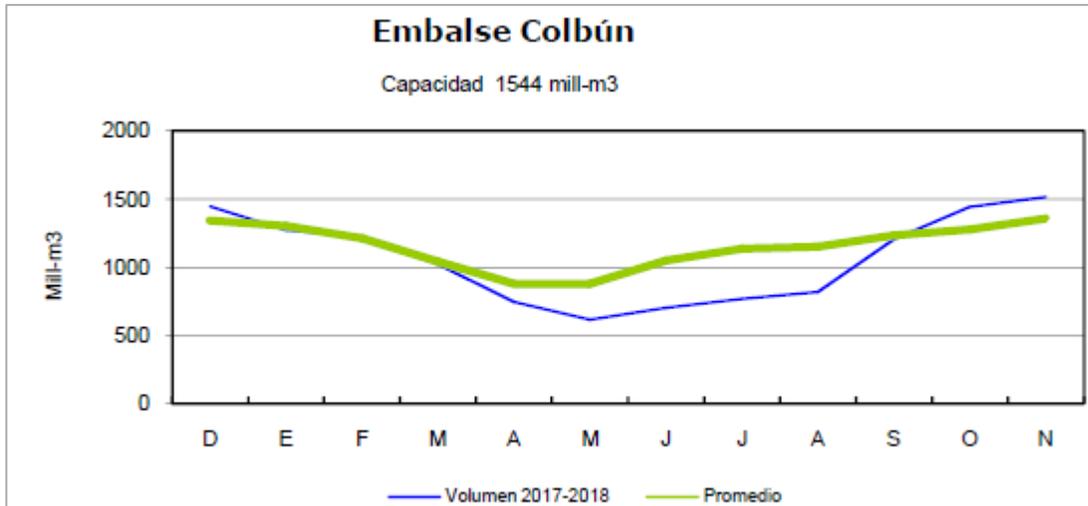


Figura 11: Volúmenes de agua del Embalse Colbún. Imagen obtenida del Boletín N°487 de la DGA, Información pluviométrica, Fluvimétrica, Estado de embalses y aguas subterráneas.

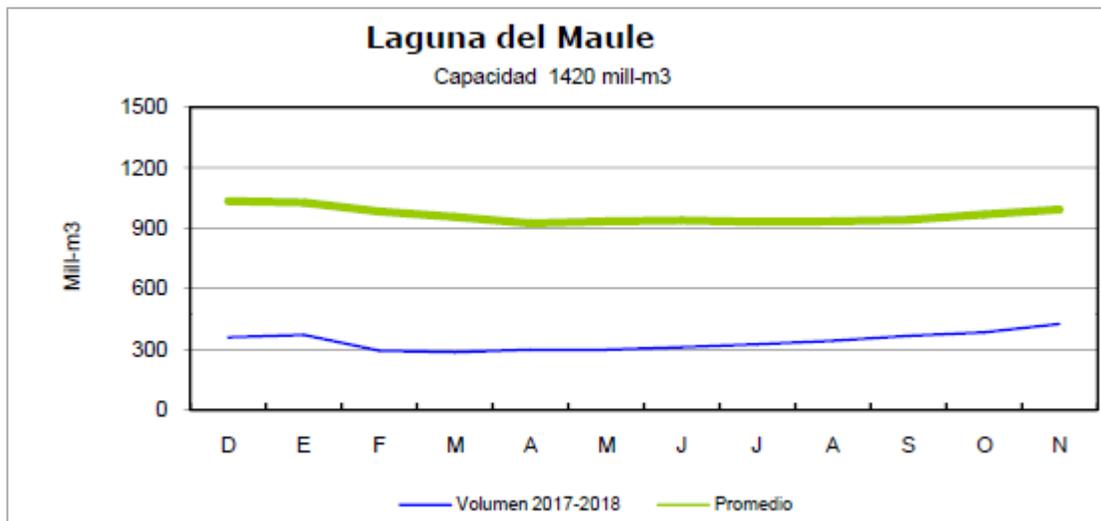


Figura 12: Volúmenes de agua de la Laguna del Maule. Imagen obtenida del Boletín N°487 de la DGA, Información pluviométrica, Fluvimétrica, Estado de embalses y aguas subterráneas.

4.1.2.8 Flora Y Fauna

La siguiente información fue obtenida de: Cuenca del Río Maule, Diagnostico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad, Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas, Gobierno de Chile, diciembre 2004.

La cuenca del río Maule está dentro de la zona mesomórfica, que corresponde al dominio del clima mediterráneo y se extiende entre los ríos Choapa (ubicado en la IV Región de Coquimbo) al Itata (ubicado en la Región de Ñuble). En la zona cordillerana la humedad es alta, y en la depresión intermedia disminuye. En las zonas más favorecidas por la humedad se desarrollan bosques y en las más secas, los matorrales densos y altos.

Al encontrarse el mayor asentamiento en esta zona mesomórfica, la vegetación autóctona se presenta muy alterada.

Se pueden encontrar las siguientes formaciones vegetales:

Tabla 21: Formaciones vegetales de la cuenca del Maule.

Nombre Formación vegetal
Estepa Acacia Caven (Espino)
Estepa Costera de arbustos y yerbas mesófitas
Formación de matorrales arborescentes de la Cordillera de la Costa
Matorrales espinosos subandinos
Formación Xeromórfica andina
Matorral Costero Mesomórfico
Bosque abierto andino sin coníferas
Matorral Preandino de hojas lauriformes
Bosque transicional o Maulino

Además, es posible encontrar las siguientes especies de flora acuática:

Tabla 22: Flora acuática de la cuenca del Maule. Tabla modificada de Cuenca del Río Maule, Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetos de calidad, DGA, diciembre 2004.

Nombre científico de flora acuática (Nombre común)	
Alisma plantago acuatica (Llantén de agua)	Lapsana communis (Lapsana)
Amaranthus deflexus (Bledo)	Lythrum hyssopifolia (Romerillo)
Anagallis arvensis (Pimpinela Azul)	Madia sativa (Melosa)
Anthemis cotula (Manzanillón)	Medicago sativa (Alfalfa)
Astragalus berterianus (Hierba loca)	Mentha aquatica (Hierba buena)
Capsella bursa-pastoris (Bolsita de pastor)	Myriophyllum aquaticum (Pinito de agua)
Chamaemelum mixtum (Manzanillón)	Nasturtium officinale (Berro)
Chamomilla suaveolens (Manzanilla)	Oxalis aff. mallobolba (Flor de mayo)
Clarkia tenella (Huasita)	Oxalis laxa (Vinagrillo amarillo)
Convolvulus arvensis (Correjuela)	Oxalis micrantha (Vinagrillo)
Coronopus didymus (Yerba hedionda)	Paspalum dasyleurum (Maicillo)
Cyperus eragrostis (Cortadera)	Plantago lanceolata (Llantén menor)
Cyperus rotundus (Chufa roja)	Plantago major (Llantén menor)
Datura stramonium (Chamico)	Poligonum persicaria (Duraznillo)
Eleocharis sp (Eleocharis)	Polygonum aviculare (Sanguinaria)
Elodea chilensis (Luche)	Potamogeton pectinatus (Huiro)
Equisetum bogotense (Yerba del platero)	Potamogeton pusillis (Espiga de agua)
Erodium cicutarium (Alfilerillo)	Potamogeton strictus (Potamogeto)
Erodium moschatum (Loiquilahuen)	Raphanus sativus (Rabano)

Nombre científico de flora acuática (Nombre común)	
Euphorbia peplus (Pichoga)	Rapistrum rugosum (Rapistro)
Flaveria bidentis (Contrahierba)	Rumex crispus (Romaza)
Foeniculum vulgare (Hinojo)	Spergula arvensis (Espérgula)
Fumaria agraria (Hierba de la culebra)	Taraxacum officinale (Diente de León)
Galega officinalis (Galega)	Trifolium angustifolium (Trébol)
Galium aparine (Lengua de gato)	Trifolium pratense (Trébol rosado)
Gastrium ventricosum (ND)	Trifolium repens (Trébol)
Geranium berterianum (ND)	Veronica anagallis agmatica (Nomeolvides)
Juncus stipulatus (Junquillo)	Veronica persica (Canchalagua)
Jussiae repens (Meliculul)	Vicia sativa (Arvejilla)
Lamium amplexicaule (Gallito)	Vicia villosa (Arvejilla)

Finalmente, la fauna íctica presente en la cuenca del río Maule es la siguiente:

Tabla 23: Fauna íctica de la cuenca del río Maule.

Nombre común (Nombre científico)
Pejerrey (Basilichthys australis)
Puye (Brachygalaxias bullocki)
Pocha (Cheirodon australis)
Pocha (Cheirodon galusdae)
Tollo de agua dulce (Diplomystes nahuelbutaensis)
Puye (Galaxias maculatus)
Gambusia (Gambussia affinis)
Gambusia (Ictalarus nebulosus)
Pejerrey (Odontesthes maleanum)
Trucha arcoiris (Oncorhynchus mykiss)
Carmelita (Percichthys trucha)
Carmelita (Percilia irwini)
Trucha marrón (Salmo trutta)
Bagre (Trichomycterus aereolatus)
Bagre (Trichomycterus chiltoni)

4.1.2.9 Usos Del Suelo

La siguiente información fue obtenida de: Cuenca del Río Maule, Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad, Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas, Gobierno de Chile, diciembre 2004.; y del Informe Final “Análisis de las condicionantes para el desarrollo hidroeléctrico en las cuencas del Maule, Biobío, Toltén, Valdivia, Bueno, Yelcho y Puelo, desde el potencial de generación a las dinámicas socioambientales” Grupo de cuencas 1: Maule, Biobío y Toltén, Tecogroup, Centro UC Cambio Global, diciembre 2016.

En la Tabla 24 se presenta un listado la clasificación de usos de suelo de la cuenca del río Maule.

Tabla 24: Clasificación de Usos del suelo de la cuenca del río Maule. Tabla obtenida de Cuenca del río Maule, Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetos de calidad, DGA, diciembre 2004.

Cuenca del Río Maule (Ha)	Usos del Suelo	Superficie (Ha)	Superficie de la cuenca destinada para cada uso (%)
2.107.495	Praderas	84.380	4
	Terrenos agrícolas y agricultura de riego	461.305	21,9
	Plantaciones forestales	198.336	9,4
	Áreas urbanas e industriales	7.394	0,4
	Minería Industrial	194	0,01
	Bosque nativo y bosque mixto	258.841	12,3
	Otros usos *	713.094	33,8
	Áreas sin vegetación	383.951	18,2

*Referidos a los siguientes usos: matorrales, matorral-pradera, rotación cultivo-pradera, áreas no reconocidas, cuerpos de agua, nieves-glaciares y humedales.

En la cuenca del Maule existen distintos usos de suelo, a continuación se detallan cada uno de ellos:

- 1) Uso agrícola: existen cultivos anuales de gran importancia para la zona como lo son los cereales tales como el trigo y el arroz, chacras y remolacha. Otro tipo de cultivo son los permanentes, los cuales abarcan gran superficie, que corresponden a las viñas.
- 2) Uso forestal: destaca la superficie de bosque nativo con 252.014 hectáreas, mientras que la principal especie plantada corresponde al pino radiata.
- 3) Uso urbano: tal como se señaló en el punto 4.1.2.3, algunos de los grandes centros poblados corresponden a las provincias de Curicó, Linares, Cauquenes y la capital regional, Talca.
- 4) Áreas bajo Protección Oficial y Conservación de la Biodiversidad: en la Tabla 25 se muestra un listado con las áreas bajo protección de la cuenca del río Maule.

Tabla 25: Listado con sitios protegidos y sitios de interés para la conservación de la cuenca del río Maule. (*2)

Categoría	Nombre	Superficie (ha)	Comuna
Parque	Parque Nacional Radal Siete Tazas	4.145	Molina
Reserva	Reserva Nacional Altos del Lircay	11.597	San Clemente
Reserva	Reserva Nacional Los	443	Colbún

Categoría	Nombre	Superficie (ha)	Comuna
	Bellotos		
Reserva	Reserva Nacional Radal Siete Tazas	948	Molina
Sitios Prioritarios MMA	Cajón de Pejerreyes	14.697	Linares, Longaví
Sitios Prioritarios	Alstroemerias de San Rafael	563	San Rafael
Sitios Prioritarios	Pichamán	9.608	San Javier, Constitución, Penciahue
Sitios Prioritarios	Cerros de Cumpeo	8.378	Molina, Río Claro
Sitios Prioritarios	Huequén	7.741	Hualañé, Sagrada Familia, Curepto, Penciahue
Sitios Prioritarios MMA	Lagunas Cuellar-Toro-Las Animas	15.678	Colbún, Linares, Longaví
Sitios Prioritarios MMA	Cajón de Achibueno	27.528	Colbún, Linares, Longaví
Sitios Prioritarios MMA	Tregualemu. Ramadil y Río Petorca	15.194	Pelluhue, Cauquenes (Maule); Cobquecura, Quirihue (Ñuble)
Sitios Prioritarios	Nevados de Chillán	157.422	Coihueco, Pinto, San Fabián (Ñuble)
Sitios Prioritarios	Laguna Dial	10.691	Colbún, San Fabián
Sitios Prioritarios	Lomas de Putagán	9.702	Colbún, Linares
Sitios Prioritarios MMA	Laguna del Maule-Cajón Troncoso Campanario	66.601	Colbún, San Clemente
Sitios Prioritarios MMA	Laguna La Invernada	681	San Clemente
Sitios Prioritarios MMA	Unión RN Altos Lircay-Radal-Laguna Mondaca; Ampliación RN. Altos de Lircay (corredor)	7.881	Molina, San Clemente
Sitios Prioritarios	Nacimiento Río Barroso	6.377	Curicó
Sitios Prioritarios	Ampliación RN Los Bellotos	8.032	Colbún, Linares
Sitios Prioritarios MMA	Bosques del Colorado y Bramadero	14.535	Colbún, San Clemente
Sitios Prioritarios	Vegas de Ancoa	10.873	Linares, Longaví
Sitios Prioritarios	Picazo-El Piojo	4.803	San Clemente
Sitios Prioritarios MMA	Agua Fría; Ampliación Reserva Radal 7 tazas (Corredor Andino de Radal 7 Tazas- Agua Fría)	1.526	Molina, Río Claro
Sitios Prioritarios MMA	Matorral Esclerófilo de Vaquería	1.283	San Javier
Sitios Prioritarios MMA	Humedal Relicto del Cruce Loncomilla	96	Villa Alegre
Sitios Prioritarios	Bosques Nativos de Digua y	3.136	Longaví, Parral

Categoría	Nombre	Superficie (ha)	Comuna
MMA	Bullileo		
Santuario	Predio El Morrillo	1.100	San Clemente
Santuario	Rocas de Constitución	108	Constitución
Bienes Nacionales	Laguna del Maule	4.858	San Clemente
Bienes Nacionales	Potrero Lo Aguirre	523	San Clemente
Humedales MMA	Humedales Cuenca del Maule	40.020	Chanco, Cauquenes
IBA	Reserva Nacional Altos del Lircay	16.000	San Clemente
IBA	Lago Colbún	5.700	San Clemente, Colbún
Superficie Total (ha)			488.468

*2: La Tabla 25 corresponde a una modificación de tabla obtenida del Informe Final “Análisis de las condicionantes para el desarrollo hidroeléctrico en las cuencas del Maule, Biobío, Toltén, Valdivia, Bueno, Yelcho y Puelo, desde el potencial de generación a las dinámicas socioambientales” Grupo de cuencas 1: Maule, Biobío y Toltén, Tecogroup, Centro UC Cambio Global, diciembre 2016.

IBA: Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (IBAS en inglés).

RN: Reserva Nacional.

Gracias al sitio web: <http://areasprotegidas.mma.gob.cl/areas-protegidas/> fue posible conocer la ubicación de los sitios prioritarios y sitios de interés para la conservación presentados en la Tabla 25. De este mismo sitio web se extraen las definiciones de las categorías de estos sitios, que se presentan a continuación:

“Los Sitios Prioritarios corresponden a espacios geográficos terrestres, de aguas continentales, costeros o marinos de alto valor para la conservación, identificados por su aporte a la representatividad ecosistémica, su singularidad ecológica o por constituir el hábitat de especies amenazadas, por lo que su conservación es prioritaria en el marco de la Estrategia Nacional de Biodiversidad. A la fecha existen 64 Sitios Prioritarios a nivel nacional, cuya denominación, además, tiene efectos para el sistema de evaluación de impacto ambiental (SEIA) (<http://areasprotegidas.mma.gob.cl/otras-designaciones/>)”.

“Los Bienes Nacionales Protegidos o Inmuebles Fiscales Destinados para Fines de Conservación Ambiental se encuentran en el D.L. N°1.939, de 1977, del Ministerio de Bienes Nacionales. En consecuencia, esta categoría de protección tiene una consagración jurídica formal, de rango legal. Esta categoría tiene carácter de área protegida para efectos del SEIA (ORD. D.E. N°130844/13). EL objetivo de esta categoría de protección es cuidar que los bienes fiscales y nacionales de uso público sean conservados para el fin a que estén destinados (<http://areasprotegidas.mma.gob.cl/otras-designaciones/>)”.

Sitios Ramsar, corresponde a la convención relativa a los humedales de importancia internacional especialmente como hábitat de aves acuáticas. En territorio

chileno hay declarados 13 humedales de importancia internacional, con una superficie de 361.761 (ha).

Parque Nacional: son “regiones establecidas para la protección y conservación de las bellezas escénicas naturales y de la flora y fauna de importancia nacional, de las que el público pueda disfrutar mejor al ser puestas bajo la vigilancia oficial (<http://bdrnap.mma.gob.cl/buscador-rnap/#/busqueda?p=6>)”.

Reserva Nacional: corresponden a “las regiones establecidas para la conservación y utilización, bajo vigilancia oficial, de las riquezas naturales en las cuales se dará a la flora y la fauna toda la protección que sea compatible con los fines para los que son creadas estas reservas (<http://bdrnap.mma.gob.cl/buscador-rnap/#/busqueda?p=9>)”.

Santuario de la naturaleza: “Sitios terrestres o marinos que ofrecen posibilidades especiales para estudios e investigaciones geológicas, paleontológicas, zoológicas, botánicas o de ecología, o que posean formaciones naturales, cuya conservación sea de interés para la ciencia o para el Estado (<http://bdrnap.mma.gob.cl/buscador-rnap/#/busqueda?p=10>)”.

4.1.2.10 Usos Del Agua

Existen derechos consuntivos, que facultan al titular de consumir el agua en su totalidad, y derechos no consuntivos, en los cuales no existe pérdida de agua, pues ésta se debe devolver.

Según el catastro público del sitio web de la DGA, en el que es posible conocer el listado de derechos concedidos por región y sujetos a constante actualización (http://www.dga.cl/productosyservicios/derechos_historicos/Paginas/default.aspx); y gracias al Informe Final “Análisis de las condicionantes para el desarrollo hidroeléctrico en las cuencas del Maule, Biobío, Toltén, Valdivia, Bueno, Yelcho y Puelo, desde el potencial de generación a las dinámicas socioambientales” Grupo de cuencas 1: Maule, Biobío y Toltén, Tecogroup, Centro UC Cambio Global, diciembre 2016; hay un total de derechos consuntivos de 408.977 litros/segundo, cuyos usos se especifican en la Tabla 26. Mientras que, para los derechos no consuntivos, en que la energía hidroeléctrica es el principal uso, hay un total de 2.772.930 litros/segundo, y cuyos usos se detallan en la Tabla 27.

Tabla 26: Usos del agua según derechos consuntivos concedidos para la cuenca del río Maule. Tabla obtenida del Informe Final¹.

Usos del Agua	Litros/segundo	%
Riego	144.516	35,34
Bebida/Usos Domésticos/Saneamiento	2.988	0,73
Uso Industrial	127	0,03
Otros usos	41.200	10,07
Sin uso especificado	220.146	53,83
Total	408.977	100

Tabla 27: Usos del agua según derechos no consuntivos concedidos para la cuenca del río Maule. Tabla obtenida del Informe Final¹.

Usos del Agua	Litros/segundo	%
Energía Hidroeléctrica	1.272.458	45,89
Uso Industrial	7.573	0,27
Piscicultura	1.771	0,06
Otros usos	49.064	1,77
Sin uso especificado	1.442.064	52,01
Total	2.772.930	100

4.1.3 Caracterización De La Segunda Cuenca Seleccionada: Río Biobío

4.1.3.1 Ubicación, Superficie Y Comunas Que Comprenden A La Cuenca Del Río Biobío

La segunda cuenca seleccionada recibe su nombre de su río principal, el río Biobío, el cual nace en la ribera oriental de la laguna Gualletué en la cordillera de los Andes, atraviesa la llanura central y luego vacía sus aguas en San Pedro, en el sector norte del golfo de Arauco. Este río es el segundo de mayor longitud, con 380 km. Es una de las cuencas que posee mayor superficie y capacidad del país, 24.264 km² y 2.452 (MW) respectivamente. Está compuesta por 10 subcuencas y 71 sub-subcuencas. Comprende las comunas de Hualqui, Los Ángeles, Antuco, Quilleco, Santa Bárbara, Quilaco, Mulchén, Negrete, Nacimiento, Laja, Yumbel, San Rosendo, Angol, Renaico, Collipulli, y Ercilla. Las siguientes comunas tienen una parte importante de su territorio en esta cuenca: Concepción, Santa Juana, Cabrero, Traiguén y Talcahuano, mientras que las comunas que se mencionan a continuación sólo tienen una pequeña

¹ Informe Final "Análisis de las condicionantes para el desarrollo hidroeléctrico en las cuencas del Maule, Biobío, Toltén, Valdivia, Bueno, Yelcho y Puelo, desde el potencial de generación a las dinámicas socioambientales" Grupo de cuencas 1: Maule, Biobío y Toltén, Tecogroup, Centro UC Cambio Global, diciembre 2016, Chile.

porción dentro de la cuenca: Florida, Coronel, Tucapel, Curacautín, Pinto, Yungay y Quillón.

La cuenca del Biobío se encuentra entre los paralelos 36°42' y 38°49' de latitud sur y entre los meridianos 71° y 73°20' de longitud oeste.

4.1.3.2 Potencial Hidroeléctrico

El potencial hidroeléctrico en operación de la zona es de 2.861,2 MW. Hasta el año 2018 se han construido 22 hidroeléctricas, de las cuales, 10 son menores a 20 MW y suman un potencial de 27,2 MW, mientras que 12 son mayores a 20 MW y suman un potencial hidroeléctrico de 2.834 MW. En esta cuenca además existen 16 centrales generadoras tipo biomasa, las cuales aportan con 236,6 MW, 1 central generadora de Biogás que aporta 1,56 MW, 3 centrales generadoras eólicas que aportan 48 MW y 19 termoeléctricas que aportan un total de 1508,4 MW de las cuales 15 utilizan como combustible petróleo Diesel y generan 627,3 MW, 1 utiliza como combustible Gas natural y general 46,8 MW, 1 utiliza como combustible Propano y genera 14,35 MW y 2 utilizan como combustible el carbón, que generan 820 MW. Por lo que la potencia eléctrica total de la cuenca, considerando todas las centrales generadoras es de 4.655,9 MW.

En la comuna de Los Ángeles existe 1 central hidroeléctrica de 3,3 MW, la cual se detalla a continuación:

- 1) Central El Diuto. Hidroeléctrica menor a 20 MW. Potencial total 3,3 MW. Resolución de calificación ambiental 290-2009.

Mientras que en Mulchén existen 3 centrales hidroeléctricas, las cuales suman una potencia eléctrica de 10 MW, las cuales se detallan a continuación:

- 1) Central Alto Renaico. Hidroeléctrica menor a 20 MW. Potencial total 1,5 MW. Resolución de calificación ambiental 260-2012.
- 2) Central Bureo. Hidroeléctrica menor a 20 MW. Potencial total 2,2 MW. Resolución de calificación ambiental 229-2013.
- 3) Central Renaico. Hidroeléctrica menor a 20 MW. Potencial total 6,3 MW. Resolución de calificación ambiental Sin Información.

Existen 163 potenciales centrales hidroeléctricas asociadas a la zona de la cuenca del Biobío, las cuales se pueden observar en la Figura 13. Las comunas en las que se identificaron estas potenciales centrales hidroeléctricas son Alto Biobío, Antuco, Cabrero, Hualqui, Laja, Los Ángeles, Mulchén, Nacimiento, Tucapel, Quilaco, Quilleco y Santa Bárbara. Además, en la Tabla 28 se detalla la cantidad de potenciales proyectos por cada sub-subcuenca, expresada a través de su código, los cuales suman un potencial hidroeléctrico por desarrollar de 1582,9 MW.

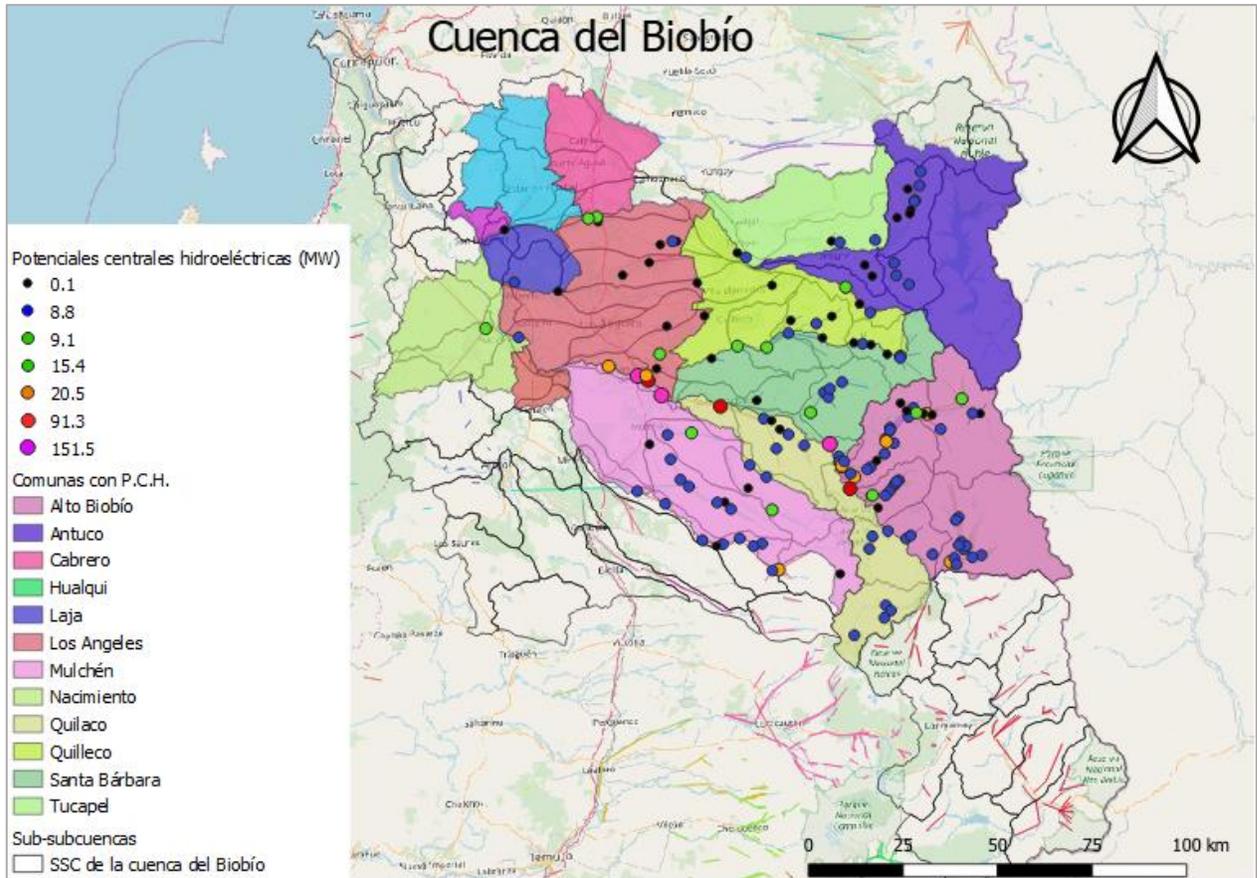


Figura 13: Potenciales centrales hidroeléctricas para la cuenca del Biobío. Elaboración Propia en base a Shapes del sitio web Hidroelectricidad Sustentable.

Tabla 28: Cantidad de potenciales centrales hidroeléctricas por cada sub-subcuenca (SSC) de la cuenca del Biobío.

Código SSC	Proyectos por SSC	Potencial Hidroeléctrico medio (MW)
8308	11	78
8311	4	8,1
8312	6	22,4
8313	10	79
8314	6	18,7
8315	21	140,1
8316	5	28,4
8317	11	167,3
8318	2	91,5
8319	5	686,7
8320	7	16
8321	5	7,1
8322	2	28,1
8323	5	10,9

Código SSC	Proyectos por SSC	Potencial Hidroeléctrico medio (MW)
8324	1	0,6
8330	7	15,5
8331	4	14,7
8332	2	16,6
8334	1	1,9
8340	2	20,7
8341	6	19,3
8342	3	19
8362	1	12,1
8364	3	1,1
8365	1	0,4
8366	1	1,6
8371	3	5,9
8374	8	20,4
8375	5	5,3
8376	4	18
8380	2	1,2
8381	2	22,2
8382	4	3,3
8386	1	0,5
8392	2	0,3
Total	163	1582,9

Otra forma de expresar la información que aparece en la Tabla 28 es a través de la Tabla 29. Aquí es posible conocer la información a través de las comunas en las que existen Potenciales centrales hidroeléctricas, con un potencial hidroeléctrico medio superior a 3 (MW) junto con la cantidad de potenciales proyectos para cada una de esas comunas. Mientras que en la Tabla 30 se entrega información de las comunas en las que existe Potenciales centrales hidroeléctricas pero esta vez considera a todos los potenciales proyectos, es decir, incluye a las potenciales centrales cuyo potencial hidroeléctrico parten desde 0,1 (MW).

Tabla 29: Comunas del Biobío con Potenciales centrales hidroeléctricas mayores a 3 (MW).

	P.H. medio (MW)	N° Proyectos
Alto Biobío	275,5	19
Antuco	35,4	5
Cabrero	11,4	1
Los Ángeles	502,3	5

	P.H. medio (MW)	N° Proyectos
Mulchén	292,6	12
Nacimiento	12,1	1
Quilaco	107,1	4
Quilleco	3,2	1
Santa Bárbara	217,7	9
Total	1457,3	57

Tabla 30: Comunas del Biobío con Potenciales centrales hidroeléctricas desde 0,1 (MW).

	P.H. medio (MW)	N° Proyectos
Alto Biobío	319,8	50
Antuco	44,3	15
Cabrero	11,4	1
Hualqui	0,3	2
Laja	2,2	2
Los Ángeles	507,4	15
Mulchén	308,7	25
Nacimiento	14	2
Tucapel	5,7	5
Quilaco	127	16
Quilleco	11,1	11
Santa Bárbara	231	19
Total	1582,9	163

4.1.3.3 Información Obtenida Del Censo 2017

Según los resultados del Censo 2017, la región del Biobío cuenta con 1.556.805 habitantes, como se puede observar en la Figura 14. Un 11,4% de los habitantes vive en áreas rurales, esto corresponde a 177.476 personas, mientras que 1.379.329 vive en zonas urbanas (88,6% de la población). Las localidades más pobladas corresponden a Concepción, Los Ángeles, Angol, Mulchén, Nacimiento, Cabrero, Laja, Collipulli, Yumbel, Santa Bárbara, Hualqui y Santa Juana.

Un 51% de la población declara trabajar (793.971 habitantes), 55.578 lo hacen en el sector primario, 71.457 habitantes en el sector secundario y 1.429.770 habitantes en el sector terciario. De este 51% de población que declara trabajar, 41% corresponden a mujeres (325.528 mujeres). Con respecto a la educación, existe un

96% de asistencia a educación escolar, 75% de asistencia a educación media, 30% de ingreso a la educación superior, y de ese 30%, un 72% cuenta con educación superior terminada.

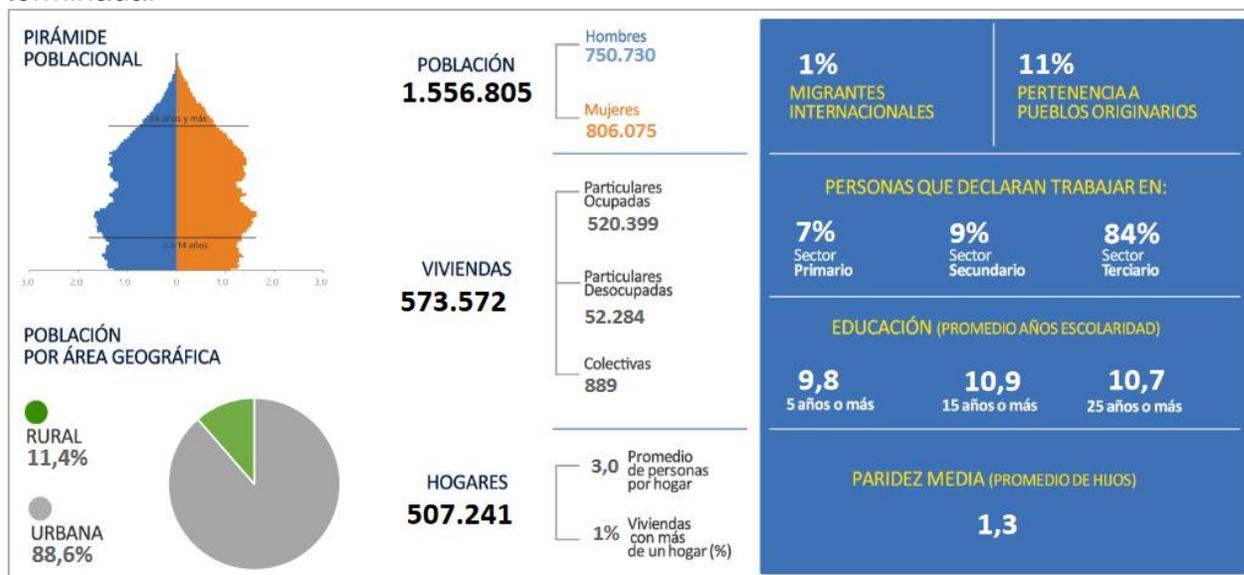


Figura 14: Datos de población pertenecientes a la región del Biobío. Imagen obtenida de la última actualización del Censo 2017.

En la comuna de Los Ángeles, se reconoce a una población de 202.331 habitantes, es la segunda comuna con mayor cantidad de habitantes luego de Concepción; 104.351 son mujeres y 97.980 son hombres, entre los cuales existe un 6% de pueblos originarios, cuya distribución por etnias se aprecia en la Figura 15. Con respecto a la educación, en esta comuna, existe un 96% de asistencia a educación escolar, 78% de asistencia a educación media, 26% de ingreso a educación superior, de los cuales un 77% ha terminado la educación superior. En lo que respecta a agua potable, un 80% de las viviendas cuenta con conexión a red pública de agua.

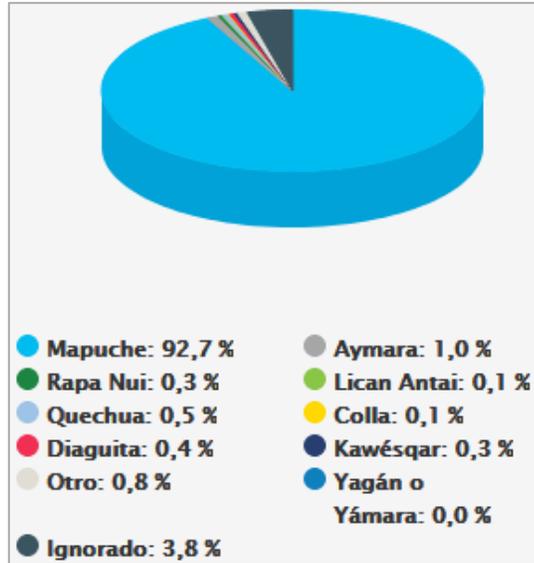


Figura 15: Porcentaje de Pueblos originarios en la comuna de Los Ángeles. Imagen obtenida de los resultados del censo 2017.

En la comuna de Mulchén, existe una población total de 29.627 habitantes, de los cuales 15.030 son mujeres y 14.597 son hombres. Existe un 12% de pueblos originarios en esta comuna, cuya distribución por etnias se aprecia en la Figura 16. Con respecto a la educación, en esta comuna, existe un 95% de asistencia a educación escolar, 76% de asistencia a educación media, 14% de ingreso a educación superior, de los cuales un 74% ha terminado la educación superior. En lo que respecta a agua potable, un 81% de las viviendas cuenta con conexión a red pública de agua.

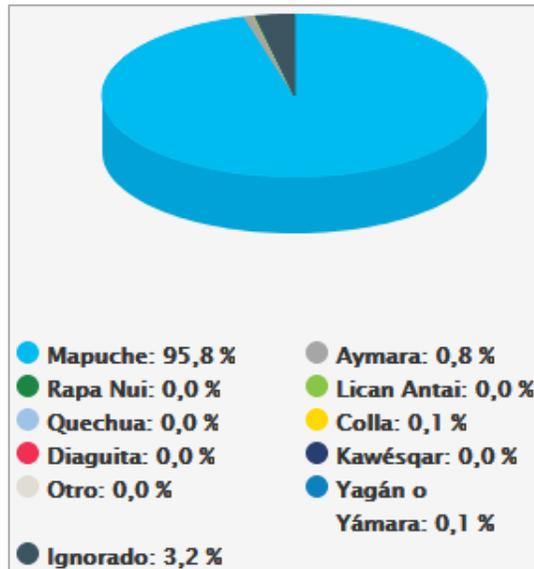


Figura 16: Porcentaje de Pueblos originarios en la comuna de Mulchén. Imagen obtenida de los resultados del censo 2017.

4.1.3.4 Clima

La siguiente información fue obtenida del informe: Cuenca del Río Biobío, Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad, Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas, Gobierno de Chile, diciembre 2004.

La cuenca del río Biobío presenta características de transición entre los climas Mediterráneo y Templado Húmedo. Presenta diferencias según la zona geográfica de la cuenca. A continuación, se detalla cada uno de los climas según la zona:

- Sector costero: presenta un clima templado húmedo, con precipitaciones que fluctúan entre los 1.200 y 2.000 (mm) anuales de norte a sur.
- Valle longitudinal: aquí las temperaturas presentan un mayor contraste entre día y noche.
- Sector alto de la cuenca: las precipitaciones se concentran entre los meses de mayo y agosto alcanzando anualmente 2.190 (mm). Las temperaturas fluctúan entre los 6,9°C y los 10°C. Mientras que en la cordillera de Los Andes existen abundantes precipitaciones (2000 mm por sobre los 1.500 m.s.n.m.) y bajas temperaturas (4°C) que permiten la presencia de nieves permanentes.
- Sector norte de la cuenca: predomina el clima templado mediterráneo.

4.1.3.5 Fluviometría

A partir de la Figura 17, la cual fue obtenida del Boletín N°487, de noviembre de 2018, de la Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas del Gobierno de Chile, se infiere que entre mayo y diciembre existe un aumento de los caudales, esto es debido a que en la cuenca del Biobío se pueden distinguir dos regímenes hidrológicos:

- Pluvio Nival: Presenta caudales mayores en los meses de lluvia y deshielo, que corresponden a los meses mencionados anteriormente. Aunque los ríos Biobío y Laja, debido a la gran influencia nival, manifiestan esta característica durante todo su recorrido por el valle central.
- Pluvial: Presentan caudales máximos entre junio y julio los ríos que se encuentran cercanos a la vertiente occidental de la cordillera de Los Andes por la importancia de las precipitaciones orográficas en ellos.

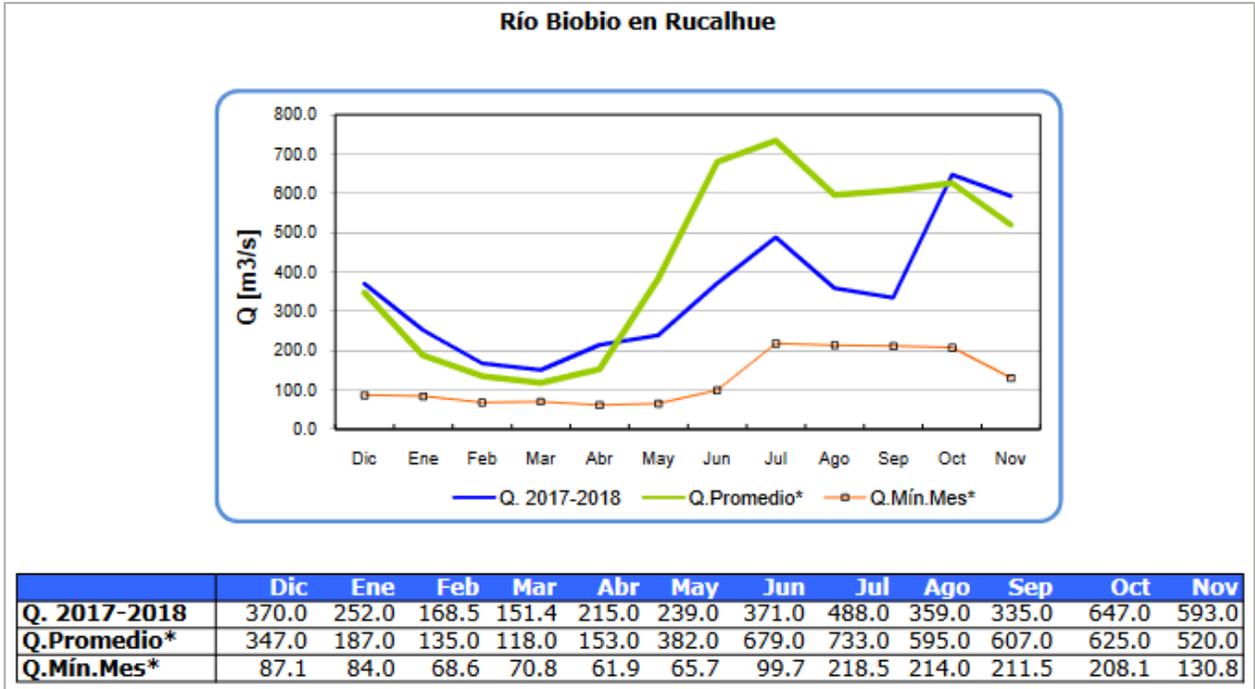


Figura 17: Fluvimetría del Río Biobío en Rucalhue. Imagen obtenida de DGA, noviembre 2018.

4.1.3.6 Pluviometría

En la Tabla 31 se presenta información obtenida del Boletín N°487 de la DGA, Información pluviométrica, Fluvimetría, Estado de Embalses y Aguas Subterráneas, con promedios acumulados para el periodo 1981-2010 y valores expresados en milímetros (1 mm = 1 litro x m²).

Tabla 31: Pluviometría de la cuenca del Río Biobío al 30 de noviembre de 2018. Tabla modificada de Información pluviométrica, Fluvimetría, Estado de embalses y aguas subterráneas, DGA.

Estaciones	Comuna	Noviembre	2018 [mm]	2017 [mm]	Promedio 1981- 2010 [mm]	Exceso o Déficit %
Concepción	Concepción	41,0	850,1	1008,0	1176,7	-28,0
Los Ángeles	Los Ángeles	107,3	989,4	979,3	1097,3	-10,0
Angol	Angol	100,6	953,8	1141,0	1093,7	-13,0

4.1.3.7 Volúmenes De Agua Almacenados

En la Tabla 32 se tienen los datos de los volúmenes almacenados hasta noviembre de 2018 de 3 embalses de la cuenca del Biobío correspondientes a:

- 1) Lago Laja: ubicado al oriente de la ciudad de Los Ángeles, en la zona de Antuco, cubre un área de 12.000 (ha).

- 2) Ralco: ubicada en la comuna de Alto Biobío, en zona habitada por población Pehuenche, cubre un área de 3.395 (ha).
- 3) Pangue: ubicada en la comuna de Alto Biobío, cubre un área de 500 (ha).

Tabla 32: Volúmenes almacenados al 30 de noviembre de 2018 (millones-m³) en la cuenca del río Biobío. (DGA, 2018)

Embalse	Capacidad	Promedio Histórico Mensual	Noviembre		Uso Principal
			2017	2018	
Lago Laja	5582	3461	1637	1181	Generación y Riego
Ralco	1174	937	1094	1169	Generación
Pangue	83	76	75	76	Generación

En las Figuras 18, 19 y 20 es posible observar los volúmenes de agua del Lago Laja y de los embalses Ralco y Pangue respectivamente, en Millones de metros cúbicos (mil-m³), donde el volumen de agua es con respecto a los años 2017 y 2018, mientras que el promedio se estimó con datos de los años 1981 a 2010. Esta información fue obtenida del Boletín N°487 de la DGA, Información pluviométrica, Fluvimétrica, Estado de Embalses y Aguas Subterráneas.

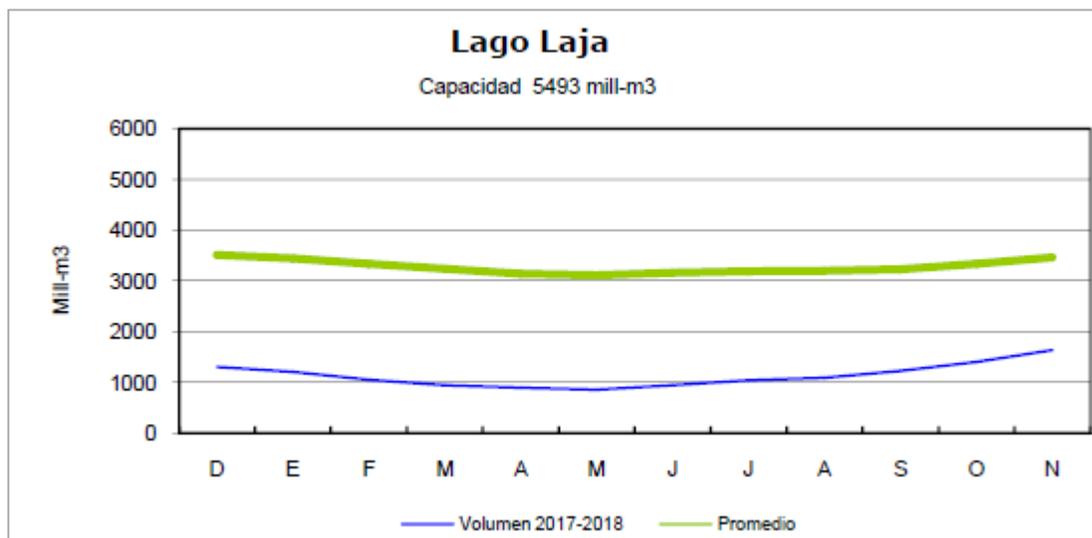


Figura 18: Volúmenes de agua del Lago Laja. Imagen obtenida del Boletín N°487 de la DGA, Información pluviométrica, Fluvimétrica, Estado de embalses y aguas subterráneas.

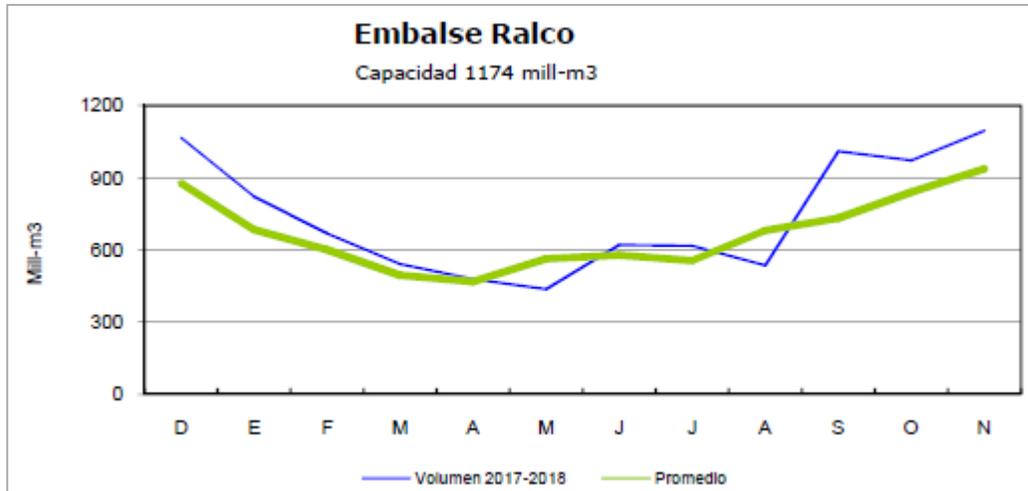


Figura 19: Volúmenes de agua del Embalse Ralco. Imagen obtenida del Boletín N°487 de la DGA, Información pluviométrica, Fluiométrica, Estado de embalses y aguas subterráneas.

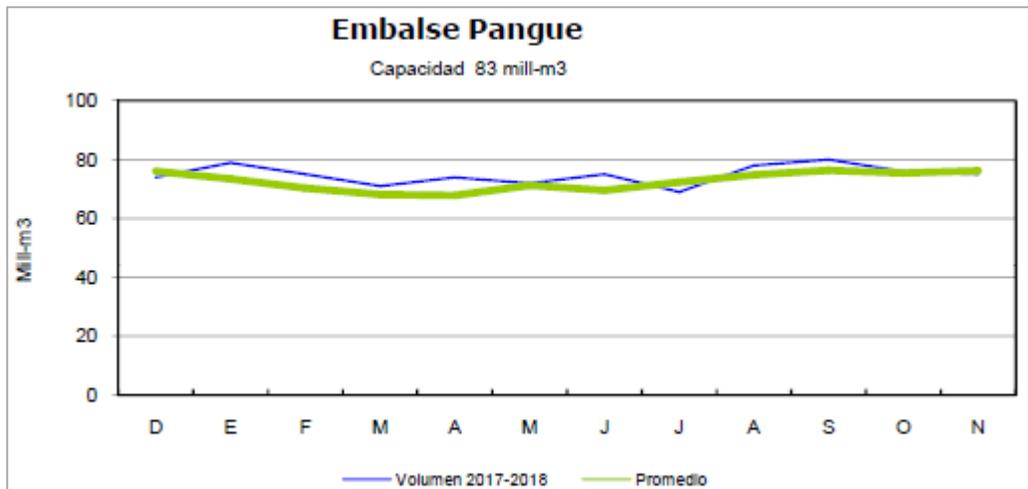


Figura 20: Volúmenes de agua del Embalse Pangué. Imagen obtenida del Boletín N°487 de la DGA, Información pluviométrica, Fluiométrica, Estado de embalses y aguas subterráneas.

4.1.3.8 Flora Y Fauna

La siguiente información fue obtenida del informe: Cuenca del Río Biobío, Diagnostico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad, Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas, Gobierno de Chile, diciembre 2004.

En la cuenca del Biobío se describen 8 formaciones vegetales, estas formaciones pertenecen a 4 regiones vegetacionales, tal como se muestra en la Tabla 33.

Tabla 33: Clasificación vegetacional de la cuenca del Río Biobío. Tabla Obtenida de Informe Cuenca del Río Biobío²

Región	Subregión	Formación
Bosque andino patagónico	Cordillera de la Araucanía	Estepa altoandina subhúmeda
		Bosque caducifolio alto andino de la cordillera de Chillán
		Bosque caducifolio alto andino con araucaria
Matorral y bosque esclerófilo	Bosque esclerófilo	Bosque esclerófilo de los arenales
Región del bosque caducifolio	Bosque caducifolio del llano	Bosque caducifolio de Concepción
		Bosque caducifolio de La Frontera
	Bosque caducifolio andino	Bosque caducifolio andino del Biobío
Bosque laurifolio	Bosque laurifolio de Valdivia	Bosque laurifolio Valdiviano

Considerando los numerosos usos del agua en esta cuenca, que se presentan en el punto 4.1.3.10, la flora y fauna acuática presentan una alta variedad de especies, tal como se muestra en las Tablas 34, 35 y 36. En la Tabla 34 es posible conocer el nombre científico de la especie de Macrófitas, que es parte de la flora acuática de la cuenca. Son plantas acuáticas adaptadas a los medios húmedos o acuáticos como lo son los lagos, estuarios, pantanos u orillas de ríos. En las Tablas 35 y 36 es posible conocer la fauna acuática de la cuenca del Biobío, los bentos y peces respectivamente. Los bentos corresponden a organismos que habitan el fondo de los ecosistemas acuáticos.

Tabla 34: Especies de Flora Acuática, Macrófitas en la cuenca del Biobío. Tabla adaptada de Informe Cuenca del Río Biobío².

Macrófitas	
Lilaeopsis lineada	Cyperus conceptionis
Aster valí	Cyperus eragrostis
Cotula coronopifolia	Heleocharis pachycarpa
Senecio zosteraefolius	Scirpus americanus
Cardamine nasturtioides	Scirpus californianus
Nasturtium officinale	Scirpus cernuus
Callitriche deflexa	Scirpus inundatus
Callitriche palustris	Elodea densa
Callitriche stagnalis	Juncus cyperoides
Callitriche turbosa	Juncus microcephalus var floribundus
Spergularia rubra	Juncus procerus
Crassula erecta	Juncus spp
Chenopodium ambrosioides	Juncus supiniformis

² Cuenca del Río Biobío, Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad, Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas, Gobierno de Chile, diciembre 2004.

Macrófitas	
Salicornia fruticosa	Juncus supinus
Elatine chilensis	Triglochin maritima
Myriophyllum brasiliense	Triglochin striata
Myriophyllum elatinoides	Lemna valdiviana
Hydrocotyle ranunculoides	Arundo donax
Hydrocotyle volckmanni	Potamogeton brasiliense
Utricularia tenuis	Potamogeton gayi
Lythrium album	Potamogeton linguatus
Myrceugenia exsucca	Potamogeton lucens
Nymphaea alba	Potamogeton obtusifolius
Jussiaea repens	Potamogeton pectinatus
Polygonum hidropiperoides	Potamogeton pusillus var tenuissimus
Ranunculus flagelliformis	Potamogeton stenostachys
Ranunculus monanthos	Leptocarpus chilensis
Salix viminalis	Typha angustifolia
Gratiola peruviana	Zannichellia palustris
Limosella subulata	Azolla filiculoides
Mimulus bridgessi	Isoetes savatieri
Mimulus luteus	Blechnum penna-marina.
Veronica anagallis-aquatica	Hypochaeris radicata
Alisma plantago-aquatica	Holcus lanatus
Sagittaria chilensis	

Tabla 35: Especies de Fauna Acuática, Bentos en la cuenca del Biobío. Tabla adaptada de Informe Cuenca del Río Biobío².

Bentos	
Diplodon Chilensis	Cicaellidae nd
Psidium chilensis	Corixidae nd
Hyalella sp.	Notonectidae nd
Aegla sp.	Protochauloidea sp.
Parastacus pugnax	Anisoptera nd
Samastacus spinifrons	Zygoptera nd
Exirolana sp.	Antarctoperla michaelsoni
Biomphalaria chilensis	Limnoperla jaffueli
Biomphalaria sp.	Neonemoura barrosi
Gundlachia gayana	Notoperlopsis femina
Lymnaea viator	Pelurgoperla
Physa chilensis	Glossosomatidae nd
Chilina dombeyana	Leptoceridae nd
Littoridina cumingii	Odontoceridae nd
Mesobdella sp.	Philopotamidae nd

Bentos	
Elmidae nd	Dolophiloides sp.
Hydroptilidae nd	Hydroptila sp.
Ptilodactilidae nd	Nectopsyche sp.
Blephariceridae nd	Oxyethira sp.
Ceratopogonidae nd	Paraseracostoma sp.
Empididae nd	Smi. (Rhyacophilax) sp.
Limoniidae nd	Smicridea (Smicr.) sp.
Orthocladiinae nd	Gordius sp.
Tanypodinae nd	Tubifex
Paratrichocladius sp.	Lumbriculus sp.
Simulium sp.	Fredericella slutana
Meridialaris sp.	Plumatela sp.
Penaphlebia sp.	Perneareis gualpensis
Aphididae nd	Temnocephala chil.

Tabla 36: Especies de Fauna Acuática, Peces en la cuenca del Biobío. Tabla adaptada de Informe Cuenca del Río Biobío².

Peces	
Basilichthys australis	Galaxias maculatus
Cauque mauleanum	Oncorhynchus mykiss
Geotria australis	Salmo trutta
Cyprinus carpio	Diplomystes Nahuelbutaensis
Cheirodon galusdae	Bullockia maldonadoi
Percichthys trucha	Nematogenys inermis
Percilia irwini	Trichomycterus areolatus

4.1.3.9 Usos Del Suelo

La siguiente información fue obtenida de: Cuenca del Río Biobío, Diagnostico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad, Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas, Gobierno de Chile, diciembre 2004.; y del Informe Final “Análisis de las condicionantes para el desarrollo hidroeléctrico en las cuencas del Maule, Biobío, Toltén, Valdivia, Bueno, Yelcho y Puelo, desde el potencial de generación a las dinámicas socioambientales” Grupo de cuencas 1: Maule, Biobío y Toltén, Tecogroup, Centro UC Cambio Global, diciembre 2016.

En la cuenca del Biobío existen distintos usos de suelo tal como se señala en la tabla 37. A continuación, se detallan cada uno de ellos.

Tabla 37: Clasificación de los usos del suelo de la Cuenca del Río Biobío. Tabla obtenida de Informe Cuenca del Río Biobío, Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetos de calidad, DGA, diciembre 2004.

Cuenca del Río Biobío (Ha)	Usos del Suelo	Superficie (Ha)	Superficie de la cuenca destinada para cada uso (%)
2.426.400	Praderas	162.872	7
	Terrenos agrícolas y agricultura de riego	70.496	3
	Plantaciones forestales	474.648	20
	Áreas urbanas e industriales	10.132	0,4
	Minería Industrial	229	0,01
	Bosque nativo y bosque mixto	738.310	30
	Otros usos *	920.477	38
	Áreas sin vegetación	49.237	2

*Referidos a los siguientes usos: matorrales, matorral-pradera, rotación cultivo-pradera, áreas no reconocidas, cuerpos de agua, nieves-glaciares y humedales.

Uso agrícola: existen cultivos intensos y agroindustriales que abarcan 70.496 (ha) ubicados en los llanos de la depresión central de la cuenca. Los cultivos más importantes son el trigo, remolacha, avena, papas, raps, cebada y maíz. Las viñas se ubican cercanas a la cordillera de la Costa.

- 1) Uso forestal: es uno de los usos más representativos de la cuenca, donde 474.648 (ha) corresponden a bosques plantaciones y 18.506 (ha) a bosque mixto.
- 2) Uso urbano: tal como se señaló en el punto 4.1.2.3, uno de los grandes centros poblados es Concepción, que corresponde a la capital de la Región del Biobío. En la depresión intermedia, también predomina la población urbana, pero los centros son más pequeños en comparación con Concepción. Aquí las actividades económicas giran en torno a la industria y la actividad silvoagropecuaria.
- 3) Áreas bajo Protección Oficial y Conservación de la Biodiversidad: En la Tabla 38 se detallan las áreas de protección presentes en la cuenca del río Biobío.

Tabla 38: Listado con sitios protegidos y sitios de interés para la conservación de la cuenca del río Biobío. Tabla modificada del Informe Cuenca del Río Biobío, Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetos de calidad, DGA, diciembre 2004.

Categoría	Nombre	Superficie (ha)	Comuna
Parque Nacional	Parque Nacional Conguillio	58.660	Cunco, Melipeuco, Vilcún, Curacautín, Lonquimay
Parque Nacional	Parque Nacional Laguna Laja	15.961	Antuco, Santa Bárbara
Parque Nacional	Parque Nacional Nahuelbuta	6.671	Cañete, Angol, Purén

Categoría	Nombre	Superficie (ha)	Comuna
Parque Nacional	Parque Nacional Tolhuaca	5.708	Quilaco, Collipulli, Curacautín
Reserva Forestal	Reserva Nacional Alto Biobío	30.618	Lonquimay
Reserva Nacional	Reserva Nacional Altos de Pemehue	18.364	Mulchén, Quilaco
Reserva Forestal	Reserva Nacional China Muerta	8.533	Melipeuco, Lonquimay
Reserva Forestal	Reserva Nacional Malalcahuello	13.655	Curacautín, Lonquimay
Reserva Forestal	Reserva Nacional Malleco	16.107	Mulchén, Quilaco, Collipulli, Curacautín, Victoria
Reserva Forestal	Reserva Nacional Nalcas	20.336	Quilaco, Curacautín, Lonquimay
Reserva Nacional	Reserva Nacional Nonguen	3.036	Chiguayante, Concepción, Hualqui
Reserva Forestal	Reserva Nacional Ñuble	74.112	Antuco, Tucapel, Coihueco, Pinto, Yungay
Reserva Nacional	Reserva Nacional Ralco	12.885	Alto Biobío
	Total	284.646	

Gracias al sitio web: <http://areasprotegidas.mma.gob.cl/areas-protegidas/> fue posible conocer la ubicación de los sitios prioritarios y sitios de interés para la conservación presentes en las Tablas 38 y 39. La definición de las categorías de los sitios protegidos y de los sitios de interés se encuentra en el punto 4.1.2.9.

Tabla 39: Listado con sitios protegidos y sitios de interés para la conservación de la cuenca del río Biobío. Tabla modificada del Informe Cuenca del Río Biobío, Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetos de calidad, DGA, diciembre 2004.

Categoría	Nombre	Superficie (ha)	Comuna
Sitios Prioritarios	ADI Alto del Biobío	210.691	Alto Biobío, Antuco, Quilaco, Santa Bárbara, Lonquimay
Sitios Prioritarios	Altos de Escuadrón	159	Coronel, San Pedro de La Paz
Sitios Prioritarios	Amortiguación Nahuelbuta	4.679	Cañete, Angol, Purén
Sitios Prioritarios	Área Marina Hualpén	68	Hualpén
Sitios Prioritarios	Cerro Adencul	331	Traiguén, Victoria
IBA	Corredor Biológico Nevados de Chillán-Laguna del Laja	565.807	San Fabian, Coihueco, El Carmen, Pemuco, Yungay, Pinto, Tucapel, Antuco
IBA	Desembocadura del Río Biobío	3	Hualpén, San Pedro de La Paz
Sitios Prioritarios	Fundo Nonguén	2.990	Chiguayante, Concepción,

Categoría	Nombre	Superficie (ha)	Comuna
			Hualqui
Sitios Prioritarios	Fundo Villucura	39.927	Alto Biobío, Mulchén, Quilaco, Lonquimay
Humedales	Humedales cuenca del Biobío	38.829	Cobquecura, Trehuaco, Coelemu, Tomé, Talcahuano, Hualpén, San Pedro de la Paz, Coronel, Lota, Arauco, Tirúa
Sitios Prioritarios	Humedales Sistema Lacustre Intercomunal Concepción	1.952	Concepción, Coronel, Hualpén, Penco, San Pedro de la Paz
IBA	Laguna Grande de San Pedro de La Paz y Humedal Los Batros	155	San Pedro de la Paz
IBA	Laguna Malleco	1	Curacautín
Sitios Prioritarios	Nevados de Chillan	157.422	Coihueco, Pinto, San Fabián (Ñuble)
Santuario Naturaleza	Península de Hualpén	2.338	Hualpén, Talcahuano
Sitios Prioritarios	Quebrada Caramávida	17.966	Cañete, Curanilahue, Los Álamos
Sitios Prioritarios	Río Polcura	38.976	Antuco, Tucapel
	Total	521.939	

4.1.3.10 Usos Del Agua

Existen derechos consuntivos, que facultan al titular de consumir el agua en su totalidad, y derechos no consuntivos, en los cuales no existe pérdida de agua, pues ésta se debe devolver.

Según el catastro público del sitio web de la DGA, en el que es posible conocer el listado de derechos concedidos por región y sujetos a constante actualización (http://www.dga.cl/productosyservicios/derechos_historicos/Paginas/default.aspx); y gracias al Informe Final “Análisis de las condicionantes para el desarrollo hidroeléctrico en las cuencas del Maule, Biobío, Toltén, Valdivia, Bueno, Yelcho y Puelo, desde el potencial de generación a las dinámicas socioambientales” Grupo de cuencas 1: Maule, Biobío y Toltén, Tecogroup, Centro UC Cambio Global, diciembre 2016; hay un total de derechos consuntivos de 187.443 litros/segundo, cuyos usos se especifican en la Tabla 40. Mientras que, para los derechos no consuntivos, en que la energía hidroeléctrica es el principal uso, hay un total de 7.231.319 litros/segundo, y cuyos usos se detallan en la Tabla 41.

Tabla 40: Usos del agua según derechos consuntivos concedidos para la cuenca del río Biobío. Tabla obtenida del Informe Final³.

Usos del Agua	Litros/segundo	%
Riego	107.592	57,40
Bebida/Usos Domésticos/ Saneamiento	4.938	2,63
Uso Industrial	241	0,13
Otros usos	180	0,10
Sin uso especificado	74.492	39,74
Total	187.443	100

Tabla 41: Usos del agua según derechos no consuntivos concedidos para la cuenca del río Biobío. Tabla obtenida del Informe Final³.

Usos del Agua	Litros/segundo	%
Energía Hidroeléctrica	2.151.740	29,76
Para Observación y análisis	13.552	0,19
Otros usos	203.167	2,81
Sin uso especificado	4.862.860	67,25
Total	7.231.319	100

4.2 Resultados Obtenidos De Las Entrevistas

Una de las principales respuestas que se buscó al realizar las entrevistas a expertos fue que se podría hacer para que los Objetos de Valoración (OdV) no se vean afectados por la construcción y posterior operación de centrales hidroeléctricas. A continuación se entrega la respuesta a esta pregunta de acuerdo con las clases de OdV.

OdV Fluvial, Terrestre:

- Marcelo Olivares: Posterior a la confección del Estudio de Cuencas, se ha trabajado para realizar una optimización de cuencas. Esta optimización pretende encontrar un lugar propicio para la construcción de nuevas centrales, en que exista un potencial hidroeléctrico alto y Objetos de Valoración bajos, para ello, se ponderan los OdV de acuerdo con el énfasis que se le quiera dar, según el criterio de los expertos que trabajan en este tema. Si se quiere evitar conflicto con las comunidades, es preferible darles énfasis a las preferencias de estas y reflejarlas en las ponderaciones.

³ Informe Final "Análisis de las condicionantes para el desarrollo hidroeléctrico en las cuencas del Maule, Biobío, Toltén, Valdivia, Bueno, Yelcho y Puelo, desde el potencial de generación a las dinámicas socioambientales" Grupo de cuencas 1: Maule, Biobío y Toltén, Tecogroup, Centro UC Cambio Global, diciembre 2016.

- Matías Peredo: Existen medidas de mitigación para evitar que el río se fragmente producto de la construcción y operación de una central hidroeléctrica, entre ellas están las escaleras y ascensores para peces, los cuales permiten la continuidad de los peces a lo largo del río. Sin esta medida se produciría la pérdida de los OdV asociados a especies dulceacuícolas, la fragmentación longitudinal del río, entre otros.
Cuantificar los impactos va únicamente en ver el tipo de central con el territorio en el que esta, y el Ministerio de energía entendió eso y quiso analizar el territorio, pero el estudio del Ministerio de energía no tomo en cuenta que tipo de central, solamente considero el potencial hidroeléctrico, y se asume que pueden ser principalmente centrales de pasada porque es un potencial hidroeléctrico entre tramos.
- Pablo Duran: Se debería establecer un máximo nivel de explotación en cada cuenca, considerando un uso razonable y sustentable de los recursos, de manera de no generar zonas de sacrificio, por las cuales se ve afectado el ecosistema. Se debe lograr un punto de equilibrio para que coexista el ecosistema y los proyectos energéticos.

OdV Productivo:

- Esteban Toha: si uno quisiera hacer planificación a través de los OdV, un problema es la cobertura territorial porque como uno está pensando planificar un sistema, no te sirve tener 7 cuencas, tu debieras tener un continuo territorial, si el desarrollo hidroeléctrico es entre el Maipo y Aysén debiera barrer a todos los OdV de manera continua en esa zona, porque finalmente si yo comparo una cuenca versus otra, siempre voy a estar optimizando dentro de las dos cuencas, pero la solución de ambas también las puedo sumar, el problema es que no sé si entremedio tengo otras eficiencias que no estoy mirando porque no las levante.
- Meliza González: Primero se debe ver cuál es el OdV que más importa en la cuenca y tratar de trabajar en las zonas donde no estén esos OdV.
Para poder comparar cuál de las potenciales centrales hidroeléctricas es óptima, se tendría que definir un tipo de central en específico (tipo turbina, MW, de pasada) y que todas sean iguales y luego comparar.
Por muy bien hecho que se tenga un proyecto hidroeléctrico, no se asegura que no existirá un conflicto social, existen muchos factores asociados, por eso es muy específico de cada proyecto.
Una medida interesante podría ser elegir una central, definirla e instalarla en un lugar donde tenga ODV sociales, otra en donde sea más altos los ODV Terrestres, y así sucesivamente. Identificar qué tipo de impacto puede producir y después de identificar el impacto, se podrías decir: voy a tomar estas medidas y aplicar la jerarquía de mitigación, que es muy importante, que es primero, evitar el impacto, el que no puedes evitar lo reduces, el que no puedes reducir lo reparas y lo que ya no puedes ni evitar, ni mitigar, ni reducir es lo que se llama el impacto residual, y eso se compensa con otras acciones y en otros lugares.

A veces los impactos ambientales los puedes ir mitigando, pero también depende de cómo la sociedad va a aceptar esas propuestas de mitigación que se están proponiendo. Pueden ser soluciones orientadas a los peces, pero tal vez lo que a la gente le interesa son las líneas de transmisión porque es un lugar turístico.

- Carlos Olivares: No se busca encontrar un lugar con cero OdV porque eso no existe, lo que se busca es Minimizar el impacto sobre el OdV y se hace indirectamente minimizando la superposición de potencial hidroeléctrico con el OdV. No se dice cuánto va a afectar la central hidroeléctrica al OdV, solo se sabe que lo afectará.

Para que los OdV no se vean afectados depende de muchos factores, como las centrales, políticas públicas, contexto social, intereses de la ciudadanía.

Como tratar a los OdV, es muy sitio específico, depende del contexto social, de la cuenca, depende de si ha habido otros proyectos en la misma cuenca, porque eso también explota el ambiente social. Sea cual sea el proyecto, independiente del tamaño, en algunas comunidades si se menciona hidroeléctrica, ya se produce un rechazo.

Un ejemplo de cómo tratar a los OdV fluviales son las escaleras de peces, en Chile están probando cuáles son las que más se usarían. Identifican donde es más probable que se haga una central y de ese lugar se quiere tomar la información local y que especies existen en ese lugar y después de todas las posibles centrales ver cuál era la especie que más se repetía.

OdV Sociales y Culturales:

- Marcia Montedónico: Existe desconfianza de la comunidad que vive en el lugar donde se quieren construir centrales hidroeléctricas, pues las decisiones las toman los privados y públicos, pero sin entender o escuchar lo que está pasando en el lugar. Las comunidades no ven ningún beneficio, ni compensación y por lo tanto hay desconfianza.

Las personas deberían ser parte de las decisiones sobre su territorio, no solo a nivel local, sino país. Que el país pueda tener voz y voto en cuanto a que tipo de energía prefiere hacer.

Cuando uno empieza a ser parte de las decisiones que se toman, se empieza a perder la desconfianza.

La participación de las personas en la toma de decisiones es algo que reduce de inmediato las asimetrías de información y de beneficio, esta es una manera en que se podría desarrollar el coexistir entre comunidades y construcciones de centrales generadoras de energía.

Para poder reducir las asimetrías de información que existen entre titulares y comunidades, y para que las personas participen en la toma de decisiones, tienen que estar informadas.

Hemos realizado un programa de educación energética donde se entregan conocimientos, herramientas para que se forme la persona, entienda de lo que está hablando y así pueda opinar con mucha más conciencia del proyecto, para ese efecto algo muy útil han sido los boundary objects que son los objetos de frontera, son herramientas que pueden permitir un diálogo mucho más simétrico,

por ejemplo, la cartografía participativa, las maquetas a escala. Un trabajo que hicimos para Isla de Pascua fue hacer una maqueta a escala de la Isla. De esta forma era mucho más fácil para la gente ver en una maqueta donde se ponen las torres eólicas, donde se ponen los paneles solares, que hacerlo a través de un dialogo. Eso permitía esta maqueta que es concreta que la veían, que podían jugar con eso, disminuía mucho las diferencias de educación y culturales que existen entre distintas comunidades, desde lo técnico a la comunidad que vive ahí.

- Rodrigo Fuster: Para desarrollar proyectos hidroeléctricos con comunidades que tienen desconfianza, tanto indígenas como no indígenas, en que se altera el territorio donde viven las comunidades, se va a generar rechazo por varios motivos: algunos son identificables pues se pueden observar, pero otros son intangibles, como lo son los modos de vida; con estas centrales se cambiara el paisaje, y se generará una forma de desarrollo que no es consistente con el de ellos, y se les quitará un terreno que es valioso para las comunidades, por la historia que ha transcurrido en ese lugar a lo largo de sus generaciones. Si con el proyecto hidroeléctrico son capaces de evitar el OdV, entonces se van a evitar la conflictividad y puede aumentar la probabilidad de éxito de la central. Como tratar los OdV depende de cada lugar, los impactos probablemente van a ser distintos, tanto culturalmente, socialmente, productivamente, como ambientalmente. Cada lugar tendrá cosas que se pueden mitigar y cosas que no. Las medidas de adaptación o de prevención tienen que ver con el involucramiento de los actores del territorio que se van a ver afectados por el proyecto desde el principio, cosa que desde su diseño en adelante sea al menos conocido por la comunidad. Una forma de reducir los conflictos es incorporar a la comunidad desde antes del desarrollo de manera que haya mayor transparencia, que lo que se habló al principio luego se plasme en la realidad, en el fondo que se generen confianza. Las cosmovisiones son distintas, las comunidades indígenas tienen una racionalidad distinta a la occidental, porque si nos estamos refiriendo al pueblo mapuche, que mantiene sus tradiciones, no es parte ellos que se intervenga la naturaleza para generar energía o para generar infraestructura. No es solo la central hidroeléctrica, muchas veces se oponen a un puente, se oponen a un camino porque la tierra es sagrada, el agua es sagrada, entonces la forma de ver el mundo es distinta. Decir que hagamos los proyectos para que ellos lo administren es no es entenderlos a ellos. Es super importante desde la perspectiva de la ciencia y la política pública, entender que el otro no tiene por qué pensar como uno. Entonces cuando ven el mundo tan distinto, es pretencioso, por más buena que sea la idea, generosa, solidaria, es el otro el que tiene que tomar las decisiones sobre su propia vida. Y cuando ven el mundo tan distinto no funciona muy bien. Y eso es más fácil verlo con las comunidades indígenas, que plantean el hecho de que ven el mundo de forma distinta, pero no necesariamente tiene que ser una comunidad indígena para visualizar el mundo de una manera distinta. Cuando tú te entrevistas con alguien de por ejemplo Futaleufú, en que varias generaciones han vivido ahí, y le dices a esa persona que van a hacer un proyecto para generar energía, cuando en su casa no tiene

energía eléctrica y cuando nunca lo ha necesitado, en el fondo es no entender que hay otras formas de vida.

5 ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 Análisis Y Características De Cuencas Y Comunas Seleccionadas

Al intersectar todos los objetos de valoración que poseen cada una de las 453 sub-subcuencas analizadas en el Primer Estudio de Cuencas (3° Informe Estudio “Base para Planificación Territorial en el Desarrollo Hidroeléctrico Futuro”, Teco Group, Centro UC Cambio Global, Preparado para Ministerio de Energía, Gobierno de Chile, 17 de abril, 2015.), con sus respectivos potenciales hidroeléctricos, se hace imposible realizar un criterio de selección (el cual se comenta en el Capítulo 6) que entregue como resultado las sub-subcuencas óptimas en el plazo de este trabajo de título. Esta optimización entregaría como resultado cuales sub-subcuencas son apropiadas para la construcción de posibles centrales hidroeléctricas, minimizando el daño sobre los Objetos de Valoración presentes en estas sub-subcuencas (Esto según el Informe Final “Análisis de las condicionantes para el desarrollo hidroeléctrico en las cuencas del Maule, Biobío, Toltén, Valdivia, Yelcho y Puelo, desde el potencial de generación a las dinámicas socio-ambientales ”Grupo de cuencas 1: Maule, Biobío y Toltén, Centro UC Cambio Global, Teco Group, Preparado para el Ministerio de Energía de Chile).

En este trabajo, para seleccionar las cuencas a estudiar se utilizó un criterio ingenieril y económico, asociado a decisiones de inversión como lo son el potencial hidroeléctrico, la cercanía a los centros de consumo de electricidad y a líneas de transmisión, además de considerar los lugares en donde existen proyectos anteriores. Es por ello por lo que se decidió trabajar con 2 de las 12 cuencas del Primer Estudio de Cuencas.

Como se mencionó en los capítulos anteriores, estas dos cuencas corresponden a cuencas ubicadas al sur de Santiago, la capital de Chile, y corresponden a la cuenca del río Maule y a la cuenca del río Biobío.

De cada una de estas dos cuencas seleccionadas, se escogieron dos comunas, con el propósito de realizar una comparación, en cada cuenca, de cuál podría ser la comuna más propicia de recibir un proyecto hidroeléctrico y para poder entregar información a los habitantes respecto de los potenciales proyectos a desarrollar en sus territorios.

Para la cuenca del río Maule se escogieron las comunas de San Clemente y Colbún. Mientras que para la cuenca del río Biobío se escogieron las comunas de Los Ángeles y Mulchén. Estas cuatro comunas seleccionadas se pueden observar en la Figura 21.

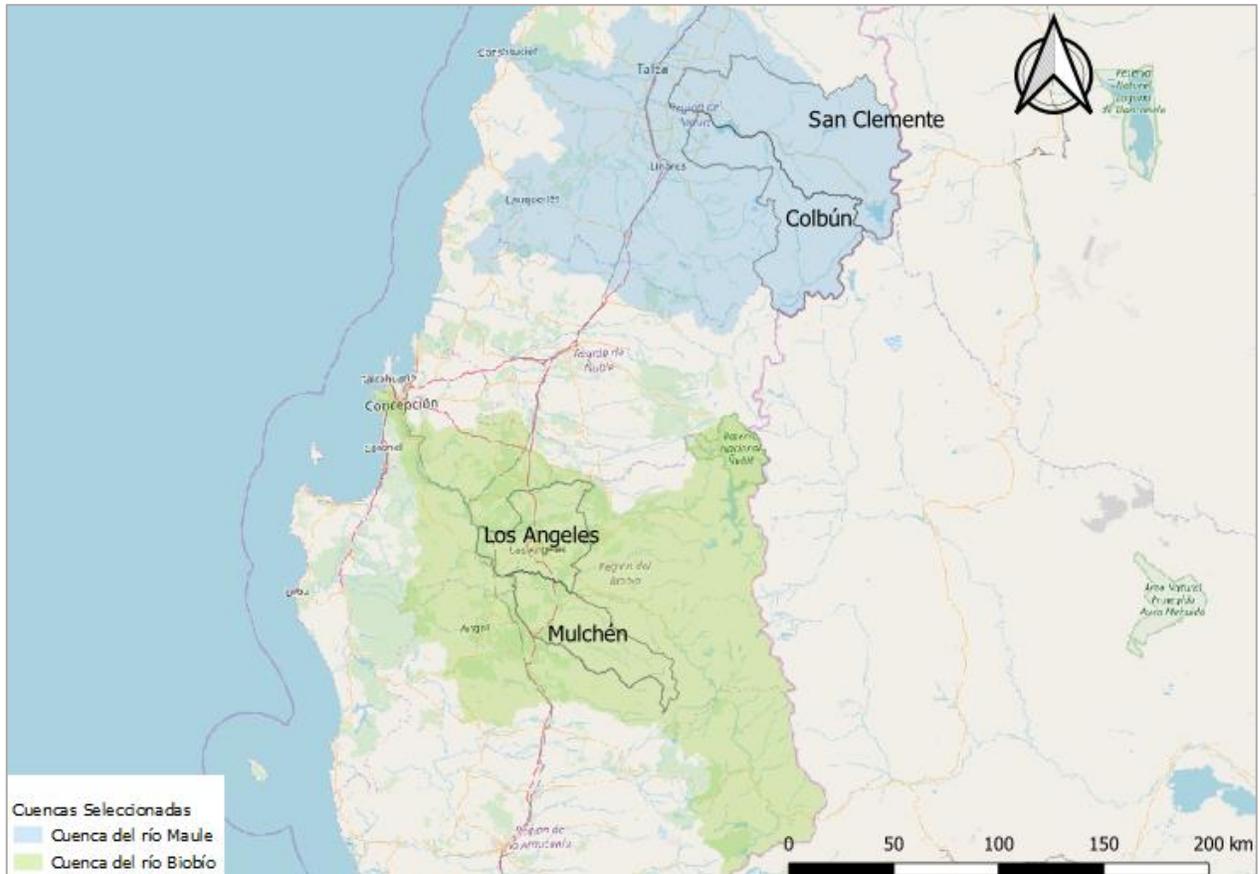


Figura 21: Comunas seleccionadas de la cuenca del Maule y cuenca del Biobío.

A continuación se presenta la Tabla 42, en la que se puede comparar las características de las comunas de Colbún y San Clemente pertenecientes a la cuenca del río Maule. El mismo trabajo se realizó en la Tabla 43, en la que se muestran las características de las comunas Los Ángeles y Mulchén, pertenecientes a la cuenca del río Biobío.

Tabla 42: Comparación entre las características de las comunas Colbún y San Clemente, pertenecientes a la cuenca del río Maule.

Características	Cuenca del río Maule	
	Colbún	San Clemente
N° Centrales hidroeléctricas instaladas (Potencial Hidroeléctrico MW)	4 (1.155,03 MW)	9 (361,59 MW)
N° Potenciales Centrales hidroeléctricas (P.H. MW)	32 (315,2 MW)	31 (123,5 MW)
N° Sub-subcuencas con potenciales centrales hidroeléctricas	7	9

Características	Cuenca del río Maule	
	Colbún	San Clemente
OdV Fluvial que se encuentran en cada una de las sub-subcuencas de la comuna	9	3
OdV Terrestre que se encuentran en cada una de las sub-subcuencas de la comuna	6	6
OdV Cultural que se encuentran en cada una de las sub-subcuencas de la comuna	1	1
OdV Social que se encuentran en cada una de las sub-subcuencas de la comuna	0	0
OdV Productivo que se encuentran en cada una de las sub-subcuencas de la comuna	2	2
Superficie (km2)	2.900	4.504
Superficie de áreas bajo protección oficial y conservación de la biodiversidad (km2)	724	869
N° Población	20.765	43.269
N° personas que pertenecen a etnias	1.038	1.730
Personas que cursaron Educación Básica	19.726	41.105
Personas que cursaron Educación Media	15.366	32.884
Personas que cursaron Educación Superior	2.024	3.881
N° de personas que trabaja	9.967	22.067
Empleo en sector primario	2.890	7.944
Empleo en sector secundario	598	1.103
Empleo en sector terciario	6.478	13.019
Cantidad de hogares	7.124	14.209
N° de casas que cuenta con agua potable	6.554	12.788

Tabla 43: Comparación entre las características de las comunas Los Ángeles y Mulchén, pertenecientes a la cuenca del río Biobío.

Características	Cuenca del río Biobío	
	Los Ángeles	Mulchén

Características	Cuenca del río Biobío	
	Los Ángeles	Mulchén
N° Centrales hidroeléctricas instaladas (Potencial Hidroeléctrico MW)	1 (3,29 MW)	3 (9,98 MW)
N° Potenciales Centrales hidroeléctricas (P.H. MW)	15 (507,4 MW)	25 (308,7 MW)
N° Sub-subcuencas con potenciales centrales hidroeléctricas	3	7
OdV Fluvial que se encuentran en cada una de las sub-subcuencas de la comuna	8	6
OdV Terrestre que se encuentran en cada una de las sub-subcuencas de la comuna	7	6
OdV Cultural que se encuentran en cada una de las sub-subcuencas de la comuna	1	1
OdV Social que se encuentran en cada una de las sub-subcuencas de la comuna	1	0
OdV Productivo que se encuentran en cada una de las sub-subcuencas de la comuna	3	3
Superficie (km²)	1.748	1.952
Superficie de áreas bajo protección oficial y conservación de la biodiversidad (km²)	0	224
N° Población	202.331	29.627
N° personas que pertenecen a etnias	12.140	3.555
Personas que cursaron Educación Básica	194.238	28.146
Personas que cursaron Educación Media	157.818	22.516
Personas que cursaron Educación Superior	40.507	3.069
N° de personas que trabaja	109.259	14.517
Cantidad de hogares	74.936	10.689
N° de casas que cuenta con agua potable	59.949	8.658

5.2 Comparación De Las Características De Cuencas Seleccionadas

En la Tabla 44 que se presenta a continuación, se entregan características que son interesantes, pues es posible realizar una comparación entre las cuencas, y a su vez una comparación en cada cuenca de lo que existe y lo que podría existir, y en cuantas comunas y/o sub-subcuencas sería posible de desarrollar estos proyectos hidroeléctricos.

Tabla 44: Comparación entre las características de la cuenca del Maule y la cuenca del Biobío.

Características	Cuenca Río Maule	Cuenca Río Biobío
N° Centrales hidroeléctricas instaladas (Potencial Hidroeléctrico MW)	19 (1.589,3 MW)	22 (2.861,2 MW)
N° Potenciales Centrales hidroeléctricas (P.H. MW)	100 (642,4 MW)	163 (1.582,9 MW)
N° comunas con potenciales centrales hidroeléctricas	7	12
N° de comunas	21	28
N° de regiones	2	2
N° de subcuencas	9	10
N° Sub-subcuencas con potenciales centrales hidroeléctricas	25	35
N° de sub-subcuencas	64	71
Paralelos (latitud sur)	35°05' - 36°30'	36°42' - 38°49'
Meridianos (Longitud oeste)	70°25' - 72°30'	71°-73°20'
OdV Fluvial que se encuentran en cada una de las sub-subcuencas de la comuna	12	13
OdV Terrestre que se encuentran en cada una de las sub-subcuencas de la comuna	7	10
OdV Cultural que se encuentran en cada una de las sub-subcuencas de la comuna	2	2
OdV Social que se encuentran en cada una de las sub-subcuencas de la comuna	2	2
OdV Productivo que se encuentran en cada una de las sub-subcuencas de la comuna	3	4
Superficie (km²)	210.749	242.640

Características	Cuenca Río Maule	Cuenca Río Biobío
Superficie de áreas bajo protección oficial y conservación de la biodiversidad (km2)	4.885	8.066
N° Población	1.044.950	1.556.805
N° personas que pertenecen a etnias	52.247	171.249
Personas que cursaron Educación Básica	992.703	1.494.532
Personas que cursaron Educación Media	783.713	1.167.603
Personas que cursaron Educación Superior	162.385	336.270
N° de personas que trabaja	564.273	793.971
Cantidad de hogares	411.201	573.572
N° de casas que cuenta con agua potable	370.081	521.951
Clima	Mediterráneo	Templado húmedo/Mediterráneo
Precipitación promedio anual (mm)	735	2000
N° de embalses (capacidad millones-m3)	5 (3271)	3 (6839)
N° especies de formación vegetal	9	8
N° de especies de Flora acuática	60	69
N° de especies de Fauna íctica	15	14
Superficie Praderas (km2)	8.438	1.629
Superficie terrenos agrícolas y agricultura de riego (km2)	4.613	705
Superficie de plantaciones forestales (km2)	1.993	4.747
Superficie áreas urbanas e industriales (km2)	74	101
Superficie minería industrial (km2)	2	2
Superficie Bosque nativo y bosque mixto (km2)	2.588	7.383
Superficie sin vegetación (km2)	3.840	492

Características	Cuenca Río Maule	Cuenca Río Biobío
Superficie con matorrales, glaciares, humedales, cuerpos de agua, rotación cultivo-pradera (km2)	7.131	9.205
Uso no consuntivo del agua en energía hidroeléctrica (litros/segundo)	1.272.458	2.151.740
Uso no consuntivo del agua Total (litros/segundo)	2.772.930	7.231.319
Uso Consuntivo del agua Total (litros/segundo)	408.977	187.443

5.3 Objetos De Valoración De Las Cuencas Seleccionadas

En cada tabla de este subcapítulo se pueden identificar los Objetos de Valoración (OdV) agrupados por clases. Como se explicó en el capítulo de metodología, existen 6 clases de objetos de valoración, las cuales son Terrestre, Fluvial, Productiva, Social, Cultural y Fiordos, pero en las cuencas seleccionadas para este trabajo de título se encuentran las 5 primeras clases mencionadas, las cuales están compuestas por diferentes Objetos de Valoración.

La cuenca del río Maule está compuesta por 25 sub-subcuencas (SSC) en las que se identifican potenciales centrales hidroeléctricas, por lo que el total que aparece en las Tablas, que corresponde a 25, es la suma de la cantidad de sub-subcuencas (SSC) en que se presenta o es posible encontrar los Objetos de Valoración (OdV) más las cuencas en las que no se identificó o no fue posible encontrar los Objetos de Valoración (OdV). Para las tablas en que aparece información de la cuenca del río Biobío se aplica lo explicado anteriormente, con la diferencia que esta cuenca está compuesta por 35 sub-subcuencas en las que se podrían desarrollar centrales hidroeléctricas.

Cabe señalar que estas tablas solo expresan la presencia o ausencia de los Objetos de Valoración, pero no es posible detallar la cantidad de cada una de ellas en las sub-subcuencas, pues esta información que fue obtenida del Primer Estudio de Cuencas, que extrajo la información de fuentes de información oficial como bases de datos u otro tipo de información que puedan recopilarse del sector público; señala que para algunos OdV la información solo se pudo recoger del conocimiento local, y que por los alcances del Primer Estudio de Cuencas no fue posible realizar un levantamiento de información en terreno para todas las cuencas. Por lo que de ningún modo se puede realizar una comparación entre cuencas, en cuanto a la cantidad de objetos de valoración que posee cada una, para poder decidir cuál posee menor cantidad de Objetos de Valoración por área.

Estas tablas solo sirven para saber si se deben tomar medidas de prevención, mitigación o reparación frente una posible construcción de centrales hidroeléctricas, debido a presencia de los Objetos de Valoración.

Tabla 45: Clase de Objeto de Valoración (OdV) Terrestre, en la que se identifica presencia o ausencia de este en la Cuenca del Río Maule

N°	OdV Terrestre	N° SSC con Presencia de OdV	N° SSC en que no se identifica el OdV	Total
1.1	Especies terrestres en categoría de amenaza	21	4	25
1.2	Protección frente a la erosión	12	13	25
1.3	Parques nacionales	1	24	25
1.4	Especies terrestres endémicas	25	0	25
1.5	Paisaje natural no fragmentado	25	0	25
1.6	Ecosistemas terrestres azonales	25	0	25
1.7	Ecosistemas terrestres en categoría de amenaza	25	0	25
1.8	Comunidad terrestre con baja presencia de especies exóticas	25	0	25
1.9	Áreas críticas para conservación de biodiversidad	2	23	25
1.10	Áreas oficiales de conservación excluye parques nacionales	6	19	25
1.11	Interés privado y sitios prioritarios	21	4	25
1.12	Áreas de paisaje terrestre natural	25	0	25

Tabla 46: Clase de Objeto de Valoración (OdV) Terrestre, en la que se identifica presencia o ausencia de este en la Cuenca del Río Biobío.

N°	OdV Terrestre	N° SSC con Presencia de OdV	N° SSC en que no se identifica el OdV	Total
1.1	Especies terrestres en categoría de amenaza	35	0	35
1.2	Protección frente a la erosión	16	19	35
1.3	Parques nacionales	3	32	35
1.4	Especies terrestres endémicas	34	1	35
1.5	Paisaje natural no fragmentado	35	0	35
1.6	Ecosistemas terrestres azonales	33	2	35
1.7	Ecosistemas terrestres en categoría de amenaza	35	0	35
1.8	Comunidad terrestre con baja presencia de especies exóticas	35	0	35
1.9	Áreas críticas para conservación de biodiversidad	0	35	35

N°	OdV Terrestre	N° SSC con Presencia de OdV	N° SSC en que no se identifica el OdV	Total
1.10	Áreas oficiales de conservación excluye parques nacionales	9	26	35
1.11	Interés privado y sitios prioritarios	13	22	35
1.12	Áreas de paisaje terrestre natural	35	0	35

Tabla 47: Clase de Objeto de Valoración (OdV) Productivo, en la que se identifica presencia o ausencia de este en la Cuenca del Río Maule

N°	OdV Productivo	N° SSC con Presencia de OdV	N° SSC en que no se identifica el OdV	Total
2.1	Actividad turística	25	0	25
2.2	Actividad acuícola	3	22	25
2.3	Servicios sanitarios	3	22	25
2.4	Producción forestal	12	13	25
2.5	Producción agrícola	25	0	25

Tabla 48: Clase de Objeto de Valoración (OdV) Productivo, en la que se identifica presencia o ausencia de este en la Cuenca del Río Biobío.

N°	OdV Productivo	N° SSC con Presencia de OdV	N° SSC en que no se identifica el OdV	Total
2.1	Actividad turística	35	0	35
2.2	Actividad acuícola	6	29	35
2.3	Servicios sanitarios	11	24	35
2.4	Producción forestal	30	5	35
2.5	Producción agrícola	35	0	35

Tabla 49: Clase de Objeto de Valoración (OdV) Fluvial, en la que se identifica presencia o ausencia de este en la Cuenca del Río Maule

N°	OdV Fluvial	N° SSC con Presencia de OdV	N° SSC en que no se identifica el OdV	Total
3.1	Especies fluviales en categoría de amenaza	21	4	25
3.2	Sistemas fluviales con conectividad lateral no fragmentada	25	0	25
3.3	Ecosistema lacustre	13	12	25
3.4	Sistemas fluviales con conectividad longitudinal del corredor ripariano	17	8	25
3.5	Sistemas fluviales con conectividad longitudinal a nivel de cauce no fragmentada	24	1	25

N°	OdV Fluvial	N° SSC con Presencia de OdV	N° SSC en que no se identifica el OdV	Total
3.6	Régimen hidrológicamente no alterado	24	1	25
3.7	Sistemas fluviales con condiciones naturales de calidad fisicoquímica del agua	24	1	25
3.8	Comunidades fluviales con baja presencia de especies exóticas	23	2	25
3.9	Régimen de sedimentos no alterados	25	0	25
3.10	Áreas fluviales críticas para la conservación de la biodiversidad	10	15	25
3.11	Glaciares	8	17	25
3.12	Especies fluviales endémicas	22	3	25
3.13	Accesibilidad a la red hidrográfica	8	17	25
3.14	Sistemas fluviales morfológicamente intactos	25	0	25

Tabla 50: Clase de Objeto de Valoración (OdV) Fluvial, en la que se identifica presencia o ausencia de este en la Cuenca del Río Biobío.

N°	OdV Fluvial	N° SSC con Presencia de OdV	N° SSC en que no se identifica el OdV	Total
3.1	Especies fluviales en categoría de amenaza	32	3	35
3.2	Sistemas fluviales con conectividad lateral no fragmentada	35	0	35
3.3	Ecosistema lacustre	16	19	35
3.4	Sistemas fluviales con conectividad longitudinal del corredor ripariano	32	3	35
3.5	Sistemas fluviales con conectividad longitudinal a nivel de cauce no fragmentada	30	5	35
3.6	Régimen hidrológicamente no alterado	34	1	35
3.7	Sistemas fluviales con condiciones naturales de calidad fisicoquímica del agua	18	17	35
3.8	Comunidades fluviales con baja presencia de especies exóticas	33	2	35
3.9	Régimen de sedimentos no alterados	35	0	35
3.10	Áreas fluviales críticas para la conservación de la biodiversidad	21	14	35
3.11	Glaciares	5	30	35
3.12	Especies fluviales endémicas	33	2	35
3.13	Accesibilidad a la red hidrográfica	16	19	35

N°	OdV Fluvial	N° SSC con Presencia de OdV	N° SSC en que no se identifica el OdV	Total
3.1 4	Sistemas fluviales morfológicamente intactos	35	0	35

Tabla 51: Clase de Objeto de Valoración (OdV) Cultural, en la que se identifica presencia o ausencia de este en la Cuenca del Río Maule

N°	OdV Cultural	N° SSC con Presencia de OdV	N° SSC en que no se identifica el OdV	Total
4.1	Sitios arqueológicos	14	11	25
4.2	Sitios de alto valor paisajístico	25	0	25
4.3	Sitios de significación cultural y de manifestaciones o actividades culturales	4	21	25

Tabla 52: Clase de Objeto de Valoración (OdV) Cultural, en la que se identifica presencia o ausencia de este en la Cuenca del Río Biobío.

N°	OdV Cultural	N° SSC con Presencia de OdV	N° SSC en que no se identifica el OdV	Total
4.1	Sitios arqueológicos	5	30	35
4.2	Sitios de alto valor paisajístico	35	0	35
4.3	Sitios de significación cultural y de manifestaciones o actividades culturales	2	33	35

Tabla 53: Clase de Objeto de Valoración (OdV) Social, en la que se identifica presencia o ausencia de este en la Cuenca del Río Maule.

N°	OdV Social	N° SSC con Presencia de OdV	N° SSC en que no se identifica el OdV	Total
5.1	Necesidades sociales de subsistencia alimentaria	13	12	25
5.2	Necesidades sociales de subsistencia sanidad y agua potable	8	17	25

Tabla 54: Clase de Objeto de Valoración (OdV) Social, en la que se identifica presencia o ausencia de este en la Cuenca del Río Biobío.

N°	OdV Social	N° SSC con Presencia de OdV	N° SSC en que no se identifica el OdV	Total
5.1	Necesidades sociales de subsistencia alimentaria	33	2	35
5.2	Necesidades sociales de subsistencia sanidad y agua potable	19	16	35

5.4 Como tratar OdV A Partir De Los Expertos Entrevistados

Luego de conocer la cantidad de sub-subcuencas en la que existe la presencia de algunos de los 36 objetos de valoración mencionados en estas tablas, se describe a continuación, las ideas transmitidas por los expertos entrevistados quienes recomiendan tratar algunas de estas clases de Objetos de Valoración.

Marcelo Olivares:

El tener el número de sub-subcuencas en que se distingue la presencia de los Objetos de Valoración sirve para informar acerca de cómo se distribuiría la afectación del Objeto de Valoración, pero no para comparar entre cuencas. Lo que se debe hacer es escoger una cuenca, tal como se hizo en este trabajo de título y en esa cuenca analizar cuáles serán las afectaciones. Pues si se trata de comparar por cuencas, se puede caer en el error de que en una cuenca existen menos OdV de algo que la comunidad valora, pero puede ser porque en esa zona existen muchas intervenciones de diferentes proyectos, y obviamente esa cuenca ya no tendrá los Objetos de Valoración que tenía inicialmente, antes de los proyectos.

Matías Peredo:

Pueden existir dos formas de trabajar con los Objetos de Valoración, la primera es ver qué valoración le dan las personas, y en función de eso, otorgarle cierto grado de importancia o una ponderación, para de este modo saber que se debe prevenir y en el peor caso mitigar. La segunda forma de trabajar es extraer esta valoración a partir de los procesos de evaluación ambiental, en los que no necesariamente aparecerán como importantes los mismos Objetos de Valoración que las comunidades consideran más importantes.

Una medida de mitigación para algunos Objetos de Valoración Fluvial, que trata de solucionar el problema que se originó producto de centrales hidroeléctricas, corresponda la escalera de peces, solución que está implementándose en algunos ríos fragmentados de Chile. Existen varios tipos de escaleras, pero la que se encuentra patentada corresponde a la siguiente: “Dispositivo de remonte y descenso de peces para el franqueo de obstáculos en los ríos, generando energía eléctrica”, inventada por Manuel Posada González, Ingeniero Industrial Superior, España. “Consiste en un

tornillo que gira sobre su eje en un sentido contrario a las agujas del reloj, acoplado a un generador de electricidad. Con el descenso del agua se produce el descenso de los peces de forma sencilla y amigable con ellos, el pez es transportado sin esfuerzo alguno, en un espacio dimensionado de forma adecuada para su desplazamiento seguro y cómodo, al mismo tiempo que se genera energía eléctrica (<https://escaleradepeces.es/>)”.

Pablo Durán:

Si el proyecto afecta a zonas de cultivos, una medida de mitigación es ofrecerles a las personas que viven de estos cultivos, sitios más grandes y fértiles, que cuenten con agua de fácil acceso.

Se debería establecer un máximo nivel de explotación por cada cuenca, de modo de no generar zonas de sacrificio, que afectan a las comunidades y en general al ecosistema. De esta forma se haría un uso sustentable de los recursos.

Esteban Toha:

Para poder tratar los Objetos de Valoración, se debería comparar la percepción de los habitantes de las comunas en las que se pretende construir centrales hidroeléctricas, con profesionales establecidos en el área, que conozcan en terreno sobre los principales Objetos de Valoración. De esta forma se debería ver si se llega a un consenso de las opiniones, para que se pueda trabajar en conjunto sobre cuáles son las mejores opciones para generar energía sin dañar estos Objetos de Valoración. Y en caso de que se produjese divergencias de opinión, los expertos deberían investigar porque las comunidades valoran cosas distintas a ellos y tratar de llegar a un consenso con las comunidades.

Meliza González:

Se debe investigar cual es la clase de OdV que más importa en la cuenca y tratar de trabajar en las zonas donde no se encuentren estos OdV, pero si es imposible evitar esta zona, entonces para que los Objetos de Valoración se vean lo menos afectados posible, se debe buscar un tipo de central que cumpla con no interferir tanto el ecosistema. Se debe tener muy claro que un mismo tipo de central, en diferentes lugares, puede causar distintos problemas.

Si se sabe que en la zona que se pretende construir una central, predomina una clase de Objetos de Valoración, es posible definir el impacto que se puede producir, por que se deben buscar las medidas para evitar un impacto, si este impacto no se puede prevenir, entonces el impacto se debe reducir lo máximo posible, y si no es posible reducirlo, se debe reparar con las medidas adecuadas, ya sea en otros lugares. Por ejemplo forestar una nueva zona, más amplia que la utilizada para la construcción de un embalse, con árboles nativos; ayudar a la comunidad mejorando infraestructuras de colegios, hospitales, creando caminos que conecten sectores aledaños con poblados que cuenten con servicios básicos, entre otras medidas.

Carlos Olivares:

Cuando se busca una cuenca óptima para recibir proyectos hidroeléctricos, no se busca un lugar en que no existan Objetos de valoración, pues no existe un lugar así. Todos los lugares son ricos en alguna especie o categoría de Objeto de Valoración.

El cómo tratar estos Objetos de Valoración dependerá de muchos factores, como el tipo de central, las políticas públicas, el contexto social y los intereses de la ciudadanía. También dependerá de si ha habido otros proyectos en la misma cuenca.

Marcia Montedonico:

Una forma de tratar los problemas que podrían surgir con la sociedad, al tratar de construir centrales hidroeléctricas en cierto territorio, es entregar información temprana y educar a la comunidad, pero no por parte de los mismos encargados de los proyectos, sino que expertos externos a los proyectos. Educar a la comunidad para que entienda lo que se pretende hacer, como los podría afectar, cuáles serían las cosas que perderían y cuales las que podrían ganar con este proyecto. Y que las comunidades puedan ser parte de las decisiones desde un comienzo del proyecto, de modo que se puedan generar prevención de ciertas cosas que tal vez los titulares de proyectos no ven, al no ser parte del lugar en el que se pretende construir, de manera que no se tengan que mitigar o reparar los Objetos de Valoración.

Rodrigo Fuster:

Para poder llevar adelante proyectos hidroeléctricos reduciendo los conflictos con las comunidades, se debe definir en conjunto donde instalarla y como debe ser la central hidroeléctrica, pues si a las comunidades no les afecta, o no les molesta, puede que el proyecto tenga mejores posibilidades de desarrollarse. Se debe incorporar a la comunidad desde antes del desarrollo del proyecto, de manera que haya mayor transparencia, y que los acuerdos con las comunidades se plasmen en la realidad.

Una forma de tratar Objetos de Valoración social es que al sacar a los agricultores de sus terrenos, se les podría compensar con terrenos con mejores suelos para sus cultivos. O si se sabe que existe un cementerio, se debe desplazar el proyecto para respetar este lugar sagrado para la comunidad.

Se debe tener en cuenta que las cosmovisiones son distintas, que hay otras formas de ver y vivir la vida. Por lo que se deben respetar para lograr alcanzar el éxito deseado.

Se debe evaluar el proyecto en el contexto territorial, considerando lo que sucede aguas arriba y aguas abajo del proyecto, de manera de no generar impactos acumulativos.

5.5 Como tratar OdV A Partir Del Manual De Buenas Prácticas

Para complementar la información recopilada en las entrevistas realizadas, es que se utilizan las buenas prácticas sobre hidroeléctricas del Informe Final “Propuestas de principios y criterios para un documento de referencia de buenas prácticas en hidroelectricidad sustentable en Chile, para la contribución de los compromisos de la Política Energética 2050”, elaborado por Rubik Sustentabilidad y la División de Desarrollo Sustentable del Ministerio de Energía de Chile.

Para identificar las buenas prácticas de sustentabilidad ambiental y social por parte de la industria hidroeléctrica, es que en dicho Informe⁴ se llevaron a cabo entrevistas semi-estructuradas a representantes de empresas de diferentes tamaños con operaciones en Chile, y del cual se citarán diferentes políticas y buenas prácticas.

“Respecto a los asentamientos involuntarios, la política del BID (Banco Interamericano de Desarrollo) tiene como objetivo reducir al mínimo la perturbación de la vida de las personas que viven en la zona de influencia del proyecto, evitando o reduciendo al mínimo la necesidad de desplazamiento físico, haciendo que, si tienen que ser desplazadas, sean tratadas equitativamente y, cuando sea posible, puedan compartir los beneficios del proyecto que hace necesario su reasentamiento”

5.5.1 Buenas Prácticas En El Ámbito Sociocultural

Según lo expresado por los entrevistados en este Informe Final, las variables del ámbito sociocultural tienen mayor relevancia que las del ámbito físico. Se identifican las siguientes categorías en el ámbito sociocultural:

1) Consulta, participación y acuerdos

Dentro del ámbito sociocultural de buenas prácticas, este punto es el más importante. Las principales prácticas corresponden a las siguientes:

- ✓ Relacionamento temprano: varias empresas implementaron mecanismos de participación ciudadana anticipada con el objetivo de contar con mayores niveles de transparencia y así facilitar la generación de confianza con las comunidades y autoridades locales y regionales. Algunas empresas señalaron que contar con procesos de participación temprana permite generar insumos para incorporar consideraciones de las comunidades en el diseño técnico del proyecto, además permitieron incorporar o evaluar modificaciones al diseño original del proyecto a partir de los insumos de las comunidades. El hecho de haber acogido estas solicitudes de las comunidades generó un capital de confianza que facilitó el desarrollo del proyecto en las siguientes etapas.

⁴ Informe Final “Propuestas de principios y criterios para un documento de referencia de buenas prácticas en hidroelectricidad sustentable en Chile, para la contribución de los compromisos de la Política Energética 2050”, Rubik Sustentabilidad y Ministerio de Energía, 2017, Chile.

- ✓ Presencia en el territorio: algunas empresas cuentan con equipos de relacionamiento con las comunidades con presencia permanente en las localidades adyacentes a los proyectos en desarrollo. Algunos cuentan con casas o centrales abiertas, donde las comunidades pueden acceder de forma periódica a realizar consultas sobre los proyectos o programas de relacionamiento comunitario.
- ✓ Proximidad de la toma de decisiones: Se indica la necesidad de contar con equipos propios de relacionamiento con las comunidades, pues debe ser la empresa la que lleve la relación con las comunidades y sea la cara visible ante estas en el territorio. Además el interlocutor de la empresa debe ser capaz de tomar decisiones frente a la comunidad, por lo que debe haber presencia y participación activa de la gerencia de la empresa.
- ✓ Incorporación de terceras partes: algunas empresas contratan a organismos o consultores de carácter técnico, con el objetivo de proporcionar asesoría independiente a las comunidades en materia de impactos ambientales y sociales, desarrollo local y planificación, para así minimizar las asimetrías de información y capacidades técnicas entre comunidades y empresa.
- ✓ Legitimidad y capacidad de las contrapartes: los entrevistados destacan la necesidad de contar con una contraparte con cierto grado de organización y formalidad, así como de legitimidad frente a la comunidad, para poder conducir el diálogo.
- ✓ Llegar a las bases: si bien los dirigentes pueden estar legitimados y ser representativos de toda la comunidad, es necesario tener un grado de cercanía con la población local y asegurar que ésta conozca el proyecto, los impactos y los mecanismos de mitigación, compensación y a través de los cuales se busca darle sustentabilidad al proyecto.

2) Bienestar social y calidad de vida

- ✓ Autodefinition del desarrollo local: destacan aquellos programas que son definidos por la propia comunidad. Se menciona la necesidad de contar con un adecuado diagnóstico del territorio y la situación de las comunidades. Esto implica un levantamiento participativo de la información y una definición por parte de las comunidades de los aspectos más relevantes y sus principales necesidades.
- ✓ Evitar el asistencialismo: si bien muchas empresas indican apoyar con recursos determinadas actividades o proyectos, o contar con fondos concursables, hay un consenso en que el asistencialismo y la entrega directa de recursos a las comunidades no es un mecanismo sustentable en el tiempo. De esta forma, muchas empresas han comenzado a

implementar proyectos con foco en el desarrollo de capacidades y la entrega de herramientas a las comunidades para alcanzar un desarrollo local endógeno, en temáticas como emprendimiento, asociatividad y gestión. Asimismo, se releva el aspecto educativo y poder mejorar el acceso a información y educación de calidad de los niños y jóvenes de las comunidades.

- ✓ Trabajo conjunto: entre empresas, comunidades y diferentes instituciones públicas vinculadas al desarrollo local, de modo de visibilizar los distintos roles de cada institución y ver mecanismos de trabajo para cubrir las brechas y los temas pendientes para el desarrollo local; pues en muchos casos, las comunidades tienen expectativas de que las empresas se hagan cargo de la provisión de servicios básicos o infraestructura pública que corresponde al rol del Estado.
- ✓ Asociatividad: corresponden a acuerdos con las comunidades de uno de sus proyectos para alcanzar un desarrollo de largo plazo. Un ejemplo probado y exitoso de asociatividad corresponde a los proyectos desarrollados en los canales de riego

3) Mitigación, monitoreo y compensación: Dentro de las buenas prácticas de carácter voluntario en el marco de la RCA, se identifican dos aspectos relevantes:

- ✓ Auditoría ambiental externa: fue el caso de una empresa en que por solicitud de la autoridad, se dejó como acuerdo voluntario establecido en la RCA del proyecto el acompañamiento de una auditoría ambiental externa a lo largo de todo el proceso de construcción, con una frecuencia prácticamente diaria, y durante toda la operación, con menor periodicidad. Esto permitió un cumplimiento muy estricto de los compromisos ambientales y sociales.
- ✓ Monitoreo participativo: tiene que ver con el uso y eventual interrupción o alteración del caudal. Por lo que está orientado a darle seguimiento a este elemento, en el que además de la comunidad, participan las áreas de sustentabilidad, operaciones y desarrollo de proyectos.

4) Medios de vida, recursos naturales y paisaje

- ✓ Consideración de la afectación del paisaje en fases tempranas de la etapa de diseño: hay empresas que declaran, desde el momento de la conceptualización del proyecto, seleccionar la localización bajo criterios de minimización de impactos, tanto ambientales como de paisaje. Esto implica no emplazar proyectos en lugares donde no es factible mitigar o compensar la afectación paisajística. Otras empresas adaptan los proyectos para una mejor compatibilidad con el paisaje y una inserción armónica en el entorno.

- ✓ Investigación científica y técnica local: la cual han financiado algunas empresas. Investigadores senior como de pre y post grado, pueden solicitar dicho fondo para ayudar a financiar su proyecto de investigación, el cual permite generar una base de información técnica imparcial respecto a diferentes elementos o impactos sobre la cuenca, para poder prever impactos y establecer medidas adecuadas ante el eventual desarrollo de nuevos proyectos.
- 5) Patrimonio cultural, histórico y arqueológico: la mayoría de las empresas indica que no ha debido abordar esta temática en el marco del desarrollo de sus proyectos, o se ha remitido a lo establecido en el contexto del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental y la RCA.
- ✓ Identificación de elementos con significancia cultural relevante previo a la definición de la localización: en la etapa de selección de la localización, buscan asegurarse de tener precaución de que los proyectos se mantengan lo más alejados posibles de cualquier sitio de significancia cultural o patrimonial.
- 6) Contexto institucional: corresponde a la aproximación hacia la institucionalidad local y regional, y el contexto de infraestructura pública.
- ✓ Adecuado mapeo de actores: institucionales en etapas tempranas para poder sociabilizar el proyecto con éstos.
 - ✓ Programas de inversión social: un trabajo relevante es que la inversión que se realiza sea un aporte al área del proyecto y para la comuna, como lo son proyectos de luminaria pública y el pago de la patente en la comuna donde se encuentran los proyectos.
- 7) Compatibilidad con otras actividades: se deben hacer consideraciones de los impactos en una etapa temprana del diseño del proyecto.
- ✓ Adecuada identificación de los stakeholders o actores interesados: se deben ver las diferentes actividades que se pueden realizar, de forma previa al diseño en detalle del proyecto, para ver si se producirán incompatibilidades y evaluar posibles modificaciones de diseño. Ejemplo de esto ocurrió con una empresa en que uno de sus proyectos estaba ubicado en un área de mucha actividad turística y uso del río, por lo que diseñaron la infraestructura para compatibilizarla con los kayakistas y además la central está abierta al público para el desarrollo de visitas guiadas por circuitos turísticos del sector.
 - ✓ Turismo: en este punto es donde más acciones de carácter voluntario se han desarrollado. Una de las empresas indicó que se abordó el tema turístico como eje central para asegurar que la central representara un

beneficio para la comunidad, pues existían muchos impactos imposibles de mitigar, por lo que propuso el uso y goce de las riberas, aportando infraestructura y condiciones para el desarrollo turístico. Se llegó a un acuerdo con los grupos de interés del sector turístico para generar energía en diferentes horas del día, de modo de no interrumpir la actividad turística que se genera en época estival, entre otras acciones.

- ✓ Riego agrícola: la interacción es menos compleja en los proyectos de canales de riego, donde los temas de regulación y uso del agua quedan establecidos en los contratos con las juntas de vigilancia o con asociaciones de canalistas correspondientes.
 - ✓ Compensación ante impactos no esperados: se estableció un procedimiento que se gatilla en caso de que se genere un daño ambiental no previsto. En tal caso la comunidad puede solicitar la realización de un estudio a cargo de dos profesionales, uno experto ambiental y otro en impactos económicos, pagados por la empresa, para hacer una evaluación independiente e indicar si el daño ambiental generó perjuicios económicos, quienes fueron los afectados y qué indemnización corresponde a cada uno, siendo un dictamen vinculante para ambas partes.
- 8) Inclusión, género, riesgo social y vulnerabilidad: los temas de inclusión y género no están incluidos en las buenas prácticas, sino como exigencias a los contratistas para asegurar mano de obra local y con un enfoque inclusivo.
- ✓ Empoderamiento de las mujeres: es un caso particular, que corresponde a un programa de emprendimiento para mujeres, mediante fondos concursables a los cuales pueden postular mujeres de las comunidades del área del proyecto. Está focalizado en mujeres ya que en zonas donde se desarrollan proyectos de generación existe un gran número de hogares monoparentales, o son las mujeres las que complementan la renta del hogar.
 - ✓ Minimización del riesgo de impactos sociales: sobre grupos vulnerables a causa de la llegada de trabajadores externos. El riesgo está asociado a temas de drogas, alcohol y violencia, que las comunidades temen que ocurran cuando se espera la llegada de población flotante, y busca ser controlado lo máximo posible. Una de las medidas que tomó una empresa fue localizar el campamento a más de seis kilómetros de distancia de la localidad, además de contar con una estricta política de control y seguimiento a lo largo de todo el proceso de construcción.
- 9) Derechos humanos y condiciones laborales: existe una posición común en relación a que la legislación es rigurosa y clara sobre cómo hacerse cargo de esta temática, por lo que no hacen falta acciones de carácter voluntario adicionales a lo establecido por la ley.

- ✓ Generación de capacidades para el empleo local: en el caso de una empresa, dos años antes del inicio de las operaciones de una nueva central, realizaron reclutamiento de un equipo de trabajadores locales para las tareas de operación e implementaron un programa de generación de capacidades y competencias de largo plazo. Así, los operadores locales fueron trasladados a una zona con otra central en operación, donde estuvieron realizando un internado de capacitación práctica por más de un año, y el resultado fue exitoso. Muchos de estos operarios se encuentran trabajando hasta el día de hoy y se generó otro beneficio, mayor cercanía entre la empresa y la comunidad, al tener a gente local trabajando.

10) Pueblos originarios: No se señalan buenas prácticas específicas, salvo la necesidad de relevar aún más algunos conceptos mencionados en el punto 1)

- ✓ Relacionamiento temprano
- ✓ Presencia en el territorio efectiva
- ✓ Proximidad de la toma de decisiones

Diferentes entrevistados declaran no contar con políticas o mecanismos de relacionamiento específicos para las comunidades indígenas. Se debe incorporar:

- ✓ Consideraciones culturales para el relacionamiento con comunidades indígenas: tomando en cuenta y respetando su cosmovisión, cultura y tradiciones al momento de generar un diálogo y buscar acuerdos.

11) Reasentamiento de población: no se declararon experiencias por parte de las empresas entrevistadas.

5.5.2 Buenas Prácticas En El Ámbito Físico Ecológico:

Las principales medidas que se mencionarán están vinculadas a temas de gran visibilidad y críticos para la percepción del proyecto por parte de la opinión pública, como lo es la regulación del caudal y temas de flora y fauna.

1) Régimen de caudales: tiene que ver con el caudal ecológico, riego y turismo.

- ✓ Caudal ecológico: algunas empresas han implementado medidas para el monitoreo y seguimiento para asegurar el cumplimiento del caudal establecido, y solo en un caso se indica haber aumentado el caudal ecológico por sobre lo solicitado.
- ✓ Canales de regadío: empresas que comparten recursos con regantes indican contar con mecanismos de regulación que permiten asegurar el

uso del recurso por parte de estos actores. Algunas empresas declaran contar con una represa para darle presión al recurso, mientras que otra empresa que cuenta con varias centrales en operación en la misma cuenca, desarrolló un protocolo de comunicación y de gestión de embalses ante eventos importantes de crecidas.

- ✓ Turismo: En el caso de otra empresa, existe un acuerdo de regulación del caudal en verano para mantener el atractivo en una zona de actividad turística.
 - ✓ Adecuación de la ingeniería de detalle para reducir potenciales impactos de caudal: una empresa señala haber identificado tempranamente posibles impactos sobre esta variable y haber modificado el diseño de la bocatoma para reducir dichos impactos.
- 2) Sedimentos y morfología: Gracias a la identificación de posibles impactos en fases tempranas de la etapa de diseño, existen dos empresas que indican haber realizado lo siguiente:
- ✓ Gestión de sedimentos mediante el diseño de mecanismos alternativos en la ingeniería de detalle: el diseño de la presa tiene compuertas que permiten el flujo del agua, con lo cual se aseguró minimizar la sedimentación; otra empresa indica haber modificado el diseño de las compuertas en uno de sus proyectos para evitar el deslizamiento de sedimentos, mientras que en otro proyecto se hizo reingeniería de toda la central para no tener que intervenir una quebrada y así evitar grandes movimientos de masa y la consecuente generación de sedimentos.
- 3) Calidad del agua: sólo una empresa ha aportado a reducir los residuos sólidos, gracias a que se recogen con el desarenador de la central. Hoy la empresa se hace cargo del retiro y procesamiento de estos residuos.
- 4) Flora, fauna y conectividad de especies: estos aspectos son los más destacados por parte de los entrevistados, en términos de buenas prácticas que fomenten la sustentabilidad ambiental de los proyectos. Se destaca por parte de los entrevistados el hacer un esfuerzo por llevar las acciones más allá de lo estrictamente solicitado.
- ✓ Planes de reforestación o recuperación de suelos: estableciendo un área de reparación de suelos mucho mayor a lo establecido en la RCA del proyecto. Lo cual permitió aumentar el nivel de flora, tanto nativa como exótica, esto tuvo un impacto sinérgico con la actividad apícola de las zonas, pues permitió un mayor desarrollo de la vegetación debido a la polinización de las abejas y la actividad apícola mejoró significativamente.
 - ✓ Investigación científica local: para la conservación de especies endógenas de flora y fauna y su conectividad.

- 5) Usos múltiples del territorio: corresponde a la compatibilización de la actividad hidroeléctrica con otros usos del territorio establecidos por los instrumentos de planificación y ordenamiento territorial. En la etapa de prefactibilidad del proyecto, varias empresas señalan realizar lo siguiente:
- ✓ Evaluación de aspectos relacionados al uso del territorio en la etapa de desarrollo de negocio: una empresa indica contar con procedimientos due diligence, o auditoría legal, tanto para la evaluación de desarrollo de nuevos proyectos como ante la eventual compra de un proyecto desarrollado por un tercero.
 - ✓ Selección de localización para la minimización de impactos: se buscan los derechos de aguas de alta montaña, con tal de aislar cualquier agente que influya en el correcto desarrollo del proyecto.
- 6) Gestión de embalses y sinergias: La gran mayoría de las empresas no cuenta con proyectos con grandes embalses, mientras que las que sí tienen este tipo de proyectos, son proyectos desarrollados hace mucho tiempo o no fue factible levantar la información en las entrevistas, por limitaciones de tiempo.
- 7) Seguridad y riesgos naturales: Las prácticas asociadas a esta categoría están vinculadas a contar con adecuados protocolos frente a riesgos geológicos o de desastres naturales. Una de las empresas indica contar con varios documentos de políticas y protocolos relacionados a riesgos, además de una guía interna de seguridad de represas, protocolos de notificación a servicios de emergencias y autoridades. Otra empresa, con operación en alta montaña, indica contar con protocolos de seguridad muy estrictos para traslado de trabajadores o en caso de lluvias, además de contar con un helipuerto en la central para rescate de personas en casos de emergencia como parte del diseño del proyecto.
- 8) Emisiones de gases de efecto invernadero: en temas de emisiones, las buenas prácticas están asociadas principalmente a acciones voluntarias de certificación y emisión de bonos de carbono, ya sea a través del Mecanismo de Desarrollo Limpio como del mercado voluntario de bonos de carbono. Los aspectos vinculados a las emisiones locales se enmarcan en lo establecido en el marco de la evaluación ambiental y los permisos sectoriales.

6 COMENTARIOS

Para posteriores estudios, más detallados y focalizados en algún proyecto en particular, se propone como idea obtener los datos de cada una de las sub-subcuencas a través del software QGIS y la información que se requiere para este software, obtenerla desde la página de hidroelectricidad sustentable del Ministerio de energía (<http://www.hidroelectricidadsustentable.gob.cl/entendimiento/cuencas>). La información que se extraerá desde esta página es sobre: “los resultados del Estudio de Cuencas en un contexto espacial, poniendo como base algunas características demográficas y físicas de los territorios, la información de potencial hidroeléctrico (estimado por el estudio de cuencas, a partir del potencial calculado por el Ministerio de Energía y GIZ (2014) y actualizado al 2016) y muestra la presencia de elementos que la sociedad valora en los ámbitos ambiental, social, cultural y productivo en las sub-subcuencas que fueron abordadas en la segunda etapa del Estudio de Cuencas.”

Es posible exportar la información de cada una de las sub-subcuencas, obteniendo el Potencial hidroeléctrico y los OdV que cada una posee a tablas de Excel, por medio de las cuales es posible realizar un conteo de OdV por cada sub-subcuenca, luego se determina la cantidad máxima de OdV, y en función de este máximo de OdV se calcula un OdV relativo, dividiendo la cantidad de OdV encontrada en cada sub-subcuenca, con el máximo de OdV encontrado. Este mismo procedimiento se realiza para obtener el Potencial Hidroeléctrico relativo. Con estos datos es posible realizar un gráfico como se muestra en la Figura 22.

Además, otros estudios podrían referirse a seleccionar cuencas y/o subcuencas en base al potencial hidroeléctrico versus los Objetos de Valoración presentes en ellas, de acuerdo con determinados criterios por definir.

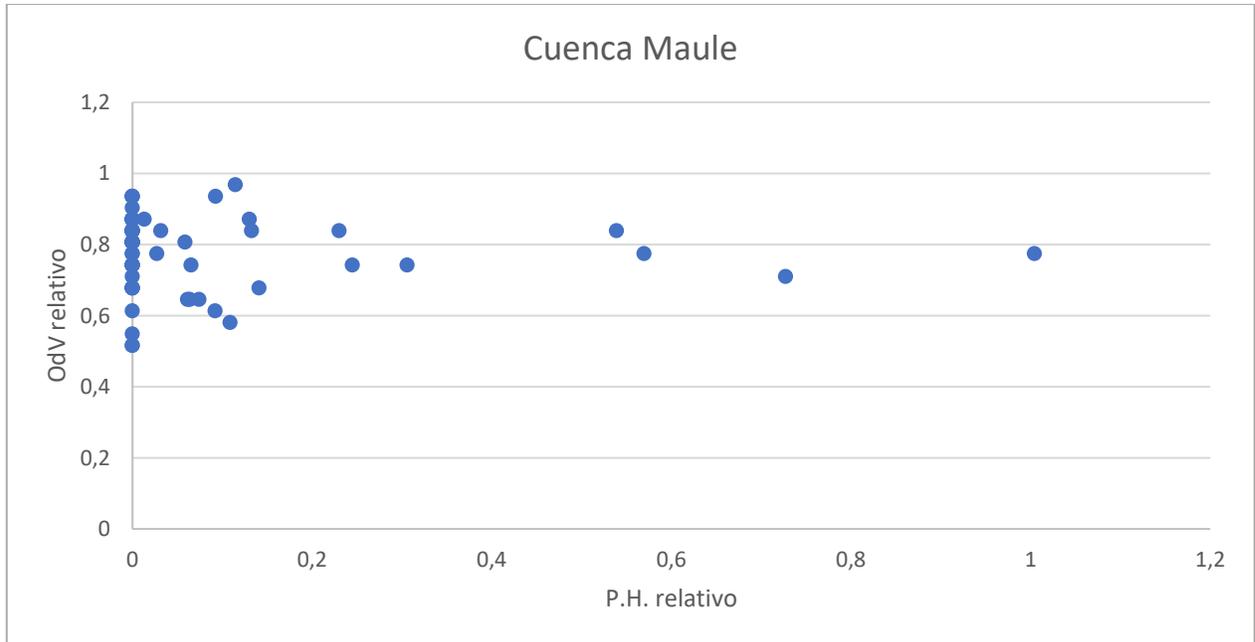


Figura 22: Comparación de valor relativo de Potencial Hidroeléctrico y OdV agregado por Sub-subcuenca (Elaboración Propia)

El ideal para establecer una sub-subcuenca optima es que alguna sub-subcuenca se encuentre en el cuadrante inferior derecho de este gráfico, pues en este sector se deberían encontrar las sub-subcuencas con mayor potencial hidroeléctrico y menor cantidad de OdV, pero para todos los gráficos realizados de este estilo en 7 cuencas analizadas (Maule, Biobío, Toltén, Valdivia, Bueno, Puelo y Yelcho) no fue posible establecer por este medio alguna sub-subcuenca óptima. Por ello se propone analizar con mayor detalle los OdV de las sub-subcuencas, para establecer una política pública relacionada con el desarrollo hidroeléctrico y para realizar una planificación territorial de la construcción de centrales hidroeléctricas en sub-subcuencas óptimas.

7 CONCLUSIONES

A través del extenso trabajo de revisión y análisis de la bibliografía, realizado para seleccionar, analizar y caracterizar algunas de las cuencas de Chile, fue posible conocer los Objetos de Valoración que la sociedad valora, el potencial hidroeléctrico de las cuencas, la ubicación de las potenciales centrales hidroeléctricas y las características de las dos cuencas seleccionadas.

En este trabajo se seleccionó la cuenca del río Maule y la cuenca del río Biobío, debido al potencial hidroeléctrico que ambas poseen, la cercanía a los centros de consumo de electricidad y a las líneas de transmisión, además de considerar que en estas cuencas existen proyectos anteriores.

De cada una de estas dos cuencas seleccionadas, se escogieron dos comunas, con el propósito de realizar una comparación, en cada cuenca, de cuál podría ser la comuna más propicia de recibir un proyecto hidroeléctrico y para poder entregar información a los habitantes respecto de los potenciales proyectos a desarrollar en sus territorios.

De la cuenca del Maule se escogieron las comunas de Colbún y San Clemente, La primera cuenta con 2.900 km² de superficie, y 724 km² de ella se encuentran como área protegida debido a los parques nacionales, reservas o sitios prioritarios. Mientras que la segunda comuna, San Clemente cuenta con 4.504 km² de superficie, de los cuales 869 km² corresponden a parques nacionales, reservas o sitios prioritarios.

De la cuenca del Biobío se escogieron las comunas de Los Ángeles y Mulchén. Los Ángeles tiene una superficie de 1.748 km², y no se encuentran áreas de protección en esta comuna. Mientras que Mulchén cuenta con 1.952 km², y de ellos 224 km² corresponden a sitios prioritarios, reserva forestal y reserva nacional.

Estos parques nacionales, reservas o sitios prioritarios corresponden a Objetos de Valoración terrestres. Varias de las potenciales centrales hidroeléctricas se encuentran en torno a estos Objetos de Valoración, por lo que aquí se deberían considerar los consejos dados por los expertos entrevistados y las buenas prácticas del Capítulo 5.5. Además, del Informe Final “Análisis de las condicionantes para el desarrollo hidroeléctrico en las cuencas del Maule, Biobío, Toltén, Bueno, Yelcho y Puelo, desde el potencial de generación a las dinámicas socio-ambientales” Grupo de cuencas 1: Maule, Biobío y Toltén se extrajo que todos los proyectos afectan a los Objetos de Valoración Fluviales, que existen tramos de ríos que pueden quedar dentro de los OdV Parques Nacionales o dentro de áreas de interés de comunidades indígenas, por lo que los proyectos afectarán de cierta medida a estos Objetos de Valoración, y además pueden existir tramos visibles de la construcción del proyecto alrededor de atractivos turísticos.

Con respecto a las comunas seleccionadas de la cuenca del Maule, ambas comunas se ubican en la Precordillera de Los Andes, y todos sus potenciales proyectos

son inferiores a 100 MW de potencia hidroeléctrica. Mientras que de las comunas seleccionadas en la cuenca del Biobío, ambas comunas se encuentran en la depresión intermedia de la cuenca y cada una posee un potencial proyecto hidroeléctrico superior a 100 MW, destaca el caso de Los Ángeles, con un potencial proyecto de 399,8 MW.

En el presente trabajo se han identificado todos los Objetos de Valoración de todas las comunas seleccionadas, los potenciales hidroeléctricos de las potenciales centrales hidroeléctricas y sus posibles ubicaciones, pero al no conocer la magnitud de los Objetos de Valoración, ni las características de diseño de estas potenciales centrales hidroeléctricas, no es posible establecer cuales comunas serían más propicias para recibir a estos proyectos. Pero al conocer los Objetos de Valoración y considerar las sugerencias de los expertos y las buenas prácticas aplicadas en centrales hidroeléctricas de Chile, se estima que es posible que los titulares y las comunidades lleguen a acuerdos para permitir la construcción de las posibles centrales hidroeléctricas, provocando el mínimo impacto sobre el ecosistema, y los mayores beneficios sobre las comunidades.

La sociedad tiene que ser consciente de que al estar en contra de las centrales hidroeléctricas o proyectos de algún otro tipo que genere impactos sobre el medio ambiente, debe ser consecuente con su forma de pensar, por lo que debe consumir menos energía, pues estos proyectos se construyen para suplir las demandas energéticas que se estiman para un futuro cercano.

Finalmente, conociendo los Objetos de Valoración, el potencial hidroeléctrico y las características que existen en las sub-subcuenclas seleccionadas y gracias a las buenas prácticas conocidas de centrales en funcionamiento además de la opinión de los expertos entrevistados, es posible entregar información relevante a titulares de proyectos hidroeléctricos y a las comunidades que existen en los territorios involucrados. A los titulares se les puede entregar la información de los Objetos de Valoración que se encuentren en la cuenca y en la cercanía del futuro proyecto, e indicar cuáles serían las buenas prácticas que deberían considerar en su trabajo, mientras que a las comunidades, desde ya, se les debería aconsejar que exijan educación energética a las autoridades locales y sectoriales, como Ministerio de Energía, de tal forma que entiendan los riesgos y beneficios que trae consigo los proyectos hidroeléctricos que podrían instalarse en sus territorios.

8 BIBLIOGRAFÍA

1. 3° Informe Estudio “Base para Planificación Territorial en el Desarrollo Hidroeléctrico Futuro”, Teco Group, Centro UC Cambio Global, Preparado para Ministerio de Energía, Gobierno de Chile, 17 de abril, 2015.
2. 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. Ministerio de Energía, División de Desarrollo Sustentable, Gobierno de Chile, 2016.
3. Hoja de Ruta 2050, Hacia una Energía Sustentable e Inclusiva para Chile. Comité Consultivo de Energía 2050, septiembre 2015.
4. Cambio Climático e Hidroelectricidad en Chile. Preparado por la Mesa de Hidroelectricidad Sustentable, diciembre 2016.
5. Mesa Participativa de Hidroelectricidad Sustentable, recomendaciones para avanzar hacia una hidroelectricidad Sustentable en Chile. 2017.
6. http://www.censo2017.cl/wp-content/uploads/2018/05/presentacion_de_la_segunda_entrega_de_resultados_censo2017.pdf
7. <https://resultados.censo2017.cl>
8. Información Pluviométrica, Fluviométrica, Estado de Embalses y Aguas Subterráneas. Boletín N°487, noviembre 2018. Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas, Gobierno de Chile.
9. Energías Renovables en Chile, El potencial eólico, solar e hidroeléctrico de Arica a Chiloé. Proyecto Estrategia de Expansión de las Energías Renovables en los Sistemas Eléctricos Interconectados, Ministerio de Energía, Gobierno de Chile. 2014.
10. Informe Final “Análisis de las condicionantes para el desarrollo hidroeléctrico en las cuencas del Maule, Biobío, Toltén, Valdivia, Bueno, Yelcho y Puelo, desde el potencial de generación a las dinámicas socioambientales” Licitación N°584105-23-LP15 Grupo de cuencas 1: Maule, Biobío y Toltén. Tecogroup, Centro UC Cambio Global. Preparado para Subsecretaría de Energía, División de Desarrollo Sustentable, Ministerio de Energía, Gobierno de Chile, diciembre de 2016.
11. Informe Final “Propuesta de principios y criterios para un documento de referencia de buenas prácticas en hidroelectricidad sustentable en Chile, para la contribución de los compromisos de la Política Energética 2050”. Rubik, Sustentabilidad, Ministerio de Energía, Gobierno de Chile, marzo de 2017.

12. Ley 19.300. Ministerio Secretaría General de la Presidencia, Gobierno de Chile, marzo de 1994.

ANEXO I

Las tablas del presente anexo corresponden a información de las potenciales centrales hidroeléctricas para las comunas en la cuenca del Maule y en la cuenca del Biobío.

Tabla 55: Potencial Hidroeléctrico medio disponible en la comuna de Colbún, cuenca del Maule.

Código SSC	Sub-subcuenca	Potencial Hidroeléctrico Medio (MW)
7311	Estero Perales y Cajón Troncoso	14,8
7312	Río Guaiquivilo Entre Estero Perales, Cajón Troncoso y Río Relbún	3,8
7312	Río Guaiquivilo Entre Estero Perales, Cajón Troncoso y Río Relbún	5,9
7314	Río Guaiquivilo Entre Estero Relbún y Río de La Puente	1
7314	Río Guaiquivilo Entre Estero Relbún y Río de La Puente	6
7314	Río Guaiquivilo Entre Estero Relbún y Río de La Puente	65,3
7315	Río de La Puente	0,2
7315	Río de La Puente	0,4
7315	Río de La Puente	0,6
7315	Río de La Puente	0,7
7315	Río de La Puente	1
7315	Río de La Puente	1,3
7315	Río de La Puente	2
7315	Río de La Puente	3,9
7315	Río de La Puente	5
7315	Río de La Puente	6,1
7315	Río de La Puente	15
7316	Río Melado Entre Río de La Puente y Bajo Junta Estero El Toro	0,5
7316	Río Melado Entre Río de La Puente y Bajo Junta Estero El Toro	0,9
7316	Río Melado Entre Río de La Puente y Bajo Junta Estero El Toro	2,3
7316	Río Melado Entre Río de La Puente y Bajo Junta Estero El Toro	2,5
7316	Río Melado Entre Río de La Puente y Bajo Junta Estero El Toro	26,5
7316	Río Melado Entre Río de La Puente y Bajo Junta Estero El Toro	28,2
7317	Río Melado Entre Estero El Toro y Río Maule	0,1
7317	Río Melado Entre Estero El Toro y Río Maule	17,7
7317	Río Melado Entre Estero El Toro y Río Maule	75,3

Código SSC	Sub-subcuenca	Potencial Hidroeléctrico Medio (MW)
7321	Río Maule entre Río Melado y Muro Embalse Colbun	0,3
7321	Río Maule entre Río Melado y Muro Embalse Colbun	0,5
7321	Río Maule entre Río Melado y Muro Embalse Colbun	22,8
7355	Río Ancoa	0,8
7355	Río Ancoa	3,1
7358	Río Putagán	0,7

Tabla 56: Potencial Hidroeléctrico medio disponible en la comuna de Linares, cuenca del Maule.

Código SSC	Sub-subcuenca	Potencial Hidroeléctrico Medio (MW)
7353	Río Achibueno Bajo Junta Estero de Pejerreyes	0,3
7353	Río Achibueno Bajo Junta Estero de Pejerreyes	1
7353	Río Achibueno Bajo Junta Estero de Pejerreyes	6,3
7353	Río Achibueno Bajo Junta Estero de Pejerreyes	7,1
7353	Río Achibueno Bajo Junta Estero de Pejerreyes	15
7355	Río Ancoa	0,1
7355	Río Ancoa	0,2
7355	Río Ancoa	0,3
7355	Río Ancoa	0,9
7355	Río Ancoa	2,9
7355	Río Ancoa	3,8

Tabla 57: Potencial Hidroeléctrico medio disponible en la comuna de Longaví, cuenca del Maule.

Código SSC	Sub-subcuenca	Potencial Hidroeléctrico Medio (MW)
7350	Río Longaví bajo junta Río Bullileo	1,5
7350	Río Longaví bajo junta Río Bullileo	6,6
7350	Río Longaví bajo junta Río Bullileo	8,6
7350	Río Longaví bajo junta Río Bullileo	9,4
7350	Río Longaví bajo junta Río Bullileo	11
7351	Río Longaví Entre Río Bullileo y Río Loncomilla (excepto Río Liguay)	2,3
7351	Río Longaví Entre Río Bullileo y Río Loncomilla (excepto Río Liguay)	4,8
7351	Río Longaví Entre Río Bullileo y Río Loncomilla (excepto Río Liguay)	6
7353	Río Achibueno Bajo Junta Estero de Pejerreyes	0,7

Código SSC	Sub-subcuenca	Potencial Hidroeléctrico Medio (MW)
7353	Río Achibueno Bajo Junta Estero de Pejerreyes	2,1
7353	Río Achibueno Bajo Junta Estero de Pejerreyes	2,3
7353	Río Achibueno Bajo Junta Estero de Pejerreyes	8,8
7354	Río Achibueno Entre Estero de Pejerreyes y Río Ancoa	0,1
7354	Río Achibueno Entre Estero de Pejerreyes y Río Ancoa	63,3

Tabla 58: Potencial Hidroeléctrico medio disponible en la comuna de Molina, cuenca del Maule.

Código SSC	Sub-subcuenca	Potencial Hidroeléctrico Medio (MW)
7370	Río Claro Hasta Estero Sin Nombre	2

Tabla 59: Potencial Hidroeléctrico medio disponible en la comuna de Parral, cuenca del Maule.

Código SSC	Sub-subcuenca	Potencial Hidroeléctrico Medio (MW)
7330	Río Perquilauquén hasta junta Río Cato	1,4
7330	Río Perquilauquén hasta junta Río Cato	2
7330	Río Perquilauquén hasta junta Río Cato	3,6
7350	Río Longaví bajo junta Río Bullileo	1,8
7350	Río Longaví bajo junta Río Bullileo	7,4
7350	Río Longaví bajo junta Río Bullileo	7,7

Tabla 60: Potencial Hidroeléctrico medio disponible en la comuna de Río Claro, cuenca del Maule.

Código SSC	Sub-subcuenca	Potencial Hidroeléctrico Medio (MW)
7370	Río Claro Hasta Estero Sin Nombre	0,7
7370	Río Claro Hasta Estero Sin Nombre	1,8
7370	Río Claro Hasta Estero Sin Nombre	2,1
7370	Río Claro Hasta Estero Sin Nombre	4,2
7371	Río Claro Entre Estero Sin Nombre y Bajo Junta Estero Carretón	3,6

Tabla 61: Potencial Hidroeléctrico medio disponible en la comuna de san Clemente, cuenca del Maule.

Código SSC	Sub-subcuenca	Potencial Hidroeléctrico Medio (MW)
7301	Río Maule Entre Desagüe Laguna del Maule y Río Puelche	3,3
7301	Río Maule Entre Desagüe Laguna del Maule y Río Puelche	3,7
7301	Río Maule Entre Desagüe Laguna del Maule y Río Puelche	7,2
7301	Río Maule Entre Desagüe Laguna del Maule y Río Puelche	25,8
7302	Río Puelche	7,3
7304	Río Barroso	5,8
7304	Río Barroso	6,5
7305	Río de La Invernada	3,8
7305	Río de La Invernada	6,7
7307	Río Maule entre Río Cipreses y Río Curillínque	2
7307	Río Maule entre Río Cipreses y Río Curillínque	9,8
7308	Río Maule entre Río Curillínque y Río Melado	1,1
7308	Río Maule entre Río Curillínque y Río Melado	1,8
7320	Río Claro	1
7320	Río Claro	5,2
7320	Río Claro	14,8
7374	Río Lircay Hasta Estero Picazo	0,1
7374	Río Lircay Hasta Estero Picazo	0,2
7374	Río Lircay Hasta Estero Picazo	0,2
7374	Río Lircay Hasta Estero Picazo	0,3
7374	Río Lircay Hasta Estero Picazo	0,4
7374	Río Lircay Hasta Estero Picazo	0,5
7374	Río Lircay Hasta Estero Picazo	0,6
7374	Río Lircay Hasta Estero Picazo	0,7
7374	Río Lircay Hasta Estero Picazo	1
7374	Río Lircay Hasta Estero Picazo	1,1
7374	Río Lircay Hasta Estero Picazo	1,1
7374	Río Lircay Hasta Estero Picazo	1,4
7374	Río Lircay Hasta Estero Picazo	2
7374	Río Lircay Hasta Estero Picazo	2,2
7378	Estero Piduco	5,9

Tabla 62: Potencial Hidroeléctrico medio disponible en la comuna de Alto Biobío, cuenca del Biobío.

Código SSC	Sub-subcuenca	Potencial Hidroeléctrico medio (MW)
8315	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	0,1

Código SSC	Sub-subcuenca	Potencial Hidroeléctrico medio (MW)
8314	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	0,1
8315	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	0,2
8315	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	0,2
8313	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	0,3
8313	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	0,4
8315	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	0,6
8314	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	0,9
8315	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	0,9
8315	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	1
8315	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	1,1
8312	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	1,1
8313	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	1,2
8315	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	1,2
8315	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	1,3
8308	Río Bio-Bio Alto (Hasta después junta Río Lamin)	1,3
8313	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	1,3
8315	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	1,4
8315	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	1,4
8313	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	1,6
8308	Río Bio-Bio Alto (Hasta después junta Río Lamin)	1,7
8315	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	1,8
8314	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	1,9
8315	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	2,3
8315	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	2,4
8314	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	2,5
8308	Río Bio-Bio Alto (Hasta después junta Río Lamin)	2,6
8313	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	2,7
8313	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	2,9
8312	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	2,9
8308	Río Bio-Bio Alto (Hasta después junta Río Lamin)	3
8308	Río Bio-Bio Alto (Hasta después junta Río Lamin)	3,1
8308	Río Bio-Bio Alto (Hasta después junta Río Lamin)	3,2
8313	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	3,2
8314	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	4,2

Código SSC	Sub-subcuenca	Potencial Hidroeléctrico medio (MW)
8315	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	4,3
8308	Río Bio-Bio Alto (Hasta después junta Río Lamin)	6
8308	Río Bio-Bio Alto (Hasta después junta Río Lamin)	6,3
8308	Río Bio-Bio Alto (Hasta después junta Río Lamin)	7,6
8308	Río Bio-Bio Alto (Hasta después junta Río Lamin)	8,5
8315	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	8,7
8314	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	9,1
8315	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	9,4
8313	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	10,4
8315	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	21,6
8315	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	22,1
8315	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	26,3
8315	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	31,8
8308	Río Bio-Bio Alto (Hasta después junta Río Lamin)	34,7
8313	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	55

Tabla 63: Potencial Hidroeléctrico medio disponible en la comuna de Antuco, cuenca del Biobío.

Código SSC	Sub-subcuenca	Potencial Hidroeléctrico medio (MW)
8374	Río Laja Alto (hasta bajo junta Río Rucue)	0,1
8374	Río Laja Alto (hasta bajo junta Río Rucue)	0,1
8375	Río Laja Alto (hasta bajo junta Río Rucue)	0,3
8374	Río Laja Alto (hasta bajo junta Río Rucue)	0,4
8375	Río Laja Alto (hasta bajo junta Río Rucue)	0,5
8374	Río Laja Alto (hasta bajo junta Río Rucue)	0,5
8371	Río Laja Alto (hasta bajo junta Río Rucue)	1
8374	Río Laja Alto (hasta bajo junta Río Rucue)	1,1
8371	Río Laja Alto (hasta bajo junta Río Rucue)	2
8371	Río Laja Alto (hasta bajo junta Río Rucue)	2,9
8376	Río Laja Alto (hasta bajo junta Río Rucue)	4
8374	Río Laja Alto (hasta bajo junta Río Rucue)	4,6
8374	Río Laja Alto (hasta bajo junta Río Rucue)	5,1
8374	Río Laja Alto (hasta bajo junta Río Rucue)	8,5
8376	Río Laja Alto (hasta bajo junta Río Rucue)	13,2

Tabla 64: Potencial Hidroeléctrico medio disponible en la comuna de Cabrero, cuenca del Biobío.

Código SSC	Sub-subcuenca	Potencial Hidroeléctrico medio (MW)
8381	Laja Bajo	11,4

Tabla 65: Potencial Hidroeléctrico medio disponible en la comuna de Hualqui, cuenca del Biobío.

Código SSC	Sub-subcuenca	Potencial Hidroeléctrico medio (MW)
8392	Río Bio-Bio Bajo	0,1
8392	Río Bio-Bio Bajo	0,2

Tabla 66: Potencial Hidroeléctrico medio disponible en la comuna de Laja, cuenca del Biobío.

Código SSC	Sub-subcuenca	Potencial Hidroeléctrico medio (MW)
8364	Río Bio-Bio entre Río Vergara y Río Laja	0,6
8366	Río Bio-Bio entre Río Vergara y Río Laja	1,6

Tabla 67: Potencial Hidroeléctrico medio disponible en la comuna de Los Ángeles, cuenca del Biobío.

Código SSC	Sub-subcuenca	Potencial Hidroeléctrico medio (MW)
8382	Laja Bajo	0,1
8364	Río Bio-Bio entre Río Vergara y Río Laja	0,1
8323	Río Duqueco	0,1
8323	Río Duqueco	0,2
8382	Laja Bajo	0,2
8382	Laja Bajo	0,3
8365	Río Bio-Bio entre Río Vergara y Río Laja	0,4
8364	Río Bio-Bio entre Río Vergara y Río Laja	0,4
8324	Río Duqueco	0,6
8382	Laja Bajo	2,7
8323	Río Duqueco	10,2
8381	Laja Bajo	10,8
8319	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	26,5
8319	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	55
8319	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	399,8

Tabla 68: Potencial Hidroeléctrico medio disponible en la comuna de Mulchén, cuenca del Biobío.

Código SSC	Sub-subcuenca	Potencial Hidroeléctrico medio (MW)
8340	Río Renaico	0,2
8341	Río Renaico	0,2
8330	Río Bio-Bio entre Río Duqueco y Río Vergara	0,3
8331	Río Bio-Bio entre Río Duqueco y Río Vergara	0,3
8330	Río Bio-Bio entre Río Duqueco y Río Vergara	0,6
8330	Río Bio-Bio entre Río Duqueco y Río Vergara	1,1
8341	Río Renaico	1,2
8330	Río Bio-Bio entre Río Duqueco y Río Vergara	1,6
8341	Río Renaico	1,6
8341	Río Renaico	1,7
8330	Río Bio-Bio entre Río Duqueco y Río Vergara	1,7
8330	Río Bio-Bio entre Río Duqueco y Río Vergara	2,8
8331	Río Bio-Bio entre Río Duqueco y Río Vergara	2,8
8341	Río Renaico	5,8
8342	Río Renaico	6
8342	Río Renaico	6,3
8342	Río Renaico	6,7
8332	Río Bio-Bio entre Río Duqueco y Río Vergara	7,1
8330	Río Bio-Bio entre Río Duqueco y Río Vergara	7,4
8341	Río Renaico	8,8
8331	Río Bio-Bio entre Río Duqueco y Río Vergara	9,1
8332	Río Bio-Bio entre Río Duqueco y Río Vergara	9,5
8340	Río Renaico	20,5
8319	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	36,2
8319	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	169,2

Tabla 69: Potencial Hidroeléctrico medio disponible en la comuna de Nacimiento, cuenca del Biobío.

Código SSC	Sub-subcuenca	Potencial Hidroeléctrico medio (MW)
8334	Río Bio-Bio entre Río Duqueco y Río Vergara	1,9
8362	Río Bio-Bio entre Río Vergara y Río Laja	12,1

Tabla 70: Potencial Hidroeléctrico medio disponible en la comuna de Pinto, cuenca del Biobío.

Código SSC	Sub-subcuenca	Potencial Hidroeléctrico medio (MW)
8373	Río Laja Alto (hasta bajo junta Río Rucue)	8

Tabla 71: Potencial Hidroeléctrico medio disponible en la comuna de Quilaco, cuenca del Biobío.

Código SSC	Sub-subcuenca	Potencial Hidroeléctrico medio (MW)
8317	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	0,1
8317	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	0,1
8317	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	0,9
8317	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	1,5
8317	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	1,6
8311	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	1,7
8311	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	1,9
8311	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	2,1
8311	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	2,4
8317	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	2,5
8331	Río Bio-Bio entre Río Duqueco y Río Vergara	2,5
8312	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	2,6
8312	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	3,9
8312	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	5,8
8312	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	6,1
8318	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	91,3

Tabla 72: Potencial Hidroeléctrico medio disponible en la comuna de Quilleco, cuenca del Biobío.

Código SSC	Sub-subcuenca	Potencial Hidroeléctrico medio (MW)
8323	Río Duqueco	0,1
8321	Río Duqueco	0,2
8376	Río Laja Alto (hasta bajo junta Río Rucue)	0,3
8320	Río Duqueco	0,5
8376	Río Laja Alto (hasta bajo junta Río Rucue)	0,5
8321	Río Duqueco	0,6
8320	Río Duqueco	0,7
8321	Río Duqueco	0,9
8320	Río Duqueco	1,9
8321	Río Duqueco	2,2

Código SSC	Sub-subcuenca	Potencial Hidroeléctrico medio (MW)
8321	Río Duqueco	3,2

Tabla 73: Potencial Hidroeléctrico medio disponible en la comuna de San Rosendo, cuenca del Biobío.

Código SSC	Sub-subcuenca	Potencial Hidroeléctrico medio (MW)
8386	Laja Bajo	0,5

Tabla 74: Potencial Hidroeléctrico medio disponible en la comuna de Santa Bárbara, cuenca del Biobío.

Código SSC	Sub-subcuenca	Potencial Hidroeléctrico medio (MW)
8318	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	0,2
8323	Río Duqueco	0,3
8320	Río Duqueco	0,5
8317	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	1,1
8317	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	1,6
8317	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	2
8320	Río Duqueco	2,2
8320	Río Duqueco	2,3
8316	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	2,6
8316	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	3
8317	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	4,4
8316	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	5,5
8316	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	7,9
8320	Río Duqueco	7,9
8316	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	9,4
8322	Río Duqueco	12,7
8322	Río Duqueco	15,4
8317	Río Bio-Bio entre Río Ránquil y Río Duqueco	151,5

Tabla 75: Potencial Hidroeléctrico medio disponible en la comuna de Tucapel, cuenca del Biobío.

Código SSC	Sub-subcuenca	Potencial Hidroeléctrico medio (MW)
8380	Laja Bajo	0,2
8375	Río Laja Alto (hasta bajo junta Río Rucue)	0,7
8380	Laja Bajo	1

Código SSC	Sub-subcuenca	Potencial Hidroeléctrico medio (MW)
8375	Río Laja Alto (hasta bajo junta Río Rucue)	1,4
8375	Río Laja Alto (hasta bajo junta Río Rucue)	2,4

ANEXO II ENTREVISTAS A EXPERTOS EN ODV

1. Entrevistado: Marcelo Olivares

Empresa: Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile

Cargo: Profesor asistente en el área de recursos hídricos y medio ambiente

Fecha: 21 noviembre 2018

¿Cuáles son las cuencas óptimas?, ¿Cómo se definen estas cuencas?

No se hizo una elección de cuencas, sino que se hacían la pregunta de acuerdo a cada cuenca en específico, por ejemplo: si en Biobío quiero desarrollar el 80% de mi potencial, o el 50% o el 20%, se dice que voy a desarrollar X MW y ese es el objetivo, y lo que hacía el modelo de optimización era dentro de todos los potenciales proyectos encontraba el mejor conjunto que sumara al menos los X MW que se pedían y que diera la menor afectación de OdV. Y nunca se hizo elegir una cuenca por sobre la otra, porque no se querían generar zonas de sacrificio. El estudio de cuencas es más estratégico, pues si se quisiera desarrollar en la cuenca Y, X MW, se informa acerca de cómo se distribuiría la afectación de OdV. Pero no sirve para comparar entre cuencas, se debe escoger una cuenca y en esa cuenca es posible analizar cuáles serán las afectaciones, pues si se tratara de comparar cuencas, se podría caer en el error de que en una cuenca existen menos OdV de algo que la comunidad valora, pero puede ser porque en esa zona existen muchos proyectos hidroeléctricos, intervenciones, por lo que por ejemplo obviamente esa cuenca ya no posee OdV asociados a naturalidad de caudales, de paisajes.

¿La categorización del umbral bajo, medio o alto de los OdV se hace con respecto a la medición de cada SSC, SC o cuenca?

La categorización alta, media y baja de cada OdV se hizo de acuerdo con percentiles. Cuando se hizo el análisis de los ODV, se hizo para cada proyecto en particular, pero la presentación de los resultados para el Estudio de Cuencas se hizo a nivel de sub-subcuenca, por un tema político.

Según su visión, ¿Cómo influye una central hidroeléctrica en la sociedad y en el medio ambiente?

Tiene aspectos positivos y negativos. La hidroelectricidad tiene un aspecto positivo como contribución a suplir demandas eléctricas, pero además dentro del sistema eléctrico, sistema que está compuesto por hidroeléctricas y tecnologías alternativas como centrales térmicas (carbón, gas, Diesel) además de otras renovables no convencionales como las viento, solar, etc. La hidroelectricidad es muy importante porque es una de las tecnologías flexibles y es relativamente económica porque el agua desde el punto de vista financiero se considera costo cero. Además, la hidroelectricidad es muy flexible desde el punto de vista operacional del sistema eléctrico, es difícil de reemplazar usando otras tecnologías, tiene que ver con la variabilidad de la demanda que ocurre a nivel horario, el balance oferta demanda tiene que ser en tiempo real, entonces lo que logra la hidroelectricidad es acomodarse más rápido a esto, entra muy

rápido si necesita entrar, y sale muy rápido, y no todas las tecnologías logran hacer eso. Hay otras que tienen mucha inercia, y otras que son variables y no están necesariamente acopladas a la variabilidad de la demanda, como lo es la energía eólica.

La hidroelectricidad juega un rol importante en el sistema eléctrico, no solo aporta energía al sistema, sino estabilidad al sistema.

La parte negativa: genera impactos locales y los beneficios los reciben agentes económicos fuera del espacio local. Los beneficios y costos se reparten asimétricamente geográficamente.

¿Está a favor o en contra de que se construyan centrales hidroeléctricas?

Estoy a favor de la hidroelectricidad, pero se debe hacer bien, es decir los proyectos deben ser buenos y al tratar de ligar a quien se le imponen los costos beneficios, la localización es muy importante.

Según el primer estudio de cuencas, existen 3 categorías (baja, media y alta), pero en los datos que son posible obtener de <http://www.hidroelectricidadsustentable.gob.cl/entendimiento/cuencas> utilizando el software QGIS, se aprecia una cuarta categoría: Destacada, ¿Qué significa?

La Categoría Destacada se utilizaba cuando no se categorizaba un OdV, sino que este OdV mandaba por el hecho de ser muy importante. Si existía ese OdV en la Sub-subcuenca, no se tocaría esa sub-subcuenca. Por ejemplo, cuando hay Parques Nacionales, lo que se hacía era darle una ponderación muy alta de modo que, al modelar en el programa de optimización, el programa jamás escogía alguna sub-subcuenca que tuviera Parques Nacionales.

De acuerdo con los estudios de OdV que participó, me podría explicar como tratar esos OdV durante el desarrollo de un proyecto hidroeléctrico

Cada cuenca pondera distinto debido a lo que se potencia de cada cuenca: puede ser turístico, pueblos originarios, etc.

El realizar un criterio de selección es una limitación de lo que estoy obteniendo.

Esta ponderación es un ejercicio, pues se deberían obtener mediante un proceso. Propuesta de determinación de las ponderaciones, esto es subjetivo, pues dependerá de quien o quienes realicen esta ponderación. Si la realiza solo una persona, como es el caso de esta memoria, o si la realiza un grupo de expertos, o un grupo que quiere darle un enfoque específico, como las preferencias de la comunidad. Si se quiere evitar conflictos, tal vez sea preferible identificar las preferencias de las comunidades y reflejar estas en la ponderación.

2. Entrevistado: Matías Peredo

Empresa: Ecohidráulica

Cargo: Jefe área ecohidráulica, Plataforma de Investigación EcoHyd

Fecha: 26 noviembre 2018

¿En base a que criterio se puede establecer que un OdV está por sobre otro?

Primero se consideraba que cada OdV tenía la misma importancia, este era el escenario base, y luego se ponderó cada OdV, dándole mayor importancia a uno que a otro. Esto es muy subjetivo, pues no hay una metodología que permita valorar más uno que otro. Es por ello que creo que debe haber un análisis sobre el territorio y sobre marcos legales que hay en Chile.

Debería haber dos formas de ponderar los OdV, una es cuál es la valoración del territorio sobre estos y cuál es la valoración que uno podría extraer sobre el proceso de evaluación ambiental, donde se le está dando más importancia a lo que es el proceso de evaluación ambiental. La valoración puede cambiar de acuerdo con la localización, la parte ambiental debería ser más o menos homogénea, pero las exigencias del territorio pueden cambiar de acuerdo con la importancia que le dé la gente, puede ser turismo, valoración social, etc.

¿Cree que los OdV pueden ser sustentables si existe una Central Hidroeléctrica?

Para que un río no se vea alterado, no hay que intervenirlo, si se interviene de la forma mínima y ya está alterado, a medida que más lo intervienen, mayor es el nivel de alteración, no es una relación lineal, pero hay una relación creciente. Como se necesita la energía para el desarrollo, uno tiene que asumir cierta pérdida de la valoración del río. Hay umbrales mínimos que se pueden mantener sobre ciertos servicios ecosistémicos o bien los OdV, lo que no está claro es como obtener estos umbrales mínimos en todos, por lo que la respuesta es sí se puede mantener unos OdV que funcionen sin perder la capacidad de resiliencia que tiene el ecosistema, pero pensar que los OdV van a estar intactos es imposible.

Debido a las Evaluaciones de Impacto Ambiental, el titular reconoce que hay un impacto significativo producto de la operación de la central y por lo tanto genera ciertas actividades para mitigar esos impactos. Algunas medidas de mitigación sirven para evitar que las centrales fragmenten el hábitat, por ejemplo, para permitir que los peces continúen con su viaje a lo largo del río se están implementando los pasos de peces o escaleras de peces. Con esto se permite que el OdV se siga manteniendo.

Estas medidas de mitigación no son retroactivas, por lo que, si surgió alguna medida posterior a la construcción de una central, ésta no está obligada a implementarla.

¿Cómo influyen los OdV en la decisión de construir una Central Hidroeléctrica?

No influye para un privado, un titular, pero si puede ayudar en saber dónde se tienen que hacer los esfuerzos. Pueden condicionarlos, pero no es ley.

¿Cuáles son las cuencas óptimas?

Hay varias subcuencas óptimas, algunas en Panguipulli, en la IX región estaba bien vetada, aquí no hay características topográficas que permitan la construcción de grandes centrales hidroeléctricas. Por lo general donde habían más OdV fluviales es donde se podían construir grandes centrales.

¿En base a que criterio se estableció el umbral en los OdV: bajo, medio, alto?

Para cada OdV era distinto, no había una metodología predefinida, lo que se hizo fue hacer un análisis estadístico de dividir las distintas posibilidades de alteraciones del OdV y se trabajó con percentiles.

¿Cómo influyen las centrales hidroeléctricas en el medio ambiente?

Influyen de muchas formas y es muy variable, se sabe en que afecta la central, pero no se sabe en cuanto la afecta, pues este cuanto dependerá de particularidades de la central, de cuánta agua extraiga versus lo que lleva el río, donde lo extrae y donde lo restituye, como va a operar la central, como son sus componentes, si es que canal de aducción o túnel de aducción, si es casa de maquina o caverna de máquina, que tipo de turbinas tiene, esto es exclusivamente de cómo es la central. Por otra parte, va a depender de cosas muy particulares de los territorios, de la biodiversidad, que especies tiene, si es que están en categoría de conservación, es una cuenca que aporta mucho sedimento o no, si es que la cuenca se alimenta de deshielos o es pluvial, si aguas arriba hay un regulador natural como por ejemplo un lago, cuáles son las actividades antrópicas que se realizan en torno al rio, etc. Cuantificarlos depende exclusivamente del territorio y de las características de la central, por lo tanto, en un mismo territorio para un mismo MW que puedo generar, puedo tener impactos distintos dependiendo de qué tipo de central tengo. O bien una misma central, un único diseño de central, dispuesta en distintos territorios va a generar distintos impactos.

Cuantificar los impactos va únicamente en ver el tipo de central con el territorio en el que está, y el Ministerio de Energía entendió eso y quiso analizar el territorio, pero el estudio del Ministerio de Energía no tomo en cuenta que tipo de central, solamente considero el potencial hidroeléctrico, y se asume que pueden ser principalmente centrales de pasada porque es un potencial hidroeléctrico entre tramos.

¿Está a favor o en contra de las centrales?

Estoy a favor de las centrales, pero tienen que cumplir con algunos aspectos medioambientales. No estoy a favor de las centrales de 40 años atrás, pero si las centrales que se están empezando a ver ahora, incluso hay algunos aspectos que aún se deben avanzar en las centrales hidroeléctricas. Las centrales hidroeléctricas son un buen colchón de energía para suplir todas las demandas, sin embargo hay algunos impactos que aún no se han analizado bien y en eso deben seguir trabajando, por ejemplo: los pasos de peces para especies nativas como medida de mitigación, también se tiene que seguir avanzando en el caudal ambiental, ahora hay una guía para determinar el caudal ambiental que oficializo el servicio de evaluación ambiental pero aún falta mucho para saber cómo determinar el caudal ambiental efectivamente para las centrales, y por otra parte cuando son centrales de pasada una vez que se devuelve el agua al río el hidrograma cambia completamente, lo ideal sería que el agua que entra se devuelve de inmediato, pero lo que hacen es colocar una barrera pequeña y acumulan agua por 4 horas aproximadamente, y luego esa agua que acumulan la hacen pasar por turbinas para maximizar el rendimiento, entonces lo que se está haciendo es botar agua a pulsos, pero siempre está pasando un caudal ambiental, que

es lo mínimo que debe llevar el río, entonces en un periodo solo pasa el caudal ambiental y en otro periodo pasa el caudal ambiental más todo lo que se acumuló en esas 4 horas, y este funcionamiento tan marcado significa un estrés aguas abajo, y se conoce como Hydropeaking. Genera estrés al ecosistema, a los peces, quienes a veces están nadando en aguas muy bajas y de repente les empieza a llegar agua equivalente a una crecida, que se prolonga por 4 horas, por lo que se genera una pérdida de biodiversidad. Los macroinvertebrados se ven sometidos a cortes mucho mayores de lo que están acostumbrados, por lo que son arrastrados, a su vez los sedimentos también son arrastrados, por lo que se empieza a generar una especie de coraza en el río, y la conectividad lateral y vertical también se ven afectados por lo que puede haber pérdida de zonas ribereñas, y de este impacto aún no se están haciendo cargo aquí en Chile.

3. Entrevistado: Pablo Durán
Empresa: Arcadis
Cargo: Consultor senior Gerencia Medio ambiente
Fecha: 28 noviembre 2018

¿Si existen tantos proyectos en una cuenca, como afectará uno más al medio ambiente y a la sociedad?

Hay que analizar las afectaciones a nivel local, cuando existen tantos proyectos, hay que ver aguas arriba y aguas abajo. Hay efectos acumulativos que son la simple suma de algo; sinérgico es algo que va más allá de la suma, cosas que se sumaron, se potenciaron y crearon un tercero que produce más efectos que los dos por si mismos. Se debe ver si el proyecto afecta a zonas de cultivo, si se debe mover a gente. Los suelos que se afectarán respecto de lo que ya afectaron los otros proyectos como incide en la cuenta total de los suelos que había disponibles en la cuenca y los que se va a quitar por este nuevo proyecto. Probablemente aquí el impacto sea mayor que el que había para cada uno de ellos al inicio.

Que es mejor o menos dañino: ¿explotar las zonas que ya están explotadas, y dejar a otras zonas un poco más naturales, o establecer un máximo nivel de alteración por cada cuenca y explotarlás todas?

Establecer un máximo nivel de explotación, considerando un uso razonable, sustentable de los recursos. EL caso de Noruega y Suiza son destacables, lo han hecho de una forma que no es que no produzcan impactos, sino que pueden coexistir ambas cosas.

¿Cuáles son las principales diferencias que hay entre las centrales de 40 años atrás con las de hoy?

En términos ingenieriles no debería haber tantas diferencias, en excavación y construcción puede haber habido mejoras. Pero en términos del análisis ambiental la diferencia es notable, pues antes con tener el proyecto y el financiamiento, el proyecto se hacía. Hoy si se tiene el financiamiento y el proyecto, puede que no se haga. Si no se logra conciliar el proyecto con la normativa ambiental, no se puede hacer el proyecto.

¿Cree que privados consideren el Estudio de Cuencas para sus proyectos?

Si un privado es inteligente, tiene que tomar en cuenta este Estudio de Cuencas. Donde el Estado ha hecho ejercicios para ver que son mejores en un lugar que en otro. Luego se debe contratar a personas que hagan un análisis de juicio experto de cuál es la situación concreta en ese lugar, y luego se debe hacer un plan de relacionamiento comunitario, levantar líneas de base con tiempo para tenerla con todas las estacionalidades que se requieren, etc.

4. Entrevistados: Esteban Toha, Meliza González, Carlos Olivares
Empresa: Ministerio de Energía, Gobierno de Chile.
División de sustentabilidad
Fecha: 30 noviembre 2018

¿Cuáles son las limitaciones que usted ve del proceso realizado durante el estudio de cuencas?

Esteban Toha:

La primera limitación es que si uno quisiera hacer planificación a través de los ODV, uno es la cobertura territorial porque como uno está pensando planificar un sistema, no te sirve tener 7 cuencas, tu debieras tener un continuo territorial, si el desarrollo hidroeléctrico es entre el Maipo y Aysén debiera barrer a todos los ODV de manera continua en esa zona, porque finalmente si yo comparo una cuenca versus otra yo siempre voy a estar optimizando dentro de esta, pero la solución de ambas también las puedo sumar, el problema es que yo no sé si entremedio tengo otras eficiencias que no estoy mirando porque no las levante. Segundo es el desafío de la incorporación de las líneas de transmisión, porque muchas veces tu podrías encontrar eficiencia en la planificación a través de ODV en la generación ósea donde situar un proyecto, pero no sabes cuánto va a ser el peso de evacuar ese proyecto con respecto a la línea de transmisión que podría ser mucho más relevante que el proyecto mismo.

Según ustedes ¿Cuáles son los puntos fuertes y débiles del proceso?

Esteban Toha:

Puntos fuertes: tú puedes hacer preguntas a un modelo y de manera rápida y eso al hacer política pública no es algo más evidente. Porque pasa mucho que nosotros hacemos política pública y tomamos un camino, y al tomar ese camino básicamente la discusión política la defiendes mucho porque tu metodología para construir esa respuesta fue tan pesada, tan difícil, que no estas dispuesta a repetirlo. Cuando tratas este tipo de modelo, donde finalmente logras tener agilidad para preguntarte cosas, tu ejercicio de política pública es más flexible porque eres capaz de hacer estas preguntas que pasa si. Qué pasa si yo limito el desarrollo a OdV específicos, el modelo va a arrojar la solución a un costo no tal alto. Cuando tu haces planificación más estática y logras tener acuerdo sobre un límite, volver a establecer otro limite requeriría un proceso nuevo. Entonces, finalmente un punto fuerte es que con buena información y el

modelo bien calibrado, tienes la fortaleza y la habilidad de trabajar con múltiples preguntas e ir iterando con grupos de interés, y hacer que esto tenga sentido para las personas que están involucradas en el proceso.

El ejemplo contrapuesto, es decir: mira yo me caso con esta figura y romperla o hacerla de nuevo significa meses de trabajo, donde nadie está dispuesto a conversar todo bajo parámetros distintos.

Las debilidades están en que, si bien el proceso tiene la misma lógica de un proceso de optimización y que la planificación eléctrica en Chile se hace también en base a ejercicios de optimización, es difícil pensar en planificar cuando las decisiones de expansión las toman los privados. Entonces una debilidad es como uno hace todos estos ejercicios y lo convierte en una herramienta de apoyo para que quienes toman la decisión de inversión que son los privados, efectivamente la adopten y puedan decidir mejor considerando el sistema y eso es muy difícil de lograr y es una debilidad.

Según ustedes ¿Qué proyección le ven al estudio de cuencas?

Esteban Toha:

Si efectivamente tenemos el espacio de adaptar el estudio a necesidades de como hoy día está funcionando la relación estado privado, tiene espacio para crecer, podría crecer en el contexto del programa más energía, u otras políticas públicas como de fomento a la inversión privada como de prefactibilidad de proyecto, y si no logramos eso, tener un estado que trate de hacer planificación, probablemente no ocurra, entonces va a ser un lindo ejercicio que se realizó pero no va a tener impactos de planificación sistémica. Esto tiene proyección si y solo si uno logra sectorizarlo con la dinámica que se da hoy día entre estado y privado.

¿Sería posible hacer que todas las centrales hidroeléctricas implementen medidas de mitigación posterior a su construcción?

Esteban Toha:

En la parte ambiental de Mesa Participativa hay una discusión sobre el concepto de gestión adaptativa, que en el fondo tu construyes una central, ves que tiene ciertos impactos que pensaste, y la operación de la central te vas dando cuenta de que hay cosas que tu no las tenías previstas. Eso en el fondo es adaptarse, el problema es que nuestra legislación no permite hacer gestión adaptativa, porque tú tienes una RCA y mueres con las botas puestas con esa RCA. Independiente de que tu estés viendo que los impactos que mediste, calculaste o estimaste, pero están ocurriendo otros. Tú tienes que atenerte a lo que dice la ley, entonces hay muchas recomendaciones en esta mesa respecto a cómo tu enfrentas este proceso de adaptación, de entrar, mirar, evaluar, la cosa va para otro lado, puedes hacer modificaciones y tiene otro tema que es más complicado todavía que es hablar de la caducidad de las licencias ambientales (RCA). En Estados Unidos tienes el ejemplo de que cuando vence el RCA tienes un proceso de Re-licenciamiento, y tienes que volver a evaluar tu proyecto en función de lo que conoces hoy día, y acá en Chile esto no ocurre.

En su opinión ¿Cuáles son los elementos que aseguran que un proyecto hidroeléctrico sea sustentable? La sustentabilidad es un requisito que se le exige a esta industria para desarrollarse.

Meliza González:

Un proyecto tiene que asegurar beneficios o mejoras en el lugar donde se instala para toda la comunidad y todos los que se puedan ver afectados, y no sólo para la empresa que va de desarrollar el proyecto. La hidroelectricidad tiene la ventaja que proporciona almacenamiento de energía, que es muy importante, para que otras energías renovables que la comunidad considera que son mucho menos dañinas como la solar y la eólica puedan penetrar y ser más masivas en Chile. No se puede estar solo con energía solar y eólica porque son intermitentes y necesitas un respaldo que esté produciendo siempre para que puedan las otras operar al máximo, y cuando no pueden operar al máximo deben tener un respaldo de energía, y ese respaldo te lo dan centrales a gas, a combustible fósiles, termoeléctricas, e hidroeléctricas por ahora. También puede haber almacenamiento, nuevo sistema de distribución, pero son cosas que están empezando. Y entre termoeléctricas, hidroeléctricas y centrales a gas, yo creo que la hidroelectricidad tiene un poco menos de impacto sobre la salud de las personas, pero puede tener altos impactos en el medio ambiente. Yo creo que para que un proyecto sea sustentable tiene que procurar que efectivamente hizo un diseño tal que no llega a tener impactos residuales, ósea que evito todo lo que pudo, redujo, mitigó, y que reparo y que tiene que haber tenido un trabajo previo con las comunidades para explicar bien lo que hacen, tiene que ser transparentes en el operar, tienen que siempre estar informando a la gente. Depende del sitio específico, y tienes que saber comprender los riesgos de la hidroeléctrica, por ahora no tienen un buen precio, no está siendo tan competitiva, lo fue antes y probablemente lo sea después, pero en este momento no se está desarrollando mucho. Pero más que ejemplos de que hace un proyecto sustentable, hay muchas experiencias de que hace que un proyecto no sea sustentable. Cuando pasan por arriba de la gente, cuando lo único que les interesa en ganar plata e inyectar energía y olvidarse del resto, pero yo creo que los desarrolladores ya aprendieron esa lección, saben que no pueden llegar y hacer un proyecto, que es muy importante llegar antes, hacer bien la identificación de los impactos que van a hacer, reducirlo al máximo, ser flexible en acomodar las cosas a lo mejor para hacer centrales más pequeñas o más lentas que lo que quisieran pero que le aseguren un mejor funcionamiento, cuidar el medio ambiente.

¿Porque esta tan barata ahora la energía?

Meliza González:

Existen 2 tipos de suministro de energía en Chile, uno es de los de clientes regulados y el otro los clientes híbridos. Los clientes regulados se hace una licitación y se dice: necesito que la industria provea al país de esta cantidad de energía, ellos dicen te ofrezco tantos megas de energía solar, ofrecen lo que pueden producir con lo que tienen hecho o con lo que puedan construir en el plazo de la licitación. En las últimas licitaciones el precio de la energía solar bajo mucho, porque se está masificando y

porque la tecnología ahora es más barata. Hay un boom de energía solar, porque el precio de hidroeléctrica en lo técnico no se ha reducido, pero como ha tenido tantos conflictos su precio sigue siendo alto en comparación con otras tecnologías que su precio ha bajado. Entonces a un titular de una central que pone plata para un proyecto de electricidad le va a interesar un proyecto que es más barato, tiene menos conflictividad, porque va a tener retornos en menos cantidad de años, en cambio la hidroelectricidad no está pasando por esa etapa.

Carlos Olivares:

También encarece los costos las obras civiles, pues una central hidroeléctrica tiene que hacer movimiento de tierra, en cambio una solar no.

Si se compara un EIA de solar con hidroeléctrica, el solar o eólico es muy pequeño en comparación con el hidroeléctrico, pues se le exige más a la hidroelectricidad porque sus impactos ya son conocidos.

¿Qué políticas está aplicando actualmente el Ministerio de Energía para apoyar el desarrollo hidroeléctrico? ¿Hay algún plan especial o específico en proceso?

Esteban Toha:

Hoy día no es un tema en agenda el desarrollo hidroeléctrico, punto uno el Ministerio declara neutralidad tecnológica, segundo, entiende que todos los esfuerzos que se han hecho en materia de fomento de ciertas energías, ya no son necesarios, porque todas las tecnologías han penetrado y responden a driver de mercado, y hoy día la hidroelectricidad no es un tema que esté sobre la mesa por la sencilla razón, o la compleja razón de que tienes desarrollo de energías renovables variables principalmente a bajos costos: un costo de inversión de panel solar hace un año atrás costaba 1 millón de dólares por MW instalado, y de una hidroeléctrica estaba alrededor de los 6 millones de dólares por MW. Entonces finalmente los proyectos que se van instalando responden a esta lógica de la tecnología y costos, tu no vas a tener muchos proyectos hidroeléctricos en el futuro, al menos desde el punto de vista de los costos, todavía no se cuan presente está en la discusión el tema de los servicios complementarios, que son los servicios que prestan ciertas plantas de generación eléctrica a la red, cargas en potencia, regulación de frecuencia, que en el fondo la hidroelectricidad es super eficiente y muy barata para regular ciertos problemas o desafíos que tiene la red eléctrica. Entonces por el momento no hay políticas, porque no se ve como algo que vaya a pasar en el futuro.

Las apuestas para generar la energía que se requiere al 2050 pueden ir por construir más redes de transmisión para poder estabilizar con otras plantas de la red la variabilidad del sol y el viento, almacenamiento a través de embalses, pero tienes baterías, tienes concentración solar de potencia, tienes alta concentración de potencia costero, hoy el mercado se está moviendo a otras soluciones para prestar ese servicio, que no es la hidroelectricidad. Pero esto es algo en desarrollo porque ese rol lo está jugando el gas hoy, y si no lo juega el gas, lo puede jugar otra tecnología, pero aun así tu podrías decir en algún minuto: la hidroelectricidad es el camino más fácil para poder

hacer esto, y en ese minuto va a reflotar toda esta agenda, pero por el momento no es tema.

¿Cómo es el seguimiento que hacen a los proyectos hidroeléctricos en construcción?

Esteban Toha:

El Ministerio de energía hace un seguimiento a la cartera de proyectos, principalmente cuando están en su fase de tramitación ambiental y solicitud de permisos ambientales sectorial, eso lo hace una unidad en específico del Ministerio que se llama Unidad de Gestión de Proyecto y se encarga de apoyar a los proyectos en esta fase de evaluación, aprobación obtención de permisos sectoriales, etc. EL Ministerio va desapareciendo, es hasta que se empieza a construir, no está en nuestra competencia hacer un seguimiento riguroso. El ver que todo esté en orden en la construcción y con las comunidades es parte de las competencias de los organismos correspondientes como la superintendencia de medio ambiente. Si bien el Ministerio está atento, no hay un seguimiento formal de todas las fases de un proyecto, ósea uno está atento a la construcción y que es lo que está pasando, pero no es que haya equipos velando por garantizar que efectivamente se está haciendo lo que se planifico.

¿Tienen contacto o comunicación permanente con las comunidades afectadas por los proyectos hidroeléctricos en construcción?

Esteban Toha:

Si, pero no en el marco de proyectos hidroeléctricos, porque no se están construyendo mucho, pero si el Ministerio tiene una división que se llama División de participación y dialogo social que está en constante contacto con las comunidades y los grupos de interés asociados a la energía en general, que son grupos que se repiten.

¿Cuál es la política pública actual sobre el desarrollo hidroeléctrico del potencial que posee el país?

Esteban Toha:

No hay política pública declarada respecto del desarrollo hidroeléctrico, podría tener un nuevo auge si tú lo empiezas a mirar desde el punto de vista del cambio climático, empezar a mirar embalses multipropósito que son para seguridad hídrica, riego, proyecto de generación eléctrica.

El gobierno no subsidia energía, el mercado se encarga de proveer la mejor solución.

¿Cómo participa el Ministerio de Energía en eliminar la asimetría de información entre un titular de un proyecto hidroeléctrico y una comunidad afectada por ese proyecto? ¿Qué medios utiliza para eso?

Esteban Toha:

El Ministerio de energía a través de esta misma división de participación y dialogo social trata de regular esta asimetría, trata de entregar la mejor información. Nosotros en tema de hidroelectricidad generamos una plataforma donde pusimos a disposición toda la información que recopilamos respecto al programa o al plan de hidroelectricidad sustentable que hicimos hace unos 4 años y lo pusimos a disposición, que es con relación a los tipos de evaluación, mejores prácticas, desarrollo de mesas participativas, lo del estudio de cuencas, revisiones de experiencia comparada, legislación comparada, tratamos de llegar al tema de mejor información disponible. el tema es más profundo que eso, porque en general la educación energética en Chile está recién partiendo, y de hecho la división de política de energía en Chile tiene una unidad de educación y esta unidad se encarga de generar contenido y de trabajar con grupos de interés para poder educar en temas de energía. Podrías hacer un experimento y preguntarle a tu grupo más cercano de amigos, no necesariamente de ingeniería y pedir definir la diferencia entre MWH y MW, y te va a sorprender la cantidad de respuestas y de confusiones que hay respecto a la hidroelectricidad. Antes de hablar de hidroelectricidad y hablar de asimetrías de información respecto de la hidroelectricidad, hay asimetrías gigantes respecto de entender el sector energético chileno y eléctrico, desde la confusión de los sectores hasta entender la diferencia entre potencia y energía.

Como trataría cada una de las clases de ODV

Esteban Toha:

Hay dos caminos, uno es comprender cuales son los desafíos que tiene esa comuna en particular, que es porque es lo que se siente más afectado, que va en la línea de la percepción. Pero lo que sería interesante también es revisar los ODV y la literatura y decir esa es la percepción de la comuna de Los Ángeles, pero hacer un relato experto y entendiendo los principales valores que tiene por ejemplo Los Ángeles hablar con centros de investigación como el EULA y preguntarles cuales es el desafío principal respecto de la hidroelectricidad en la zona y ellos probablemente podrían decir que lo relevante no es lo mismo que piensa que es la comunidad de la zona a estudiar. Entonces se puede hacer un contraste entre una percepción específica y una opinión experta y sería interesante ver si son convergentes o divergentes. Porque muchos de los problemas de política pública en Chile es que tú tienes una percepción que es distinta a la opinión de los especialistas. Si son convergentes tienes la mejor oportunidad de ocupar los ODV en un problema de política pública, y son divergentes tienes que gastar mucho tiempo en tratar de educar a la comunidad para dar a entender que los otros ODV son los importantes.

Meliza González:

Ver cuál es el OdV que más importa en la cuenca y tratar de trabajar en las zonas donde no estén esos OdV.

Carlos Olivares:

No se busca encontrar un lugar con 0 ODV porque eso no existe, lo que se busca es Minimizar el impacto sobre el ODV y se hace indirectamente minimizando la superposición de PH con el ODV. No se dice cuanto va a afectar la central hidroeléctrica al ODV, solo se sabe que lo afectará.

Meliza González:

Explico cómo se construyeron ODV: está basado en fuentes oficiales para saber si se identifica la presencia o no del ODV.

Con el estudio de cuenca solo se ve la interferencia del ODV con el PH.

Como tratar el ODV depende del tipo de central, se tendría que definir un tipo de central en específico (tipo turbina, MW, de pasada) y que todas sean iguales y luego comparar.

Carlos Olivares:

Depende de muchos factores, como las centrales, políticas públicas, contexto social, intereses de la ciudadanía.

Meliza González:

Por muy bien hecho que se tenga un proyecto hidroeléctrico, no se asegura que no existirá un conflicto social, existen muchos factores asociados, por eso es muy específico de cada proyecto.

Carlos Olivares:

Estudio de cuencas les sirve a los empresarios en la etapa de estudio de exploración. Para identificar ciertos lugares que sean interesantes. El éxito de ese proyecto no está garantizado hasta ese momento.

Como tratara los ODV, es muy sitio específico, depende del contexto social, de la cuenca, depende de si ha habido otros proyectos en la misma cuenca, porque eso también explota el ambiente social. Sea cual sea el proyecto, independiente del tamaño, en algunas comunidades si se menciona hidroeléctrica, ya se produce un rechazo.

No solo con el Estudio de cuencas se puede trabajar, se requiere más información.

Meliza González:

Una medida interesante podría ser elegir una central, definirla e instalarla en un lugar donde tenga ODV sociales, otra en donde sea más altos los ODV Terrestres, y así. Identificar qué tipo de impacto puede producir y después de identificar el impacto, tu podrías decir: voy a tomar estas medidas y aplicar la jerarquía de mitigación, que es muy importante, que es primero, evitar el impacto, el que no puedes evitar lo reduces, el que no puedes reducir lo reparas y lo que ya no puedes ni evitar, ni mitigar, ni reducir es lo que se llama el impacto residual, y eso se compensa con otras acciones y en otros lugares.

A veces los impactos ambientales los puedes ir mitigando, pero también depende de cómo la sociedad va a aceptar esas propuestas de mitigación que se están proponiendo. Pueden ser soluciones orientadas a los peces, pero tal vez lo que a la gente le interesa son las líneas de transmisión porque es un lugar turístico.

Carlos Olivares:

Un ejemplo son las escaleras de peces, en Chile están probando cuáles son las que más se usarían. Identifican donde es más probable que se haga una central y de ese lugar se quiere tomar la información local y que especies existen en ese lugar y después de todas las posibles centrales ver cuál era la especie que más se repetía.

5. Entrevistado: Marcia Montedónico

Empresa: Centro de Energía-FCFM, Universidad de Chile

Cargo:

Fecha: 3 diciembre 2018

Como se puede llevar de la mano a proyectos como las centrales hidroeléctricas con comunidades que tienen temor o rechazo a estas.

Históricamente ha habido temor, desconfianza de la comunidad que vive en el lugar, sobre las hidroeléctricas. Temor de impactos ambientales sobre todo. Estamos hablando de la comunidad aledaña. Son estas cosas gigantes que desaparecen cuencas completas, el uso del agua, la agricultura. A mí me parece que se ha tratado de una manera muy top down, es decir las decisiones las toman los privados y públicos pero que hacen los proyectos, sin entender mucho ni escuchar que está pasando en el mismo lugar y por lo tanto no se ve y eso es lo que percibe la gente también de los territorios, no se ve ningún beneficio, ninguna compensación por lo tanto hay una desconfianza. A mí me parece que es muy interesante cuando las personas son parte de las decisiones, toman las decisiones sobre su territorio, toman las decisiones sobre la energía. No solo hablo de las personas que están en la comunidad aledaña, sino del país. Que el país pueda también tener voz y voto en cuanto a que tipo de energía prefiere hacer, porque esa es una discusión. Están las factibilidades técnicas y económicas, pero también hay una decisión detrás, si es que no vamos por esta o esta otra energía y todo eso que se ha tratado de levantar en la política 2050. Yo creo que cuando uno empieza a ser parte de las decisiones que se toman, se empieza a perder la desconfianza y eso es algo que en el tema hidroeléctrico es muy incipiente todavía. Todavía no hay una gran participación de las personas, entonces en términos más concretos hay una iniciativa bien interesante del Ministerio que es nueva, que básicamente trata de hacer proyectos medianos tanto hidroeléctricos como de otras energías en las comunidades, donde las comunidades en un plazo de 10 años van a ser dueñas de ese proyecto, entonces empiezan desde super temprano a involucrarse en el proyecto y por lo tanto la mirada es otra, ya son dueños de eso, entonces ellos mismos definen como se hace. La participación de las personas en la toma de decisiones es un tema que reduce de inmediato las asimetrías de información, de beneficio. Es decir, si una comunidad es parte de la discusión de la mesa de ese tema, esto es a toda escala, si a la sociedad en general la invitan a participar, a discutir, a

votar sobre algo, es muy distinta la aproximación que tiene a que si llegan y le imponen algo. Entonces yo creo que de esa manera se podría desarrollar eso de coexistir. En varias literaturas esta citada una escalera de la participación, porque por participación ciudadana se entienden muchas cosas, desde la mera participación, hasta la influencia en la toma de decisiones, es decir, pueden invitarlos a contarles de este proyecto y a informarlos y eso se entiende como participar, te invitamos, te conté, hice un dialogo, te escuche, pero después tomo mis propias decisiones. Y así hay muchos escalones hasta la participación neta vinculante donde las personas toman decisiones efectivamente sobre el proyecto. Entonces si a una comunidad la invitan con algo ya resuelto y la gente se da cuenta de eso, no tienen ningún interés, al contrario, es más bien como para cumplir hitos, participaron, tiene la lista de asistentes, pero no es vinculante. No es fácil, porque significa para el titular una parte importante para las comunidades, no es tanto negocio, empieza quizás a ser menos atractivo, más difícil de trabajar. Yo creo que cuando son cosas que impactan los territorios tienen todos derechos a opinar y participar y no solo los que viven ahí. No son los dueños de esa cuenca o de ese paisaje las personas que viven ahí, solo porque son dueños de la tierra, sino que hay cosas que son de escala nacional o planetaria. Las reservas de agua no son de las personas que tienen la tierra justo donde está la reserva de agua, sino que son cosas de nivel país y más grandes.

¿Son suficientes las medidas de mitigación para que una comunidad no se oponga a la construcción de estos proyectos?

Yo creo que las medidas de mitigación ayudan, pero se ha visto que son insuficientes, hay una falta de comprensión de la necesidad de proyectos energéticos en general, el hidroeléctrico en particular, es decir las personas que se oponen a este tipo de proyecto a veces pienso que no se hacen la pregunta sobre la necesidad real de tener proyectos energéticos, es decir, yo me puedo oponer a la energía fósil o hidroeléctrica en algún lugar, pero no tengo ninguna disponibilidad a restringir mi consumo energético, por ejemplo, a lavar ropa una vez a la semana, a no usar secador de pelo, etc. Quiero decir que es necesario que las personas y en general la sociedad completa se informen sobre el consumo de energía, ¿porque se hacen más hidroeléctricas? Porque se requiere más energía, claro el consumo residencial quizás es menor comparado con el consumo industrial, también es para qué es la energía, es decir si la energía que estoy creando acá es para el consumo de las personas o la voy a exportar a la minería y que después la minería se va a fuera y yo no tengo nada que ver, tan solo están usando mi territorio, entonces hay un tema de desinformación y también conciencia y participación, yo creo que las medidas de mitigación han mostrado ser insuficientes. Una vez que las decisiones están tomadas y las personas están desinformadas, además depende también de como son las condiciones de las personas, en general los dueños de los terrenos son bastantes vulnerables y a veces viven también en situaciones de pobreza entonces obviamente cualquier tipo de compensación es super bienvenida, pero no es parejo el juego, por lo que yo creo que son insuficientes.

¿Qué medidas de mitigación serían apropiadas, en general? ¿Qué medidas de mitigación conoce que se hayan aplicado?

Hay un tema super crítico que es la disponibilidad del agua, tiene que estar super resguardado el uso del agua para agricultura y obviamente agua potable. No se pueden secar valles o dejar menos disponibilidad de agua. Cuando tienes pequeña agricultura hay gente que vive de eso, por lo que la toma de decisiones es más dura, yo creo que se debe asegurar el agua de riego y no creo que alcance con el caudal mínimo, pues cambian las condiciones.

En específico para el tema de hidroelectricidad desconozco medidas mitigantes.

En su experiencia ¿Cómo ha resuelto la asimetría de información que existe entre un titular de un proyecto y una comunidad afectada?

La experiencia que nosotros hemos tenido con otro tipo de energía, te la puedo sintetizar en algo que llamamos educación energética, es decir, para poder reducir esas asimetrías y para que la gente pueda participar en la toma de decisiones, pero de manera informada, no decisiones que no sabemos que estamos hablando. Hemos realizado un programa de educación energética donde se entregan conocimientos, herramientas para que se forme la persona, entienda de lo que está hablando y así pueda opinar con mucha más conciencia del proyecto, para ese efecto algo muy útil han sido los boundary objects que son los objetos de frontera, son herramientas que pueden permitir un dialogo mucho más simétrico, por ejemplo, la cartografía participativa, las maquetas a escala. Por ejemplo para un trabajo que hicimos en Isla de Pascua, hicimos una maqueta a escala de la Isla, entonces era mucho más fácil para la gente ver en una maqueta donde se ponen las torres eólicas donde se ponen los paneles solares en este caso, que hacerlo a través de un dialogo, entonces eso permitía esta maqueta que es concreta que la veían, que podían jugar con eso, disminuía mucho las diferencias de educación y culturales que existen entre distintas comunidades, desde lo técnico a la comunidad que vive ahí. Ese estudio se hizo como Universidad de Chile, para elegir la mejor alternativa energética para la Isla, y se hizo mucho antes de que venga un privado con su proyecto ya financiado a instalarse. Si va a venir un privado a instalarse, va a tener que leer este documento para saber qué es lo que opina la gente de la Isla, es un trabajo previo que se hace a la inversión. De hecho en todos los lugares se debería hacer un trabajo así antes de que llegará un proyecto, de educación , de toma de decisiones, debería ser un tema que manejaran las personas del lugar, que supieran de que se trata y después puede llegar un privado, pero no es así, seguramente el privado no es el encargado de hacer eso, porque ellos vienen después, están financiando una inversión y les interesa otra cosa, pero debería ser algo previo, debería ser parte de la toma de decisiones de la participación ciudadana.

En ningún caso se hace la educación energética, llega un privado con su inversión y empieza a tener un diálogo basado en la mitigación y en la compensación con la comunidad. Da trabajo, tiene conflictos, los resuelve y así anda más o menos, se para el proyecto, no está regulado. La misma licitación podría contemplar un proceso participativo mucho más amplio de lo que existe actualmente, o sea que parta con una educación energética y continúe con una participación en la toma de decisiones de ese proyecto, o sea que, delegados de la comunidad, representantes puedan ser parte del equipo que toma decisiones, estar ahí uno a uno. Yo creo que en Chile en general a los privados les da miedo tener personas en las comunidades tomando decisiones. Yo creo

que es la única manera de hacerlo bien. Si no lo hacen de otra forma, no les va a funcionar porque la gente está mucho más empoderada. Estos proyectos aparte de una factibilidad técnica, económica, respetar toda la institucionalidad ambiental, debería contemplar un proceso de participación a lo largo de todo el proyecto, o sea desde antes que inicie, con una fuerte participación energética y después con una participación en el equipo que va tomando las decisiones activamente durante todo el proyecto y al final parte de los beneficios, que sean parte de lo que gane ese proyecto y le llegue directamente a la comunidad, para los privados no va a ser negocio redondo, pero sigue siendo negocio igual. Yo creo que es la única manera que se le dé continuidad, porque sino se paran y no llegan a buen puerto. Esto es una educación informal de adultos, con actividades, talleres.

En su opinión ¿Funciona la Responsabilidad Social Empresarial? ¿Es suficiente?

Conozco un poco más de la parte minera de eso, me parece que es efectiva, pero es insostenible. Efectiva porque funciona en el sentido de que hay conflictos por el territorio, conflictos por la minería, por el uso del agua y llega una empresa que dispone de muchos recursos para poder tranquilizar o acallar algún tipo de conflicto y construye una cancha de futbol, hace cosas inmediatas, para apagar incendios porque es efectiva, pero en el largo plazo no se sostiene, porque es una aproximación totalmente paternalista, donde en el largo plazo no funciona para las personas.

Asistencialismo: las personas en las comunidades están tranquilas, no hacen nada, no tienen que informarse de nada, solamente de recibir beneficios bastantes ligeros como la cancha de futbol, becas para los niños que están en el colegio, o sea hacen algunas cosas buenas, pero el enfoque es muy disparaje, mucha asimetría. Los tratan como niños chicos, no tienen que hacer nada, solo recibir y dejarme trabajar. Así se generan muchos vicios pues las comunidades se acostumbran a esta forma pasiva de recibir y después exigen más y hay siempre negociaciones de dar más dinero u otras cosas y esto es algo bastante insano. Que es opuesta a lo que yo planteo que es un empoderamiento de las personas, las personas tienen que informarse, desarrollarse, estudiar, decidir y tomar decisiones, y no es fácil tomar decisiones, porque tienes que cargar con los fracasos, es muy fácil estar sentado y reclamar y que te den. La empresa también a veces da y da dinero y a veces tampoco le es muy sostenible. Yo creo que hay que emparejar un poco el dialogo, es muy efectiva en un inicio porque si funciona, pero no dura mucho tiempo, es insostenible.

¿Qué sucedería si se quisiera hacer un gran proyecto de inversión que beneficiara a todo el país, pero en un sector donde vive un privilegiado grupo de la sociedad chilena?, ¿Para ellos también deberían ser suficientes las medidas de mitigación?

No se podría hacer el proyecto, porque justamente las personas que toman las decisiones son justamente ese grupo privilegiado.

Si las medidas de mitigación fueran justas, serían suficientes pero no lo son.

En su opinión ¿Qué cambios legales deben producirse para asegurarle a la sociedad que los proyectos hidroeléctricos se desarrollarán de forma sustentable? ¿Son alcanzables esos cambios?

Se debe exigir el tema de la participación, como eje. Participación vinculante, toma de decisiones, información, educación, eso debería ser parte de esto para poder darle sostenibilidad a los proyectos futuros.

En su opinión ¿Existe una brecha entre lo que deben hacer las empresas privadas que invierten en hidroelectricidad y lo que hacen realmente, para asegurar sustentabilidad?

Desconozco lo que debiera hacer la empresa privada, no sé lo que hacen y lo que no hacen. Pero creo que se les exige bastante poco, quizás a ojos de ellos no, pues tienen que pasar mucho dinero para todo el tema de las comunidades. Hay gente que lo ve desde el enfoque que mientras más plata pone en el lugar, más tranquilo va a poder trabajar. Pero las exigencias deberían ir por otro lado, no por el lado de tanta plata, sino de participación.

6. Entrevistado: Rodrigo Fuster
Empresa: Facultad de Agronomía, Universidad de Chile
Cargo: Director académico
Fecha: 10 diciembre 2018

Como se puede llevar de la mano a proyectos como las centrales hidroeléctricas con comunidades que tienen temor o rechazo a estas.

Para desarrollar proyectos hidroeléctricos con comunidades que tienen desconfianza, tanto indígenas como no indígenas, nosotros estamos convencidos de que si el proceso sea cual sea, en este caso proyectos hidroeléctricos, signifique alterar al territorio donde habitan las comunidades vas a tener rechazo por varios motivos, dentro de ellos, algunos son identificables pero que no son tangibles, como los modos de vida, por ejemplo en Futaleufú donde estaban super en contra del desarrollo hidroeléctrico y conversando con la gente uno entiende que su principal problema es que por un lado le van a cambiar el paisaje donde ellos han estado siempre, pero además una forma de generar riqueza o un tipo de desarrollo que no es consistente con el de ellos, porque ellos trabajan en función del turismo y el modo de vida se enfrenta a estos grandes proyectos que cambian su estilo. Otra cosa tiene que ver con la historia de ese territorio, por ejemplo, tercera generación de una familia esforzada que colonizó estos territorios y en el fondo son parte de ellos y esto también es algo intangible que se enfrenta a esto. Yo creo que para poder llevar adelante un proyecto hidroeléctrico sin conflictos tengo mis dudas de que se pueda, yo creo que uno los puede reducir y una cuestión importante es que antes que el proyecto exista como tal, con la comunidad se debe generar hidroelectricidad y definir el dónde y el cómo, para que se reduzca esa conflictividad y se consideren los intereses. Mientras no me afecto, o no me moleste, o no me cambie puede que sea más posible generar el proyecto.

Esta pregunta no tiene una única respuesta porque son muchas variables las que están en juego.

Tú podrías decir: de los ODV culturales y productivos en las comunas elegidas hay por ejemplo agricultura, si ponemos una central que inunda, ¿Qué hacemos con esa agricultura? Tu podrías negociar con los agricultores y decirles: le compramos estos terrenos que están aquí al lado, que son mejores suelos para la agricultura y de esta forma hay una compensación, y de esta forma queda feliz el agricultor y el hidroeléctrico. O un cementerio indígena que no se respetó en el Alto Biobío, aquí yo podría no construir mi central donde está el cementerio y lo voy a desplazar y no lo voy a hacer de embalse, sino que allá un desvío de agua, entonces estos proyectos seguro que van a tener menos conflictividad que si no los respeta. Si uno es capaz con el proyecto hidroeléctrico de evitar la presencia de estos ODV va a evitar la conflictividad y puede aumentar la probabilidad de éxito del proyecto, pero es a veces más importante que la presencia de cosas, por ejemplo el agricultor hace agricultura porque lo hacia su padre, su abuelo y su bisabuelo, y el apego a la tierra es tan grande que no es que haga agricultura, sino que su forma de vida es la agricultura ahí, y eso los proyectos no lo ven. Es lo que hablábamos, son cosas intangibles. Yo creo que se reduce la conflictividad considerando los ODV, es un tremendo avance, pero podría ser insuficiente.

¿Son suficientes las medidas de mitigación para que una comunidad no se oponga a la construcción de estos proyectos?

No son suficientes, está un poco deslegitimado el sistema de evaluación de impacto ambiental, sus medidas de mitigación no son siempre bien vistas por la comunidad. Está mucho en el discurso que les hacen la cancha de futbol, la plaza, el gimnasio y se arreglan con el municipio.

¿Qué medidas de mitigación serían apropiadas, en general? ¿Qué medidas de mitigación conoce que se hayan aplicado?

Las medidas de mitigación, per se, no las veo muy útiles en el sentido que yo asumo que voy a generar un impacto negativo que yo debo mitigar. Yo creo en lo personal en base a la experiencia que la lógica no debiera ser mitigar un daño, sino que prevenir un daño. Hay ciertas cosas, uno dice: mi proyecto ideal es aquí en el río X, físicamente son las mejores opciones para la operación, costo, diferencia de cota, caudal, por lo que es perfecto para hacer el negocio con la mayor rentabilidad y te encuentras con que hay un ecosistema importante que le vas a alterar las condiciones, ¿Cómo compenso eso, como lo mitigo? Yo lo he visto en otras partes, en que dicen el proyecto es rentable pero no nos vamos a hacer cargo de ese impacto ambiental, entonces en vez de hacer el embalse en el río, vamos a tomar las aguas, las vamos a conducir, vamos a construir un embalse lateral y devolver el agua, entonces vamos a hacer regulación, pero nunca vamos a cortar el flujo, ni alterar la migración de la especie, y con esto bajo la rentabilidad, es un proyecto mucho más caro, pero se puede. Y eso no es una medida de mitigación, sino que de prevención.

Hay cosas que no se pueden mitigar, desde la perspectiva ambiental, se puede crear un ascensor de peces, y algunos tal vez podrán usarlo, pero otros peces se pueden

meter al ascensor y salir, y no podrán seguir su camino por el río, por lo que ya no hay una continuidad y esto no se puede mitigar. Por lo que dependiendo del impacto puede que sirvan las medidas de mitigación. Primero depende de cada lugar, probablemente los impactos van a ser distintos tanto culturalmente, socialmente, productivamente, como también ambiental, entonces cada lugar tendrá algunas cosas que se pueden mitigar y otras que no se pueden mitigar. Y lo segundo es que yo no soy partidario de la mitigación, yo creo que la lógica del desarrollo debiera ser desde la perspectiva de la prevención. Es mejor la prevención para no tener que mitigar cosas que no se pueden, porque al final siempre hay impacto y no podemos pretender que no haya desarrollo, pero ese desarrollo tendría que evitar generar impactos que no se pueden reparar o mitigar. Cada solución para cada situación.

Algunas medidas de mitigación socialmente: Los suizos tenían una lógica bien interesante de involucramiento de la comunidad, antes del desarrollo del proyecto y ese involucramiento de la comunidad iba desde el diseño del proyecto, su ubicación, etc. De manera que se adaptase lo mejor posible a los requerimientos de la comunidad y ellos quedaban involucrados luego en la operación del proyecto, en el fondo los beneficios económicos también eran distribuidos entre las partes y tienen todo un modelo para que no se beneficien unos pocos y está bien regulado. Entonces yo creo que medidas de adaptación o de prevención tienen que ver con el involucramiento de los actores del territorio que se van a ver afectados por el proyecto desde el principio, cosa que desde su diseño en adelante sea al menos conocido. Creo que una forma de reducir los conflictos es incorporar a la comunidad desde antes del desarrollo de manera que haya mayor transparencia, que lo que se habló al principio luego se plasme en la realidad, en el fondo que se generen confianza, yo creo que eso es algo necesario y para evitar impactos que luego son difíciles de mitigar.

¿Por qué a las comunidades mapuches no las respaldan para que sean “titulares” de proyectos que estén en su territorio?

Las cosmovisiones son distintas, las comunidades indígenas tienen una racionalidad distinta a la occidental, porque si nos estamos refiriendo al pueblo mapuche, que mantiene sus tradiciones, no es parte de ellos que se intervenga la naturaleza para generar energía o para generar infraestructura. No es solo la central hidroeléctrica, muchas veces se oponen a un puente, se oponen a un camino porque la tierra es sagrada, el agua es sagrada, entonces la forma de ver el mundo es distinta. Entonces decir que hagamos los proyectos para que ellos lo administren es no entenderlos a ellos. Es super importante desde la perspectiva de la ciencia y la política pública, entender que el otro no tiene por qué pensar como uno. Entonces cuando ven el mundo tan distinto, es pretencioso, por más buena que sea la idea, generosa, solidaria, es el otro el que tiene que tomar las decisiones sobre su propia vida. Y cuando ven el mundo tan distinto no funciona muy bien. Y eso es más fácil verlo con las comunidades indígenas, que plantean el hecho de que ven el mundo de forma distinta, pero no necesariamente tiene que ser una comunidad indígena para visualizar el mundo de una manera distinta. Cuando tú te entrevistas con alguien de por ejemplo Futaleufú, en que varias generaciones han vivido ahí, y le dices a esa persona algo de generar energía,

cuando en su casa no tiene energía eléctrica y cuando nunca lo ha necesitado, en el fondo es no entender que hay otras formas de vida.

En su experiencia, ¿Cómo ha resuelto la asimetría de información que existe entre un titular de un proyecto y una comunidad afectada?

No se ha resuelto. Hay algunos cambios de políticas en empresas como ENEL, en que están tratando de hacer proyectos con la comunidad, pero en el marco general es que hay una asimetría de información gigante, porque la empresa es la que levanta la información, hace su línea base, etc. Con distintos grados de confianza en la calidad de esa línea base para presentar el proyecto y luego en la participación ciudadana, en donde la comunidad no tiene idea ni cual es el proyecto, ni donde queda, ni cuánto va a generar, ni cuales son las líneas bases. Entonces ahí hay una forma de enfrentar la comunicación, en donde hay una asimetría de información gigante, que no está resuelto.

En su opinión, ¿Qué cambios legales deben producirse para asegurarle a la sociedad que los proyectos hidroeléctricos se desarrollarán de forma sustentable? ¿son alcanzables esos cambios?

De lo que conozco, porque no soy experto en el área eléctrica, pero estos proyectos desde una perspectiva que es el modelo de desarrollo de los proyectos hidroeléctricos, en realidad se le delega al titular la elección del proyecto a desarrollar, por otro lado, el Estado debe ver qué proyecto se hace y donde se hace, eso en otras partes del mundo es así, y aquí en Chile en algún minuto fue así. Pero esta tan delegado en el privado y con la lógica de la rentabilidad económica que yo creo que ahí debería haber más regulaciones de manera que no sea al libre albedrío del titular del proyecto el desarrollo de este o no, debería tener más regulación en ese ámbito. Algo más estratégico, yo creo que la energía es tan importante que deberíamos tener un Estado más grande y los privados participando de esto en una colaboración público-privada. Y por el lado ambiental, yo creo que una gran necesidad es que el sistema de evaluación ambiental no evalúe el proyecto de manera individual, sino que el proyecto en el contexto territorial donde se está desarrollando. Como tú evalúas el proyecto, es distinto si tienes un proyecto en esta cuenca, o si este proyecto es el décimo proyecto dentro de la misma cuenca. En el fondo puede haber impactos acumulativos o pueden ser situaciones en que esta tan alterada la cuenca que el impacto acumulativo es menor, porque no se mira el todo. Y esto no ocurre solo en proyectos hidroeléctricos, sino que proyectos de riego, minero dentro de la misma cuenca, entonces esto debería evaluarse en conjunto, evaluarse el territorio más que el proyecto en particular. Quizás eso podría ayudar un poco a que el desarrollo de, en este caso, proyectos hidroeléctricos pudiese tender a una mayor sustentabilidad.

En su opinión, ¿Cómo cree que afectaría poner más proyectos hidroeléctricos en las comunas de Colbún y Los Ángeles?

En cada territorio hay que evaluar las condiciones de ese territorio, ojalá a nivel de cuenca, por esta lógica del agua. Puede haber situaciones sinérgicas como también

situaciones que se contrapongan. Me imagino que un proyecto, sea cual sea, en una zona más prístina, los impactos podrían ser más evidentes que en una zona donde ya hay proyectos desarrollados y que probablemente el nuevo proyecto no cambie mucho más las condiciones ambientales o socioculturales.

Con respecto a la opinión de las comunidades puede que ese último proyecto se haga en una zona relevante para la comunidad ya sea por razones culturales, productivas, o ecológicas, pero hay que verlo en cada contexto, no hay una respuesta única.

En su opinión ¿Existe una brecha entre lo que deben hacer las empresas privadas que invierten en hidroelectricidad y lo que hacen realmente, para asegurar sustentabilidad?

Hoy las empresas responden a lo que les exige la ley, y ahí uno no puede enjuiciar a las empresas, si la ley dice que tienen que seguir este procedimiento en el fondo es el procedimiento que sigue, independiente que algunas incorporen en sus propias políticas cambiar un poco el camino, manteniéndose en el camino de la ley, pero por ejemplo incorporando la participación ciudadana temprana. Yo creo que con los proyectos que se han caído, tanta inversión, tanto tiempo, es un aprendizaje de que, si la ley es muy laxa y nos permite hacer las cosas pasando a llevar un poco a la comunidad, en realidad mejor incorporamos a la comunidad para reducir la conflictividad para tener mayor éxito finalmente, y poder hacer los proyectos. Por lo que las empresas hacen lo que la ley les exige en general y algunas están haciendo algo más desde la lógica de la sustentabilidad, tratar de generar el menor impacto ambiental posible, incorporar a las comunidades, respetar los factores culturales, locales, etc. Me da la impresión de que se están moviendo así.