Informe Final

Análisis de las condicionantes para el desarrollo hidroeléctrico en las cuencas del Maule, Biobío, Toltén, Valdivia, Bueno, Puelo y Yelcho, desde el potencial de generación a las dinámicas socio-ambientales.

Grupo de cuencas Número 2:

Valdivia, Bueno, Yelcho , Puelo

Diciembre, 2016

1 Introducción 1

2 Diagnóstico del desarrollo hidroeléctrico en las cuencas 6

2.1 Caraterización de las cuencas 6

2.1.1 Cuenca Río Valdivia 6

2.1.2 Cuenca Río Bueno 24

2.1.3 Cuenca Río Puelo 42

2.1.4 Cuenca Río Yelcho 55

2.2 Desarrollo hidroeléctrico: contexto histórico y situación actual 70

2.2.1 Contexto histórico del desarrollo hidroeléctrico en Chile 70

2.2.2 Desarrollo hidroeléctrico en las cuencas de estudio 75

2.3 Análisis de conflictos en torno a la hidroelectricidad 94

2.3.1 Antecedentes 94

2.3.2 Marco conceptual de conflictos asociados a la hidroelectricidad 95

2.3.3 Contexto histórico en los conflictos 102

2.3.4 Análisis de conflictos recientes 106

2.3.5 Mapa de actores clave 116

2.4 Mecanismos de gobernanza existentes 128

2.4.1 Propuestas de buena gobernanza 132

2.5 Análisis territorial 133

2.5.1 Territorios del área de estudio 135

2.5.2 Condicionantes al desarrollo hidroeléctrico en los territorios del estudio 139

2.5.3 Consideraciones finales 147

3 Actualización del Potencial Hidroeléctrico e inclusión de escenarios y efectos del Cambio Climático 149

3.1 Metodología General 149

3.1.1 Descripción General 149

3.1.2 Aspectos metodológicos de mayor importancia 150

3.1.3 Actualización a agosto 2014 154

3.1.4 Evaluación de la metodología en la zona del estudio 157

3.2 Actualización del Potencial Hidroeléctrico 167

3.2.1 Aspectos Generales 167

3.2.2 Río Valdivia 182

3.2.3 Río Bueno 183

3.2.4 Río Puelo 184

3.2.5 Río Yelcho 185

3.3 Discusión 194

3.3.1 Asignación de potencial a sub-subcuenca 194

3.3.2 Potencial en cuencas sin DAANC 198
3.3.3 Importancia de Derechos Consuntivos 205
3.4 Sensibilidad del Potencial de la cuenca al Cambio Climático 207

4 Transmisión 219
4.1 Metodologías de planificación 219
4.1.1 Topología de red radial descentralizada 224
4.1.2 Topología de red radial con agrupaciones de subsubcuenca 224
4.1.3 Topología de red integrada con agrupaciones de subsubcuenca 225
4.2 Modelo de optimización 227
4.3 Relación de los OdV con el desarrollo de la transmisión eléctrica 229
4.4 Datos de entrada 235
4.4.1 Sistema eléctrico de transmisión 235
4.4.2 Modelo de costos del sistema de transmisión 236
4.4.3 Parque generador 237
4.4.4 Supuestos sobre la hidrología 238
4.4.5 Escenarios de operación: niveles de demanda, generación solar y eólica 239
4.4.6 Potencial hidroeléctrico a desarrollar 241
4.5 Metodología de planificación de la transmisión sin considerar penalización por presencia de OdV 244
4.5.1 Topología de red descentralizada (Radial) 244
4.5.2 Topología de red con agrupaciones de subsubcuencas (Pseudo coordinada) 255
4.5.3 Topología de red integrada con agrupaciones de subsubcuencas (Full coordinada) 264

5 Objetos de Valoración (OdV) 301
5.1 Generalidades 301
5.2 Definición de OdV y Metodologías asociadas 301
5.2.1 OdV Fluviales 311
5.2.2 OdV Terrestres 437
5.2.3 OdV Sociales 535
5.2.4 OdV Culturales 548
5.2.5 OdV Productivos 595
5.3 Metodologías para el levantamiento de información 638
5.3.1 Base de datos 638
5.3.2 Modelos de distribución geográfica de especies 639
5.3.3 Recopilación de información espacializada 640
5.3.4 Identificación de obras civiles y actividades fluviales 640
5.3.5 Campañas de terreno 641

6 Modelación para la toma de decisiones 646
6.1 Metodología 647
6.1.1 Definición de escala de modelación 648
6.1.2 Identificación de tramos asociados a cada PCH 650
6.1.3 Procesamiento de información base 653

6.2 Análisis de la información de entrada 663
6.3 Resultados 672
6.3.1 Cuenca río Valdivia 672
6.3.2 Cuenca río Bueno 681
6.3.3 Cuenca río Puelo 691
6.3.4 Cuenca río Yelcho 700

7 Seminarios de difusión y talleres de expertos 706
7.1 Seminarios iniciales de difusión 706
7.1.1 Metodología 706
7.1.2 Descripcion de los seminarios realizados 708
7.1.3 Análisis general de los seminarios de inicio 711
7.2 Seminarios de cierre 712
7.2.1 Metodología 713
7.2.2 Descripción de los seminarios realizados 714
7.2.3 Análisis general de los seminarios de cierre 716
7.3 Taller de expertos 718
7.3.1 Taller expertos OdV socioculturales 718
7.3.2 Taller expertos OdV terrestres y fluviales 719
7.4 Otras actividades participativas 721

8 Vinculación con instrumentos de planificación y gestión existentes 723
8.1 Estrategias Regionales de Desarrollo (ERD) 723
8.2 Plan Regional de Ordenamiento Territorial (PROT) 725
8.2.1 PROT Región de Los Ríos 726
8.2.2 PROT Región de Los Lagos 728
8.3 Zona de Interés Turístico 729
8.4 Planes Energéticos Regionales Territoriales (PERT) 730
8.5 Política Nacional de Recursos Hídricos 731
8.6 Zonificación de Borde Costero 732
8.7 Planes Regionales de Desarrollo Urbano (PRDU) 732
8.8 Planes Reguladores Intercomunales (PRI) 733
8.9 Planes Reguladores Comunales (PRC) 735
8.10 Plan de Desarrollo Turístico (PLADETUR) 737
8.11 Plan de Desarrollo Comunal 738
8.12 Vinculación de instrumentos con hidroelectricidad 742
8.13 Vinculación del PROT y PERT 743
8.14 Estudio de cuencas y su contribución a los procesos de planificación territorial 744

9 Conclusiones y recomendaciones 746

10 Referencias 758
10.1 Bibliográficas 758
10.2 Digitales 764

11 Anexos 770
11.1 Derechos de Agua asignados en la cuenca del río Valdivia 770
11.2 Derechos de Agua asignados en la cuenca del río Bueno 771
11.3 Derechos de Agua asignados en el río Puelo 773
11.4 Derechos de Agua asignados en el río Yelcho 774
11.5 Lista de especies amenazadas y casi amenazadas por Región. 775
11.6 Introducción a la base de datos 782
11.7 Capañas de Terreno 789
11.8 Ficheros 792
11.9 Anexos Digitales 795

Índice de Figuras

Figura 2.1.Mapa de isoyetas e isotermas cuenca del río Valdivia 7
Figura 2.2.Hidrografía, cuenca río Valdivia 9
Figura 2.3.Representación y istribuciónde población estimada en la cuenca del río Valdivia 12
Figura 2.4.Pirámide de población estimada para la cuenca del río Valdivia..... 12
Figura 2.5.Derechos uso no consuntivo 15
Figura 2.6.Derechos de uso consuntivo, con fuente superficial 16
Figura 2.7.Derechos de uso consuntivo, con fuente subterránea 16
Figura 2.8.Sub-estaciones cuenca río Valdivia 18
Figura 2.9.Sitios de interés para la conservación de la biodiversidad 21
Figura 2.10.Cobertura de estaciones de registro en la cuenca del río Valdivia 23
Figura 2.11.Mapa de isoyetas e isotermas, cuenca del río Bueno..... 25
Figura 2.12.Hidrografía, Cuenca Río Bueno 27
Figura 2.13.Representación y distribución de población estimada en la cuenca del río Bueno 30
Figura 2.14.Pirámide de población estimada para la cuenca del río Bueno..... 31
Figura 2.15. Derechos de uso no consuntivo en la cuenca del río Bueno..... 35
Figura 2.16. Derechos de uso consuntivo en la cuenca del río Bueno- Fuente Superficial 35
Figura 2.17. Derechos de uso consuntivo en la cuenca del río Bueno –Fuente subterránea..... 36
Figura 2.18. Subestaciones cuenca río Bueno..... 38
Figura 2.19. Sitios de interés para la conservación de la biodiversidad, cuenca del río Bueno..... 39
Figura 2.20.Cobertura de estaciones de registro en la cuenca del río Bueno 40
Figura 2.21.Mapa de isoyetas e isotermas, cuenca del río Puelo 43
Figura 2.22.Hidrografía, cuenca río Puelo..... 44
Figura 2.23.Representación y distribución de población estimada por sexo en la cuenca del río Puelo..... 46
Figura 2.24.Pirámide de población estimada para la cuenca del río Puelo 47
Figura 2.25.Distribución de usos derechos de agua consuntivos de fuente superficial, según finalidad..... 49
Figura 2.26.Distribución de usos derechos de aguas consuntivos de fuente subterránea, según finalidad..... 49
Figura 2.27.Distribución de usos derechos de aguas no consuntivos, según finalidad. 50
Figura 2.28.Subestaciones cuenca río Puelo..... 52
Figura 2.29.Sitios de interés para la conservación de la biodiversidad, cuenca del río Puelo..... 53
Figura 2.30.Cobertura de estaciones de registro en la cuenca del río Puelo..... 54
Figura 2.31.Mapa de isoyetas e isotermas, cuenca río Yelcho 56
Figura 2.32. Hidrología, cuenca río Yelcho..... 59
Figura 2.33. Pirámide de población estimada para la cuenca del río Yelcho..... 61
Figura 2.34. Representación y distribución población estimada en la cuenca del río Yelcho 61
Figura 2.35.Distribución de usos derechos de aguas consuntivos, fuente superficial, según finalidad 63

Figura 2.36.Distribución de usos derechos de aguas consuntivos, fuente subterránea, según finalidad 64
Figura 2.37.Distribución de usos derechos de agua no consuntivos, según finalidad 64
Figura 2.38.Subestaciones cuenca río Yelcho 66
Figura 2.39. Sitios de interés para la conservación de la biodiversidad, cuenca río Yelcho 68
Figura 2.40. Cobertura de estaciones de registro en la cuenca del río Yelcho 69
Figura 2.41.Centrales hidroeléctricas en operación o construcción en la cuenca del río Valdivia ... 78
Figura 2.42.Centrales hidroeléctricas en operación o construcción en la cuenca del río Bueno 80
Figura 2.43.Centrales hidroeléctricas operativas o en construcción en la cuenca del río Yelcho. .. 84
Figura 2.44.Centrales hidroeléctricas en SEIA o desistidas en la cuenca del río Valdivia 86
Figura 2.45.Centrales hidroeléctricas en SEIA o desistidas en la cuenca del río Bueno 87
Figura 2.46.Centrales hidroeléctricas en SEIA o desistidas en la cuenca del río Puelo. 91
Figura 2.47.Nivel de intervención 116
Figura 2.48.Tipo de intervención 118
Figura 2.49. Grado de vinculación de cada tipo de actor durante la etapa de formulación y diseño de un proyecto 121
Figura 2.50.Grado de vinculación de cada tipo actor una vez hecha pública la intención de construcción de un proyecto por parte del desarrollador 123
Figura 3.1. Ejemplo de la detección de potenciales centrales hidroeléctricos (PCH) a partir de la distribución de los DAANC. 151
Figura 3.2.Comparación Potencial Hidroeléctrico 2012 vs 2014. 156
Figura 3.3.Mapa general de ríos y caudales medios anuales simulados por el modelo WRF/VIC en Río Valdivia y Río Bueno. 159
Figura 3.4.Mapa general de ríos y caudales medios anuales simulados por el modelo WRF/VIC en Río Puelo y Río Yelcho. 160
Figura 3.5.Diagrama de dispersión del caudal medio anual observado y modelado. 161
Figura 3.6.Climatología mensual del caudal estimado y observado. Se representa el modelo en rojo y las observaciones en azul para un periodo modelado de 20 años estimado para estaciones representativas de cada cuenca. 163
Figura 3.7.Promedio anual del caudal estimado y observado. Se representa el modelo en rojo y las observaciones en azul para un periodo modelado de 20 años estimado para estaciones representativas de cada cuenca. 164
Figura 3.8..Distribución de potencial distinguiendo entre proyectos en construcción, EIA y futuros. 180
Figura 3.9.Mapa de centrales detectadas en la cuenca del Río Valdivia 186
Figura 3.10.Distribución de Potencial según el tamaño de la central en la cuenca del río Valdivia. 187
Figura 3.11.Mapa de centrales detectadas en la cuenca del Río Bueno. 188
Figura 3.12.Distribución de Potencial según el tamaño de la central en la cuenca del río Bueno. 189
Figura 3.13.Mapa de centrales detectadas en la cuenca del Río Puelo. 190
Figura 3.14.Distribución de Potencial según el tamaño de la central en la cuenca del río Puelo. . 191
Figura 3.15. Mapa de centrales detectadas en la cuenca del Río Yelcho. 192

Figura 3.16.Distribución de Potencial según el tamaño de la central en la cuenca del río Yelcho. 193
Figura 3.17.Ejemplo de las sub-subcuencas afectadas por el PHC en Río Futelefu de la cuenca del Río Yelcho. 195
Figura 3.18.Comparación del potencial estimado por sub-subcuenca según diferentes metodologías de asignación de potencial al sub-subcuenca. 197
Figura 3.19.Infograma que explica el funcionamiento el método para calcular el potencial adicional 199
Figura 3.20.Distribuciones de dos parámetros que caracterizan los cauces que se intervienen en los proyectos hidroeléctricos detectados en el análisis de potencial. 202
Figura 3.21.Diagrama de dispersión del potencial teórico de un cauce vs. la capacidad instalable de la central asociada al mismo cauce 202
Figura 3.22.Mapa de tortas mostrado el potencial adicional. 204
Figura 3.23.Mapa de tortas caudal acumulado de los derechos de agua consuntivos vs. no consuntivos. 206
Figura 3.24.Evolución de la concentración de los gases del efecto invernadero. 208
Figura 3.25.Cambios en la temperatura media para los escenarios futuros. 210
Figura 3.26.Cambios en la precipitación media anual para los escenarios futuros como porcentaje del clima actual. 211
Figura 3.27.Mapa del patrón espacial de la variación porcentual de la temperatura (izquierda) y precipitación (derecha) para el escenarios RCP8.5 212
Figura 3.28.Diagrama esquemático que muestra la metodología que se está implementando para estimar el impacto del cambio climático en el potencial hidroeléctrico futuro. 213
Figura 3.29.Estimación del impacto del cambio climático en el rendimiento de los potenciales centrales 217
Figura 3.30.Ejemplo del impacto de cambio climático en el caudal disponible para una PCH en Chile Central 218
Figura 4.1.Mapa del sistema de transmisión del SIC – Zoom en la zona de la cuenca del Maule .. 220
Figura 4.2. Mapa del sistema de transmisión del SIC – Zoom en la zona de la cuenca del Biobío . 220
Figura 4.3: Mapa del sistema de transmisión del SIC – Zoom en la zona de la cuenca del Toltén . 220
Figura 4.4. Mapa del sistema de transmisión del SIC – Zoom en la zona de la cuenca de Valdivia 221
Figura 4.5. Mapa del sistema de transmisión del SIC – Zoom en la zona de la cuenca de Bueno .. 221
Figura 4.6. Mapa del sistema de transmisión del SIC – Zoom en la zona de la cuenca de Puelo ... 222
Figura 4.7. Mapa del sistema de transmisión del SIC – Zoom en la zona de la cuenca de Yelcho.. 223
Figura 4.8. Topología de red radial descentralizada 224
Figura 4.9.Topología de red radial con agrupaciones de subsubcuenca 225
Figura 4.10. Topología de red integrada con agrupaciones de subsubcuenca, opción 1 (de un conjunto de muchas opciones) 226
Figura 4.11.Topología de red integrada con agrupaciones de subsubcuenca, opción 2 (de un conjunto de muchas opciones) 226
Figura 4.12. Función de costos totales del problema de planificación 227
Figura 4.13. Nuevas líneas y refuerzos necesarios para la integración de nueva generación 228

Figura 4.14. Estimación de costos para la toma de decisión de inversión en transmisión bajo distintas condiciones hidrológicas 229
Figura 4.15. Penalización líneas de transmisión 233
Figura 4.16.Mapa con suma de factores de penalización para las cuencas del Biobío, Toltén, Valdivia y Bueno 235
Figura 4.17. Generación anual equivalente de centrales hidroeléctricas a nivel nacional por año hidrológico – hidrologías representativas destacadas 239
Figura 4.18.Curva de duración de demanda y perfiles solares utilizados. 240
Figura 4.19. Potenciales acumulados por sub-subcuenca y potenciales hidroeléctricos 242
Figura 4.20. Agrupación de potenciales acumulados por sub-subcuenca 243
Figura 4.21. Histogramas de distancias de las lineas candidatas a conexión de cada cuenca con el sistema principal 244
Figura 4.22.Operación del sistema eléctrico para la hidrología media, 2050 (todo el potencial hidroeléctrico desarrollado) 246
Figura 4.23.Topología radial cuenca del Maule sin considerar OdV 251
Figura 4.24.Topología radial cuencas del Biobío y Toltén sin considerar OdV 251
Figura 4.25. Topología radial cuencas de Valdivia y Bueno sin considerar OdV 252
Figura 4.26. Topología radial cuencas de Puelo y Yelcho sin considerar OdV 253
Figura 4.27. Operación del sistema eléctrico para la hidrología media, 2050 (todo el potencial hidroeléctrico desarrollado) 256
Figura 4.28.Topología pseudo coordinada cuenca del Maule sin considerar OdV 260
Figura 4.29. Topología pseudo coordinada cuencas del Biobío y Toltén sin considerar OdV 261
Figura 4.30. Topología pseudo coordinada cuencas de Valdivia y Bueno sin considerar OdV 262
Figura 4.31. Topología pseudo coordinada cuencas de Puelo y Yelcho sin considerar OdV 263
Figura 4.32. Operación del sistema eléctrico para la hidrología media, 2050 (todo el potencial hidroeléctrico desarrollado) 264
Figura 4.33. Topología full coordinada cuenca del Maule sin considerar OdV 268
Figura 4.34. Topología full coordinada cuencas del Biobío y Toltén sin considerar OdV 269
Figura 4.35.Topología full coordinada cuencas de Valdivia y Bueno sin considerar OdV 270
Figura 4.36. Topología full coordinada cuencas de Puelo y Yelcho sin considerar OdV 271
Figura 4.37.Operación del sistema eléctrico para la hidrología media, 2050 (todo el potencial hidroeléctrico desarrollado) 273
Figura 4.38.Topología radial cuenca del Maule considerando OdV 277
Figura 4.39. Topología radial cuencas del Biobío y Toltén considerando OdV 278
Figura 4.40. Topología radial cuencas de Valdivia y Bueno considerando OdV 279
Figura 4.41. Topología radial cuencas de Puelo y Yelcho considerando OdV 280
Figura 4.42.Operación del sistema eléctrico para la hidrología media, 2050 (todo el potencial hidroeléctrico desarrollado) 282
Figura 4.43.Topología pseudo coordinada cuenca del Maule considerando OdV 285
Figura 4.44. Topología pseudo coordinada cuencas del Biobío y Toltén considerando OdV 286
Figura 4.45.Topología pseudo coordinada cuencas de Valdivia y Bueno considerando OdV 287
Figura 4.46.Topología pseudo coordinada cuencas de Puelo y Yelcho considerando OdV 288

Figura 4.47.Operación del sistema eléctrico para la hidrología media, 2050 (todo el potencial hidroeléctrico desarrollado)..... 289
Figura 4.48.Topología full coordinada cuenca del Maule considerando OdV 293
Figura 4.49.Topología full coordinada cuencas del Biobío y Toltén considerando OdV..... 294
Figura 4.50.Topología full coordinada cuencas de Valdivia y Bueno considerando OdV 295
Figura 4.51. Topología full coordinada cuencas de Puelo y Yelcho considerando OdV..... 296
Figura 4.52. Resumen costos sistema de transmisión sin considerar OdV en los trazados..... 297
Figura 4.53. Resumen costos sistema de transmisión considerando OdV en trazados..... 297
Figura 4.54:.Operación del sistema eléctrico para la hidrología media, 2050 (todo el potencial hidroeléctrico desarrollado)..... 300
Figura 4.55. Resumen costos sistema de transmisión sensibilidad ERNC sin considerar OdV en los trazados..... 300
Figura 5.1. Estructura de las categorías de la Lista Roja de IUCN 312
Figura 5.2.Histrograma de frecuencias OdV F1 Especies en Categoría de Amenaza..... 320
Figura 5.3.Valor del proxy asociado al OdV de especies en categoría en amenaza por SSC. 320
Figura 5.4. Categorías de OdV de especies en categoría en amenza por SSC..... 322
Figura 5.5. Histograma de frecuencia para proxy OdV especies fluviales endémicas por cuenca. 332
Figura 5.6. Valores del OdV especies fluviales endémicas..... 333
Figura 5.7. Mapa de categorías de OdV especies fluviales endémicas..... 334
Figura 5.8. Biodiversidad acuática y régimen natural de caudales..... 337
Figura 5.9. Esquema tipo de tramos fluviales. 339
Figura 5.10. Categorías de valoración del OdV Régimen hidrológico no alterado por SSC 342
Figura 5.11 Análisis de frecuencia OdV régimen hidrológico no alterado por SSC..... 344
Figura 5.12 esquema tipo de tramos fluviales. 349
Figura 5.13. Categoría de valoración del OdV Régimen de sedimentos no alterado en cada SSC 352
Figura 5.14. Análisis de frecuencia OdV régimen de sedimentos no alterado por SSC 354
Figura 5.15. Esquema tipo de tramos fluviales. 359
Figura 5.16. Categorías de Valoración del OdV por cada SSC 362
Figura 5.17. Análisis de frecuencia OdV régimen de conectividad longitudinal del cauce por SSC 364
Figura 5.18.Categorías de valoración del OdV por SSC..... 370
Figura 5.19. Análisis de frecuencia OdV conectividad longitudinal del corredor ripariano no fragmentada por SSC..... 371
Figura 5.20. Categorías de valoración por SSC del OdV 377
Figura 5.21. Análisis de frecuencia OdV sistemas fluviales con conectividad lateral no fragmentada por SSC 379
Figura 5.22. Categorías del OdV a nivel de SSC..... 385
Figura 5.23. Análisis de frecuencia OdV accesibilidad a la red hidrográfica por SSC..... 386
Figura 5.24. Mapa de categorías de valoración a nivel de SSC ODV 9 Sistemas fluviales con condiciones naturales de calidad fisicoquímica..... 394
Figura 5.25. Histogramas de frecuencia de valores del ODV por cada cuenca..... 394
Figura 5.26. Esquema tipo de tramos fluviales. 399
Figura 5.27. Cantidad de categorías por SSC del OdV..... 403

Figura 5.28. Análisis de frecuencia OdV sistemas fluviales morfológicamente intactos por SSC... 404
Figura 5.29. Histograma de frecuencias de OdV Comunidades fluviales con baja presencia de especies exóticas. ... 412
Figura 5.30. Valor del OdV Comunidades fluviales con baja presencia de especies exóticas ... 413
Figura 5.31. Categorías de valoración de OdV Comunidades fluviales con baja presencia de especies exóticas ... 414
Figura 5.32. Valor del OdV Áreas fluviales críticas para la conservación de la biodiversidad en cada SSC ... 419
Figura 5.33. Categorías del OdV en cada SSC ... 420
Figura 5.34. Distribución de frecuencia de valoración para cada SSC ... 421
Figura 5.35. Mapa de categorías de valoración resultantes a nivel de SSC y por Lago del ODV ... 427
Figura 5.36. Histogramas de frecuencia de valores del ODV_SCC por cada cuenca. ... 428
Figura 5.37. Distribución de frecuencia de valoración para cada SSC ... 433
Figura 5.38. Superficie de Glaciares en cada SSC ... 434
Figura 5.39. Categorías de valoración del OdV en cada SSC ... 435
Figura 5.40. Estructura de las categorías de la Lista Roja de IUCN ... 438
Figura 5.41. Riqueza de especies terrestres en categoría de amenaza ... 443
Figura 5.42.Categorías del Odv de la riqueza de especies en categoría de amenaza por SSC ... 444
Figura 5.43.Gráfico de frecuencia de valores del OdV por SSC ... 445
Figura 5.44.Gráfico de frecuencia de valores del OdV por SSC ... 450
Figura 5.45. Riqueza de especies terrestres endémicas ... 451
Figura 5.46.Categorías del OdV riqueza de especies endémicas por SSC ... 452
Figura 5.47. Distribución de frecuencia de valoración para cada SSC ... 457
Figura 5.48. Porcentaje de cobertura de sitios IBA y Ramsar en cada SSC ... 458
Figura 5.49. Categorías del OdV Áreas terrestres críticas para la conservación de la biodiversidad en cada SSC ... 459
Figura 5.50 Distribución de frecuencia de valoración para cada SSC ... 464
Figura 5.51 superficie relativa (%) de paisaje relativamente intacto con respecto a su respectiva SSC ... 465
Figura 5.52 Categorías del OdV en cada SSC ... 466
Figura 5.53. Comparación de otras métricas de fragmentación de paisaje. Izquierda. Comparación entre proxys de OdV T-4 y T-5, superficie de paisaje natural por SSC (área natural/área SSC) en función del índice de proximidad por pixel. Derecha. Área promedio de los parches por SSC en función de la distancia mínima entre parches promedio por SSC. En cada gráfico se señala la cuenca de la SSC a la que pertenece el dato. ... 472
Figura 5.54.Distribución de frecuencia de valoración para paisaje natural terrestre no fragmentado en cada SSC ... 473
Figura 5.55. Índice de fragmentación (proximidad por pixel) en cada SSC ... 474
Figura 5.56.Categorías del OdV paisaje terrestre natural no en cada SSC ... 475
Figura 5.57. Distribución de frecuencia de valoración para cada SSC ... 481
Figura 5.58 Densidad de especies exóticas terrestres por piso vegetacional en cada SSC ... 482
Figura 5.59 Valoración de ausencia de especies exóticas en cada SSC ... 483

Figura 5.60 Categorías de valoración del OdV Comunidades terrestres con baja presencia de especies exóticas en cada SSC..... 484
Figura 5.61. Distribución de frecuencia del valor del Odv para cada cuenca 490
Figura 5.62 porcentaje de cobertura de los ecosistemas azonales en cada SSC 491
Figura 5.63 Categorías de valoración del OdV Ecosistemas terrestres azonales en cada SSC..... 492
Figura 5.64 Distribución de frecuencia de valoración para cada SSC 497
Figura 5.65 Valor del OdV Ecosistemas terrestres en categoría de amenaza en cada SSC 498
Figura 5.66 Categorías del OdV Ecosistemas terrestres en categoría de amenaza en cada SSC 499
Figura 5.67. Distribución de frecuencia de valoración para cada SSC 504
Figura 5.68. Porcentaje de la superficie sin riego de erosión por SSC 505
Figura 5.69. Categorías del OdV por SSC..... 506
Figura 5.70 Distribución de frecuencia de valoración para cada SSC 511
Figura 5.71 Superficie relativa total (%) de Parques Nacionales en cada SSC 512
Figura 5.72 Categorías de valoración del OdV Parques Nacionales en cada SSC..... 514
Figura 5.73 Distribución de frecuencia de valoración para cada SSC 519
Figura 5.74 Superficie total de áreas de reservas nacionales, monumentos nacionales y santuarios de la naturaleza en cada SSC..... 520
Figura 5.75 Categorías de valoración del OdV en cada SSC 524
Figura 5.76. Distribución de frecuencia de valoración para cada SSC 530
Figura 5.77. Superficie total de sitios prioritarios y parques privados en cada SSC 531
Figura 5.78. Categorías de valoración del OdV en cada SSC 532
Figura 5.79. S.1. Necesidades de subsistencia: sanidad y agua potable en la cuenca del río Valdivia. La variable n° de beneficiarios/km^2 está categorizada como Alta, Media y Baja 538
Figura 5.80. S.1. Necesidades de subsistencia: sanidad y agua potable en la cuenca del río Bueno. La variable n° de beneficiarios/km^2 está categorizada como Alta, Media y Baja 538
Figura 5.81. S.1. Necesidades de subsistencia: sanidad y agua potable en la cuenca del río Yelcho. La variable n° de beneficiarios/km^2 está categorizada como Alta y Baja 539
Figura 5.82. S.2. Necesidades sociales de subsistencia alimentaria en la cuenca del río Valdivia. La variable n° de beneficiarios/km^2 está categorizada como Alta, Media y Baja..... 544
Figura 5.83. S.2. Necesidades sociales de subsistencia alimentaria en la cuenca del río Bueno. La variable n° de beneficiarios/km^2 está categorizada como Alta, Media y Baja..... 545
Figura 5.84. S.2. Necesidades sociales de subsistencia alimentaria en la cuenca del río Puelo. La variable n° de beneficiarios/km^2 está categorizada como Alta, Media y Baja..... 545
Figura 5.85. S.2. Necesidades sociales de subsistencia alimentaria en la cuenca del río Yelcho. La variable n° de beneficiarios/km^2 está categorizada como Alta, Media y Baja..... 546
Figura 5.86. C.1.2. Relevancia de tierra indígena la cuenca del río Valdivia. La variable superficie tierra indígena/superficie sub subcuenca (%) está categorizada como Alta, Media y Baja 559
Figura 5.87. C.1.2. Relevancia de tierra indígena la cuenca del río Bueno. La variable superficie tierra indígena/superficie sub subcuenca (%) está categorizada como Alta, Media y Baja 559
Figura 5.88. C.1.4. Relevancia de demandas de tierras de la cuenca del río Valdivia. La variable superficie de tierra indígena demandada/superficie sub subcuenca (%) está categorizada como Alta, Media y Baja 564

Figura 5.89. C.1.5. Presencia de comunidades indígenas en la cuenca del río Valdivia. La variable N° de comunidades indígenas por km^2 está categorizada como Alta, Media y Baja 568
Figura 5.90. C.1.5. Presencia de comunidades indígenas en la cuenca del río Bueno. La variable N° de comunidades indígenas por km^2 está categorizada como Alta, Media y Baja 568
Figura 5.91. C.2.1 Número de sitios de significación cultural y de manifestaciones o actividades culturales (no indígenas) en la cuenca del río Valdivia 572
Figura 5.92. C.2.1 Número de sitios de significación cultural y de manifestaciones o actividades culturales (no indígenas) en la cuenca del río Bueno 573
Figura 5.93. C.2.1 Número de sitios de significación cultural y de manifestaciones o actividades culturales (no indígenas) en la cuenca del río Yelcho 573
Figura 5.94. C.2.2. Sitios arqueológicos en la cuenca del río Valdivia. La variable n° de sitios/km^2 está categorizada como Alta, Media y Baja 578
Figura 5.95. C.2.2. Sitios arqueológicos en la cuenca del río Bueno. La variable n° de sitios/km^2 está categorizada como Alta, Media y Baja 578
Figura 5.96. C.2.2. Sitios arqueológicos en la cuenca del río Puelo. La variable n° de sitios/km^2 está categorizada como Alta y Baja 579
Figura 5.97. C.2.2. Sitios arqueológicos en la cuenca del río Yelcho. La variable n° de sitios/km^2 está categorizada como Alta, Media y Baja. 579
Figura 5.98. C.2.3. Sitios de alto de valor paisajístico en la cuenca del río Valdivia 590
Figura 5.99. C.2.3. Sitios de alto de valor paisajístico en la cuenca del río Bueno 591
Figura 5.100. C.2.3. Sitios de alto de valor paisajístico en la cuenca del río Puelo 591
Figura 5.101. C.2.3. Sitios de alto de valor paisajístico en la cuenca del río Yelcho 592
Figura 5.102. P.1. Producción Agrícola. El proxy corresponde a relevancia económica de la actividad agrícola regada con aguas superficiales en la cuenca del río Valdivia. La relevancia económica (expresada en ingresos brutos) está categorizada como Alta, Media y Baja 601
Figura 5.103. P.1. Producción Agrícola. El proxy corresponde a relevancia económica de la actividad agrícola regada con aguas superficiales en la cuenca del río Bueno La relevancia económica (expresada en ingresos brutos) está categorizada como Alta, Media y Baja 601
Figura 5.104. P.1. Producción Agrícola. El proxy corresponde a relevancia económica de la actividad agrícola regada con aguas superficiales en la cuenca del río Yelcho. La relevancia económica (expresada en ingresos brutos) está categorizada como Alta, Media y Baja 602
Figura 5.105. Superficie forestal de la cuenca del río Valdivia. 606
Figura 5.106. Superficie forestal de la cuenca del río Bueno 606
Figura 5.107. Superficie forestal de la cuenca del río Puelo 607
Figura 5.108. Superficie forestal de la cuenca del río Yelcho 607
Figura 5.109. P.2 Producción forestal. El proxy corresponde a relevancia económica de la actividad forestal en la cuenca del río Valdivia. La relevancia económica (expresada en ingresos brutos) está categorizada como Alta, Media y Baja 611
Figura 5.110. P.2 Producción forestal. El proxy corresponde a relevancia económica de la actividad forestal en la cuenca del río Bueno. La relevancia económica (expresada en ingresos brutos) está categorizada como Alta, Media y Baja 612

Figura 5.111. P.2 Producción forestal. El proxy corresponde a relevancia económica de la actividad forestal en la cuenca del río Puelo. La relevancia económica (expresada en ingresos brutos) está categorizada como Alta y Baja 612
Figura 5.112. P.2 Producción forestal. El proxy corresponde a relevancia económica de la actividad forestal en la cuenca del río Yelcho. La relevancia económica (expresada en ingresos brutos) está categorizada como Alta, Media y Baja 613
Figura 5.113. P.3 Servicios sanitarios. El proxy corresponde a relevancia económica del sector sanitario en la cuenca del río Valdivia. La relevancia económica (expresada en ingresos brutos) está categorizada como Alta, Media y Baja 618
Figura 5.114. P.3 Servicios sanitarios. El proxy corresponde a relevancia económica del sector sanitario en la cuenca del río Bueno. La relevancia económica (expresada en ingresos brutos) está categorizada como Alta, Media y Baja 618
Figura 5.115. P.3 Servicios sanitarios. El proxy corresponde a relevancia económica del sector sanitario en la cuenca del río Yelcho. La relevancia económica (expresada en ingresos brutos) está categorizada como Alta y Baja 619
Figura 5.116. Variables consideradas en evaluación multicriterio para el cálculo de la relevancia de la actividad turística. 626
Figura 5.117. P.4. Actividad turística en la cuenca del río Valdivia 628
Figura 5.118. P.4. Actividad turística en la cuenca del río Bueno 629
Figura 5.119. P.4. Actividad turística en la cuenca del río Puelo 629
Figura 5.120. P.4. Actividad turística en la cuenca del río Yelcho 630
Figura 5.121. P.5. Actividad acuícola en la cuenca del río Valdivia. La relevancia (n° de faenas) está categorizada como Alta, Media y Baja 635
Figura 5.122. P.5. Actividad acuícola en la cuenca del río Bueno. La relevancia (n° de faenas) está categorizada como Alta, Media y Baja 635
Figura 5.123. P.5. Actividad acuícola en la cuenca del río Puelo. La relevancia (n° de faenas) está categorizada como Bajo y Alto 636
Figura 5.124. P.5. Actividad acuícola en la cuenca del río Yelcho. La relevancia (n° de faenas) está categorizada como Alta y Baja 636
Figura 5.125. Comunas visitadas para efectos de levantar información primaria durante el desarrollo del presente estudio 644
Figura 6.1. Ejemplo de la configuración 1 652
Figura 6.2. Ejemplo de la configuración 2 652
Figura 6.3. Ejemplo de la configuración 3 652
Figura 6.4. Ejemplo de la configuración 4 652
Figura 6.5. Ejemplo de la configuración 5 652
Figura 6.6. Ejemplo de clasificación por cuartiles 658
Figura 6.7. Proporción de puntaje de ODV según tipo, en la cuenca del río Valdivia. 664
Figura 6.8. Proporción de puntaje de ODV según tipo, en la cuenca del río Bueno. 664
Figura 6.9. Proporción de puntaje de ODV según tipo, en la cuenca del río Puelo. 664
Figura 6.10. Proporción de puntaje de ODV según tipo, en la cuenca del río Yelcho 664

Figura 6.11. Distribución de potencial hidroeléctrico y puntaje de ODV involucrado por PCH, cuenca río Valdivia. 665
Figura 6.12. Distribución de potencial hidroeléctrico y puntaje de ODV involucrado por PCH, cuenca río Bueno. 665
Figura 6.13. Distribución de potencial hidroeléctrico y puntaje de ODV involucrado por PCH, cuenca río Puelo. 666
Figura 6.14. Distribución de potencial hidroeléctrico y puntaje de ODV involucrado por PCH, cuenca río Yelcho. 666
Figura 6.15. Potencial total desarrollable en la cuenca del río Valdivia, distribuido espacialmente por SSC. 668
Figura 6.16. Potencial total desarrollable en la cuenca del río Bueno, distribuido espacialmente por SSC 669
Figura 6.17. Potencial total desarrollable en la cuenca del río Puelo, distribuido espacialmente por SSC 670
Figura 6.18. Potencial total desarrollable en la cuenca del río Yelcho, distribuido espacialmente por SSC 671
Figura 6.19. Gráfico de potencia obtenida y número de proyectos asociados, en función de la afectación de ODV. Cuenca río Valdivia. 673
Figura 6.20. Resultados modelación por SSC, limitando con 1% del total de FC, cuenca del río Valdivia 675
Figura 6.21. Resultados modelación por SSC, limitando con 5% del total de ODV, cuenca del río Valdivia 676
Figura 6.22. Resultados modelación por SSC, limitando con 10% del total de ODV, cuenca del río Valdivia 677
Figura 6.23. Resultados modelación por SSC, limitando con 20% del total de ODV, cuenca del río Valdivia 678
Figura 6.24. Gráfico de potencia obtenida y número de proyectos asociados, en función de la afectación de ODV. Cuenca río Bueno. 682
Figura 6.25. Resultados modelación por SSC, limitando con 1% del total de FC, cuenca del río Bueno. 684
Figura 6.26. Resultados modelación por SSC, limitando con 5% del total de FC, cuenca del río Bueno 685
Figura 6.27. Resultados modelación por SSC, limitando con 10% del total de FC, cuenca del río Bueno 686
Figura 6.28. Resultados modelación por SSC, limitando con 20% del total de FC, cuenca del río Bueno. 687
Figura 6.29. Gráfico de potencia obtenida y número de proyectos asociados, en función de la afectación de ODV. Cuenca río Puelo. 691
Figura 6.30. Resultados modelación por SSC, limitando con 1% del total de FC, cuenca del río Puelo 696
Figura 6.31. Resultados modelación por SSC, limitando con 5% del total de FC, cuenca del río Puelo 697

Figura 6.32. Resultados modelación por SSC, limitando con 10% del total de FC, cuenca del río Puelo..... 698
Figura 6.33. Resultados modelación por SSC, limitando con 15% del total de FC, cuenca del río Puelo..... 699
Figura 6.34. Gráfico de potencia obtenida y número de proyectos asociados, en función de la afectación de ODV. Cuenca río Yelcho..... 700
Figura 6.35. Resultados modelación por SSC, limitando con 1% del total de FC, cuenca del río Yelcho..... 704
Figura 6.36. Resultados modelación por SSC, limitando con 5% del total de FC, cuenca del río Yelcho..... 705
Figura 9.1 Principales factores condicionantes identificados para la zona de estudio..... 754

Índice de Tablas

Tabla 2.1.Subcuencas de la cuenca del río Valdivia 8
Tabla 2.2.Cuerpos de agua mayores al interior de la cuenca del río Valdivia..... 8
Tabla 2.3.Sub-subcuencas de la cuenca del río Valdivia 10
Tabla 2.4.Comunas con alguna parte de su territorio al interior de la cuenca del río Valdivia y su población..... 11
Tabla 2.5.Disponibilidad de caudal para usos consuntivos en el río Valdivia 14
Tabla 2.6.Resumen de derechos de agua asignados en la cuenca del río Valdivia..... 15
Tabla 2.7.Subcuencas de la cuenca del río Bueno 26
Tabla 2.8. Sub-subcuencas de la cuenca del río Bueno 28
Tabla 2.9. Cuerpos principales de agua de la cuenca del río Bueno. 29
Tabla 2.10.Comunas con alguna parte de su territorio al interior de la cuenca del río Bueno y su población..... 29
Tabla 2.11.Información de área cultivada por comuna en la cuenca del río Bueno..... 32
Tabla 2.12.Disponibilidad de caudal para usos consuntivos en el río Bueno 34
Tabla 2.13.Resumen de derechos de aguas asignados en la cuenca del río Bueno 34
Tabla 2.14. Sub-subcuencas de la cuenca del río Puelo..... 45
Tabla 2.15. Cuerpos de agua presentes en la cuenca del río Puelo 45
Tabla 2.16.Comunas con alguna parte de su territorio al interior de la cuenca del río Puelo y su población..... 46
Tabla 2.17.Resumen derechos asignados en la cuenca del río Puelo..... 48
Tabla 2.18.Subcuencas de la cuenca del río Yelcho 57
Tabla 2.19.Sub-subcuencas de la cuenca del río Yelcho 57
Tabla 2.20.Mayores cuerpos de agua en el territorio nacional de la cuenca del río Yelcho 58
Tabla 2.21.Comunas con alguna parte de su territorio al interior de la cuenca del río Puelo y su población..... 60
Tabla 2.22.Derechos de Agua asignados en la cuenca del río Yelcho..... 63
Tabla 2.23.Catastro de centrales hidroeléctricas en operación o construcción de la cuenca del río Valdivia..... 79
Tabla 2.24.Catastro de centrales hidroeléctricas en operación o construcción de la cuenca del río Bueno. 81
Tabla 2.25.Catastro de centrales hidroeléctricas de la cuenca del río Yelcho..... 83
Tabla 2.26.Centrales hidroeléctricas en SEIA o desistidas de la cuenca del río Valdivia 85
Tabla 2.27.Centrales hidroeléctricas en SEIA o desistidas de la cuenca del río Bueno. 88
Tabla 2.28.Catastro de centrales hidroeléctricas de la cuenca del río Puelo 91
Tabla 2.29.Instituciones públicas con incidencia en la toma de decisiones a nivel nacional y regional..... 125
Tabla 2.30.Actores identificados en la cuenca del río Valdivia 126
Tabla 2.31.Actores identificados en la cuenca del río Bueno 127
Tabla 2.32. Actores identificados en la cuenca del río Puelo..... 127
Tabla 2.33. Actores identificados en la cuenca del río Yelcho 128

Tabla 3.1.Resumen de las diferencias en las estimaciones de potencial del GIZ/MINENERGIA(2014) y la actualización 2015. 155
Tabla 3.2.Estaciones fluviométricas utilizadas en la validación del modelo de caudal. 157
Tabla 3.3.Resumen de las centrales en evaluación y las mismas centrales detectados en la modelación. 166
Tabla 3.4. Potencial estimado para cada cuenca. 168
Tabla 3.5. Potencial desagregado a nivel de sub-subcuenca. (1) 169
Tabla 3.6. Potencial desagregado a nivel de sub-subcuenca proyectos con evaluación ambiental aprobada y proyectos con calificación ambiental desistida 174
Tabla 3.7.Potenciales Centrales con puntos de captación y/o restitución dentro de Parques Nacionales. 184
Tabla 3.8.Configuración de cálculos para estimar el potencial disponible en cauces sin DAANC constituidos. 202
Tabla 3.9.Resultados del análisis de potencial adicional 203
Tabla 3.10.Caudal medio otorgados en DAA consuntivos vs. no-consuntivos 205
Tabla 3.11.Cambio en la potencia media (MW) de los PCH debido a la influencia del cambio climático. 215
Tabla 4.1.Áreas de interés y penalizaciones para cada zona de buffer. 231
Tabla 4.2. Capacidad instalada actual y al 2050 (en MW) – año 2050 es utilizado para las simulaciones 238
Tabla 4.3.Hidrologías utilizadas en el modelo 238
Tabla 4.4.Potenciales hidroeléctricos por cuencas 241
Tabla 4.5.Inversiones significativas en transmisión principal 248
Tabla 4.6.Resultados inversión en transmisión 249
Tabla 4.7.Detalle resultados inversión en transmisión adicional 249
Tabla 4.8.Inversiones significativas en transmisión principal 257
Tabla 4.9.Detalle resultados inversión en transmisión adicional 258
Tabla 4.10.Resultados inversión en transmisión 259
Tabla 4.11.Inversiones significativas en transmisión principal 265
Tabla 4.12.Detalle resultados inversión en transmisión adicional 266
Tabla 4.13.Resultados inversión en transmisión 267
Tabla 4.14.Inversiones significativas en transmisión principal 274
Tabla 4.15.Detalle resultados inversión en transmisión adicional 275
Tabla 4.16. Resultados inversión en transmisión 275
Tabla 4.17. Inversiones significativas en transmisión principal 283
Tabla 4.18.Detalle resultados inversión en transmisión adicional 283
Tabla 4.19.Resultados inversión en transmisión 284
Tabla 4.20.Inversiones significativas en transmisión principal 290
Tabla 4.21.Detalle resultados inversión en transmisión adicional 291
Tabla 4.22.Resultados inversión en transmisión 292
Tabla 5.1. Definición de los Objetos de Valoración propuestos y el proxy a utilizar 302
Tabla 5.2. Definición de las categorías de OdV consideradas para el Medio Biofísico. 308

Tabla 5.3 resumen de características del OdV..... 314
Tabla 5.4. Valores de rangos para asignación de categorías de valoración por SSC..... 317
Tabla 5.5. Resultados de modelos de distribución por especie...... 317
Tabla 5.6. Resumen de OdV F1 Especies en categoría de amenaza. 319
Tabla 5.7.Resumen de OdV F2 Especies fluviales endémicas 326
Tabla 5.8.Valores de rangos para asignación de categorías de valoración por SSC..... 329
Tabla 5.9.Resultados de modelos de distribución por especie..... 329
Tabla 5.10. Resumen OdV Especies Endémicas Fluviales. 331
Tabla 5.11.Resumen de OdV Régimen hidrológicamente no alterado 338
Tabla 5.12 Grado de alteración del régimen hidrológico por tipo de obra civil..... 341
Tabla 5.13. Rangos de categorías de valoración del OdV por cuenca 343
Tabla 5.14. Resumen OdV régimen hidrológico no alterado 345
Tabla 5.15. Resumen de OdV F4 Régimen de sedimentos no alterado..... 347
Tabla 5.16. Grado de alteración del régimen de sedimentos por obra 351
Tabla 5.17. Rangos de categorías de valoración del OdV por cuenca 353
Tabla 5.18. Resumen OdV régimen de sedimentos no alterado 355
Tabla 5.19. ODV F5 conectividad longitudinal a nivel de cauce no fragmentada 358
Tabla 5.20. Grado de alteración del régimen hidrológico por obra..... 361
Tabla 5.21. Rangos de categorías de valoración del OdV por cuenca 363
Tabla 5.22. Resumen OdV conectividad longitudinal del cauce 365
Tabla 5.23 .OdV F6.Conectividad longitudinal del corredor ripariano no fragmentada...... 367
Tabla 5.24 .Resumen de tramos con conectividad del corredor ripariano no fragmentado por rangos de longitud...... 369
Tabla 5.25.Rangos de categoría de valoración del OdV por cuenca..... 369
Tabla 5.26. Resumen OdV conectividad longitudinal del corredor ripariano 372
Tabla 5.27.OdV F7 Conectividad lateral no fragmentada 374
Tabla 5.28. rangos de categorías de valoración del OdV por cuenca 378
Tabla 5.29.Resumen OdV Sistemas fluviales con conectividad lateral no fragmentada 380
Tabla 5.30.Tabla resumen de características relevantes de este OdV 382
Tabla 5.31. Resumen de tramos con conectividad de la red hidrográfica no fragmentada por rangos de longitud...... 384
Tabla 5.32. Categorías de valoración del OdV por cuenca..... 384
Tabla 5.33. Resumen OdV accesibilidad a la red hidrográfica 387
Tabla 5.34.Tabla resumen de características relevantes de este OdV 389
Tabla 5.35. Valores que conforman cada Categoría de valoración, a nivel de SSC..... 396
Tabla 5.36. Resumen OdV Sistemas fluviales con condiciones naturales de calidad fisicoquímica. 396
Tabla 5.37.Tabla resumen de características relevantes de este OdV 398
Tabla 5.38. Grado de alteración de la morfología fluvial por tipo de obra 401
Tabla 5.39. Rangos de que definen las categorías de valoración del OdV por cuenca 402
Tabla 5.40. Resumen OdV sistemas fluviales morfológicamente intactos por SSC 405
Tabla 5.41.Tabla resumen de características relevantes de este OdV 408

Tabla 5.42. Especies exóticas modeladas. 410
Tabla 5.43. Valores de rangos para definición de categorías de valoración por SSC 411
Tabla 5.44. Resumen OdV comunidades fluviales con baja presencia de especies exóticas 411
Tabla 5.45.Tabla resumen de características relevantes de este OdV 417
Tabla 5.46. Definición de categorías de valoración por cuenca 418
Tabla 5.47. Resumen OdV áreas fluviales críticas para la conservación de la biodiversidad 418
Tabla 5.48.Tabla resumen de características relevantes de este OdV 424
Tabla 5.49. Valores a nivel de SSC que conforman cada categoría de valoración 426
Tabla 5.50. Resumen OdV Ecosistemas lacustres. 429
Tabla 5.51.Tabla resumen de características relevantes de este OdV 431
Tabla 5.52.Rangos que definen las categorías de Valoración para el OdV Glaciares 432
Tabla 5.53. Resumen OdV Glaciares 432
Tabla 5.54. Resumen de características relevantes del OdV 440
Tabla 5.55. Valores de rangos para asignación de categorías por SSC 441
Tabla 5.56. Resumen OdV especies terrestres en categoría de amenaza 442
Tabla 5.57. Resumen de características relevantes del OdV 448
Tabla 5.58. Valores de rangos para asignación de categorías por SSC 449
Tabla 5.59. Resumen OdV especies terrestres endémicas 449
Tabla 5.60. Resumen de características relevantes del OdV 455
Tabla 5.61. Resumen OdV áreas terrestres críticas para la conservación de la biodiversidad 456
Tabla 5.62. Rangos que definen las categorías de valoración para el OdV Áreas terrestres críticas para la conservación de la biodiversidad 456
Tabla 5.63. Resumen de características relevantes del OdV 462
Tabla 5.64. Defincón de las categorías por cuenca para el OdV 463
Tabla 5.65. Resumen OdV áreas de paisaje natural terrestre 463
Tabla 5.66. Resumen de características relevantes del OdV 469
Tabla 5.67. Valores de rangos para asignación de categorías por SSC 471
Tabla 5.68. Resumen OdV paisaje natural terrestre no fragmentado 471
Tabla 5.69. Resumen de características relevantes del OdV 478
Tabla 5.70. Valores del OdV Comunidades terrestres con baja presencia de especies exóticas para generación de categorías por cuenca 479
Tabla 5.71. Resumen OdV Comunidades terrestres con baja presencia de especies exóticas 479
Tabla 5.72. Resumen de características relevantes del OdV 487
Tabla 5.73. Rangos que definen las categorías de valoración (Bajo, Medio y Alto) para el OdV Ecosistemas terrestres azonales 489
Tabla 5.74. Resumen OdV Áreas terrestres críticas para la conservación de la biodiversidad 489
Tabla 5.75. resumen de características relevantes del OdV 495
Tabla 5.76. Rangos que definen las categorías de Valoración (Bajo, Medio y Alto) para el OdV Ecosistemas terrestres en categoría de amenaza 496
Tabla 5.77. Resumen OdV Ecosistemas terrestres en categoría de amenaza 496
Tabla 5.78. resumen de características relevantes del OdV 502
Tabla 5.79. Generación de categorías para cada rango 503

Tabla 5.80. Resumen OdV Protección frente a la erosión 503
Tabla 5.81. Resumen de características relevantes del OdV 508
Tabla 5.82 Valores de definición de categorías 509
Tabla 5.83. Resumen OdV Parques Nacionales 510
Tabla 5.84 Parques Nacionales en el área de estudio. 513
Tabla 5.85. Resumen de características relevantes del OdV 517
Tabla 5.86 definición de categorías de valoración del OdV por cuenca 518
Tabla 5.87. Resumen OdV Áreas oficiales de conservación excluyendo parques nacionales 518
Tabla 5.88 Reservas Nacionales, santuarios de la naturaleza y bienes nacionales protegidos registrados al interior del área de estudio 522
Tabla 5.89. Resumen de características relevantes del OdV 527
Tabla 5.90 Definición de categorías de valoración del OdV por SSC 528
Tabla 5.91. Resumen OdV Áreas de conservación de interés privado y sitios prioritarios 529
Tabla 5.92. ODV S.1.Necesidades sociales de subsistencia: sanidad y agua potable 536
Tabla 5.93. Clases que categorizan al OdV S.1. mediante el método *Natural Breaks* (Jenks 1967) 537
Tabla 5.94. ODV S.2.Necesidades sociales de subsistencia alimentaria 541
Tabla 5.95. Clases que categorizan al OdV S.2. mediante el método *Natural Breaks* (Jenks 1967) 544
Tabla 5.96. ODV C.1.1. Sitios de significación cultural y de manifestaciones o actividades culturales indígenas 549
Tabla 5.97. ODV C.1.2: Relevancia de tierra indígena 556
Tabla 5.98. Clases que categorizan al OdV C1.3 mediante el método *Natural Breaks* (Jenks 1967) 558
Tabla 5.99. ODV C.1.3: Relevancia de Áreas de Desarrollo Indígena 561
Tabla 5.100.ODV C.1.4.Relevancia de demandas de tierra indígena 562
Tabla 5.101. Clases que categorizan al OdV C.1.4 mediante el método *Natural Breaks* (Jenks 1967) 564
Tabla 5.102. ODV C.1.5: Presencia de comunidades indígenas 566
Tabla 5.103. Clases que categorizan al OdV C.1.5. mediante el método *Natural Breaks* (Jenks 1967). 567
Tabla 5.104. ODV C.2.1. Sitios de significación cultural y de manifestaciones o actividades culturales 570
Tabla 5.105. ODV C.2.2: Sitios arqueológicos 576
Tabla 5.106. Clases que categorizan al OdV C.2.2 mediante el método *Natural Breaks* (Jenks 1967) 578
Tabla 5.107.ODV C.2.3. Sitios de alto valor paisajístico 582
Tabla 5.108. Calidad visual del paisaje por atributo de acuerdo a los supuestos asociados a la macrozona del área de estudio 587
Tabla 5.109. ODV P.1: Producción agrícola 596
Tabla 5.110. Clases que categorizan al OdV P.1 mediante el método *Natural Breaks* (Jenks 1967) 600

Tabla 5.111. ODV P.2.Producción forestal 604
Tabla 5.112. Clases que categorizan al OdV P.2 mediante el método *Natural Breaks* (Jenks 1967) 610
Tabla 5.113. ODV P.3. Servicios sanitarios 615
Tabla 5.114. Comunas con abastecimiento por empresas sanitarias 616
Tabla 5.115. Clases que categorizan al OdV P.3 mediante el método *Natural Breaks* (Jenks 1967) 617
Tabla 5.116. ODV P.4. Actividad turística 621
Tabla 5.117. Comunas en donde se recabó información respecto atractivos turísticos 622
Tabla 5.118. Clases que categorizan al OdV P.4 mediante el método *Natural Breaks* (Jenks 1967) 627
Tabla 5.119. ODV P.5. Actividad acuícola 632
Tabla 5.120.Diferencia en producción reportada por base de datos suministrada por SERNAPESCA y Catastro de Acuicultura en Chile 633
Tabla 5.121.Clases que categorizan al OdV P.3 mediante el método *Natural Breaks* (Jenks 1967) 634
Tabla 6.1. Proceso de adaptación de los ODV a escala de tramo fluvial 654
Tabla 6.2. Detalle de las naturalezas, factores de ponderación y área de afectación de los ODV . 659
Tabla 6.3. Puntaje de factores condicionantes por cada tramo 661
Tabla 6.4. Ejemplo de tramos asociados a una PCH 662
Tabla 6.5. Ejemplo de asociación de factores condicionantes a PCH. 662
Tabla 6.6. Resumen de puntajes de ODV obtenidos por tipo, separado por cuenca. 663
Tabla 6.7.Resumen del potencial presente en la cuenca del río Valdivia. 672
Tabla 6.8. Resultados del proceso de optimización, limitando todos los factores condicionantes, en la cuenca del río Valdivia. 674
Tabla 6.9. Resultados modelo de optimización. Factores condicionantes fluviales como limitante. Cuenca del río Valdivia. 679
Tabla 6.10. Resultados modelo de optimización. Factores condicionantes fluviales y terrestres como limitantes. Cuenca del río Valdivia. 680
Tabla 6.11. Resultados modelo de optimización. Factores condicionantes sociales, culturales y productivos como limitantes. Cuenca del río Valdivia. 680
Tabla 6.12. Resumen del potencial presente en la cuenca del río Bueno. 681
Tabla 6.13. Resultados modelo de optimización. Todos los factores condicionantes. Cuenca del río Bueno. 688
Tabla 6.14. Resultados modelo de optimización. Factores condicionantes fluviales, Cuenca del río Bueno. 689
Tabla 6.15. Resultados modelo de optimización. Factores condicionantes fluviales y terrestres. Cuenca del río Bueno. 689
Tabla 6.16. Resultados modelo de optimización. Factores condicionantes sociales, culturales y productivos. Cuenca del río Bueno. 690
Tabla 6.17. Resumen del potencial presente en la cuenca del río Puelo 691

Tabla 6.18. Resultados modelo de optimización. Todos los factores condicionantes. Cuenca del río Puelo..... 693
Tabla 6.19. Resultados modelo de optimización. Factores condicionantes fluviales. Cuenca del río Puelo..... 693
Tabla 6.20. Resultados modelo de optimización. Factores condicionantes fluviales y terrestres. Cuenca del río Puelo..... 694
Tabla 6.21. Resultados modelo de optimización. Factores condicionantes sociales, culturales y productivos. Cuenca del río Puelo. 695
Tabla 6.22. Resumen del potencial presente en la cuenca del río Yelcho 700
Tabla 6.23. Resultados modelo de optimización. Todos los factores condicionantes. Cuenca del río Yelcho. 701
Tabla 6.24. Resultados modelo de optimización. Factores condicionantes fluviales. Cuenca del río Yelcho. 701
Tabla 6.25. Resultados modelo de optimización. Factores condicionantes fluviales y terrestres. Cuenca del río Yelcho 702
Tabla 6.26. Resultados modelo de optimización. Factores condicionantes sociales, culturales y productivos. Cuenca del río Yelcho 702
Tabla 7.1. Detalle proceso de convocatoria vía telefónica a seminarios 707
Tabla 7.2. Detalle proceso de convocatoria vía telefónica a seminarios 714
Tabla 7.3. Profesionales invitados como expertos..... 719
Tabla 7.4.Profesionales de proyecto 720
Tabla 8.1. Estado de PRC en las comunas con mayores potenciales hidroeléctricos 736
Tabla 8.2. Estado de PLADETUR en las comunas seleccionadas 738
Tabla 8.3. Estado de PLADECO en las comunas seleccionadas 739
Tabla 8.4. Resumen de instrumentos revisados 740

1 Introducción

El presente documento, desarrollado por un equipo de la Universidad de Chile, corresponde al informe final del estudio "Análisis de las condicionantes para el desarrollo hidroeléctrico en las cuencas del Maule, Bío-Bío, Toltén, Valdivia, Puelo y Yelcho, desde el potencial de generación a las dinámicas socio-ambientales, grupo de cuencas Número 2: Valdivia, Bueno, Puelo y Yelcho".

El informe desarrolla los contenidos que se describen a continuación.

En la sección 2 se desarrolla un diagnóstico hidroeléctrico en las cuencas involucradas en el estudio, compuesto por el análisis de las diferentes aristas que influyen en la elaboración de lo que llamamos "diagnóstico", los puntos análizados corresponden a los que se detallan según sigue.

Se realiza una caracterización de las cuencas que tiene por objetivo entregar una descripción de ellas, considerando los factores más importantes asociados al desarrollo de la hidroelectricidad. Se presentan aspectos generales como ubicación geográfica, régimen hidrológico, red hídrica, sub-subcuencas que la conforman y demografía. Posteriormente, se incluye un análisis de los usos del agua en la cuenca, derechos e infraestructura asociada a fin de visualizar consumos y productividad económica asociada; se identifican también los sitios de interés para la conservación de la biodiversidad útiles para tener un marco general de ellos en la cuenca y para posteriormente la construcción del determinado ODV. Finalmente, se describen las redes de información hídrica y meteorológica disponibles.

Posteriormente, se realiza breve análisis histórico del desarrollo hidroeléctrico en las cuencas a fin de identificar los procesos que dan origen al contexto actual, asociando los conflictos de contenido ambiental involucrados e identificando los actores relevantes en la historia reciente, se analiza el desarrollo hidroeléctrico actual mediante la elaboración de un catastro de centrales a partir de bases de datos públicas, que señala la etapa de desarrollo en que se encuentra cada una. Se desprende una visión general del desarrollo hidroeléctrico presente y futuro de corto plazo en las cuencas, a fin de evidenciar el marco en el que podría insertarse el desarrollo de posibles proyectos.

Se analizan también todos aquellos ¨conflictos¨ asociados al desarrollo hidroeléctrico, los procesos que de una u otra forma inciden en la generación de estos. Se realiza un breve análisis de los principales conflictos y procesos históricos que han influido en las cuencas, estableciendo un marco conceptual que permita comprenderlos desde una perspectiva territorial. A diferencia de otras interacciones o conflictos sociales, los conflictos ligados a la hidroelectricidad tienen innegablemente una componente espacial, es decir que se originan y transcurren en un espacio geográfico relativamente acotado, es por ello que se analizan separadamente por cuenca.

Se evidencian finalmente, los actores claves y mecanismos de gobernanza a modo de servir de insumo para la identificación de los procesos territoriales; cómo también, un análisis de un conjunto de factores considerados como condicionantes al desarrollo hidroeléctrico y que NO son explicados por los diferentes objetos de valoración (OdV).

En la sección 3 se presenta la actualización del potencial hidroeléctrico para las cuencas en estudio a 2014.

Para la estimación del potencial hidroeléctrico en las cuencas analizadas se utiliza la metodología desarrollada por el estudio "Energías Renovables en Chile. El potencial eólico, solar e hidroeléctrico de Arica a Chiloé" (MINENERGIA/GIZ, 2014) y se considera una base de datos de Derechos de Aprovechamiento de Agua No Consuntivos (DAANC) actualizada hasta el mes de Agosto 2014. La metodología toma en cuenta el recurso hídrico legalmente disponible (DAANC) y además, considera la disponibilidad física a través de la aplicación de un modelo hidrológico. La metodología representa el potencial en términos de la capacidad instalada de potenciales centrales hidroeléctricas (PCH) detectadas a través del análisis de la distribución espacial de los puntos de captación y restitución asociados a los DAANC.

Para estimar el potencial en sub-subcuencas sin mayor presencia de DAANC se desarrolla una metodología simple que intenta detectar cauces "disponibles" que tienen características similares a otros cauces donde se emplazan los DAANC. Bajo esta metodología, se infiere que el impacto del aporte de caudal en cuencas sin DAANC, cuantificado en su totalidad es bastante despreciable en relación al caudal promedio mensual y por lo tanto, se infiere el bajo impacto de los DAAC sobre el potencial hidroeléctrico.

Se genera así un mapa de posibles centrales de potencial hidroeléctrico a desarrollar basado en los DAANC, para posteriormente integrar dicha información con todos los análisis de atributos valiosos de tipo físico, ambiental, social y cultural presentados en este estudio, estableciendo zonas en la que existen más o menos interacciones con las variables involucradas, análisis que se desarrolla en el capítulo de modelación.

El potencial final cálculado totalizado para las cuatro cuencas en estudio es de 3.667 MW, con el mayor valor en la cuenca del río Yelcho, de 1.403 MW, sigue la cuenca del río Valdivia, que cuenta con un potencial de aproximadamente 906 MW, río Bueno con un potencial de 807 MW y río Puelo con 552 MW.

En cuanto a los escenarios de cambio climático, la estimación del impacto de este considera cuatro proyecciones de *Trayectorias de concentración representativas* (RCP *Representative Concentration Pathways, en inglés*) utilizadas en la última evaluación del IPCC. Se divide el clima futuro en tres periodos de 30 años y los cambios se evalúan con respecto al clima "actual" (periodo 1976-2005). Se evalúan proyecciones de temperatura y precipitación a partir de los resultados de los GCM (*Global Circulation Models*) disponibles a través del proyecto CMIP-5 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 5).

Posteriormente, se ajustan series de precipitación y temperatura, que son utilizadas al igual que en el caso base/actual, en un modelo hidrológico que permite obtener caudales en puntos de interés. Entonces, se calcula la potencia media generada asociada a los proyectos potenciales de cada una de las cuencas. Este valor es comparado para cada cuenca, para cada período de tiempo y escenario de emisiones. Se generan entonces, nuevos valores de potencial hidroeléctrico (MW) asociados a los puntos ya existentes, que incorporan variables de cambio climático. Estos potenciales no serán considerados para establecer interacciones con los ODV y se aprecian por su calidad para proyecciones o estudios futuros.

La sección 4 abarca el análisis de líneas y costos de transmisión asociados al desarrollo del potencial identificado en el punto anterior. A partir del sistema de transmisión actual, se identifican y seleccionan nuevas líneas y refuerzos a líneas existentes a fin de evacuar el potencial de cada una de las sub-subcuencas del estudio. Se consideran las proyecciones de demanda y desarrollo de otras tecnologías publicadas en la Hoja de Ruta 2050 del Ministerio de Energía, determinando los costos correspondientes a expansiones en el sistema principal (sistema de transmisión troncal más el de sub-transmisión) y los costos adicionales necesarios para construir e interconectar los potenciales agrupados por sub-subcuenca al sistema principal. Así, se determina la expansión óptima del sistema de transmisión en función del mínimo costo total, que incluye costos de inversión, operación y mantención. La longitud y los costos de las líneas adicionales, serán penalizados por factores asociados a atributos críticos del territorio que hacen inviables ciertas líneas.

La sección 5 detalla un análisis completo de los ODV (Objetos de Valoración), entendidos como objetos de alto valor para la sociedad, en las dimensiones: biológica, ecológica, ambientales (14 ODV fluviales, 12 ODV terrestres), culturales (8 ODV) , sociales (2 ODV) y productiva (5 ODV), cuyos resultados se obtienen del proceso de levantamiento de información (bibliográfico y terreno) que se ha llevado a cabo a lo largo del desarrollo del proyecto, con el fin de evaluar su presencia en cada una de las sub-subcuencas (SSC).

Para estudiar los Odv, se analizaron cerca de 830 tramos en la cuenca del Bueno, lo que corresponde a casi 5.000 km lineales de río y un 15.000 km^2 de extensión aproximadamente; más de 100 tramos en la cuenca del Puelo, lo que corresponde a casi 670 km lineales de río y un poco más de 3.000 km^2 de extensión. Continuando con los esfuerzos, cabe señalar que cerca de 1.000 tramos en la cuenca del Valdivia, lo que corresponde a casi 5.500 km lineales de río y un poco más de 10.200 km^2 de extensión y para finalizar, cerca de 300 tramos en la cuenca del Yelcho, lo que corresponde a casi 670 km lineales de río y un poco de 3.000 km^2 de extensión.

Se describe la importancia de los ODV, la metodología de levantamiento y los resultados obtenidos mediante diferentes tipos de recopilación de información. Para evaluar el estado de un OdV se utilizan proxies (aproximaciones que permiten cualificar o cuantificar los distintos objetos de valoración), facilitando un acercamiento numérico por el cual se pueden establecer umbrales, y posteriormente, determinar si un área en particular cuenta o no con el ODV en estudio. En

general, se incorporan mejoras en aquellos OdV que quedaron incompletos después de finalizada la primera etapa del estudio de cuencas.

Para los OdV asociados al medio físico y biológico, ya sean de ámbito fluvial o terrestre, las definiciones y metodologías han sido acordadas con el equipo PUC-TECO. Estas metodologías están basadas en la utilización de bases de datos de especies, muestreo de especies fluviales y riparianas en terreno, análisis de imágenes satelitales, y modelos de ecología de nichos para la propagación de la distribución de especies. El trabajo de análisis de imágenes satelitales, con cobertura total de los cauces de las cuencas, analizada a nivel de tramos, contribuye al levantamiento de diversos OdV y representa un importante esfuerzo en términos de tiempo y recursos humanos. La información generada a partir de dicho análisis es sistematizada en fichas.

En el caso de los OdV de carácter social, cultural y productivos, la metodologías están basadas en la utilización de bases de datos disponibles como sitios de significación cultural, sitios arqueológicos, sitios de alto valor paisajístico, localización de comunidades, número de comunidades indígenas, superficie de tierras y número de reivindicaciones territoriales; por otra parte, para evaluar interferencia de tipo productiva se considera censo agrícola, superficies de explotaciones forestales, Información financiera y operacional de la SISS, territorios operacionales de empresas proveedoras de servicios sanitarios como también información de las zonas de interés turístico, circuitos y atractivos.

En algunos casos se utiliza además, información que permite inferir la variable que describe directamente al OdV. En otros, no existen bases de datos que tengan suficiente precisión y/o cobertura, por lo tanto, se obliga a una mayor dependencia de fuentes primarias y establecimiento de supuestos. Adicionalmente, se consulta a expertos de las distintas áreas para perfeccionar el desarrollo total de los OdV como tales, de manera que estos indicadores sean realmente representativos de lo que se quiere representar.

En la sección 6, se construye un modelo de simulación donde se ingresa la información de potencial hidroeléctrico, y la correspondiente a los OdV, representada por sus factores condicionantes. Con este modelo, se estudia cuáles son los mejores alternativas de potencial o, considerando considerando a los Objetos de Valoración como restricción en en diversos escenarios.

La herramienta para identificar alternativas de desarrollo hidroeléctrico para cada cuenca, se formula a través del clásico problema de “la mochila” o “Knapsack”, consistente en realizar una selección óptima para maximizar el beneficio obtenido de un conjunto de elementos, los cuales tienen un costo individual asociado y donde el costo agregado permisible tiene un valor fijo. En este caso, los elementos a seleccionar corresponden a las PCH (potenciales centrales hidroeléctricas) identificadas. Una alternativa de desarrollo hidroeléctrico de una cuenca corresponde a un subconjunto de PCH escogido del total de las PCH de la cuenca. El beneficio asociado a una PCH corresponde a su potencia instalable, mientras que, su costo se representa a través de la suma total de factores condicionantes que involucra. Considerando este

planteamiento, el problema de optimización se traduce en la maximización de la potencia generada por un conjunto de PCH de la cuenca, restringiendo la cantidad máxima de factores condicionantes que se puedan comprometer. Este valor, así como el tipo de factores condicionantes que se limitan, es un parámetro del modelo, que puede ser definido a discreción del tomador de decisiones para evaluar distintos tipos de escenarios.

La escala para la modelación de interacciones y posterior toma de decisiones es la de tramos fluviales. Así, se definen los tramos involucrados en cada proyecto potencial como el conjunto de tramos fluviales entre los puntos de captación y restitución de los mismos.

La modelación de la interacción entre los atributos y el potencial depende de la naturaleza del atributo. Aquellos atributos relacionados con OdV fluviales están directamente asociados a tramos fluviales. Atributos terrestres, sociales y culturales, en general, no se encuentran asociados a tramos de río, y su expresión espacial puede corresponder a puntos o áreas. A los atributos representados por puntos se les asocia un buffer para definir un área. En este caso, la interacción con tramos fluviales requiere además la definición de un buffer en torno a los tramos, de manera de identificar los traslapes entre áreas asociadas a los tramos y áreas asociadas a los atributos en cuestión.

Se debe tener en cuenta que la interacción modelada y la entrega de resultados, entendida como las áreas más propicias para desarrollo hidroeléctrico, considerando las variables potencial y atributos (ODV), está basada en una representación aproximada, que opera en un contexto mucho más complejo, dinámico e incierto que el contexto matemático. Se espera que los tomadores de decisiones interpreten los resultados, de manera que ayude en la ejecución de las responsabilidades, pero que, en ningún caso, se acepten las indicaciones del modelo como decisiones finales.

En la sección 7, se describen las diferentes instancias de participación (seminarios, reuniones de trabajo y entrevistas) que se desarrollaron a través del periodo de estudio. Al respecto, se indican los lugares, fechas y tipo de informantes claves, expertos u otro tipo de actores que participaron en ellos.

En la sección 8, se indican y describen los principales instrumentos de planificación y gestión existentes, que están vigentes desde una escala regional hasta una escala comunal. Al respecto, se indican cuáles son sus objetivos, cómo se implementan en términos territoriales y la mención que éstos hacen al desarrollo hidroeléctrico. Por otra parte, de manera general, se hace referencia a la potencial vinculación que podría generarse entre los PROT (plan regional de ordenamiento territorial) y los PERT (Programa de estudios rurales y territorios), así como las principales contribuciones que el presente estudio puede entregar a los diferentes procesos de planificación territorial.

Finalmente, en la sección 9, se describen a modo general, sin entrar en particularidades, las principales conclusiones y recomendaciones desprendidas del presente estudio.

2 Diagnóstico del desarrollo hidroeléctrico en las cuencas

2.1 Caraterización de las cuencas

A continuación se realiza la caracterización y descripción de las cuencas del río Valdivia, Bueno, Puelo y Yelcho considerando factores asociados al desarrollo de la hidroelectricidad.

Una caracterización más detallada de las cuencas se puede observar en el Anexo Digital 8.

2.1.1 Cuenca Río Valdivia

2.1.1.1 *Descripción general*

La cuenca del río Valdivia se encuentra principalmente en la Región de Los Ríos. Es una cuenca trasandina, puesto que una parte de ésta se encuentra en Argentina. Se emplaza entre los paralelos 39º20'- 40º10' latitud sur, entre la cuenca del río Toltén y la cuenca del río Bueno. Comprende a las provincias de Cautín y Valdivia (Chile), drenando una superficie de 10.275 km^2 (CADE IDEPE Consultores en Ingeniería, 2004a). La cuenca pertenece a la región geomorfológica central lacustre y del llano glacio-volcánico.

Se caracteriza por la presencia de la Región de la Pluviselva Valdiviana, ya que se dan las condiciones propicias para el desarrollo de bosques heterogéneos, densos, con varios estratos, una alta riqueza de especies y elevados niveles de endemismos. También existe una alta diversidad de helechos, lianas y epífitas (Trivelli, 2014).

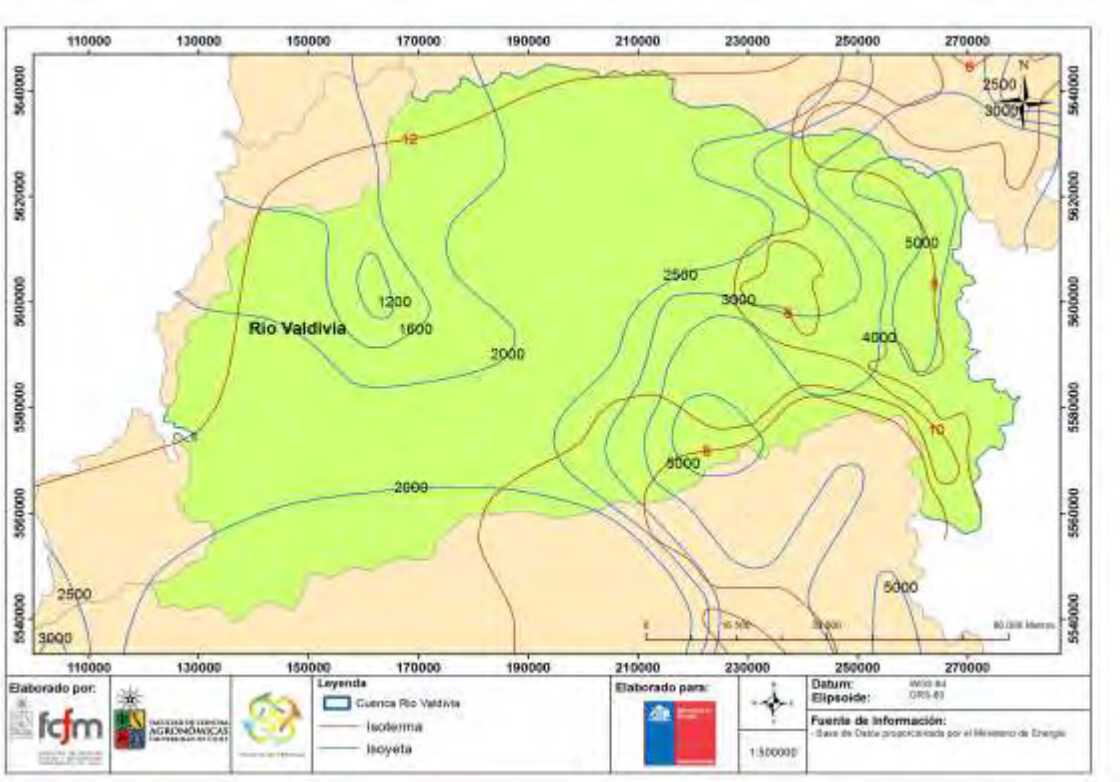
Presenta un clima templado frío lluvioso con influencia mediterránea (Cfsc) y en las mayores alturas, se describe un clima de tundra por efecto de altura (ETH) (Errázuriz *et al.*, 1998). En general, las precipitaciones ocurren durante todo el año siendo menores en los meses de verano, y la pluviosidad media anual aumenta a medida que se aumenta en altura desde los 1.600 mm hasta los 3.500 mm en la sección baja y media de la cuenca (hasta la zona lacustre), y en la sección alta desde los 3.000 mm hasta los 5.000 mm. La temperatura baja a medida que aumenta la altura, con medias anuales entre 12 y 10 °C en la sección baja y media de la cuenca, y entre 10°C y 8°C en la sección alta (ver Figura 2.1) (Ministerio de Obras Públicas, 1988).

Se caracteriza por tener en su parte alta una cadena de lagos dispuestos en serie y sus orígenes se encuentran más allá de la frontera con Argentina. Presenta un régimen hidrológico pluvial, y solo algunos de sus afluentes presentan un régimen nivo-pluvial (río Liquiñe y Lago Neltume) (CADE-

IDEPE Ingeniería Consultores, 2004a). En cuanto a los cauces que presentan un régimen pluvial, en años húmedos, los mayores caudales se muestran entre junio y agosto, y los menores caudales entre enero y marzo. En años normales y secos, la subcuenca del río Calle Calle sigue el mismo patrón de caudales, en cambio, la subcuenca del río Cruces presenta mayores caudales entre julio y septiembre en años normales y secos.

El río Valdivia se genera de la confluencia de los ríos Calle Calle y Cruces. De éstos, el río Calle Calle presenta un caudal relativamente uniforme y abundante debido al efecto regulador de los lagos andinos; por otro lado, el río Cruces con un largo total de 125 km, se origina de la reunión de varios esteros que fluyen desde la vertiente occidental de los cerros situados entre los lagos Villarrica y Calafquén. Posee un área de drenaje de 3.233 km². Posterior a la confluencia de estos dos ríos, se generan dos brazos del río: por el norte mantiene su nombre, mientras que por el brazo sur, que recibe el nombre de río Tornagaleones, recibe contribuciones de dos cursos de agua (ríos Angachilla y Futa). Ambos brazos se juntan nuevamente en la bahía de Corral, donde desemboca al mar. (CADE-IDEPE Ingeniería Consultores, 2004a).

Figura 2.1.Mapa de isoyetas e isotermas cuenca del río Valdivia



Fuente: elaboración propia

En la parte alta de la cuenca se encuentran grandes lagos, la mayoría interconectados entre sí. El lago Laca (Argentina) desagua en el río Huahum, este río aporta sus aguas al lago Pirihueico, y éste desagua en el río Fuy, el que confluye con el río Neltume (desagüe del lago Neltume) generando al río Llanquihue. El río Llanquihue es afluente del lago Panguipulli, este lago desagua en el río Enco,

y el río Enco es un afluente del lago Riñihue, y el lago Riñihue desagua en el río San Pedro (Figura 2.2)

Según la información obtenida desde el Inventario Nacional de Cuencas, de la Dirección General de Aguas (DGA), la cuenca del río Valdivia se divide en cinco sub-cuencas, las cuales se presentan en la Tabla 2.1. A su vez, estas sub-cuencas se encuentran divididas en sub-subcuencas, las que llegan a un total de 36, enumeradas en la Tabla 2.3. Se reconocen dentro de la cuenca múltiples cuerpos de agua, entre los que se destaca el conjunto de los llamados "siete lagos" que se presentan en la Tabla 2.2. Adicionalmente, según el Catastro de Lagos de la DGA, se tienen otros 59 lagunas menores al interior de la cuenca que varían en tamaño entre 0,03 y 1,28 km².

Tabla 2.1.Subcuencas de la cuenca del río Valdivia

Nombre subcuenca	Área [km²]
Río Valdivia Alto (hasta desagüe Lago Panguipulli)	2.875
Río San Pedro (Entre desagüe L. Panguipulli y Bajo R. Quinchilca)	1.789
Río Calle Calle	1.101
Río Cruces	3.290
Río Valdivia Bajo	1.190

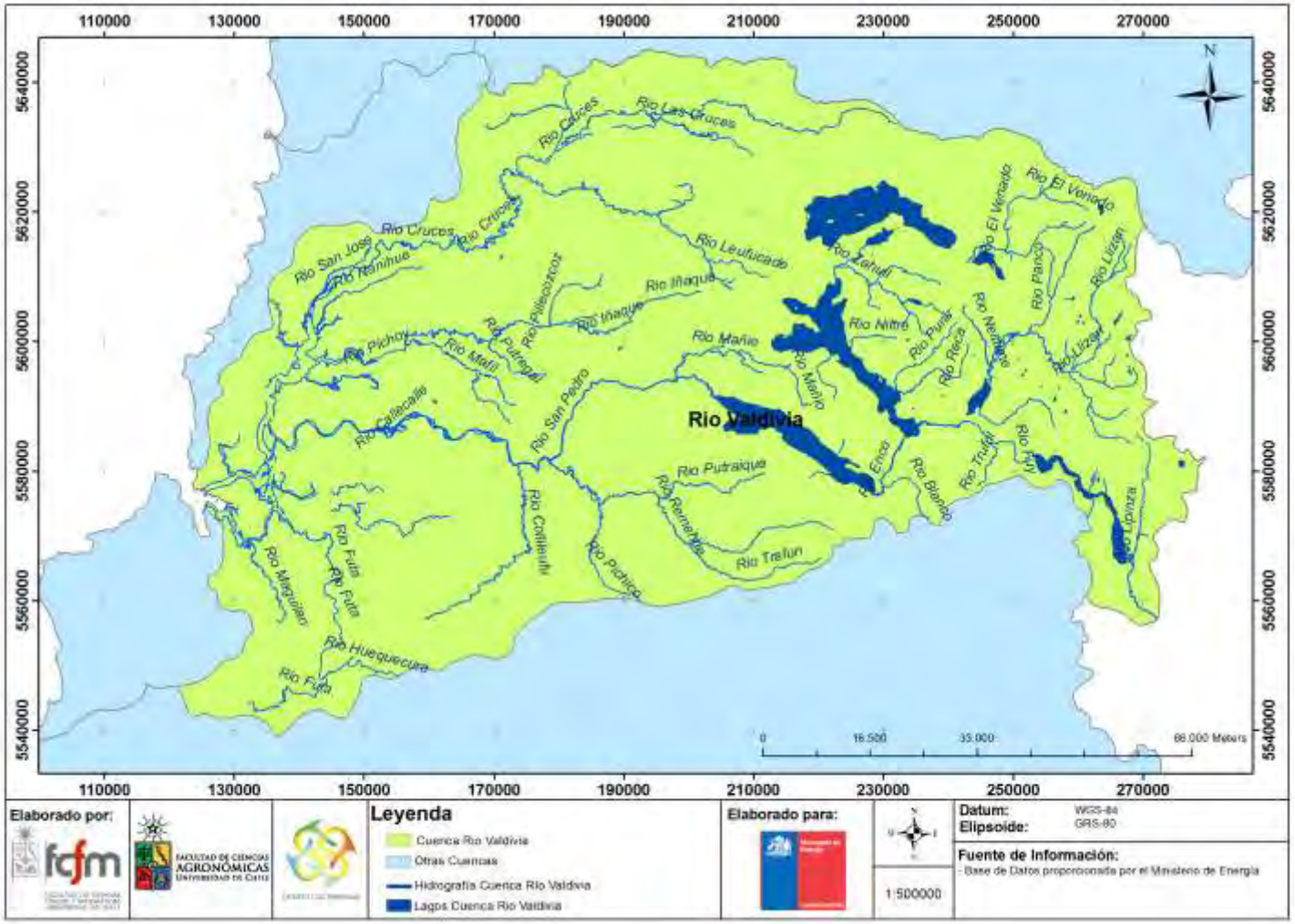
Fuente: Inventario Nacional de Cuencas

Tabla 2.2.Cuerpos de agua mayores al interior de la cuenca del río Valdivia.

Nombre	Area [km²]	Tipo
Lago Calafquén	114,9	Lago principal
Lago Panguipulli	112,8	Lago principal
Lago Riñihue	87,9	Lago principal
Lago Pirihueico	29,5	Lago principal
Laguna Neltume	9,2	Lagos menores
Laguna Pellaifa	7,7	Lagos menores
Laguna Pullingue	6,0	Laguna principal

Fuente: Catastro de Lagos de la DGA

Figura 2.2.Hidrografía, cuenca río Valdivia



Fuente: elaboración propia

Tabla 2.3.Sub-subcuencas de la cuenca del río Valdivia

Nombre sub-subcuenca	Área [km²]
Desagüe Lago Pirehueico	441
Río Fui Entre Desagüe Lago Pirehueico y Río Neltume	88
Río Llizan en junta Río Reyehueico	376
Río Neltume entre arriba Río Reyehueico y Río Fui	372
Río Llanquihue Entre Junta Ríos Fui y Neltume y Desembocadura en Lago Panguipulli	71
Río Coñaripe en Desembocadura Lago Calafquén	310
Desagüe Lago Calafquén desde Desembocadura Lago Coñaripe	441
Río Guanehue Entre Desagüe Lago Calafquén y Lago Panguipulli	272
Lago Panguipulli	503
Río Enco	155
Lago Riñihue	287
Río San Pedro Entre Desagüe Lago Riñihue y Bajo Río Mañio	153
Río San Pedro Entre Río Mañío y Río Quinchilca	284
Río Quinchilca hasta bajo Río Remehue	243
Río Pichico	200
Río Quinchilca entre Río Remehue y Río Pichico	272
Río Quinchilca entre Río Pichico y Río San Pedro	195
Estero Chapuco Hasta Estero Lipingue	574
Río Callileufu Entre Arriba Estero Lipingue y Río Calle Calle	118
Río Calle Calle Entre Junta Río San Pedro y Río Quinchilca Bajo Río Cuicuileufu	226
Río Calle Calle entre Río Cuicuileufu y Río Cruces	182
Río Cruces (San José) Bajo Estero Niguen	645
Río Cruces (San José) Entre Estero Niquen y Río Leufuca	326
Río Leufucade bajo Río Antilhue	380
Río Leufucade entre Río Antilhue y Río Cruces	251
Río Cruces Entre Río Leufucade y Bajo Estero Queuchico	282
Río Cruces Entre Estero Queuchuco y Río Iñaque	301
Río Iñaque Bajo Río Pillecozcoz	237
Río Iñaque Entre Río Pillecozcoz y Río Mafil	328
Río Iñaque (Pichoy) Entre Arriba Río Mafil y Río Cruces	366
Río Cruces entre Río Inaque y Río Valdivia	175
Río Angachillas	299
Río Futa Bajo Estero Catamatun	276
Río Futa Entre Estero Catamatun y Río Tornagaleones	298
Río Tornagaleones	188
Río Valdivia	130

Fuente: CADE-IDEPE Ingeniería Consultores, 2004a

2.1.1.2 *Análisis demográfico*

La información demográfica, se calcula en base a información censal. Ésta última se encuentra a nivel comunal, y no necesariamente coincide con las delimitaciones de las cuencas hidrográficas. Sin embargo, se utiliza una aproximación para realizar un cálculo proporcional de población, según el área que se encuentre al interior de la cuenca por cada comuna. Esto se justifica en que en esta región es posible asumir una distribución de población relativamente uniforme al interior de las comunas.

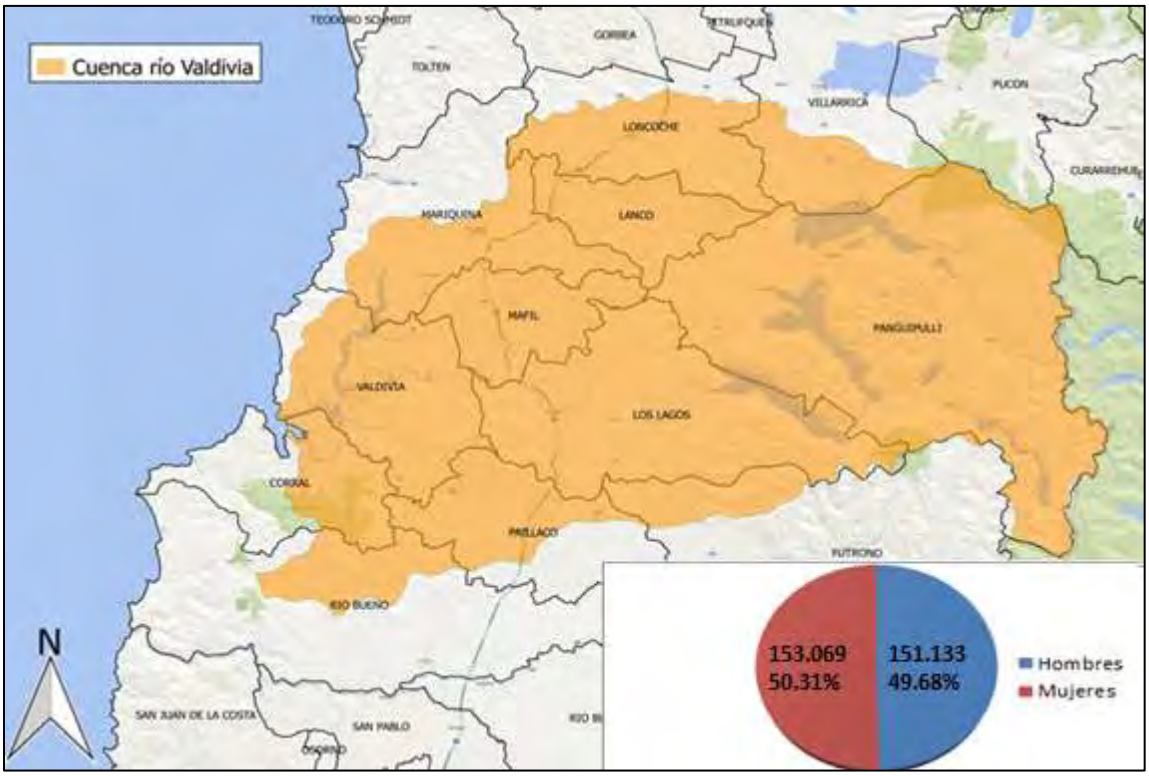
Las comunas que se intersectan con la cuenca del río Valdivia se presentan en la Tabla 2.4, se incorpora la población total y, por lo tanto, porcentual asociada a cada una de las comunas en función del área intersectada con la cuenca. Es importante señalar que esté análisis es correcto individualmente (por comuna) y en ningún caso se deben suponer promedios porcentuales para evaluar un total. Las distribuciones demográficas para la cuenca del río Valdivia se observan en las siguientes figuras, Figura 2.3 y Figura 2.4.

Tabla 2.4.Comunas con alguna parte de su territorio al interior de la cuenca del río Valdivia y su población

Comuna	Superficie [km²]	Superficie que intersecta [km²]	Porcentaje de área en la cuenca intersectado	Hombres	Mujeres	Población Total	Población en la cuenca Hombres	Población en la cuenca Mujeres
Máfil	579	579	100%	3.936	3.524	7.460	3.936	3.524
Lanco	517	517	100%	8.679	8.941	17.620	8.679	8.941
Los Lagos	1.650	1.650	100%	11.637	10.956	22.593	11.637	10.956
Panguipulli	3.306	3.306	100%	18.466	17.942	36.408	18.466	17.942
Loncoche	993	695	70%	11.714	11.711	23.425	8.200	8.198
Mariquina	1.328	688	52%	11.346	10.773	22.119	5.900	5.602
Valdivia	1.026	924	90%	81.700	86.161	167.861	73.530	77.545
Villarrica	1.299	398	31%	27.544	27.458	55.002	8.539	8.512
Futrono	2.245	294	13%	8.425	8.064	16.489	1.095	1.048
Corral	737	349	47%	3.042	2.714	5.756	1.430	1.276
La Unión	2.132	345	16%	22.118	21.173	43.291	3.539	3.388
Paillaco	905	530	59%	10.479	10.404	20.883	6.183	6.138
Total (suma)	16.717	10.275	**61%**	219.086	219.821	438.907	151.133	153.069

Fuente: Censo 2002 y Proyecciones de Población, INE, Digital

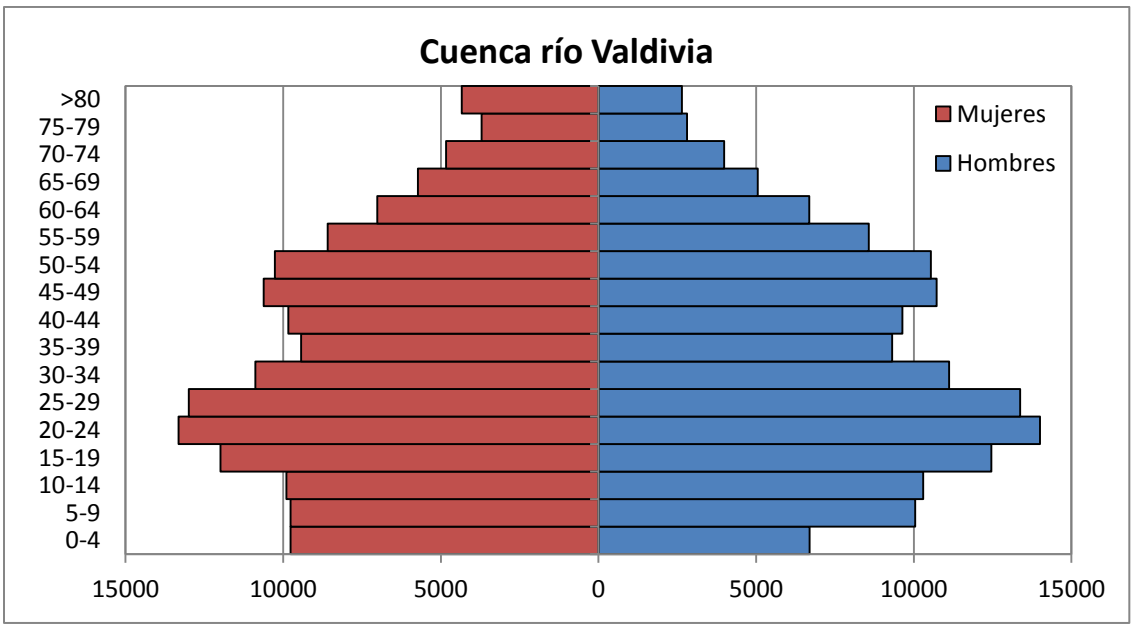
Figura 2.3.Representación y istribuciónde población estimada en la cuenca del río Valdivia



Fuente: elaborada de Censo 2002 y Proyecciones de Población, INE, Digital

El total de la población al interior de la cuenca se estima entonces en 304.202 habitantes.

Figura 2.4.Pirámide de población estimada para la cuenca del río Valdivia



Fuente: elaborada de Censo 2002 y Proyecciones de Población, INE, Digital

2.1.1.3 *Usos del agua*

Los recursos hídricos presentes son utilizados en una gran variedad de usos, tales como agrícola, forestal, industrial, de consumo y generación eléctrica (tanto en plantas hidroeléctricas como termoeléctricas).

En términos de uso consuntivo, el mayor uso es el agrícola, siendo todos los usos nombrados precedentemente bajos, destaca el agrícola como el mayor, a pesar de que se presenta en una superficie muy reducida próxima a la ciudad de Máfil y localidad de Santa Elvira, poblado emplazado en las proximidades del sector de la Junta entre los ríos Cruces y Calle Calle. La Región de Los Ríos al año 2012 se contaba con solo 95 hectáreas de cultivos mayores registradas sembradas, lo que es una superficie despreciable con respecto a otras regiones del país (representa tan solo un 0,04% de la superficie cultivada a nivel nacional con este tipo de cultivos). En el área de los cultivos menores se tiene un poco más de producción, reportándose alrededor de 1.545 hectáreas, lo que representa un 7,7% del total nacional (CIREN, 2012a).

Un cálculo exacto de la superficie plantada en esta cuenca escapa de los alcances de este estudio. Sin embargo, una buena primera aproximación es ver el área total cultivada en la provincia de Valdivia, la cual contiene en su delimitación gran parte de la cuenca del río Valdivia, más la comuna de Valdivia que se encuentra en la Provincia de Ranco. Considerando esto, es posible estimar para la cuenca del río Valdivia un área cultivada de 1.489,3 hectáreas. Adicionalmente, se observa que los métodos de riego reportados son de alta eficiencia en su mayoría (microaspersión, aspersión, goteo), lo que ayuda a disminuir el volumen de recursos hídricos consumidos por esta actividad (CIREN, 2012a).

Por otro lado, la actividad forestal ocupa una gran parte de las actividades económicas de la cuenca. De un análisis similar al desarrollado para el área de agricultura tomando como base la información del Instituto Forestal (INFOR, 2014) para la Región y analizando por provincias y comunas contenidas en la cuenca se obtiene un área de 144.712 hectáreas. Estas plantaciones se ubican geográficamente en el valle central, mientras que en las cordilleras de Los Andes y de Nahuelbuta se tiene mayor presencia de bosque nativo. Sin embargo, debido a que a estas plantaciones no presentan una demanda de recursos hídricos, no representan un interés directo para los fines de este estudio, sino más bien secundario debido a efectos que pudiesen tener sobre la hidrología la cuenca en el caso de presentar cambios importantes (al alterar el uso de suelo dentro de la cuenca, por ejemplo).

Asociado a la industria maderera y a la elaboración de productos tales como celulosa u otros de producción secundaria, se desarrollan algunas actividades industriales al interior de la cuenca. Sin embargo, este uso no parece ser mayor considerando la cantidad de derechos de agua que se encuentran otorgados para este tipo de actividad. Según lo informado por la Dirección General de Aguas, se encuentran otorgados un total de derechos consuntivos de 66,1 l/s con fines industriales, de los cuales 54,3 l/s serían de fuentes superficiales y 11,8 l/s de fuentes subterráneas.

En cuanto al consumo y requerimientos de Agua Potable Rural, estos son múltiples y dispersos a lo largo y ancho de la cuenca. Según la información obtenida desde el SIG disponible de la Dirección de Obras Hidráulicas en su portal[1], la población abastecida total es de 36.752 habitantes, con un total de 38 sistemas en operación al interior de la cuenca.

Sin embargo, a pesar de los múltiples usos presentes en la cuenca, no se encuentran Organizaciones de Usuarios del Agua (tales como Juntas de Vigilancia, Asociaciones de Canalistas y Comunidades de Agua) formalmente constituidas en el Conservatorio de Bienes Raíces o en el Catastro Público de Aguas. Esta cuenca se caracteriza por la existencia de derechos individuales, los cuales extraen el recurso directamente de la fuente natural (esteros o ríos) de forma gravitacional o impulsada por bombas, no existiendo una regulación ni fiscalización de los caudales y volúmenes extraídos, por lo que alguna organización de este tipo es altamente recomendable. Esto se explica,en cierta medida, porque la agricultura no se presenta como una actividad económica tan importante al interior de la cuenca en comparación con lo que ocurre en otras regiones del país. Sin embargo, existen en diversos grados otro tipo de organizaciones, de personas jurídicas de derecho privado, tales como Organizaciones Comunitarias, Comunidades Indígenas y relaciones de Copropiedad de Derechos de Agua. (CNR, 2013).

Los derechos de agua al interior de la cuenca no presentan áreas de restricción o prohibición, según lo registrado en la información pública disponible en la DGA (DGA, anexo digital 2). Sin embargo, un análisis más detallado llevado por el Gobierno Regional de la Región de Los Ríos, define restricciones a nivel de subcuenca, según lo indicado en la Tabla 2.5.

Tabla 2.5.Disponibilidad de caudal para usos consuntivos en el río Valdivia

Subcuenca	Punto de análisis en el cauce	Meses con disponibilidad caudal permanente	Meses con disponibilidad caudal eventual
Río Cruces	Río Leufucade al cierre	8	12
Río Valdivia Alto	Río Llanquihue al cierre	0	0
Río San Pedro	Río Enco al cierre	0	3
Río San Pedro	Río San Pedro (en San Pedro)	0	3
Río San Pedro	Río Quinchilca al cierre	12	12
Río San Pedro	Río San Pedro (antes del Quinchilca)	12	12
Río Calle Calle	Río Collileufu (antes del estero Huichahue)	8	12
Río Calle Calle	Río Collileufu (antes del río Calle Calle)	10	12

Fuente: modificado de MOP (2011)

Un resumen de la cantidad de derechos entregados se presenta en la Tabla 2.6.

[1] http://sit.mop.gov.cl/observatorio/ - Observatorio de la infraestructura y gestión del recurso hídrico, Ministerio de Obras Públicas.

Tabla 2.6.Resumen de derechos de agua asignados en la cuenca del río Valdivia

Tipo de Uso	Derechos Asignados [m³/s]
Consuntivo	94,95
Superficial	86,33
Subterráneo	8,62
No Consuntivo	1.594,8

Fuente:DGA, catastro de aguas

Sobre los usos no consuntivos, del total de 1.594 m³/s asignados, solo 94 m³/s cuentan con finalidad de uso de generación hidroeléctrica, sobre los otros 1.500 m³/s no se tiene información (Figura 2.5)

Una gran parte de los derechos de tipo consuntivo superficial no tienen especificado su fin (cerca del 49% de los derechos asignados corresponden a esta categoría). Le sigue en orden de importancia el uso con fines de riego (37%) y los fines de abastecimiento (12%) (Figura 2.6).

Con respecto a los derechos de tipo consuntivo subterráneos, la mayoría de ellos no presentan un registro de con qué fin fueron asignados (78%). Las mayorías que le siguen en importancia son con fines de riego (17%) y uso doméstico (4,5%). Se observan, además, un par de derechos asignados con fines de uso industrial y otros usos (Figura 2.7).

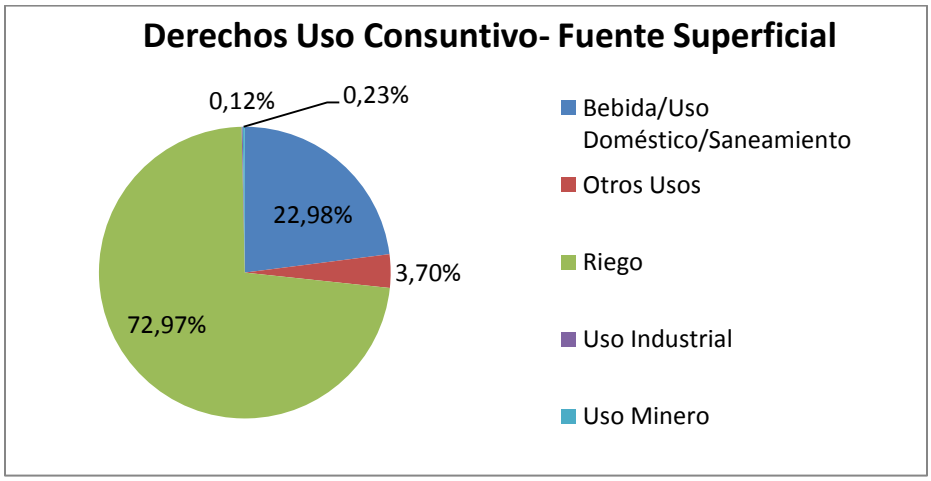
El detalle de cada uno de estos usos se puede encontrar en el Anexo 12.1.

Figura 2.5.Derechos uso no consuntivo



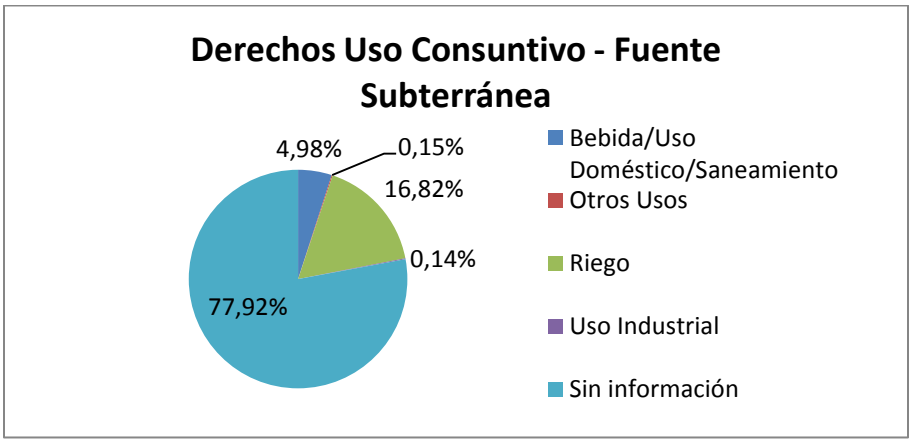
Fuente: elaboración propia en base a DGA, Catastro de aguas

Figura 2.6.Derechos de uso consuntivo, con fuente superficial



Fuente: elaboración propia en base a DGA, Catastro de aguas

Figura 2.7.Derechos de uso consuntivo, con fuente subterránea



Fuente: elaboración propia en base a DGA, Catastro de aguas

2.1.1.4 *Infraestructura*

2.1.1.4.1 Vial

La Región de los Ríos donde se encuentra contenida mayoritariamente la cuenca del río Valdivia cuenta con una buena conectividad vial (3,103 km), con un densidad vial de 0,2 km/km² (más del doble de la media nacional), que permite el fácil desplazamiento al interior de la cuenca (MOP,2010). En esta cuenca existen 368 puentes, según la información obtenida desde archivos SIG manejados por el Ministerio de Obras Públicas (MOP, SIG Puentes). El carácter productivo de

las áreas rurales en función de las actividades agropecuarias y,, forestales y las necesidades de la población son el principal motivo de esto. Sin embargo, tan solo un 21,3% de las redes viales se encuentran pavimentadas (MOP, 2010).

2.1.1.4.2 Hidráulica

Adicionalmente a la gran cantidad de puentes que ayudan a la conectividad vial al interior de la cuenca, se tienen múltiples elementos de infraestructura hidráulica. Dos obras mayores de protección ribereña se ubican en la ciudad de Valdivia, que son el Frente de Atraque de la Costanera y la costanera Valdivia.

El desarrollo de la Red Interlagos definido por el Ministerio de Obras Públicas como un objetivo a lograrse para el año 2020 (MOP, 2010) contempla la mejora y creación de infraestructura portuaria en la región alta de la cuenca, en particular en el sector de los lagos andinos, a través de una red de navegabilidad fluvial turística, con un sistema de embarcaderos públicos, además de la navegabilidad de los principales lagos. Actualmente, en el sector de los lagos andinos se tiene rampas de acceso en Puerto Fuy y Puerto Pirehueico. Se pretende que este último sea, para el año 2020, un complejo fronterizo integrado en plena operación y con un sistema eficiente y seguro de navegación.

Sobre el manejo de aguas lluvias al interior de la cuenca, solo la ciudad de Valdivia cuenta con un Plan Maestro de Aguas Lluvia, a partir del cual se definen los colectores y áreas de cobertura para la evacuación y drenaje de éstas (MOP,2010).

No se encuentran, al interior de la cuenca, obras de embalse con fines de riego según lo que se registra en la información SIG obtenida de la DGA. Sin embargo, en la primera etapa del estudio de cuencas, se ha reconocido, a través de imágenes satelitales la presencia de 10 embalses, de los cuales no se cuenta con mayor información más que su ubicación: (PUC-TECO, 2015). Lo que sí es posible observar de infraestructura asociada a la agricultura es la presencia de canales de regadío, con una longitud total de 35.327 metros (DGA, digital). En conjunto con estos canales, se observan cuatro obras de bocatomas asociadas a ellos, que cuentan con bombas de elevación mecánica. (CNR, digital).

El desarrollo de centrales hidroeléctricas se aborda en mayor detalle la sección de Hidroelectricidad.

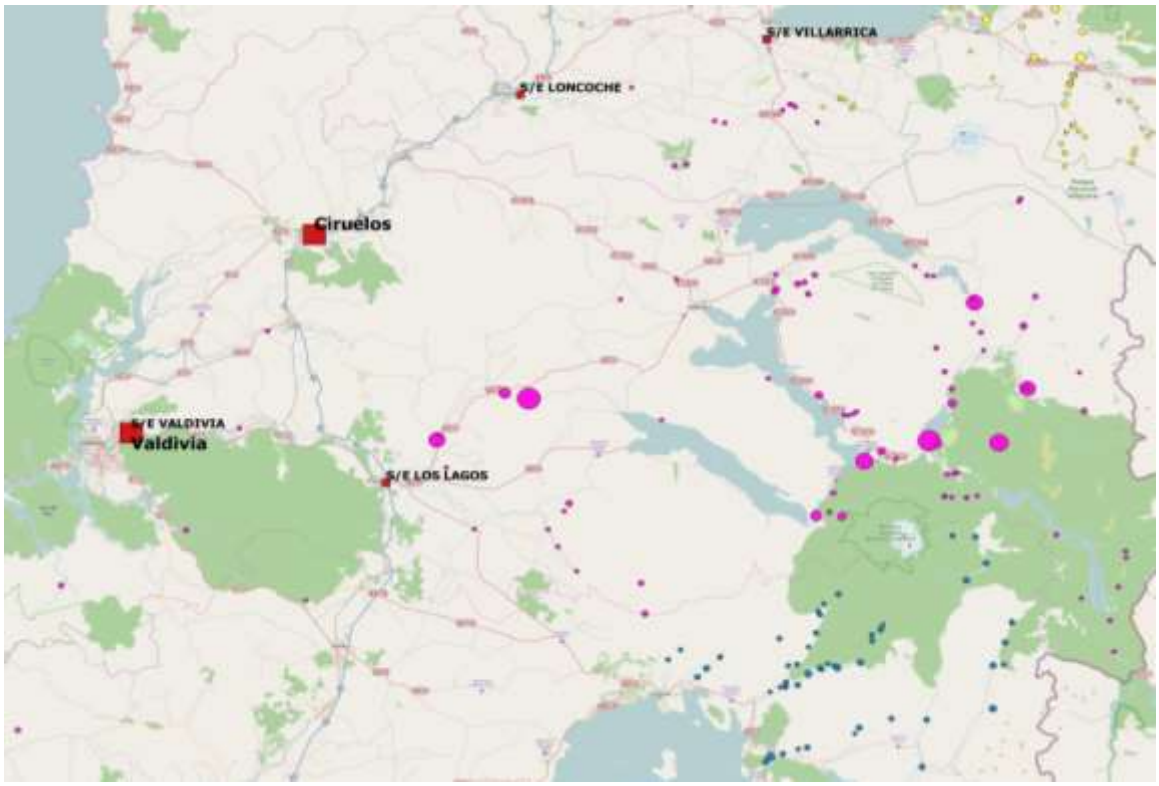
2.1.1.4.3 Transmisión

En esta sección se muestra la infraestructura de transmisión existente, detallando las subestaciones (S/E) pertenecientes al sistema de transmisión troncal (STT) y subtransmisión (SubTx) del Sistema Interconectado Central (SIC), las cuales se rigen por una política de acceso abierto.

En la Figura 2.8 se muestran las barras del sistema de transmisión troncal (cuadrados rojos) y los distintos potenciales hidroeléctricos (en círculos, su tamaño es proporcional a la potencia media de la sub-subcuenca).

Se observa que los potenciales de la cuenca de Valdivia tienen dos S/E de STT asociadas: Valdivia y Ciruelos, ambas energizadas en 220 kV, además de las S/E de SubTx Villarrica, Lonconche y Los Lagos que podrían representar alternativas atractivas de conexión. Los potenciales de esta cuenca presentan cercanía a los potenciales de las cuencas del Toltén y Bueno, lo que podría permitir una (co-)optimización de los recursos de la red eléctrica para evacuar simultáneamente el potencial asociado a varias cuencas.

Figura 2.8.Sub-estaciones cuenca río Valdivia



En la imagen, las barras del sistema de transmisión troncal son los cuadrados rojos - potenciales hidroeléctricos (en círculos púrpura) tienen el tamaño proporcional a la potencia media de la sub-subcuenca.
Fuente: elaboración propia

2.1.1.5 *Sitios de interés natural*

En la cuenca del río Valdivia se encuentran variados sitios de interés para la conservación de la biodiversidad (ver figura 2.9), que deben considerarse en futuros desarrollos hidroeléctricos, por los efectos o impactos que estos podrían tener sobre dichos sitios, así como también por los conflictos que pudiesen presentarse. Entre estos se encuentran áreas protegidas del SNASPE (aquellos ambientes naturales, terrestres o acuáticos que el Estado protege y maneja para lograr su conservación); sitios Ramsar (el más antiguo de los modernos acuerdos intergubernamentales sobre el medio ambiente. La misión de la Convención es " la conservación y el uso racional de los humedales mediante acciones locales y nacionales y gracias a la cooperación internacional, como contribución al logro de un desarrollo sostenible en todo el mundo); registro de humedales del Ministerio del Medio Ambiente (zona de la superficie terrestre que está temporal o

permanentemente inundada, regulada por factores climáticos y en constante interrelación con los seres vivos que la habitan); sitios de Bienes Nacionales (aquellos cuyo dominio pertenece a la nación, es decir, aquellos bienes que estando situados dentro del territorio nacional, pertenecen a todos sus habitantes); sitios IBA (sitios claves para la conservación; lo suficientemente pequeños como para ser conservados en su totalidad y, a menudo ya forman parte de una red de áreas protegidas, son seleccionados por la asociación internacional BirdLife); entre otros, demostrando su importancia a nivel nacional.

Las áreas protegidas (SNASPE) presentes en la cuenca son tres: Parque Nacional Alerce Costero, parte del Parque Nacional Villarrica y la Reserva Nacional Mocho-Choshuenco. En primer lugar, el Parque Nacional Alerce Costero ubicado en la Región de Los Ríos entre las comunas de La Unión y Corral, posee una superficie 249,04 km^2. Este parque se caracteriza, principalmente, porque en periodos glaciales del cuaternario fue utilizado como refugio por distintas especies, resultando un área de gran importancia desde el punto de vista biogeográfico y filogeográfico (CONAF, 2015). Por otra parte, el Parque Nacional Villarrica, ubicado en las comunas de Villarrica, Pucón, Curarrehue (Región de La Araucanía) y Panguipulli (Región de Los Ríos), posee una superficie de 139,95 km^2. Esta área destaca por la importante vegetación endémica que contiene y por ser parte de la iniciativa binacional para crear un corredor para cuidar el medio ambiente entre Chile y Argentina (CONAF, 2015). Por último, la Reserva Nacional Mocho-Choshuenco, ubicada en las comunas de Panguipulli, Futrono y Los Lagos, posee una superficie de 76,64 km^2. Esta reserva se caracteriza por la representación de bosque laurifolio valdiviano y se ha propuesto su expansión como sitio prioritario de conservación para mejorar la representatividad de la vegetación de menor altitud y abarcar los gradientes altitudinales de vegetación y fauna con comunidades espacio-temporales distintas (MMA, 2015).

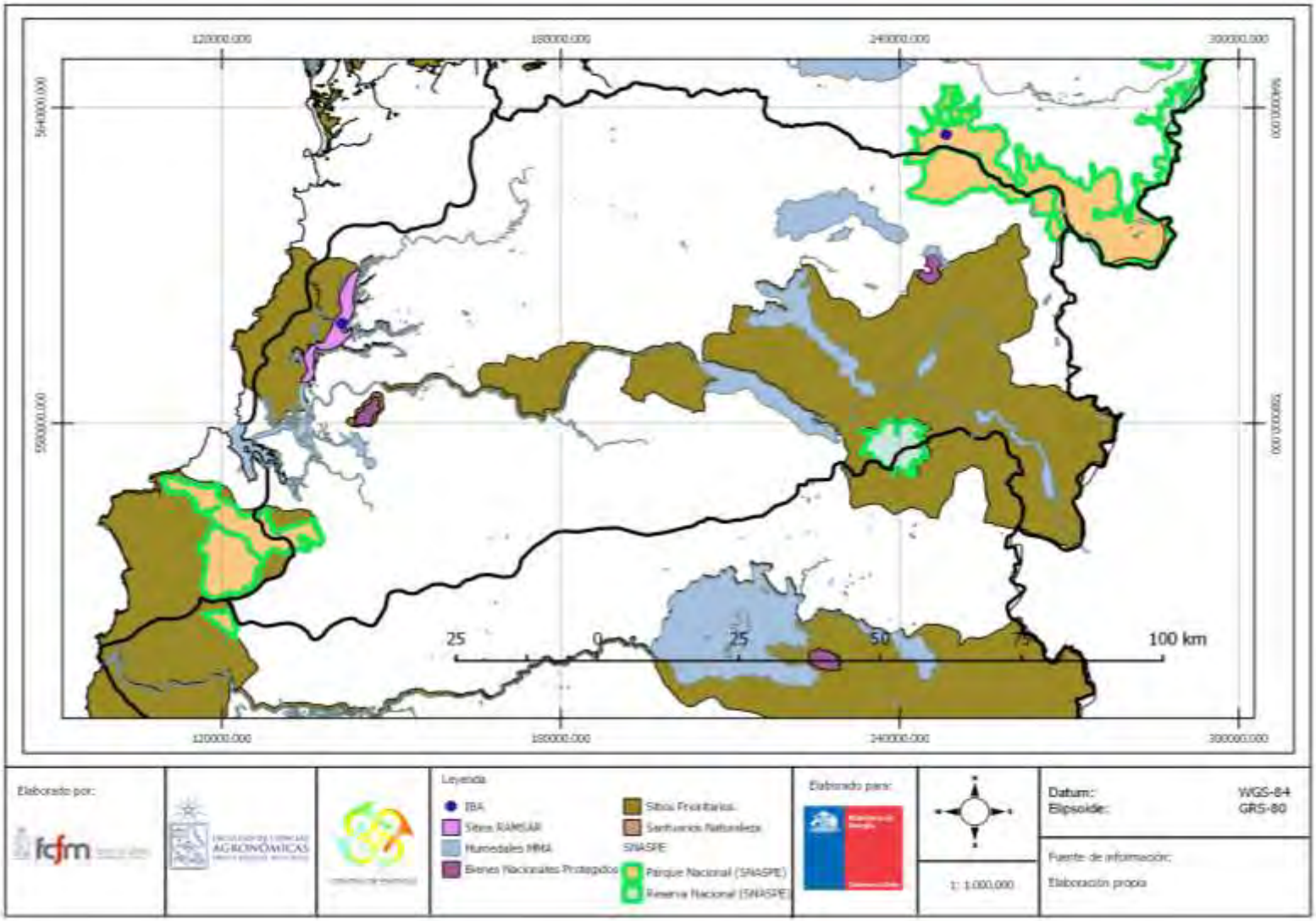
En esta cuenca se encuentran dos áreas clasificadas como Bienes Nacionales protegidos, Llancahue y Pellaifa. La primera corresponde a un área remanente de bosque siempreverde periurbano, rodeada de plantaciones forestales con una fuerte amenaza de expansión humana. Además, es un interesante núcleo aislado de vegetación con comunidades de fauna anfibia, mamíferos y aves de la región costera. La expansión de este bien nacional es considerado como un sitio prioritario de conservación (MMA, 2015). El segundo corresponde a un lago de origen glaciar.

En relación a los sitios Ramsar, esta cuenca cuenta con el Santuario Carlos Anwandter, el cual comprende los humedales de los ríos Cruces y Chorocomayo y posee una superficie de 48,77 km^2. La expansión de este santuario es considerado como sitio prioritario de conservación (MMA, 2015). Entre sus características principales destaca la gran importancia para la alimentación y reproducción de aves acuáticas visitantes y residentes. Además, este santuario mantiene una de las poblaciones más septentrionales existentes de Huillín (*Lontra provocax*) ya que le proporciona un área de dispersión y reproducción (MMA, 2015). Con su posible expansión se pretende dar continuidad fluvial y asegurar el abastecimiento natural de agua (MMA, 2015).

Entre los sitios prioritarios para la conservación destacan Curiñanco; Cordillera de la Costa; Llancahue; corredor ribereño entre los ríos San Pedro y Valdivia; y bosques laurifolios y

caducifolios. Curiñanco, ubicado al norte de la ciudad de Valdivia, corresponde a un área orientada a conservar bosques de olivillo costero, valiosos por su escasez (MMA, 2015). En la Cordillera de la Costa se pretende proteger bosque laurifolios remanentes, aumentar y representar de mejor forma las poblaciones de alerce costero. El corredor ribereño entre los ríos San Pedro y Valdivia apunta a formarse como corredor o mosaico de fragmentos que proteja los cauces menores (MMA, 2015). Se presentan varios sitios como son los humedales, sitios que corresponden a Bienes Nacionales, entre otros, a modo informativo y serán análizados con mayor detalle en el capítulo de ODV, específicamente en los ODV terrestres.

Figura 2.9.Sitios de interés para la conservación de la biodiversidad



Fuente: elaboración propia

2.1.1.6 *Redes de información*

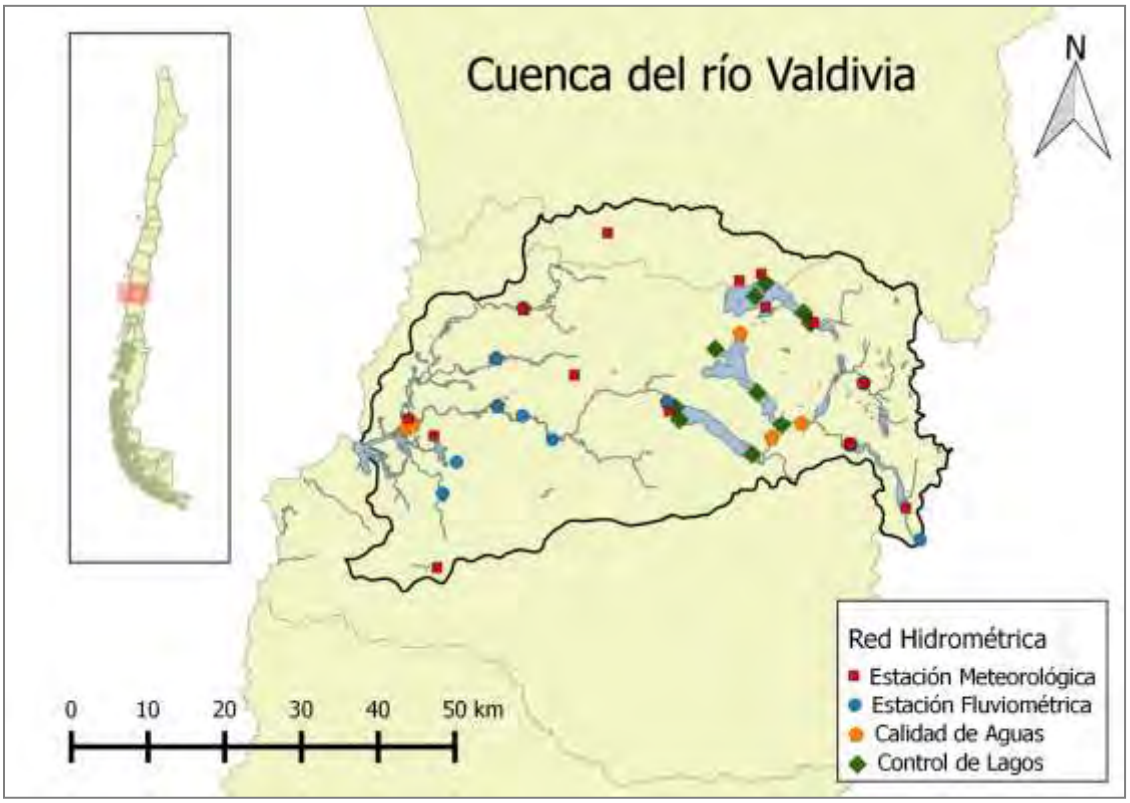
La cuenca del río Valdivia cuenta con una cobertura de estaciones de registro de variables hidro-meteorológicas relativamente alta, distribuidas a lo largo de la cuenca de manera uniforme.

Se tienen al interior de la cuenca un total de 11 estaciones fluviométricas vigentes. Del total de 15 estaciones meteorológicas que hay al interior de la cuenca, dos de ellas llevan registro de temperaturas: una en la parte baja de la cuenca (Universidad Austral) y otra en la parte alta (río Fui en desagüe Lago Pirihueico). Adicionalmente, de éstas tres tienen mediciones de evaporímetro (U. Austral, Lago Riñihue y San José de la Mariquina). La estación Calafquén es la única al interior de la cuenca que lleva un registro nivométrico.

Se cuenta adicionalmente con 11 estaciones de control de calidad de agua, las cuales se encuentran distribuidas uniformemente a lo largo de la cuenca, generalmente ubicadas en los ríos con tan solo tres de ellas ubicadas en las desembocaduras de los lagos.

Tres de los cuerpos lacustres mayores presentan estaciones de control de lagos: el Lago Calafquén presenta cuatro estaciones de monitoreo, el lago Panguipulli, tres, y el lago Riñihue presenta 3 de ellas. Todas las estaciones anteriormente nombradas se muestran en la Figura 2.10. Cabe mencionar que en esta figura se diagraman solamente las estaciones actualmente en funcionamiento y se eliminaron aquellas que están suspendidas en su funcionamiento. Dentro del área, se planifica como apoyo a la gestión y protección de los recursos hídricos del área lacustre realizar tres estudios referidos a información hídrica en la Región, vinculados a lagos, volcanes y glaciares, para una mejor gestión de estos recursos. Estos estudios buscarían un reforzamiento de la red de monitoreo de los lagos y la sustentabilidad turística, un análisis de la vulnerabilidad al riesgo volcánico y el control de glaciares representativos de la cuenca (MOP, 2012).

Figura 2.10.Cobertura de estaciones de registro en la cuenca del río Valdivia



Fuente: DGA, Red Hidro-meteorológica

2.1.2 **Cuenca Río Bueno**

2.1.2.1 ***Descripción general***

La cuenca del río Bueno se encuentra en la región de Los Ríos y en la región de Los Lagos, entre los paralelos 39º50' y 41º05' latitud sur, al sur de la cuenca del río Valdivia. Comprende a las provincias de Valdivia, Osorno y Llanquihue, y abarca una superficie de 15.367 km^2 (CADE IDEPE Consultores en Ingeniería, 2004b).

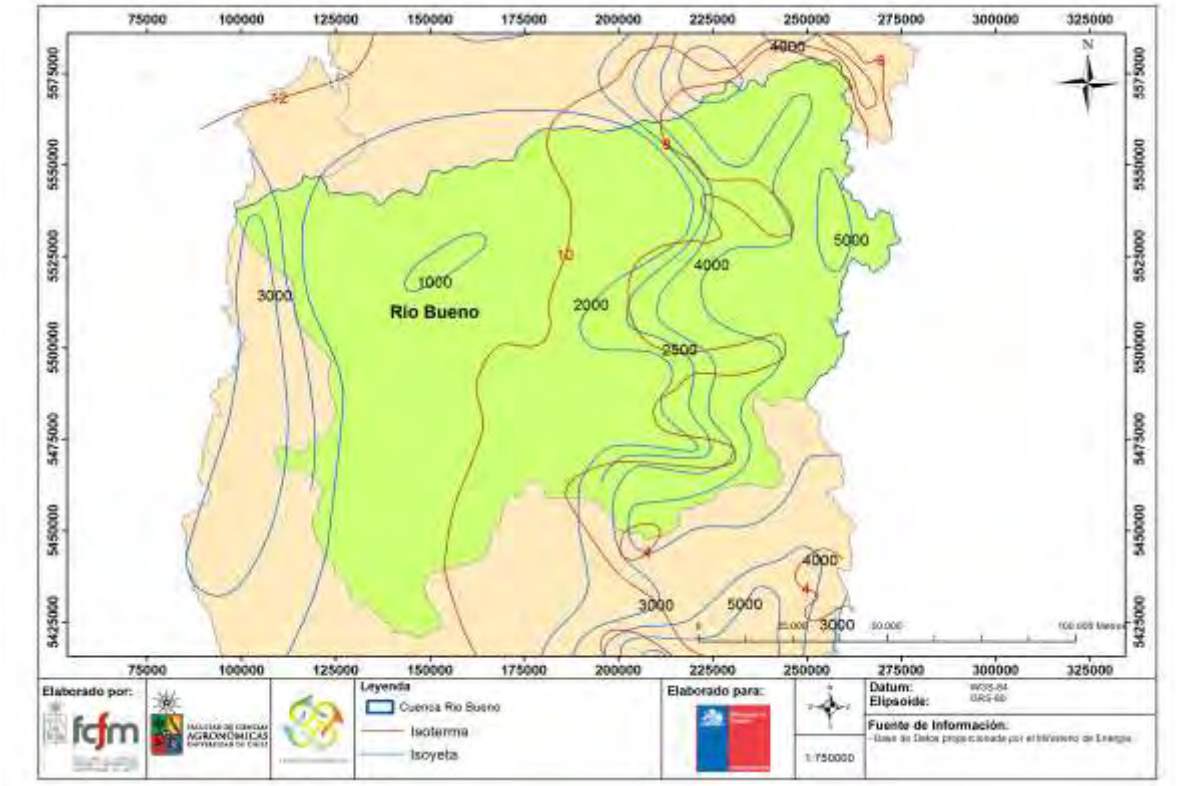
La cuenca pertenece a la Región geomorfológica central lacustre y del llano glacio-volcánico, presentando las siguientes unidades morfológicas de este a oeste: Cordillera volcánica activa, Subregión lacustre de barrera morrénica junto con la Precordillera sedimentaria en paños aislados, Llano central con morrenas de ablación y conos de solifluxión periglacial, Llanos de sedimentación fluvial y Cordillera de la Costa (Errázuriz *et al.*, 1998). Del relieve cordillerano se destacan los volcanes Osorno (2.652 m.s.n.m.), Carrán (1.114 m.s.n.m.) Casablanca (1.990 m.s.n.m.) y Puyehue (2.236 m.s.n.m.) (CADE IDEPE Consultores en Ingeniería, 2004a).

En la cuenca se caracteriza por la presencia de la Región de la Pluviselva Valdiviana, ya que se dan las condiciones propicias para el desarrollo de bosques heterogéneos, densos, con varios estratos, una alta riqueza de especies y elevados niveles de endemismos. También, existe una alta diversidad de helechos, lianas y epífitas (Trivelli, 2014).

La cuenca está inmersa en la zona fitogeográfica "Húmeda, con predominio de vegetación hidrófita arbórea" caracterizada por la alta pluviosidad que aumenta de norte a sur y en altura, y por la dominancia de especies arbóreas altas (40m), hongos, musgos y líquenes (Errázuriz *et al.*, 1998).

Según la clasificación climática de W. Köppen, en esta cuenca se presentan cinco climas. En la sección baja y media se describe un Clima templado cálido lluvioso con influencia mediterránea (Cfsb); en las cercanías de los lagos Ranco y Rupanco se describe un Clima templado cálido lluvioso sin estación seca (Cfb) y un Clima Templado frío lluvioso sin estación seca (Cfc) más al este; en la sección alta de la cuenca (cordillerana) se presenta un Clima templado frío lluvioso con influencia mediterránea (Cfsc) y en las mayores alturas se presenta un Clima de Tundra por efecto de altura (ETH). En general, las precipitaciones ocurren durante todo el año siendo menores en los meses de verano, y la pluviosidad media anual es menor en la sección media de la cuenca (1.000 mm-2.000 mm), puesto que en la sección baja éstas pueden llegar a los 3.000 mm, y en la sección alta aumentan con la altura desde los 2.500 mm hasta los 4.000 mm. La temperatura baja a medida que aumenta la altura, con medias anuales entre 12 °C y 8°C en la sección baja y media de la cuenca, y entre 8°C y 4°C en la sección alta (Ver Figura 2.11) (Ministerio de Obras Públicas (Chile), 1988).

Figura 2.11.Mapa de isoyetas e isotermas, cuenca del río Bueno



Fuente: elaboración propia

La cuenca hidrográfica posee un área de 15.367 km² y es la quinta en tamaño a nivel nacional. Contiene a tres grandes lagos, el lago Ranco (70 m.s.n.m.), el lago Puyehue (212 m.s.n.m.) y el lago Rupanco (141 m.s.n.m.). De éstos, el lago Ranco es el de mayor envergadura, su principal afluente es el río Calcurrupe el cual desagua al lago Maihue, el río Nilahue junto con el río Caunahue también son afluentes importantes del lago (ver Figura 2.12) (CADE IDEPE Consultores en Ingeniería, 2004b).

El río Bueno es el efluente del lago Ranco, recibe sus mayores aportes a través del río Rahue y del río Pilmaiquén, para luego desembocar en el mar tras recorrer 130 km.

El río Rahue nace en el lago Rupanco, y llega al río Bueno tras recorrer 120 km, aportando sus aguas 40 km antes de que el río Bueno desemboque en el mar. El río Rahue drena una superficie importante de la parte sur de la cuenca, recibe las aguas del río Negro en la comuna de Río Negro (110 km de extensión), las aguas del río Damas en Osorno y las aguas del río Coihueco cerca de la localidad de Cancura en la comuna de Osorno (80 km de extensión) (CADE IDEPE Consultores en Ingeniería, 2004b).

El lago Puyehue (212 m.s.n.m.) desagua en el río Pilmaiquén, el que tras recorrer 69 km aporta sus aguas al río Bueno a la altura de la localidad de Trumao (CADE IDEPE Consultores en Ingeniería, 2004b).

En la sección alta de la cuenca, donde se encuentran los afluentes del lago Ranco (ríos Calcurrupe y Nilahue) y el río Coihueco, se describe un régimen pluvio-nival, registrándose los mayores caudales en invierno y crecidas más leves en primavera. En años húmedos las lluvias de invierno hacen que los mayores caudales se concentren en invierno, en los meses de junio y julio, y en primavera, en noviembre y diciembre. En cambio, en años normales y secos, los mayores caudales se registran entre junio y agosto. Tanto para años húmedos, normales y secos el periodo de estiaje es en verano, desde enero hasta marzo (CADE IDEPE Consultores en Ingeniería, 2004b).

La parte media y baja de la cuenca presentan un régimen pluvial, registrándose los máximos caudales en invierno y los mínimos caudales en verano. En los años húmedos los caudales máximos se concentran entre junio y agosto, y los caudales bajos entre enero y abril. En cambio, en años normales y secos, los mayores caudales se concentran entre julio y agosto, y los menores caudales entre marzo y abril (CADE IDEPE Consultores en Ingeniería, 2004b).

Según la información obtenida desde el Inventario Nacional de Cuencas (DGA), la cuenca del río Valdivia se divide en ocho sub-cuencas, las cuales se presentan en la Tabla 2.7:

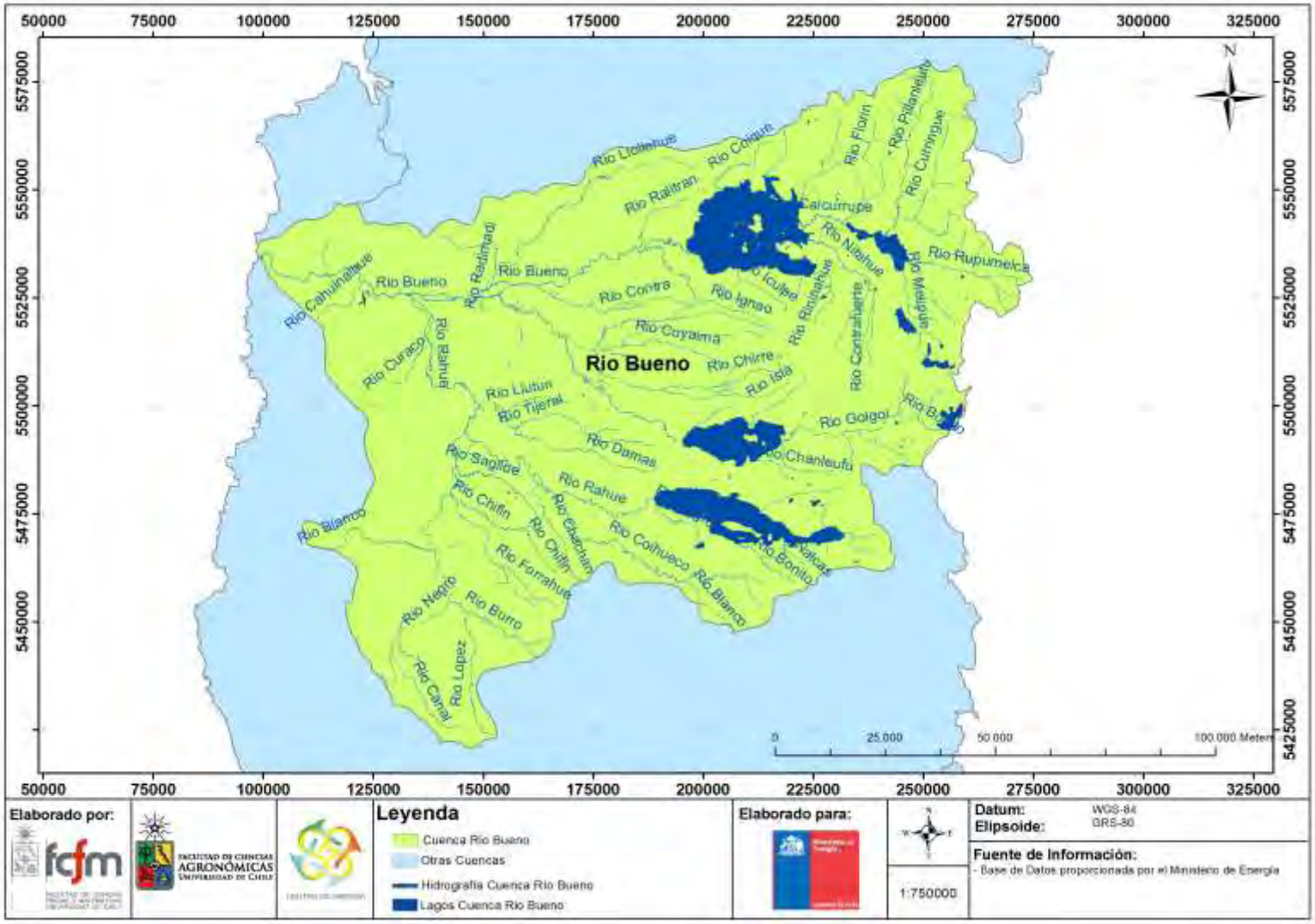
Tabla 2.7.Subcuencas de la cuenca del río Bueno

Nombre Subcuenca	**Área [km²]**
Afluentes Lago Ranco	3.346
Río Bueno entre Lago Ranco y Río Pilmaiquén	1.765
Río Pilmaiquén	2.910
Río Bueno entre Río Pilmaiquén y Río Rahue	407
Río Rahue hasta antes junta Río Negro	2.161
Río Negro	2.576
Río Rahue Bajo	1.485
Río Bueno Bajo	715

Fuente: elaboración propia

A su vez, estas sub-cuencas se encuentran divididas en sub-subcuencas, las que llegan a un total de 44 sub-cuencas, las que se enumeran en la Tabla 2.8.

Figura 2.12.Hidrografía, cuenca río Bueno



Fuente: elaboración propia

Tabla 2.8. Sub-subcuencas de la cuenca del río Bueno

Nombre Sub-subcuenca	Área [km²]
Río Curringue	348
Río Pillanleufu	379
Río Hueinahue	311
Río Melipue	211
Lago Maihue y Río Calcurrupe	342
Río Caunahue	372
Río Nilahue	370
Lago Ranco	1.014
Río Bueno Entre Lago Ranco y Bajo Río Ralitran	360
Río Bueno Entre Río Ralitran y Río Llollehue	611
Río Llollehue Hasta Estero Cuño Cuño	304
Río Llollehue Entre Estero Cuño Cuño y Río Bueno	490
Río Golgol hasta junta Río Pajarito	477
Río Pajarito	199
Río Golgol entre Río Pajarito y Lago Puyehue	236
Lago Puyehue	550
Río Pilmaiquen entre Lago Puyehue y Río Chirre	333
Río Chirre hasta junta Río Quilihue	312
Río Quilihue	373
Río Chirre entre Río Quilihue y Río Pilmaiquen	214
Río Pilmaiquen entre Río Chirri y Río Bueno	216
Río Bueno entre Río Pilmaiquen y Río Rahue	407
Lago Rupanco	1.035
Río Rahue Entre Desagüe Lago Rupanco y Río Coihueco	85
Río Coihueco bajo junta Río Blanco	269
Río Coihueco entre Río Blanco y Río Rahue	414
Río Rahue entre Río Coihueco y Río Negro	358
Río Toro bajo junta Río Norte	337
Río Toro (Maipue) entre Río Norte y Río Lopez	395
Río López	469
Río Negro Entre Río Lopez y Bajo Estero Riachuelo	416
Río Negro Entre Estero Riachuelo y Río Chifin	102
Río Chifin	535
Río Negro entre Río Chifin y Río Rahue	323
Río Rahue Entre Estero Negro y Río Damas	85
Río Damas Hasta Junta Estero Pichidamas	242
Río Damas Entre Estero Pichidamas y Río Rahue	270
Río Rahue entre Río Damas y bajo Estero Forrahue	378
Río Rahue entre Estero Forrahue y bajo Río Curaco	352
Río Rahue entre Río Curaco y Río Bueno	159
Río Bueno entre Río Rahue y Laguna de La Trinidad	149
Laguna de La Trinidad	192
Río Bueno Entre Laguna de La Trinidad y Bajo Estero Molino	200
Río Bueno Entre Estero Molino de Oro y Desembocadura	174

Fuente: elaboración propia

En el catastro de lagos de la DGA, se reconocen al interior de ésta cuenca los lagos principales enumerados en la Tabla 2.9. Se ve que están presentes los lagos anteriormente como lagos principales y se suman otros cuatro más de relativa importancia.

Tabla 2.9. Cuerpos principales de agua de la cuenca del río Bueno.

Nombre	Area [km²]	Tipo
Lago Ranco	424,6	Lago Principal
Lago Rupanco	230,2	Lago Principal
Lago Puyehue	155,6	Lago Principal
Lago Maihue	45,7	Lago Principal
Laguna Constancia	17,7	Lagos Menores
Laguna Huishue	13,3	Lagos Menores
Laguna Gris	10,0	Lagos Menores

Fuente: elaboración propia.

2.1.2.2 *Análisis demográfico*

En la cuenca del río Bueno, al igual que para la cuenca del río Valdivia, la información censal se encuentra a nivel comunal y la delimitación hidrográfica no coincide con las divisiones político-administrativas territoriales en las que se levanta la información censal. Se aprecia gráficamente en la Figura 2.14

Bajo este escenario, se evalúa entonces la intersección de las áreas de las comunas con la cuenca propiamente tal. Las comunas que se intersectan con la cuenca del río Bueno se presentan en la Tabla 2.10, se incorpora la población total y, por lo tanto, porcentual asociada a cada una de las comunas en función del área intersectada con la cuenca (calculado mediante sistemas de información geográfica (SIG)). Es importante señalar que este análisis es correcto individualmente (por comuna) y en ningún caso se deben suponer promedios porcentuales para evaluar un total.

Las distribuciones demográficas para la cuenca del río Valdivia se observan en las siguientes figuras, Figura 2.13 y en la Figura 2.14.

Tabla 2.10.Comunas con alguna parte de su territorio al interior de la cuenca del río Bueno y su población

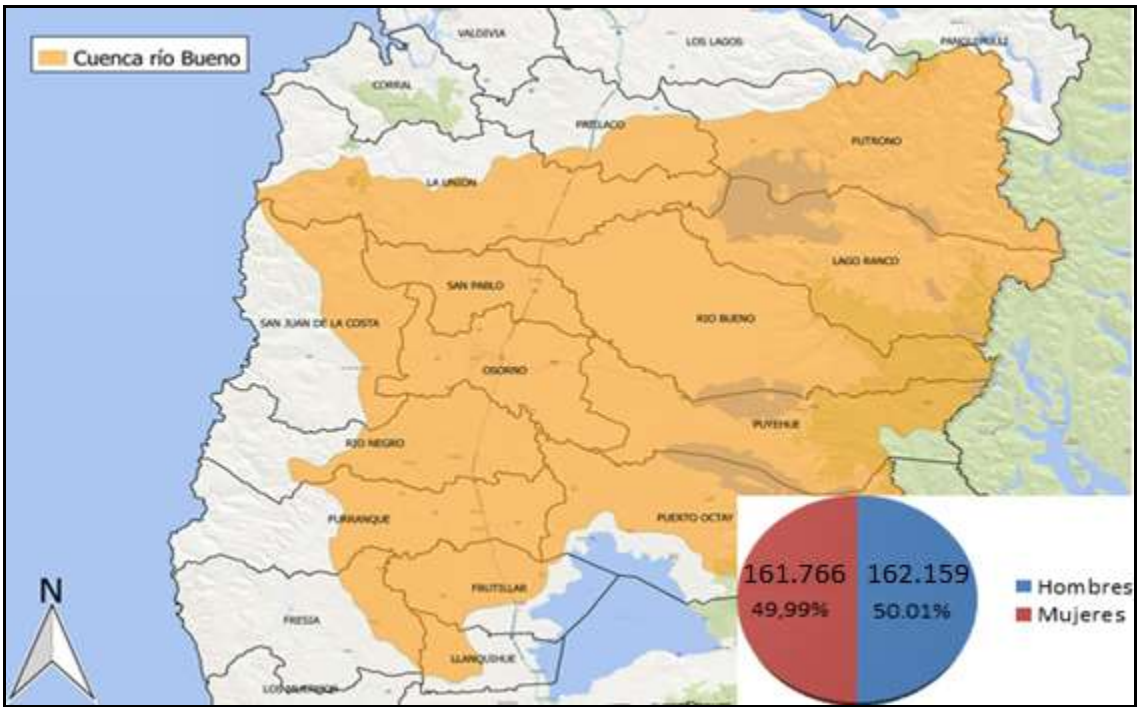
Comuna	Superficie [km²]	Superficie que intersecta [km²]	Porcentaje de área en la cuenca	Hombres	Mujeres	Población Total	Población en la cuenca Hombres	Población en la cuenca Mujeres
Fresia	1.278	247	19%	6.745	6.057	12.802	1.282	1.151
Frutillar	806	487	60%	8.908	8.364	17.272	5.345	5.018
Llanquihue	419	152	36%	9.030	9.053	18.083	3.251	3.259
Osorno	957	957	100%	76.779	80.851	157.630	76.779	80.851

Comuna	Superficie [km²]	Superficie que intersecta [km²]	Porcentaje de área en la cuenca	Hombres	Mujeres	Población Total	Población en la cuenca Hombres	Población en la cuenca Mujeres
Puerto Octay	1.796	1.387	77%	5.179	4.395	9.574	3.988	3.384
Purranque	1.457	806	55%	10.821	10.596	21.417	5.952	5.828
Puyehue	1.590	1.477	93%	5.751	5.301	11.052	5.348	4.930
Río Negro	1.266	791	62%	7.156	6.518	13.674	4.437	4.041
San Juan De La Costa	1.529	641	42%	4.282	3.243	7.525	1.798	1.362
San Pablo	633	633	100%	5.354	5.136	10.490	5.354	5.136
Paillaco	905	375	41%	10.479	10.404	20.883	4.296	4.266
Futrono	2.245	1.946	87%	8.425	8.064	16.489	7.330	7.016
La Unión	2.132	1.415	66%	22.118	21.173	43.291	14.598	13.974
Lago Ranco	1.776	1.771	100%	5.696	5.141	10.837	5.696	5.141
Río Bueno	2.221	2.221	100%	16.706	16.409	33.115	16.706	16.409
Total	21.010	15.306	73%	203.429	200.705	404.134	162.159	161.766

Fuente: Censo 2002 y Proyecciones de Población, INE, Digital.

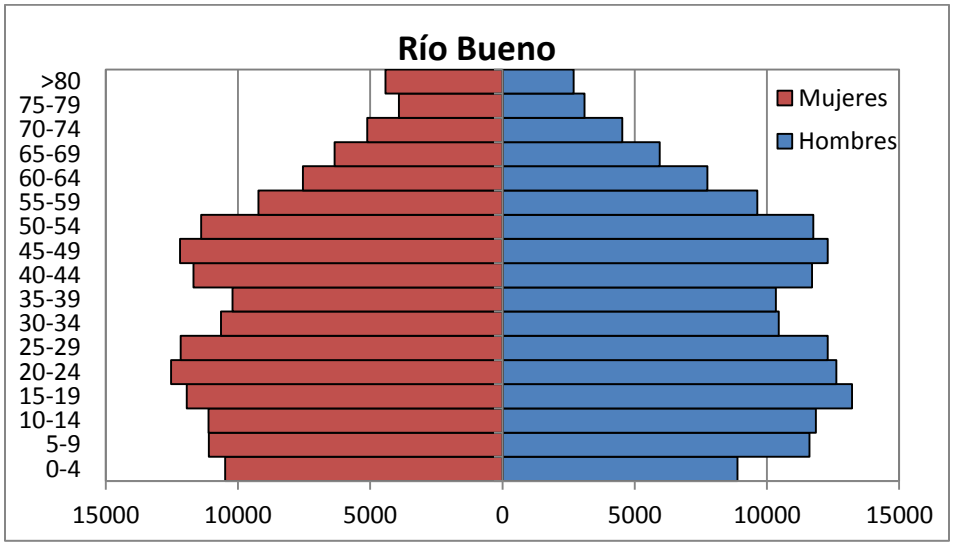
El total de la población al interior de la cuenca se estima entonces en 323.925 habitantes.

Figura 2.13.Representación y distribución de población estimada en la cuenca del río Bueno



Fuente: elaborada en base a Censo 2002 y Proyecciones de Población, INE, Digital

Figura 2.14.Pirámide de población estimada para la cuenca del río Bueno



Fuente: elaborada de Censo 2002 y Proyecciones de Población, INE, Digital

2.1.2.3 *Usos del agua*

En la cuenca se presenta abundancia en la disponibilidad de recursos hídricos y se tiene una relación de disponibilidad/extracción favorable (BM, 2011). Estos recursos son utilizados con diversos fines a lo largo de la cuenca y en gran variedad de usos, tales como agrícola, forestal, industrial, de consumo y generación eléctrica.

Los recursos hídricos con fines de agricultura resultan, al igual que en la cuenca del río Valdivia, un uso menor en comparación a otras regiones más al norte. Sin embargo, presentan una de las mayores tasas de variación en el área cultivada en el periodo 1997-2007 (Banco Mundial, 2011). Esto podría explicarse, principalmente, por la disponibilidad de terreno que puede haber comenzado a usarse con este fin, a diferencia de las regiones al centro del país donde ya casi no queda terreno potencialmente utilizable con estos fines.

Esta cuenca dividida entre las regiones de Los Ríos y de Los Lagos, por lo que es necesario revisar la información de ambas. Al hacer un análisis similar al realizado para la cuenca del río Valdivia considerando el grueso de las comunas que se encuentran dentro de la cuenca (Futrono, Paillaco, La Unión, Lago Ranco y río Bueno), se obtiene un área cultivada de aproximadamente 1.202 hectáreas en la sección de la cuenca que se encuentra en la región de Los Ríos (CIREN, 2012a).

Por otro lado, en la porción correspondiente a la Región de Los Lagos, se tiene que las actividades agrícolas tienen una preponderancia aún menor. Si se compara con el nivel nacional, en esta cuenca se tiene una participación de solo 27,9 hectáreas en el cultivo de especies mayores (un 0,01% del total nacional) y de 1.545,6 hectareas en el cultivo de especies menores (un 4,6% del

total nacional, teniendo una participación menor solamente la Región de Atacama) (CIREN, 2012b). Haciendo un cálculo grueso que considere solamente las comunas abarcadas dentro de la cuenca (Puerto Octay, Río Negro, Frutillar, Llanquihue, Osorno, Purranque, Puyehue, San Juan de la Costa, San Pablo) se tiene un total de 1.368,3 hectáreas cultivadas entre especies mayores y menores al interior de la cuenca. Si bien algunas de las comunas no quedan comprendidas totalmente al interior de la hoya hidrográfica (Puerto Octay, Purranque, Río Negro y Frutillar), en la mayoría de los casos el área comprometida fuera de la cuenca corresponde a terreno que contiene la formación geológica de la cordillera de la costa y donde muy difícilmente se encontrarán cultivos agrícolas por lo que se puede considerar una muy buena aproximación. Se observa un detalle de la superficie cultivada por cuenca en la Tabla 2.11.

Tabla 2.11.Información de área cultivada por comuna en la cuenca del río Bueno

Comuna	Región	Área [há]
Futrono	De Los Ríos	107,4
La Unión	De Los Ríos	490,3
Lago Ranco	De Los Ríos	41
Río Bueno	De Los Ríos	357,5
Paillaco	De Los Ríos	205,8
Frutillar	De Los Lagos	138,1
Llanquihue	De Los Lagos	0
Osorno	De Los Lagos	299,9
Puerto Octay	De Los Lagos	24,2
Purranque	De Los Lagos	300,8
Puyehue	De Los Lagos	100,4
Rio Negro	De Los Lagos	480,6
San Juan De La Costa	De Los Lagos	0
San Pablo	De Los Lagos	162,4
Total	**-**	**2.708,4**

Fuente: elabración propia a partir de CIREN (2012)

Si bien la agricultura resulta una actividad de menor intensidad en comparación con otras regiones, el área cultivada es suficiente para considerarse importante al interior de las dinámicas de la cuenca, lo que se refleja en la situación de los derechos de aguas consuntivos, como se verá en mayor detalle en el punto de disponibilidad legal que se presenta a continuación.

En cuanto a consumo, se tiene al interior de la cuenca una asignación aproximada de 400 l/s que presentan fines de uso industrial. Estos se encuentran, en su mayoría, relacionados con la producción forestal de la cuenca y los productos derivados de esto.

La parte alta de la cuenca, en el sector de los lagos se presenta como un atractivo turístico. Un ejemplo de esto es el sector del lago Ranco. De acuerdo a las estadísticas del Servicio Nacional de Turismo (SERNATUR) el número total de turistas registrados durante el año 2008 en la Provincia del Lago Ranco fue de 1.729, siendo los meses estivales donde se presentan los valores más altos de turistas (DGA, 2011). Situación similar se da en los otros lagos al interior de la cuenca y este tipo de actividades se está desarrollando cada vez más con el apoyo y fomento de la construcción de la red Interlagos, cuyo fin consiste, efectivamente, en promocionar el turismo en la zona. Dentro de los mayores atractivos turísticos de estos lagos se encuentran las actividades de pesca recreativa, lo cual resulta en un uso de los recursos hídricos al interior de la cuenca de difícil medición pero que sin embargo está presente.

De relativa importancia por su impacto ambiental resultan las actividades de pisciculturas desarrolladas en los mismos lagos que resultan de interés turístico. Por ejemplo, en el lago Ranco existen cuatro centros operativos de piscicultura en tierra y dos centros de balsas jaulas (DGA, 2011).

Con respecto al uso de agua con fines de abastecimiento de sistemas de Agua Potable Rural, de la información SIG obtenida desde el portal del MOP, se identifican 57 sistemas en funcionamiento de carácter concentrado y semi-concentrado, que abastecen a una población total de 19.264 habitantes.

Al igual que en la cuenca del río Valdivia, no se encuentran Organizaciones de Usuarios del Agua formalmente constituidas en el CBR o en el Catastro Público de Aguas. Esta cuenca también se caracteriza por la presencia de derechos individuales, los cuales extraen directamente el agua y que no son supervisados ni fiscalizados de ninguna forma. De forma similar, se tienen otro tipo de organizaciones de personas jurídicas de derecho privado, como organizaciones comunitarias, comunidades indígenas y relaciones de copropiedad de derechos de aguas (CNR, 2013).

Los derechos de aguas al interior de la cuenca no presentan áreas de restricción o prohibición, según lo registrado en la información pública disponible en la DGA (DGA, anexo digital 2). Sin embargo, un análisis más detallado llevado por el Gobierno Regional de la Región de Los Ríos, define restricciones a nivel de sub-cuenca, para la sección de la cuenca que se encuentra en su jurisdicción, según lo indicado en la Tabla 2.12.

Tabla 2.12.Disponibilidad de caudal para usos consuntivos en el río Bueno

Subcuenca	Punto de análisis en el cauce	Meses con disponibilidad - caudal permanente	Meses con disponibilidad - caudal eventual
Río Bueno	Río Bueno (sector Curaco, antes de río Bueno)	0	8
Río Calcurrupe	Río Bueno (aguas abajo de confluencia con río Pilmaiquén)	12	12
Río Pilmaiquén	Río Calcurrupe (Aguas abajo de la desembocadura del lago Maihue)	0	0
Río Pilmaiquén	Río Pilmaiquén (sector Central Hidroeléctrica)	0	0
Río Pilmaiquén	Río Pilmaiquén (Antes del río Bueno)	12	12

Fuente: modificado de MOP (2011).

Un resumen de los derechos de agua asignados al interior de la cuenca, clasificados según tipo y origen se muestra en laTabla 2.13.

Tabla 2.13.Resumen de derechos de aguas asignados en la cuenca del río Bueno

Tipo de Uso	Derechos Asignados [m³/s]
Consuntivo	81,73
Superficial	74,13
Subterráneo	7,6
No Consuntivo	1.879,1

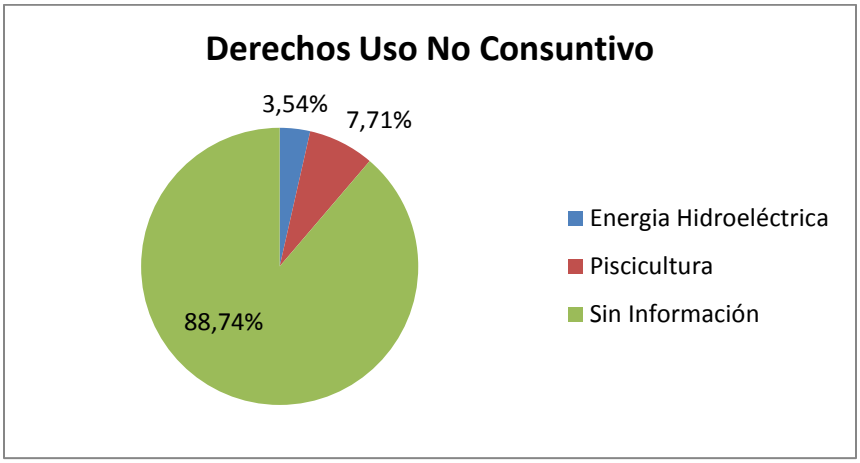
Fuente: modificado de MOP (2011).

Sobre los derechos no consuntivos, la gran mayoría no cuentan con información sobre su objetivo (89%), y, en menor medida, tienen un uso informado para generación hidroeléctrica (8%) y piscicultura (3%), Figura 2.15.

Los usos principales declarados para los derechos de tipo consuntivo y de origen superficial corresponden a fines de riego en una primera mayoría (44.5%), seguido por aquellos de los que no se tiene información (34%) y en tercera mayoría para bebida, uso doméstico y saneamiento (17%). El resto de los derechos se distribuyen entre fines de uso industrial, piscicultura, agropecuario y otros usos diferentes a estas categorías, Figura 2.16.

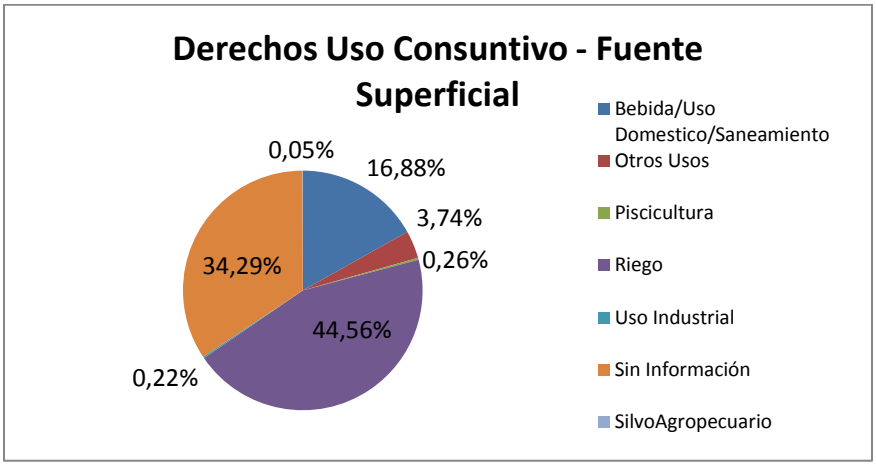
Con respecto a los derechos consuntivos de origen subterráneo, la mayoría de los derechos presentan un objetivo de bebida, uso doméstico y saneamiento (35%), seguido en valores similares por el riego (26%) y aquellos sobre los cuales no se tiene información (27%). Se tienen también asignados derechos en menor medida a actividades de piscicultura, uso industrial y otros usos, Figura 2.17.

Figura 2.15. Derechos de uso no consuntivo en la cuenca del río Bueno



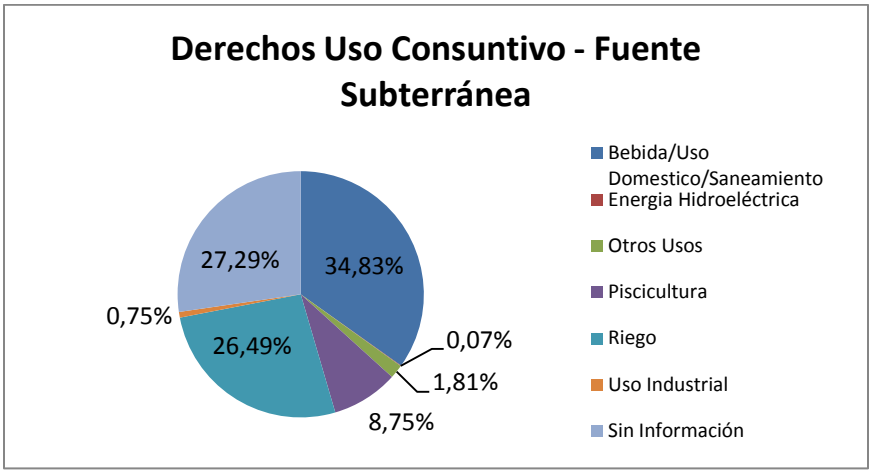
Fuente: elaboración propia en base a DGA, Catastro de aguas.

Figura 2.16. Derechos de uso consuntivo en la cuenca del río Bueno- Fuente Superficial



Fuente: elaboración propia en base a DGA, Catastro de aguas.

Figura 2.17. Derechos de uso consuntivo en la cuenca del río Bueno –Fuente subterránea



Fuente: elaboración propia en base a DGA, Catastro de aguas.

Se presenta un mayor detalle de los derechos de agua asignados en esta cuenca en el Anexo 12.1.

2.1.2.4 *Infraestructura*

2.1.2.4.1 Vial

El análisis realizado para la cuenca del río Valdivia aplica para esta cuenca también, ya que en la región de Los Ríos la distribución de infraestructura vial resulta relativamente uniforme a lo largo de todo su territorio.

Por otro lado, sobre la parte que se ubica en la Región de Los Lagos es necesario desarrollar más en detalle. Esta Región presenta una clara dicotomía en lo referente a infraestructura vial. El sector más septentrional presenta una buena cobertura de caminos, ya sea pavimentados, de ripio o tierra y que se extienden uniformemente a lo largo de la cuenca del río Bueno. La longitud vial al interior de la cuenca es de aproximadamente 2.618 km. considerando los tipos de caminos anteriormente nombrados (MOP, Red Vial, digital). Al interior de la cuenca se tienen 355 puentes. (MOP, Puentes, digital).

A pesar de esto, se planean esfuerzos asociados a la red vial dentro del Plan de Desarrollo Regional, en particular el mejoramiento integral del estándar de la Ruta 215 CH, Osorno-Paso Cardenal Samoré, incorporándolo como parte del eje transversal de conexión con el Pacífico, en Bahía Mansa, para el desarrollo de planes turísticos internacionales. Así mismo, se planea el mejoramiento de caminos indígenas en las Provincia de Osorno y la comuna de Quellón (MOP, 2012b).

2.1.2.4.2 Hidráulica

Dentro de la cuenca del río Bueno se pueden encontrar aproximadamente 5 km. de red de canales asociados a puntos de bombeo (CNR, Red de Canales, Digital).

No se presentan grandes obras de embalses con fines agrícolas al interior de la cuenca según el catastro de embalses manejado por la Dirección General de Aguas.

El desarrollo de centrales hidroeléctricas se aborda en mayor detalle la sección de Hidroelectricidad.

Dentro de la cuenca, la única ciudad que cuenta con un plan maestro de aguas lluvias es la ciudad de Osorno, la cual considera todos los elementos claves y básicos de un proyecto de este estilo.

El plan de desarrollo de la red Interlagos también está presente en esta cuenca (al igual que en la cuenca del río Valdivia). Adicionalmente, para ayudar a la conectividad se pretende desarrollar infraestructura portuaria en los lagos de la cuenca (MOP, 2010).

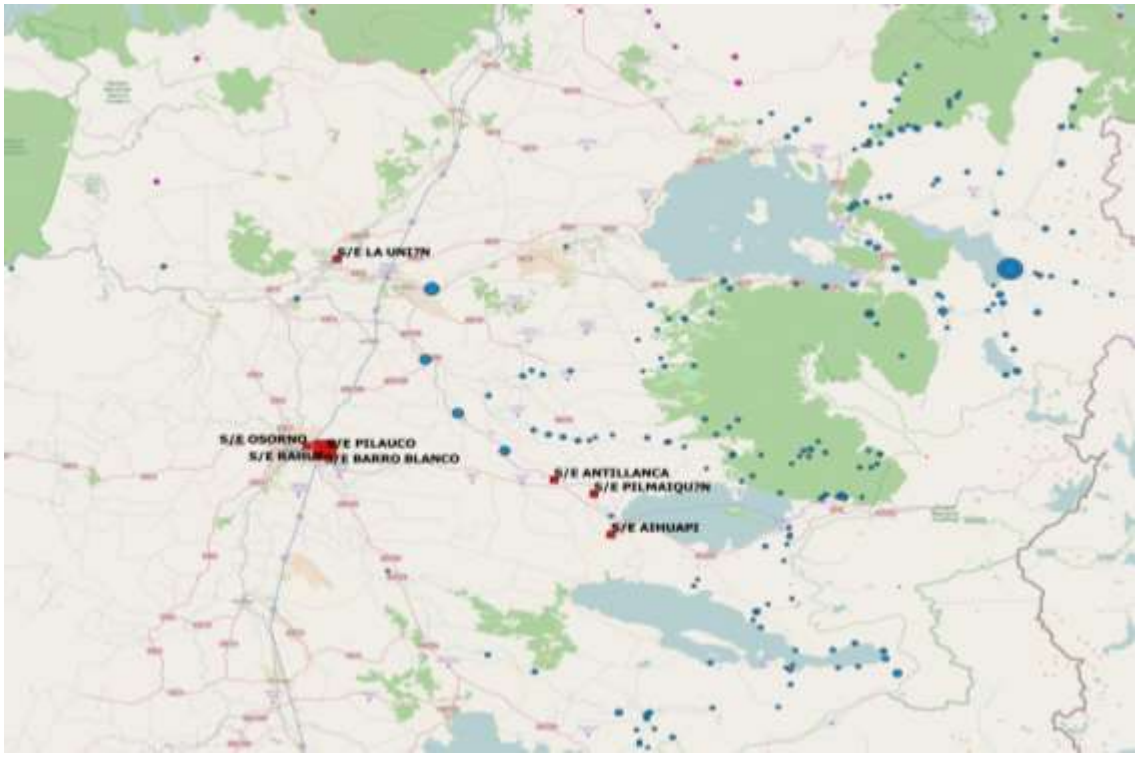
2.1.2.4.3 Transmisión

En esta sección se muestra la infraestructura de transmisión existente, detallando las Sub-estaciones pertenecientes al STT y SubTx del Sistema Interconectado Central (SIC), las cuales se rigen por una política de acceso abierto.

En la

Figura 2.18 se muestran las barras del sistema de transmisión troncal (cuadrados rojos) y los distintos potenciales hidroeléctricos (en círculos, su tamaño es proporcional a la potencia media de la sub-subcuenca).Muestra que esta cuenca presenta un potencial cercano a las S/E del sistema de SubTx Antillanca, Pilmaiquén y Aihuapi y a la S/E del STT Rahue.

Figura 2.18. Subestaciones cuenca río Bueno



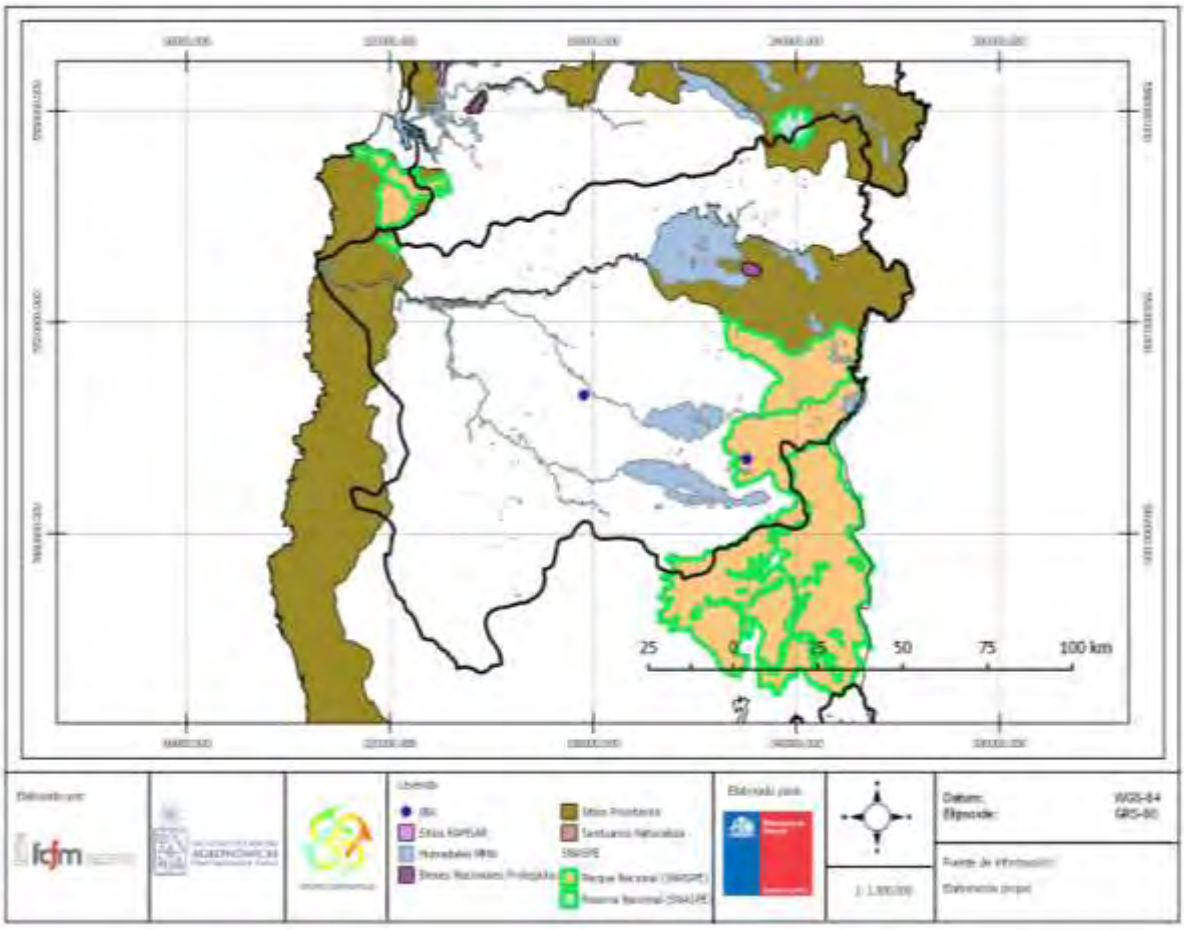
En la figura, las barras del sistema de transmisión troncal son los cuadrados rojos – Los potenciales hidroeléctricos (en círculos azules), tienen el tamaño proporcional a la potencia media de la sub-subcuenca.
Fuente: elaboración propia

2.1.2.5 *Sitios de interés natural*

En la cuenca del río Bueno se encuentran tres áreas protegidas pertenecientes al SNASPE, definidos como aquellos ambientes naturales, terrestres o acuáticos que el Estado protege y maneja para lograr su conservación (Figura 2.19), que corresponden a los parques nacionales Puyehue y Vicente Pérez Rosales y la Reserva Nacional Mocho-Choshuenco. El Parque Nacional Puyehue está ubicado en la comuna del mismo nombre y tiene una superficie de 1.154,34 km^2. Este parque destaca por los bosques húmedos siempreverde con abundante flora nativa (MMA, 2015). Por otra parte, el Parque Nacional Vicente Pérez Rosales se ubica en la Provincia de Llaquihue y tiene una superficie de 2.271,85 km^2. Esta área se caracteriza por la presencia de selva valdiviana virgen, con grandes extensiones cubiertas de árboles nativos (MMA, 2015). Finalmente, la Reserva Nacional Mocho-Choshuenco, ubicada en las comunas de Panguipulli, Futrono y Los

Lagos, posee una superficie de 76,64 km^2.La importancia de esta área está dada por la representación bosque laurifolio valdiviano y su representatividad de la vegetación de menor altitud (CONAMA, 2002). La posible expansión de esta reserva es considerada como sitio prioritario para la conservación.

Figura 2.19. Sitios de interés para la conservación de la biodiversidad, cuenca del río Bueno



Fuente: elaboración propia

Dentro de esta cuenca también es posible encontrar otros sitios importantes para la conservación, como bienes nacionales protegidos y los sitios prioritarios. En primer lugar se tiene al bien nacional protegido Cerro Illi. Por otra parte, se encuentran los siguientes sitios prioritarios para la conservación: la cordillera de la Costa, el corredor andino entre los lagos Huishue y Riñihue y, finalmente, el corredor ribereño del río Bueno. La Cordillera de la Costa pretende proteger bosque laurifolios remanentes, aumentar y representar de mejor forma las poblaciones de alerce costero

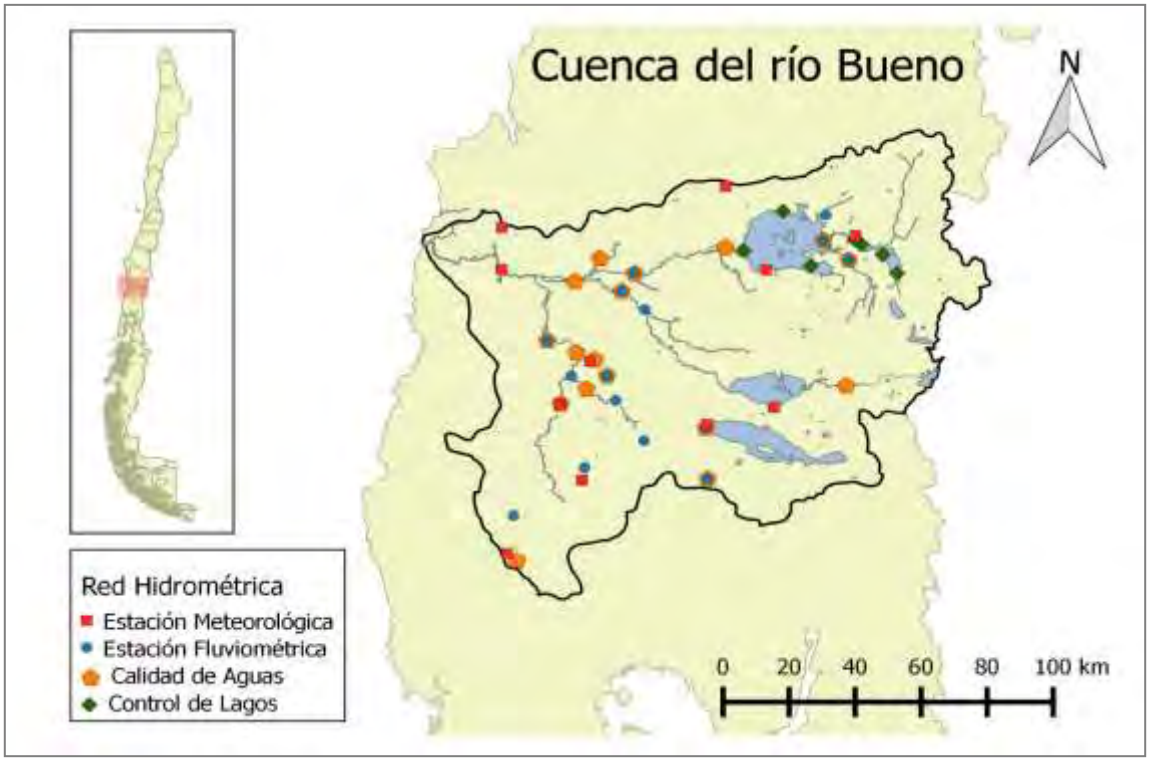
(MMA, 2015). Los últimos dos sitios mencionados destacan por su función como corredores o mosaicos de fragmentos que protejan cauces menores (MMA, 2015).

2.1.2.6 *Redes de información*

La cuenca del río Bueno presenta una red de mediciones relativamente buena (Figura 2.20). En el caso de los registros fluviométricos, se tiene un total de 16 estaciones distribuidas uniformemente al interior de la cuenca, salvo en el sector bajo del río y el área cercana a la desembocadura. De éstas, nueve presentan un registro de 30 años o superior, las cuales han estado en operación desde principios del siglo XX, según la información entregada por la Dirección General de Aguas.

Se encuentran 11 estaciones meteorológicas distribuidas uniformemente a lo largo de toda la cuenca. Sin embargo, este tipo de mediciones son relativamente recientes. Solo tres de ellas presentan un largo de registro superior a 30 años. Todas estas estaciones registran precipitaciones (la mayoría por pluviómetros, aunque hay un par de pluviógrafos en las estaciones Lago Maihue y Adolfo Matthei). Solo una estación registra temperaturas medias y humedad relativa del aire, pero dos registran temperaturas mínimas y máximas. Cinco de ellas tienen evaporímetros pero tan sólo una de ellas mide velocidad del viento. A pesar del importante efecto regulador y su importancia en el régimen hidrológico de las cuencas, sólo dos de los cuatro lagos más importantes al interior de la cuenca presentan estaciones de control: tres en el lago Ranco y cuatro en el lago Maihue.

Figura 2.20.Cobertura de estaciones de registro en la cuenca del río Bueno



Fuente: DGA, Red Hidro-meteorológica

2.1.3 **Cuenca Río Puelo**

2.1.3.1 ***Descripción general***

La cuenca binacional del río Puelo se encuentra en la Región de Los Lagos, provincia de Llanquihue (Chile) y en las provincias de Río Negro y de Chubut (Argentina) entre los paralelos 41°43` y 42°24` de latitud sur y los meridianos 71°13` y 72°12` de longitud oeste (Valladares, 2003). Posee una superficie total de 8.000 km^2, de los cuales 3.000 km^2 pertenecen a territorio chileno y 5.800 km^2 a territorio argentino (Aquaterra Ingenieros Limitada, 2010).

La cuenca pertenece a la región geomorfológica central lacustre y del llano glacio-volcánico, presenta solo la Cordillera volcánica activa como unidad. Aunque no posee volcanes en la cuenca, el más cercano e influyente es el volcán Hornopirén, ubicado al oeste. También se evidencia la actividad volcánica a través de las afloraciones de aguas termales en la cuenca.

La cuenca está inmersa en la zona fitogeográfica "Húmeda, con predominio de vegetación hidrófita arbórea" caracterizada por la alta pluviosidad que aumenta de norte a sur y en altura, y por la dominancia de especies arbóreas altas (40 metros), hongos, musgos y líquenes (Errázuriz *et al.*, 1998).

Insertos en la cordillera de Los Andes se encuentran los lagos: Tagua-Tagua, Azul, Las Rocas, Vidal Gormaz e Inferior, entre otros lagos de menores proporciones.

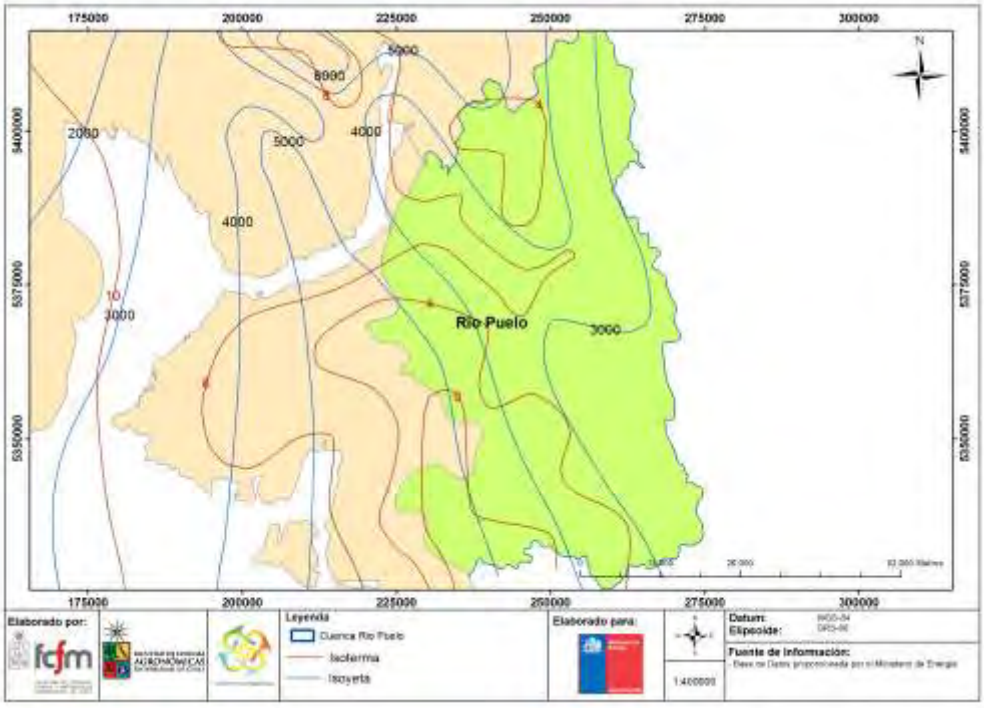
Según la clasificación climática de W. Köppen, en la cuenca se describen tres zonas climáticas de oeste a este:

1) Clima templado cálido lluvioso sin estación seca (Cfb): se desarrolla en las proximidades del Fiordo Reloncaví y del río Puelo chico. Está influenciado por el océano, por lo que la amplitud térmica diaria y anual es baja. La temperatura media anual es de 8° C aproximadamente. En cuanto a las precipitaciones, éstas son elevadas y homogéneas durante todo el año notándose una disminución en primavera. La precipitación media anual es de aproximadamente 4.000 mm., Figura 2.21 (Ministerio de Obras Públicas (Chile), 1987; Errázuriz *et al.*, 1998;).

2) Clima frío lluvioso sin estación seca (Cfc): es la que se presenta en mayor proporción en la cuenca, siguiendo el curso del río Puelo por los valles cordilleranos. La temperatura media anual es de 4°C aproximadamente, y la precipitación media anual es cercana a los 3.000 mm., Figura 2.21 (Ministerio de Obras Públicas (Chile), 1987).

3) Tundra por efecto de altura (ETH): se desarrolla en las cumbres más elevadas de la zona cordillerana, las que permanente están cubiertas por nieve, dando paso a glaciares y a ventisqueros (Errázuriz *et* al., 1998). En esta parte de la cuenca, la temperatura media anual es de 0° C aproximadamente, y la precipitación media anual es de 5.000 mm. aproximadamente, Figura 2.21 (Ministerio de Obras Públicas (Chile), 1987).

Figura 2.21.Mapa de isoyetas e isotermas, cuenca del río Puelo



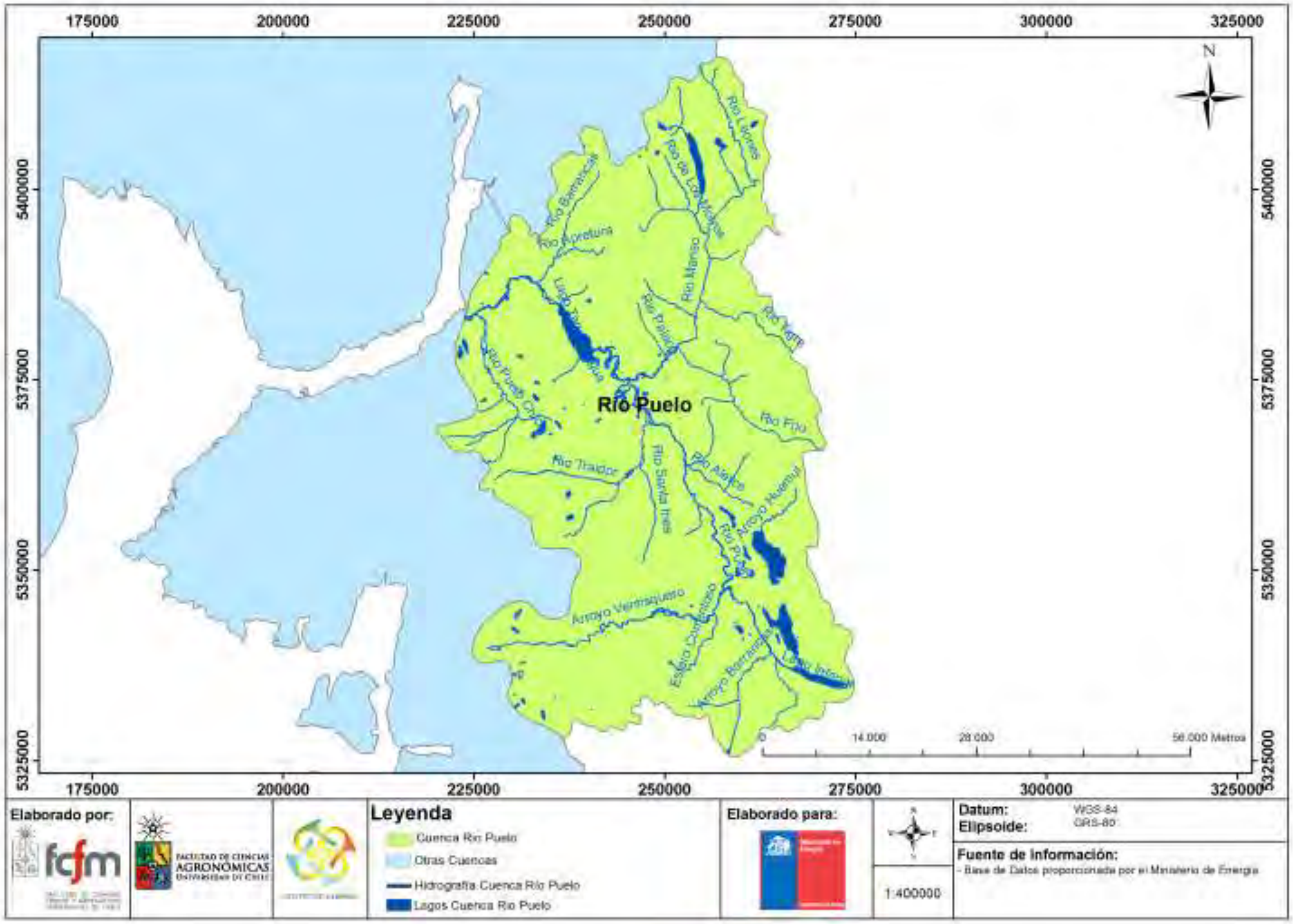
Fuente: elaboración propia

La cuenca hidrográfica del río Puelo tiene una superficie total de 8.800 km^2, de los cuales sólo 3.000 km^2 se encuentran en territorio nacional. Esta cuenca es de gran importancia debido a su potencial hidroeléctrico, y está formada por el río Puelo y el río Manso, los cuales confluyen a 30 km antes de su desembocadura (CONAF, 2014). Se presenta su red hidrográfica en la Figura 2.22.

El río Puelo tiene un caudal promedio de 644 m^3/s (obtenido mediante análisis de caudales comprendidos entre 1943 y 2003 en la estación DGA Carrera Basilio); cerca de su desembocadura en el estuario de Reloncaví, presentando en meses de verano (enero a marzo) un caudal medio de 531 m^3/s. Este río presenta un régimen mixto pluvial nival, obteniéndose máximos caudales en invierno y un peak secundario en primavera tardía (noviembre-diciembre) asociado a derretimientos de nieve (Urrutia et al., 2005).

La definición de las sub-subcuencas que se tienen al interior de la cuenca del río Puelo basada en la DGA se presenta en la Tabla 2.14.

Figura 2.22.Hidrografía, cuenca río Puelo



Fuente: elaboración propia.

Tabla 2.14. Sub-subcuencas de la cuenca del río Puelo

Nombre Sub-subcuenca	Área (km²)
Río Manso entre frontera y Río de Los Morros	142
Río de Los Morros	180
Río Manso entre Río de Los Morros y bajo Río Steffen	150
Río Manso entre Río Steffen y Río Puelo	338
Río Puelo entre frontera y Río Ventisquero	227
Río Ventisquero	534
Río Puelo entre Arroyo Ventisquero y bajo Río Negro	388
Río Traidor	317
Río Puelo entre Río Negro y Río Manso	152
Río Puelo Entre Río Manso y Desagüe Laguna Tagua Tagua	194
Río Apretura	190
Río Puelo Chico	177
Río Puelo Entre Desague Laguna Tagua Tagua y Desembocadura	107

Fuente: DGA, Catastro de Lagos.

Según el Catastro de Lagos de la Dirección General de Aguas, la cuenca tiene en su interior en territorio nacional cinco lagunas que clasifican como lagos menores (Tabla 2.15). Adicionalmente, se tienen otras 63 lagunas menores.

Tabla 2.15. Cuerpos de agua presentes en la cuenca del río Puelo

Nombre	Tipo	Área (km²)
Laguna Azul	Lagos Menores	13,28
Laguna Tagua Tagua	Lagos Menores	12,5
Laguna De Las Rocas	Lagos Menores	9,74
Laguna Vidal Gormaz	Lagos Menores	6,02
Laguna Interior	Lagos Menores	5,08

Fuente: DGA, Catastro de Lagos.

2.1.3.2 *Análisis demográfico*

En la cuenca del río Puelo, al igual que para la cuenca analizadas anteriormente en este estudio, la información censal se encuentra a nivel comunal y la delimitación hidrográfica no coincide con las divisiones político-administrativas territoriales en las que se levanta la información censal.

Bajo este escenario, se evalúa entonces la intersección de las áreas de las comunas con la cuenca propiamente tal. Las comunas que se intersectan con la cuenca del río Bueno se presentan en la Tabla 2.16, se incorpora la población total y, por lo tanto, porcentual asociada a cada una de las comunas en función del área intersectada con la cuenca (calculado mediante sistemas de información geográfica (SIG)). Es importante señalar que esté análisis es correcto individualmente (por comuna) y en ningún caso se debe suponer promedios porcentuales para evaluar un total.

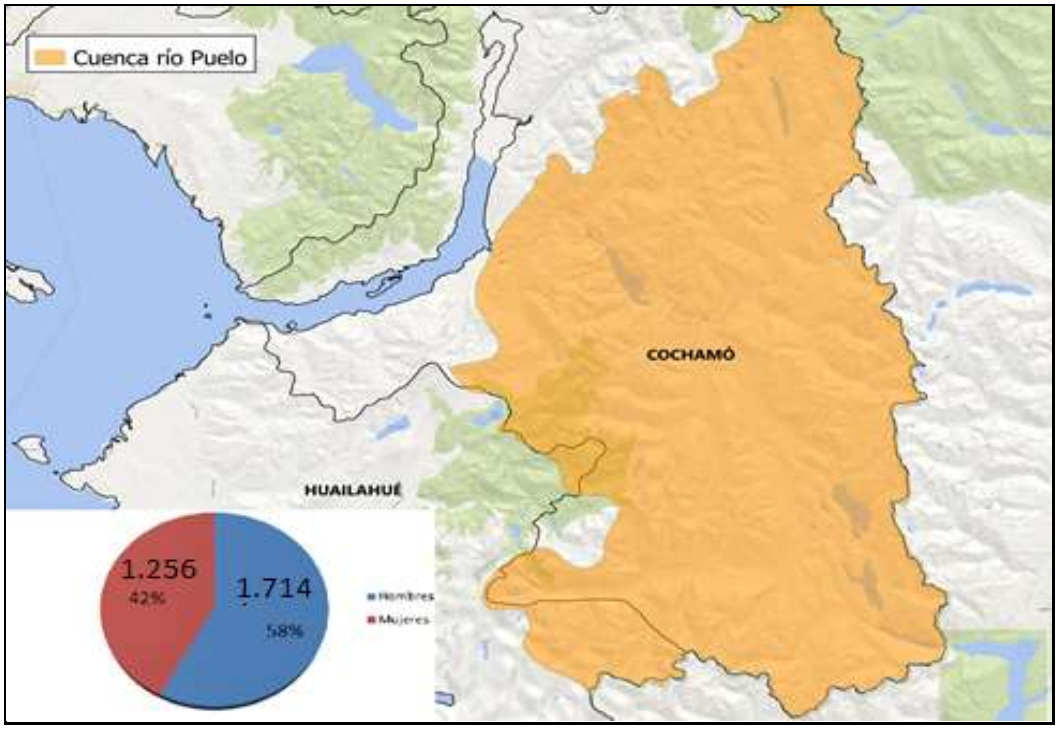
Tabla 2.16.Comunas con alguna parte de su territorio al interior de la cuenca del río Puelo y su población

Comuna	Superficie [km²]	Superficie que intersecta [km²]	Porcentaje de área en la cuenca	Hombres	Mujeres	Población Total	Población en la cuenca Hombres	Población en la cuenca Mujeres
Cochamó	4.022	2.911	72%	2.380	1.744	4.124	1.714	1.256
Hualaihué	2.860	175	6%	5.939	5.112	11.051	*	*
Total (suma)	6.882	3.807	45%	8.319	6.856	15.175	1.714	1.256

Fuente: Censo 2002 y Proyecciones de Población, INE, Digital.

Sin embargo, según la información, solo una proporción mínima de la comuna de Hualaihué se encuentra al interior de la cuenca del río Puelo. Al contrastar con imágenes satelitales respecto del tipo de territorio al que corresponde la superficie ubicada en Hualaihué, se observa que corresponde a un área donde no existen asentamientos. En función de esto, no se considerará para la ponderación de población al interior de la cuenca y solo se considera la proporción aportada por la comuna de Cochamó. De esta forma, se estima que la población total de la cuenca en su porción chilena es de 2.970 habitantes. La información obtenida a través de este procedimiento para la cuenca del río Puelo se presenta en la Figura 2.23 y en la Figura 2.24.

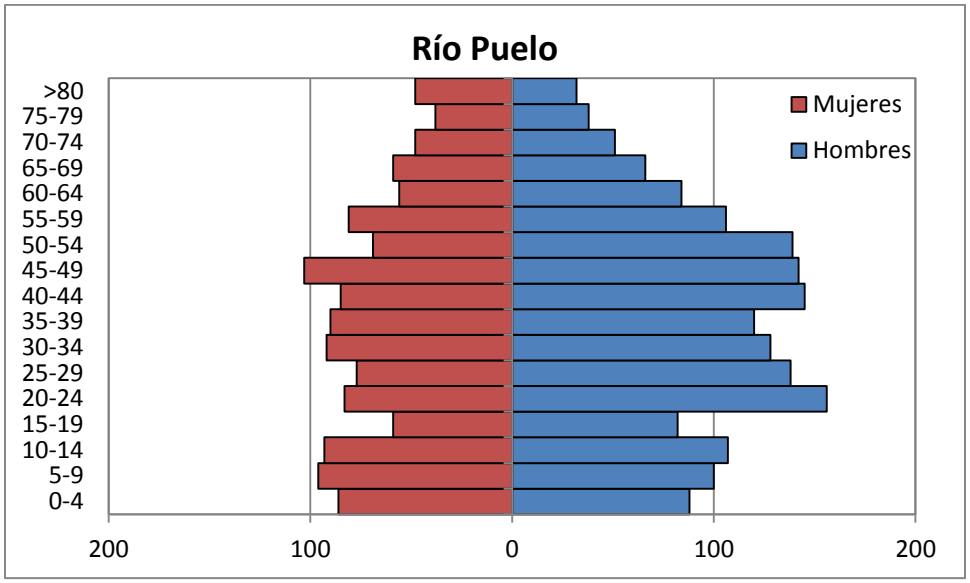
Figura 2.23.Representación y distribución de población estimada por sexo en la cuenca del río Puelo



Fuente: Censo 2002 y Proyecciones de Población, INE, Digital.

El total de la población al interior de la cuenca se estima entonces en 2.970 habitantes.

Figura 2.24.Pirámide de población estimada para la cuenca del río Puelo



Fuente: Censo 2002 y Proyecciones de Población, INE, Digital

2.1.3.3 *Usos del agua*

En el sector argentino, el río Puelo es parte del Parque Nacional Lago Puelo, que, a su vez, es Reserva Mundial de la Biosfera. En el territorio chileno, el río Puelo se inserta en la comuna de Cochamó, donde ha sido clasificado como Zona de Interés Turístico[2], debido a sus importantes atractivos turísticos y paisajísticos.La capital de la comuna Río Puelo, representa el mayor asentamiento urbano al interior de la cuenca. Se registran al interior de la cuenca otros ocho poblados. Todos ellos en conjunto representan el mayor usuario consuntivo de agua al interior de la cuenca.

Al interior de la cuenca se desarrollan actividades de piscicultura, típicas del sector, en los sectores costeros y en algunos de los lagos interiores.

Las actividades turísticas representan una buena parte de las actividades que se dan dentro de la cuenca y representan un uso importante del agua que se considera relevante preservar y sobre el cual se han estado haciendo estudios desde hace un tiempo a la fecha. En el área se practican múltiples actividades tales como la pesca deportiva, floating, rafting, kayak de río, kayak de mar, navegación a vela en el lago Tagua-Tagua, cabalgatas en sus riberas, observación de aves, trekking,entre otras, todas ellas relacionadas de una u otra forma con los ríos de la cuenca.

[2] Concepto de ZOIT, redefinido el 2011. Esta cuenca está en proceso de solicitud de ZOIT. http://www.subturismo.gob.cl/zoit/zoit-en-proceso-de-declaratoria/

Se ha considerado de importancia desarrollar metodologías y determinaciones de cálculo de caudales de reserva turística, para el desarrollo de estas actividades, tanto en ésta como en otras cuencas de las regiones de Los Lagos y de Aysén (DGA, 2010), pues hay preocupación por parte de distintos actores locales (agencias de turismo, municipalidades, entre otras) sobre los potenciales impactos de proyectos hidroeléctricos al interior de la cuenca (DGA, 2010).

Los derechos otorgados en la cuenca se pueden ver en la Tabla 2.17. En ella se puede ver que los derechos consuntivos son muy bajos en comparación con los derechos no consuntivos, producto de la escasa población y casi ausencia de asentamientos y poblados.

El mayor uso consuntivo corresponde a bebida, uso doméstico y saneamiento, tanto en las fuentes superficiales (Figura 2.25) como en las subterráneas (en esta última, casi la totalidad de los derechos se encuentran dentro de esta categoría, ver Figura 2.26). Otro uso importante que registra, según los derechos, es el de actividades de piscicultura, el cual representa casi un 25% de los derechos consuntivos superficiales entregados. En menor medida, se registra la utilización de estos derechos con fines de riego.

La cuenca no está declarada como área de restricción por la DGA, lo que quiere decir que, probablemente, aún pueden solicitarse derechos de aprovechamiento de aguas en la cuenca.

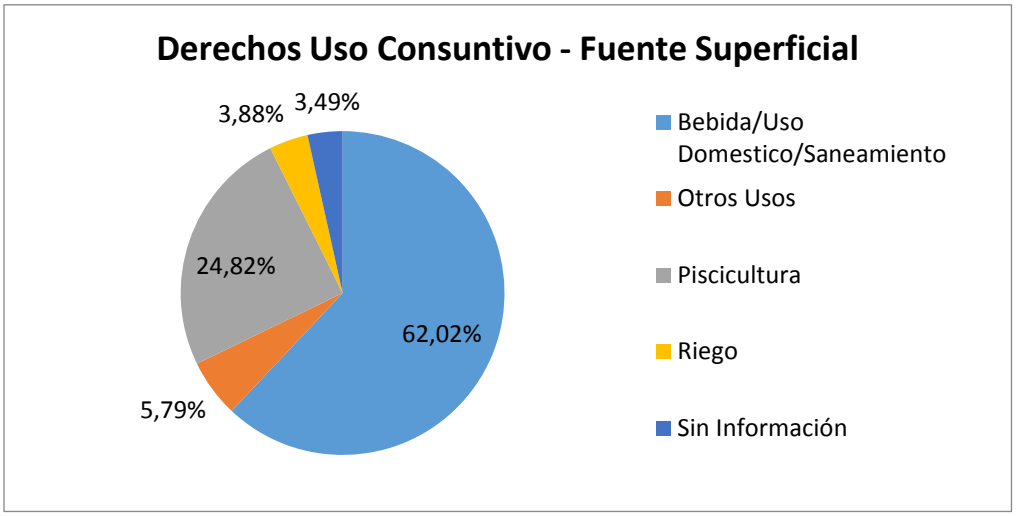
La cuenca no está declarada como área de restricción, lo que quiere decir que presenta oportunidades para la adquisición de nuevos derechos.

Tabla 2.17.Resumen derechos asignados en la cuenca del río Puelo

Tipo de Uso	Derechos Asignados [m³/s]
Consuntivo	1,06
Superficial	0,85
Subterráneo	0,21
No Consuntivo	1.522.6

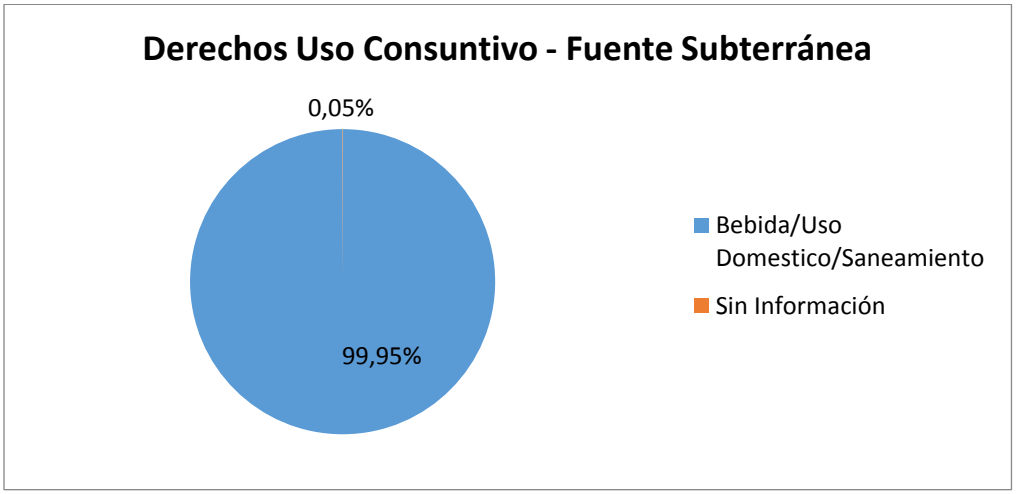
Fuente:DGA, Catastro de aguas.

Figura 2.25.Distribución de usos derechos de agua consuntivos de fuente superficial, según finalidad



Fuente: elaboración propia en base a DGA, catastro de aguas.

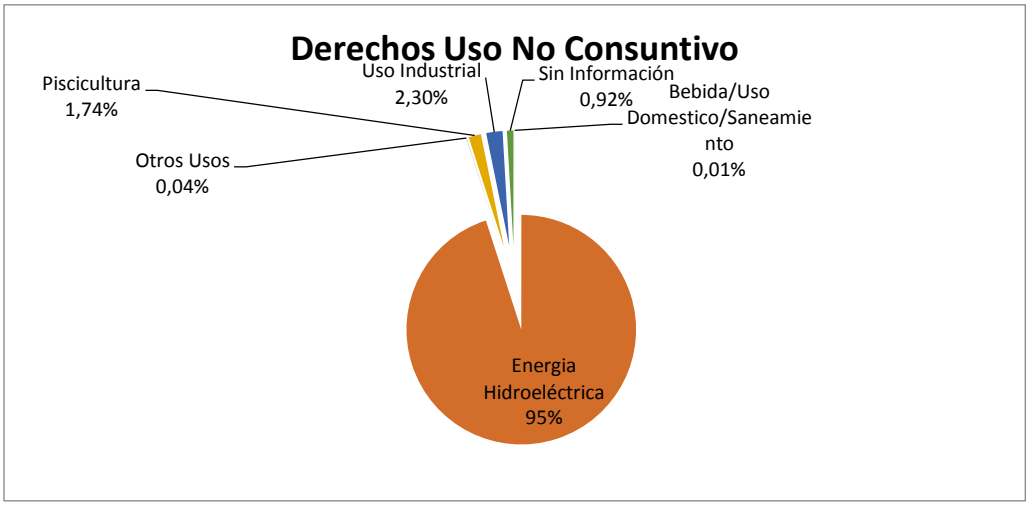
Figura 2.26.Distribución de usos derechos de aguas consuntivos de fuente subterránea, según finalidad.



Fuente: elaboración propia en base a DGA, catastro de aguas.

Los derechos no consuntivos presentan una mayor variedad que en otras cuencas, en lo referentes a los fines con que son utilizados. Si bien la mayoría de los derechos tienen finalidad de generación hidroeléctrica (95%, con 1.446,5 m^3/s), se observa que actividades de uso industrial y piscicultura también están presentes, así como otros usos y actividades de saneamiento (Figura 2.27).

Figura 2.27.Distribución de usos derechos de aguas no consuntivos, según finalidad.



Fuente: elaboración propia en base a DGA, catastro de aguas.

Un detalle de los derechos de agua otorgados, según tipo, finalidad y condición de uso se presenta en el Anexo 12.1.

2.1.3.4 *Infraestructura*

2.1.3.4.1 Vial

El desarrollo vial dentro de la cuenca es bastante bajo, debido a la poca ocupación humana que se tiene en ella. En todo el área se tienen tan solo 100 km de camino según lo que se puede ver informado por el Ministerio de Obras Públicas. No se tiene conectividad vial completa y hay sectores donde es necesario cruzar lagos en barco. La ruta V-69 es la que se utiliza para llegar al pueblo de Río Puelo. Desde Río Puelo salen dos caminos hacia el interior, ambos de ripio: uno que lleva al acceso del Parque Nacional Hornopirén y otro que bordea el curso del río Puelo y que lleva hasta el paso fronterizo con Argentina. Como muestra del estado de la situación vial es posible hacer notar que se tienen solamente siete puentes al interior de la cuenca.

Dentro de los planes proyectados por el MOP en su plan de Chile 2020, se considera continuar con la construcción de la Carretera Austral (Ruta 7); para incorporar, a través del acceso terrestre a toda la provincia de Palena, en la promoción y desarrollo de la actividad turística internacional (MOP, 2010), esto implica el desarrollo y mejora de la ruta y sus condiciones de ripio a camino sellado, lo cual facilitaría considerablemente el acceso. Además, dentro de este mismo plan se considera la pavimentación de caminos transversales que unan Palena y Futaleufú a la red longitudinal, promoviendo el turismo internacional con Argentina y el desarrollo de servicios turísticos de nivel internacional (MOP, 2010).

2.1.3.4.2 Hidráulica

A pesar de la actividad turística, no se cuenta en la cuenca con la infraestructura hidráulica requerida (DGA, 2010), no se tiene accesos a las orillas, falta de embarcaderos apropiados para la práctica de deportes náuticos, entre otras cosas.

A nivel de cuenca no se tienen grandes embalses para riego, ni centrales eléctricas en la zona, hasta el momento, a pesar de haber varios proyectos en cartera que no cuentan con mucho apoyo ciudadano. Ninguno de los poblados presentes en la cuenca cuenta con planes maestros de aguas lluvias.

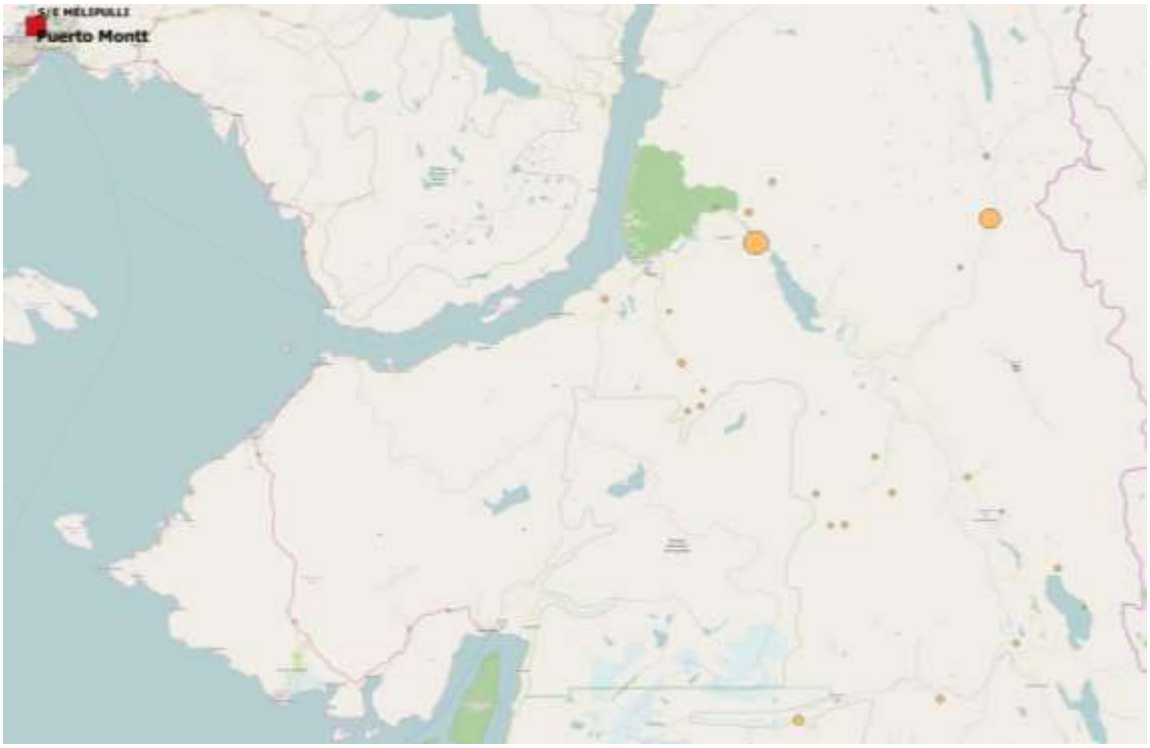
La DGA, en sus archivos digitales SIG, informa de un sistema de agua potable rural concentrado, que beneficia a un poblado cerca de Puelo a 740 personas.

2.1.3.4.3 Transmisión

En esta sección se muestra la infraestructura de transmisión existente, detallando las subestaciones (S/E) pertenecientes al sistema de transmisión troncal (STT) y subtransmisión(SubTx) del Sistema Interconectado Central (SIC), las cuales se rigen por una política de acceso abierto. Se muestran las barras del sistema de transmisión troncal (cuadrados rojos) y los distintos potenciales hidroeléctricos (en círculos, su tamaño es proporcional a la potencia media de la sub-subcuenca).

Según se observa en la Figura 2.28 existe una distancia significativa entre la barra Puerto Montt del STT y los potenciales hidroeléctricos de esta cuenca. Además, se tiene la existencia del fiordo de Reloncaví el cual dificulta los trazados posibles de futuras líneas de transmisión.

Figura 2.28.Subestaciones cuenca río Puelo



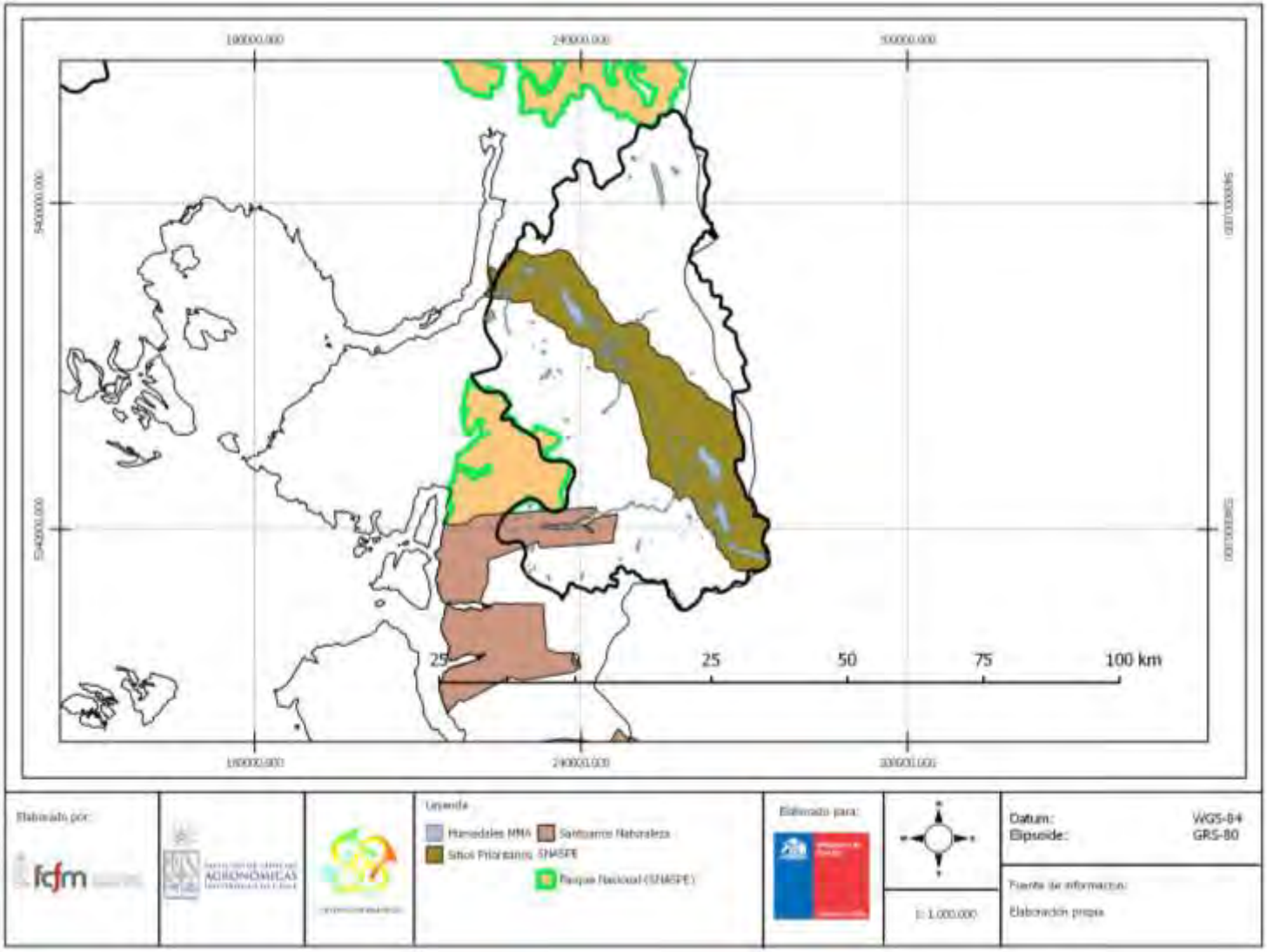
En la figura, las barras del sistema de transmisión troncal son los cuadrados rojos –Los potenciales hidroeléctricos (en círculos amarillos), tienen el tamaño proporcional a la potencia media de la sub-subcuenca.
Fuente: elaboración propia.

2.1.3.5 *Sitios de interés natural*

En la cuenca del río Puelo se encuentra el Parque Nacional Hornopirén, ubicado en la comuna de Hualaihué y con una superficie de 347,74 km^2.Este parque destaca por la presencia de bosque de alerces milenarios (MMA, 2015). (Figura 2.29)

Además, dentro de esta cuenca se encuentran dos áreas de interés para la conservación. La primera corresponde a un porción del un Santuario de la Naturaleza. Estos son sitios 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. Aquí se encuentra una parte del Santuario de la Naturaleza Parque Pumalín, el cual destaca por la presencia de prístinos bosques valdivianos (MMA, 2015). La segunda área de interés corresponde al ecosistema asociado al río Puelo, siendo un sitio de prioritario para la conservación, esto se debe a la alta riqueza de especies, micro-endemismos y endemismos, además un alto nivel de pristinidad y baja amenaza antrópica. En este río se han identificado poblaciones aisladas de *Bufo rubropunctatus*, *Rhinoderma darwini* y *Alsodes gargola* además de *Pleurodema bufonina* (MMA, 2015).

Figura 2.29.Sitios de interés para la conservación de la biodiversidad, cuenca del río Puelo



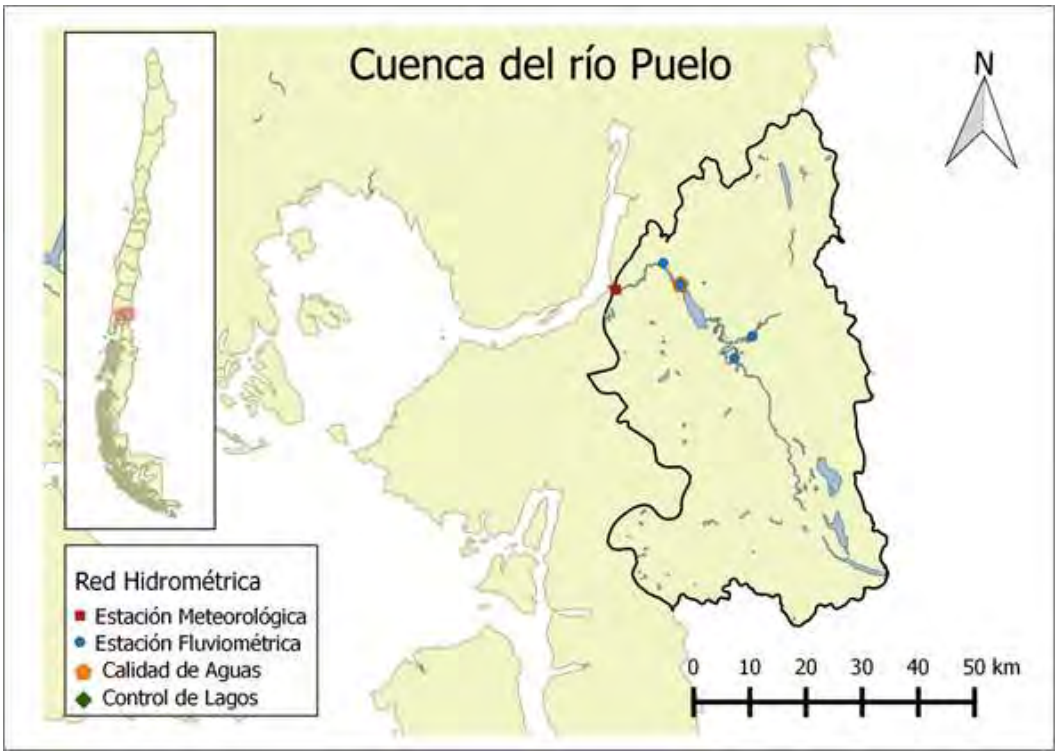
Fuente: elaboración propia

2.1.3.6 *Redes de información*

Se presentan las estaciones de registro presentes en la cuenca del río Puelo en la Figura 2.30. Se observa que la cobertura de estaciones es escasa. Se tienen solo cuatro estaciones fluviométricas, las cuales se concentran en la parte baja de la cuenca. Tres de ellas se encuentran en el río Puelo y la otra en el río Manso. Solía haber una estación en río Manso tras la frontera, pero esta fue suspendida, aunque de todas formas cuenta con un registro de 35 años, que podría resultar una buena fuente de información.

Se tiene una sola estación meteorológica, la estación Puelo, a la salida de la cuenca. Esta estación es relativamente nueva, alcanzando un largo de registro de 19 años. La única estación de calidad de aguas que existe está ubicada en el río Puelo a la salida del lago Tagua Tagua, de igual nombre, presenta un registro de tan solo 14 años, habiéndose inaugurado en el año 2001. A pesar de la gran presencia de lagos no se cuenta con estaciones de monitoreo ni control de ellos.

Figura 2.30.Cobertura de estaciones de registro en la cuenca del río Puelo



Fuente: elaboración propia.

2.1.4 **Cuenca Río Yelcho**

2.1.4.1 ***Descripción general***

La cuenca del río Yelcho es una cuenca trasandina, se encuentra en la Región de Los Lagos (Chile), provincia de Palena, al norte de la cuenca del río Palena, y en la provincia de Chubut (Argentina) entre los paralelos 42º 15' y 43° 40' de latitud sur y los meridianos 70° 55' y 72° 50' de longitud oeste, abarcando una superficie de 11.600 km^2 aproximadamente, correspondiendo 3.900 km^2 al territorio chileno y 7.700 km^2 al territorio argentino (Departamento Administración de Recursos Hídricos (Chile), 2007).

Pertenece a la Región geomorfológica patagónica y polar del *indlandsis* antártico, siendo las Cordilleras patagónicas orientales la única unidad morfológica presente (Errázuriz *et al.*, 1998).

La cuenca está inmersa en la zona fitogeográfica "Húmeda, con predominio de vegetación hidrófita arbórea", caracterizada por la alta pluviosidad que aumenta de norte a sur y en altura, y por la dominancia de especies arbóreas altas (40 m), hongos, musgos y líquenes (Errázuriz *et al.*, 1998).

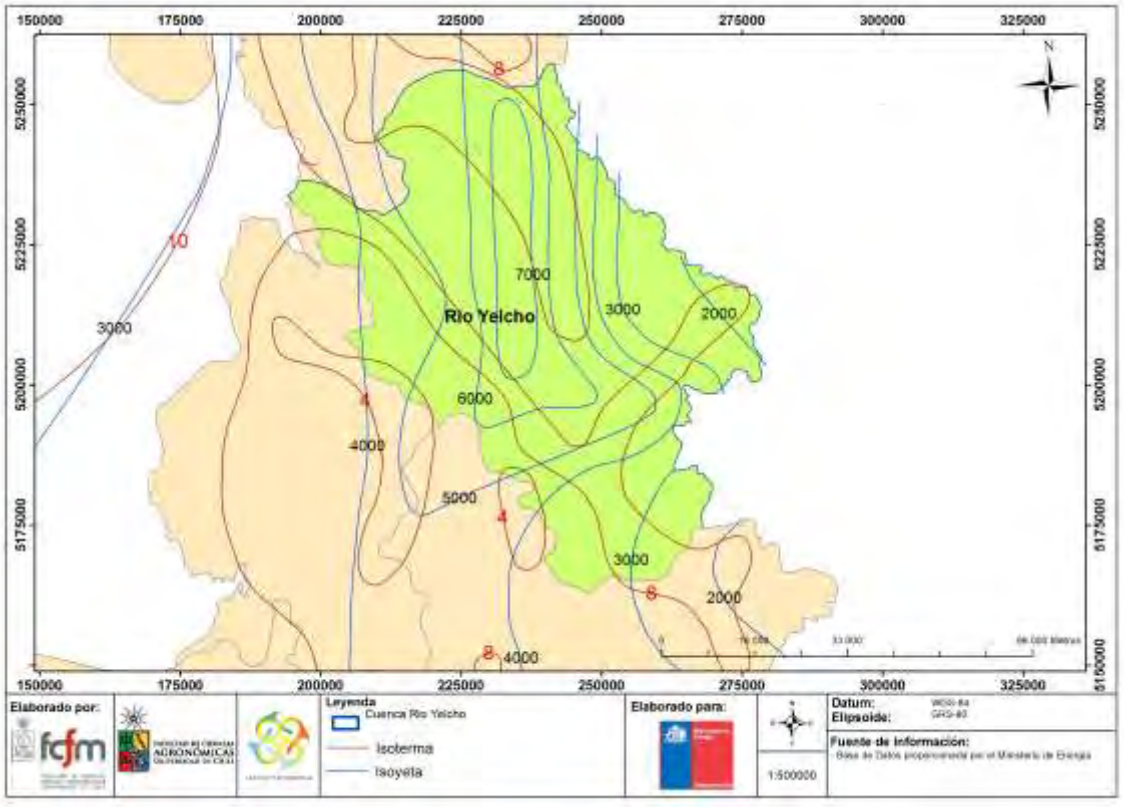
Según la clasificación climática de W. Köppen, en la cuenca se describen dos zonas climáticas de oeste a este:

1) Clima templado cálido lluvioso sin estación seca (Cfb): se desarrolla al este de la cuenca. La temperatura media anual es cercana a los 4°C (Ministerio de Obras Públicas (Chile), 1987; Errázuriz *et al.*, 1998).

2) Clima templado frío lluvioso sin estación seca (Cfc): se desarrolla en las cercanías del lago Yelcho, siguiendo el curso del mismo río. La temperatura media anual es de 8°C aproximadamente y la amplitud térmica es alta (Ministerio de Obras Públicas (Chile), 1987; Errázuriz *et al.*, 1998).

En cuanto a las precipitaciones, éstas son elevadas y constantes durante casi todo el año, puesto que en verano disminuyen marcadamente. Hacia el interior de la cuenca, la precipitación media anual alcanza los 7.000 mm, y a medida que nos acercamos al oeste éstas van disminuyendo hasta llegar a los 4.000 mm aproximadamente, asimismo hacia el sur hasta llegar a los 3.000 mm y hacia al este hasta llegar a los 2.000 mm (Figura 2.31) (Ministerio de Obras Públicas (Chile), 1987).

Figura 2.31.Mapa de isoyetas e isotermas, cuenca río Yelcho



Fuente: elaboración propia.

La cuenca del río Yelcho abarca una superficie estimada de 11.600 km^2, de los cuales 3.900 km^2 corresponden a la porción chilena y 7.700 km^2 a la parte argentina (Departamento Administración de Recursos Hídricos (Chile), 2007).

El río Yelcho tiene un largo de 246 km y tiene un caudal medio anual de 360 m^3/s (Ávila, 2013). Este río desemboca a los 43° de latitud sur en el sector de Palena, recibiendo los aportes del río Malito, río Espolón y río Michimahuida (Figura 2.32) (CONAF, 2014). El Departamento de Administración de Recursos Hídricos de Chile en el año 2007 realizó un estudio hidrológico de la cuenca con las estaciones fluviométricas DGA Río Futaleufú en Futaleufú, Río Futaleufú ante junta Río Malito y Río Yelcho en desagüe Lago Yelcho. En este estudio se aprecia que la cuenca presenta en estas estaciones un marcado régimen pluvial en años húmedos, es decir, debido a las precipitaciones alcanzan sus máximos caudales en invierno. Sólo la estación Río Futaleufú en Futaleufú presentó un régimen del tipo Nivo-Pluvial, es decir, presenta sus mayores caudales en invierno debido a las precipitaciones y en primavera al producirse los deshielos cordilleranos.

Este mismo estudio presentó que para un año seco, los regímenes que preponderan son el pluvial y el nival, es decir, los máximos caudales se encuentran en invierno y primavera debido a precipitaciones y deshielos cordilleranos, respectivamente.

Los registros hidrológicos al interior de la cuenca presentan un marcado régimen pluvial en los años húmedos, donde los meses de mayor caudal corresponden a invernales,exceptuando el río Futaleufu que tiene un régimen nivo-pluvial, es decir, que presenta sus mayores caudales en primavera debido a los deshielos cordilleranos (DGA, 2007).

Según el ¨Inventario Nacional de Cuencas de la DGA¨, la cuenca del río Yelcho presenta dos subcuencas (Tabla 2.18) y 9 sub-subcuencas (Tabla 2.19).

Tabla 2.18.Subcuencas de la cuenca del río Yelcho

Nombre Subcuenca	Área (km²)
Río Futaleufú	1.922
Río Yelcho	2.162

Fuente: Inventario Nacional de Cuencas de la DGA.

Tabla 2.19.Sub-subcuencas de la cuenca del río Yelcho

Nombre Sub-subcuenca	Área (km²)
Río Blanco y Río Espolón Hasta Desembocadura Lago Espolón	301
Lago Espolón y Río Espolón en junta Río Futaleufú	301
Río Futaleufu entre frontera y Río Azulado	340
Río Futaleufu arriba Río Azulado y Río Azul	412
Río Futaleufu entre arriba Río Azul y Lago Yelcho	568
Lago Yelcho	845
Río Yelcho Entre Desagüe Lago Yelcho y Río Amarillo	498
Río Amarillo	611
Río Yelcho entre Río Amarillo y desembocadura	209

Fuente: Inventario Nacional de Cuencas de la DGA.

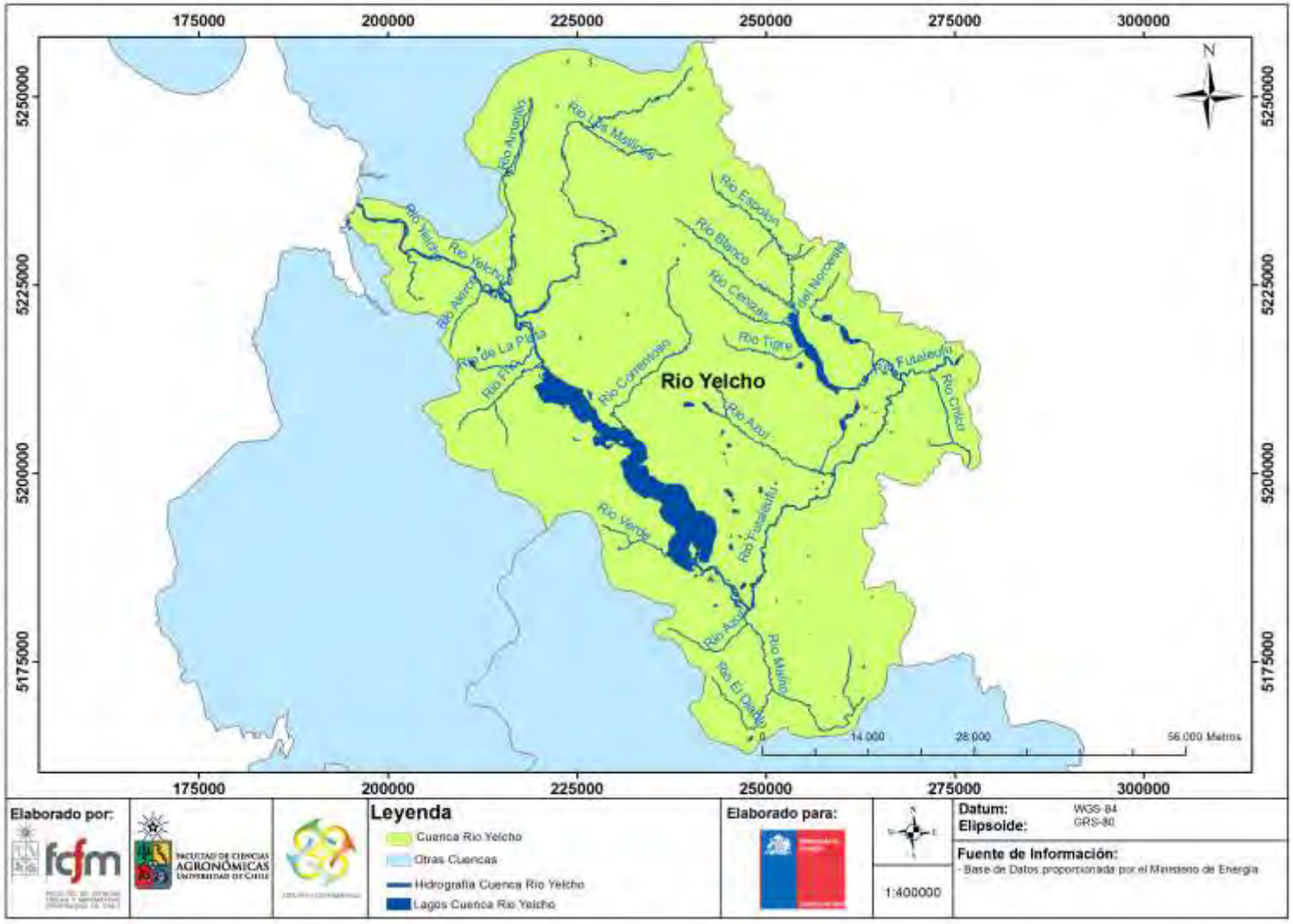
El principal cuerpo de agua de la cuenca corresponde al río Yelcho, desde donde nace el río Yelcho, como se nombró anteriormente. Según el ¨Catastro de Lagos de la DGA¨, se tienen otros tres lagos menores. El detalle de estos se muestra en la Tabla 2.20. Adicionalmente, se observan un total de 76 lagunas menores al interior de la cuenca, según lo informado por la misma fuente.

Tabla 2.20.Mayores cuerpos de agua en el territorio nacional de la cuenca del río Yelcho

Nombre	Tipo	Área (km²)
Lago Yelcho	Lago Principal	118,2
Laguna Espolón	Lagos Menores	14,2
Lago Lonconao	Lagos Menores	2,61
Laguna Del Noreste	Lagos Menores	1,94

Fuente: Catastro de Lagos de la DGA.

Figura 2.32. Hidrología, cuenca río Yelcho



Fuente: elaboración propia

2.1.4.2 *Análisis demográfico*

Al igual que en la situación de las cuencas anteriores , la información demográfica de la cuenca resulta de difícil levantamiento debido a que la delimitación de la cuenca no coincide con las divisiones político-administrativas territoriales en las que se levanta la información censal, la cual se encuentra a nivel comunal. Se realiza una aproximación de la población en base a las áreas intersectadas entre las comunas y la propia cuenca, considerando la superficie al interior de esta.

Los detalles de las comunas que se intersectan con la cuenca del río Yelcho, así como el detalle de en qué proporción se presentan en la Tabla 2.21.

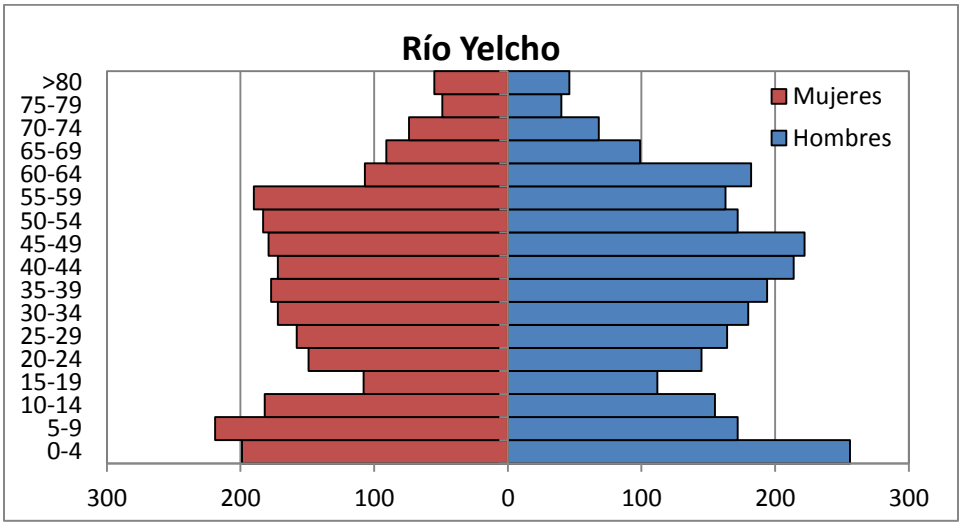
Sin embargo, al contrastar con imágenes satelitales que muestren qué tipo de territorio corresponde a la superficie ubicada en la comuna de Palena, se observa que corresponde a un área donde no existen asentamientos mayores. En función de esto, no se considerará para la ponderación de población al interior de la cuenca y solo se considera la proporción aportada por las comunas de Futaleufú (que se encuentra totalmente al interior de la cuenca) y parte de la población estimada de la comuna de Chaitén, en función de la proporción de la superficie comunal al interior de la cuenca, es decir, un 25%. La información obtenida a través de este procedimiento para la cuenca del río Puelo se presenta en la Figura 2.33 y la Figura 2.34. Con esto, se obtiene una población total aproximada de 4.318 habitantes al interior de la cuenca del río Yelcho.

Tabla 2.21.Comunas con alguna parte de su territorio al interior de la cuenca del río Puelo y su población

Comuna	Superficie [km²]	Superficie que intersecta [km²]	Porcentaje de área en la cuenca	Hombres	Mujeres	Población Total	Población en la cuenca Hombres	Población en la cuenca Mujeres
Palena	2.630	802	30%	1.145	981	2.126	*	*
Chaitén	8.253	2.051	25%	1.782	1.958	3.740	446	490
Futaleufú	1.228	1.228	100%	1.704	1.678	3.382	1.704	1.678
Total	12.111	4.081	34%	4.631	4.617	9.248	2.150	2.168

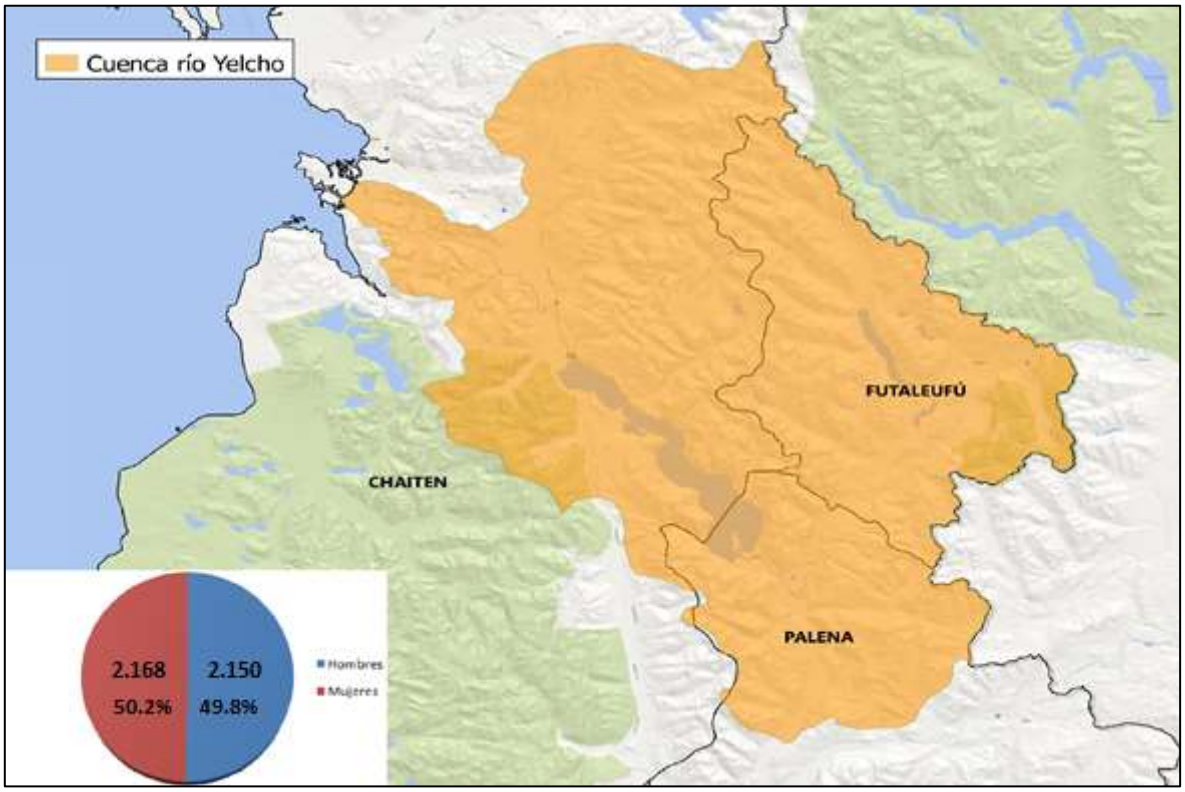
Fuente: Censo 2002 y Proyecciones de Población, INE, Digital

Figura 2.33. Pirámide de población estimada para la cuenca del río Yelcho



Fuente: Censo 2002 y Proyecciones de Población, INE, Digital

Figura 2.34. Representación y distribución población estimada en la cuenca del río Yelcho



Fuente: Censo 2002 y Proyecciones de Población, INE, Digital.

2.1.4.3 *Usos del agua*

A pesar de que los recursos hídricos de la cuenca son muchos, los usuarios de estos son relativamente pocos. Los derechos de agua consuntivos al interior de la cuenca son de alrededor de 1 m³/s. Esto no sorprende mucho al considerar la escasa densidad poblacional al interior de la cuenca. Futaleufú es el centro de población más importante al interior de la cuenca y cuenta con tan solo 1.153 habitantes en el área urbana, según lo indicado por el Censo 2012 de población.

Las actividades agrícolas al interior de la cuenca son casi inexistentes y se pueden considerar de subsistencia, más que de carácter productivo. Las comunas contenidas en la cuenca ni siquiera aparecen nombradas en el Catastro Frutícola de la Región de Los Lagos, lo cual demuestra la baja influencia de esta actividad en la zona.

Dentro del lago Yelcho es posible encontrar actividades económicas dentro del ámbito de la piscicultura. Existen, además, derechos de aguas asociados a este tipo de uso los que representan el mayor uso de tipo consuntivo con fuente superficial (Figura 2.35).

En general, el mayor uso de agua que se tiene al interior de la cuenca es el de abastecimiento y consumo, mayormente rural. Se tienen al interior de la cuenca 24 poblados. Ya sea de tipo urbano o rural, este tipo de uso es uno de los mayores dentro de lo registrado en los derechos de agua consuntivos utilizados al interior de la cuenca. Considerando la escasa población que se tiene en la zona, y viendo como el abastecimiento de ésta es una de las mayores demandas, resulta lógico concluir que el desarrollo de actividades es bastante escaso al interior de la cuenca.

Existe, adicionalmente, otro tipo de usuarios de los recursos hídricos al interior de esta cuenca,que es el turismo, que en la zona representa una actividad económica de gran importancia para la localidad de Futaleufú, donde esta actividad se presenta como un foco económico de desarrollo local. El tipo de actividades turísticas de la zona está muy relacionado con sus recursos hídricos y con las condiciones prístinas de la cuenca, donde actividades como el trekking son muy valoradas.

Además, la zona es conocida a nivel mundial por sus excelentes condiciones que permiten la prática de kayak, rafting y pesca deportiva. Tanta es la importancia de esta actividad que al igual que en la cuenca del río Puelo, se ha considerado de importancia desarrollar metodologías y determinaciones de cálculo de caudales de reserva turística, para el desarrollo de estas actividades, tanto en ésta como en otras cuencas de la X y XI Región (DGA, 2011).

La gran disponibilidad de recursos hídricos con un potencial hidroeléctrico se refleja fuertemente en la gran cantidad de derechos no consuntivos que se encuentran solicitados al interior de la cuenca en comparación a los derechos consuntivos que se tienen. Esto se puede ver más claramente en la Tabla 2.22.

Los principales usos registrados para los derechos consuntivos de fuentes superficiales son la piscicultura, seguido por el abastecimiento para consumo y saneamiento y en tercer lugar,

necesidades de riego (figura 2.35). Los derechos consuntivos de fuente subterránea se concentran en su gran mayoría en fines de consumo, muy probablemente en sistemas APR (Figura 2.36).

Los derechos de agua no consuntivos tienen principalmente una finalidad de generación hidroeléctrica, o no presentan información. Una pequeña porción de estos derechos registran fines de saneamiento, mientras que se tiene algunos valores asignados con finalidad de riego. (Tabla 2.22).

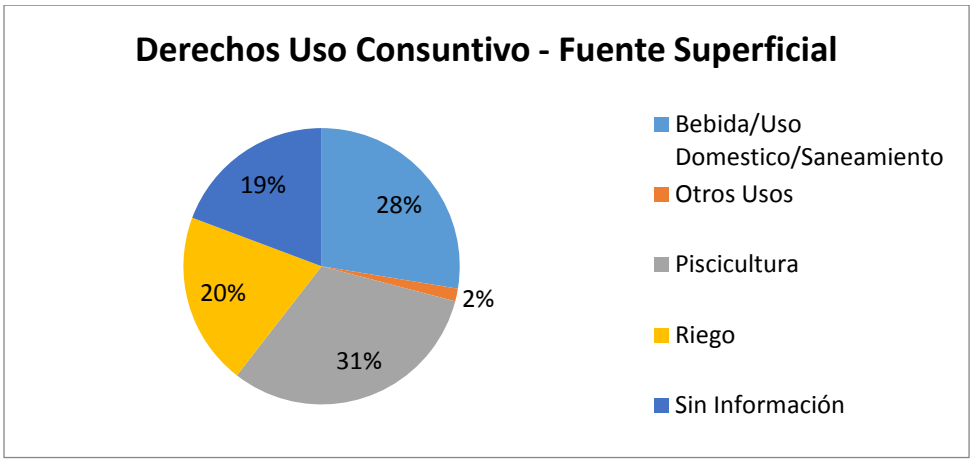
Tabla 2.22.Derechos de Agua asignados en la cuenca del río Yelcho

Tipo de Uso	Derechos Asignados [m³/s]
Consuntivo	0.95
Superficial	0.92
Subterráneo	0.03
No Consuntivo	1,878

Fuente:DGA, Catastro de aguas.

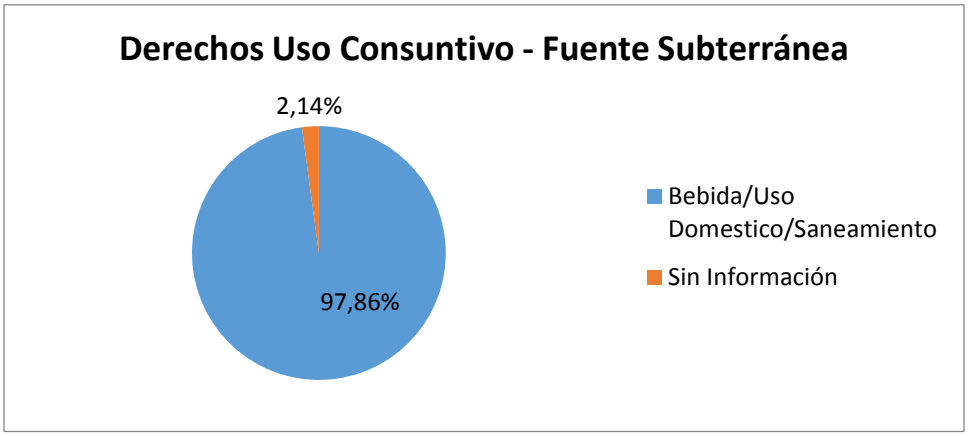
La distribución de derechos según tipo, fuente y en mayor detalle de frecuencia de uso se presentan en el Anexo 12.4.

Figura 2.35.Distribución de usos derechos de aguas consuntivos, fuente superficial, según finalidad



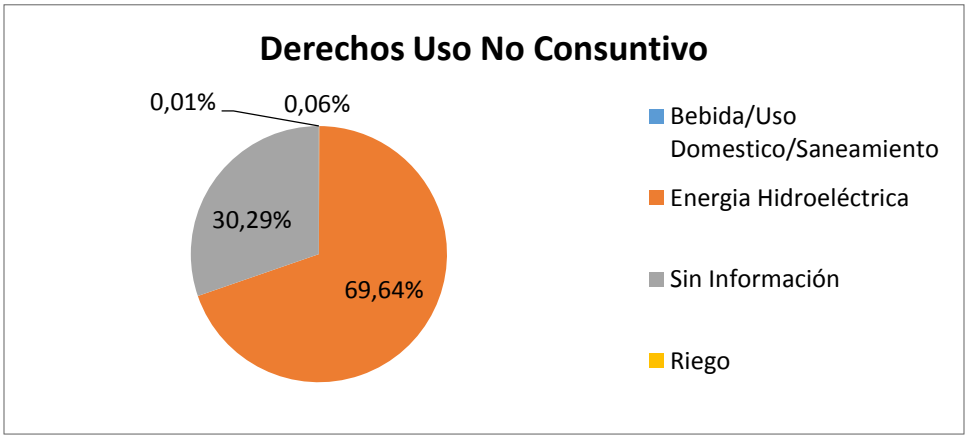
Fuente: elaboración propia en base a DGA, Catastro de aguas.

Figura 2.36.Distribución de usos derechos de aguas consuntivos, fuente subterránea, según finalidad



Fuente: elaboración propia en base a DGA, Catastro de aguas.

Figura 2.37.Distribución de usos derechos de agua no consuntivos, según finalidad



Fuente: elaboración propia en base a DGA, Catastro de aguas.

2.1.4.4 *Infraestructura*

2.1.4.4.1 Vial

La conectividad vial de la Región de Los Lagos resulta superior al promedio nacional (MOP, 2010) y se reconoce claramente una diferencia entre el territorio septentrional de la Región y lo que sucede en la parte más austral de la misma. En particular, el área donde se encuentra la cuenca del río Yelcho presenta muy mala conectividad. La principal ruta de acceso es la Ruta 7, proveniente desde Chaitén y la cual presenta un pequeño tramo donde está pavimentada, hasta llegar al lago Yelcho. Posterior a eso, es un camino de ripio que cruza la cuenca, siguiendo el límite del Parque Nacional Concorvado por su lado este.

En el borde de la cuenca, en villa Santa Lucía, uno de los pocos poblados al interior de la cuenca, se conecta con la Ruta 235 (ripio), que va en dirección a Palena, bordeando en un principio el río Yelcho y luego siguiendo el curso del río Futaleufú, pasando por los poblados de La Cabana, Puerto Piedra y Puerto Ramírez. En este último poblado, conecta la ruta 231, que bordea el río Futaleufú pasando por diversos poblados locales pequeños, hasta llegar al pueblo del mismo nombre, por camino de ripio. Una vez que llega a Futaleufú, continúa como camino sellado desde ahí hasta el borde fronterizo con Argentina.

La Ruta 235 sigue en dirección sureste hasta salir de la cuenca y finalmente llegar al pueblo de Palena.

Dentro de los planes proyectados por el MOP en el Plan de Chile 2020, se considera continuar con la construcción de la Carretera Austral (Ruta 7), para incorporar a través del acceso terrestre a toda la provincia de Palena, en la promoción y desarrollo de la actividad turística internacional (MOP, 2010). Esto implica el desarrollo y mejora de la ruta, pasando de ser un camino en ripio a camino sellado, lo cual facilitaría considerablemente el acceso. Además, dentro de este mismo plan de desarrollo territorial, se considera la pavimentación de los caminos transversales que unan Palena y Futaleufú a la red longitudinal, promoviendo el turismo internacional con Argentina y el desarrollo de servicios turísticos de nivel internacional (MOP, 2010).

2.1.4.4.2 Hidráulica

En esta cuenca se encuentra la Central hidroeléctrica Río Azul, central de pasada, que aprovecha las aguas del río Azul. No se encuentran mayores obras hidráulicas en la cuenca. Esta situación se condice con el estado de desarrollo y ocupación al interior de la cuenca.

No existen mayores actividades agrícolas, por lo que las redes de canales son inexistentes y no hay requerimientos de un embalse con fines agrícolas debido a la escasa actividad que se tiene y la gran disponibilidad de recursos hídricos del área.

Ninguno de los poblados al interior de la cuenca es de tamaño suficiente como para poseer un plan maestro de aguas lluvias.

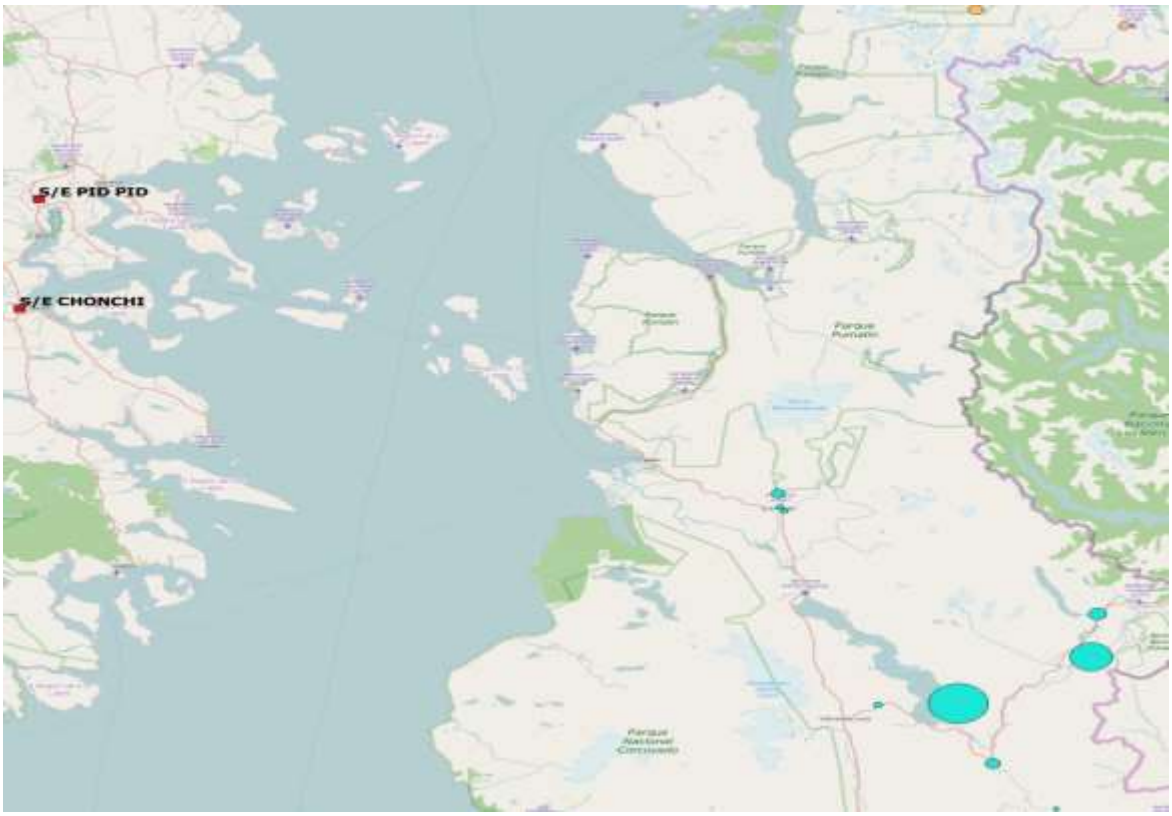
Dados los grandes caudales al interior de la cuenca, ésta cuenta con un gran potencial hidroeléctrico para ser desarrollado. Este punto se describe más en detalle en el capitulo de potencial hidroeléctrico.

2.1.4.4.3 Transmisión

En esta sección se muestra la infraestructura de transmisión existente, detallando las subestaciones pertenecientes al sistema de transmisión troncal y subtransmisión del sistema interconectado central, las cuales se rigen por una política de acceso abierto. Se muestran las barras del sistema de transmisión troncal (cuadrados rojos) y los distintos potenciales hidroeléctricos (en círculos, su tamaño es proporcional a la potencia media de la sub-subcuenca).

La Figura 2.38 muestra que los recursos hidroeléctricos de esta cuenca son los más distanciados al sistema de transmisión, lo que podría requerir una planificación coordinada con los recursos del río Puelo para un desarrollo eficiente. Dado el gran potencial de esta zona, su conexión podría realizarse a barras más robustas de la red en lugar de aquella que representa el punto más cercano.

Figura 2.38.Subestaciones cuenca río Yelcho



En la figura, las barras del sistema de transmisión troncal (cuadrado rojo) – Los potenciales hidroeléctricos (círculos celeste), están en tamaño proporcional a la potencia media de la sub-subcuenca.

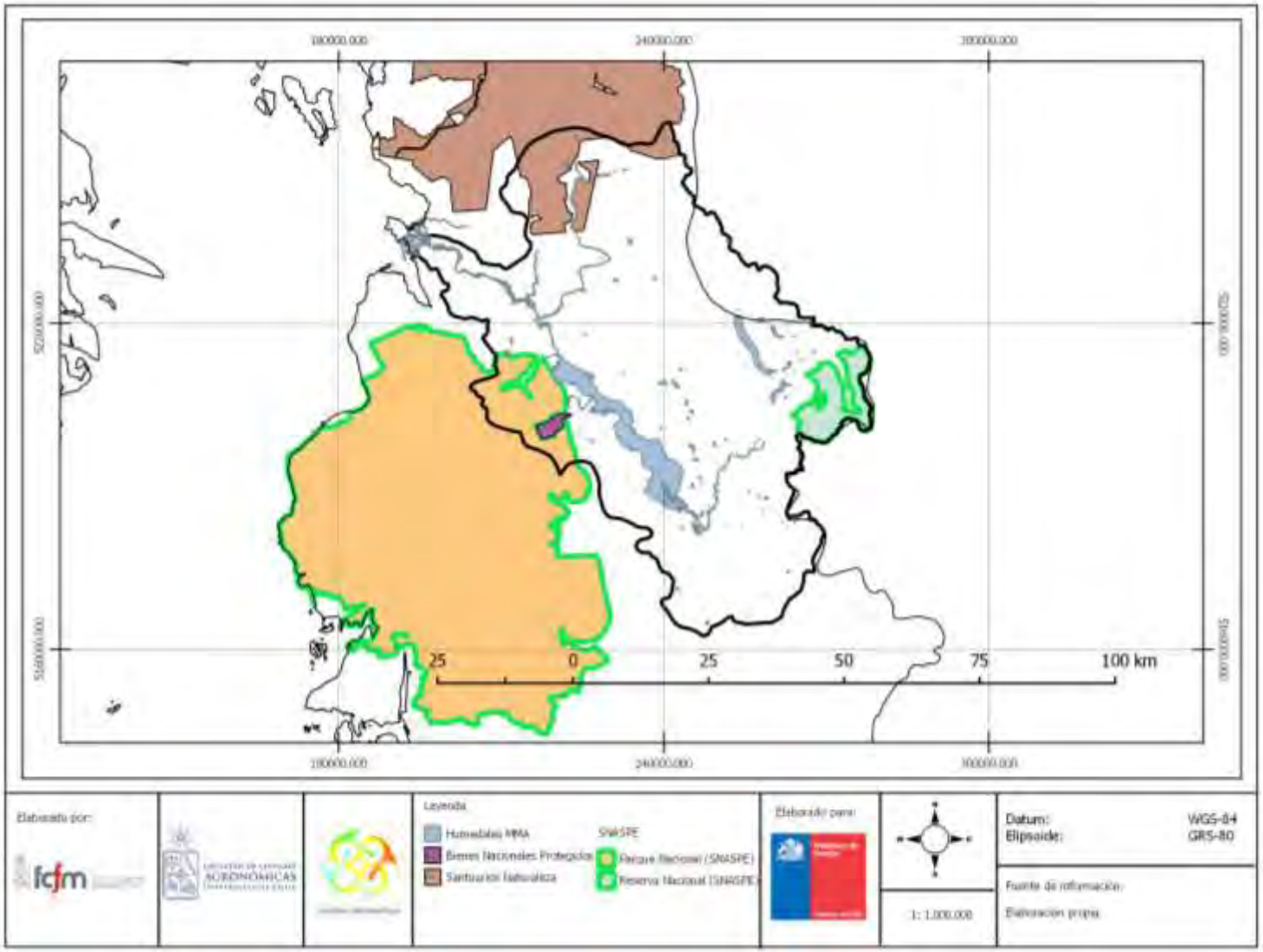
Fuente: elaboración propia.

2.1.4.5 *Sitios de interés natural*

En la cuenca del río Yelcho las áreas calificadas para la conservación y protección de la biodiversidad son las siguientes: áreas protegidas SNASPE (aquellos ambientes naturales, terrestres o acuáticos que el Estado protege y maneja para lograr su conservación): el Parque Nacional Corcovado y la Reserva Nacional Futaleufú. El Parque Nacional Corcovado, ubicado en la comuna de Chaitén, posee una superficie de 2.096,23 km^2. Este parque se caracteriza por la presencia de bosques lluviosos templados únicos en el mundo y formaciones vegetales que carecen de representación en el SNASPE Regional (MMA, 2015). Por otra parte, la Reserva Nacional Futaleufú, ubicada en la comuna de comuna de Futaleufú, con una superficie de 120,65 km^2. Esta área se caracteriza por su abundante flora nativa (CONAF, 2015).

Dentro de esta cuenca también se encuentran dos sitios de importancia para la protección de la biodiversidad (Figura 2.39). En primer lugar, parte del Santuario de la Naturaleza (aquellos sitios que ofrezcan 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) Parque Pumalín, el cual destaca por la presencia de bosques Valdivianos prístinos (MMA, 2015). Además, se encuentra el área clasificada como bien nacional protegido (aquellos cuyo dominio pertenece a la nación, es decir, aquellos bienes que estando situados dentro del territorio nacional, pertenecen a todos sus habitantes), El Ventisquero.

Figura 2.39. Sitios de interés para la conservación de la biodiversidad, cuenca río Yelcho



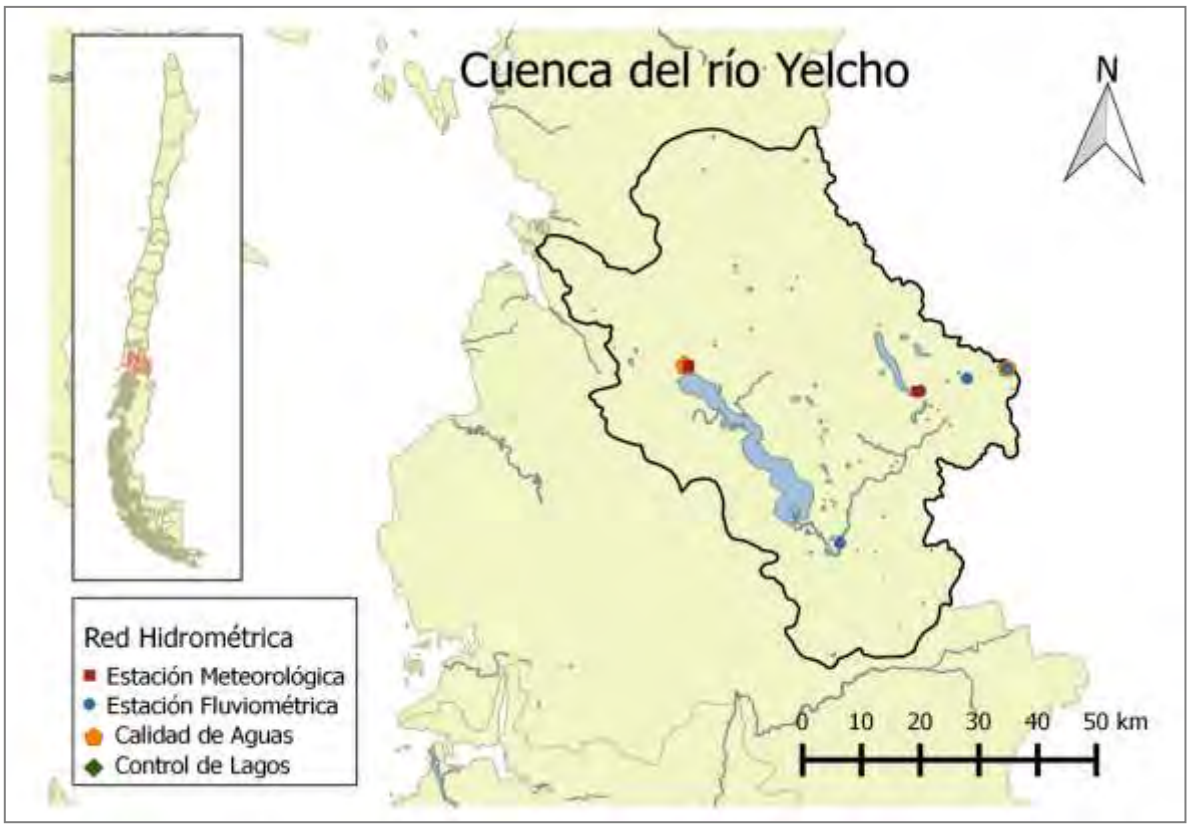
Fuente: elaboración propia.

2.1.4.6 *Redes de información*

La cuenca del río Yelcho presenta una escasa red hidro-meteorológica (Figura 2.40). Esto se puede deber al aislamiento geográfico de la zona, difícil acceso y escasa población.

Al interior de la cuenca se tienen tres estaciones fluviométricas, de las cuales ninguna se ubica aguas abajo del lago Yelcho. De éstas, dos estaciones son fluviométricas y se ubican una en la parte alta de la cuenca, y la otra en la desembocadura del lago Yelcho, en conjunto con una estación de calidad de aguas. Finalmente, se tiene una estación másde calidad de aguas, la cual se ubica en el río Futaleufú, en la frontera con Argentina.

Figura 2.40. Cobertura de estaciones de registro en la cuenca del río Yelcho



Fuente: DGA, Red Hidro-meteorológica.

2.2 Desarrollo hidroeléctrico: contexto histórico y situación actual

2.2.1 Contexto histórico del desarrollo hidroeléctrico en Chile

En esta sección se informa el resultado de un breve análisis histórico del desarrollo hidroeléctrico en las cuencas de los ríos Valdivia, Bueno, Puelo y Yelcho. El objetivo de este análisis es por una parte, identificar el estado de la hidroelectricidad en las cuencas estudiadas, los procesos que le dan origen, y por otra parte, identificar los conflictos que han sido relevantes en las zonas.

Con ambos análisis se pretende aportar a una mejor comprensión de los territorios, los procesos que han conducido a esta situación y la identificación de los actores más relevantes en la historia reciente, así como las motivaciones de las partes en los conflictos más relevantes que se han logrado identificar hasta el momento. Por esta razón, el análisis de los conflictos no se limita a aquellos que se relacionan directamente con la hidroelectricidad, sino que se extiende a otros conflictos de contenido ambiental, aunque siempre relacionado con los recursos hídricos y su entorno.

La situación actual de la generación hidroeléctrica en las cuencas Valdivia, Bueno, Puelo y Yelcho, al menos en lo referido a la generación convencional, responde a distintas estrategias nacionales para el fomento al desarrollo de la electricidad que se han aplicado en Chile desde finales de la primera mitad del siglo XX y no tanto a una visión local del desarrollo de la hidroelectricidad. Por este motivo, no puede entenderse solamente por procesos históricos locales, sino que debe analizarse en el contexto de los eventos que llevaron al país a establecer estas estrategias de desarrollo y sobre todo por el contenido y motivación de estas estrategias.

En Chile el sector eléctrico se inició de manera similar a muchos otros países, es decir, dependió de la iniciativa de una serie de privados que establecieron pequeñas generadoras destinadas a satisfacer demandas locales de tipo domiciliaria e industrial, a lo cual se sumó la generación para autoconsumo que desarrollaron algunas industrias, principalmente mineras. De esta forma, en las primeras dos décadas del siglo XX, la generación estaba guiada por la ley de la oferta y la demanda y dependía exclusivamente de la capacidad de inversión de la empresa privada, con una escasa regulación gubernamental y prácticamente en ausencia de acciones por parte del Estado que fomentaran el desarrollo del sector (Biblioteca Nacional de Chile, s.a. (a)).

Aunque en esta primera etapa de la electrificación del país la disponibilidad de energía eléctrica era relativamente baja, fue suficiente para generar cambios en los hábitos de las personas y sobre todo en el sector industrial. De esta manera, se generó una suerte de dependencia de esta energía y, en la medida que el país se industrializaba, un aumento sostenido de la demanda. Pero, hacia finales de este período histórico, la demanda por energía empezó a no tener respuesta por parte de las empresas eléctricas, generándose lo que podría llamarse la primera crisis eléctrica nacional.

Esto se debió a que la gran depresión del año 1929 generó un gran impacto sobre la capacidad de inversión de la empresa privada en Chile, de manera que el aumento de la demanda no podía ser cubierta por la creación de nuevas plantas generadoras.

La gran depresión del año 1929 no sólo tuvo un gran efecto en la capacidad de la economía mundial para generar riqueza, sino que también en la forma en que los países empezaron a conceptualizar la manera en que debían organizarse las economías nacionales para generar esta riqueza y el papel que debía jugar el Estado en esta organización.

En Chile, buena parte de las estrategias y planes para impulsar el desarrollo con esta nueva óptica tuvieron su origen no en el seno del Estado en sí mismo, sino que en las propuestas que distintos intelectuales, gremios y otras agrupaciones hicieron durante los años anteriores a la fundación de la Corporación de Fomento a la Producción (CORFO) en el año 1939. Aunque, al momento de su creación, CORFO tenía como objetivo "formular un plan general de fomento de la producción, destinado a elevar el nivel de vida de la población", su primera estrategia fue implementar los llamados Planes de Acción Inmediata que estaban casi íntegramente basados en las propuestas de estos grupos (Biblioteca Nacional de Chile(b)).

Uno de estos planes recibía el nombre de "Fomento de la Producción de Energía Eléctrica" y recogió la mayor parte de la propuesta que se conoció como Política Eléctrica Chilena, que había sido presentada por el ingeniero Reinaldo Harnecker con el respaldo del Instituto de Ingenieros de Chile, en el año 1936 (Harnecker, 1939) .

La importancia histórica de la propuesta del ingeniero Harnecker para el desarrollo del sector eléctrico en las cuencas de interés para este estudio radica en que, aunque se centra en lo que denomina Plan de Electrificación del País, este plan no se limita a los aspectos técnicos de la generación y distribución de electricidad, sino que concibe a la energía eléctrica como un factor estratégico para el desarrollo de la economía nacional y propone lo que hoy se llamaría una "territorialización" de la estrategia general del desarrollo económico. En esta conceptualización, la industria –especialmente la manufacturera– , principal motor del desarrollo económico en la conceptualización de la época, se ubicaría y distribuiría en el país en conformidad con las características de su demanda de energía eléctrica y de la capacidad de los distintos territorios para generarla.

Para respaldar esta idea, Harnecker propone una división del territorio nacional en siete regiones distribuidas de norte a sur, cada una de los cuales poseía características particulares que definían su capacidad para generar energía eléctrica desde distintas fuentes y determinaban la manera en que se deberían diseñar los sistemas de distribución. En esta suerte de regionalización eléctrica, las regiones 5° y 6° corresponden, respectivamente, a las áreas comprendidas entre las ciudades de Temuco y Puerto Montt, y entre Puerto Montt y el Golfo de Penas. En estas regiones,

Harnecker reconoce la hidráulica como la principal fuente motriz para la generación de electricidad. En su descripción de la quinta región dice que se caracteriza por:

> "1.a Los regímenes pluviales de sus ríos, con las mayores precipitaciones en otoño e invierno, precisamente cuanto los gastos de los ríos glaciales de la 3.a[3] y de la 4.a[4] región son menores.
>
> 2.a Los cuantiosos recursos de generación hidro-eléctrica, probablemente mayores que en cualquiera de las otras regiones del país".

Menciona, además, la importancia de la regulación y acumulación natural de las cuencas de esta región proporcionada por sus lagos, las cuales podrían ser mejoradas por medios artificiales.

Otro aspecto importante de esta propuesta, fue la forma en que se desarrollaría el sector eléctrico en cada una de estas regiones y la manera en que estas regiones se relacionarían entre sí en materias de generación. Se postulaba un desarrollo en tres etapas para cada región:

1.- *Desarrollo aislado de las regiones geográficas*, en que se fomentaría el consumo y la generación local mediante los recursos más económicos para cada región. La distribución se realizaría mediante una red interna que comunicaría los "centros de gravedad generadores" con los "centros de gravedad de consumo" de cada región. El consumo estaría regulado por los precios, los cuales serían iguales en cada región y diferentes entre estas, con el fin de fomentar la instalación de la industria pesada en las regiones más favorecidas por la riqueza de los recursos y liberando así capacidad generadora para abastecer consumos locales en las regiones con recursos más escasos o caros.

2.- *Interconexión entre regiones geográficas y preparación para la tercera etapa final*, en que se interconectarían los centros de gravedad generadores de las regiones que contaran con superávit con los centros generadores de regiones que tuvieran un déficit.

3. *Interconexión para pulsaciones estacionales y diurnas de la energía eléctrica entre las regiones geográficas*, en que una vez concretados los desarrollos locales de cada región se interconectarían los centros de gravedad generadores de las distintas regiones, con el fin de coordinar los pulsos de generación propios de las tecnologías y regímenes hidrológicos con los pulsos estacionales y diarios del consumo en el país. Este *Sistema Interconectado* estaría gobernado por un despachador general de carga.

---

[3] Tercera región según la división presentada en este trabajo, correspondiente al área comprendida entre Petorca y Linares.
[4] Cuarta región según la división presentada en este trabajo, correspondiente al área comprendida entre Linares y Temuco.

Finalmente, la Política Eléctrica Chilena propone la creación de una entidad autónoma, de carácter preponderantemente técnico y financieramente capaz de abordar la electrificación paulatina y sistemática del país en conjunto, de acuerdo con un plan racional de electrificación.

Aunque no todos los aspectos de la propuesta de Harnecker fueron recogidos en el plan para Fomento de la Producción de Energía Eléctrica de CORFO, sí fueron adoptados los conceptos de regiones - al menos en lo referido a sus distintas capacidades generadoras y su interconexión - y la creación de una entidad que abordara una estrategia de electrificación nacional, centralizada y dependiente del Estado en su financiamiento, pero no en su funcionamiento. De esta forma, se dio origen en 1943 a la Empresa Nacional de Electricidad S.A (ENDESA S.A) y al "Plan de Electrificación del País" que debería ser desarrollado por esta entidad (CORFO, 1939).

Este plan de electrificación contemplaba la construcción de centrales de generación y líneas de distribución para alimentar a empresas distribuidoras, industrias y otros grandes consumidores. Se recogió en este aspecto la propuesta de dividir al país en regiones conforme a sus capacidades generadoras y la implementación paulatina del plan, partiendo por el desarrollo eléctrico regional y terminando con la interconexión entre la segunda y la quinta región geográfica. Las regiones geográficas identificadas en el plan se modificaron levemente en relación a la propuesta original de Harnecker, dejando a la quinta región entre Lautaro y el Estuario de Reloncaví, comprendiendo las cuencas de los ríos Imperial, Toltén, Valdivia, Bueno, Maullín, Petrohué, Chamiza y Puelo. La sexta región, por su parte, se definió entre Ancud y el Lago San Martín (hoy Lago O'Higgins) y comprendiendo las cuencas de los ríos Vododahue, Reñihue, Yelcho, Palena, Cisnes, Aisén, Baker, Bravo y Pascua.

Uno de los primeros proyectos del Plan de Electrificación del País fue el diseño y construcción de la central de pasada Pilmaiquén, ubicada en el río del mismo nombre, muy cercana a su nacimiento en el lago Puyehue y a 43 km al oriente de Osorno. Su planificación se inició en 1939 y las obras de construcción partieron en 1940, por lo que en estricto rigor su concepción es anterior al Plan de Electrificación. En un inicio, fue proyectada para satisfacer las necesidades de la parte sur de la quinta región geográfica, específicamente las ciudades de Osorno y Puerto Montt, sin embargo, por la creciente demanda de las ciudades de La Unión, Valdivia y Corral, y el retraso en la construcción de otras centrales proyectadas, se decidió crear una línea de transmisión a estas ciudades, que sirvió también a una parte de la zona norte de la quinta región geográfica. Su capacidad total se terminó de implementar en el año 1951, quedando con una potencia instalada de 24,240 kW. Cabe mencionar que cuando esta central entró en operación, en 1944, vino a sustituir el suministro proporcionado por la central Llollehue a la ciudad de La Unión, la única central hidroeléctrica considerada de "servicio público" en la zona hasta esa fecha y que había sido construida en 1905 por la familia Grob (ENDESA,1944).

Desde la puesta en operación del "Sistema Eléctrico Pilmaiquén" hasta el año 1955, Endesa desarrolló y puso en funcionamiento diversos proyectos de centrales generadoras hidroeléctricas:

Abanico y Sauzal en 1948, Los Molles en 1952 y Cipreses en 1955. Durante este período y hasta el año 1962, la quinta región geográfica siguió dependiendo casi por completo del sistema Pilmaiquén y estuvo aislada de las demás regiones hasta que en ese año entró en funcionamiento el Sistema Pullinque.

La central Pullinque es una central de pasada que se ubica en las cercanías de la ciudad de Panguipulli y toma sus aguas del desagüe de la laguna Pullinque. Cuando entró en operación, su capacidad generadora era de 48.600 kW y su diseño se pensó originalmente para dar servicio a la parte norte de la quinta región geográfica. Pero desde el punto de vista nacional, la entrada en operación de esta central tuvo la importancia estratégica de permitir que su sistema de distribución enlazara la quinta región geográfica – que contaba con sus sistemas Pilmaiquén y Pullinque - con las regiones más al norte. La consecuencia inmediata de este hecho fue que finalmente se pudo solucionar el problema del déficit eléctrico de la zona central, que había significado racionamientos en la ciudad de Santiago durante los inviernos de 1946 a 1955 y que no habían podido solucionarse por completo con la entrada en operación de otras centrales (ENDESA, 1962; Biblioteca Nacional de Chile, s.a.(c)).

A partir de ese momento, las prioridades de ENDESA se dirigieron a la construcción de grandes centrales hidroeléctricas que contaban con embalses que permitían la acumulación de la energía. Así, entre 1968 y 1985 se inauguraron las centrales Rapel (1968), El Toro (1973), Antuco (1983) y Colbún-Machicura (1985). Todas estas centrales se construyeron en las regiones geográficas al norte de la quinta, quedando esta última, en cierto modo, al margen de las grandes inversiones nacionales en generación hidroeléctrica (Biblioteca Nacional de Chile, s.a.(d)).

Hacia finales del período de construcción de grandes centrales, se produce en Chile un cambio en la institucionalidad del sector eléctrico que - de manera similar a lo que ocurrió con posterioridad a la gran depresión de 1929 - respondió fundamentalmente a un cambio en la concepción predominante en cuanto a la forma en que las economías debían organizarse y el papel del Estado en esta organización. La nueva óptica ve en el mercado el mecanismo más eficiente para la asignación de recursos y en la iniciativa privada el motor principal para la generación de la riqueza. En esta visión, el Estado cumple un papel fiscalizador y subsidiario, pero no participa directamente de la creación de nuevas empresas. En atención a esta nueva política, se creó en 1978 la Comisión Nacional de Energía – cuya misión era elaborar y coordinar los planes y políticas para el funcionamiento y desarrollo del sector energético nacional – y posteriormente, en 1982, se formuló la Ley General de Servicios Eléctricos. Estos instrumentos constituyeron la base para la privatización del sector eléctrico nacional, en particular el sector generador que estaba en manos de ENDESA y sus filiales, y la de distribución que estaba en manos de Chilectra.

Desde entonces, la empresa privada debió hacerse cargo del crecimiento de la demanda por energía eléctrica. La participación de la hidroelectricidad a nivel nacional siguió siendo relevante en esta nueva etapa, con la incorporación de nuevas grandes centrales durante los años 90. De

estas nuevas centrales, solamente la central Canutillar, puesta en funcionamiento en el año 1990, está ubicada en la quinta región geográfica, específicamente en el lago Chapo.

Durante este periodo se dio en Chile lo que se considera un punto de inflexión en el desarrollo de la hidroelectricidad. El conflicto que surge por la construcción de la central Ralco dio origen a una nueva relación entre el sector eléctrico y la comunidad, una relación marcada por el rechazo y la resistencia social a este tipo de proyectos por razones ambientales y territoriales.

Esta situación, en conjunto con la existencia de un marco legal para la regulación ambiental, configura un escenario bastante distinto del que debió enfrentar la estatal ENDESA para desarrollar proyectos en los tiempos en que operó. Estos factores, entre otros, han conducido a una situación en que, si bien se han proyectado varias centrales hidroeléctricas en la zona, la mayor parte de ellas no se han podido concretar (Romero *et al.* (2009); Susskind *et al.* (2014)).

Las cuencas de los ríos Valdivia, Bueno, Puelo y Yelcho han sido consideradas desde hace mucho tiempo como zonas de gran potencial para el desarrollo hidroeléctrico, sin embargo, el desarrollo de este sector es actualmente pequeño en relación a las posibilidades que le otorgan sus recursos hídricos.

2.2.2 **Desarrollo hidroeléctrico en las cuencas de estudio**

Esta sección describe y analiza la hidroelectricidad en la cuencas desde el estudio de las centrales hidroeléctricas presentes. En las cuencas del río Valdivia, Bueno, Puelo y Yelcho se aboradan aspectos de ubicación, potencial instalado, tipo de central, características hidráulicas y algunos detalles de sus obras a fin de contextualizarlas en la cuenca, realizar un diagnóstico general de desarrollo en la cuenca y analizar dentro de lo posible la afectación de las obras hidráulicas de dichos proyectos en el cauce.

Cabe señalar que dada la información disponible, en el caso de aquellas centrales que se encuentran en proceso de desarrollo por parte del titular en términos de diseño y que aún están en un proceso de prefactibilidad, la información aún es confidencial y no fue considerada en este informe.

A modo de contextualizar las potencias instaladas (MW), como las correspondientes a parte de un total de generación, es que se hace relevante mencionar que la matriz energética chilena al 31 de diciembre de 2014, posee en el Sistema Interconectado Central (SIC) una potencia instalada de generación de 15.180 MW, de los cuales un 41,9% corresponde a centrales hidroeléctricas y a la misma fecha, el Sistema Interconectado del Norte Grande (SING) posee una potencia instalada de

generación de 4.785 MW, de los cuales un 0,2% corresponde a centrales hidroeléctricas (Generadoras de Chile A.G. s.a).

2.2.2.1 *Metodología identificación de centrales hidroeléctricas en las cuencas*

El estado de las centrales hidroeléctricas en las zonas de interés y la etapa en la que actualmente se encuentran se basa en visualizar las centrales ya presentes (operativas) o en construcción y detectar otras potenciales que se encuentren en evaluación ambiental.

Para ello, se consideran distintas fuentes de información oficial: la base de datos del SEIA, de la DGA, el Registro Público de RCA, de la Superintendencia de Medio Ambiente (SMA), la base de datos del Ministerio de Energía entregada para la etapa 1 del correspondiente proyecto, el programa de operación de largo plazo del CDEC-SIC y, finalmente, el último mapa energético construido por la SOFOFA (Federación Gremial, sin fines de lucro, que reúne a empresas y gremios vinculados al sector industrial chileno).

El estudio del desarrollo hidroeléctrico en las cuencas comprenderá dos tipos de información, un análisis correspondiente a un catastro, construido por las centrales operativas y en construcción y otro correspondiente a la identificación de centrales en evaluación en el SEIA o desistidas, lo que se denominará identificación de centrales en evaluación.

Se considera un estudio que evalúa proyectos hidroeléctricos a lo largo de Chile, utilizado como referencia, elaborado por Moraga *et al.*, (2014), para la mesa de hidroelectricidad, inserta en el proceso participativo de la política energética de largo plazo, realizado en noviembre de 2014.

Los estados posibles de cada proyecto, central hidroeléctrica se describen a continuación.

Estudios de pre-factibilidad y factibilidad (proyecto): En esta etapa los proyectos son estudiados al interior de la empresa para determinar su nivel de complejidad técnica, ambiental, jurídica y socio-política y evaluar su atractivo económico. En esta etapa se suele tratar la información de manera confidencial, por lo que estos proyectos tienden a ser desconocidos para el público general, generalmente aparecen en la prensa o son anunciados directamente por los desarrolladores. La información recogida en este punto variará conforme avancen los estudios del proyecto a sus etapas posteriores y, por lo tanto, se debe considerar como un punto referente y de evaluación para la consideración de futuros proyectos.

Estudio de impacto ambiental: Una vez que un proyecto es calificado como factible por el desarrollador, antes de poder comenzar con las obras, la ley chilena exige que se realice una evaluación del impacto que éste generará al medio ambiente. Esta evaluación debe ser presentada al Servicio de Evaluación Ambiental (SEA), el organismo público dependiente del Ministerio del Medio Ambiente encargado de administrar el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA). El SEA conduce el proceso de evaluación, desde el examen de admisibilidad hasta la elaboración y presentación del Informe Consolidado de la Evaluación de Impacto Ambiental (ICE) a la Comisión

de Evaluación (art. 86 ley 20.417), instancia en la que se puede aprobar o rechazar el proyecto por votación de sus integrantes en base a la información contenida en el ICE.

El proyecto se puede ingresar al SEIA utilizando el formato de DIA (Declaración de Impacto Ambiental) o EIA (Estudio de Impacto Ambiental), dependiendo de la magnitud de los impactos del proyecto a desarrollar. Una DIA consiste en una declaración jurada en la que se declara que se cumple con la legislación ambiental vigente, acompañada de los antecedentes que sean procedentes, mientras que el EIA requiere de la presentación de estudios acabados, los que pueden tener bastante profundidad. Por lo general, proyectos pequeños y proyectos ERNC como minihidro y parques eólicos (aún de tamaño considerable) pueden acogerse al formato DIA, mientras que proyectos mayores deben ingresar con un EIA.

Una vez presentado el proyecto a evaluación, existen cinco estados posibles de este:

-En calificación: cuando el proyecto está siendo evaluado por el SEA.

-No calificado: proyecto al cual el SEA decidió poner término anticipado de la evaluación, debido a la carencia de información relevante y esencial para la evaluación.

-Desistido: cuando el desarrollador decide retirar el proyecto del proceso de evaluación.

-Aprobado: cuando el proyecto es aprobado ambientalmente y por ende cuenta con el permiso ambiental para su desarrollo mediante una Resolución de Calificación Ambiental (RCA) positiva.

-Rechazado: cuando la Comisión de Evaluación vota negativamente por considerar que el proyecto, en base a la información contenida en el ICE, no cumple con la normativa ambiental vigente y por lo tanto no obtiene el permiso ambiental para su desarrollo.

-Construcción: una vez concluidos todos los estudios, obtenidos todos los permisos y, si el desarrollador cuenta con financiamiento, se puede comenzar con la construcción física del proyecto.

-Operación: concluido el período de construcción, el proyecto entra en operación, con lo que cambia formalmente su estado y abandona la base de datos de proyectos para entrar en la base de centrales en operación.

Cabe señalar que los proyectos que se encuentren informados en planes de operación futuros, registrados en el programa de operación del CDEC SIC, y que no se encuentren registrados en el SEIA, serán mencionados sólo como informativos, hasta que se constituya su ingreso al SEIA. El mismo trato se mantiene para aquellos que se encuentran en etapa de evaluación de prefactibilidad pública por parte de empresas puntuales, salvo aquellos que se hayan descartado del potencial y hayan sido informados por el Ministerio de Energía en sus bases de datos.

2.2.2.2 *Catastro de centrales hidroeléctricas*

2.2.2.2.1 Cuenca río Valdivia

A la fecha se reconoce una central hidroeléctrica presente en la cuenca, operativa, de 51,4 MW correspondiente a la central de pasada Pullinque. Las centrales hidroeléctricas se detallan en la Tabla 2.23, aspectos como su potencia instalada, tipo de central, ubicación y una breve descripción de la infraestructura preponderante. Un mapa de su ubicación se puede ver en la Figura 2.41, construida a partir de la información geográfica presente en la base de datos del CDEC -SIC y verificada por la información pública de la compañía propietaria de la central.

Figura 2.41.Centrales hidroeléctricas en operación o construcción en la cuenca del río Valdivia



Fuente: elaboración propia en base a datos CDEC-SIC.

Tabla 2.23.Catastro de centrales hidroeléctricas en operación o construcción de la cuenca del río Valdivia

Proyecto	Estado	Titular	Tipo	Potencia (MW)	Región	Subcuenca	Infraestructura	Fuente
Pullinque	Operación	Empresa Eléctrica Panguipulli S.A.	Pasada	51,4	XIV Región de Los Ríos	Río Valdivia	Recibe las aguas de la laguna Pullinque la que se alimenta del río Guanehue, que une a esta última con el Lago Calafquén, casa de máquinas superficial , turbinas francis de eje vertical.	Anexo4, base de datos Ministerio de Energía, CNE. http://app.sofofa.cl/indicadores/CPI/Informe/Mapa_Energetico.pdf

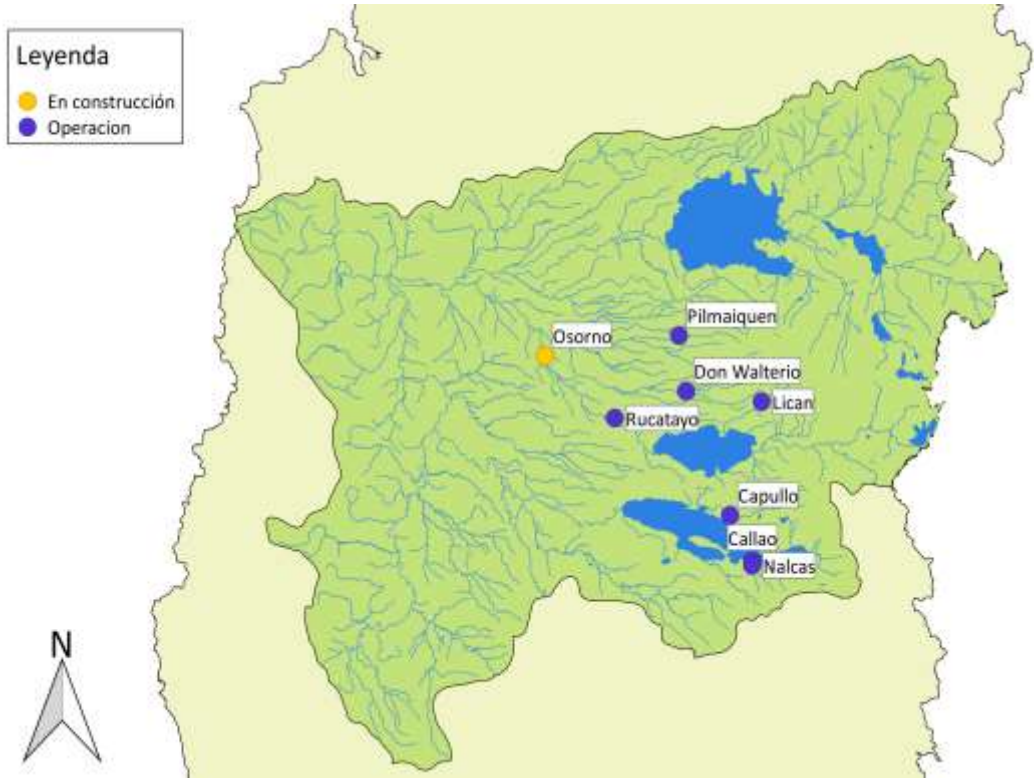
Fuente: elaboración propia.

2.2.2.2.2 Cuenca río Bueno

A la fecha, se reconocen siete centrales hidroeléctricas de pasada en operación, equivalentes a 137,8 MW y un proyecto en construcción, correspondiente a la central hidroeléctrica Osorno con 54,3 MW.

Las centrales hidroeléctricas catastradas y sus características se detallan en la Tabla 2.24 y se muestran en la Figura 2.42.

Figura 2.42.Centrales hidroeléctricas en operación o construcción en la cuenca del río Bueno



Fuente: elaboración propia en base a datos CDEC-SIC.

Tabla 2.24.Catastro de centrales hidroeléctricas en operación o construcción de la cuenca del río Bueno.

Proyecto	Estado	Titular	Tipo	Potencia (MW)	Región	Subcuenca	Infraestructura	Fuente
Rucatayo	Operación	Hidroeléctricas del Sur S.A./ Hidroelectrica Pilmaiquén	Pasada	60	X Región de Los Lagos y XIV Región de los Ríos interregional	Río Pilmaiquén	Las obras han sido diseñadas con un caudal de 183 m^3/s y una caída neta de 33,5 m. Construcción de una presa ubicada 6,4 km aguas debajo de la central hidroeléctrica Pilmaiquen. Existe un proyecto de modificación de la central para subir 1 metro la cota del embalse. Contempla utilizar las obras civiles ya construidas y que forman parte de la central en operación, se realizará la ampliación del muro parapeto, despeje de vegetación y el aumento del nivel del embalse. El proyecto se encuentra en calificación y correponde a un aumento en la producción de aproximadamente 10 GWh anuales.	SEA, http://www.sea.gob.cl DGA (Anexo 4, base de datos Ministerio de energía)
Licán	Operación	Inverisones Candelaria Ltda.	Pasada	15	XIV Región de Los Ríos	Río Pilmaiquén	Aprobada el año 2005, con 8 m^3/s de capacidad y 237 m de caída bruta. Se realizaron análisis con posterioridad a su calificación ambiental definitiva, en relación a modificar el punto de captación de la bocatoma y, consecuentemente, el trazado del canal, además de aumentar el caudal de diseño de la central. Esta mejor utilización provino, en lo fundamental, del incremento de la altura de caída y no de una mayor demanda de agua. Aprobada el año 2006.	SEA, http://www.sea.gob.cl DGA (Anexo 4, base de datos Ministerio de Energía)
Capullo	Operación	Empresa Eléctrica Capullo S.A.	Pasada	10,7	X Región De Los Lagos	Río Rahue, hasta antes junta río Negro	No se registra información pública de obras.	SEA, http://www.sea.gob.cl DGA (Anexo 4, base de datos Ministerio de Energía)
Pilmaiquén	Operación	Puyehue S.A.	Pasada	39	X Región De Los Lagos	Río Pilmaiquén	No se registra información pública de obras.	SEA, http://www.sea.gob.cl DGA /Anexo 4, base de datos Ministerio de Energía)

Proyecto	Estado	Titular	Tipo	Potencia (MW)	Región	Subcuenca	Infraestructura	Fuente
Callao	Operación	HidroCallao	Pasada	3,3	X Región de Los Lagos	Lago Rupanco, Río Callao	Utiliza el caudal y salto disponible en el río Callao para generar 3,2 MW de potencia instalada; casa de máquinas al borde del lago Rupanco, equipada con dos turbinas acopladas cada una directamente con un generador sincrónico, con una potencia de generación neta de 3,2 MW, bajo un caudal de diseño de 1,8 m^3/s.	SEA, http://www.sea.gob.cl DGA /Anexo 4, base de datos Ministerio de Energía)
Don Walterio	Operación	Sociedad Generador Electrica Rhomaya Ltda.	Pasada	3	XIV Región de Los Ríos	Río Pilmaiquén	Caudal de captación superior a 2 m^3/s del río Chirre. Consiste, principalmente, en la construcción de un canal de aducción de 3 m^3 con 420 l/s de flujo ecológico, el cual conduce sus aguas a la minicentral hidroeléctrica de pasada, para ello cuenta con una bocatoma, sala de máquinas y turbina de pasada horizontal, subestación eléctrica, cámara de carga y obras de entubado de las aguas.	SEA, http://www.sea.gob.cl
Nalcas	Operación	HidroNalcas	Pasada	6,8	X Región de Los Lagos	Lago Rupanco, Río Nalcas	Utiliza el caudal y salto disponible en el fío Nalcas, tubería forzada llega a la casa de máquinas, que se emplaza en la ribera sur del río, aproximadamente 150 m aguas arriba del puente sobre el río Nalcas. Dos turbinas cada una, acopladas directamente con un generador sincrónico, con una potencia de generación neta de 8,5 MW y un caudal de diseño de 4,5 m^3/s.	SEA, http://www.sea.gob.cl
Osorno	En construcción	Pilmaiquén S.A.	Pasada	54,3	X Región de Los Lagos y XIV Región de los Ríos interregional	Río Pilmaiquén	Aprovechamiento en el río Pilmaiquen de 200 m^3/s y una caída bruta de 33.6 m, presa ubicada aproximadamente a 39,25 km aguas abajo de la central Pilmaiquén, 35 km aguas abajo de la central Rucatayo y 20 km aguas abajo de la central Los Lagos.	SEA, http://www.sea.gob.cl

Fuente: elaboración propia

2.2.2.2.3 Cuenca río Puelo

En esta cuenca, no existen centrales operativas ni en contrucción.

2.2.2.2.4 Cuenca río Yelcho

Dentro del territorio nacional, en esta cuenca se encuentra únicamente la central hidroeléctrica Río Azul, una central de pasada operativa de capacidad pequeña, 1,4 MW, perteneciente a Edelaysen. Esta central se detalla en la Tabla 2.25 y se muestra en la Figura 2.43.

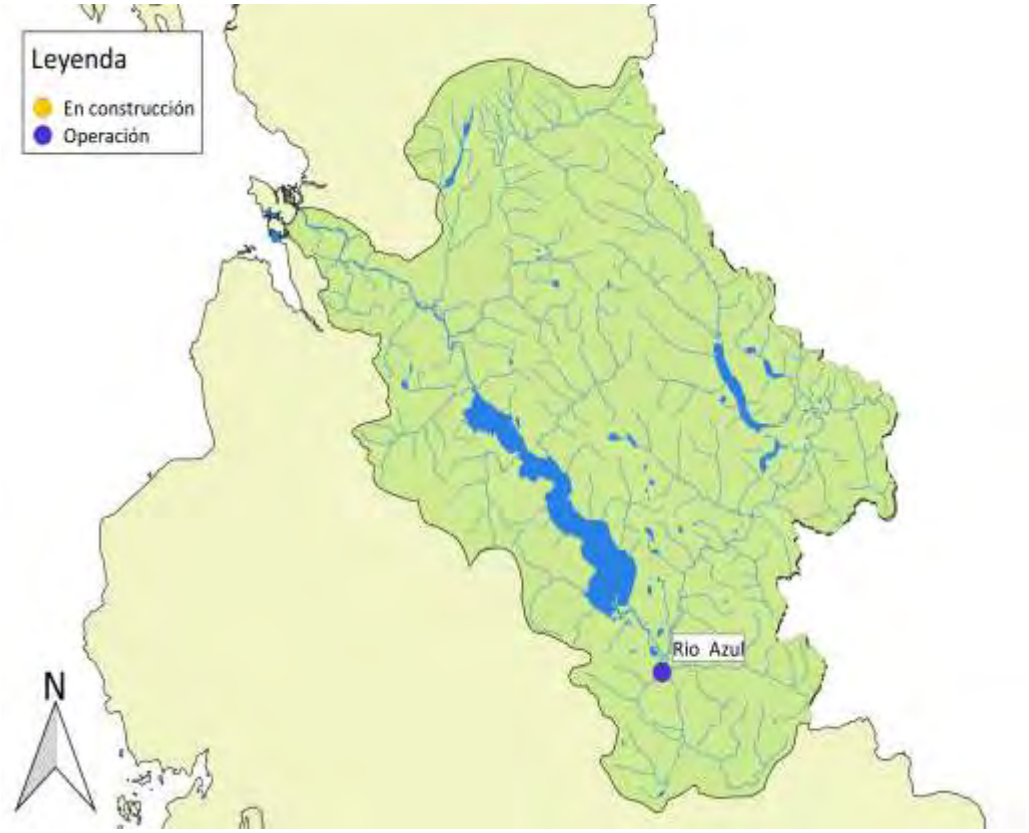
En la cuenca del río Yelcho en territorio argentino, se encuentra ubicada la presa General San Martín, también operativa y conocida como Futaleufú, en la frontera con Chile. Esta central posee una represa en el río, con un muro de longitud de 600 metros y una altura de 120 metros que almacena un volumen de 5.378,75 Hm^3. Su potencia instalada total es de 472 MW (Inventario de presas y centrales hidroeléctricas de la República Argentina, subsecretaría de Recursos Hídricos Nacional de Cuencas, 2014).

Tabla 2.25.Catastro de centrales hidroeléctricas de la cuenca del río Yelcho

Proyecto	**Río Azul**
Potencia	1,4 MW
Titular	Edelaaysen
Tipo	Pasada
Estado	Operación
Región	X Región de LosLagos
Provincia	Palena
Comuna	Palena
Subcuenca	Futaleufú
Fuente	Anexo 4, base de datos Ministerio de Energía, DGA http://app.sofofa.cl/indicadores/CPI/Informe/Mapa_Energetico.pdf

Fuente: elaboración propia.

Figura 2.43.Centrales hidroeléctricas operativas o en construcción en la cuenca del río Yelcho.



Fuente:elaboración ropia en base a datos DGA.

2.2.2.3 *Identificación de centrales hidroeléctricas en evaluación*

2.2.2.3.1 Cuenca Río Valdivia

Las centrales en evaluación en la cuenca, son solamente dos, de los cuales un proyecto fue desistido, correspondiente a la central de pasada Neltume de 490 MW y otro no calificado, correspondiente a la central de embalse San Pedro de 155 MW. Los detalles de dichas centrales hidroeléctricas se presentan en Tabla 2.26. Su ubicación geográfica dentro de la cuenca, basada en la información presente en el SEIA asociada a cada proyecto se puede ver en la Figura 2.44.

Tabla 2.26.Centrales hidroeléctricas en SEIA o desistidas de la cuenca del río Valdivia

Proyecto	Estado	Titular	Tipo	Potencia (MW)	Región	Subcuenca	Infraestructura	Fuente
Neltume	Desistido	Empresa Nacional de Electricidad (ENDESA) S.A.	Pasada	490	XIV Región de Los Ríos	Río Valdivia	Barrera transversal y una obra de toma, que se ubicarán en el río Fuy a 900 m. del desagüe del lago Pirehueico.Para su operación se conducirá el agua desde el río Fuy hasta el lago Neltume, a través de un túnel de 11 km. y de 6,3 m. de diámetro. Casa de máquinas con tuberías de presión con altura de caída de 406 metros entre la zona de captación agua y el lago Neltume.	Anexo4, base de datos Ministerio de Energía, CNE. http://app.sofofa.cl/indicadores/CPI/Informe/Mapa_Energetico.pdf SEA, http://seia.sea.gob.cl/busqueda/buscarProyectoAction.php?nombre=Neltume
San Pedro	No Calificado	Colbun S.A	Embalse	155	XIV Región de Los Ríos	Río San Pedro	Las obras principales del proyecto se ubican en el río San Pedro, 14,5 kilómetros río abajo del lago Riñihue. El embalse tendrá una longitud aproximada de 12 km y una superficie de 282 ha (naturalmente, el río ocupa 132 ha). Embalse sin regulación, ocupará la caja del río.	Anexo4, base de datos Ministerio de Energía, CNE. http://app.sofofa.cl/indicadores/CPI/Informe/Mapa_Energetico.pdf

Fuente: elaboración propia.

Figura 2.44.Centrales hidroeléctricas en SEIA o desistidas en la cuenca del río Valdivia



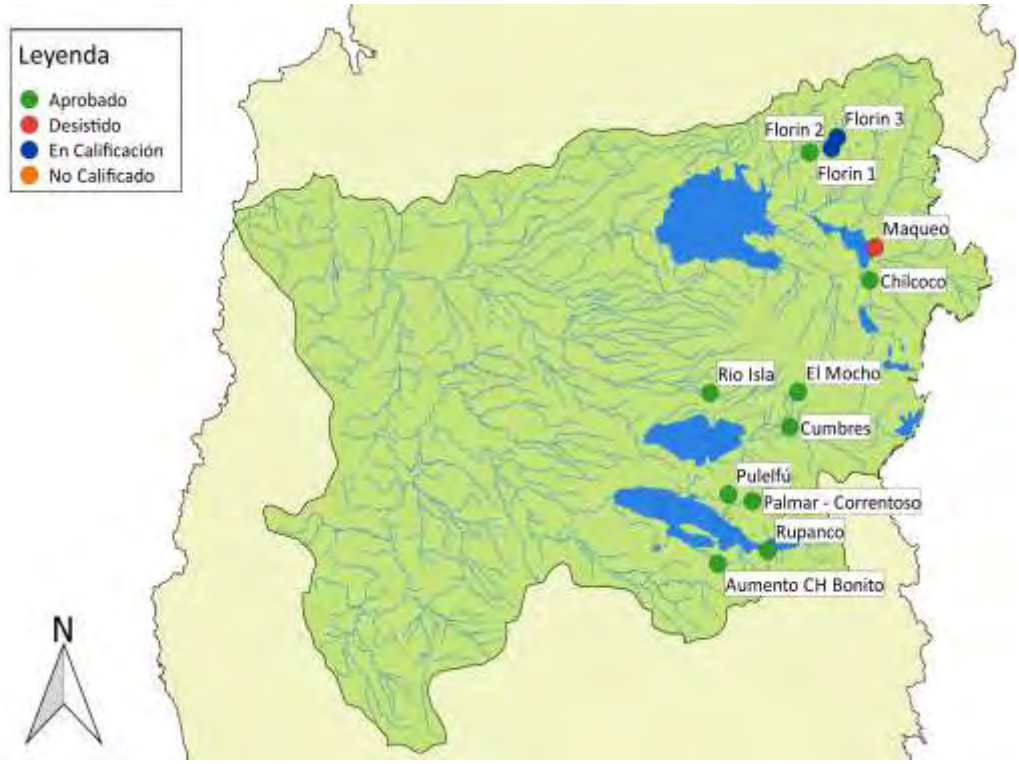
Fuente:elaboración propia en base a datos SEIA.

2.2.2.3.2 Cuenca Río Bueno

Existen nueve proyectos de centrales que se encuentran aprobados, equivalentes a 87,7 MW, siendo el de mayor envergadura la central hidroeléctrica Cumbres con 19 MW en la zona del lago Ranco. Dos proyectos más, llamados Forín 2 y Florín 3, centrales de pasada, que se encuentran en calificación, correspondientes a 13 MW y 4 MW respectivamente. Dentro de la zona se encuentra un proyecto desistido correspondiente a la central Maqueo de 320 MW.

Estas se detallan en la Tabla 2.27 y se muestran en la Figura 2.45.

Figura 2.45.Centrales hidroeléctricas en SEIA o desistidas en la cuenca del río Bueno



Fuente:elaboración propia en base a datos SEIA.

Tabla 2.27.Centrales hidroeléctricas en SEIA o desistidas de la cuenca del río Bueno.

Proyecto	Estado	Titular	Tipo	Potencia (MW)	Región	Subcuenca	Infraestructura	Fuente
Chilcoco	Aprobado	Carrán	Pasada	12	XIV Región de Los Ríos	Afluentes Lago Ranco	No se registra información pública de obras.	SEA, http://www.sea.gob.cl CDEC-SIC, Catastro nuevos proyectos informados al 2015
Cumbres	Aprobado	Cumbres S.A.	Pasada	19	XIV Región de Los Ríos	Río Pilmaiquén	Central de pasada ubica en el estero El Salto, 40 km al este de del pueblo de Puyehue. La casa de máquinas se ubica a unos 2 km. En línea recta desde el camino internacional 215, por donde se pretende realizar el acceso a la central.	http://seia.sea.gob.cl/expediente/ficha/fichaPrincipal.php?modo=ficha&id_expediente=2129734338
Río Isla	Aprobado	EBCO Energía S.A.	Pasada	4,2	XIV Región de Los Ríos	Río Pilmaiquén	No se registra información pública de obras.	SEA, http://www.sea.gob.cl CDEC-SIC, Catastro nuevos proyectos informados al 2015
Florín 1	Aprobado	EPA S.A.	Pasada	8	XIV Región de Los Ríos	Afluentes Lago Ranco	Ex Don Alejo, modificación de central hidroeléctrica, aumento de potencia. El proyecto consiste en tres centrales de pasada dispuestas en serie, aprovecha las aguas del río Florín y caídas de 120, 170 y 80 metros, respectivamente. Turbinas Francis, dos unidades generadoras.	SEA, http://www.sea.gob.cl CDEC-SIC, Catastro nuevos proyectos informados al 2015
Floín 2	En Calificación	EPA S.A.	Pasada	13	XIV Región de Los Ríos	Afluentes Lago Ranco	Consiste en tres centrales de pasada dispuestas en serie, aprovecha las aguas del río Florín y una caída de 120, 170 y 80 metros, respectivamente.Turbinas Francis, dos unidades generadoras.	SEA, http://www.sea.gob.cl CDEC-SIC, Catastro nuevos proyectos informados al 2015

Proyecto	Estado	Titular	Tipo	Potencia (MW)	Región	Subcuenca	Infraestructura	Fuente
Florín 3	En Calificación	EPA S.A.	Pasada	4	XIV Región de Los Ríos	Afluentes Lago Ranco	Consiste en 3 centrales de pasada dispuestas en serie, aprovecha las aguas del río Florín y una caída de 120, 170 y 80 metros, respectivamente. Turbinas Francis, dos unidades generadoras.	SEA, http://www.sea.gob.cl CDEC-SIC, Catastro nuevos proyectos informados al 2015
Aumento de potencia Central MC1 - Conjunto Hidroeléctrico Bonito	Aprobado	Hidrobonito S.A.	Pasada	3	X Región, Puerto Octay	Río Rahue, hasta antes junta río Negro	Conjunto Hidroeléctrico Bonito, consiste en la construcción y operación de dos mini centrales de pasada. La primera aprovecha las aguas del río Bonito con una potencia instalada de 9 MW, y la otra que aprovecha el agua del estero sin nombre con una potencia instalada de 3 MW.	SEA, http://www.sea.gob.cl CDEC-SIC, Catastro nuevos proyectos informados al 2015
El Mocho	Aprobado	Hidroenesur	Pasada	16	XIV Región de Los Ríos	Río Pilmaiquén	Cambio desde un esquema consistente en una minicentral con dos bocatomas, un sistema común de tuberías y una casa de máquinas, a un proyecto que tiene dos minicentrales, cada una con su bocatoma. Tiene un sistema de tuberías independiente y casa de máquinas para su operación autónoma. Contempla acueductos, denominados T1 y T2, que conducirán las aguas, el aumento del número de turbinas de dos a cuatro, y la eliminación de obras menores.	SEA, http://www.sea.gob.cl CDEC-SIC, Catastro nuevos proyectos informados al 2015
Palmar-Correntoso	Aprobado	Hidropalmar	Pasada	13,5	X Región , Osorno	Río Rahue, hasta antes junta río Negro	Aprovecha las aguas de los ríos Correntoso y Pullefu, del primero 1,5 m^3/s y del segundo 3,7 m^3/s, contempla tubería de acero enterrada y restituye en el río Pulelfu.	SEA, http://www.sea.gob.cl CDEC-SIC, Catastro nuevos proyectos informados al 2015

Proyecto	Estado	Titular	Tipo	Potencia (MW)	Región	Subcuenca	Infraestructura	Fuente
Rupanco	Aprobado	Hidrorupanco	Pasada	3	X Región , Osorno	Río Rahue, hasta antes junta río Negro	La central considera una bocatoma de hormigón armado revestido en piedra de 25 m por 20 m, tuberías de acero reforzado, de 1 m de diámetro y 3.600 m de largo. Un caudal de 1,5 m^3/s y una caída de 440 m, turbina tipo Peltón. Restitución en el río Blanco, cota 140 m.s.n.m.	SEA, http://www.sea.gob.cl CDEC-SIC, Catastro nuevos proyectos informados al 2015
Pulefú	Aprobado	La Leonera	Pasada	9	X Región de Los Lagos	Río Rahue, hasta antes junta río Negro	Consiste en la construcción y operación de una central hidroeléctrica de pasada en el río Pulelfu equipada con dos turbinas Francis. El caudal de diseño de cada turbina es de 4,5 m^3/s y el caudal mínimo de operación de cada turbina es de 1,4 m^3/s. Se localiza en el río Pulelfu, comuna de Entre Lagos, Provincia de Osorno, específicamente en la ribera nor-oriente del lago Rupanco, inmediatamente aguas arriba de la actual Central Capullo. Su aducción se desarrolla primeramente en un túnel de 870 m de longitud y posteriormente en una cámara de carga y tubería en presión de 750 m.	SEA, http://www.sea.gob.cl CDEC-SIC, Catastro nuevos proyectos informados al 2015
Maqueo	Desistido	SN Power	Pasada	320	XIV Región de Los Ríos	Río Negro	El diseño contempla la captación de agua en ocho ríos: Pillanleufu, Curriñe, Ipela, Huenteleufú, Hueinahue, Caicayén, Correntoso y Rupumeica. Conducción a través de túneles subterráneos, hacia una casa de máquinas subterránea en la zona de Maqueo.	SEA, http://www.sea.gob.cl DGA (Anexo 4, base de datos Ministerio de energía)

Fuente: elaboración propia.

2.2.2.3.3 Cuenca Río Puelo

El proceso de identificación de centrales en evaluación muestra sólo un proyecto, aprobado y correspondiente a 210 MW, la central hidroeléctrica Mediterráneo, propiedad de Mediterráneo S.A, en la zona donde confluyen el río Torrentoso con el río Manso, sector denominado La Junta, en el extremo nororiental de la Provincia de Llanquihue, Región de Los Lagos. El proyecto Mediterráneo se detalla en la Tabla 2.28 y en la Figura 2.46.

Tabla 2.28.Catastro de centrales hidroeléctricas de la cuenca del río Puelo

Proyecto	**Mediterráneo**
Potencia	210 MW
Titular	Mediterráneo S.A
Tipo	Pasada
Estado	Aprobado
Región	X Región, Cochamó
Provincia	Llanquihue
Comuna	Cochamó
Subcuenca	Río Puelo bajo
Fuente	SEA, http://www.sea.gob.cl
Infraestructura	Bocatoma que captará parte de las aguas del río Manso, desviadas a través de un túnel subterráneo de 5,5 kilómetros. Una vez turbinadas, las aguas volverán a su cauce natural.

Fuente: elaboración propia.

Figura 2.46.Centrales hidroeléctricas en SEIA o desistidas en la cuenca del río Puelo.



Fuente:elaboración propia.

2.2.2.3.4 Cuenca río Yelcho

En el proceso de identificación de centrales hidroeléctricas, no se registra ningún proyecto de central hidroeléctrica en el SEIA.

A modo de contextualizar el desarrollo hidroeléctrico en la zona , cabe señalar que en el año 2014, se hablaba de dos proyectos en cartera, ubicados en la zona de Futaleufú, por parte de la empresa de generación eléctrica ENDESA, conocidos como Steffen, de embalse; y el Portón, de pasada, proyectos que fueron desarrollados en su diseño y factibilidad económica por parte compañia, en conjunto constituían 685 MW de generación bruta. Estos proyectos se encontraban hasta el mes de julio del año 2016, registrados en el mapa energético de la SOFOFA, como proyectos anunciados y que debían ser sometidos al SEIA.

Sin embargo, el 30 de agosto del presente año, Endesa Chile decidió renunciar a los derechos de aprovechamientos de aguas asociados a los proyectos hidroeléctricos en la zona de Futaleufú (río Futaleufú, Región de Los Lagos) (1.330 MW) y Puelo (río Puelo, Región de Los Lagos) (750 MW) hecho enmarcado en que bajo los conceptos actuales de la empresa sólo se llevarán a cabo iniciativas que sean viables técnicamente, económicamente sujetos a que cuenten con la aceptación de las comunidades donde estarán insertas. Estos proyectos, fruto de estudios iniciales e inmersos en los altos estándares de sostenibilidad requeridos para su realización, hoy en día requieren exigencias técnicas y económicas mucho mayores que en el período en que fueron considerados y por ende resultan no viables, según la compañía. Por otro lado, se señala el hecho de que las actuales condiciones de mercado, con precios a la baja, no dejan espacio para estos proyectos en el mediano y corto plazo, y, dado que hay patentes asociadas al no uso de los derechos de aguas, ello representa un pasivo para la compañía.

2.2.2.4 *Conclusiones generales*

1.) Cuenca río Valdivia:
-Desarrollo se concentra al Este de la cuenca , en las subcuencas afluentes de los lagos Calafquén, Panguipulli y Riñihue.
-Homogeneidad en MW del orden de 100 MW (Ex. Neltume)
-Proyectos en cartera tienden a aprovechar aguas abajo del lago Riñihue.

2.)Cuenca río Bueno:
-Desarrollo en la sub-cuenca del río Pilmaiquén y en las cercanías de Puyehue.
-Desarrollo en la zona alta precordillerana al este del lago Ranco.
-Proyectos aprobados corresponden a Mini-hidro, mayormente en las cercanías de Rupanco.

3.)Cuenca río Puelo y río Yelcho.
-Posibles desarrollos se evalúan en capítulo de análisis de potencial a través de los derechos de agua otorgados, no se desprenden zonas probables de desarrollo a partir del la identificación actual.

2.3 Análisis de conflictos en torno a la hidroelectricidad

2.3.1 Antecedentes

Chile ha definido una política de desarrollo energético para los próximos 35 años, donde uno de los objetivos importantes es la conformación de una matriz energética que permita un suministro confiable, ambientalmente sustentable y a precios competitivos y accesibles para la ciudadanía. En esta matriz, la energía eléctrica y también aquella generada por la fuerza hidráulica toma una especial relevancia por cuanto es considerada una fuente limpia, económica y doméstica; todos atributos necesarios para lograr un suministro con las características mencionadas anteriormente.

No obstante y a pesar de las ventajas que presenta esta fuente de energía, en la actualidad la instalación de centrales hidroeléctricas no goza de la validación social que, al menos en apariencia, solía tener en el pasado. A partir de la década de 1990, específicamente en el periodo de construcción de la central Ralco, se inicia en el país un fenómeno de crecientes conflictos que confronta a la ciudadanía con la industria hidroeléctrica, lo que sumado a una regulación ambiental y compromisos adquiridos por el país ante la comunidad internacional en relación a la protección ambiental y de los pueblos originarios, ha implicado que el proceso de diseño e implementación de nuevos proyectos hidroeléctricos sea mucho más complejo y exigente para la empresa privada y los servicios públicos con competencia en el tema, ya no sólo en el manejo del capital, la tecnología y los aspectos legales, sino también en la capacidad de relacionarse con los territorios donde se establecerán los proyectos. Esta nueva complejidad ha significado en algunas ocasiones, retrasos importantes en los planes de inversión originales y, en algunos casos el desistimiento de los proyectos.

Aunque esta situación es generalizada en casi todo el territorio nacional, en las cuencas de este estudio toma especial importancia por tratarse de una zona geográfica donde los potenciales hidroeléctricos tienden a coincidir con espacios naturales reconocidos a nivel local, nacional e internacional como de alto valor, tanto por sus paisajes como por su riqueza biológica y donde además los pueblos originarios y sus intereses están fuertemente representados. La potencial amenaza que supondría el desarrollo de proyectos hidroeléctricos sobre estos dos componentes del territorio es fácilmente reconocible como el principal argumento esgrimido por la ciudadanía en su objeción a los proyectos de desarrollo hidroeléctrico en los canales formales de participación ciudadana. Sin embargo, es necesario reconocer que estos dos componentes coinciden con lo que está contemplado en la normativa ambiental aplicable a proyectos como los de hidroelectricidad, lo cual abre preguntas sobre el completo alcance de la oposición ciudadana al desarrollo hidroeléctrico, por cuanto la utilización de estos argumentos como herramienta puede tender a dejar en segundo plano otros intereses de la ciudadanía sobre el territorio que – por no estar

reconocidos en la legislación – no resultarían útiles como argumento de oposición en canales formales.

Por este motivo, y con el objeto de que el desarrollo energético en el futuro cuente con la validación social correspondiente, es que estos intereses ciudadanos no reconocibles en un primer plano deben ser identificados. Sin embargo, reconocerestos intereses puede no ser una tarea sencilla y es fácil caer en el sesgo de una mirada sectorial o disciplinar - ya sea del ámbito económico, social o ecológico - que no sea capaz por sí sola de recoger la complejidad de los procesos involucrados en lo que se está entendiendo como un desarrollo hidroeléctrico validado socialmente.

En este sentido, el análisis de los conflictos ocurridos en el pasado y que están vigentes o latentes en la actualidad en la zona de estudio ofrece una oportunidad de acercarse a la comprensión de los procesos que de una u otra forma inciden en que los proyectos hidroeléctricos sean o no validados por la comunidad. En relación a lo anteriormente expuesto, en este apartado se realiza un breve análisis de los principales conflictos que se han observado en las cuencas estudiadas. Para ello, se establecerá primero un pequeño marco conceptual que permita comprender estos conflictos desde una perspectiva territorial y se hará una revisión de los principales procesos históricos que han influido en la configuración de los conflictos en la zona. Posteriormente, se revisará los principales conflictos relacionados con la hidroelectricidad en esos territorios.

2.3.2 Marco conceptual de conflictos asociados a la hidroelectricidad

El presente marco conceptual apunta a identificar los elementos necesarios a considerar en un análisis de conflictos por la hidroelectricidad. El objetivo es contar con una base para la descripción, pero no pretende hacerse cargo de la explicación de estos fenómenos, por lo tanto no aspira tampoco a orientar el diseño de estrategias para reducir la conflictividad. Sin embargo, sí podría ser utilizado como base para el diseño de un diagnóstico territorial.

Para el contexto de este trabajo se entenderá como conflicto:

Un fenómeno de carácter social y político en que, a lo menos, dos facciones representadas por distintos actores o grupos de actores se encuentran en pugna por el poder de decisión sobre las acciones o modificaciones que se pueden realizar en un espacio determinado, así como sobre la gestión de los riesgos, costos y beneficios de dicha modificación.

Puesto que estos conflictos tienen lugar y se desarrollan en un contexto social, la legitimidad de cada posición ante la sociedad dependerá de la legitimidad de los actores que las sostienen, la legitimidad de los objetivos que persiguen y la legitimidad de las acciones que realizan para

obtenerlos. Por esta razón, los conflictos se expresarán fundamentalmente en distintas acciones que los actores de ambas facciones realizarán para ganar la propia legitimidad social para su posición y disminuir la de su adversario. Por tratarse, además, de proyectos que modifican un espacio determinado, las acciones estarán dirigidas fundamentalmente a:

a) Fortalecer la propia legitimidad social para proponer cambios en ese espacio u oponerse a ellos.
b) Disminuir la legitimidad social del ”adversario” para proponer cambios en eses espacio u oponerse a ellos.
c) Fortalecer la legitimidad social de las propias propuestas de cambio y la gestión de los riesgos, costos y beneficios, así como disminuir la legitimidad social de los cambios y la gestión propuestos por el “adversario”.

En este contexto la validación social es relevante, por cuanto puede redundar en una decisión favorable hacia la propia propuesta de cambio o gestión por parte de una figura de poder, pero también logra el involucramiento de nuevos actores en el conflicto mediante la identificación con el espacio en cuestión y con la propia posición.

Las acciones que los actores pueden seguir para alcanzar estos objetivos son de diversa índole, incluyendo desde declaraciones de prensa hasta marchas de protesta ciudadana y campañas mediáticas, pero todas pueden entenderse como alguna forma de retórica que se expone en distintos medios de comunicación social, con la finalidad de llegar al mayor número de actores posibles.

Puesto que, en términos generales, las modificaciones propuestas por un proyecto hidroeléctrico afectan a un espacio geográfico relativamente pequeño, en primera instancia el contexto donde se verificará el conflicto son los territorios locales que contienen a ese espacio geográfico. Sin embargo, por tratarse de proyectos que revisten interés nacional, tanto para sus defensores como para sus detractores, los actores involucrados no estarán restringidos a aquellos directamente relacionados con los territorios locales. Lo anterior significa que será posible identificar distintos tipos de actores que realizan distintos tipos de acciones.

2.3.2.1 *Los conflictos por la hidroelectricidad como conflictos ambientales*

A primera vista, los conflictos en torno a la hidroelectricidad en Chile se pueden relacionar simplemente con un problema ambiental, vale decir que la ciudadanía reacciona negativamente frente a una modificación de un espacio por parte de un proyecto, en atención a que esta modificación se percibe como una amenaza directa al bienestar material de las personas, de los ecosistemas o bien a los modos de vida tradicionales de la comunidad en general y de los pueblos originarios en particular. Desde esta óptica, los conflictos se pueden tratar de comprender en

términos de las percepciones que la ciudadanía tenga acerca de las externalidades negativas de cada proyecto específico y resulta más o menos lógico inferir que será posible encontrar algún grado de correlación entre la calidad técnica del proyecto – o la percepción que se tenga de ésta – y la magnitud del conflicto.

Sin embargo, si se analizan más en detalle las acciones y argumentos que presentan los distintos actores involucrados en los conflictos en torno a proyectos de generación hidroeléctrica en Chile, es probable que esta comprensión del alcance de estos fenómenos no sea suficiente para dar cuenta de su dinámica. Así por ejemplo, es posible preguntarse ¿por qué se ha dado con tanta fuerza el involucramiento de actores que no están directamente afectados por un proyecto? , ¿Por qué algunos actores locales de pronto adoptan discursos que a primera vista no les son propios, como por ejemplo la preocupación por la protección de la biodiversidad?, ¿Por qué actores que en otras instancias actúan como antagonistas – como la acuicultura y el turismo - forman alianzas en contra de un proyecto hidroeléctrico? o ¿Por qué algunos actores, incluso aquellos que no están directamente afectados por un proyecto rechazan tan fuertemente el argumento de la necesidad país o bien superior?

Para aproximarse a responder estas interrogantes, es importante primero comprender que este tipo de conflictos son una forma compleja de interacción social, vale decir, que el actuar de las personas no responde a un conjunto finito, reconocible y estable de causas, sino que más bien, es el resultado de motivaciones y creencias que se construyen y reconstruyen de manera dinámica en la vida cotidiana y naturalmente en el transcurso del propio conflicto (Stamm y Aliste, 2014).

2.3.2.2 *Los conflictos por la hidroelectricidad como conflictos por el uso de la tierra*

Así como es posible identificar argumentaciones relacionadas con una valoración del medio ambiente en alguna de las formas mencionadas anteriormente, también se pueden encontrar argumentos que escapan a este tipo de racionalidad. Un ejemplo de esto es el caso de la percepción de los proyectos hidroeléctricos como una amenaza para el turismo. En este caso, los actores locales argumentan que las modificaciones que pudiera hacer el proyecto sobre el ambiente pueden deteriorar la belleza escénica y la forma en que las personas que visitan esos lugares percibirán esos espacios, especialmente en lo relativo a su grado de naturalidad. Se objeta también en estos casos las restricciones que la implementación del proyecto pudiera generar en el acceso al río por parte de las personas que practican pesca deportiva o navegación fluvial de distinto tipo. En este caso, el ambiente no se está valorando intrínsecamente ni tampoco con un enfoque de riesgo, sino como un recurso natural y, en particular, un recurso natural de uso común, por cuanto el turismo es una actividad económica que tiene como uno de sus principales insumos los atractivos naturales y estos atractivos no son apropiables por ningún agente en particular (Segura y Bourlon, 2011).

Esta particularidad de los conflictos en torno a la hidroelectricidad – al menos en lo referido a la zona abarcada por este estudio – parece señalar que se acercan más a los conceptos de conflictos con contenido ambiental (Folchi , 2001) y de conflictos por el uso de la tierra (Torre *et al*., 2014). En el primer caso se señala que los conflictos entre un proyecto y la comunidad no se pueden explicar solamente por la existencia de una conciencia ambiental, sino que surgen de cualquier transformación ambiental que pudiera afectar al medioambiente habitado y los intereses que distintos actores puedan tener sobre él (Folchi, 2001). En esta misma línea, el concepto de conflictos por el uso de la tierra propone que estos surgen por la insatisfacción de una parte de la población con las acciones tomadas o planeadas por terceros - públicos o privados, vecinos o no - para transformar un espacio determinado, por cuanto producen o existe la expectativa de que produzcan contaminación, molestias o restricciones de acceso al espacio y sus recursos en comparación a la situación sin proyecto (Torre *et al*., 2014).

Vistos de esta manera, los conflictos en torno al desarrollo de proyectos hidroeléctricos muestran algunas componentes importantes de considerar para su análisis. En primer lugar se identifica la existencia – o expectativa – de una transformación de un espacio, la cual es percibida como negativa por un conjunto de actores sociales. Lo negativo de esta transformación incluye el impacto sobre el medio ambiente que es valorado por los actores pero no está restringido a esto sino que se extiende también a la calidad y accesibilidad a los recursos naturales que están en ese espacio.

Pero además, este enfoque sugiere que estos conflictos tienen una componente espacial por cuanto responden a una transformación de un espacio geográfico determinado y que – dado que los intereses de los actores están ligados a este espacio – sería posible anticipar el espectro de actores que se involucrarían. Sin embargo, la evidencia indica que los actores que se oponen a un desarrollo hidroeléctrico rara vez están restringidos a personas relacionadas directamente con el área de influencia del proyecto (ej. Romero *et al*., 2009).

Esto se puede explicar, en parte, por una diferencia de percepciones entre los actores en conflicto en relación al alcance del área de influencia, ya que en general la percepción de los actores locales respecto a la magnitud del espacio afectado por la transformación supuesta por un proyecto hidroeléctrico es mayor que la expresada en los estudios de impacto ambiental. Así, por ejemplo, las expectativas que tienen los actores acerca de las externalidades negativas sobre el turismo se relacionan con la forma en que la presencia de este tipo de proyecto afectará la forma en que los visitantes valorarán el destino turístico en su totalidad, no solamente el espacio directamente intervenido. Esto significaría que muchos actores locales se podrían oponer a un proyecto específico a pesar de que sus intereses pueden estar sobre un espacio geográfico que puede no ser coincidente con el espacio que está siendo intervenido por el proyecto desde un punto de vista estrictamente físico.

2.3.2.3 *Los conflictos por la hidroelectricidad como conflictos territoriales*

Los conflictos también pueden responder a la forma en que las personas establecen una relación con el espacio. En este sentido, el espacio habitado que menciona Folchi (2001) debe entenderse como un espacio geográfico con el cual las personas establecen algún tipo de relación, la que determina que tengan intereses sobre él. Esta relación no necesariamente está limitada a la residencia, la propiedad o la dependencia de los recursos naturales que allí existan, sino que depende también una serie de procesos de índole psicológico, social y cultural que construyen un sentido de identidad y pertenencia a ese espacio y al grupo social que lo habita (Aliste, 2010; Bowen *et al.*, 2012).

Esta noción de la dimensión humana del espacio transforma el espacio geográfico en territorio. El territorio de un grupo o comunidad, de esta manera, se corresponde con un espacio geográfico, pero **no es el espacio en sí** sino que una idea compartida acerca de la importancia que éste tiene materialmente – principalmente como fuente de recursos – y simbólicamente, como soporte a la construcción de su propia identidad. Esto implica la apropiación de este espacio geográfico, en donde, los actores sociales bajo sus distintas formas, logran desarrollar un proceso de asimilación e incorporación de éste como una extensión y parte de sí mismos (Gonçalves, 2001; Di Méo y Buléon citados por Stamm y Aliste, 2014).

Sobre esta misma base, esta idea compartida entre un grupo acerca de su relación con ese espacio sirve además para una reivindicación y apropiación de la naturaleza, vale decir, que define para ese grupo o comunidad quiénes tienen legítimo derecho a realizar una transformación del espacio y de qué manera pueden hacerlo, lo cual no necesariamente está ligado ni restringido al concepto de propiedad (Aliste, 2010; Bowen *et al.*, 2012).

En consecuencia, desde el punto de vista de una comunidad o grupo, la transformación que realiza un proyecto trasciende las potenciales externalidades negativas que tenga el proyecto sobre las componentes ambientales que normalmente se toman en consideración en un análisis de impacto ambiental. Se transforma también la manera en que ese grupo o comunidad se relaciona con ese espacio, incluyendo en esto no sólo lo material si no que lo simbólico y especialmente las relaciones de poder y el control sobre ese territorio (Bowen *et al.*, 2012).

Esta breve y condensada conceptualización de la idea de territorio local entrega la posibilidad de ampliar la mirada en el análisis de los conflictos en torno a la hidroelectricidad. En primer lugar, permite plantear que, desde el punto de vista de los actores locales, el contexto donde se establece un proyecto no es el espacio geográfico sino que su territorio. Aunque el espacio directamente modificado por el proyecto sea relativamente pequeño en comparación con el espacio geográfico al que está anclado el territorio de los actores locales, la transformación ocurre al interior de este espacio y, por ende, es importante. Esto explicaría el involucramiento de actores que se encuentran relativamente alejados del área de influencia del proyecto y que desde un punto de vista estrictamente ambiental podrían no considerarse como afectados.

Por otra parte, además de constituir un contexto distinto para el desenvolvimiento de un proyecto, la existencia de un territorio también representa una manera distinta de entender la transformación que se está realizando. Desde un punto de vista psicológico, se postula que la construcción de territorio sirve también como base para comprender la manera que funciona el espacio geográfico al que está ligado, actuando como modelo mental para explicar y predecir los procesos del mundo físico, humano e incluso espiritual, incluyendo en esto las consecuencias de una modificación o alteración del espacio. Esto es importante si se considera que la mayoría de los conflictos en torno a proyectos hidroeléctricos surgen en una etapa anterior a la implementación, ya que esta idea de cómo funciona el mundo será la base para construir la expectativa que tendrán los actores en relación a los alcances que tendrán las alteraciones provocadas por el proyecto y servirá también como medio para contrastar las expectativas presentadas por el proponente. Pero además, en virtud de estos modelos mentales, los actores locales serían capaces de percibir transformaciones de la dimensión social y cultural del territorio que serían consecuencia de la implementación del proyecto, pero que resultan invisibles desde una lógica estrictamente técnica y ajena a ese modelo (Jones *et al*., 2011; Serenari *et al*., 2015).

Como consecuencia de la existencia de una idea compartida de territorio entre un grupo de actores locales y, en particular, por el hecho de que existe una apropiación de los recursos existentes en el espacio, así como un conjunto de reglas que definen la legitimidad de acceso a esos recursos, desde el punto de vista de los actores territoriales locales, un proyecto hidroeléctrico es una propuesta de transformación del espacio proveniente de una esfera exterior al nosotros y podría, por lo tanto, ser considerada como un medio ilegítimo de apropiación de la naturaleza para un uso productivo.

Una observación importante en relación a los conflictos es que se ha observado que una misma intervención en dos lugares diferentes pueden no tener los mismos resultados en cuanto a la reacción de los actores locales. Desde la óptica de territorio, esto se explicaría porque, a pesar de que siempre es posible aseverar que existe, a lo menos, un territorio asociado a un espacio geográfico, esto no es condición suficiente para la emergencia de un conflicto, sino que la emergencia e intensidad del involucramiento de los actores que entran en conflicto es dependiente en gran medida del grado con que los actores reconocen y se identifican con su territorio, o lo que se ha llamado territorialidad. Esta sería la razón por la cual, si bien siempre es posible identificar un detonante para un conflicto, ese mismo detonante ocurrido en otro momento y en otro lugar bien puede no tener el mismo efecto (Lecourt y Faburel, 2008, citados por Stamm y Aliste, 2014). En consecuencia, los procesos involucrados en la emergencia de un conflicto no quedarán bien descritos con la visión clásica de causa-efecto sino que se debe considerar en su análisis el carácter intencional del comportamiento de los individuos o grupos involucrados. Esto implica reconocer que no es posible identificar una condición o situación objetiva que gatille un determinado conflicto (Hagmann, 2005; Watkin, 2012).

De manera similar, la dinámica de los conflictos parece señalar que tanto los actores involucrados como la intensidad con que se involucran varían en el tiempo. Esto se explicaría porqué tanto el territorio como la territorialidad no son en el tiempo sino que se modifican o se construyen socialmente en función de las relaciones que las personas establecen entre sí y con el propio espacio y los fenómenos que en él ocurran, incluyendo los conflictos ambientales o de cualquier otra naturaleza. En resumen, dos conflictos en un mismo espacio, pero en momentos distintos, no pueden ser iguales. De igual forma, dos conflictos al mismo tiempo en dos espacios diferentes serán distintos (Stamm y Aliste, 2014).

La noción de los conflictos por desarrollos hidroeléctricos desde una óptica territorial parece hacerse cargo de todas las ideas que se presentaron anteriormente y permitiría además comprender algunos aspectos que no quedarían cubiertos por otros modelos explicativos. Sin embargo, la idea de territorio tal como se ha desarrollado hasta aquí solamente puede explicar el comportamiento de los actores locales, pero no así el involucramiento de actores con un alcance nacional o incluso internacional.

2.3.2.4 *Los conflictos por la hidroelectricidad como conflictos de autodeterminación*

Un cuarto conflicto por desarrollos hidroeléctricos se relaciona con la lejana vinculación que establecen los actores y comunidades locales en sus diversos niveles trabajados, tales como ciudad, comuna, pueblos originarios y organizaciones funcionales, entre otros, con el desarrollo a nivel país que ofrece un proyecto de tipo hidroeléctrico. De este modo, el conflicto surge debido a que las necesidades del país no son percibidas por estos actores y comunidades locales como propias o imprescindibles para sí mismos.

Este desapego o lejanía respecto de la realidad nacional y de otros territorios da origen a un estado de autodeterminación o libre determinación por parte de los actores y comunidades locales, la cual es descrita por Naciones Unidas en el Pacto Internacional de Derechos Civiles e Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales, en su Artículo I, como un derecho[5] que los pueblos tienen a la libre determinación para establecer su condición política y proveerse a sí mismos para su desarrollo económico, social y cultural. También se consigna en dicho artículo el deber de los Estados de promover el derecho a la libre determinación.

Así, conscientes o no, los actores y comunidades han adoptado esta postura de autodeterminación caracterizada por tres aspectos: no se necesita más energía, no se debe sacrificar el entorno local para beneficiar otras áreas lejanas y el modo de vida local es el adecuado. Al respecto, el primer aspecto dice relación con la información externa que ha llegado a estas comunidades concluyendo

[5] Resolución 2200 A XXI de la Asamblea General de Naciones Unidas del 16 de diciembre de 1966: http://www.ohchr.org/SP/ProfessionalInterest/Pages/CCPR.aspx; http://www.ohchr.org/SP/ProfessionalInterest/Pages/CESCR.aspx

que no se necesita más energía; mientras que el segundo aspecto apunta al hecho del porqué se debe cambiar el entorno local, entendido como destrucción, por beneficio de otra área o región lejana de lo cual no se perciben beneficios tangibles en el área local. Finalmente, y a su vez, este segundo aspecto implica el tercer y último que alude al propio modo de vida, el cual no se desea cambiar en virtud del desarrollo que promete un proyecto de tipo hidroeléctrico.

Esta postura produce una dinámica de conflicto que antagónicamente ubica a los actores y comunidades locales de un lado y al Estado y actores lejanos, de otro. Por tanto, la capacidad de las comunidades locales de poder decidir sobre su propio territorio se ve mermada al tener que enfrentar tipos de acciones y decisiones, que, a su vez, son auto-producidas como amenazas ambientales ya sea en el ámbito ecológico, social o cultural.

La auto-producción de la amenaza ambiental constituye una construcción social de las problemáticas de este tipo en el sentido que, al hacerse patente un problema ambiental para las personas o comunidades, éste se vuelve real produciendo conflictos entre las partes involucradas (Arnold, 2003). Esta construcción social proviene de comunicaciones que circulan dentro del territorio donde se percibe el problema ambiental, de modo que quien tenga mayor información será quien ocupe más espacios de comunicación para dar a conocer su postura, donde algunas serán contradictorias entre sí provocando conflictos respecto al problema ambiental en cuestión (Arnold, 2003).

En este sentido, el modelo de conflicto desde la perspectiva de la autodeterminación abre el espectro de comprensión del conflicto ambiental a otros actores de alcance nacional o internacional que no son parte del territorio donde se encuentran los actores y comunidades locales. La condición de autodeterminación de actores y comunidades frente a desarrollos de tipo hidroeléctrico se construye a partir de la auto-producción de la amenaza, que a su vez, viene por las comunicaciones (información) que circulan entre los actores, permitiendo adoptar una postura que resultará contradictoria o favorable respecto de otras. En el caso específico de las cuencas de estudio, la información que circula ha propiciado una postura de conflicto basado en los tres aspectos antes mencionados, denotando una situación de autodeterminación caracterizada por la negación de necesidades energéticas, ser parte de un desarrollo lejano y la afirmación del modo de vida local.

2.3.3 Contexto histórico en los conflictos

Dentro de los eventos históricos que pueden considerarse relevantes en la configuración de los conflictos en torno a la hidroelectricidad, probablemente una de los más importantes es el cambio de institucionalidad del sector eléctrico en Chile hacia principios de la década de 1980. Este cambio de institucionalidad sentó las bases para la privatización del sector y dejó al Estado un papel fiscalizador y subsidiario, pero que no participa directamente de la creación de nuevas

empresas ni iniciativas de desarrollo hidroeléctrico. Esto tuvo como efecto directo el cambio de interlocutores o de actores en los procesos de transformación de los espacios, desde el Estado a la empresa privada, donde esta última no cuenta con la misma legitimidad entre la ciudadanía para decidir la repartición de los pro y los contra de estas transformaciones (Romero y Sasso, 2014).

Por otra parte, el cambio de institucionalidad corresponde al reflejo de un cambio de la relación entre el Estado y la ciudadanía, que habría tenido como una de sus consecuencias la transformación de algunos movimientos sociales, particularmente aquellos movimientos rurales cuya reivindicación tradicional había sido el acceso a la tierra, pero que lo hacían desde una perspectiva nacional, sin necesariamente apelar a particularidades territoriales locales. Esta transformación significó que estos movimientos volvieran la mirada a lo local, transformando el foco de las reivindicaciones desde el concepto de tierra al concepto de territorio, entendido este último como una apropiación, no necesariamente material, de un espacio ocupado por un grupo humano. Este proceso fortaleció, en parte, el concepto de localidad o comunidad local como actor con intereses eventualmente contrapuestos a las trasformaciones territoriales (Bowen *et al.,* 2012)

Otro hecho importante fue el establecimiento del Código de Aguas de 1981, el cual separó la propiedad del agua de la propiedad de la tierra y estableció el agua como un derecho transable en el mercado. Adicionalmente, el Código estableció el concepto de derechos consuntivos y derechos no consuntivos, siendo estos últimos los asociados principalmente a la generación hidroeléctrica. El objetivo de este sistema fue, entre otros factores, favorecer la generación hidroeléctrica disminuyendo, a la vez, la interferencia entre distintos usos del agua. Sin embargo, el sistema posibilitó también la aparición de oligopolios hídricos, en virtud de los cuales el potencial de generación se concentra en unas pocas empresas. Lo anterior, junto con el hecho de que en la práctica la existencia de los usos no consuntivos no ha garantizado la no interferencia entre usos, ha significado que muchos actores perciban esta situación como un factor de inequidad en el acceso a los recursos hídricos (Prieto y Bauer, 2012; Romero *et al.,* 2009).

En 1996 entró en operación la central Pangue y, posteriormente en 2004, la central Ralco, ambas ubicadas en el sector de Alto Biobío. Estas centrales, desarrolladas por ENDESA, inundaron un total de 3.500 hectáreas de terreno, parte de las cuales consistían en territorios ancestrales pehuenche. Lo anterior significó el desplazamiento de 675 personas, entre las cuales se encontraban 500 pertenecientes al pueblo pehuenche. La construcción de estas represas tuvo una fuerte oposición de los pueblos originarios, a pesar de lo cual su construcción se llevó adelante con un importante apoyo gubernamental. Este conflicto se considera el primer conflicto relevante entre la ciudadanía y la hidroelectricidad en Chile y aunque la oposición ciudadana – representada principalmente por organizaciones mapuche – no pudo detener la construcción de las represas, el conflicto tuvo un fuerte impacto en la opinión pública que se alejó de la posición predominante de aprobación automática de nuevos proyectos hidroeléctricos (Bauer, 2009).

En el año 1997 se constituyó la Comisión Mundial sobre Represas (WDC por sus siglas en inglés), la cual surge de un *workshop* auspiciado por el Banco Mundial y la IUCN en Gland, Suiza acerca de la creciente preocupación por los efectos negativos de la construcción de grandes embalses para la generación hidroeléctrica. Esta comisión tuvo como objetivo establecer un conjunto de criterios o buenas prácticas que deberían tomarse en consideración en el caso de construir nuevos embalses de estas características. Tras una corta de existencia, en el año 2001 emitió su informe final, cuya tesis es que "aunque las represas han significado muchos beneficios y han hecho una contribución significativa al desarrollo humano, en demasiados casos el precio pagado para asegurar ese beneficio, especialmente en términos sociales y ambientales, ha sido demasiado alto y, más importante, pudieron evitarse al no llevar a cabo la represa reevaluando los impactos". En virtud de sus análisis, la WDC recomendó adoptar un enfoque de derechos y riesgos de todos los actores, instalado además el concepto de que aquellos directamente afectados deben participar en el proceso de planificación y deben tener acceso a los beneficios del proyecto. Basado en este enfoque, la WCD desarrolló siete prioridades estratégicas y principios de política asociados para guiar la toma de decisiones (World Commission on Dams, 2000).

Aunque las recomendaciones de esta comisión fueron recibidas con más de una crítica por los distintos sectores interesados en el desarrollo hidroeléctrico, se le reconoce como mérito principal el haber llevado el debate acerca de la conveniencia del desarrollo de represas a un nivel diferente. Por otra parte, algunos de los principios expuestos en este informe son reconocibles actualmente en los discursos que entran en debate por la hidroelectricidad en Chile.

A partir del año 2009, Chile incorporó a su legislación el Convenio 169 de la Organización Internacional del Trabajo (OIT). Con la adhesión a este convenio, los Estados se obligan a proteger los derechos de los pueblos indígenas y tribales de países independientes que se rigen parcial o totalmente por sus propias costumbres y al respeto de su identidad cultural y social (BCN, 2012). Este respeto incluye su relación y ocupación de tierras y territorios, reconociendo el derecho de propiedad y el acceso a aquellas tierras que hayan tenido tradicionalmente (art. 14). En esta misma línea señala que los pueblos no deben ser trasladados de las tierras que ocupan, solo pudiendo hacerlo "con su consentimiento, dado libremente y con pleno conocimiento de causa". Para el convenio, al hablar de "tierras" se hace alusión también a los territorios que son definidos como "lo que cubre la totalidad del hábitat de las regiones que los pueblos interesados ocupan o utilizan de alguna otra manera" (art. 13[6]). Además, señala que deben protegerse los derechos de los pueblos de acceso a los recursos naturales existentes en sus tierras, lo cual implica "participar en la utilización, administración y conservación de dichos recursos" (art. 15).

Un aspecto muy importante de este Convenio es que obliga a los Estados a generar mecanismos de consulta (art. 6) a los pueblos cada vez que alguna medida legal o administrativa pudiere

[6]OIT, Convenio 169, http://www.ilo.org/dyn/normlex/es/f?p=NORMLEXPUB:12100:0::NO::P12100_ILO_CODE:C169

afectarles (BCN, 2012), a través de procedimientos apropiados, que puedan participar libremente y que sean efectuadas de buena fe, entre otros aspectos. En Chile, el proceso de consulta se ha derivado a través de las leyes sectoriales y en el caso del ámbito medioambiental, se ha incorporado en el Reglamento nuevo del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (RSEIA) (D.S. 40/2012) que entró en vigencia a finales de 2013.

Aunque esto se ha considerado un avance en la relación entre el Estado y los pueblos originarios, en la práctica esta implementación adolece todavía de algunas limitaciones que han generado un sentimiento de disconformidad con estos procesos. Entre ellas, se señala que la consulta se realiza ante medidas que no cubrirían en totalidad el espíritu expresado en el artículo 6 del convenio, sino que se restringirían a un "impacto significativo" y siempre dentro del contexto y la forma de operar del SEIA. Esto implicaría que la consulta se implementa con posterioridad al diseño del proyecto y con una definición de afectación que no cubre adecuadamente los aspectos socioculturales de los pueblos indígenas. Adicionalmente, se ha detectado una dificultad para definir adecuadamente a los interlocutores para estas consultas, ya que aunque el convenio explicita que se deben realizar a través de las instituciones representativas de los pueblos indígenas, la complejidad es poder reconocer cuáles son esos representantes en cada caso. Todo esto ha dificultado que estos procesos sean legitimados por los pueblos originarios (Susskind *et al.,* 2014; Corvalán, 2015).

Aunque menos conocido por la ciudadanía en general que el caso de Ralco, el conflicto generado por la construcción de la central Maqueo tuvo la relevancia de enfrentar por primera vez los intereses de un proyecto de generación hidroeléctrica con los de una comunidad de pueblos originarios en un contexto en que el Convenio 169 estaba en plena vigencia en Chile. Este proyecto fue presentado por la empresa noruega SN Power a través de la empresa Trayenko, su filial en Chile, a orillas del lago Maihue, ubicado en la Región de Los Ríos. El diseño contemplaba la intervención de ocho ríos, lo cual implicaba la inundación de 160 hectáreas y se esperaba la generación de 400 MW (Gestión Ambiental Consultores, 2009). Ingresó por primera vez al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental en el mes de febrero de 2009 y se retiró en agosto del mismo año.

Este proyecto tuvo la fuerte oposición de las comunidades mapuche, recibió objeciones por el hecho de que se emplazaba en territorios ancestrales de comunidades indígenas legalmente constituidas y que gozaban de protección por las leyes nacionales e internacionales. El desistimiento del proyecto por parte del proponente se debió a la inconsistencia entre los intereses del proyecto, los de las comunidades locales y las políticas que debía respetar la empresa por tener participación estatal de un país signatario del Convenio 169 como es Noruega. Como consecuencia, se crea el precedente de que los compromisos de protección de los pueblos originarios son un instrumento que puede utilizarse para oponerse a un proyecto de esta naturaleza (Susskind *et al.,* 2014).

2.3.4 Análisis de conflictos recientes

2.3.4.1 *Conflictos en la cuenca del río Valdivia*

2.3.4.1.1 Central San Pedro

El proyecto que gatilla este conflicto es el proyecto para la construcción de la central hidroeléctrica San Pedro, presentada por la empresa Colbún, la cual se ubicaría en el río San Pedro a 14 km aguas abajo del desagüe del Lago Riñihue. El proyecto contemplaba la construcción de un embalse que tendría una longitud de 12,5 km y que cubriría una superficie de 282 ha, de las cuales 132 ha están actualmente cubiertas por la caja del río (Centro de Ciencias Ambientales EULA-Chile, Universidad de Concepción, 2007). El proyecto fue aprobado ambientalmente en el año 2008 y las obras de construcción se iniciaron a inicios del 2009. Dos años después, las obras de construcción se suspendieron debido a que se encontró roca de mala calidad en la ladera norte y a la detección de movimientos en los taludes y ladera sur. Lo anterior implicó realizar modificaciones al proyecto, los cuales se ingresaron al SEIA en junio de 2015 como "adecuación de la central hidroeléctrica San Pedro". Esta modificación fue rechazada por el SEIA de manera anticipada en agosto de 2015, por considerarse que el estudio "no presenta información esencial para poder continuar con su evaluación ambiental" (SEIA, http://www.sea.gob.cl, análisis del proyecto). Al momento de la redacción de este informe, el proyecto se encuentra detenido.

Este proyecto y su adecuación gatilló la reacción de distintos actores sociales organizados, entre los que se puede identificar al Comité Ciudadano de Defensa de Nuestros Ríos, Agrupación Nacional Jóvenes Tehuelche, Sindicato de Pescadores Artesanales de Valdivia, Parlamento de KozKoz, el movimiento Acción por los Cisnes y la Coordinadora por la defensa del Agua y la Vida (CDAyV). A estos actores organizados se les suman los empresarios turísticos no necesariamente agrupados y varias otras organizaciones locales. Todos estos actores han estado acompañados por la ONG Observatorio Ciudadano.

Las principales acciones realizadas por estos actores ha sido la visibilización de sus argumentos a través de la mediatización del problema por medio de publicaciones y declaraciones públicas, acciones ciudadanas como encuentros y protestas en la vía pública, así como acciones legales como recursos de protección. Es importante hacer notar que, al menos oficialmente no hay registro de la participación de ninguna de estas entidades en el proceso de evaluación de impacto ambiental del proyecto.

Un caso diferente lo constituyen los municipios de Panguipulli y de Los Lagos, los cuales, por tener competencia en la evaluación de este proyecto en particular, sí presentaron observaciones en distintas instancias de la evaluación del proyecto. Además, en el caso del municipio de Panguipulli,

se realizaron algunas acciones ciudadanas, principalmente en la forma de declaraciones públicas y argumentaciones tendientes a visibilizar externalidades negativas del proyecto sobre su territorio.

Para este caso en particular, los principales argumentos esgrimidos por los actores sociales en torno a este conflicto se pueden recoger de la publicación expuesto por la Coordinadora por la Defensa del Agua y la Vida en su página web (Coordinadora por la Defensa del Agua y la Vida, s.a.). A este respecto, es importante notar que el principal argumento en contra de la ejecución del proyecto está relacionado con el riesgo asociado a dicha ejecución.

“La comunidad local se opone al proyecto argumentando la inestabilidad de los terrenos escogidos para la central. Ello se ha podido constatar en las faenas de construcción del proyecto, donde ya se han derrumbado varias secciones de cerros, lo que pone en riesgo y tiene asustados a los trabajadores y a los lugareños […] Aunque la empresa no considera el despoblamiento de la zona para desarrollar su proyecto, en los hechos, algunas familias ya se han desplazado por temor a posibles golpes de agua o nuevos derrumbes [...] Los temores de la comunidad local se fundan en el hecho de que el lugar presenta una importante falla geológica, lo que se suma al historial de sismos, particularmente el terremoto de 1960, con epicentro en Valdivia, que alcanzó 9,5 grados en la escala de Richter. La falla geológica existente nace en las termas de Liquiñe, en la Región de Los Ríos, y se extiende a lo largo de unos 1.000 kilómetros de norte a sur; terminando en el istmo de Ofqui, en la Región de Aysén, donde se unen tres placas tectónicas, siendo por ello una zona sísmica importante” (Coordinadora por la Defensa del Agua y la Vida, s.a.).

Este argumento normalmente se ve más relacionado con impactos directos de un proyecto sobre el bienestar material de las personas - como por ejemplo la contaminación - y es por lo tanto menos frecuente en un proyecto hidroeléctrico. Pero en este caso en particular, el hecho de que el emplazamiento del proyecto resultara coincidir con una falla geológica terminó generando retrasos que dependen de un aspecto netamente técnico, pero que en la práctica ha tenido como resultado que se detuviera la ejecución hasta el momento. El argumento del riesgo en este caso se condice con el discurso instalado por la Comisión Mundial de Represas, aunque en la práctica no lo capitaliza completamente en este sentido. Sin embargo, si hace referencia a esta instancia en un párrafo posterior:

“Los criterios para la inversión y la gestión hidroeléctrica de Colbún no coinciden con las recomendaciones de la Comisión Mundial de Represas, en cuanto a valores como equidad, eficiencia, toma de decisiones participativas, sustentabilidad y responsabilidad” (Coordinadora por la Defensa del Agua y la Vida, s.a.).).

El texto hace referencia también a las recomendaciones de esta Comisión, entre las que se encuentran la participación en la planificación y el acceso a los beneficios del proyecto por parte de aquellos directamente afectados. Desde un punto de vista territorial, este discurso se puede

asociar al control de los recursos locales y la decisión de su uso por parte de la comunidad local y no por una entidad externa.

Por otra parte, además de exponer la aprehensión de la comunidad por el riesgo que supone una posible falla estructural del muro de la represa, en el texto publicado por la Coordinadora es posible reconocer también en este argumento un intento de hacer extensible el problema a todo el territorio, lo que haría inviable no sólo este sino que cualquier otro proyecto de características similares. Independientemente de si esta afirmación tenga o no un sustento real, la aplicación de este argumento denota también una suerte de instrumentalización del conocimiento técnico, aprovechando el peso que tiene este tipo de conocimiento en las decisiones. Este uso instrumental estaría indicando un objetivo de fondo, el que en este caso es probablemente el asociar este tipo de proyectos a la idea de amenaza.

Adicionalmente al argumento del riesgo, en general se presentan otros argumentos que son relativamente comunes a todas las interpelaciones a los proyectos en relación al impacto que este pudiera tener sobre los componentes ambientales. Parte de esta argumentación apela al valor intrínseco del ecosistema donde está emplazado el proyecto, como queda de manifiesto en:

"... este territorio fue declarado Reserva de la Biósfera por UNESCO, en septiembre del 2007. Dicha Reserva, denominada “Bosques templados lluviosos de los Andes australes”, incluye 640 mil hectáreas en la Provincia de Valdivia, y a 12 comunas, entre las cuales está Panguipulli. Por ello, cualquier mega impacto sobre las cuencas que dan vida a esta Reserva, entre ellas la del río San Pedro, o que reduzcan sus caudales, provocarían un grave desequilibrio del patrimonio natural y productivo de la zona" (Coordinadora por la Defensa del Agua y la Vida, s.a.).

Sin embargo, esta argumentación está también muy ligada al valor material del territorio, como puede desprenderse del hecho de que el concepto de *patrimonio productivo* aparezca asociado al concepto de *patrimonio natural* y ambos se muestren como dependientes de la integridad del ecosistema. Esta construcción de territorio como proveedor de recursos se reafirma en otros argumentos, como por ejemplo en:

“Dados los valores ambientales y paisajísticos de esta área, la actividad turística se ha visto incrementada fuertemente en la última década, por la importante afluencia de público que busca un turismo ecológico y de intereses especiales, particularmente de contacto con la naturaleza […] El turismo que se desarrolla en la zona es el sustento de muchas familias que arriendan cabañas, ofrecen servicios de alimentación o venden artesanía. Lamentablemente la llegada de proyectos tan invasivos que inundan 12 kilómetros de la cuenca, amenazan la economía local e inviabilizan su mayor desarrollo “(Coordinadora por la Defensa del Agua y la Vida, s.a.).

En este último argumento, el proyecto se muestra como una amenaza a los recursos que sostienen un bien común entendido desde lo local y no desde lo nacional. Esta idea se refuerza posteriormente en:

"Las grandes dimensiones del proyecto de Colbún para la generación eléctrica, tiene por objeto vender energía en grandes centros urbanos, a la industria y la minería (preferentemente, de la zona central y norte), que consumen cerca del 60 por ciento de la energía que produce el país. En tal sentido, la generación eléctrica basada en el uso gratuito del agua y del patrimonio ambiental de la comunidad local, externaliza costos sobre el ambiente y la economía de la zona, afectando las condiciones de vida de las comunidades locales mapuches y no mapuches, que viven del turismo y la agricultura"(Coordinadora por la Defensa del Agua y la Vida, s.a.).

Ambos argumentos apuntan a la construcción de *lo local* como territorio separado de otros territorios. Nótese en este caso que no hay mención a un *territorio nacional* (salvo la palabra *país* para referirse a una base estadística), sino que a lo local separado de otros locales como los grandes centros urbanos, industriales y mineros, que están geográficamente ubicados en un lugar distante: *la zona central y norte*. Este argumento apela, además, a la identificación de los actores locales –mapuches y no mapuches – con un espacio geográfico donde existen recursos que sirven a la economía local. La visión de lo local, en contraposición a lo no local se refuerza también en la crítica a la legitimidad del acceso al recurso hídrico y al *patrimonio ambiental* (visto aquí como recurso para el turismo y la agricultura) por parte de agentes ajenos al territorio local. Esta crítica se establece en función de la disociación territorial entre los beneficios y costos del desarrollo hidroeléctrico, recayendo los primeros en la zona central y norte del país, mientras que los segundos aparecen asociados al territorio local.

Esta crítica a la legitimidad se refuerza posteriormente en:

"[...] Pero por sobre los derechos territoriales de los actores del desarrollo local, están los derechos de aprovechamiento de aguas que tiene Colbún S. A. sobre el río San Pedro. Derechos de propiedad que en virtud de la Ley Eléctrica de 1980 y del Código de Aguas 1981, le dan absoluta preeminencia por sobre los demás cuerpos legales, para decidir sobre la totalidad del uso de la cuenca y sus recursos, en su beneficio corporativo y a costa de todos los intereses locales. Así, el marco jurídico vigente da a los propietarios de las aguas y de las concesiones eléctricas la preeminencia sobre los derechos sobre otros recursos naturales, como la tierra o los bosques. Así también, todas las leyes especiales que protegen a sectores específicos como los pueblos indígenas, la biodiversidad, los predios agrícolas, etc., están supeditado a quien tiene derechos de agua y derechos sobre concesiones mineras" (Coordinadora por la Defensa del Agua y la Vida, s.a.).

Como se discutió anteriormente, desde un punto de vista teórico, el proceso de construcción de un *territorio local* pasa por la apropiación de un espacio geográfico en un sentido material y simbólico. Esta apropiación trae aparejada la necesidad del control de ese espacio, control que no necesariamente está asociado a la propiedad. Como consecuencia, cualquier intento de control de ese espacio por una entidad externa se interpreta como una amenaza, y además se considera ilegítimo. En base a este enfoque sería posible interpretar el uso de estos argumentos ya no sólo

como un medio para oponerse al proyecto, sino que una manera de construir un discurso compartido entre los actores locales, es decir construir un territorio local.

Por otra parte, es posible identificar en este texto algunos argumentos que apuntan a un discurso asociado a lo valórico e ideológico. Por ejemplo, y siguiendo la línea de la crítica a la legitimidad de la intervención:

"El debate de fondo parece ser entonces el modelo de desarrollo, que enfrenta una visión extractivista o productivista versus el desarrollo basado en el uso sustentable del patrimonio ambiental, el cual posee, una base cultural más compleja (indígena) que prioriza el bienestar local, que ve la sustentabilidad en un respeto y cuidado del entorno natural, evitando destruir el equilibrio del frágil ecosistema"(Coordinadora por la Defensa del Agua y la Vida, s.a.).

En este argumento se confrontan directamente una visión del desarrollo centrado en lo local con el modelo de desarrollo neoliberal, que se asocia más a lo global. Este discurso está presente en varios análisis realizados desde la academia, especialmente aquellos más ligados a la ecología política, así como también en muchas ONG. Este discurso se puede ligar por lo tanto más a lo valórico o ideológico, sin embargo, es también un refuerzo a la valoración de lo local.

La construcción de territorio desde lo simbólico forma también parte del argumento aunque, al menos en lo evidente, estaría restringido a la cosmovisión mapuche.

"El impacto de la construcción de este proyecto sobre el ámbito cultural local se puede advertir en dos aspectos: por un lado, la intervención del río San Pedro, considerado sagrado por las comunidades mapuches, es vista como un atropello cultural y como una alteración de la vida espiritual de los habitantes mapuches. Para muchos, el represamiento de aguas implica, además de los impactos sobre el ecosistema, una pérdida definitiva de la fuerza espiritual de las aguas. Lo anterior se extiende a la tierra, al ser intervenidas o perforadas las montañas sagradas. En consecuencia, este proyecto tiene profundas implicancias culturales, y representa un peligro y una amenaza para la población local" (Coordinadora por la Defensa del Agua y la Vida, s.a.).

No es posible, a partir de este análisis, determinar si los argumentos en este sentido apuntan a la inclusión del aspecto simbólico por motivos puramente valóricos, o si lo simbólico está siendo utilizado para fundamentar la aplicabilidad del Convenio 169 de OIT. Sin embargo, dada la efectividad que ha demostrado este Convenio como medio de inmovilizar un proyecto, su aplicación en este caso, habría sido de utilidad para cualquier actor que se sintiera amenazado.

Aunque este breve análisis no puede ser concluyente, sí es posible identificar algunos aspectos relevantes para comprender el origen de este conflicto. En primer lugar, la argumentación contenida en esta fuente de información permite detectar que, más que un conflicto ambiental tal como es entendido normalmente, se trata en efecto, de un conflicto *con contenido ambiental* o definitivamente un conflicto territorial.

Esto se desprende de que, aunque en distintos niveles y asociado a distintos argumentos, el discurso más fácilmente identificable dice relación con la construcción de un territorio local, identificable y separable de otros territorios. Por esta razón, es posible esperar que los actores asociados a esta fuente no serán receptivos a los argumentos relacionados con la necesidad de un "nosotros", constituido por el país completo, tal como la necesidad de energía para cumplir las metas de desarrollo, puesto que no hay razones para reconocer en su discurso la existencia de una identificación de esa naturaleza.

Por otra parte, el discurso de territorio local está, además, marcadamente asociado a una componente material más que simbólica, lo cual se puede sostener porque en los argumentos presentados, la intervención del territorio por parte del proyecto se muestra predominantemente como una amenaza a las economías locales.

El hecho de que los argumentos esgrimidos por esta fuente estén tan ligados a un discurso de territorialidad local, y específicamente, a una construcción material del territorio, nos habla de un origen del conflicto – al menos para los actores representados por esta fuente –ligado al acceso y control de los recursos naturales por parte de las comunidades locales.

2.3.4.1.2 Central Neltume

El proyecto Neltume corresponde a una central de pasada con capacidad para generar aproximadamente 490 MW. Su bocatoma se ubicaría aproximadamente 980 metros aguas abajo del nacimiento del río Fuy en el lago Pirihueico. Las aguas captadas se conducirían subterráneamente hasta la sala de máquinas, ubicada aproximadamente a 850 metros del borde oriental del lago Neltume, lugar donde las aguas serían descargadas, luego de ser turbinadas. El proyecto fue presentado a evaluación ambiental en diciembre de 2010 por la Empresa Nacional de Electricidad S.A. ENDESA. En diciembre de 2015, la empresa se desistió del proyecto[7].

Este proyecto se enfrentó con distintas comunidades mapuche, acompañadas por varias organizaciones sociales locales como el Frente Ambientalista de Panguipulli (FAP), el Parlamento de KozKoz y la Fundación HuiloHuilo. Junto con ellos, participaron en el conflicto las ONGObservatorio Ciudadano, Observatorio Latinoamericano de Conflictos Ambientales (OLCA) y la Municipalidad de Panguipulli (INDH, 2012).

Los principales inconvenientes del proyecto que hicieron ver los miembros de la comunidad se relacionan, en primer lugar, con la afectación de sitios de significación cultural para el pueblo mapuche Hulliche y en segundo lugar por la alteración del lago Neltume, donde se realizarían las descargas de agua de la central después de su utilización para la generación. En este último punto,

[7] Evaluación ambiental disponible en Servicio de Evaluación Ambiental (http://seia.sea.gob.cl/busqueda/buscarProyectoAction.php?nombre=neltume&presentacion=EIA)

la operación de la central habría significado una variabilidad de los niveles del lago que comprometían tierras circundantes de carácter indígena y no indígena (Cuadra, 2015)

Al igual que en el caso de la central San Pedro, las acciones realizadas por estos actores han sido la visibilización de sus argumentos a través de la mediatización del problema. Sin embargo, en este caso también existió una participación de los actores locales en los canales formales de participación ciudadana del SEIA. Entre las observaciones presentadas por la comunidad estuvo la argumentación de que el proyecto afectaba territorios indígenas y, por lo tanto, en conformidad con el Convenio 169 de la OIT y el nuevo reglamento de evaluación ambiental, debía realizarse un proceso de consulta indígena. En abril de 2013 el proyecto inició un proceso de consulta a pueblos indígenas (PCI). Sin embargo, esta consulta fue impugnada ante el SEIA por algunas comunidades y el parlamento de KozKoz, con la argumentación de que la consulta no se estaba realizando bajo los estándares internacionales establecidos en el Convenio 169 de OIT. Al no recibir una respuesta favorable por parte del servicio, en marzo de 2014 las comunidades presentaron un recurso de protección ante la Corte de Apelaciones de Valdivia, la cual consideró admisible la solicitud, pero finalmente terminó por no acogerla. Posteriormente, en mayo del mismo año, las comunidades apelaron al fallo ante la Corte Suprema, la cual rechazó el recurso en el mes de septiembre.

El municipio de Panguipulli por su parte, se pronunció en varias ocasiones en relación a la afectación de sitios de significación cultural en la zona de implementación de la central. Pero además en sus observaciones manifestó también su preocupación por los efectos negativos sobre la economía local, principalmente por el turismo.

El 29 de diciembre de 2015, el proponente ingresó una carta de solicitud de retiro del proyecto, sin expresión de causa. No obstante, según lo expresaron posteriormente sus representantes en la prensa, el retiro obedeció a la necesidad de buscar alternativas tecnológicas al diseño original del proyecto, en particular la descarga de las aguas al lago Neltume.

En este conflicto, a diferencia de lo ocurrido en el caso de la central San Pedro, donde los argumentos variaron desde el riesgo para las personas y los ecosistemas hasta el efecto negativo sobre las economías locales, los argumentos más relevantes por parte de los actores en conflicto se centraron en la pertinencia de la realización de un proceso de consulta indígena y en la forma en que este proceso se terminó implementando. Se debe recordar que una de las críticas más importantes a la implementación del Convenio 169 corresponde a la forma de determinar la afectación del territorio y a la oportunidad de aplicación del proceso de consulta indígena, por lo tanto, en este caso resulta evidente que una de las reivindicaciones presentes correspondió a la adecuación de la legislación para ajustarse de mejor manera al espíritu del Convenio. Desde un punto de vista territorial y dada la naturaleza de las obligaciones supuestas en este Convenio, esta reivindicación muestra una clara relación con el problema del control del territorio y de la autodeterminación por parte de los actores locales, en este caso las comunidades indígenas.

De acuerdo a lo descrito por Cuadra (2015) esta reivindicación se refleja en la opinión de un dirigente mapuche que participó en una de las sesiones de la respectiva consulta indígena "nosotros veremos, después de lo que se nos informa en esta reunión lo que nosotros vamos a decidir y nosotros le comunicaremos nuestra decisión, porque nosotros somos los originarios de acá, la empresa es una recién llegada". Finalmente, Cuadra (2015) concluye, en concordancia con la conceptualización de territorio entregada en el presente informe, que la noción de territorio que adoptan las comunidades en su discurso no está limitada únicamente al respeto de la propiedad indígena sino que está referida al uso ancestral y colectivo del espacio, lo cual implica una dimensión geográfica, material, y simbólica.

2.3.4.2 *Coflictos en la cuenca del río Bueno*

2.3.4.2.1 Empresa Pilmaiquén

La empresa Pilmaiquén tiene en la zona tres proyectos sobre el río del mismo nombre: la central Rucatayo, la central Osorno y la central Los lagos. La central Rucatayo recibió su RCA favorable en el año 2006 y se encuentra en operación desde el año 2012. Las centrales Osorno (54,3 MW) y los Lagos (53 MW) recibieron su RCA favorable en 2009 y se encuentran en construcción.

Aunque en general los procesos de evaluación ambiental de estos proyectos no presentan observaciones por parte de la comunidad y las observaciones realizadas por los municipios de Río Bueno y Pullehue son en general de tipo técnico, a partir del inicio de la construcción de las centrales Osorno y los Lagos se gatilló un conflicto entre la empresa y comunidades indígenas del sector, las cuales están acompañadas por la Agrupación Defensa del Río Bueno y la ONG Observatorio Ciudadano.

Los principales argumentos esgrimidos por la comunidad en este caso son la afectación de sitios de significación cultural (complejo ceremonial Mapuche-Williche *Ngen Kintuante*) – incluyendo el río mismo - y la inexistencia de consulta indígena a pesar de que habría cerca de 21 comunidades afectadas directamente.

Además, las comunidades denuncian lo que consideran malas prácticas por parte de la empresa, como el ofrecimiento de dinero y compra de terrenos para dividir a la comunidad[8]. Otros problemas que eran reclamados hacían alusión a la contaminación del río producto de las obras de construcción de las hidroeléctricas, con la ausencia de permisos ambientales necesarios para ingresar camiones y equipos al río; la tala de bosques de alerce, que representan un aspecto

[8] Noticia al respecto: <http://www.elciudadano.cl/2011/12/28/46194/impunes-y-millonarios-tras-elnegocio-hidroelectrico-en-el-rio-pilmaiquen/>

importante no sólo para comunidades indígenas, sino que también para comunidades no indígenas[9]; y la restricción del acceso libre al río.

Como constancia de que el conflicto no ha tenido solución, se destaca que en abril del año 2015 se realizó una manifestación por parte de comuneros mapuches en las instalaciones de la Empresa Pilmaiquén S.A. ubicadas en la comuna de Las Condes, Santiago, en donde se exigió el retiro de los proyectos hidroeléctrico Los Lagos y Osorno, mediante pancartas y una declaración pública[10].

Al igual que para el caso de la central Neltume, desde el punto de vista territorial esta reivindicación está directamente relacionada con el problema del control del territorio y la autodeterminación de las comunidades Mapuche-Huilliche. En este caso, la instalación de los proyectos hidroeléctricos no solo estaría afectando el espacio físico en donde la comunidades Mapuche-Huilliches se asientan sino que, más importante aún, estarían interfiriendo con los modos en que estas comunidades se relacionan con ese espacio desde el punto de vista simbólico y con las relaciones de poder que estas ejercen para controlar dicho territorio. Lo anterior se ejemplifica con los discursos de diferentes dirigentes Mapuche-Huilliche los cuales señalan que "...la inundación afectará todo, es todo el territorio el que está por desaparecer... no se puede dejarlo bajo el agua, porque desaparecería la cosmovisión y filosofía mapuche"[11] y que "....estamos firmes en nuestra postura de no negociar ni transar nuestros espacios sagrados. La mitigación que puede hacer una empresa no compensa el daño que se va hacer al pueblo mapuche... atenta a nuestra espitirualidad y toda la vida que desarrollamos en torno ese espacio"[12].

2.3.4.3 *Coflictos en la cuenca del río Puelo*

2.3.4.3.1 Central Mediterráneo

El proyecto corresponde la construcción y operación de una central hidroeléctrica de pasada de 210 MW de capacidad instalada, que se ubicará en el sector de la confluencia del río Torrentoso con el río Manso, sector denominado La Junta, en el extremo nororiental de la Provincia de Llanquihue, Región de Los Lagos. Además, el proyecto contempla la construcción de una línea de transmisión de energía eléctrica, denominada Línea Alto Reloncaví, de doble circuito y tensión nominal 220 kV, que se desarrollará desde la subestación Alto Reloncaví que se ubicará a un costado de la Central, tendrá una extensión aproximada de 63 km. La central no contempla

[9] Noticia al respecto: <http://www.observatorio.cl/node/6252>.
[10] Noticias al respecto: <http://www.biobiochile.cl/2015/04/20/mapuche-se-toman-edificio-en-las-condespiden-cancelar-proyectos-hidroelectricos.shtml>;<http://www.radiodelmar.cl/rdm/mapuches-ocupanoficinas-de-hidroelectrica-para-rechazar-imposicion-de-represas-en-pilmaiquen/#>
[11] Noticia al respecto: http://www.elclarin.cl/web/entrevistas/8384-lonko-juana-cuante-se-silencia-la-palabra-de-los-mapuche-y-la-causa-de-los-conflictos.html
[12] Noticia al respecto: http://weichanpilmaiquen.blogspot.cl/2016_03_01_archive.html

represa y la mayoría de sus obras se ubicarán en forma subterránea. Las aguas captadas del río Manso serán devueltas al cauce natural después de ser utilizadas para generación. El proyeco inició su proceso de evaluación de impacto ambiental en diciembre de 2011 y recibió su RCA favorable en abril de 2014.

El proyecto gatilló un conflicto con la comunidad, representada en este caso fundamentalmente por organizaciones sociales y el municipio de Cochamó. La principal oposición al proyecto se relaciona con el tendido eléctrico y su efecto negativo sobre distintas componentes ambientales y el turismo.

La principal organización social asociada al conflicto es la corporación privada Puelo Patagonia, cuyo interés declarado es impulsar un desarrollo sustentable de la comuna de Cochamó. Esta organización realizó una campaña mediática que llamó “Puelo sin Torres” para llamar la atención sobre los problemas que vislumbraban en relación a la ejecución del proyecto. Adicionalmente se hizo parte del conflicto la ONG Fiscalía del Medio Ambiente (FIMA), aportando apoyo para acciones legales.

Tras la aprobación del proyecto en 2014, se interpusieron 27 recursos de protección en contra de la Comisión de Evaluación Ambiental de Los Lagos, con la intención de revocar la decisión, argumentando, en general, falencias en el proceso de evaluación de los impactos del proyecto y la no aplicación de una consulta indígena en circunstancias que – según argumentan los actores – el proyecto tendría afectación sobre territorio mapuche.

Por su parte, el municipio de Cochamó se hizo parte del proceso de evaluación ambiental del proyecto, con observaciones relacionadas con el efecto negativo de la central y, principalmente, de su tendido eléctrico sobre el patrimonio ambiental y las economías locales, las cuales identifica asociadas principalmente al turismo.

En noviembre de 2015, el Comité de Ministros resolvió ratificar la RCA para el proyecto, sujeto a algunas modificaciones en relación a las medidas de compensación. Posteriormente, en enero de 2016, la Superintendencia del Medio Ambiente paralizó las obras de un camino que se estaba construyendo sin evaluación ambiental. Este camino no formaba parte del proyecto evaluado.

Este conflicto se diferencia de los conflictos analizados en las cuencas más al norte de la zona de estudio porque los argumentos predominantes no dicen relación con la afectación a territorios indígenas, sino más bien con el efecto negativo sobre los componentes ambientales. Si bien estas externalidades negativas se entienden en gran medida como un daño al patrimonio ambiental y las economías locales, también es posible apreciar en los argumentos un interés por esos componentes desde un punto de vista estrictamente valórico. Otra diferencia importante es la judicialización del conflicto, que si bien es una acción más o menos generalizada en los conflictos, en este caso fue notoriamente más relevante.

2.3.4.4 *Conflictos en la cuenca del río Yelcho*

En la cuenca del río Yelcho no existen actualmente conflictos de relevancia que se encuentren activos. Sin embargo, existe una alerta por parte de la comunidad debido la existencia de un proyecto de la empresa ENDESA para desarrollar tres centrales en el río Futaleufú, conocidos también como el complejo Futaleufú[13]

Las centrales Los Coihues, Espolón y La Cuesta representarían 440 MW, 910 MW y 65 MW respectivamente, las cuales se encontraban en su fase de estudio hasta el año 2014. Posteriormente la empresa retiró estos proyectos de su cartera de inversiones, debido principalmente a que se decidió privilegiar proyectos de desarrollo más rápido y que contaran con la aprobación de la comunidad. [14]

La oposición a estos proyectos en la zona estuvo liderada por la ONG Futaleufu RiverKeeper, la cual actualmente mantiene su organización y postura acerca del desarrollo hidroeléctrico en ese territorio[15].

2.3.5 **Mapa de actores clave**

En esta sección se presenta el mapa de actores, que identifica a los actores presentes en el territorio y el grado de vinculación que poseen en la toma de decisiones. Para esto se presentan dos mapas, el primero muestra el grado de influencia en la toma de decisiones durante el proceso de formulación y diseño de proyectos, y el segundo permite identificar la dinámica o los flujos de movimiento que existen en los actores una vez que se da a conocer la intención de materializarlo en un territorio en particular.

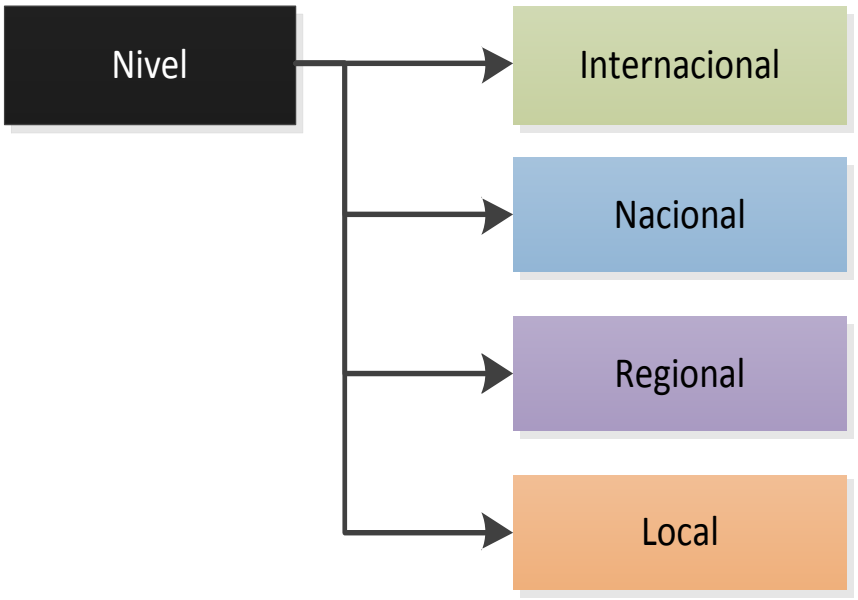
Para fines del análisis, los actores se clasificaron según el nivel espacial en el que intervienen, ver la Figura 2.47 .La clasificación permite identificar el ámbito de acción de los actores y el nivel desde donde son tomadas las decisiones atingentes a un proyecto, en este caso de índole energético.

Figura 2.47.Nivel de intervención

[13] La compañía ENDESA, decide renunciar a los derechos de agua otorgados en la zona de Futaleufú , debido a la infactibilidad técnico -económica, dadas las exigencias sociales y ambientales actuales en el ámbito de la sostenibilidad, de acuerdo al comunicado público de la empresa, disponible en: http://www.endesa.cl/ES/PRENSA/COMUNICADOS/Paginas/EndesaChileRenunciaADerechosDeAguaAsociadosACincoProyectos.aspx.

[14] http://elperiodicodelaenergia.com/endesa-chile-desecha-el-proyecto-hidroelectrico-en-el-futaleufu/

[15] http://www.patagonjournal.com/index.php?option=com_content&view=article&id=3131:chilean-financial-press-reports-cancellation-of-second-largest-hydro-project-on-the-futaleufu-river&catid=60:editor&Itemid=264&lang=es

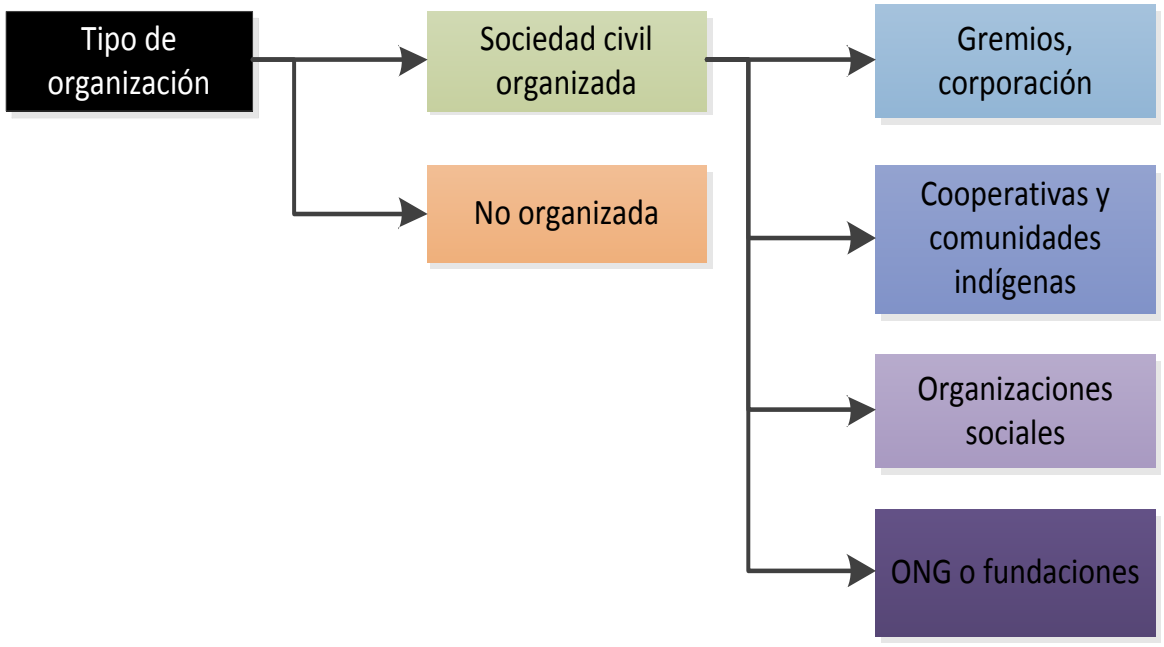


Fuente: elaboración propia.

Por otro lado, se identifican todos los actores presentes en el territorio de índole privado y público, además de las organizaciones civiles que de una u otra manera participan del proceso.En el caso de la sociedad civil, fue necesario categorizar según tipo de organización, Figura 2.48.

En esta agrupación, los actores no organizados son representados por la categoría “ciudadanía”, mientras que la sociedad civil organizada está categorizada según sus objetivos, motivaciones e influencia. Esta categorización permite identificar actores e intereses del territorio en términos de entidades y no como personas naturales ya que lo que interesa desde el punto de vista del mapa es identificar el grado de decisión que tiene la entidad representante. Además, en el mapa de actores se incluyen las entidades de gobierno a través de sus servicios públicos, los gobiernos regionales y locales.

Figura 2.48.Tipo de intervención



Fuente: elaboración propia.

A continuación, se presenta una breve descripción de cada tipo de actor en función de motivaciones y objetivos de existencia, tipo de personas que la componen, entre otros:

Gremios o corporaciones

- Motivación de creación: influir en las decisiones relacionadas a los intereses comunes de aquellos que la conforman, principalmente de índole económica y productiva.
- Objetivo: lograr condiciones (de mercado) favorables para sus intereses en el ámbito privado. Fortalecer su sector (técnico, económico, administrativo).
- Influencia recibida: intereses de sus representados, políticas públicas.
- Influencia que tienen: muy variable, depende del sector productivo de quienes la conforman.
- Personas que la componen: productores y empresarios.
- Posición frente al desarrollo hidroeléctrico: variada, dependerá de intereses.

Cooperativas y comunidades indígenas (agrupaciones funcionales)

- Motivación de creación: Relacionarse con una entidad gubernamental.
- Objetivo: obtener beneficios específicos para los que fueron creados.
- Influencia que recibe: políticas públicas.

- Influencia que tienen: sobre su organización interna, pares, instituciones que la generan o con quien se relacionan.
- Tipo de personas que la componen: ciudadanos, junta de vecinos, pueblos originarios.
- Posición frente al desarrollo hidroeléctrico: reaccionan según la forma en que el desarrollo hidroeléctrico afecte sus objetivos. En el caso de los pueblos originarios, los intereses van más allá de los objetivos planteados para la agrupación.

ONG o fundaciones

Se identificaron dos tipos de organizaciones en esta categoría, su diferencia está determinada específicamente por el objetivo de la organización.

Tipo 1

- Motivación de crearla: abordar necesidad que es sentida en la sociedad, de la cual no se hace cargo el Estado.
- Objetivo: centrado en las personas, desde la perspectiva de la ONG (derechos humanos, desarrollo, justicia ambiental, entre otros).
- Influencia recibida: ideología centrada principalmente en las personas y equidad en el acceso a los recursos.
- Influencia que tienen: ciudadanía, agrupaciones pequeñas, otras ONG, organizaciones locales.
- Personas que la componen: depende de las características de la afectación que motiva su creación.
- Posición frente al desarrollo hidroeléctrico: variada, dependerá de cómo afecte a la ciudadana representada.

Tipo 2

- Motivación de crearla: abordar necesidad que es sentida en la sociedad, de la cual no se hace cargo el Estado.
- Objetivo: centrado en la preservación de la naturaleza.
- Influencia recibida: ideología que valora por su valor intrínseco.
- Influencia que tienen: ciudadanía en general, entidades con capacidad de decidir o de aportar económicamente.
- Posición frente al desarrollo hidroeléctrico: rechazo.

Organizaciones sociales

Corresponden a una organización de personas con un fin común de carácter social u otro, que pueden o no responder a la contingencia. Dentro de estas, se pueden identificar los movimientos sociales y las coordinadoras.

Movimientos sociales

- Organizaciones sociales o agrupaciones de origen espontáneo (contingente), en función de sus objetivos. Tienen organización conocida y representatividad social.
- Motivación de creación: existencia de conflicto.
- Objetivo: coordina la acción ciudadana.
- Influencia recibida: ciudadanía, partido político, ONG, organización social; depende de la fracción del conflicto que se representa.
- Influencia ejercida: ciudadanía y otras organizaciones sociales.
- Posición frente al desarrollo hidroeléctrico: rechazo.

Coordinadora

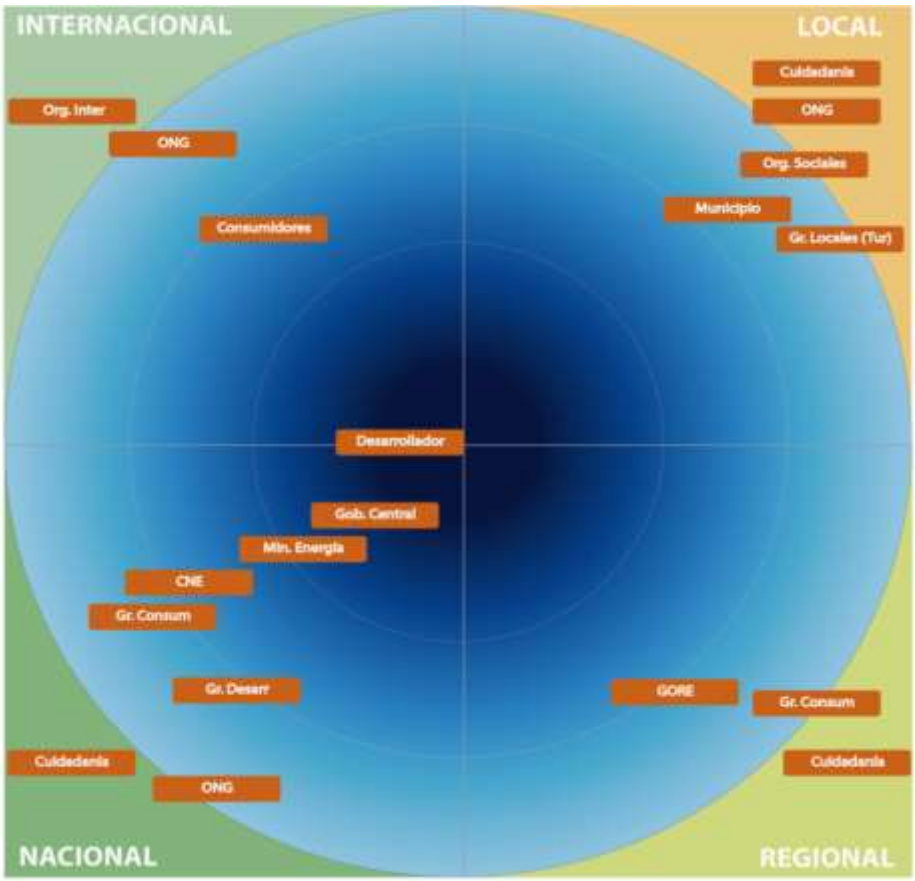
- Organizaciones sociales, de origen espontáneo en respuesta a un conflicto. Coordinan acciones sociales en relación al conflicto. No tienen organización conocida.
- Motivación de creación: existencia de conflicto.
- Objetivo: coordina la acción ciudadana.
- Influencia recibida: ciudadanía, partido político, ONG, organización social; depende fracción del conflicto que se representa.
- Influencia ejercida: ciudadanía y otras organizaciones sociales.
- Posición frente al desarrollo hidroeléctrico: rechazo.

El mapa fue elaborado a partir de información secundaria y primaria. Se dio inicio con la recopilación de información bibliográfica, proveniente de los catastros realizados en la Etapa 1 del Estudio de Cuencas, la revisión de los actores involucrados en distintos conflictos ambientales identificados en el área de estudio y de listados de actores involucrados en distintas iniciativas de organización con carácter territorial. Posteriormente, con la experiencia recogida a lo largo de toda la ejecución del estudio, que incluye seminarios, talleres, entrevistas, entre otros - más lo recabado inicialmente - fue posible identificar parte de las dinámicas que se dan entre actores e identificar su grado de vinculación e influencia en los procesos relacionados a la toma de decisiones en los proyectos que atingen a los territorios, poniendo énfasis en los proyectos hidroeléctricos.

Tal como se señaló anteriormente, se generaron dos mapas de actores. En el primer caso, el mapa tiene como objetivo identificar a los actores y el grado de vinculación o influencia de estos en la formulación y diseño de un proyecto hidroeléctrico, Figura 2.49. El mapa está dividido en cuatro partes, que permite identificar los distintos niveles desde donde se vinculan los actores. La zona azul oscura representa el área de vinculación directa con la toma de decisiones, mientras que a medida que nos alejamos del centro el grado de influencia disminuye hasta ser casi nulo o en algunos casos nulo. La ubicación de cada actor es referencial y no tiene por qué comportarse en

todos los casos igual, variando dependiendo de los actores que lo conformen y en algunos casos, también por el grado de influencia que estos puedan ejercer sobre otros actores más influyentes.

Figura 2.49. Grado de vinculación de cada tipo de actor durante la etapa de formulación y diseño de un proyecto



Fuente: elaboración propia.

A nivel internacional, el grado de influencia es relativamente bajo, y está representado por organizaciones y ONG internacionales, y consumidores de energía que, de una u otra forma, presionan a actores a escala nacional tanto para frenar el desarrollo hidroeléctrico como para fomentarlo, respectivamente.

A nivel regional, el grado de influencia también es relativamente bajo, y está representado por los Gobiernos Regionales (GORE), gremios consumidores y ciudadanía. Al liderar la planificación y coordinar la inversión pública y financiamiento de iniciativas, es el GORE el que tiene un mayor grado de influencia en comparación con el resto de los actores en este nivel, sin embargo, sigue siendo limitado en comparación al rol que cumplen los actores que actúan a escala nacional. En

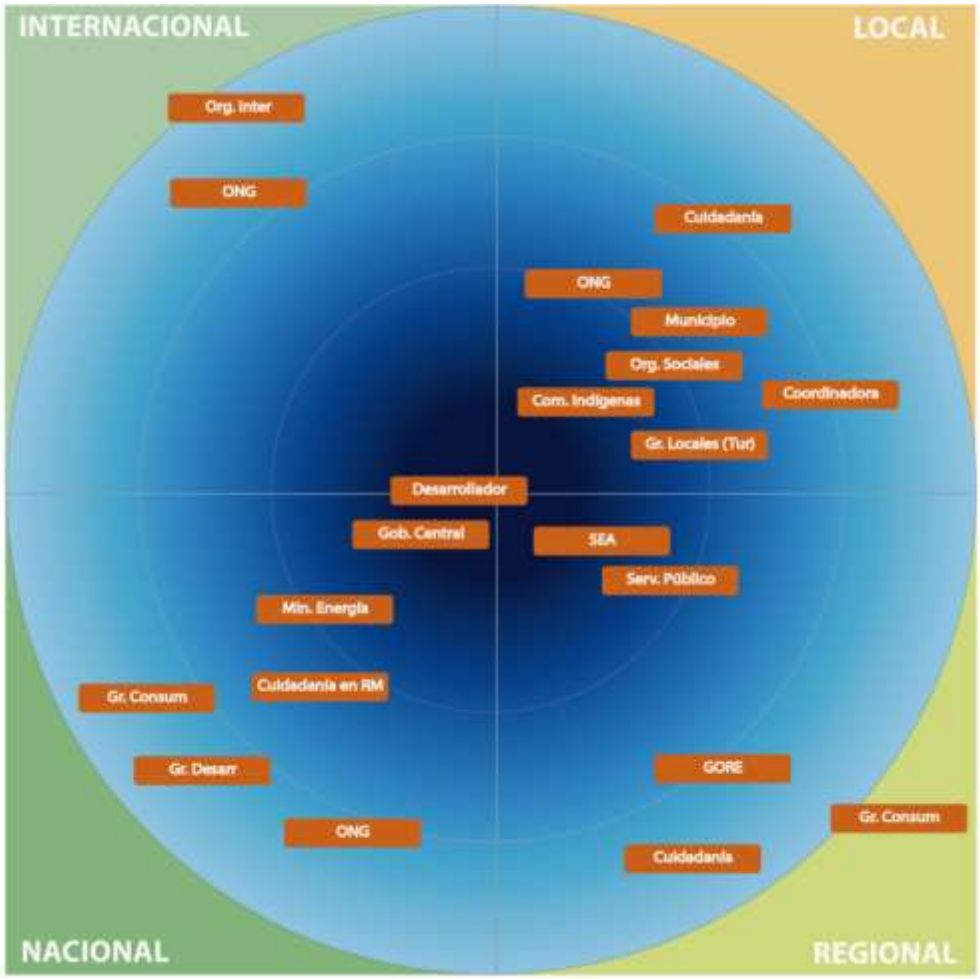
este caso - y al igual que a escala nacional y local - la ciudadanía por sí sola, no tiene ningún grado de influencia sobre la toma de decisiones, aún cuando esta sea representada por algún tipo de organización social.

A nivel nacional, es de donde se articula y se materializa la formulación de los proyectos. Está representado tanto por el sector público como privado. Dentro de este último, se encuentra el único actor con carácter vinculante, correspondiente al Desarrollador de proyectos, quien decide el *cómo* y el *dónde* se llevará a cabo un proyecto. El resto de los actores, si bien se encuentran en un área más cercana a la toma de decisiones, solo son de carácter influyente. Aquí, las instituciones públicas representadas por el Gobierno Central, el Ministerio de Energía y la Comisión Nacional de Energía (CNE) son las que presentan un mayor grado de influencia sobre la formulación del proyecto, al ser promotoras de las políticas de desarrollo económico y del sector a nivel país. Le siguen en nivel de influencia o presiones que podría tener en algunos casos los intereses de los gremios de desarrolladores y consumidores. Claramente, a nivel nacional es donde existe la mayor vinculación con la toma de decisiones, dejando en evidencia la falta de vinculación y la baja influencia que tiene la ciudadanía sobre su territorio a nivel regional y local.

A nivel local, la influencia está determinada por la ciudadanía, tanto por la sociedad no organizada como por los distintos tipos de organización. Ambos actores junto con la municipalidad representan al sector local. Aquí, nuevamente, el grado de influencia sobre la toma de decisiones es prácticamente nulo, lo que representa un factor relevante a la hora de entender el comportamiento y la reacción de la ciudadanía frente al “acercamiento” de los proyectos a la comunidad. La toma de decisiones se transforma en un proceso unilateral, dirigido desde el nivel nacional al local, sin el acercamiento de estos últimos al proceso de toma de decisiones temprano, provocando un descontento generalizado frente al ingreso de iniciativas externas.

Un segundo proceso comienza una vez que se hace pública la intención de ejecución de un proyecto hidroeléctrico, ya sea por medio de su ingreso al SEA, o por el anuncio por parte de los desarrolladores, Figura 2.50.

Figura 2.50.Grado de vinculación de cada tipo actor una vez hecha pública la intención de construcción de un proyecto por parte del desarrollador



Fuente: elaboración propia.

El primer cambio que se identifica es el desplazamiento del Desarrollador hacia la derecha, que ocurre por el "acercamiento" de los proyectos a las comunidades, establecidas por ley en el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental, proceso que ocurre una vez formulado el proyecto. También se observa que, además del Desarrollador, entran al área de vinculación las Comunidades Indígenas, el SEA y el Gobierno Central.

Otro cambio, es el ingreso de la ciudadanía al área de influencia en los tres niveles. En este punto la ciudadanía toma un papel relevante frente a la ejecución de un proyecto, aumentando su grado de influencia dentro del proceso de toma de decisiones. Aquí los actores se reubican en el mapa aumentando notoriamente el grado de influencia del sector local, producido justamente por el

distanciamiento inicial en la formulación de un proyecto. Las comunidades indígenas son las únicas que se encuentran dentro del área de vinculación local, producto de la normativa que fomenta su participación (Convenio 169 de la Organización Internacional del Trabajo (OIT)) y para la creación de acuerdos y consensos en distintos ámbitos, pudiendo influenciar directamente la ejecución del proyecto. En esta etapa también aparecen las coordinadores, fenómeno local que tiene como objetivo coordinar la acción ciudadana.

Si bien tanto a escala internacional, como regional aumenta el grado de influencia de los actores que participan del proceso anterior, este sigue siendo no vinculante e indirecto. En este último nivel, aparece el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) y los Servicios Públicos regionales que participan de la evaluación de proyectos.

A nivel nacional aumenta la influencia del Gobierno Central, quien en función de las políticas públicas o lineamiento de acción pueden incentivar, presionar o facilitar la puesta en marcha de uno o más proyectos. El Gobierno Central, además, incluye al Comité de Ministros, quienes tienen las facultades para decidir sobre la ejecución de un determinado proyecto[16].

Por último, la ciudadanía a nivel nacional está representada por los movimientos o manifestaciones que se expresan específicamente en la Región Metropolitana, y no particularmente por la gente que la compone. Este fenómeno ocurre tanto por la cobertura que se puede alcanzar ante algún tipo de convocatoria masiva en la Región como por concentrar a los actores con mayor vinculación e influencia en la toma de decisiones. Una vez que los movimientos o manifestaciones logran ocupar un espacio dentro del colectivo ciudadano - independiente del nivel en el que se encuentren – pueden, de forma indirecta y no formal, ejercer presión sobre los tomadores de decisiones.

La comparación de los dos mapas deja al descubierto la baja influencia que existe por parte de la ciudadanía, tanto organizada como no organizada, durante la etapa de formulación y diseño del proyecto, dejando en evidencia la falta de participación ciudadana temprana orientada a la definición de proyectos y lineamientos regionales o locales que tengan en consideración los intereses y necesidades de cada territorio. La influencia de la ciudadanía solo parece tener relevancia una vez que se declara o se hace pública la existencia de un proyecto, provocando malestar, desvinculación y deslegitimización al proceso previo.

[16] La función del Comité de Ministros es conocer y resolver los recursos de reclamación que se presenten en contra de las resoluciones que rechacen o establezcan condiciones o exigencias a un Estudio de Impacto Ambiental, en conformidad al artículo 20 de la Ley N° 19.300; las reclamaciones en contra de las resoluciones que realicen la revisión de una Resolución de Calificación Ambiental, de acuerdo al artículo 25 quinquies de la Ley N° 19.300; así como los recursos de reclamación presentados por las personas que hubieren formulado observaciones al Estudio de Impacto Ambiental y que estimaren que sus observaciones no han sido consideradas, en conformidad al artículo 29 de la Ley N° 19.300. Actúa una vez emitida la correspondiente Resolución de Impacto Ambiental.

A continuación se señalan los tipos de actores representados en el mapa, se señalan las instituciones públicas que inciden desde los distintos niveles dentro de la esfera nacional. Los actores representados por el SEA y el Gobierno Central actúan en dos niveles, a nivel regional por medio del SEA y a nivel nacional por medio del Gobierno Central. Estos actores pueden influenciar independiente del territorio - o en este caso la cuenca - en la que se interviene (Tabla 2.29).

Tabla 2.29.Instituciones públicas con incidencia en la toma de decisiones a nivel nacional y regional

Institución		Representación
Gobierno Regional (GORE)		GORE
Consejo Regional (CORE)		GORE
Ministerio de Energía (MINENERGIA)		Min. Energía/Gob. Central
Comisión Nacional de Energía (CNE)		CNE
Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS)		SEA/Gob. Central
Ministerio de Medio Ambiente (MMA)		SEA/Gob. Central
Ministerio de Economía, Fomento y Turismo	Dirección Regional de Turismo	SEA/Gob. Central
	Subsecretaría de Turismo	SEA/Gob. Central
Ministerio de Obras Públicas (MOP)	Secretaría Regional MOP	SEA/Gob. Central
	Dirección General de Aguas (DGA)	SEA/Gob. Central
	Dirección de Obras Públicas (DOH)	SEA/Gob. Central
Ministerio de Agricultura (MINAGRI)	Comisión Nacional de Riego (CNR)	SEA/Gob. Central
	Servicio Agrícola y Ganadero (SAG)	SEA/Gob. Central
	Corporación Nacional Forestal (CONAF)	SEA/Gob. Central
	Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP)	SEA/Gob. Central
	Instituto Forestal (INFOR)	SEA/Gob. Central
Ministerio de Desarrollo Social	Secretaría Regional Ministerial de Obras Públicas	SEA/Gob. Central
	Corporación Nacional de Desarrollo Indígena	SEA/Gob. Central
Ministerio de Bienes Nacionales	Secretaría Regional Ministerial de Obras Públicas	SEA/Gob. Central
Municipalidades		Municipios

Fuente: elaboración propia.

Además, se presentan cuatro tablas (Tabla 2.28, Tabla 2.29, Tabla 2.30 y Tabla 2.31), una por cuenca identificando actores según gremios locales; ONGs, fundaciones u organizaciones sociales; y organizaciones o comunidades indígenas. Cabe señalar, que el listado de actores de ninguna manera representa a la totalidad de los actores relevantes en el territorio, sino a una muestra de actores identificados durante el proceso de recolección de información e investigación. En el caso de las organizaciones y comunidades indígenas, no se especifica la agrupación solo se señalan los tipos que se identificaron.

Tabla 2.30.Actores identificados en la cuenca del río Valdivia

Tipo	Cuenca	Nombre
Gremios locales	**Valdivia**	1. Cámara de Turismo de Valdivia
	Valdivia	2. Corporación de Turismo 7 Lagos
	Valdivia	3. Cámara de Comercio, Servicios, Turismo y Cultura de Paillaco
	Valdivia	4. Corporación Red de Turismo Cultural Lago Malalhue
	Valdivia	5. Agrupación de Empresarios Turísticos PuwinkulLiquiñe
	Valdivia	6. Agrupación de turismo y comercio de Neltume
	Valdivia	7. Asociación Indígena Microempresarios Turísticos TrayencoLiquiñe
	Valdivia	8. Cámara de Comercio, Servicios, y Turismo de Los Lagos A.G.
Organizaciones no gubernamentales (ONGs), fundaciones y organizaciones sociales	**Valdivia**	1. Movimiento Acción por los Cisnes
	Valdivia	2. Consejo Comunal San José de la Mariquina
	Valdivia	3. Observatorio Latinoamericano de Conflictos Ambientales (OLCA)
	Valdivia	4. Fundación TERRAM
	Valdivia	5. Greenpeace
	Valdivia	6. Comité Pro Defensa de la Fauna y Flora (CODEFF)
	Valdivia	7. ONG, Forestales por el Bosque Nativo
	Valdivia	8. Comité Ciudadano de Defensa de Nuestros Ríos
	Valdivia	9. Frente Ambientalista MongenMapu de Panguipulli
	Valdivia	10. Fundación HuiloHuilo
	Valdivia	11. Observatorio Ciudadano
	Valdivia	12. Agrupación de Jóvenes Tehuelche
	Valdivia	13. Coordinadora por la Defensa del Agua y la Vida (CDAyV)
Organizaciones y comunidades Indígenas	**Valdivia**	1. Parlamento de KozKoz
	Valdivia	2. Asociación de Comunidades Mapuche
	Valdivia	3. Organizaciones de Agua Potable Rural
	Valdivia	4.Organización tradicional del Cacicado del Pikunjillimapu
	Valdivia	5 Asociación Epu Rumen Sugun
	Valdivia	6. Comunidades Indígenas

Fuente: elaboracion propia.

Tabla 2.31.Actores identificados en la cuenca del río Bueno

Tipo	Cuenca	Nombre
Gremios locales	**Río Bueno**	1. Cámara de Turismo
	Río Bueno	2. Agrupación Red de Turismo Rural
Organizaciones no gubernamentales (ONG), Fundaciones y Organizaciones sociales	**Río Bueno**	1. Agrupación Defensa del Río Bueno
	Río Bueno	3. Uniones Comunales de Juntas de Vecinos
	Río Bueno	4. Observatorio Latinoamericano de Conflictos Ambientales (OLCA)
	Río Bueno	5. Fundación TERRAM
	Río Bueno	6. Greenpeace
	Río Bueno	7. Comité Pro Defensa de la Fauna y Flora (CODEFF)
	Río Bueno	8. ONG, Forestales por el Bosque Nativo
Organizaciones y Comunidades Indígenas	**Río Bueno**	1. Comunidades Huilliches
	Río Bueno	2. Mesa Territorial
	Río Bueno	3. Consejo de comunidades indígenas
	Río Bueno	4. Asociación de Parques Indígenas
	Río Bueno	5. Comunidades Indígenas
	Río Bueno	6.Consejo de Lonkos Río Bueno

Fuente: elaboración propia.

Tabla 2.32. Actores identificados en la cuenca del río Puelo

Tipo	Cuenca	Nombre
Gremios locales	**Río Puelo**	1. Comité de Turismo
	Río Puelo	3. Asociación de Empresarios Turísticos SecretPatagonia
	Río Puelo	4. Agrupación de Turismo
	Río Puelo	5. Asociación de Pequeños Agricultores
	Río Puelo	7. Comité Eléctrico Rural
Organizaciones no gubernamentales (ONG), fundaciones y organizaciones sociales	**Río Puelo**	1. Pueblo del Río Puelo
	Río Puelo	2. Primer Fiordo de Cochamó
	Río Puelo	3. Estuario de Reloncaví
	Río Puelo	4. Juntas de Vecinos
	Río Puelo	5.Puelo sin Torres
Organizaciones y comunidades Indígenas	**Río Puelo**	1. Comunidades Indígenas
	Río Puelo	2. Organizaciones de Agua Potable Rural

Fuente: elaboración propia.

Tabla 2.33. Actores identificados en la cuenca del río Yelcho

Tipo	Cuenca	Nombre
Gremios locales	**Río Yelcho**	1. Cámara de comercio
	Río Yelcho	2. Corporación de desarrollo turístico
	Río Yelcho	3. Corporación de desarrollo y turismo
Organizaciones no gubernamentales (ONG), fundaciones y organizaciones sociales	**Río Yelcho**	1. Comité Ambiental Comunal
	Río Yelcho	2. Fundación Riverkeeper
	Río Yelcho	3. Fundación Pumalín
	Río Yelcho	4. Junta de vecinos
	Río Yelcho	5. Comité Vecinal
	Río Yelcho	6. Fundación Procultura
	Río Yelcho	7. Agrupación cultural de Chaitén
	Río Yelcho	8. Mujeres sin fronteras
	Río Yelcho	9. CODERFU
	Río Yelcho	10. Organizaciones de Agua Potable Rural

Fuente: elaboración propia.

El grupo de los consumidores, está conformado por cualquier empresa que demande energía para su funcionamiento actual o proyecciones futuras, las cuales, a su vez, están representadas por los gremios de consumidores. Por otra parte, los desarrolladores corresponden a las empresas generadoras de energía (en el mapa se encuentran representadas como "Desarrollador") que pueden corresponder a cualquier empresa que decida ejecutar un proyecto en un territorio puntual y por los gremios desarrolladores, quienes representan los intereses de este rubro. En los casos de los grupo de consumidores y gremios desarrolladores es difícil determinar cual será la influencia de este grupo dentro del mapa, pues no hay claridad de todas las empresas que podrían conformarlo y de cual es el grado de influencia que tienen sobre otros actores del mapa con mayor acercamiento a la toma de decisiones.

2.4 Mecanismos de gobernanza existentes

Dentro de este apartado se analizan los mecanismos de buena gobernanza existentes e identificados por la comunidad en el área de estudio. Para efectos de este informe, estos mecanismos se entienden como buenas prácticas o acciones seguidas por las empresas proponentes de proyectos y otros organismos que participan en el desarrollo hidroeléctrico, que están destinadas a establecer una relación con otros actores territoriales y que, de una u otra forma, son valoradas por estos últimos. Sin embargo, probablemente debido a la existencia de conflictos recientes y/o latentes entre los actores locales y distintas iniciativas de desarrollo hidroeléctrico en esos territorios, en la práctica resultó complicado obtener información que

permitiera identificar de manera explícita y directa un conjunto de prácticas que cumplan con las condiciones descritas anteriormente. Por el contrario, en términos generales, los actores con los que se ha tenido posibilidad de interactuar durante distintas actividades realizadas en los territorios, tienden a identificar con mayor claridad las objeciones que ellos tienen a la forma en que distintos proyectos han manejado la relación con los territorios locales y sus habitantes.

Si bien esto no necesariamente implica que un tratamiento diferente de esta relación sea reconocido por los actores locales como una buena práctica, estas observaciones pueden servir de orientación para un mejor diseño de los procesos de participación y el diseño de distintos proyectos en el futuro.

En esta sección se presenta una sistematización y un breve análisis de las objeciones que fueron recogidas durante esta interacción con los actores locales. Es importante señalar que todas estas objeciones corresponden a percepciones más o menos compartidas entre las personas de los territorios locales visitados, pero en ningún caso se han contrastado con evidencia que permita confirmar que las acciones entendidas aquí como malas prácticas se corresponden con hechos ocurridos en algún momento.

1. Procesos participativos poco satisfactorios

En términos generales, los actores locales tienden a identificar tres aspectos negativos en relación a la forma en que se llevan a cabo los procesos de participación ciudadana en la evaluación ambiental de proyectos:

1. Procesos de participación tardíos. Las comunidades y actores locales sienten frustración puesto que sólo pueden tomar conocimiento de los proyectos en un momento en que la decisión de inversión ya ha sido tomada y en etapas avanzadas de su diseño.
2. Las comunidades y actores territoriales reclaman que el proceso de participación ciudadana no es influyente y aún menos vinculante, relevando que las decisiones respecto al desarrollo de un proyecto hidroeléctrico no pasan por ellos, considerándose que la decisión final de la realización (o no) del proyecto es más bien de carácter político. En este sentido los procesos de participación se perciben como "instancias meramente informativas" ya que las opiniones o resoluciones generadas en éstos no son tomadas en cuenta al no considerarse vinculantes.

La comunidad, además, ha mencionado que sienten que los convocantes a instancias de participación no valoran el tiempo invertido por las comunidades en los procesos de PAC, dejándolos disconformes con estas instancias pues estiman que su esfuerzo no se compensa con resultados visibles. Esto se suma al hecho de que, debido a la gran cantidad de instancias de participación a las cuales son convocados, no se puedan asistir a todas.

Estas objeciones son entendidas por los actores locales como malas prácticas debido principalmente a que se presentan como una validación social de un proyecto, pero solamente estarían logrando esta validación en términos del reglamento de evaluación ambiental, por cuanto el proceso de participación es obligatorio. En ese sentido, los actores perciben que su participación se utiliza para los fines del proyecto, pero no refleja una preocupación auténtica del proyecto por los intereses locales.

2. Entrega de información incompleta o imprecisa de los alcances de un proyecto y sus impactos.

En general, los actores locales muestran un bajo nivel de confianza en la información técnica de los proyectos que es proporcionada por los proponentes. Esto se debería a situaciones históricas en que esta información no habría cubierto explícitamente todos los impactos o bién habrían sido minimizados.

Por otra parte, algunos actores resienten que algunos proyectos se habrían presentado de una envergadura determinada, pero con posterioridad se habrían aprobado con una mayor a la informada inicialmente.

3. Negociación con la comunidad por separado y disgregada.

El desarrollo de un proyecto hidroeléctrico conlleva, antes o durante el proceso de evaluación del proyecto, la conformación de diversos procesos de negociación con la comunidad involucrada para acordar medidas de mitigación y compensación y analizar alternativas de solución a los problemas que aquejan a los afectados. Dichos procesos se dan, según la percepción de la comunidad, de forma parcelada y disgregada, por lo que se adoptan acuerdos disímiles entre actores (indígenas, empresarios turísticos, dirigentes sociales, gobiernos locales, entre otros) lo que ha producido conflictos dentro de las comunidades y también con el proyecto.

Los conflictos que se generan dentro de una misma comunidad se tornan relevantes de considerar dado que se afecta el tejido social que existe en los territorios, junto a las confianzas y relaciones entre los actores territoriales, trayendo inestabilidad de los territorios para cualquier proceso participativo futuro. Al separar las negociaciones, asimismo, la capacidad de negociación disminuye.

Lo expuesto se liga al punto 2, indicado en la introcucción de este capítulo, desde la perspectiva de que no se entregaría información de forma homogénea, creando distintos niveles de información y entendimiento de los proyectos (con respecto al alcance del proyecto y como también los impactos) causando desconfianza y desvaloración.

Esto es percibido por los actores locales como una mala práctica por cuanto se considera que son acciones dirigidas especialmente a dividir la opinión de la comunidad frente a un proyecto y debilitar su posición o capacidad de negociación.

4. Compensaciones de bajo valor y de corto plazo.

Existe la impresión o la idea generalizada de que las medidas de compensación ofrecidas por las empresas para compensar efectos adversos ocasionados por los proyectos no poseen el valor necesario para equiparar los impactos socio-ambientales que se producirán.

Se plantea que las medidas de compensación propuestas por los titulares de los proyectos hidroeléctricos responden a necesidades puntuales de los actores locales, constituyendo un hecho aislado que no forma parte de un proceso mayor que permita amortiguar los impactos en el tiempo.

Si bien se cumple con los marcos legales que rigen la eliminación y/o minimización de los efectos adversos que producen las hidroeléctricas, los actores locales – o, al menos, parte de ellos - esperan un interés por el desarrollo local de los territorios que tendrán que sostener las actividades de los proyectos de generación.

5. Intervención estatal no consultada localmente y orientada solo a la aprobación de proyectos de inversión.

La participación de servicios públicos, especialmente en la resolución de conflictos, es percibida localmente como una intervención gubernamental para lograr la aprobación de los proyectos pero sin recoger necesariamente los intereses de los territorios locales. Esta es, probablemente, la crítica más fuerte al accionar del Estado en relación al desarrollo hidroeléctrico, ya que no se reconocen estas acciones como un medio para lograr un bien superior, sino que se perciben solamente como un medio para facilitar la inversión privada.

6. Toma de decisiones centralizada.

Los actores locales perciben que los procesos de toma de decisión se realizan de manera centralizada no tomando en consideración la vocación de los territorios ni las estrategias regionales de desarrollo. Asimismo, se tiene una percepción de que, tanto los Gobiernos Regionales como locales, tendrían un bajo nivel de influencia en las decisiones y que, más allá de lo técnico, la aprobación de un proyecto en particular correspondería a una decisión política centralizada, que no considera los objetivos de desarrollo que se discuten de forma local y que incluso iría en desmedro de estos.

7. Falta de profesionalismo relativo al trato con la comunidad.

Los actores locales resienten la escasa comprensión que las entidades técnicas tienen de las realidades locales, especialmente por parte de organizaciones ligadas a las empresas. Esta falta de comprensión se percibe incluso como una falta de respeto o soberbia al momento de tratar temas que son sensibles localmente. Lo anterior es especialmente importante en casos relacionados con el mundo indígena.

2.4.1 **Propuestas de buena gobernanza**

Como se mencionó anteriormente, los actores territoriales no están tan dispuestos a señalar la manera correcta de hacer las cosas como lo están para señalar aquello que consideran incorrecto. Por consiguiente, no es posible desprender de sus comentarios un conjunto de buenas prácticas que sean reconocidas por ellos de manera explícita.

No obstante, en las observaciones que se recogen en los párrafos anteriores es posible reconocer algunos aspectos que se señalan en la literatura relacionada con la Responsabilidad Social Empresarial y la así llamada "licencia social para operar" (Colton *et al.*, 2016) , de donde es posible rescatar algunos principios que sería recomendable observar en futuras instancias.

En este sentido, quizás el aspecto más básico y fundamental es el reconocimiento de la existencia de la necesidad de contar con la aprobación de la sociedad para los proyectos, de la misma manera en que se necesita la licencia legal. Todo proyecto está sujeto a una serie de regulaciones establecidas en distintos reglamentos, las cuales debe cumplir para contar con la licencia legal. De manera similar, la licencia social implica cumplir con una serie de expectativas de la sociedad en relación al proyecto (Moffat *et al.*, 2015).

A diferencia de lo que ocurre con la normativa legal, la legitimidad social no responde a un conjunto de reglas claramente delimitado sino que depende de reglas no escritas y normas en uso que no necesariamente se pueden extrapolar de un contexto territorial a otro. Pero en términos generales se recogen tres condiciones que deben estar presentes en todo proyecto para contar con esa licencia. La primera de ellas dice relación con el involucramiento temprano de la comunidad en la toma de decisiones relacionadas con el proyecto. La segunda es la creación de alianzas que permitan que los riesgos asociados a la transformación territorial que realiza el proyecto se compartan entre la empresa y otros actores territoriales. Finalmente, se señala que los beneficios del proyecto se deben redistribuir por medio del fortalecimiento de las capacidades locales (Raufflet *et al.*, 2013).

En este caso, el involucramiento temprano implica que la comunidad es consultada en las etapas de diseño del proyecto y sus observaciones se recogen en el proyecto final, lo cual significa comprender los procesos de participación ciudadana no sólo como medios de transferencia de información desde el proponente hacia los actores territoriales, sino que como medios por los cuales los actores pueden influir en la toma de decisiones del proyecto y por ende adquirir un cierto nivel de poder (Carr, 2015). Este aspecto se relaciona muy cercanamente con las objeciones expresadas por los actores consultados en este estudio, en relación a lo insatisfactorio de los procesos participativos y la centralización de la toma de decisiones.

El concepto de compartir los riesgos se relaciona mucho con la idea del enfoque de riesgo propuesto por la comisión mundial de represas (WCD, 2000) en el sentido de que todo proyecto, por el hecho de transformar los espacios, involucra algún grado de riesgo y que ese riesgo no puede ser asumido solamente por los actores locales sino que debe ser compartido. Entre las malas prácticas que los actores identifican no está el no compartir el riesgo, pero sí la preocupación por estar al tanto del verdadero alcance de este riesgo. En este sentido, la percepción es que los proponentes no son completamente transparentes al comunicarlo.

En relación al compartir los beneficios, esto se ha interpretado muchas veces como el traspasar un porcentaje de las utilidades de la empresa a la comunidad. Sin embargo, como se desprende de la literatura y de los comentarios de los propios actores locales, en realidad lo importante es que la comunidad se vea beneficiada por el proyecto en un sentido amplio, que redunde en una mayor capacidad para alcanzar sus propios objetivos en el futuro y no necesariamente restringido a una compensación material cuyo valor no necesariamente es compartido.

Finalmente, aunque no se establece como una condición explícita para lograr la legitimidad social de un proyecto, es importante señalar que en cualquier instancia de relación entre un proyecto y una comunidad es básico partir por el respeto mutuo y la construcción de confianzas, para lo cual lo primero es actuar de buena fe. Cualquier acción que pudiera interpretarse como una falta a este principio atentará contra la validación social no sólo del proyecto, sino de todo actor que se manifieste partidario de él.

2.5 Análisis territorial

Uno de los principales desafíos que debe enfrentar el desarrollo hidroeléctrico en el futuro es seguramente la falta de validación por parte de la sociedad. Aunque el caso chileno es bastante notorio por situaciones recientes, como el conflicto por HidroAysén y otros proyectos emblemáticos que son ya parte de los casos analizados en la literatura nacional e internacional, los conflictos entre distintos actores de la sociedad con proyectos de inversión - en especial aquellos que se desarrollan en áreas rurales - es más bien una tendencia mundial.

Esto se debe a que, al igual que en Chile, en el mundo la mayor parte de los potenciales hidroeléctricos se distribuyen en zonas rurales o naturales, habitadas por comunidades que tienen una dependencia directa de los recursos naturales y cuya lógica de organización social difiere substancialmente de la que existe en los espacios urbanos. A lo anterior se suma que parte de estas comunidades pertenecen a pueblos indígenas que -además de tener una dependencia económica de los recursos naturales para sostener su modo de vida - mantienen una relación de tipo espiritual con los espacios que ocupan. Puesto que aprovechar esos potenciales implica necesariamente la modificación de esos espacios, las principales objeciones a estos desarrollo se centran en los efectos negativos que estos presentan sobre la componente ambiental - especialmente por la modificación de los ecosistemas donde se emplazan - y la modificación de los entornos naturales y sociales de las comunidades que los habitan (Jiménez *et al*., 2015).

Paralelamente, en años recientes ha ocurrido un proceso social de toma de conciencia y cambios valóricos de la ciudadanía que ha redundado en una creciente demanda por un desarrollo sustentable, respeto por el medio ambiente y los pueblos originarios, así como por mayores oportunidades de participación en la toma de decisiones. En este contexto, el desarrollo hidroeléctrico es percibido como un proceso que encarna exactamente lo contrario de aquello que se está demandando, por lo cual recibe el rechazo de la opinión pública (Somma y Bargsted, 2015; Varas *et al*., 2013).

Esta tendencia global ha tenido también sus efectos a nivel local, muy especialmente en aquellos lugares donde se han verificado conflictos entre las comunidades y proyectos hidroeléctricos, pues en estos casos la sociedad tiende a volverse más sensible al debate y los argumentos en favor o en contra de estas iniciativas, lo que a su vez genera una construcción compartida entre los actores locales acerca de los costos y beneficios de estos proyectos sobre los lugares que habitan. Sin embargo, la influencia de opiniones externas de cualquier tendencia no son suficientes para comprender la posición que los actores de una determinada zona tendrán acerca del desarrollo hidroeléctrico, ya que esta dependerá también de las particularidades de los territorios locales, vale decir la manera en que las personas se relacionan con ese espacio en términos materiales, culturales o espirituales (Bowen et al, 2012; Stamm y Aliste, 2014).

Por este motivo, para comprender de mejor manera los procesos que tienen influencia en la validación social del desarrollo hidroeléctrico es conveniente adoptar una perspectiva territorial que tome en consideración no sólo los aspectos físicos y económicos de los espacios geográficos de interés para este desarrollo, sino que también contemple la forma en que los distintos actores territoriales se relacionan con cada uno de esos espacios geográficos.

En este apartado se analiza la información que fue posible recopilar de fuentes primarias mediante la interacción con la comunidad en distintas instancias participativas que tuvieron lugar durante la

ejecución de este estudio, tales como entrevistas a representantes de organizaciones sociales, seminarios de difusión y reuniones de trabajo. Esta información, en conjunto con la revisión de fuentes secundarias y algunos antecedentes recopilados en otros capítulos de este mismo estudio, se utilizó para acercarse a una descripción de las diferentes percepciones sobre el desarrollo hidroeléctrico que tienen los actores locales en los territorios analizados, identificando en lo posible sus argumentos para adoptar esa posición y algunos factores históricos y culturales que pudieran ser útiles para comprender mejor dichos argumentos.

Debido al contexto en que se levantó la información no es posible aseverar que las percepciones recogidas agotan el espectro de opiniones esperable en esos territorios, pero si se puede decir que todas las percepciones recogidas y analizadas están presentes, independiente de su representatividad. Por la misma razón, este análisis no pretende explicar ni ahondar en todos los factores o aspectos que describen la realidad territorial de cada cuenca, pero si espera ser un aporte para complementar este estudio con un conocimiento que no puede representarse fácilmente en objetos de valoración.

2.5.1 **Territorios del área de estudio.**

Para efectos de este análisis se distinguieron dos grandes territorios en función de las características del medio físico, procesos históricos involucrados en el poblamiento del territorio, su actual vocación productiva en términos de sus actividades económicas relevantes y sus características socio-culturales. El primero de ellos corresponde a la parte norte del área de estudio, coincidentes con las cuencas de los ríos Valdivia y Bueno. El segundo se ubicó en la parte sur del área de estudio y es coincidente con las cuencas del río Puelo y del río Yelcho. En esta caracterización de los territorios se omite la cuenca del río Puelo debido a que por razones de contingencia no existió la posibilidad de interactuar las comunidades que la habitan. Sin embargo, la consistencia de los hallazgos de este análisis entre los distintos territorios y la evidencia que es posible encontrar en los conflictos ambientales, permiten pensar que los resultados son extensibles también a dicho territorio.

2.5.1.1 ***Territorio de las cuencas de Valdivia y Bueno***

Las cuencas del río Valdivia y Bueno se ubican en parte del gran territorio ancestral Mapuche-Huilliche denominado Fütawillimapu o “Gran tierra del Sur” (Aylwin *et al.,* 2003), el cual se extiende desde el río Toltén hasta la Isla Grande de Chiloé.

La actividad económica en las áreas rurales está representada principalmente por la agricultura, la ganadería, la actividad forestal y el turismo. Esta última puede considerarse una actividad relativamente nueva que se ha desarrollado gracias al esfuerzo privado y al fomento por parte del Estado para aprovechar los atractivos naturales. Este esfuerzo se refleja en la existencia de dos

Zonas de Interés Turístico (ZOIT), las cuales corresponden a una zonificación para la planificación estratégica de esta actividad. En relación a la actividad forestal, si bien en el pasado en estas zonas se desarrolló una importante actividad de tipo extractiva del bosque nativo (Skewes *et al*. 2012; Jalabert, 2012), actualmente la industria forestal se centra en la plantación y explotación de especies exóticas. No puede dejar de mencionarse que, además de estas actividades que pueden considerarse tradicionales, en ambas cuencas ha existido un importante desarrollo del sector hidroeléctrico que se remonta a la primera mitad del siglo XX y que continúa creciendo en la actualidad.

Desde un punto de vista cultural, este territorio se puede entender como un mosaico compuesto por chilenos, descendientes de los colonos; (en su mayoría alemanes); y por Mapuche-Huilliche. Este mosaico se refleja también en la tenencia de la tierra en las áreas rurales y la distribución geográfica de los distintos grupos de identidad, lo cual responde a un complejo proceso histórico de ocupación y colonización del territorio ocupado originalmente por el pueblo Mapuche-Huilliche que determinó que en éste se entremezclen la propiedad indígena con la propiedad particular, al mismo tiempo que la propiedad legalmente reconocida en manos indígenas quedara reducida a minifundio y concentrado principalmente en la cordillera de la costa y los faldeos de la cordillera de los Andes (Molina, 2013; Almonacid, 2009).

Esta particular configuración de los grupos culturales en este territorio y las características de los procesos históricos que la definieron y la siguen moldeando, determina también lo que puede llamarse una identidad territorial. Desde el punto de vista de este estudio, más allá de ahondar en las particularidades de esta identidad, importa señalar que existe entre los distintos grupos de este territorio una marcada identificación con sus propios espacios, la que se antepone a la identificación con una idea de país, lo que puede considerarse como un factor de conformación de una alta territorialidad (Bowen *et al.*, 2012; Vergara y Gundermann, 2012). Por consiguiente, en la relación que se establece en estos territorios con el "Estado central" están muy representadas las reivindicaciones de autonomía en la toma de decisiones en relación a su propio desarrollo como territorio y en gran medida también el rechazo a las iniciativas provenientes de fuera de este espacio local (Cádiz y Torres, 2015).

Además de esta característica común existen también particularidades de cada grupo identitario en el territorio. Dentro de estas es importante reconocer aquellas ideas de territorio que están asociadas al mundo Mapuche-Huilliche ya que, además de constituir un pueblo originario, el espacio que habitan coincide en gran parte con la ubicación de las áreas de interés para el desarrollo hidroeléctrico en estas cuencas. Al respecto, es importante señalar que en conjunto con el proceso histórico de ocupación de los espacios originalmente habitados por el pueblo Mapuche-Huilliche, se dio también un proceso de supeditación de su cultura a la hispano-criolla primero, a la que se suma posteriormente la influencia de la colonización alemana y que finalmente se complementa con las instituciones del Estado chileno republicano. Esta supeditación ocurre por

una integración forzosa y fóbica, vale decir que se basa un conjunto de políticas que someten la vida de la cultura conquistada a la regulación de las normas del Estado y en la invalidación y discriminación del otro en tanto se le identifique con su cultura original (Cárcamo, 2013). La resistencia del pueblo Mapuche-Huilliche a este proceso existe hasta la actualidad y se refleja en parte en un proceso de revalidación de su cultura entre sus propios miembros y ante otros sectores de la sociedad, en las reivindicaciones para ser reconocidos por el Estado como un pueblo diferente cuya visión del mundo es igualmente válida que la de otros actores y la exigencia del respeto a los acuerdos alcanzados con la colonia española y con el propio Estado de Chile en relación a su dominio territorial (Molina, 2013, Cárcamo, 2015).

Para los fines de un diagnóstico territorial centrado en las condicionantes al desarrollo hidroeléctrico, hay a lo menos dos aspectos importantes de la cultura Mapuche-Huilliche que deben tomarse en consideración para comprender su posición frente a estas iniciativas. La primera es la diferencia entre esta cultura y la que predomina en el resto del país acerca de lo que constituye un territorio y las reglas que lo rigen. La segunda es el papel central que juega el agua en la espiritualidad, la ocupación de los espacios y la vida cotidiana de los Mapuche-Huilliche.

En la visión tradicional Mapuche-Huilliche el territorio no se reduce a aquel espacio sobre el cual se tiene control en virtud de poseer la propiedad de él - ya sea en régimen individual o comunitario - o sobre el cual se hace ocupación física directa. En cambio, el territorio es un espacio vasto al cual se pertenece y sobre el cual se tiene una responsabilidad por cuanto existe en él una relación recíproca entre lo natural, lo espiritual y lo humano. Esto se debe a que este espacio se concibe conectado de manera tal que lo que ocurra en un lugar determinado afecta al territorio en su totalidad (Sánchez Curihuentro, 2001; Rodríguez, 2015). En este sentido, una de las vías de conexión más importantes -tanto en lo material como en lo espiritual - son los cursos de agua, razón por la cual los distintos espacios dentro del territorio Mapuche-Huilliche se organizan en torno a ellos (Skewes *et al*., 2012). Desde esta perspectiva, los espacios se ocupan en función de lo que se podría entender como su "vocación" o sus características intrínsecas, que definen la manera en que pueden utilizarse y las restricciones que existen para ello. Esta idea - que se construye mediante una compleja relación entre lo material, lo espiritual y las acciones humanas que escapa al alcance de este estudio - determina finalmente que los espacios que se ocupan no pueden ser transformados de manera radical (Neira, 2012).

2.5.1.2 *Territorio de la cuenca del río Yelcho*

La cuenca del Yelcho corresponde a una cuenca transfronteriza ubicada en la Región de Los Lagos, por el lado chileno, y en la Provincia de Chubut, por el lado Argentino. Se caracteriza por una geografía accidentada, con bosques milenarios, fiordos, ríos, volcanes y un clima riguroso. Esta cuenca es mucho menos poblada que las cuencas de Valdivia y Bueno, además presenta una situación de aislamiento relativo en relación al acceso a los grandes centros urbanos de la Región de Los Lagos. Sus características fisiográficas y su baja conectividad determinan una actividad

económica precaria, pero con un auge de la actividad turística de "intereses especiales" debido precisamente al alto valor paisajístico de la zona. A diferencia de lo que ocurre en el territorio de las cuencas de Valdivia y Bueno, en este territorio no existen proyectos hidroelectricos desarrollándose en la zona. No obstante, la existencia de un potencial relevante y del interés por desarrollar proyectos hidroeléctricos en la zona ha generado un conflicto latente entre estos intereses y los de las comunidades locales.

Dentro de este territorio las localidades de Futaleufú, Palena y Chaitén, tienen en común una historia de poblamiento reciente que se remonta al primer tercio del siglo XX. Esta historia no responde a una política estatal de colonización, sino más bien a un proceso inducido por la necesidad y voluntad de los propios pioneros, chilenos que se desplazaron desde Trevelín y Esquel en Argentina hacia 1910 y ocuparon lo que hoy son Futaleufú y Palena (Huneeus, 2005). Estos poblados fueron fundados recién el año 1929, pero no fue sino hacia mediados de siglo cuando se comenzó a sentir la presencia estatal en el lugar con la llegada de servicios públicos. Por su parte, los orígenes de Chaitén comienzan en 1920 cuando varias familias provenientes de Chiloé cruzaron al continente para establecerse buscando nuevas tierras para la agricultura y ganadería, aunque se estima que estas tierras eran conocidas desde antes por chilotes quienes cruzaban “a la cordillera” para alimentar a sus animales (Villlarroel, 2005).

La condición de aislamiento de los centros urbanos regionales chilenos y su proximidad con las ciudades argentinas fomentó que muchas de las costumbres transandinas fueran adoptadas por los habitantes de esta zona y que las necesidades más básicas, como hospitalizaciones y la compra de materias primas, ropa y víveres, se satisficieran al otro lado de la cordillera, situación que permanece hasta el día de hoy. Lo anterior sumado a una presencia débil del Estado durante largo tiempo, incluso después de su fundación, han concurrido para conformar una “cultura del aislamiento” que impulsa una identidad local fuerte que se hace muy evidente en la actualidad en su carácter independiente y autónomo, así como en una necesidad de diferenciarse de los trevelinenses y de otras localidades de Chile (Delgado, 2005; Huneeus, 2005; Baeza, 2011;; Fuentes, 2013).

Otro proceso relevante en la historia de la ocupación de este territorio es la llegada de agrupaciones ecologistas y “migrantes por estilo de vida”, lo que ocurrió a partir de la década de 1980 (Zunino *et al.*, 2016). En el primer caso se trata de personas que establecen su influencia con la clara idea de preservar la biodiversidad, motivados por el carácter prístino del lugar. En el segundo caso se trata de personas – tanto chilenos como extranjeros – que cambian su lugar de residencia para buscar una mejor calidad de vida y que, en general, emprenden proyectos para a ofrecer un turismo de elite, aprovechando las oportunidades que ofrece el entorno por su valor paisajístico (Baeza, 2011; Gastó *et al.,* 2000; Zunino *et al.*, 2016).

Los procesos históricos relacionados con la ocupación de la cuenca del río Yelcho influyen en la conformación de una comunidad con una identidad y territorialidad fuertes, que se traduce en un

sentido de autodeterminación y, por ende, en la valoración de la toma de decisiones a nivel local. El hecho de que la configuración actual del territorio se forjara por esfuerzos, en general, ajenos a las políticas que el Estado ha impulsado para el desarrollo del resto del país y la existencia de una relación históricamente distante con el gobierno central, refuerzan tanto el sentido de lo local como la distancia con la identificación a los objetivos país. Adicionalmente, la influencia de los nuevos habitantes motivados a migrar - en parte al menos – por una suerte de descontento con el sistema económico y su modo de vida, además del atractivo que representa el entorno natural de la zona, hace que iniciativas como el desarrollo hidroeléctrico reciban el rechazo inmediato de la comunidad, ya que son percibidas como fuertes modificadoras del entorno y representativas del modelo económico que ellos rechazan.

2.5.2 Condicionantes al desarrollo hidroeléctrico en los territorios del estudio

Teniendo a la vista la breve descripción de los territorios en estudio a modo de contexto, en los apartados siguientes se procederá a describir aquellas condicionantes que se pudo identificar en ellos mediante la interacción con distintos actores en actividades de difusión y de recopilación de información desde fuentes primarias durante el desarrollo de este estudio. Cabe destacar que el levantamiento de estas condicionantes no formó parte del diseño original de este estudio, sino que responde a la necesidad de reportar aspectos que, siendo importantes para comprender los procesos que determinan la validación social del desarrollo hidroeléctrico, no es posible representarlos en un modelo de evaluación basado en objetos de valoración. Por consiguiente, los resultados que se informan a continuación no pueden considerarse una recopilación exhaustiva de las percepciones de las comunidades en relación al desarrollo hidroeléctrico, sino un complemento que da cuenta de posiciones que están presentes en los territorios [17], independientemente de su representatividad.

2.5.2.1 *Condicionantes transversales*

Aunque la validación social del desarrollo hidroeléctrico responde innegablemente a particularidades de los territorios locales, también es posible identificar algunos aspectos que, según se pudo constatar, resultan ser bastante compartidos entre los actores locales de los distintos territorios. Estos aspectos se presentan a continuación organizados en función de la validación que se otorga en los territorios locales a la necesidad de la generación hidroeléctrica, a

[17] Al respecto, en el Anexo Digital 10.3 se adjunta un documento entregado al equipo de trabajo por la Junta de Vecinos N°1 de Futaleufú donde se exponen preguntas que los mismo vecinos se realizaron respecto al desarrollo hidroeléctrico motivados por la realización de los talleres con la comunidad en dicha localidad

los actores que intervienen en el desarrollo hidroeléctrico y al proceso de toma de decisiones en relación a este desarrollo.

2.5.2.1.1 Validación de la necesidad de la generación hidroeléctrica

Probablemente uno de los aspectos más importantes para describir la validación social del desarrollo hidroeléctrico es la percepción que existe entre los actores acerca del papel de la energía eléctrica en general y la hidroelectricidad en particular. En términos generales, los actores locales comprenden que la generación de hidroelectricidad tiene costos y beneficios. En relación a los beneficios, al igual que lo hace la política energética 2050, reconocen que la generación de energía puede entenderse de dos maneras:

a. Como un medio para obtener un insumo necesario para el bienestar de la sociedad.

b. Como un medio para generar riqueza, ya que la energía eléctrica es un bien transable en el mercado.

Aunque no es posible generalizar la posición de los actores territoriales acerca de ambos aspectos de la generación, sí es posible señalar que el segundo aspecto tiende a recibir menos validación pues no se percibe que los beneficios económicos de la generación favorezcan los intereses locales, siendo en algunos casos entendido como una interferencia para otras actividades económicas que si responden a esos intereses, como es el caso del turismo.

En relación a la hidroelectricidad como un insumo que apunta al bienestar de la sociedad en general, si bien tiende a ser un factor validado, existen particularidades en cuanto a la validación de la *necesidad* a ser satisfecha. En este sentido, uno de los argumentos más objetados por los actores locales es la necesidad de generar mayor cantidad de energía que la se genera actualmente para el desarrollo económico del país. Esto es probablemente una consecuencia de la percepción negativa acerca de los beneficios de la generación hidroeléctrica como actividad económica en sí misma, así como también una baja validación a nivel local de las actividades económicas que se perciben como beneficiadas por la disponibilidad de electricidad como insumo de producción, como son la industria en general y la minería en particular. Adicionalmente, el hecho de que recientemente se iniciara la exportación de energía eléctrica como parte de la estrategia de integración energética con nuestros países vecinos, junto con proyecciones más moderadas de la demanda energética futura expresadas por la Comisión Nacional de Energía - asuntos que, dicho sea de paso, son del completo dominio de los actores locales - hace que varios actores vean las nuevas iniciativas de inversión como innecesarias o bien orientadas solamente a obtener beneficios económicos, función que como se comentó anteriormente es la menos validada.

Es necesario considerar que, más allá de las percepciones, en efecto las particularidades geopolíticas del país determinan que los principales centros de consumo no coincidan territorialmente con los potenciales de generación hidroeléctrica. Este hecho, sumado a una

percepción de escasa o nula participación en los beneficios económicos de la generación, hace que los actores locales perciban que los costos de la generación se asumen en sus territorios mientras que los beneficios se reciben en territorios diferentes[18].

2.5.2.1.2 Validación de los actores

Como se discute en el capítulo dedicado al análisis de los conflictos en torno a la hidroelectricidad en el área de estudio, un conflicto se puede entender como una diferencia de opinión entre los distintos actores acerca de las consecuencias que podría tener una determinada modificación de un espacio sobre el cual estos actores tienen intereses de diferente índole. Sin embargo, también es importante considerar en este proceso la validación que los actores le otorgan a quienes proponen una modificación o a quienes se oponen a ella.

Para el caso particular de la hidroelectricidad en la zona de estudio no es posible dilucidar todas las posiciones existentes en relación a la validación que se entrega a proponentes y detractores, sin embargo, sí es posible identificar algunas tendencias. Como es de esperar, localmente y en especial en aquellos territorios más ligados a los espacios rurales, los actores tienden a validar más la opinión de la propia comunidad que la de actores provenientes de fuera del contexto local. Es importante hacer notar que, en algunos casos al menos, esta validación está dada exclusivamente por el hecho de pertenecer a la comunidad y no por la opinión específica que este actor tenga en relación al desarrollo hidroeléctrico.

El actor menos validado para proponer cambios es la empresa generadora, lo cual responde a distintas razones dependiendo del tipo de actor y de su experiencia previa en conflictos relacionados con la hidroelectricidad. En términos teóricos y tomando en consideración el modelo que se sigue actualmente para establecer un proyecto, las empresas generadoras resultan ser los actores más ajenos al territorio local, por lo cual son entendidos como aquellos con la menor autoridad y menor legitimidad. Por consiguiente, cualquier acción que estos actores realicen en los territorios sin previa consulta recibe el rechazo inmediato de la comunidad. Es necesario señalar además que, según lo indican algunas experiencias relatadas por los actores locales y otras documentadas en distintos medios, en muchas ocasiones algunas empresas han manejado mal su relación con los territorios locales, aumentando la desconfianza por parte de los actores y provocando el rechazo a las propuestas aún antes de ser formuladas.

En el caso del Estado, representado por los organismos públicos, se puede interpretar como una situación intermedia. Excluyendo de este análisis el caso de los actores ligados al mundo indígena -

[18] Esta percepción general, lleva implícita la noción de que los principales centros de cosumo se encuentran en las principales zonas urbanas e industriales del país, que no necesariamente se entienden están ubicadas en las regiones con un alto desarrollo de la actividad minera (ej. Región de Tarapacá y Antofagasta). Al respecto, es importante mencionar que los sistemas Interconectados Central y del Norte Grande no se encuentran conectados.

que por razones históricas establecen una relación mucho más distante con el Estado que otros actores locales - la validación que recibe este actor es muy dependiente de la posición política de cada actor local. Es necesario recordar que según la institucionalidad vigente en relación a la electricidad, el Estado tiene un papel de regulación y coordinación de los esfuerzos público-privados para alcanzar objetivos estratégicos en materia de energía, pero no participa directamente en las decisiones de inversión en generación. En este sentido la mayoría de los actores validan al Estado como un actor con derecho a intervenir en los territorios locales y se le reconoce el papel de coordinación pero también - especialmente en situaciones en que existe un conflicto activo - se le asigna la responsabilidad de velar por los intereses locales. En virtud de esto, algunos actores critican el accionar del Estado por considerar que falla en esta responsabilidad, independientemente de su real competencia en este aspecto. Algunas posiciones más extremas relacionan incluso este accionar con una suerte de "complicidad" o "servilismo" a los intereses de las empresas generadoras las cuales, como se mencionó anteriormente, son los actores menos validados localmente.

Por su parte, las organizaciones no gubernamentales u ONG, a pesar de que en muchos casos son actores que no provienen del entorno local, gozan en general de una alta validación social entre los actores locales. Sin embargo es necesario señalar que la función que se le asigna mayoritariamente a estas organizaciones es la de "acompañar" los esfuerzos de las comunidades locales, haciendo referencia a las acciones que las comunidades locales realizan para oponerse a los proyectos de inversión en el contexto de un conflicto y que en cierta forma son apoyadas por las ONGs en términos de organización y comunicación.

2.5.2.1.3 En relación a la validación de los procesos participativos

Una de las percepciones que es transversal a los distintos actores en el área de estudio es la deficiencia en los procesos participativos asociados a los proyectos de inversión en generación hidroeléctrica. Como se ha señalado anteriormente, los proyectos hidroeléctricos y las empresas proponentes son considerados actores ajenos al territorio y por lo tanto son los menos validados para decidir una modificación del espacio. Sin embargo, los procesos participativos invierten esa prioridad por cuanto son estos actores externos los que diseñan y proponen al SEA - un organismo del Estado - el proyecto que desean desarrollar, quedando la consulta a los actores locales como un proceso posterior.

En este sentido, en general se expresa una frustración por los procesos participativos puesto que se realizan de manera tardía y "cuando está todo ya decidido". Existe también una percepción muy compartida acerca de que la información entregada por las empresas proponentes durante los procesos participativos acerca del alcance de los proyectos, no guarda relación con el proyecto que finalmente resulta aprobado en el SEA.

Lo anterior sumado al hecho de que las opiniones que expresa la ciudadanía pueden influir pero no decidir sobre la ejecución de un proyecto o sus características, ha colaborado a la construcción

de una percepción de inutilidad de los procesos participativos para los intereses de los actores locales.

Este aspecto es muy importante en la validación social del desarrollo hidroeléctrico puesto que, como se destacó en el apartado donde se describen estos territorios, la valoración de la autonomía en la toma de decisiones a nivel local genera una demanda social en este sentido que puede considerarse más marcada que en otros territorios del país.

2.5.2.2 *Condicionantes identificadas en las cuencas de los ríos Valdivia y Bueno*

En concordancia con lo que menciona en la sección de condicionantes transversales, en el territorio comprendido por las cuencas del río Valdivia y Bueno existe una baja validación del concepto de necesidad del desarrollo hidroeléctrico, debido a que se percibe más en su función de generación de riqueza que en su función de insumo para satisfacer las necesidades país. En algunos casos en que se acepta el argumento de la necesidad, se cuestiona el hecho de que esa necesidad resida en otros lugares distintos al propio.

Lo anterior se encuentra muy ligado a la idea de que el desarrollo hidroeléctrico sólo trae costos para los territorios locales, mientras que los beneficios se perciben en lugares diferentes. Según esta percepción, los impactos de la construcción de hidroeléctricas se reciben en los lugares donde existe el potencial pero no se obtienen a cambio beneficios tales como mayor cobertura del servicio eléctrico, menor precio de la electricidad, establecimiento de puestos de trabajo permanentes o el pago de impuestos en los territorios donde se instalan las hidroeléctricas.

En relación a los impactos que se perciben, en el caso particular de este territorio existe la preocupación por los riesgos asociados a la construcción y operación de centrales hidroeléctricas, especialmente los asociados a inundaciones, derrumbes y movimientos en masa. Esto se debe a que se sabe que en la zona existen fallas geológicas, hecho que se destacó en el conflicto por la construcción de la central San Pedro y que para algunos actores implicó rememorar "El Riñihuazo"[19], un evento catastrófico relacionado con el terremoto del año 1960 en Valdivia.

Asimismo, los actores locales demuestran preocupación por el impacto que pudieran provocar las centrales hidroeléctricas sobre el ciclo hidrológico y su implicancia en la eventual disminución en la disponibilidad de agua, especialmente ante los posibles escenarios de cambio climático. Esta preocupación se aplica tanto a la disponibilidad de agua para consumo humano como para las funciones ecosistémicas en general, entendidas aquí como *servicios ecosistémicos* tales como la provisión de agua, la existencia de bosques en las laderas de la cordillera o la apicultura como

[19] "El Riñihuazo" correspondió a una serie de derrumbes que formaron diques en el río San Pedro, muy cerca de la desembocadura del lago Riñihue, que impidieron la circulación de las aguas durante meses y que amenazó con inundar los poblados aledaños al río y a la ciudad de Valdivia (ENDESA, 1962).

sustento de la vida. Es importante señalar que los posibles impactos que los actores distinguen no se restringen al periodo de construcción y operación de las hidroeléctricas sino que también al periodo de abandono, asunto sobre el cual señalan la existencia de precedentes negativos.

Otra particularidad de este territorio, aunque muy compartida con el territorio de la cuenca del río Yelcho, es la preocupación por el impacto del desarrollo hidroeléctrico sobre el desarrollo turístico. A diferencia de lo que quizás podría ocurrir en otras zonas del país, en este territorio no se percibe en general la posibilidad de una interacción positiva entre ambos sectores de la economía, por cuanto su potencial turístico se basa en una construcción del destino como una zona de alto valor paisajístico y alta naturalidad, lo que resultaría incompatible con el desarrollo hidroeléctrico. De hecho, el impacto anticipado por los actores relacionados al turismo no es de tipo directo sino indirecto, por el deterioro de la imagen del destino en su conjunto. Por esta razón el desarrollo hidroeléctrico se reconoce como una amenaza en los análisis FODA de los planes de acción de las dos ZOIT presentes en el territorio.

En relación a los procesos involucrados en la planificación del desarrollo hidroeléctrico, la evaluación de los proyectos y su implementación, en términos generales es posible señalar que existe una baja validación tanto por sus objetivos, como por sus proponentes y los espacios que dejan estos procesos para una participación efectiva por parte de los territorios locales.

Al respecto, como se señaló anteriormente, el objetivo de satisfacer una necesidad país no es aceptado en sí mismo ya que no ofrece retribuciones a nivel local, además de ser cuestionado en relación a su veracidad. Como consecuencia, se genera un distanciamiento y una desconfianza hacia los actores que promueven este desarrollo, entre los cuales se encuentra el propio Ministerio de Energía, el cual se percibe localmente como más cercano a la industria generadora – el actor menos validado – que a los intereses del país y la comunidad local.

Los procesos participativos, en particular los procesos de evaluación de impacto ambiental, están también muy poco validados, tanto por su oportunidad como por el efecto real que tiene la opinión de la ciudadanía en la evaluación, así como por la forma en que estos procesos se han llevado a cabo en el pasado. Debido a que en general los proyectos solamente abarcan los aspectos técnicos y ambientales pero no territoriales, las comunidades locales no pueden influir en la decisión de implementar o no un proyecto, sino que solamente en algunas de sus características y ciertas compensaciones en caso de verse afectados. Lo anterior puesto en un contexto donde los actores territoriales son especialmente celosos en relación a su participación en la toma de decisiones, genera que el proceso en sí mismo no sea reconocido como válido.

Por otra parte, en la interacción con los actores locales se hizo evidente la existencia de malas experiencias anteriores en procesos participativos, las cuales se manifestaron incluso en la expresión de desconfianza hacia los objetivos de este propio estudio. Al parecer, y según lo manifestaron algunos actores entrevistados, la información entregada a la comunidad en estos

procesos ha resultado ser parcial o imprecisa acerca la envergadura y los alcances de los proyectos. Además se denunció el mal uso de información entregada por la comunidad a los proponentes y el intento de negociación parcializada en caso de conflictos, situación que es considerada una práctica desleal.

Esta percepción de una baja posibilidad de influir en las decisiones sobre la forma en que se utilizará el espacio habitado genera en los actores locales una sensación de lo que se puede interpretar como una falta de reconocimiento a la racionalidad que ellos aplican al momento de definir lo que es aceptable y valioso en su territorio. Esta racionalidad, que difiere de aquella que normalmente se aplica en los objetivos estratégicos a nivel país, se expresa por ejemplo en la valoración del turismo no sólo como actividad económica, sino que además como una forma de vida que han decidido adoptar algunas personas que habitan ese territorio. Desde este punto de vista, el turismo se percibe localmente como una forma de desarrollo endógeno, cuyos beneficios no son solamente económicos, sino que también socioculturales por cuanto admite la participación de muchas personas y permite a la comunidad mantener su identidad, costumbres, valores, tradiciones y su patrimonio natural. Desde el momento en que los actores locales perciben en el desarrollo hidroeléctrico una amenaza a esta actividad y no cuentan con la posibilidad de decisión, entienden que su perspectiva del desarrollo no es reconocida y valorada.

Algo similar ocurre con otras actividades tradicionales como la agricultura y con aquellos actores que valoran la existencia de ecosistemas como complejos dinámicos, generadores de servicios que debieran ser considerados como un bien público no apropiable, que benefician al conjunto de la sociedad y que además debieran valorarse por su no uso o valor intrínseco, como legado para futuras generaciones.

En cierto modo relacionado con el problema del reconocimiento de racionalidades económicas diferentes, las comunidades Mapuche-Huilliche resienten también la poca disposición a reconocer su cosmovisión como una manera válida de interpretar el mundo y la forma en que puede o no transformarse el territorio. Se debe recordar que el concepto de territorio del pueblo Mapuche-Huilliche no se restringe a la propiedad y por consiguiente desde su perspectiva cualquier modificación en el espacio del que se sienten parte les compete, máxime si esta modificación implica alterar los cuerpos de agua, por la relevancia que estos tienen en el funcionamiento del mundo material y espiritual. Por esta razón este pueblo siempre establecerá objeciones al desarrollo hidroeléctrico y exigirá la aplicación de los instrumentos legales que les permiten influir con más fuerza sobre las decisiones.

Finalmente, algunos actores perciben la existencia de una relación entre la explotación de los recursos naturales en general y la exclusión de los modos de vida, opinión y reconocimiento de la población indígena y no indígena en los territorios donde se realizan estas explotaciones. Si bien esta percepción no está directamente ligada con las racionalidades en un sentido económico o de

gestión del territorio, hace referencia a una intervención externa que amenaza la identidad y la autodeterminación de los territorios locales.

2.5.2.3 *Condicionantes identificadas en la cuenca del río Yelcho*

De manera similar a lo que ocurre en las cuencas de Valdivia y Bueno, el desarrollo hidroeléctrico como proceso recibe poca validación entre los actores de la cuenca, pero en este caso más ligado al hecho de que se entiende como una meta política impuesta externamente e impulsada por actores ajenos al territorio local, sin tomar en consideración la opinión de las comunidades locales.

En relación a los actores del desarrollo hidroeléctrico, los actores locales manifiestan un sentimiento de desconfianza hacia las empresas generadoras y la institucionalidad. En parte esta desconfianza se basa en lo que consideran una contradicción por parte del Ministerio de Energía al promover la participación ciudadana al mismo tiempo que el discurso político señala la instalación de grandes hidroeléctricas como una necesidad país y en circunstancias en que la aprobación de estos proyectos se logra "casi sin participación de la gente", como habría ocurrido en el caso de la central Mediterráneo en Puelo. Esto contribuiría una sensación de incertidumbre y a un "estado de alerta permanente" en el que se encontraría la comunidad ante la existencia de interés por parte de las empresas generadoras, pese a que ENDESA, al finalizar agosto del presente año, renuncia a los derechos de agua sobre el río Futaleufú.

Esta percepción habla también de una escasa validación de los procesos participativos, lo cual se refuerza por el cuestionamiento a instancias participativas realizadas hasta el momento. Esta poca valoración se explicaría por la baja capacidad de influir en las decisiones, pero también en la desconfianza sobre la información que se entrega y el destino que se dé a la información que la comunidad proporcione en estas instancias. Es necesario señalar que esta desconfianza alcanza también a la ejecución de este mismo estudio, como se desprende del temor que expresan algunos actores de estar involucrados en estudios que "puedan traer proyectos hidroeléctricos en el futuro sin considerar a la comunidad". A partir de esta misma desconfianza, señalan también que no están completamente convencidos de entregar información por medio del presente estudio para el Ministerio de Energía, indicando que no existe claridad en los objetivos que hay detrás de este levantamiento de información y que le podría servir a los privados para ofrecer posteriormente a la comunidad medidas de compensación por los proyectos.

Aunque los actores expresan su preocupación por los impactos negativos que pudiera tener el desarrollo hidroeléctrico sobre los ecosistemas, en este caso se hace mayor referencia al valor que tienen estos ecosistemas y su estado actual como recurso para el desarrollo turístico. En este sentido, se entiende que la posibilidad de que se establezca una central hidroeléctrica que pudiera cambiar la frecuencia y volumen de agua modificaría los caudales naturales y con ello las condiciones ideales que presenta la zona para el desarrollo turístico, caracterizadas por la falta de

alteración al río y su entorno. Al igual que sucede en el territorio de las cuencas de Valdivia y Bueno, la actividad del turismo es valorada localmente no sólo como fuente de ingreso, sino como una actividad compatible con el entorno e inclusiva. Si a lo anterior se suma que el turismo de intereses especiales es la principal actividad económica de ese territorio, se explica fácilmente la relevancia de esta preocupación.

Como se mencionó en la descripción de este territorio, los grupos humanos que se han establecido en las distintas localidades de la cuenca son en general personas con carácter pionero, y aunque suene extraño en siglo XXI este carácter está aún presente y se expresa tanto en la valoración que se le otorga a la autodeterminación como en la búsqueda de formas distintas de vida. En este sentido, la construcción de la idea de su territorio como un espacio prístino donde solo cabe una economía local sostenible y respetuosa con el medio ambiente, nos habla de la presencia de una racionalidad económica diferente y prevalente, que es además consistente con las aspiraciones de las personas que llegaron a estos lugares como inmigrantes, especialmente en los últimos años. Consistente también con este carácter es su percepción hacia el desarrollo hidroeléctrico como una idea de desarrollo impuesta externamente y por lo tanto no válida.

2.5.3 **Consideraciones finales**

En este apartado se ha hecho una breve relación de aquellos aspectos que los actores locales expresaron durante la interacción con el equipo de investigación y que se consideraron importantes de sistematizar por cuanto constituyen un complemento al levantamiento de los objetos valorados por las comunidades. Si bien, como se mencionó inicialmente, el alcance de esta recopilación no puede considerarse exhaustivo ni totalmente representativo de las percepciones presentes en los territorios hacia el desarrollo hidroeléctrico, los hallazgos apuntan hacia la existencia de algunos aspectos que son consistentes con lo que indica la literatura y la evidencia reciente en relación a los conflictos ambientales asociados a la hidroelectricidad en estos territorios.

Uno de los aspectos más relevantes es probablemente la concordancia entre los actores de distintos territorios en cuanto a la escasa validación que se le otorga a los procesos participativos, lo que queda de manifiesto en la desconfianza y en el sentimiento de frustración en relación a la posibilidad de influir en las decisiones mediante estos mecanismos.

Otro aspecto destacable es que, si bien la preocupación por el medio ambiente y la conservación de la biodiversidad es un tema relevante para las comunidades, esta preocupación se relaciona más con la calidad de vida y con el acceso a los ecosistemas y sus servicios ambientales como

recursos naturales, en especial como sustento para el turismo como actividad económica. Esto contrasta con una idea de los conflictos ambientales centrados en una suerte de ecologismo preocupado principalmente por la conservación de la biodiversidad.

Muy relacionado con los dos puntos anteriores está la existencia de una reivindicación por la autodeterminación en lo relativo a la forma en que se transformarán los espacios que ocupan. Esto no es un asunto que se le pueda asociar específicamente al desarrollo hidroeléctrico sino que a cualquier iniciativa que provenga de fuera de sus territorios. En este sentido, la aspiración no es sobre la capacidad de influir en las decisiones solamente, sino que en la posibilidad de decidir directamente. Es necesario hacer notar que la legislación actual no contempla procesos participativos vinculantes en lo relativo a lo ambiental y en general en nuestro país existe poco espacio para este tipo de participación, por lo que una aspiración como ésta entra en un campo que escapa a lo estrictamente técnico y cae en el espacio de las políticas públicas que determinan la forma en que se planifican los territorios. Aunque este factor es muy reconocible en los territorios que se investigaron, en realidad se trata de una tendencia que puede reconocerse a nivel nacional e incluso internacional, por lo que debería esperarse que se refuerce con el tiempo.

Probablemente uno de los factores más importantes para comprender las condicionantes que imponen los actores locales, está el problema del reconocimiento a racionalidades diferentes a las que motivan las inversiones como los proyectos hidroeléctricos. Estas racionalidades – que no sólo están presentes en las comunidades indígenas y que pueden entenderse como modelos de desarrollo aceptables, visiones de mundo o cosmovisiones - existen y se expresan en formas de vida que se desarrollan en los territorios locales, por lo que las transformaciones que sean percibidas como incompatibles y que otorguen poco espacio para influir en la decisión de su implementación, despertarán siempre el rechazo de las comunidades.

Por lo tanto, más allá de una consideración ética acerca de la necesidad o no de reconocer estas diferencias en un proceso de planificación del territorio, tomar conciencia de ellas es importante puesto que las visiones de mundo - tanto la Mapuche-Huilliche como la de los demás actores involucrados - son la base para definir a qué es lícito o válido aspirar en un territorio y cuál o cuáles son las maneras aceptables para alcanzar esas aspiraciones.

3 Actualización del Potencial Hidroeléctrico e inclusión de escenarios y efectos del Cambio Climático

3.1 Metodología General

3.1.1 Descripción General

La estimación del potencial hidroeléctrico para las cuencas analizadas en el presente estudio se basa en la metodología desarrollada por el estudio "Energías Renovables en Chile. El potencial eólico, solar e hidroeléctrico de Arica a Chiloé[20]" (en adelante MINENERGIA/GIZ (2014)). Esta evaluación del potencial hidroeléctrico fue impulsada por el Ministerio de Energía en conjunto con Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, y fue la principal fuente de información para la determinación del potencial presentado en el primer estudio de cuencas[21].

El siguiente listado expone los elementos fundamentales que fueron incorporados en el análisis de potencial hidroeléctrico desarrollado por MINENERGIA/GIZ (2014):

- Análisis de bases de datos de Derechos de Agua No Consuntivos (DAANC) constituidos a diciembre del año 2012 entre las cuencas de los ríos Aconcagua (región de Valparaíso) y Puelo (región de Los Lagos). Define aspectos técnicos fundamentales tales como ubicación y régimen de uso del recurso hídrico.

- Herramientas de modelación numérica de procesos meteorológicos (modelo WRF) e hidrológicos (modelo VIC), que entregan caudales medios diarios para el periodo 1990-2009. Define la disponibilidad del recurso hidráulico.

- Análisis de antecedentes sistematizados de centrales hidroeléctricas a diciembre del 2012.

- Aplicación de restricciones territoriales.

En agosto de 2015 la estimación de potencial fue actualizado usando una base de datos de DAANC constituidos a agosto 2014. El resultado se publicó en la página web del Ministerio de Energía como parte del Explorador de Derechos de Agua No Consuntivos[22], y constituye el insumo primordial para el análisis de potencial hidroeléctrico presentado en el presente capítulo.

[20] http://www.minenergia.cl/archivos_bajar/Estudios/Potencial_ER_en_Chile_AC.pdf
[21] Centro Universidad Católica para cambio Global y Teco-Group: "Base para planificación territorial en el desarrollo hidroeléctrico futuro" (2015). Informe final del estudio preparado para el Ministerio de Energía.
[22] http://walker.dgf.uchile.cl/Explorador/DAANC

En lo que sigue se destacan los aspectos más importantes de la metodología. Para mayor detalle sobre el contexto, objetivos, alcances, metodologías y resultados de la evaluación de potencial se recomienda consultar las referencias mencionadas anteriormente.

3.1.2 Aspectos metodológicos de mayor importancia

La determinación de potencial hidroeléctrico disponible se obtiene de la combinación de la base de datos de DAANC, los resultados de modelación hidrológica, y la aplicación de criterios, restricciones y consideraciones específicas. En el presente apartado todos estos aspectos son descritos. La Base de Datos de DAANC es un insumo fundamental para el análisis debido a que define en términos legales la ubicación y régimen de utilización del recurso hídrico, por lo que es presentada en el siguiente acápite. Seguidamente, se presenta el sistema de modelación hidrológico utilizado para determinar la disponibilidad del recurso hídrico, condicionando el potencial teórico que se podría determinar exclusivamente a partir de los antecedentes técnicos de los DAANC, pero que en la práctica no sería posible validar debido a la escasez de mediciones. Finalmente, se presenta conjunto de criterios, restricciones y consideraciones que dan forma a la metodología.

a) Uso de derechos de agua no consuntivos (DAANC)

Los Derechos de Agua No Consuntivos (DAANC) representan el recurso de agua que está *legalmente disponible* para fines de desarrollo hidroeléctrico en el país. Cualquier proyecto hidroeléctrico futuro debe contar con los derechos de uso de agua antes de entrar en la etapa de construcción[23]. Dado lo anterior, el análisis solo considera el potencial de ríos o cauces donde existen DAANC constituidos, con un uso declarado como "energía hidroeléctrica", "otros usos" o sin un uso declarado.

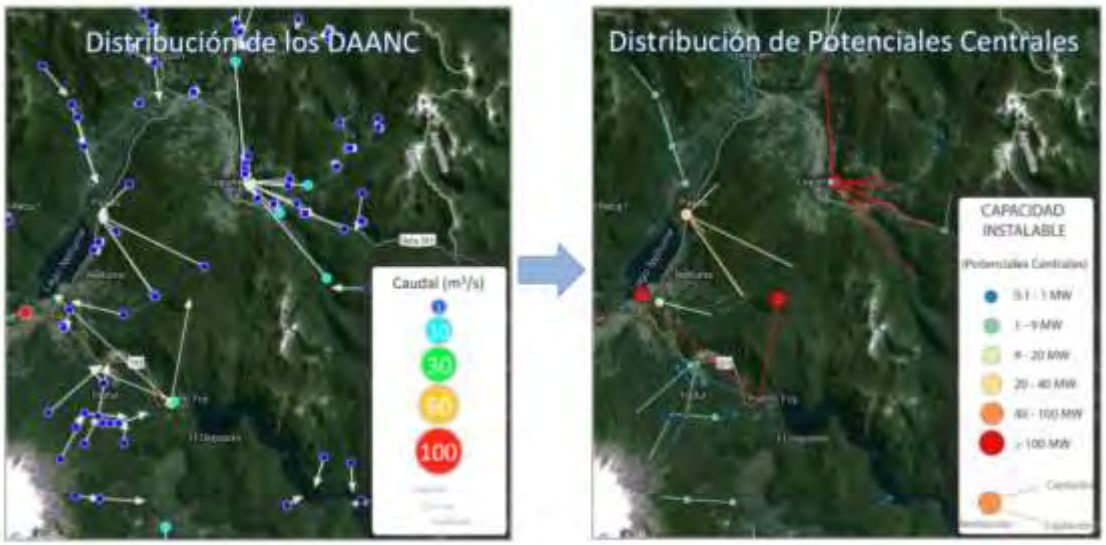
Un aspecto fundamental de la técnica es la agrupación de los DAANC en ***potenciales centrales hidroeléctricos*** en base a puntos de restitución cercanos entre sí. Se busca el subconjunto de DAANC de cada agrupación que -según caudal y desnivel-, se traducen en un mayor potencial. Las potenciales centrales hidroeléctricas (en adelante PCH) forman la unidad básica del análisis y se caracterizan por un punto de restitución (que se acercaría a la casa de máquinas de la central) y uno o más puntos de captación (las bocatomas). La sección del río directamente alterada por la central corresponde a los tramos de los cauces que unen las bocatomas con el punto de restitución, donde el caudal se disminuirá con respecto al caudal natural.

[23] Existen proyectos hidroeléctricos que hace uso de Derechos de Agua de otra índole (como derechos consuntivos o derechos en obras de riego), aunque en general conforman una minoría.

Al igual que en MINENERGIA/GIZ (2014), el caudal máximo asignado a cada potencial central se definió a partir de una relación entre los DAANC permanentes y eventuales estimada del análisis de 19 proyectos hidroeléctricos de pasada en evaluación ambiental a diciembre del 2012 que tenían consignados sus DAANC en los antecedentes de su tramitación ambiental, para las cuales se recopiló además antecedentes de altura de caída, potencia y caudal de diseño. En particular, se determinó que el caudal de diseño se puede aproximar como la suma del valor máximo mensual de los DAANC permanentes y eventuales otorgados para la central[24]. Dado el caudal de diseño y el desnivel efectivo de la central, es posible estimar su capacidad máxima (o capacidad instalada). En el presente estudio, la ***capacidad instalada*** se utilizará como la medida principal del potencial hidroeléctrico.

Se debe tener en cuenta que aunque los DAANC constituidos determinan ubicación y régimen de uso del recurso hidráulico, las estimaciones de potencial hidroeléctrico que resultan de la aplicación de la presente metodología están condicionadas por el caudal disponible simulado a través de los modelos numéricos que se presentan a continuación.

Figura 3.1. Ejemplo de la detección de potenciales centrales hidroeléctricos (PCH) a partir de la distribución de los DAANC.



El panel a la izquierda muestra los DAANC otorgado en una zona cerca del Lago Neltume en la cuenca del Río Valdivia. Los círculos representan los puntos de captación y las flechas indican el punto de restitución de cada DAANC. Al lado derecho se muestras las centrales hidroeléctricas identificadas. A partir de los DAANC. En este caso los círculos indican el punto de restitución de la central y las líneas indican las bocatomas. Notar que muchas centrales consisten de múltiples DAANC, que no todos los DAANC están utilizados.

[24] Específicamente, Qdiseño = max(DAApermanete + 0.5 DAAeventual)

b) Modelo hidrológico

Tal como se indicó en el apartado previo, el análisis de la base de datos de DAANC constituidos permite definir la ubicación y régimen de uso del recurso hidráulico, y el agrupamiento de DAANC posibilita definir la ubicación de potenciales centrales. Sin embargo, dado que no existen datos de dominio público que permitan calcular estadísticas hidrológicas detalladas para el tramo del río en el que se emplaza cada uno de los DAANC constituidos, se recurre entonces al uso de avanzados modelos numéricos desarrollados por la comunidad científica internacional. Por consiguiente, para la presente metodología las estimaciones del potencial están condicionadas por el caudal disponible según el sistema de modelación hidrológico. En este sentido, el modelo hidrológico cumple el siguiente rol:

- Permite la estimación de rendimiento (factor de planta) de cada PCH y la estimación de la variabilidad del recurso en distintas escalas de tiempo.

- Refinamiento del caudal de diseño del proyecto: Cuando el factor de planta es bajo (< 0.3), se reduce el caudal de diseño hasta que el factor de planta de la central alcanza un valor igual o superior a 0.5.

- Control de calidad: Se eliminan los DAANC que muestran un caudal otorgado que dista demasiado del caudal simulado para la ubicación del DAANC.

Los caudales se simularon con el modelo hidrológico VIC[25] que a la vez es alimentado por series de precipitación, temperatura, humedad, radiación y el viento generadas por el modelo meteorológico WRF de resolución espacial de 5x5 km. Las simulaciones del modelo WRF/VIC permiten determinar el caudal en intervalos diarios en una red hidrográfica sintética (determinado a partir de un modelo de elevación de terreno) definido para el dominio del análisis. El periodo modelado extiende desde 1990 a 2009 - 19 años hidrológicos en total.

c) Aplicación de restricciones

Se aplicaron varias restricciones para filtrar las PCH que no se consideran relevantes para efectos de estimación del potencial hidroeléctrico. En particular, se eliminaron todas las centrales que mostraban un factor de planta menor a 50% (centrales consideradas poco factibles desde el punto de vista económico) o aquellas que tienen una capacidad instalada menor a 0.1 MW (es decir, en este estudio no se consideran micro-centrales hidroeléctricas). Tampoco se consideraron DAANC que pudieron vincularse a centrales existentes en operación o en pruebas.

[25] Variable Infiltración Capacity

El estudio MINENERGIA/GIZ (2014) excluyó los DAANC cuyas bocatomas o punto de restitución se ubican dentro de los límites de Parques Nacionales o sitios protegidos Ramsar. Sin embargo, en el presente estudio este tipo de DAANC se incluyó en el análisis ya que se considera que la decisión de incluir o excluir proyectos dentro de parque nacionales y otras zonas protegidas se debe resolver en el eventual análisis de los objetos de valoración (OdV). Cabe señalar que son muy pocos los DAANC que se encuentran dentro de parques nacionales presente estudio y contribuyen a menos de 1.3% del total del potencial hidroeléctrico disponible para las cuencas de estudio.

Al igual que en MINENERGIA/GIZ (2014), en el presente análisis no se han eliminado los DAANC vinculados a centrales en construcción o en el proceso de evaluación del impacto ambiental (aprobados, en calificación). Se optó por ello debido a que la metodología de asignación de centrales si bien aparenta tratarlas adecuadamente de manera agregada, en algunos casos presenta diferencias significativas a nivel individual. Por ende, este tipo de central debería estar presente en el resultado, y de hecho son utilizadas como antecedente para la evaluación de validez de resultados.

d) Otras Consideraciones

Se considera importante destacar los siguientes aspectos sobre la metodología:

- La metodología desarrollada identifica y estima la producción de potenciales centrales de pasada. DAANC vinculados a potenciales centrales de embalse son tratados como centrales de pasada.

- La metodología no incorpora PCH asociadas a obras de riego.

- La metodología no considera el uso de Derechos de Agua Consuntivos para fines de generación hidroeléctrica. Tampoco considera el impacto de extracción de agua para fines de consumo en la disponibilidad de recurso hídrico. La importancia de los derechos de consumo para las cuencas del presente estudio es examinado en la sección 4.3.3.

- No se consideran los DAANC en tramitación, sean nuevos o modificaciones de los existentes. Ello debe traducirse en una subestimación del potencial, debido a que continúan otorgándose DAANC destinados a generación hidroeléctrica, y a que las renuncias totales o parciales a DAANC son escasas.

- La nueva base de datos de DAANC utilizadas en el análisis es oficialmente desarrollada y distribuida por la Dirección General Aguas (MOP) y el Ministerio de Energía a través del Explorador DAANC[26] (ver detalles en la siguiente sección).

[26] http://walker.dgf.uchile.cl/Explorador/DAANC

3.1.3 **Actualización a agosto 2014**

En agosto de 2015, el Ministerio de Energía publicó en su sitio Web una actualización del potencial hidroeléctrico, que efectivamente reemplaza el resultado publicado en GIZ/MINENERGIA (2014). En términos metodológicos el nuevo análisis es prácticamente idéntico, siendo la diferencia clave el uso de bases de datos actualizadas y mejoradas de los DAANC y de centrales operacionales. En particular, se utilizó una base de datos de Derechos de Aprovechamiento de Agua No Consuntivos (DAANC) actualizada hasta el 31 de agosto de 2014. Esta actualización fue preparada por la Dirección General de Aguas en conjunto con el Ministerio de Energía y logró corregir varias de las deficiencias de la base de datos utilizada en el estudio anterior. Aparte de agregar los 252 DAANC que fueron otorgados desde enero 2013, la nueva tabla incluye alrededor de 1.400 DAANC históricos adicionales que fueron reprocesados por la Dirección General de Aguas. Adicionalmente, para el nuevo análisis se actualizó la base de datos de centrales en operación y en prueba hasta diciembre de 2014 y se realizó un nuevo esfuerzo para vincular y omitir del análisis los DAANC asociados a dichas centrales.

Otro cambio importante fue la extensión de la zona de análisis hasta la cuenca del Río Pascua en la Región de Aysén. El análisis previo se extendía sólo hasta la cuenca del Río Puelo.

La actualización de los datos DAANC significó un cambio importante en el resultado del análisis, que tiene impacto más allá del incremento esperado del potencial debido a la inclusión de derechos para los años 2013 y 2014. En particular, el potencial hidroeléctrico para el país aumentó de 12,5 GW a 19,2 GW, aunque gran parte de este incremento fue debido a la inclusión de la Región de Aysén en el análisis. Considerando la misma zona abarcada en GIZ-MINENERGIA (2014) el nuevo potencial es 13,2 GW. Del incremento de +0,7 GW, +0,5 GW se deben a nuevos derechos de agua que se otorgaron durante 2013 y 2014. El aumento de 0,2 GW restante se debe a los cambios en la información de DAANC para el periodo anterior a 2013. Aunque este aumento representa un cambio de solo un 2,2% los cambios a nivel de cuencas individuales son mucho más significativos (+- 20%) en algunos casos. Una discusión de las diferencias entre el resultado 2012-2014 se puede encontrar en el sitio Web del Explorador DAANC.

Respecto a las cuencas que corresponden al presente estudio, la Tabla 3.1 presenta la comparación del potencial publicado el 2014 y 2015 para las cuencas de los ríos Valdivia, Bueno, Puelo y Yelcho. En el caso de las cuencas del Río Bueno y Puelo, los cambios en la estimación del potencial son relativamente pequeños (-37 MW y +17 MW, respectivamente). En el Río Valdivia hay un aumento significativo de 280 MW con respecto a GIZ/MINENERGIA(2014). Este aumento se debe parcialmente a nuevos derechos otorgados desde enero del 2013 en adelante (+14MW) pero la razón principal es la modificación e introducción de DAANC para el periodo histórico (anterior a 2013). La Figura 3.2 muestra el cambio de potencial a nivel de sub-subcuenca. Es posible apreciar que el patrón espacial de potencial se mantiene entre actualizaciones. Los cambios más notables

se visualizan en las sub-subcuencas 'Rio San Pedro Entre Río Mañío y Río Quinchilca', 'Río Neltume entre arriba Río Reyehueico y Río Fui' y 'Lago Maihue y Río Calcurrupe'

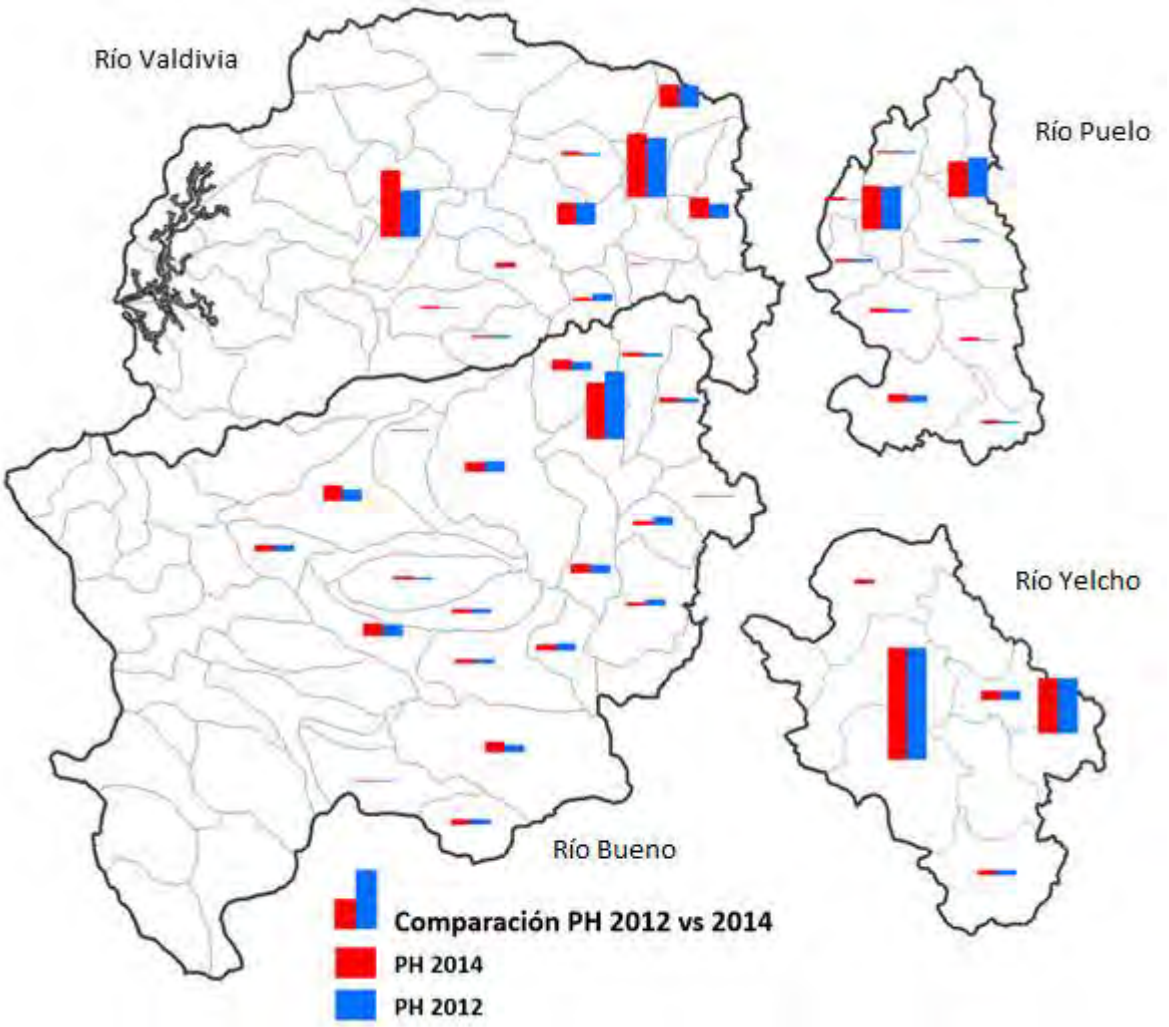
Cabe señalar que los cambios en potencial que resultaron de la actualización, se deben a cambios mayores en los datos de los DAANC. Es probable que hacia el futuro la información de los DAANC sea más estable y por lo tanto se espera una variación más moderada en la estimación de potencial. No obstante, es importante recalcar que la estimación de potencial hidroeléctrico es dependiente de la información de los DAANC disponibles en el momento de realizar el cálculo, por lo que cualquier cambio en los datos de los DAANC incide directamente en la estimación de potencial. Hacia el futuro los cambios podrán incluir aumento de potencial debido al ingreso de nuevos DAANC constituidos, la reducción de potencial debido a renuncia (muy poco común) o remates, o a eventuales cambios derivados de revisiones de la información por parte del equipo de la Dirección General de Aguas.

Tabla 3.1.Resumen de las diferencias en las estimaciones de potencial del GIZ/MINENERGIA(2014)[27] y la actualización 2015.

Cuenca	Potencia (MW)	
	GIZ-MINENERGIA 2014	Actualización 2015
Valdivia	1.371	1.645
Bueno	1.359	1.322
Puelo	812	829
Yelcho	N/A	1.402

[27] El resultado de GIZ/MINENERGIA(2014) no incluía la cuenca el Yelcho.

Figura 3.2.Comparación Potencial Hidroeléctrico 2012 vs 2014.



Barras representa la proporción del cambio entre GIZ-MINENERGIA 2014 (PH2012) y la actualización 2015 (PH 2014) para las Sub-subcuencas en la zona del estudio.

3.1.4 Evaluación de la metodología en la zona del estudio

3.1.4.1 *Evaluación del modelo hidrológico*

Los datos utilizados en la evaluación del desempeño del modelo hidrológico son presentados en la Tabla 3.2. El contenido incluye registros observacionales de caudales medios diarios con resolución temporal diaria, en hora local, para un periodo común desde 1940 hasta 2013 aproximadamente. Por otro lado las series de caudales medios diarios obtenidas mediante la aplicación de un modelo hidrológico, comprenden un total de 20 años, para un periodo desde el 1990 hasta 2008.

La Figura 3.3 y la Figura 3.4 muestran la red hidrográfica sintética, realizada a partir de un modelo de elevación digital de terreno, para toda la zona de interés, destacando los distintos tramos fluviales según sus distintos caudales promedio anuales, abarcando una red desde 0-1.000 m3/s. Además, junto a esto se presenta un cuadro con los valores del caudal promedio anual para ese punto, según lo registrado por estaciones fluviométricas instaladas en terreno y el caudal estimado por el modelo hidrológico, destacando con el color del triángulo el caudal observado, con los valores correspondientes según la leyenda indicada en la figura. De aquí se destaca la buena precisión de esta red, con valores cercanos a los observados, mostrando una gran coherencia entre la red, lo observado y lo modelado.

Las cuencas con mayor red de estaciones corresponden a las cuencas del Rio Valdivia y del río Bueno, con una buena representación de los caudales, tanto en la red como en lo modelado, concentrándose la mayoría de estas estaciones al lado este de la región. Sin embargo, existe una buena cobertura en las sub-cuencas importantes. Por otro lado, la región con mayor caudal se encuentra en la cuenca del Río Puelo, con valores observados y modelados que se encuentran entre los 200-500 m³/s.

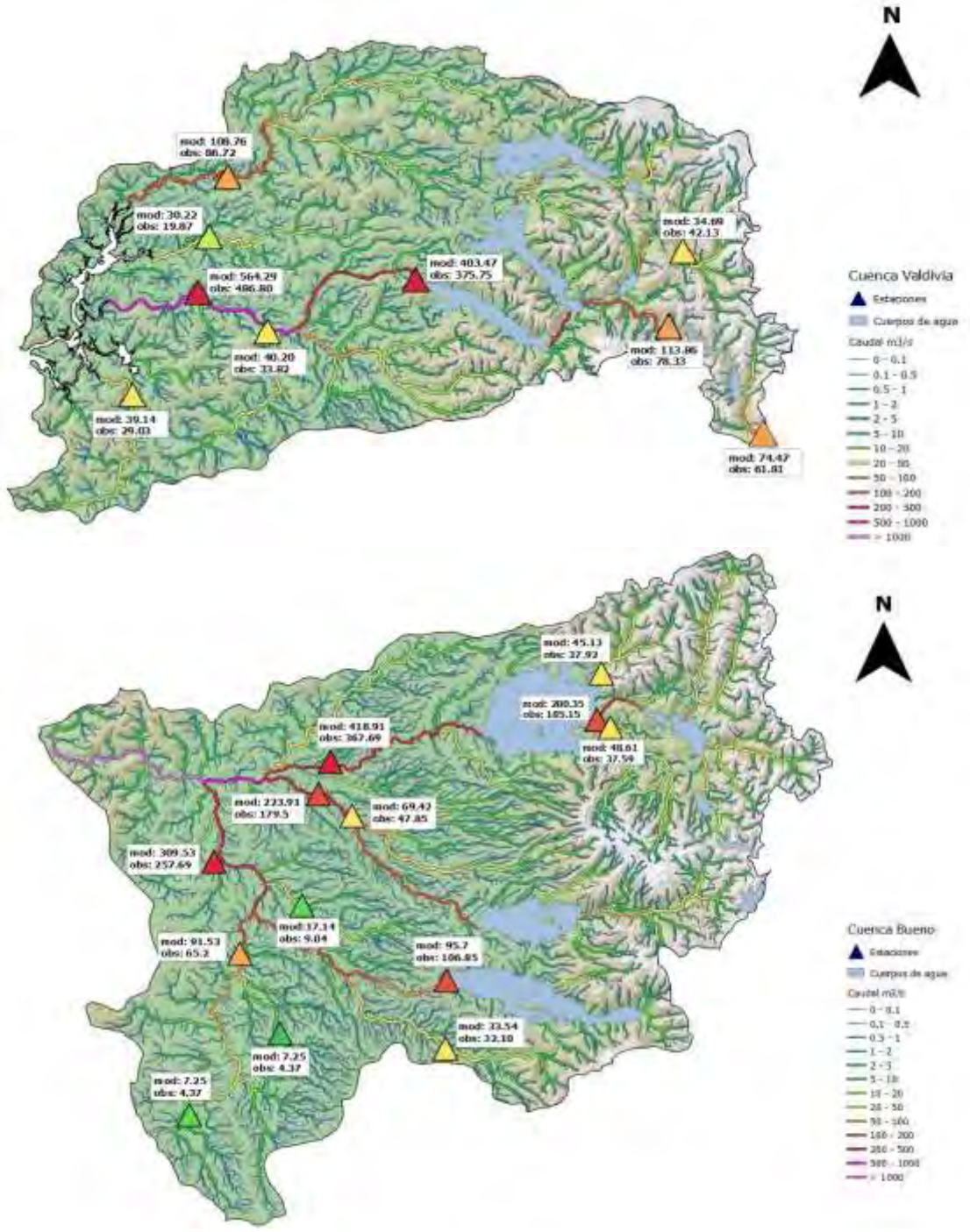
Tabla 3.2.Estaciones fluviométricas utilizadas en la validación del modelo de caudal.

Estación	Cuenca	Sub-subcuenca	F. Inicio	F. Término	N° obs
Rio Fui En Desague Lago Pirehueico	Río Valdivia	Desagüe Pirehueico	1940-01-21	2013-12-31	5.394
Río Huahum En La Frontera	Río Valdivia	Desagüe Pirehueico	2002-04-16	2013-10-15	3.898
Río Liquine En Liquine	Río Valdivia	R. Llizan en junta R. Reyehueico	1986-07-22	2013-12-31	9.008
Río San Pedro En Desague Lago Rinihue	Río Valdivia	R. San Pedro entre Desagüe L. Rinihue y Bajo R. Manio	1985-03-26	2013-12-31	10.361
Río Collileufu En Los Lagos	Río Valdivia	R. Calle Calle entre Junta R. San Pedro y R. Quinchilca Bajo	1987-02-01	2013-09-11	9.098
Río Calle Calle En Balsa San Javier	Río Valdivia	R. Calle Calle entre R. Cuicuileufu y Rio Cruces	1987-02-01	2008-05-30	7.663
Río Cruces En Rucaco	Río Valdivia	R. Cruces entre R. Leufucade y Bajo Estero Queuchico	1969-05-01	2013-12-31	15.555

Estación	Cuenca	Sub-subcuenca	F. Inicio	F. Término	N° obs
Río Inaque En Mafil	Río Valdivia	R. Inaque entre R. Pillecozcoz y R. Mafil	1986-07-01	2013-12-31	9.835
Río Futa En Tres Chiflones	Río Valdivia	R. Futa entre Estero Catamatun y R. Tornagaleones	2002-05-23	2013-10-24	3.787
Río Calcurrupe En Desembocadura	Río Bueno	L. Maihue y R. Calcurrupe	1986-07-01	2013-03-05	9.304
Río Caunahue Camino A Llifen	Río Bueno	R. Caunahue	1997-01-01	2013-10-31	5.719
Río Nilahue En Mayay	Río Bueno	R. Nilahue	1987-08-01	2013-12-31	9.119
Río Bueno En Bueno	Río Bueno	R. Bueno entre R. Ralitran y R. Llollehue	1940-02-01	2013-10-31	7.078
Río Chirre Antes Junta Río Pilmaiquen	Río Bueno	R. Pilmaiquen entre R. Chirri y R. Bueno	2001-07-30	2013-10-24	3.786
Río Pilmaiquen En San Pablo	Río Bueno	R. Pilmaiquen entre R. Chirri y R. Bueno	1940-01-01	2013-09-22	15.266
Río Rahue En Desague Lago Rupanco	Río Bueno	L. Rupanco	1986-02-01	2013-10-21	9.785
Río Coihueco Antes Junta Pichicope	Río Bueno	R. Coihueco entre R. Blanco y R. Rahue	1987-08-01	2013-10-23	9.152
Río Toro En Tegualda	Río Bueno	R. Toro (Maipue) entre R. Norte y R. Lopez	2000-05-30	2013-07-31	4.549
Río Negro En Chahuilco	Río Bueno	R. Negro entre R. Chifin y R. Rahue	1986-03-01	2013-11-30	9.214
Río Damas En Tacamo	Río Bueno	R. Damas entre Estero Pichidamas y R. Rahue	1986-02-01	2013-10-31	9.986
Río Forrahue En Aromos	Río Bueno	R. Chifin	1991-12-04	2013-12-31	7.678
Río Rahue En Forrahue	Río Bueno	R. Rahue entre Estero Forrahue y bajo R. Curaco	1986-02-27	2013-10-22	9.379
Río Manso Antes Junta Río Puelo	Río Puelo	R. Manso entre R. Steffen y R. Puelo	2001-05-27	2013-10-31	4.109
Río Puelo Antes Junta Con Manso	Río Puelo	R. Puelo entre R. Negro y R. Manso	2001-07-24	2013-10-31	4.136
Río Puelo En Desague Lago Tagua Tagua	Río Puelo	R. Puelo entre R. Manso y Desagüe Laguna Tagua Tagua	2002-05-30	2013-10-31	3.826
Río Puelo En Carrera Basilio	Río Puelo	R. Puelo entre Desague Laguna Tagua Tagua y Desembocadura	2003-03-02	2013-10-31	3.806
Río Espolon En Desague Lago Espolon	Río Yelcho	L. Espolón y R. Espolon en junta R. Futaleufu	2001-07-13	2013-10-14	4.028
Río Futaleufu En La Frontera	Río Yelcho	R. Futaleufu entre frontera y R. Azulado	2001-07-13	2013-10-31	4.345
Río Futaleufu Ante Junta Río Malito	Río Yelcho	R. Futaleufu entre arriba R. Azul y L. Yelcho	2002-04-10	2013-10-13	4.009

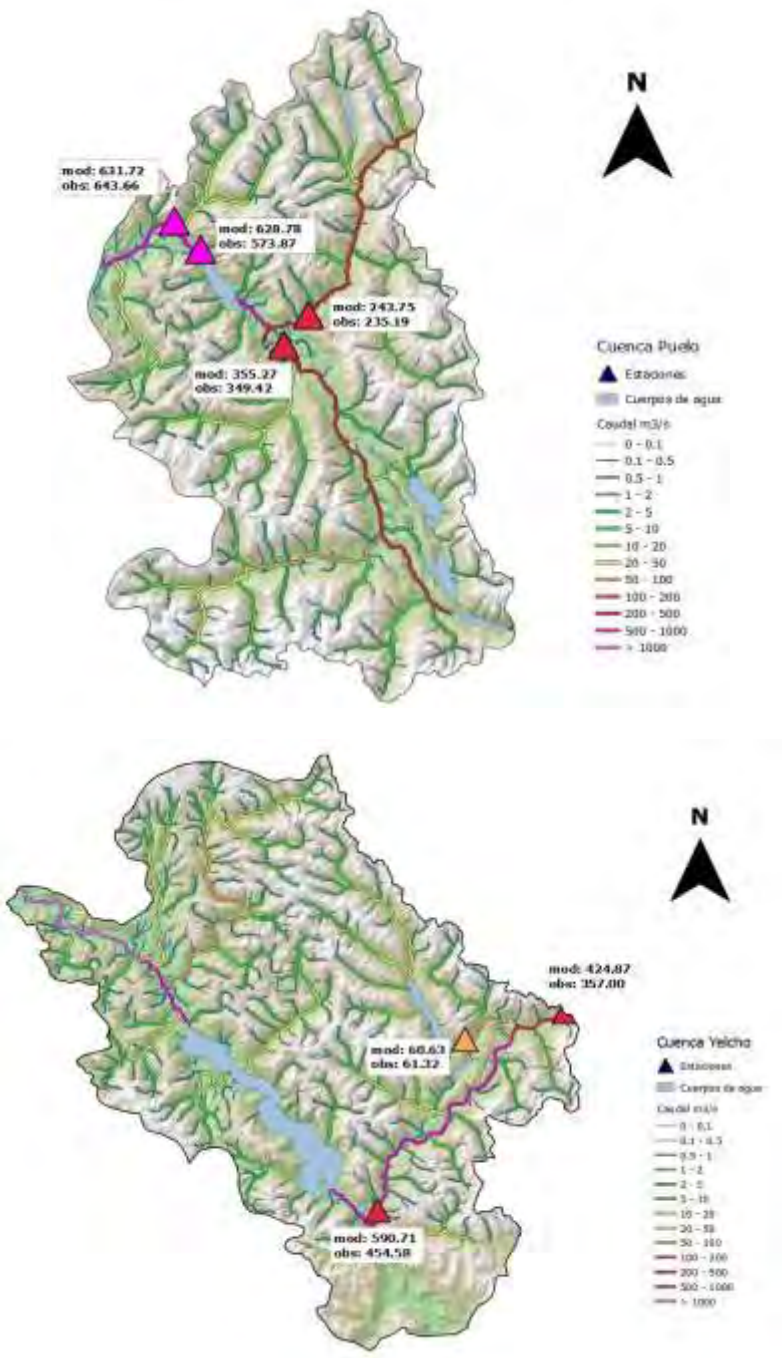
Se señalan la cantidad de datos disponibles, fecha de inicio y término, y nombre de las estaciones, cuencas y subcuencas.

Figura 3.3.Mapa general de ríos y caudales medios anuales simulados por el modelo WRF/VIC en Río Valdivia y Río Bueno.



Se identifican las estaciones fluviométricas, comparándose valores medios anuales de caudal.

Figura 3.4.Mapa general de ríos y caudales medios anuales simulados por el modelo WRF/VIC en Río Puelo y Río Yelcho.

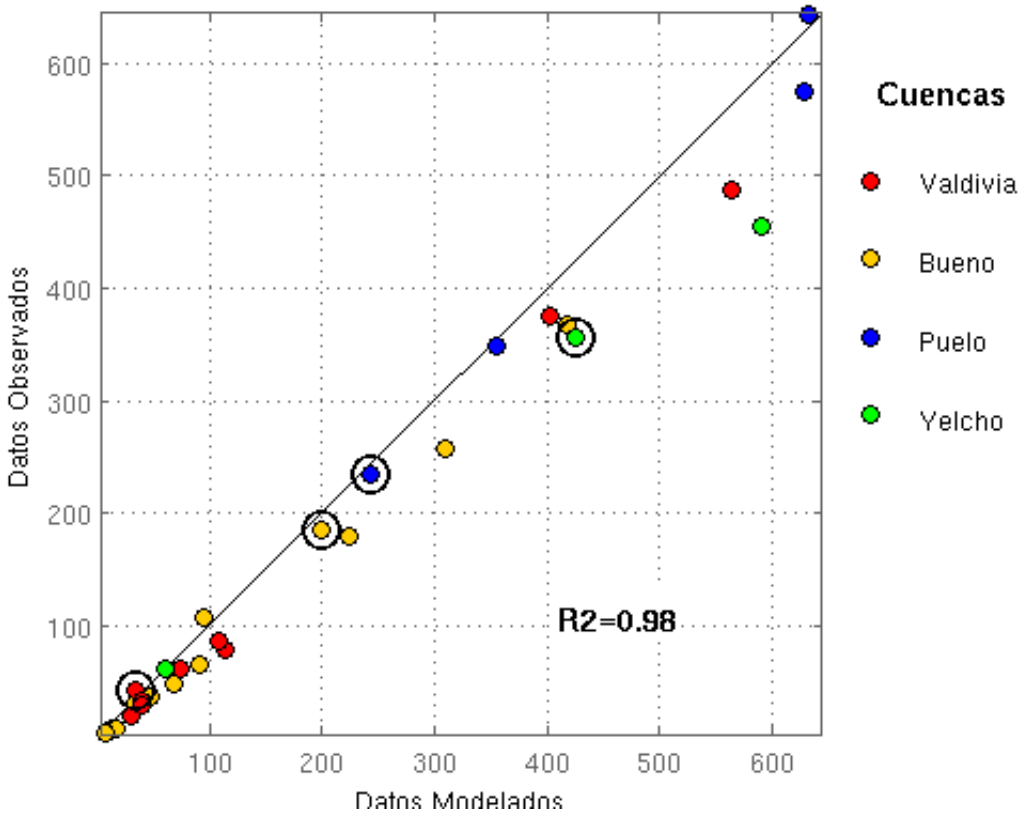


Se identifican las estaciones fluviométricas, comparándose valores medios anuales de caudal.

En primera instancia se utiliza el diagrama de dispersión presentado en la Figura 3.5 con el fin de evaluar el desempeño del modelo de caudal. Se muestran los valores promedios por estación para los datos observados y modelados, destacando una estación representativa por cuenca, las cuales se presentan a continuación:

Cuenca Valdivia: Estación Río Liquine
Cuenca Bueno: Río Calcurrupe en Desembocadura
Cuenca Puelo: Río Manso antes Junta Rio Puelo
Cuenca Yelcho: Río Futaleufú en La Frontera

Figura 3.5.Diagrama de dispersión del caudal medio anual observado y modelado.



De la Figura 3.5 se puede desprender una buena representación del modelo con respecto a los valores observados, obteniéndose una sobreestimación generalizada por parte del modelo que se acrecienta con el aumento de la magnitud. Por tanto, el modelo posee mayor eficiencia en la estimación de caudales de moderada magnitud, es decir, se observa un buen comportamiento en la reproducción de caudales bajo los 200 m3/s.

A continuación en la Figura 3.6 se presentan las climatologías mensuales para las estaciones representativas de cada cuenca, observando para todas estas un marcado ciclo anual en donde el

máximo caudal se obtiene en invierno y un mínimo en verano. Además se observa una buena representación del modelo para bajos valores de caudales presentes en los meses cálidos o de transición.

Por otra parte, la mejor estimación se observa para la cuenca de río Valdivia en donde la diferencia entre los valores modelados y observados es la menor dentro de los cuatro paneles presentados, con una leve sobre-estimación que no supera los 20 m3/s, a diferencia de río Bueno, en donde los valores más extremos, en este caso los máximos, se sobreestiman bastante. Esta última situación se aprecia también para la siguiente cuenca, correspondiendo a río Puelo, en donde el mayor problema también se presenta en los mayores valores de caudales, mejorando considerablemente en los meses en donde el caudal es de menor magnitud. Finalmente, para la cuenca más austral del río Yelcho, se observa el mismo patrón de sobreestimación en los valores altos, correspondiendo éste al peor caso modelado.

Al analizar el comportamiento anual para cada cuenca, se destaca en primer momento de río Valdivia y río Bueno una buena representación del modelo, presentando una leve sub y sobre estimación, respectivamente. Se observa en general que el modelo es capaz de captar los años en que hubo menos caudal disponible y los años en que este aumenta, salvo en algunos casos aislados. Por otro lado, se ha observado una tendencia negativa en los últimos años, lo que no es posible observar en el modelo debido a la falta de datos.

Para las cuencas que se encuentran más al sur, se tiene una menor cantidad de años observados, comenzando éstas a partir del año 2000 aproximadamente. Para estas cuencas se observa un comportamiento temporal más errado, con la representación más deficiente en Río Puelo, donde independiente de la sobre o sub estimación, no es capaz de representar los aumentos o disminución en el caudal medio anual.

Figura 3.6.Climatología mensual del caudal estimado y observado. Se representa el modelo en rojo y las observaciones en azul para un periodo modelado de 20 años estimado para estaciones representativas de cada cuenca.

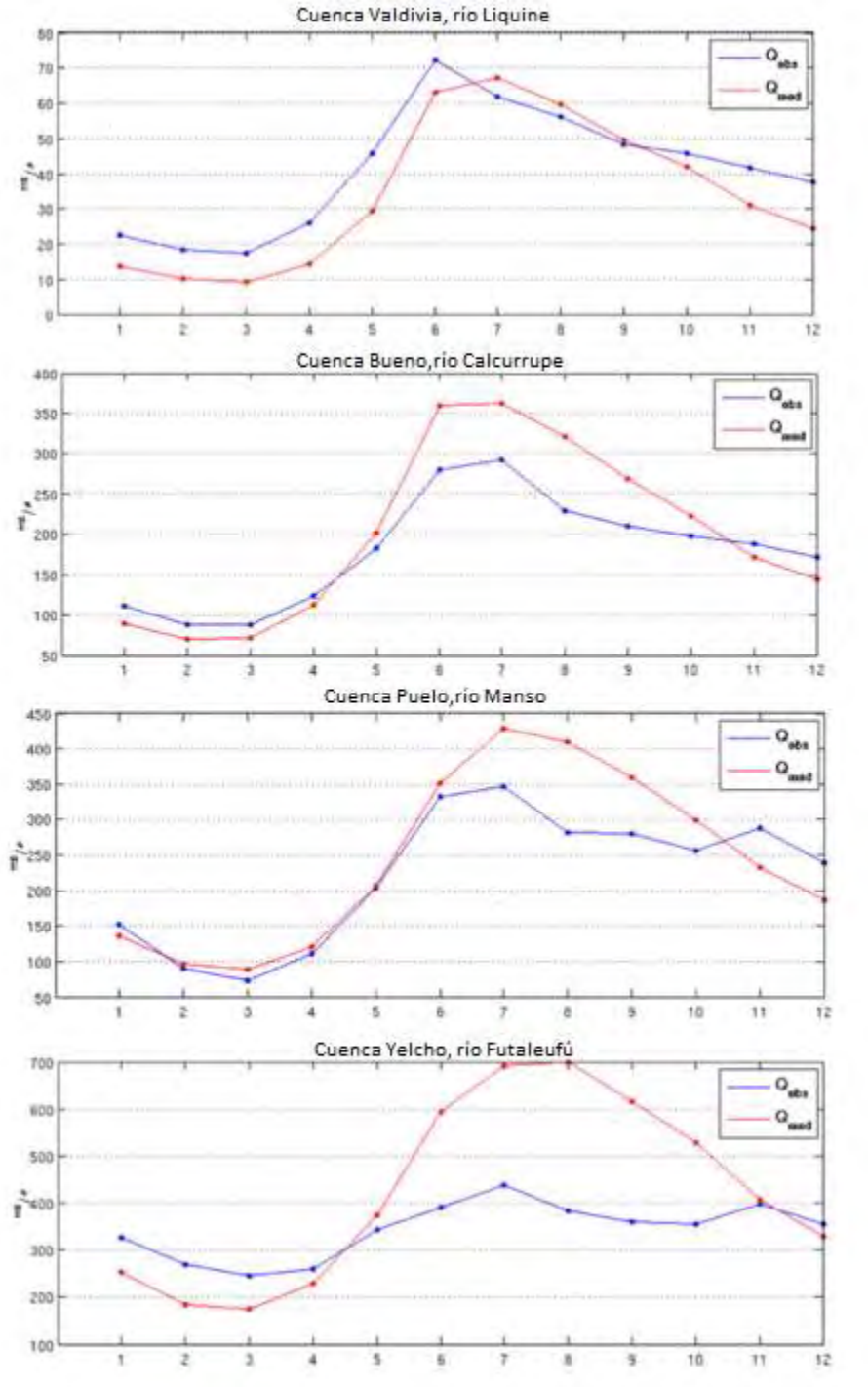
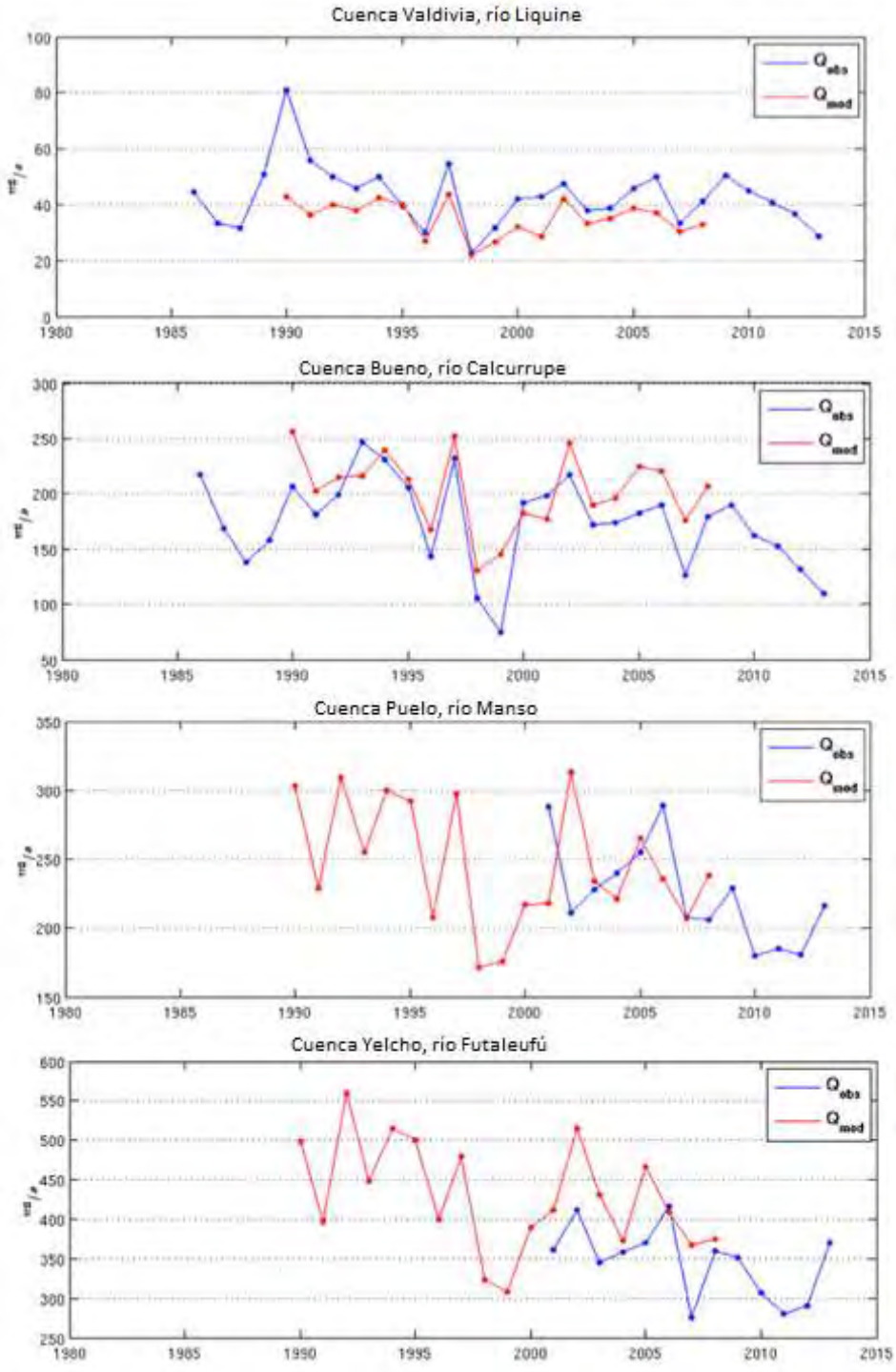


Figura 3.7.Promedio anual del caudal estimado y observado. Se representa el modelo en rojo y las observaciones en azul para un periodo modelado de 20 años estimado para estaciones representativas de cada cuenca.



3.1.4.2 *Detección de centrales en evaluación ambiental*

Una alternativa interesante para evaluar el desempeño de la metodología es analizar la asociación de los PCH con proyectos "reales" que han ingresados al Sistema de Evaluación del Impacto Ambiental (SEIA).

Este análisis sirve como una manera de verificar la habilidad de la metodología para identificar proyectos hidroeléctricos, y además el resultado es interesante para apreciar la fracción del potencial estimado que corresponde a proyectos que ya están en alguna etapa de desarrollo real, versus proyectos más bien hipotéticos que aún no han sido sometidos a tramitación ambiental formal.

La Tabla 3.3 muestra los proyectos en evaluación de impacto ambiental, usando datos disponibles en el sitio web del servicio de evaluación ambiental (SEA) actualizada hasta julio de 2015. En total hay 19 proyectos, 17 de los cuales se ubican en la cuenca del Río Bueno, 1 en Valdivia (Neltume, 490MW) y otro en la cuenca del Puelo (Mediterráneo, 210MW). Se ha incluido en el análisis datos del proyecto San Pedro (144MW), en la cuenca de Río Valdivia, el cual se encontraba en etapa de construcción, pero el 2009 sus obras se detuvieron a poco tiempo de haber comenzado debido a problemas asociados a la condición geológica. Los proyectos SEIA cubren un rango de tamaños desde pequeñas centrales de pasada (~3 MW) hasta centrales de gran escala como Neltume, Maqueo (400MW, desistido) y Mediterráneo (ratificado). Las características principales de las centrales (capacidad instalada, el caudal de diseño y la caída) generalmente se pudieron obtener de la información disponible en el sitio del SEA.

En el lado derecho de la Tabla 3.3 se presentan los resultados de la asociación de centrales SEIA con Potenciales Centrales Hidroeléctricas (PCH) detectadas por la metodología de estimación de potencial. Es posible apreciar que el modelo generalmente funciona bien para detectar las centrales en EIA y asignarles características dentro de un rango realista. En la tabla se aprecia que todas las centrales fueron detectadas, aunque tres de ellas consisten en la agregación de dos PCH. La potencia total asociada a las centrales SEIA es 1.490,1MW mientras el potencial total modelado suma 1.595,2MW, lo cual equivale a una sobrestimación general del 7%. Hay algunos casos donde se aprecian diferencias mayores entre el modelo y los datos de SEIA. Por ejemplo, el potencial simulado para la central San Pedro de 318,2 MW más que duplica el potencial real del proyecto (144 MW). En este caso, la diferencia podría deberse a que el proyecto San Pedro es de hidroeléctrica de embalse, por lo cual es probable que el caudal de diseño del proyecto sea menor que lo calculado por la metodología, que es basado en las características de centrales de pasada. Sin perjuicio a lo anterior, es posible ver que en la gran mayoría de los casos existe una muy buena comparación entre los valores SEIA y los valores simulados y modelados.

Tabla 3.3.Resumen de las centrales en evaluación y las mismas centrales detectados en la modelación.

Central	Cuenca	Estatus	SEIA			Modelo de Potencial				Obras en Parque Nacional
			Capacidad (MW)	Caudal Diseño (m^3/s)	Caída (m)	Cantidad de Centrales	Capacidad (MW)	Caudal Diseño (m^3/s)	Caída (m)	
San Pedro	Valdivia	Desistido/ Detenido	144,0	420	40.3	1	318,2	1104,9	36	No
Neltume	Valdivia	Desistido	490,0	140,0	382,2	2	212,4	65,4	406	No
							210,3	64,8	406	
Florín III	Bueno	En Calificación	4,6	5,5	85,0	1	6,0	4	190	No
Florín II	Bueno	En Calificación	13,0	8,7	175,0	1	9,5	7,4	160	No
Florín (modificacin)	Bueno	Aprobado	9,0	8,0	120,0	1	11,4	9,9	143	No
Huenteleufu	Bueno	Aprobado	6,7	5,0	163,7	1	7,3	5,1	180	No
Maqueo	Bueno	Desistido	400,0	115,0	400	2	81,0	37,5	270	No
							311,8	92,8	420	
Chilcoco	Bueno	Aprobado	12,0	15,5	84,5	1	11,4	15,8	90	No
Osorno	Bueno	Aprobado	58,2	200,0	32,8	1	47,4	185	32	No
Los Lagos	Bueno	Aprobado	52,9	200,0	29,8	1	40,0	185	27	No
Río Isla	Bueno	Aprobado	4,2	4.2	185,0	2	1,7	1,2	182	No
							2,2	1,7	165	
El Salto – Casualidad	Bueno	Aprobado	19,6	3,5	447,0	1	4,4	1,2	450	No
El Mocho – Casualidad	Bueno	Aprobado	17,0	3,5	447,0	1	5,6	2,3	300	No
Cumbres	Bueno	Aprobado	19,0	2,0	761,0	1	26,3	4,4	750	No
Río Chanleufu	Bueno	Aprobado	6,0	8,0	188,5	1	5,6	6,4	110	Sí
Río Correntoso	Bueno	Aprobado	3,0	1,5	250,0	1	8,5	5,2	205	Sí
Palmar	Bueno	Aprobado	10,0	3,7	220,0	1	0,4	0,3	200	No
La Flor	Bueno	Aprobado	5,4	4,0	149,0	1	0,5	0,7	93	No
Río Blanco Rupanco	Bueno	Aprobado	5,5	1,5	440,0	1	0,7	0,6	140	No
Mediterráneo	Puelo	Aprobado	210,0	171,0	133,0	1	265,8	239,1	139	No
Total:			**1.490,1**				**1.588,4**			

3.2 Actualización del Potencial Hidroeléctrico

3.2.1 Aspectos Generales

En esta sección se presentan los resultados de la estimación del potencial para las cuencas de los Ríos Valdivia, Bueno, Puelo y Yelcho. Aquí y en el resto de capítulo el potencial hidroeléctrico se medirá en términos de la capacidad instalable de las PCH, tal como se hizo en el estudio MINENERGIA/GIZ, 2014, La actualización del potencial hidroeléctrico del Explorador DAANC[28] (MINENERGIA/MOP/UdeCHile, 2015) y Ministerio de Energía, 2015. En la Tabla 3.4 y Tabla 3.5 , como también mayores detalles en el Anexo 14, se presentan los resultados del potencial desagregado a nivel de subsubcuenca.

La Tabla 3.4 muestra para las cuatro cuencas (1) la actualización del potencial hidroeléctrico que se obtiene como resultado en el Explorador DAANC; (2) la contribución de PCH adicionales obtenidas sin la aplicación de las restricciones territoriales aplicadas en el explorador DAANC; (3) potencial hidroeléctrico asociado a centrales que pasaron a construcción (u operación) en el periodo comprendido entre la actualización de (1) al presente; (4) Corresponde al potencial hidroeléctrico asociado a proyectos que se encuentran en alguna etapa de evaluación ambiental en el SEIA; y (5) corresponde al potencial hidroeléctrico estimado para este estudio de cuencas, que considera como base el potencial del Explorador DAANC, al que se sumó el PH de restricciones territoriales, y se restó el PH de proyectos hidroeléctricos en construcción, operación y en evaluación ambiental, a la fecha.

En resumen, se puede apreciar que la eliminación de las restricciones territoriales permite agregar 8 PCH equivalentes a 66MW (todas con bocatomas en parques nacionales[29]). Luego de restar las PCH asociadas a proyectos en construcción o evaluación ambiental alcanzaría los 3.687,3 MW asociados a 336 Potenciales Centrales Hidroeléctricas (PCH). Tal com muestra la tabla, la mayor capacidad instalable estaría alojada en las cuencas de Yelcho con tan solo 9 PCH,que suman 1.403 MW, seguida por Valdivia (92 PCH y 906 MW), Bueno (209PCH y 807 MW), y Puelo (26 PCH y 552 MW).

[28] http://walker.dgf.uchile.cl/Explorador/DAANC/

[29] En el presente estudio estas restricciones serán consideradas como un Objetos de Valoración (OdV, ver capítulo 5)

Tabla 3.4. Potencial estimado para cada cuenca.

Cuenca	(1) PCH con restricción territorial		(2) PCH adicional obtenido sin la aplicación de restricciones territoriales		(3) PH de centrales que entraron en construcción, desde la actualización de (1) al presente		(4) PCH asociados a proyectos en evaluación ambiental		(5) Potencial Hidroeléctrico del presente considerado en este estudio: (1)+(2)–(3)–(4).	
	N°	MW	N°	MW	N°	MW	N°	MW	N°	MW
Valdivia	92	1.645,0	0	0	0	0	3	740,0	92	905,0
Bueno	201	1.323,0	8	66	0	0	19	581,7	190	807,3
Puelo	26	818,0	0	0	0	0	1	266,0	25	552,0
Yelcho	9	1.403,0	0	0	0	0	0	0	9	1403,0
Total	**328**	**5.189,0**	**8**	**66**	**0**	**0**	**23**	**1.587,7**	**313**	**3.667,3**

La distribución espacial de potencial, agregado por sub-subcuenca es presentado en Figura 3.8. En las cuencas de Valdivia y Bueno, el potencial hidroeléctrico se concentra en la zona cordillerana, mientras en las cuencas más australes (Puelo y Yelcho) la distribución de potencial es más uniforme, debido a que el terreno de estas cuencas es uniformemente montañoso.

Tabla 3.5. Potencial desagregado a nivel de sub-subcuenca. (1)

CUENCA	SUB-SUBCUENCA	AREA [KM]^2	N°CENTRALES	SUMA POTENCIA INSTALABLE [MW]	N°CENTRALES	SUMA POTENCIA INSTALABLE [MW]
			[EXPLORADOR DAANC]		[ESTUDIO DE CUENCAS]	
Rio Valdivia	Rio Cruces (San Jose) Bajo Estero Niguen	644,50	10	8,20	11	8,38
Rio Valdivia	Rio Cruces (San Jose) Entre Estero Niquen y Rio Leufuca	326,16	0	0,00	0	0,00
Rio Valdivia	Desague Lago Calafquen desde Desembocadura Lago Co¤aripe	441,43	0	0,00	0	0,00
Rio Valdivia	Rio Co¤aripe en Desembocadura Lago Calafquen	310,15	8	174,00	8	174,04
Rio Valdivia	Rio Leufucade entre Rio Antilhue y Rio Cruces	251,30	0	0,00	0	0,00
Rio Valdivia	Rio Cruces Entre Rio Leufucade y Bajo Estero Queuchico	281,64	0	0,00	0	0,00
Rio Valdivia	Rio Leufucade bajo Rio Antilhue	380,37	2	0,30	2	0,31
Rio Valdivia	Rio Llizan en junta Rio Reyehueico	376,26	4	157,50	4	157,56
Rio Valdivia	Rio Neltume entre arriba Rio Reyehueico y Rio Fui	371,94	12	487,70	12	487,80
Rio Valdivia	Rio Guanehue Entre Desague Lago Calafquen y Lago Panguipulli	272,48	5	15,30	5	15,25
Rio Valdivia	Rio Cruces Entre Estero Queuchuco y Rio I¤aque	300,83	0	0,00	0	0,00
Rio Valdivia	Rio I¤aque Bajo Rio Pillecozcoz	236,80	0	0,00	0	0,00
Rio Valdivia	Rio I¤aque Entre Rio Pillecozcoz y Rio Mafil	327,75	1	0,30	1	0,30
Rio Valdivia	Lago Panguipulli	503,14	9	176,10	9	176,08
Rio Valdivia	Rio I¤aque (Pichoy) Entre Arriba Rio Mafil y Rio Cruces	365,97	0	0,00	0	0,00
Rio Valdivia	Rio San Pedro Entre Desague Lago Ri¤ihue y Bajo Rio Ma¤io	153,34	0	0,00	0	0,00
Rio Valdivia	Rio San Pedro Entre Rio Ma¤io y Rio Quinchilca	283,95	5	507,70	5	507,75
Rio Valdivia	Rio Cruces entre Rio Inaque y Rio Valdivia	174,60	0	0,00	0	0,00
Rio Valdivia	Lago Ri¤ihue	287,45	1	0,10	1	0,13
Rio Valdivia	Rio Quinchilca entre Rio Pichico y Rio San Pedro	194,60	0	0,00	0	0,00
Rio	Rio Calle Calle entre Rio	182,05	2	0,70	2	0,72

CUENCA	SUB-SUBCUENCA	AREA [KM]^2	N°CENTRALES	SUMA POTENCIA INSTALABLE [MW]	N°CENTRALES	SUMA POTENCIA INSTALABLE [MW]
			[EXPLORADOR DAANC]		[ESTUDIO DE CUENCAS]	
Valdivia	Cuicuileufu y Rio Cruces					
Rio Valdivia	Rio Valdivia	130,05	0	0,00	0	0,00
Rio Valdivia	Rio Calle Calle Entre Junta Rio San Pedro y Rio Quinchilca Bajo Rio Cuicuileufu	225,91	0	0,00	0	0,00
Rio Valdivia	Rio Llanquihue Entre Junta Rios Fui y Neltume y Desembocadura en Lago Panguipulli	71,12	2	13,40	2	13,35
Rio Valdivia	Rio Fui Entre Desague Lago Pirehueico y Rio Neltume	88,38	8	9,00	8	9,12
Rio Valdivia	Desague Lago Pirehueico	440,57	7	3,10	7	3,12
Rio Valdivia	Rio Angachillas	298,71	1	2,60	1	2,56
Rio Valdivia	Rio Enco	154,64	4	58,70	4	58,75
Rio Valdivia	Rio Quinchilca entre Rio Remehue y Rio Pichico	272,18	4	11,00	4	11,01
Rio Valdivia	Rio Callileufu Entre Arriba Estero Lipingue y Rio Calle Calle	118,46	0	0,00	0	0,00
Rio Valdivia	Estero Chapuco Hasta Estero Lipingue	574,22	1	0,20	1	0,20
Rio Bueno	Rio Pillanleufu	378,90	6	26,20	6	26,21
Rio Valdivia	Rio Futa Entre Estero Catamatun y Rio Tornagaleones	297,69	0	0,00	0	0,00
Rio Valdivia	Rio Tornagaleones	187,98	1	3,00	1	2,96
Rio Valdivia	Rio Quinchilca hasta bajo Rio Remehue	242,80	3	12,30	3	12,32
Rio Valdivia	Rio Pichico	199,68	1	0,20	1	0,20
Rio Bueno	Rio Caunahue	371,52	27	76,40	27	76,52
Rio Bueno	Rio Curringue	347,78	8	41,90	8	41,97
Rio Bueno	Lago Ranco	1014,17	13	67,40	13	67,32
Rio Bueno	Rio Llollehue Hasta Estero Cuяo Cuяo	304,01	0	0,00	0	0,00
Rio Bueno	Lago Maihue y Rio Calcurrupe	342,16	11	434,70	11	434,79
Rio Valdivia	Rio Futa Bajo Estero Catamatun	275,89	1	4,00	1	4,03

CUENCA	SUB-SUBCUENCA	AREA [KM]^2	N°CENTRALES	SUMA POTENCIA INSTALABLE [MW]	N°CENTRALES	SUMA POTENCIA INSTALABLE [MW]
			[EXPLORADOR DAANC]		[ESTUDIO DE CUENCAS]	
Rio Bueno	Rio Bueno Entre Rio Ralitran y Rio Llollehue	610,74	1	107,90	1	107,92
Rio Bueno	Rio Bueno Entre Lago Ranco y Bajo Rio Ralitran	360,22	6	13,10	6	13,01
Rio Bueno	Rio Llollehue Entre Estero Cuɤo Cuɤo y Rio Bueno	490,37	0	0,00	0	0,00
Rio Bueno	Rio Bueno Entre Estero Molino de Oro y Desembocadura	174,35	0	0,00	0	0,00
Rio Bueno	Rio Bueno Entre Laguna de La Trinidad y Bajo Estero Molino	200,03	1	0,20	1	0,17
Rio Bueno	Rio Nilahue	369,76	9	71,00	10	79,79
Rio Bueno	Rio Hueinahue	311,45	5	7,90	5	7,96
Rio Bueno	Rio Bueno entre Rio Rahue y Laguna de La Trinidad	148,62	1	4,50	1	4,52
Rio Bueno	Rio Bueno entre Rio Pilmaiquen y Rio Rahue	406,86	1	3,10	1	3,14
Rio Bueno	Rio Melipue	210,70	7	35,10	7	35,00
Rio Bueno	Laguna de La Trinidad	191,97	0	0,00	0	0,00
Rio Bueno	Rio Pilmaiquen entre Rio Chirri y Rio Bueno	216,29	1	53,20	1	53,23
Rio Bueno	Rio Rahue entre Rio Curaco y Rio Bueno	158,57	0	0,00	0	0,00
Rio Bueno	Rio Chirre entre Rio Quilihue y Rio Pilmaiquen	213,88	2	0,50	2	0,49
Rio Bueno	Rio Golgol hasta junta Rio Pajarito	476,79	2	17,90	2	48,39
Rio Bueno	Rio Quilihue	373,02	9	21,90	9	21,95
Rio Bueno	Rio Rahue entre Estero Forrahue y bajo Rio Curaco	351,62	0	0,00	0	0,00
Rio Bueno	Rio Pilmaiquen entre Lago Puyehue y Rio Chirre	332,60	2	87,40	2	87,32
Rio Bueno	Rio Chirre hasta junta Rio Quilihue	312,03	20	43,10	20	43,11
Rio Bueno	Rio Rahue entre Rio Damas y bajo Estero Forrahue	377,89	0	0,00	0	0,00
Rio Bueno	Lago Puyehue	550,36	18	30,80	19	36,44
Rio Bueno	Rio Golgol entre Rio Pajarito y Lago Puyehue	236,06	14	49,70	19	60,77

CUENCA	SUB-SUBCUENCA	AREA [KM]^2	N°CENTRALES	SUMA POTENCIA INSTALABLE [MW]	N°CENTRALES	SUMA POTENCIA INSTALABLE [MW]
			[EXPLORADOR DAANC]		[ESTUDIO DE CUENCAS]	
Rio Bueno	Rio Pajarito	199,29	0	0,00	0	0,00
Rio Bueno	Rio Damas Entre Estero Pichidamas y Rio Rahue	270,25	0	0,00	0	0,00
Rio Bueno	Rio Rahue Entre Estero Negro y Rio Damas	84,62	0	0,00	0	0,00
Rio Bueno	Rio Negro entre Rio Chifin y Rio Rahue	323,03	0	0,00	0	0,00
Rio Bueno	Rio Damas Hasta Junta Estero Pichidamas	242,37	0	0,00	0	0,00
Rio Bueno	Rio Rahue entre Rio Coihueco y Rio Negro	358,22	1	0,20	1	0,16
Rio Bueno	Lago Rupanco	1034,61	22	82,40	23	91,10
Rio Bueno	Rio Negro Entre Estero Riachuelo y Rio Chifin	102,31	0	0,00	0	0,00
Rio Bueno	Rio Rahue Entre Desague Lago Rupanco y Rio Coihueco	85,47	0	0,00	0	0,00
Rio Bueno	Rio Negro Entre Rio Lopez y Bajo Estero Riachuelo	415,67	0	0,00	0	0,00
Rio Bueno	Rio Chifin	535,31	0	0,00	0	0,00
Rio Bueno	Rio Coihueco entre Rio Blanco y Rio Rahue	413,59	2	6,70	2	6,66
Rio Bueno	Rio Toro (Maipue) entre Rio Norte y Rio Lopez	394,66	0	0,00	0	0,00
Rio Bueno	Rio Coihueco bajo junta Rio Blanco	269,15	12	39,70	12	40,74
Rio Bueno	Rio Lopez	468,75	0	0,00	0	0,00
Rio Bueno	Rio Toro bajo junta Rio Norte	336,73	0	0,00	0	0,00
Rio Puelo	Rio Manso entre frontera y Rio de Los Morros	141,54	0	0,00	0	0,00
Rio Puelo	Rio de Los Morros	180,31	1	7,40	1	7,38
Rio Puelo	Rio Apretura	189,68	2	18,60	2	18,56
Rio Puelo	Rio Puelo Entre Desague Laguna Tagua Tagua y Desembocadura	106,66	1	11,70	1	11,70
Rio Puelo	Rio Manso entre Rio de Los Morros y bajo Rio Steffen	149,59	1	265,80	1	265,82
Rio Puelo	Rio Manso entre Rio Steffen y Rio Puelo	338,36	2	11,70	2	11,64
Rio Puelo	Rio Puelo Entre Rio Manso y Desague Laguna Tagua Tagua	193,69	1	329,20	1	329,19

CUENCA	SUB-SUBCUENCA	AREA [KM]^2	N°CENTRALES	SUMA POTENCIA INSTALABLE [MW]	N°CENTRALES	SUMA POTENCIA INSTALABLE [MW]
			[EXPLORADOR DAANC]		[ESTUDIO DE CUENCAS]	
Rio Puelo	Rio Puelo Chico	176,61	5	24,60	5	24,55
Rio Puelo	Rio Puelo entre Rio Negro y Rio Manso	152,19	1	5,10	1	5,08
Rio Puelo	Rio Traidor	317,22	5	32,20	5	32,26
Rio Puelo	Rio Puelo entre Arroyo Ventisquero y bajo Rio Negro	387,63	4	21,10	4	21,10
Rio Puelo	Rio Ventisquero	534,48	2	69,10	2	69,03
Rio Puelo	Rio Puelo entre frontera y Rio Ventisquero	226,50	1	21,40	1	21,45
Rio Yelcho	Rio Amarillo	610,73	3	29,20	3	29,25
Rio Yelcho	Rio Blanco y Rio Espolon Hasta Desembocadura Lago Espolon	301,46	0	0,00	0	0,00
Rio Yelcho	Rio Yelcho Entre Desague Lago Yelcho y Rio Amarillo	497,57	0	0,00	0	0,00
Rio Yelcho	Rio Yelcho entre Rio Amarillo y desembocadura	209,38	0	0,00	0	0,00
Rio Yelcho	Lago Espolon y Rio Espolon en junta Rio Futaleufu	301,48	1	69,10	1	69,08
Rio Yelcho	Lago Yelcho	844,72	2	844,20	2	844,13
Rio Yelcho	Rio Futaleufu entre frontera y Rio Azulado	339,98	1	416,00	1	416,00
Rio Yelcho	Rio Futaleufu arriba Rio Azulado y Rio Azul	411,58	0	0,00	0	0,00
Rio Yelcho	Rio Futaleufu entre arriba Rio Azul y Lago Yelcho	567,75	2	44,40	2	44,40

Fuente:elaboración propia

Tabla 3.6. Potencial desagregado a nivel de sub-subcuenca proyectos con evaluación ambiental aprobada y proyectos con calificación ambiental desistida

CUENCA	SUB-SUBCUENCA	N° DE CENTRALES	SUMA POTENCIA INSTALABLE [MW]	N° DE CENTRALES	SUMA POTENCIA INSTALABLE [MW]	N° DE CENTRALES	SUMA POTENCIA INSTALABLE [MW]
		[COINCIDENTE CON PROYECTOS CON EV. AMBIENTAL APROBADA A DIC. 2015]		[COINCIDENTE CON PROYECTOS EN CALIFICACIÓN AMBIENTAL A DIC. 2015]		[COINCIDENTE CON PROYECTOS EN CALIFICACIÓN AMBIENTAL DESISTIDA A DIC. 2015]	
Rio Valdivia	Rio Cruces (San Jose) Bajo Estero Niguen	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Valdivia	Rio Cruces (San Jose) Entre Estero Niquen y Rio Leufuca	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Valdivia	Desague Lago Calafquen desde Desembocadura Lago Co¤aripe	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Valdivia	Rio Co¤aripe en Desembocadura Lago Calafquen	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Valdivia	Rio Leufucade entre Rio Antilhue y Rio Cruces	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Valdivia	Rio Cruces Entre Rio Leufucade y Bajo Estero Queuchico	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Valdivia	Rio Leufucade bajo Rio Antilhue	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Valdivia	Rio Llizan en junta Rio Reyehueico	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Valdivia	Rio Neltume entre arriba Rio Reyehueico y Rio Fui	0,00	0,00	0,00	0,00	2	422,73
Rio Valdivia	Rio Guanehue Entre Desague Lago Calafquen y Lago Panguipulli	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Valdivia	Rio Cruces Entre Estero Queuchuco y Rio I¤aque	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Valdivia	Rio I¤aque Bajo Rio Pillecozcoz	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Valdivia	Rio I¤aque Entre Rio Pillecozcoz y Rio Mafil	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Valdivia	Lago Panguipulli	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Valdivia	Rio I¤aque (Pichoy) Entre	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00

	Arriba Rio Mafil y Rio Cruces						
Rio Valdivia	Rio San Pedro Entre Desague Lago Ri¤ihue y Bajo Rio Ma¤io	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Valdivia	Rio San Pedro Entre Rio Ma¤io y Rio Quinchilca	0,00	0,00	0,00	0,00	1	318,21
Rio Valdivia	Rio Cruces entre Rio Inaque y Rio Valdivia	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Valdivia	Lago Ri¤ihue	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Valdivia	Rio Quinchilca entre Rio Pichico y Rio San Pedro	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Valdivia	Rio Calle Calle entre Rio Cuicuileufu y Rio Cruces	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Valdivia	Rio Valdivia	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Valdivia	Rio Calle Calle Entre Junta Rio San Pedro y Rio Quinchilca Bajo Rio Cuicuileufu	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Valdivia	Rio Llanquihue Entre Junta Rios Fui y Neltume y Desembocadura en Lago Panguipulli	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Valdivia	Rio Fui Entre Desague Lago Pirehueico y Rio Neltume	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Valdivia	Desague Lago Pirehueico	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Valdivia	Rio Angachillas	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Valdivia	Rio Enco	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Valdivia	Rio Quinchilca entre Rio Remehue y Rio Pichico	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Valdivia	Rio Callileufu Entre Arriba Estero Lipingue y Rio Calle Calle	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Valdivia	Estero Chapuco Hasta Estero Lipingue	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00

Rio Bueno	Rio Pillanleufu	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Valdivia	Rio Futa Entre Estero Catamatun y Rio Tornagaleones	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Valdivia	Rio Tornagaleones	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Valdivia	Rio Quinchilca hasta bajo Rio Remehue	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Valdivia	Rio Pichico	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Bueno	Rio Caunahue	1,00	11,38	2,00	15,57	0	0,00
Rio Bueno	Rio Curringue	1,00	7,29	0,00	0,00	0	0,00
Rio Bueno	Lago Ranco	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Bueno	Rio Llollehue Hasta Estero Cu¤o Cu¤o	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Bueno	Lago Maihue y Rio Calcurrupe	0,00	0,00	0,00	0,00	2	392,77
Rio Valdivia	Rio Futa Bajo Estero Catamatun	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Bueno	Rio Bueno Entre Rio Ralitran y Rio Llollehue	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Bueno	Rio Bueno Entre Lago Ranco y Bajo Rio Ralitran	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Bueno	Rio Llollehue Entre Estero Cu¤o Cu¤o y Rio Bueno	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Bueno	Rio Bueno Entre Estero Molino de Oro y Desembocadura	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Bueno	Rio Bueno Entre Laguna de La Trinidad y Bajo Estero Molino	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Bueno	Rio Nilahue	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Bueno	Rio Hueinahue	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Bueno	Rio Bueno entre Rio Rahue y Laguna de La Trinidad	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Bueno	Rio Bueno entre Rio Pilmaiquen y Rio Rahue	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00

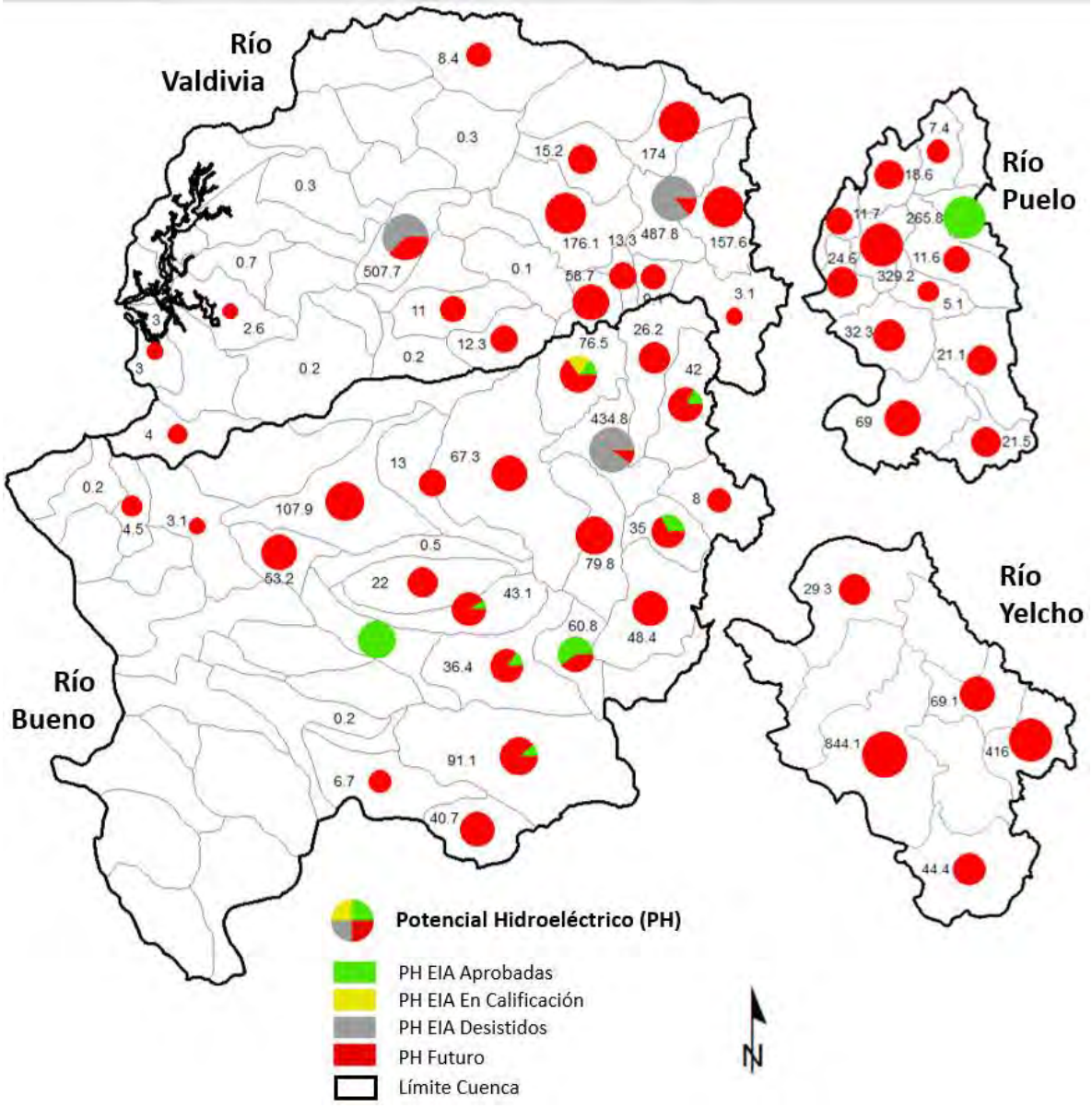
Rio Bueno	Rio Melipue	1,00	11,36	0,00	0,00	0	0,00
Rio Bueno	Laguna de La Trinidad	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Bueno	Rio Pilmaiquen entre Rio Chirri y Rio Bueno	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Bueno	Rio Rahue entre Rio Curaco y Rio Bueno	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Bueno	Rio Chirre entre Rio Quilihue y Rio Pilmaiquen	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Bueno	Rio Golgol hasta junta Rio Pajarito	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Bueno	Rio Quilihue	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Bueno	Rio Rahue entre Estero Forrahue y bajo Rio Curaco	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Bueno	Rio Pilmaiquen entre Lago Puyehue y Rio Chirre	2,00	87,32	0,00	0,00	0	0,00
Rio Bueno	Rio Chirre hasta junta Rio Quilihue	2,00	3,89	0,00	0,00	0	0,00
Rio Bueno	Rio Rahue entre Rio Damas y bajo Estero Forrahue	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Bueno	Lago Puyehue	1,00	5,63	0,00	0,00	0	0,00
Rio Bueno	Rio Golgol entre Rio Pajarito y Lago Puyehue	3,00	36,29	0,00	0,00	0	0,00
Rio Bueno	Rio Pajarito	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Bueno	Rio Damas Entre Estero Pichidamas y Rio Rahue	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Bueno	Rio Rahue Entre Estero Negro y Rio Damas	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Bueno	Rio Negro entre Rio Chifin y Rio Rahue	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Bueno	Rio Damas Hasta Junta Estero Pichidamas	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Bueno	Rio Rahue entre Rio Coihueco y Rio Negro	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Bueno	Lago Rupanco	4,00	10,15	0,00	0,00	0	0,00
Rio Bueno	Rio Negro Entre Estero Riachuelo	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00

	y Rio Chifin						
Rio Bueno	Rio Rahue Entre Desague Lago Rupanco y Rio Coihueco	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Bueno	Rio Negro Entre Rio Lopez y Bajo Estero Riachuelo	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Bueno	Rio Chifin	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Bueno	Rio Coihueco entre Rio Blanco y Rio Rahue	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Bueno	Rio Toro (Maipue) entre Rio Norte y Rio Lopez	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Bueno	Rio Coihueco bajo junta Rio Blanco	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Bueno	Rio Lopez	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Bueno	Rio Toro bajo junta Rio Norte	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Puelo	Rio Manso entre frontera y Rio de Los Morros	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Puelo	Rio de Los Morros	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Puelo	Rio Apretura	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Puelo	Rio Puelo Entre Desague Laguna Tagua Tagua y Desembocadura	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Puelo	Rio Manso entre Rio de Los Morros y bajo Rio Steffen	1,00	265,82	0,00	0,00	0	0,00
Rio Puelo	Rio Manso entre Rio Steffen y Rio Puelo	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Puelo	Rio Puelo Entre Rio Manso y Desague Laguna Tagua Tagua	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Puelo	Rio Puelo Chico	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Puelo	Rio Puelo entre Rio Negro y Rio Manso	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Puelo	Rio Traidor	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Puelo	Rio Puelo entre Arroyo Ventisquero y bajo Rio Negro	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00

Rio Puelo	Rio Ventisquero	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Puelo	Rio Puelo entre frontera y Rio Ventisquero	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Yelcho	Rio Amarillo	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Yelcho	Rio Blanco y Rio Espolon Hasta Desembocadura Lago Espolon	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Yelcho	Rio Yelcho Entre Desague Lago Yelcho y Rio Amarillo	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Yelcho	Rio Yelcho entre Rio Amarillo y desembocadura	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Yelcho	Lago Espolon y Rio Espolon en junta Rio Futaleufu	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Yelcho	Lago Yelcho	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Yelcho	Rio Futaleufu entre frontera y Rio Azulado	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Yelcho	Rio Futaleufu arriba Rio Azulado y Rio Azul	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
Rio Yelcho	Rio Futaleufu entre arriba Rio Azul y Lago Yelcho	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00

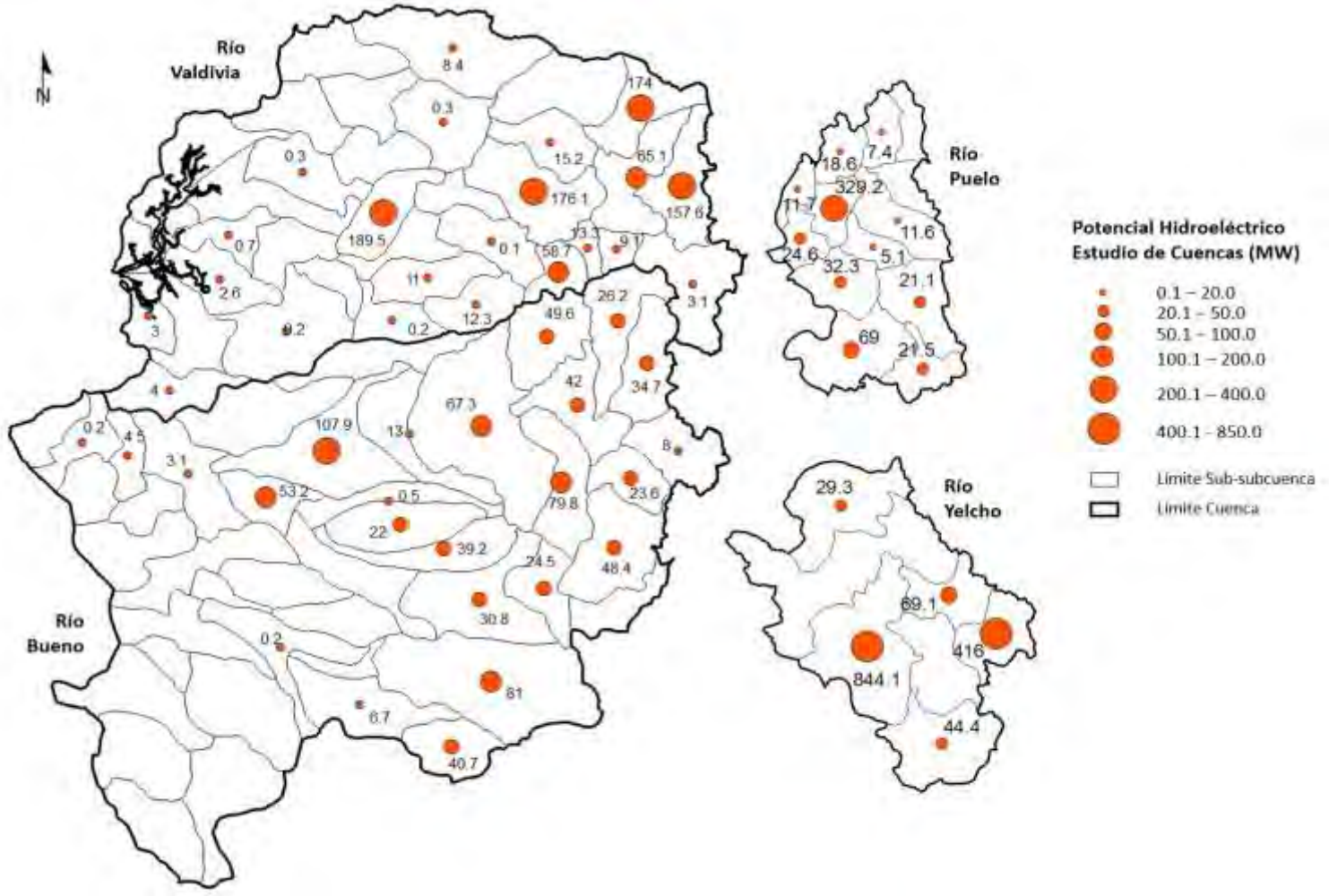
Fuente:elaboración propia

Figura 3.8..Distribución de potencial distinguiendo entre proyectos en construcción, EIA y futuros.



Los diagramas de torta muestran la contribución de los distintos tipos de proyecto, a la potencia total de cada sub-subcuenca. El área de las tortas indica la potencia total de la sub-subcuenca, que también es indicado por el número puesto cerca de cada torta.

Figura 3.8.Distribución de potencial únicamente futuro. Continuación.



A continuación se presentan análisis más detallados de la distribución de potencial en cada una de las cuencas. El potencial se descompone en categorías de tamaño de las PCH, de la misma manera que el estudio MINENERGIA/GIZ 2014. A saber, las categorías utilizadas son:

- **Entre 0,1 y 1 MW:** Centrales catalogadas como "pequeños medios de generación" (PMG y PMGD), como medios de generación no convencionales (MGNC) y como medios de generación renovables no convencionales (ERNC).
- **Entre 1 y 9 MW:** Catalogadas como PMG, PMGD, MGNC y ERNC. 9 MW es el límite superior para "pequeños medios de generación".
- **Entre 9 y 20 MW:** califican como MGNC y ERNC, dado que dichas categorías establecen 20 MW de capacidad instalada como límite superior.
- **Entre 20 y 40 MW:** si bien la legislación no las considera ERNC, una fracción de la energía que inyectan a los sistemas eléctricos sirve para acreditar el cumplimiento de la obligación establecida en la Ley 20.257.
- **Entre 40 y 100 MW:** centrales consideradas *intermedias*
- **Mayor a 100 MW:** centrales consideradas *grandes*

3.2.2 Río Valdivia

La Figura 3.9 muestra la distribución de potencial hidroeléctrico según el tamaño de central en la cuenca del Río Valdivia. La Figura 3.10 contiene un mapa que muestra la ubicación de las PCH en la misma cuenca, identificando además los cauces intervenidos y las sub-subcuencas[30]. De ambos gráficos es posible derivar las siguientes conclusiones:

- El potencial hidroeléctrico de la cuenca de Río Valdivia es dominado por la contribución en unas pocas centrales de gran tamaño (> 100 MW). De hecho, en esta cuenca tan solo 10 PCH's de tamaño >100 MW contribuyen el 70% (1.152,0 MW) del potencial total de 1.646 MW.

- El potencial disponible se concentra principalmente en el sector oeste de la cuenca, en las sub-subcuencas afluentes de los lagos Calafquén, Panguipulli, Riñihue y Neltume.

- Por otra parte, existe una cierta concentración de potencial en las cuencas inmediatamente aguas abajo del lago Riñihue. Es en este sector donde se ubica el proyecto San Pedro. No obstante, en la misma cuenca también se ubica otra potencial central de tamaño grande.

- Aproximadamente la mitad del potencial en el rango > 100 MW se asocia a proyectos SEIA – específicamente los proyecto San Pedro y Neltume. Como se discutió en la sección

[30] Las figuras correspondientes a mapas de ubicación de PCH, no poseen títulos con acentuación intencionalmente, por razones derivadas de los programas matemáticos asociados a la generación de estas imágenes.

anterior, el potencial asociado al proyecto san Pedro es sobreestimado considerablemente por el modelo de potenciales.

- La contribución de centrales de tamaño menor a 100 MW es relativamente pequeña, pero no despreciable. En este rango de tamaños son las centrales ERNC de tamaño entre 9-20 MW las que hacen la mayor contribución (8 centrales con una contribución total de 106 MW).

3.2.3 **Río Bueno**

La Figura 3.11 y la Figura 3.12 muestran la estructura espacial de las PCH y la distribución según tamaño para la cuenca del Río Bueno. En base a lo mostrado en los gráficos es posible decir lo siguiente:

- A diferencia de la cuenca de Río Valdivia, la distribución de potencial según el tamaño de la central es relativamente uniforme. La contribución de las centrales es del mismo orden para centrales en los rangos 1-9 MW, 9-20 MW, 20-40 MW, 40-100 MW y >100 MW.

- En los rangos 40-100 MW y > 100 MW la mayor parte del potencial disponible es asociado a proyectos ya presentes en el sistema de evaluación del impacto ambiental. En particular, gran parte del potencial en este rango es asociado con el proyecto Maqueo (400 MW) que se ubica en la sub-subcuenca del Lago Maihue y río Calcurrupo. Cabe señalar que el proyecto Maqueo tiene estatus de desistido desde el año 2009 en adelante. También vale la pena mencionar que el potencial de este proyecto se asigna a la Sub-subcuenca del lago Maihue y Río Calcurrupo debido a la posición del punto de restitución de la central. No obstante, los ríos afectados por las extracciones de agua de la central Maqueo atraviesan 4 sub-subcuencas adicionales (Pillanefu, Curringue, Hueinahue, y Melipue) en el sector noroeste de la cuenca (Figura 3.11).

- Se concentran una gran cantidad de PCH de tamaño ERNC (1-9 MW y 9-20 MW) en una franja pre-cordillerana que se extiende desde la sub-subcuenca del río Caunahue (al norte del lago Ralco) hasta el sur del lago Rupanco. La suma del potencial en esta zona es mayor a 350 MW.

- Otros focos de potencial desarrollo fuera de la zona cordillerana incluyen las cuencas del río Pilmaiquen (aguas abajo lago Puyehue) y la subsubcuenca del río Bueno entre río Ralitran y río Llollehue (donde hay una PCH de tamaño > 100 MW)

- De las cuatro cuencas estudiadas en el presente informe, río Bueno es la única que tiene potenciales centrales con puntos de captación y/o restitución dentro de Parques Nacionales. En total se detectaron 8 PCH con esta condición y suman una capacidad instalada de 66 MW. Los parques nacionales asociados son Puyehue y Vicente Perez Rosales. Una de las PCH detectadas correspondería al proyecto Mini Centrales

Hidroeléctricas de Pasada Palmar – Correntoso. La Tabla 3.7 muestra el listado que permite identificar las Potenciales Centrales con obras de captación y/o restitución dentro de Parques Nacionales así como alguna de sus características más relevantes.

Tabla 3.7.Potenciales Centrales con puntos de captación y/o restitución dentro de Parques Nacionales.

ID PCH	SSC	Capacidad MW	Caudal m^3/s	Parque Nacional	Central asociada
323	10306	8,67	1,45	Puyehue	
850	10320	1,66	1,04	Puyehue	
599	10320	3,17	1,59	Puyehue	
771	10320	2,05	1,97	Puyehue	
822	10320	1,78	0,70	Puyehue	
381	10340	8,53	5,20	Puyehue	Palmar Correntoso
115*	10320	36,67	23,50	Puyehue	
736*	10342	3,64	4,54	Vicente Pérez Rosales	

*La aplicación de la restricción territorial no elimina la PCH debido a que cuenta con bocatomas dentro y fuera de un parque nacional, sin embargo, en este estudio la presencia de un parque nacional será considerada como un Objeto de Valoración (ver Capítulo 7).

3.2.4 **Río Puelo**

La Figura 3.13 y Figura 3.14 muestran la estructura espacial de las PCH y la distribución según tamaño y para la cuenca del río Puelo.

- El potencial del río Puelo depende en gran parte de la presencia de dos centrales de gran tamaño en las sub-subcuencas del Río Puelo (desagüe lago Tagua-Tagua) y el Río Manso (entre los Morros y Río Steffan). El tamaño de las centrales detectadas es de 329,2 MW y 265,8 MW y juntas contribuyen al 75% del potencial total de la cuenca. Las PCH de río Puelo se basan en un DAANC que consta de un caudal constituido permanente de 850 m^3/s, lo cual es mayor que el caudal observado en el río con los datos fluviométricos de la DGA. La caída asociada con este DAANC es de 169 metros, lo cual es bastante más alta que el desnivel topográfico entre el punto de captación y restitución, por lo cual es posible suponer que el DAANC presume la construcción de un embalse (que aumenta la caída

efectiva) en el punto de captación. La otra PCH de gran tamaño ubicada en el Río Manso está asociado a la central Mediterráneo, que tiene estatus de aprobado en el SEIA.

- En el extremo sur de la cuenca del Río Puelo /Sub-subcuencas Río Ventisquero se detectan PCH en el rango 20 – 100 MW que suman 65 MW. Las demás sub-subcuencas del Río Puelo no muestran potenciales mayores a 30 MW.

3.2.5 **Río Yelcho**

La Figura 3.15 y Figura 3.16 muestran la estructura espacial de las PCH y la distribución según tamaño para la cuenca del Río Yelcho:

- La cuenca de río Yelcho se caracteriza por una escasa presencia de PCH. En total, se detectan tan solo 9 PCH en esta cuenca, lo cual equivale a una densidad de PCH (#PCH/área) que solo alcanza un 50% de la densidad que hay en río Puelo y 20% de la densidad del río Valdivia.

- Similar al caso del rio Puelo, el potencial de la cuenca de río Yelcho es dominado por la presencia de dos "mega-centrales" del tamaño 416 MW y 838 MW. Juntas contribuyen el 90% de la potencia de la cuenca. Ambas PCH se ubican en el Río Futeleufú. La primera en la cuenca fronteriza arriba del Río Azulado y la otra en el lago Yelcho. Este último tiene su punto de captación aguas arriba del lago y el tramo del río afectado por el potencial central atraviesa dos sub-subcuencas. Los caudales otorgados a las PCH son 520 y 580 m^3/s, que es prácticamente equivalente a todo el caudal del Río Futeleufú según las observaciones fluviométricas disponibles.

- Comparadas con las PCH mencionadas en el punto anterior, la contribución de los otros proyectos de la cuenca es poca significativa. Sin embargo, la topografía de la cuenca, que parece ser favorable para proyectos hidroeléctricos, hace pensar que el potencial de esta cuenca podría aumentar hacia el futuro ya que existe espacio para el ingreso de nuevos DAANC. Este aspecto es analizado de manera cuantitativa en la sección 5.3.2.

Figura 3.9.Mapa de centrales detectadas en la cuenca del Río Valdivia

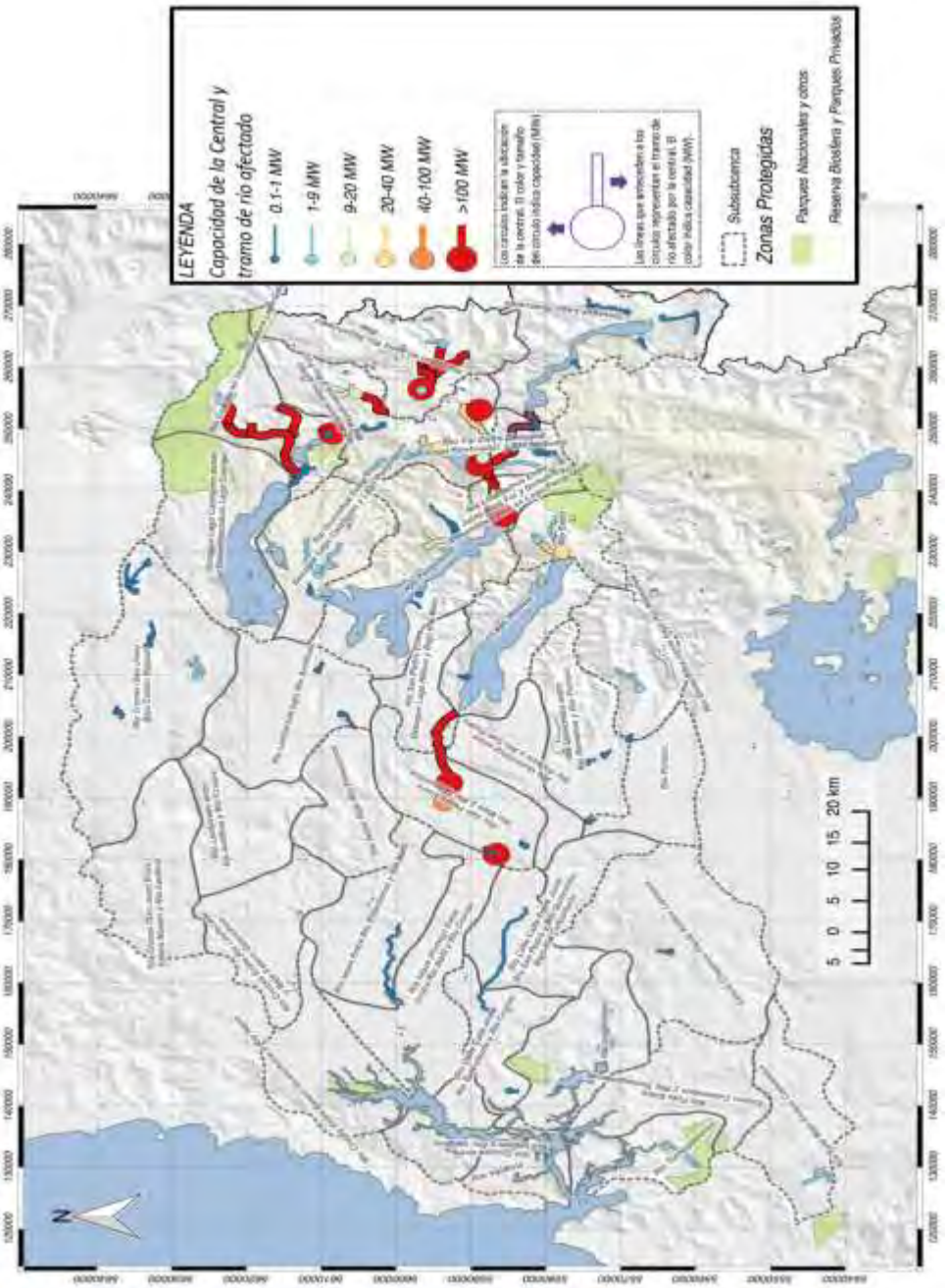


Figura 3.10.Distribución de Potencial según el tamaño de la central en la cuenca del río Valdivia.

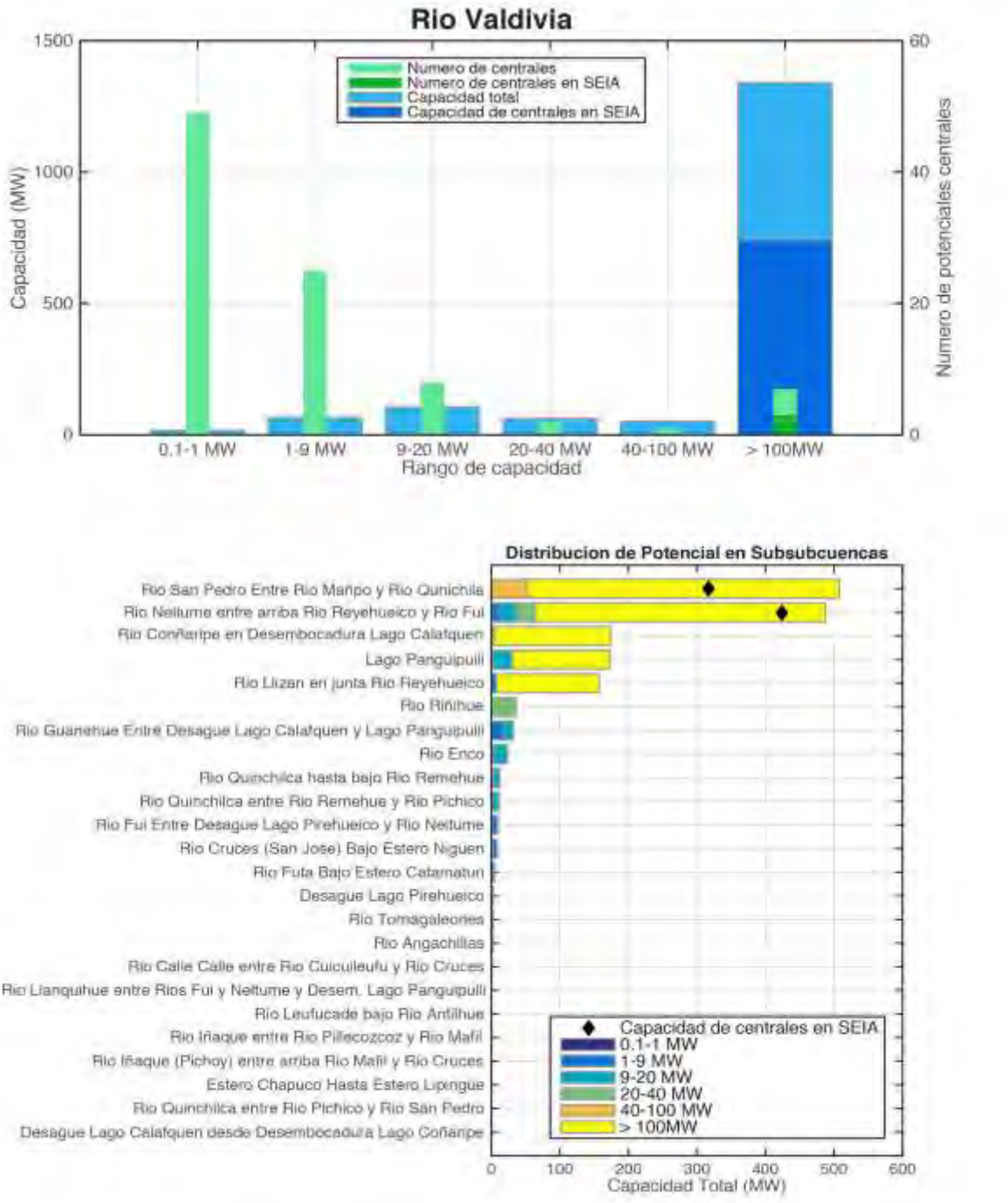


Figura 3.11.Mapa de centrales detectadas en la cuenca del Río Bueno.

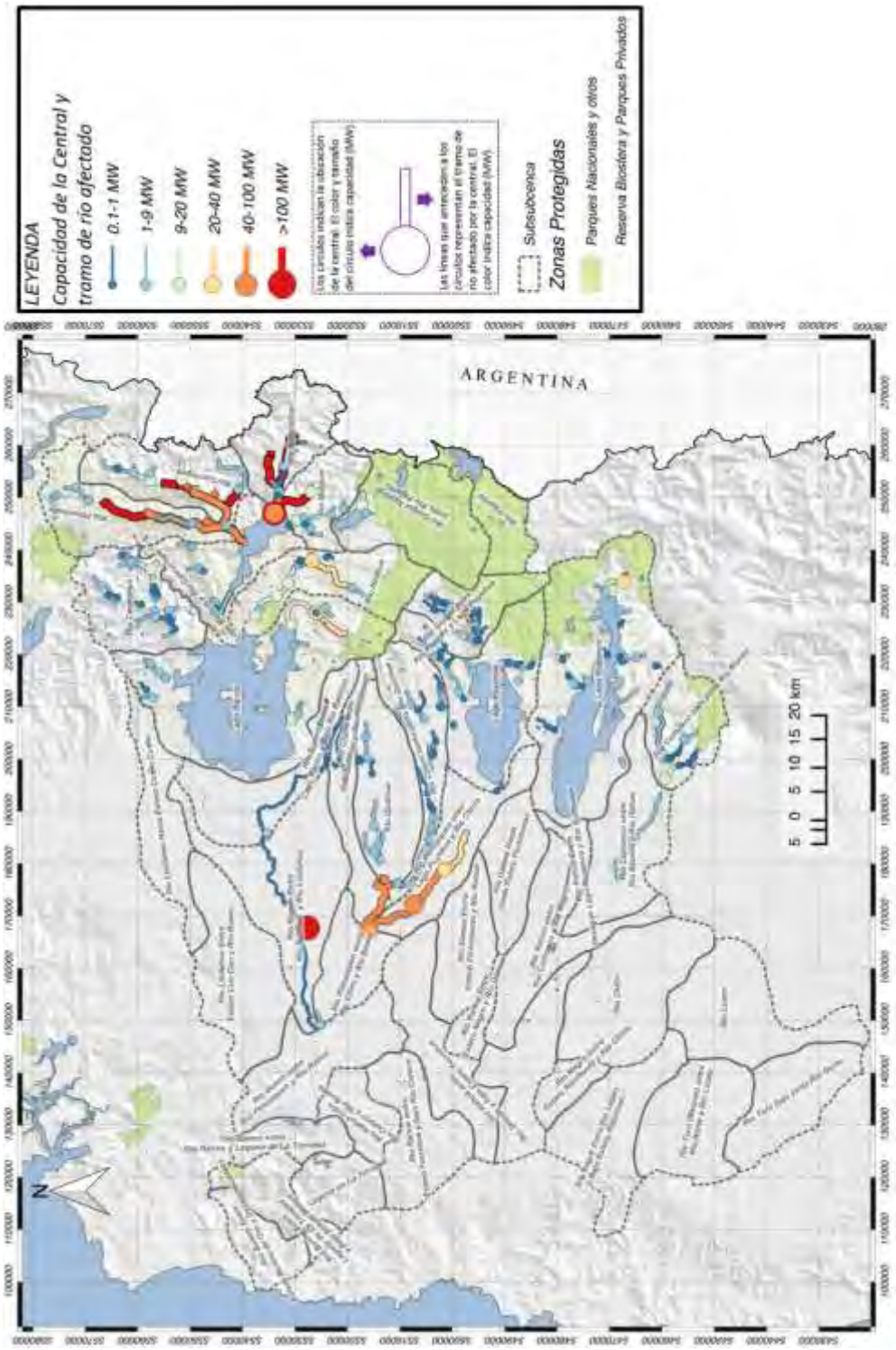


Figura 3.12.Distribución de Potencial según el tamaño de la central en la cuenca del río Bueno.

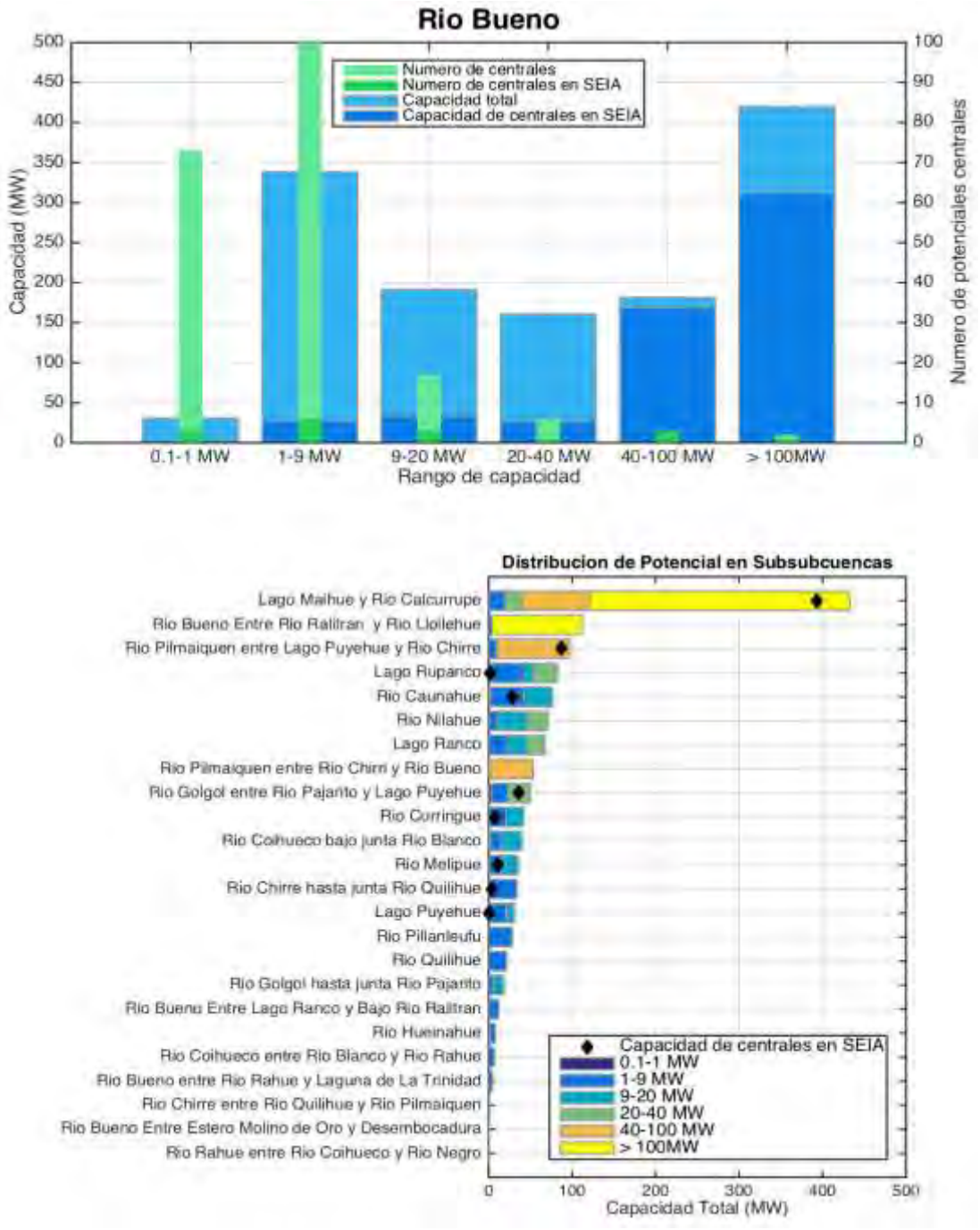


Figura 3.13.Mapa de centrales detectadas en la cuenca del Río Puelo.

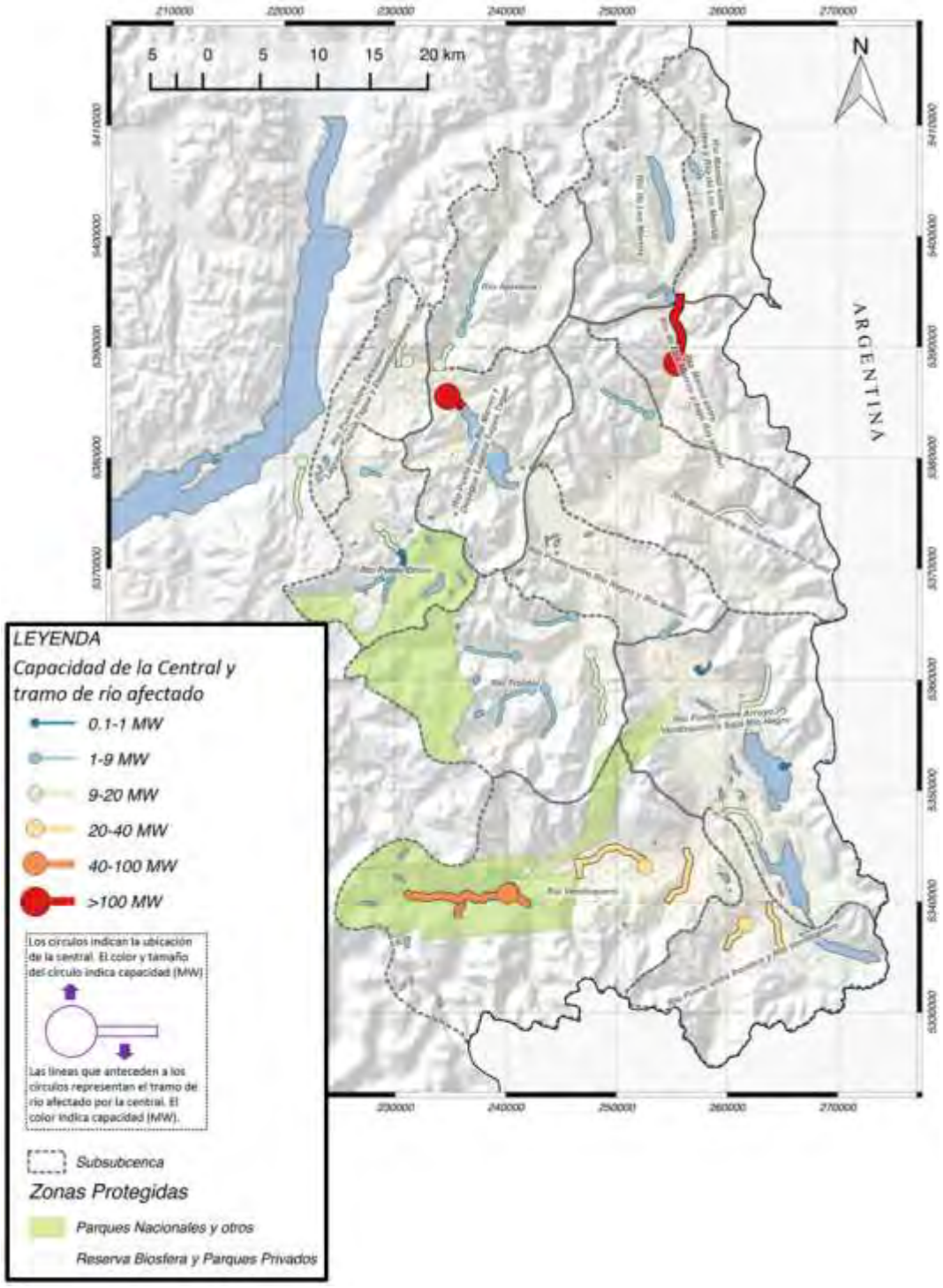


Figura 3.14.Distribución de Potencial según el tamaño de la central en la cuenca del río Puelo.

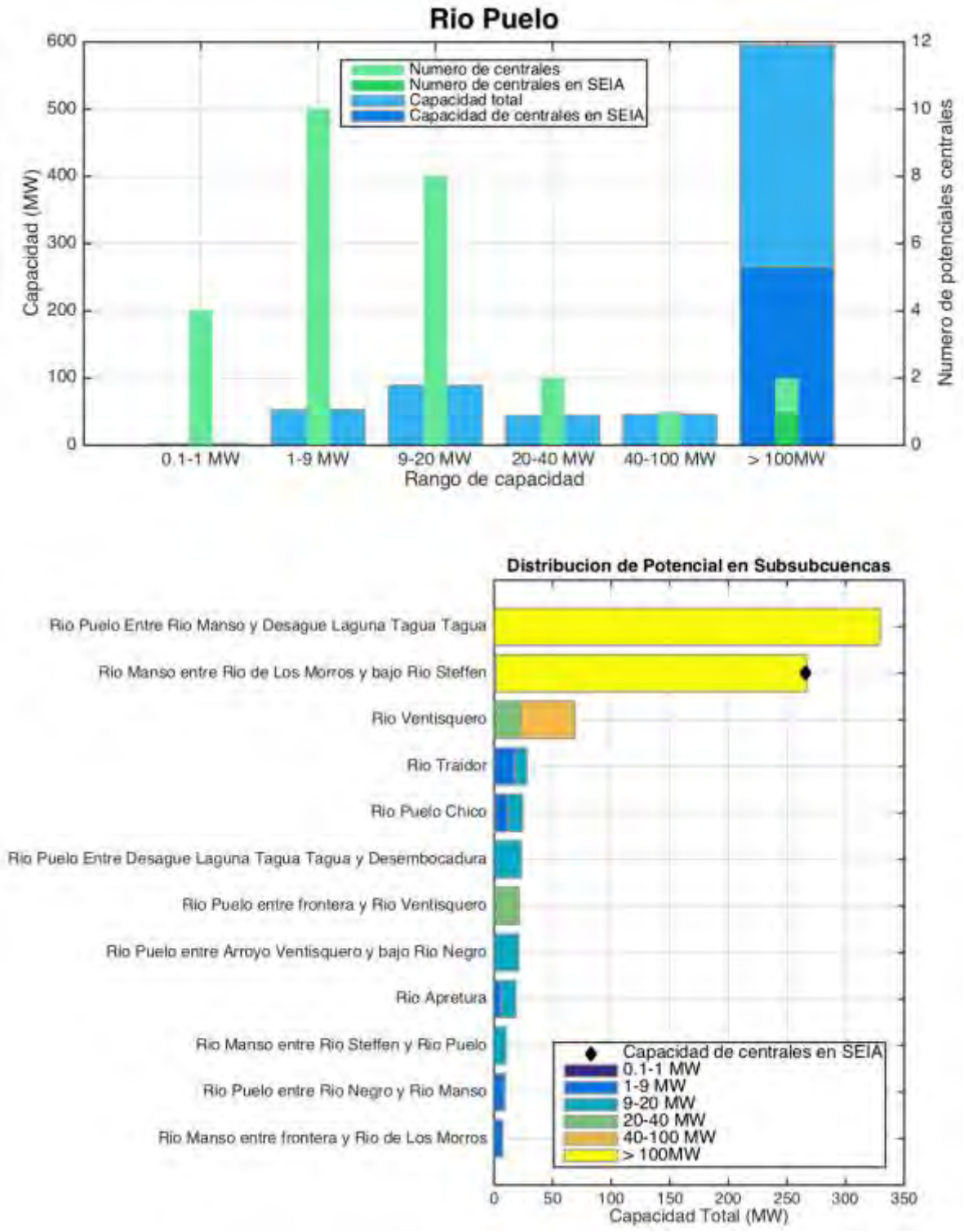


Figura 3.15. Mapa de centrales detectadas en la cuenca del Río Yelcho.

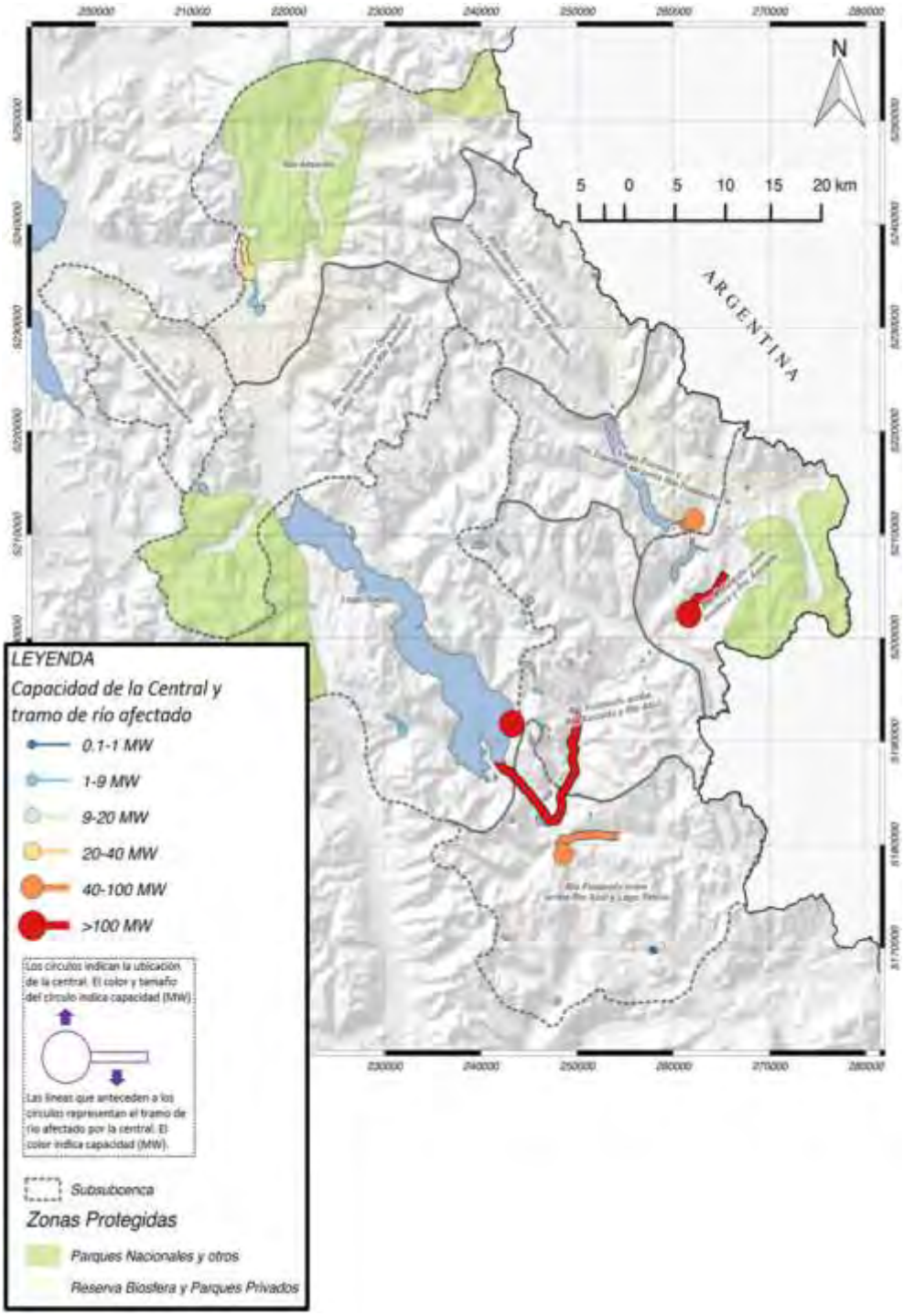
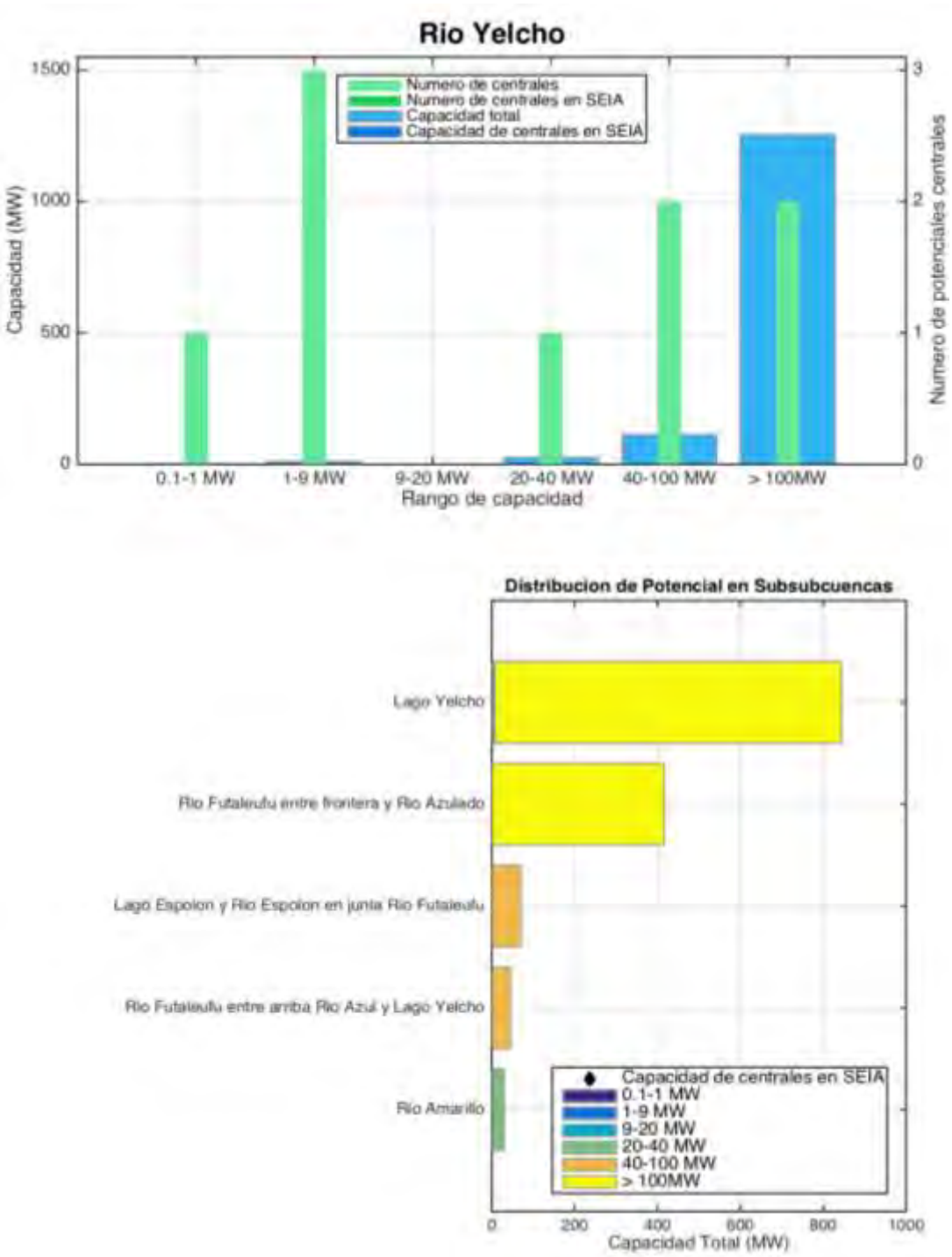


Figura 3.16.Distribución de Potencial según el tamaño de la central en la cuenca del río Yelcho.



3.3 Discusión

3.3.1 Asignación de potencial a sub-subcuenca

La unidad del análisis utilizada para el presente estudio es la *sub-subcuencas*. Esta unidad resulta conveniente para desagregar las grandes cuencas del estudio en zonas más representativas del territorio. Sin embargo, presenta una dificultad para la interpretación del potencial asociado a potenciales centrales que tienen bocatomas y puntos de restitución en cuencas diferentes. En este tipo de proyecto el cauce afectado por la central pasa por múltiples sub-subcuenca y no necesariamente resulta claro cuál (o cuáles) de las sub-subcuencas se deben asociar a esta central.

Hasta el momento, el método que se ha utilizado es el punto de restitución como punto geográfico referencial para la selección de la Sub-subcuenca. Esta decisión se hace principalmente para simplificar la interpretación de los resultados (una potencial central siempre está asociada a una sola sub-subcuenca) y mantener consistencia con la información publicada en el Explorador de Derechos de Aguas publicado por el Ministerio de Energía, que también presenta estadísticas para sub-subcuencas asignadas según la ubicación del punto de restitución del proyecto.

La Figura 3.17 muestra un ejemplo de una PCH que no se ubica claramente en una sola sub-subcuenca. Se muestra el caso de una PCH en el río Futaleufú que tiene el punto de captación en la cuenca del río Azulado y el punto de restitución en el lago Yelcho. Se supone que el agua que se captura en la bocatoma se utilizará para una central hidroeléctrica ubicada en algún punto entre la captación y la restitución cercana al lago Yelcho. En la figura, el tramo de río afectado por la intervención está marcado en rojo. En este tramo del río se esperaría una disminución importante del caudal natural debido a la extracción del agua. Según el procedimiento estándar, el potencial de esta potencial central se asignaría a Lago Yelcho. Sin embargo, el mapa muestra claramente el tramo principal de río afectado por la PCH se extiende desde la bocatoma hacia el lago pasando por otra sub-subcuenca (Río Azul) que no contiene ni el punto de restitución ni una bocatoma. Desde el punto de vista del impacto ambiental de la PCH, está claro que las dos cuencas aguas arriba del lago Yelcho son las más afectadas, y cualquier análisis que intenta balancear los impactos de la potencial central con sus beneficios en términos de generación eléctrica estarían más coherentes si distribuyen el potencial en estas cuencas en vez de usar la cuenca en el punto de restitución.

Figura 3.17.Ejemplo de las sub-subcuencas afectadas por el PHC en Río Futelefu de la cuenca del Río Yelcho.



El punto negro indica el punto de captación de la PCH. El punto rojo indica el punto de restitución. La línea roja indica el tramo del río afectado por la PCH (tramo que pierde agua). Las zonas coloridas indican las sub-subcuencas del entorno de la PCH.

Para obtener una estimación que distribuya de mejor manera el potencial en las sub-subcuencas realmente afectadas por la central, se han probado dos técnicas de asignación alternativas.

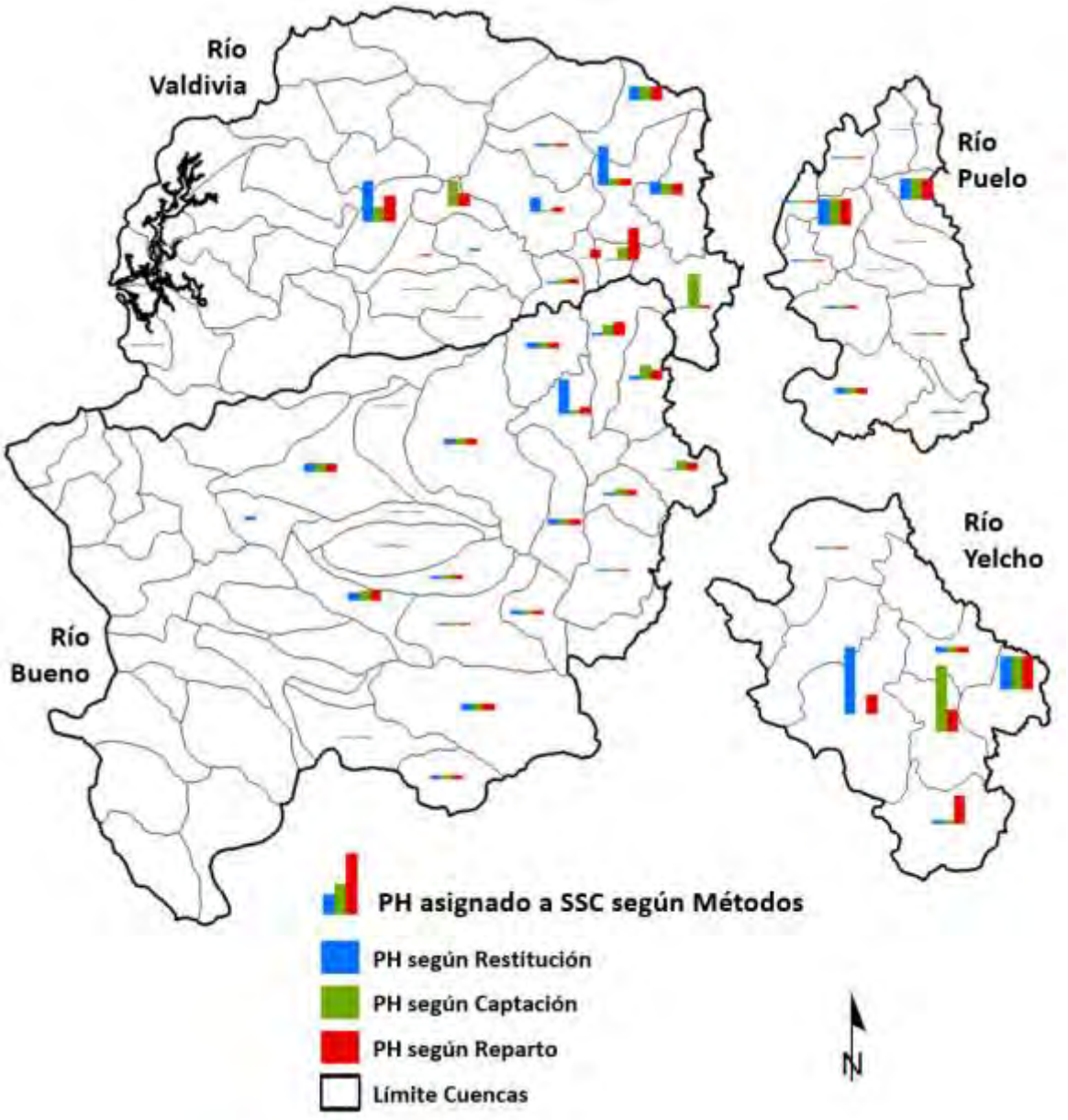
El primer método alternativo simplemente considera las sub-subcuencas donde se ubican los puntos de captación, y en caso de múltiples puntos de captación en sub-subcuencas diferentes, se asigna una fracción del potencial de cada uno con una ponderación que depende del caudal extraído en cada punto (a mayor caudal, mayor ponderación).

El segundo método es más sofisticado: Se identifican los tramos del río afectados por cada PCH. De allí se reparte el potencial entre las sub-subcuencas que contienen los tramos afectados, con una ponderación que depende de la longitud del tramo dentro de la sub-subcuenca (a mayor longitud, mayor ponderación) y del caudal extraído en el punto de captación (a mayor caudal, mayor ponderación).

La Figura 3.18 muestra la estimación del potencial usando el método estándar basado en el punto de restitución (azul); el método basado de la ubicación de los puntos de captación (color verde) y el método de reparto basado en el análisis de los cauces afectados (color rojo). El gráfico demuestra que pueden existir grandes diferencias en la asignación de potencial a las sub-subcuenca dependiendo de la metodología escogida. En el caso de la cuenca del Río Yelcho es posible ver grandes diferencias en la sub-subcuenca 'Río Futeleufú entre (arriba) Río Azul y Lago Yelcho' y la subcuenca 'Lago Yelcho'.

Con lo ilustrado en el ejemplo de la Figura 3.17 es posible reconocer que la mejor representación del potencial para esta cuenca se ha obtenido con el Método de Reparto sobre los ríos. Los beneficios de esta metodología también se ven en otros lugares. Por ejemplo, el método logra asignar un potencial importante a la cuenca de río Fui entre el Lago Pirihueico y el río Neltume, que justamente contiene el tramo del río que absorbe los impactos de los captaciones de agua asociados a la central Neltume (ver Figura 3.1). Los otros métodos basados en los puntos de captación o restitución solamente asignan el potencial de la central a la cuenca del lago Pirihueico (aguas arriba de la central) o río Neltume (efectivamente aguas abajo de la central).

Figura 3.18.Comparación del potencial estimado por sub-subcuenca según diferentes metodologías de asignación de potencial al sub-subcuenca.



3.3.2 **Potencial en cuencas sin DAANC**

El potencial estimado con la metodología de MINENERGIA/GIZ (2014) considera soló aquellos causes donde existen derechos de agua ya constituidos. Esta restricción sobre la estimación del potencial es válida bajo la lógica de un análisis que se limita a sólo el recurso estrictamente disponible, tanto en términos legales como físicos. Sin embargo, deja abierta la pregunta de ¿cuánto podría aumentar el potencial hidroeléctrico en las cuencas del estudio en la medida que en el futuro se vayan otorgando nuevos DAANC?, esta pregunta parece ser especialmente relevante para las cuencas más australes (Puelo y Yelcho) donde la densidad de potenciales centrales es bastante menor que las cuencas en el sur o centro-sur del país.

En lo que sigue el potencial estimado para cauces sin DAANC otorgados se demoninará el *potencial adicional*. Para evaluar el potencial adicional se lleva a cabo un ejercicio basado en el analsis de tramos. La idea central es caracterizar los tramos del río donde ya hay potenciales centrales hidroeléctricas (PCH), y luego buscar otros tramos (donde aún no se encuentran PCH) que muestran características similares. Cabe señalar, que el resultado de este análisis es necesariamente algo especulativo, ya que intenta asignar un potencial hidrelectrico a tramos donde no existe información sobre la disponibilidad legal del agua y la factibilidad técnica de su aprovechamiento.

La estimación de potencial adicional consiste en trés pasos esenciales:

1. Primero, se analizan las características típicas de los tramos de los cauces donde se encuentran PCH en la evaluación del potencial. Las características consideradas incluyen la longitud de los cauces, el caudal medio, desnivel, la potencia teórica bruta (PTB[31]) y la PTB por longitud del cauce.

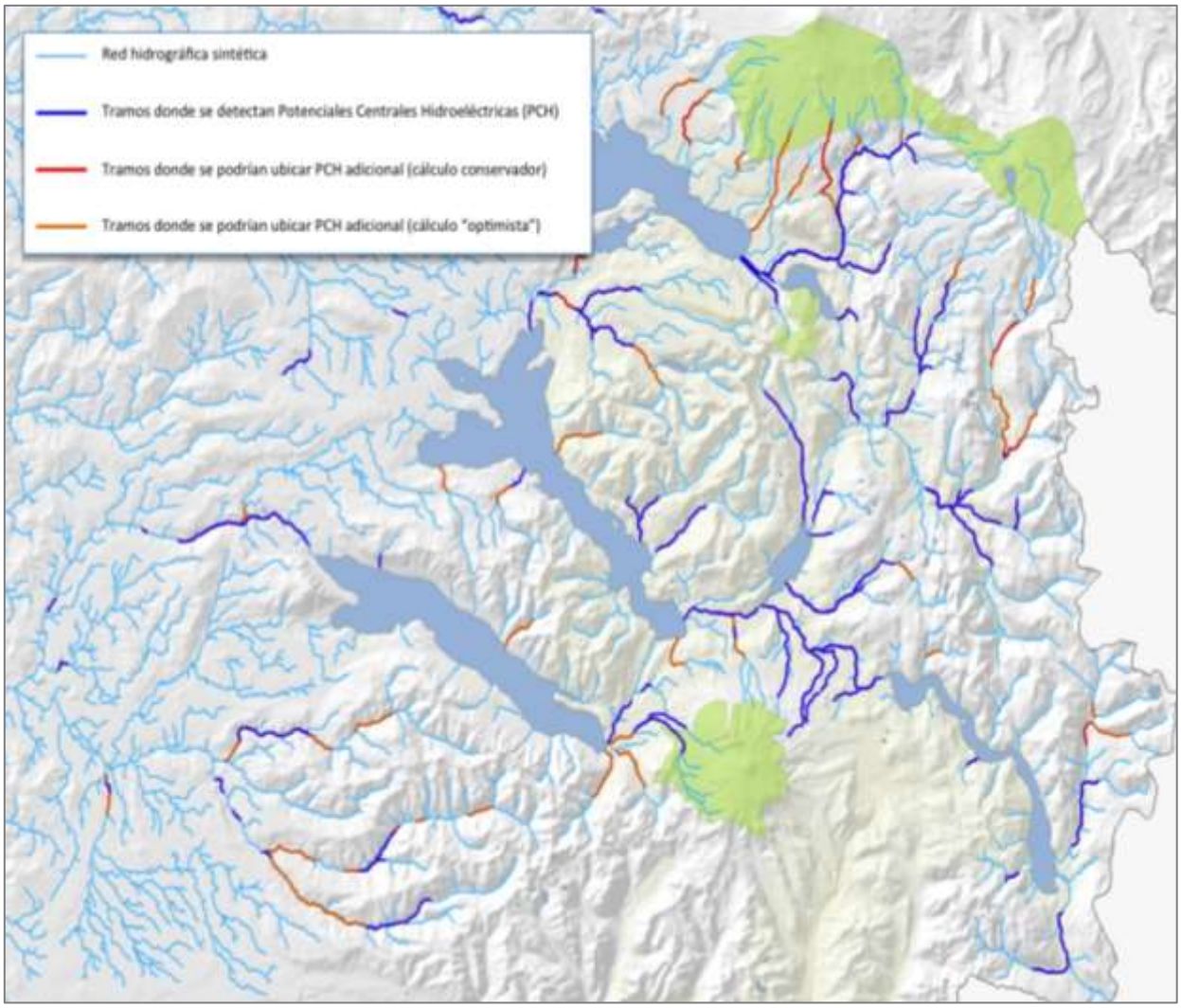
2. Una vez que las características principales de los cauces donde se emplazan las PCH están establecidas, se procede a buscar otros tramos en la red de cauces de las cuencas de interés que tengan características similares, pero donde no existen PCHs. Estos cauces se toman como lugares con potencial hidroeléctrico adicional.

3. Finalmente se estima la capacidad instalada en los cauces detectados en el paso 2. Nótese que este cálculo requiere que se cuente con una relación que vincule el potencial bruto del cauce con la capacidad instalable, de manera consistente con la capacidad instalable estimada con la metodología original.

---

[31] La Potencial Bruta Teorica (PBT) es la energía hidroeléctrica producible en un cauce. Se calcula a partir del caudal otorgado y el desnivel entre el punto de captación y el punto de restitución. La fórmula aplicada es PTB = 8.2 * Q * dz donde P es la potencia en kW, Q es el caudal otorgado en m^3/s, dz es el desnivel en metros, y el factor de 8.2 corresponde a la ponderación entre una eficiencia referencial de un 85% en la generación y la aceleración gravitacional (9.8 m/s^2).

Figura 3.19.Infograma que explica el funcionamiento el método para calcular el potencial adicional



En este infograma se presenta más detalle sobre el análisis de potencial hidroeléctrico adicional, usando como ejemplo la zona cordillerana de la cuenca del Río Valdivia.

El análisis se basa en el uso de una red hidrográfica sintética que fue calculado a partir de un modelo de elevación digital. En la figura arriba los tramos de la red hidrográfica están representados con líneas celestes. Es posible caracterizar cada uno de los tramos en términos de variables tales como el Potencia Bruta Teórica (PBT), longitud del tramo (dx), densidad de potencia (PBT/dx) y caída .

Los tramos dibujados en azul fuerte representan aquellos tramos donde se ubican las potenciales centrales hidroeléctricas (PCH) detectados en el análisis de potencial original. Para la mayoría de los PCH los tramos contactan la bocatoma(s) de la central con su respectivo punto de restitución.

Para cada uno de los tramos azules se calculó el PBT y PBT/dx. Las distribuciones de PBT y PBT/dx (considerando todas las cuencas del estudio) se muestran en la Figura 3.20. Además, se comparó el PBT de los tramos asociados a los PCH con la capacidad instalada del mismo. Este relación es lo que se muestra en la Figura 3.21.

Los tramos dibujados en naranjo o rojo indican los tramos adicionales que tienen características similares a los tramos donde se ubican los PCH. Las variables y umbrales usados para detectar estos tramos se presentan en la Tabla 3.8. Se consideraron dos escenarios: conservador y optimista o de baja restricción. Los tramos que cumplen con los criterios del cálculo conservador se muestran en rojo. Los que cumplen con los criterios optimistas se muestran en naranjo y debe entenderse que cumplen también con el criterio conservador.

Finalmente la capacidad instalada asociada a los tramos adicionales fue calculada aplicando la relacíon Pinst = k PBT, donde el factor k es 0,29 en el escenario conservador y 0,4 en el escenario optimista (Tabla 3.9).

Utilizando los datos de la ubicación de los DAANC, la red sintética de cauces y los resultados del modelo hidrológico, se caracterizan los cauces utilizados por las PCH detectadas en la estimación de potencial. De las diferentes variables analizadas, se encontró que las que mostraron valores más distintivos son PBT y PBT divida por longitud del cauce (es decir, la *densidad de potencia* PBT/dx) lo cual efectivamente representa la densidad de potencia en el cauce. El diagrama de caja de la Figura 3.20 muestra el resumen de la distribución de estas variables en los cauces asociados a PCH. Es posible apreciar que la PBT de los cauces varia típicamente entre 0,5 y 25,0 MW con un valor medio de 12,0 MW. Por otro lado, la densidad de potencia PBT/dx generalmente se encuentra entre 0,2 y 5,0 MW/km.

Por otra parte, la Figura 3.21 muestra la relación entre la Potencia Bruta Teórica (PBT) y la capacidad instalable en los cauces analizados. En ella es posible ver que no hay una relación especialmente fuerte entre el PBT y la capacidad, aunque parcece que la PBT sirve como un tope efectivo para la capacidad asociada a potenciales centrales[32]. La relación entre la Potencia Bruta Teórica (PBT) y capacidad Instalable (P_{inst}) se puede expresar de manera gruesa como: $P_{inst} \sim k\ PBT$, donde el factor k tiene valor alrededor a 0,7. Esta ecuación refleja el hecho de que en promedio, la capacidad instalable es alrededor de dos tercios de la potencia teórica bruta del cauce. Sin embargo, no debería interpretarse como evidencia de una relación lineal entre las dos variables. Note que es esperable que la capacidad instalable resulte menor que la PBT debido a

[32] En algunos casos la capacidad instalada es mayor que la PTB. Fisicamente este es plausible ya que la **capacidad** de una central puede ser mayor que la potencia teorica bruta. La PTB se interpreta como el promedio de la energía disponible mientras la capacidad de una central puede ser más alta que este promedio para, por ejemplo, aprovechar la energía disponible en la época de mayor caudal.

que en general las PCH no aprovechan ni toda la caída ni el total del caudal que ofrece el cauce donde se ubica.

En base a estos resultados se realizaron dos cálculos de la capacidad instalable en cauces que aún no se asocian a potenciales centrales. El cálculo denominado "*conservador"* ocupa umbrales relativamente restrictivos para el PBT y PBT/dx de los cauces que se seleccionan como posibles lugares con potencial adicional. El cálculo denominado "*Baja restricción*" ocupa umbrales menos exigentes para la selección de cauces aptos para futuras centrales. La configuración de ambos cálculos está resumida en la

Tabla 3.8. Para ambos cálculos, solo se consideran cauces que tienen una caída mínima de 30 metros, que no están significativamente afectados por la presencia de una PCH y que no se encuentran dentro de una zona protegida (parque Nacional o Sitio Ramsar).

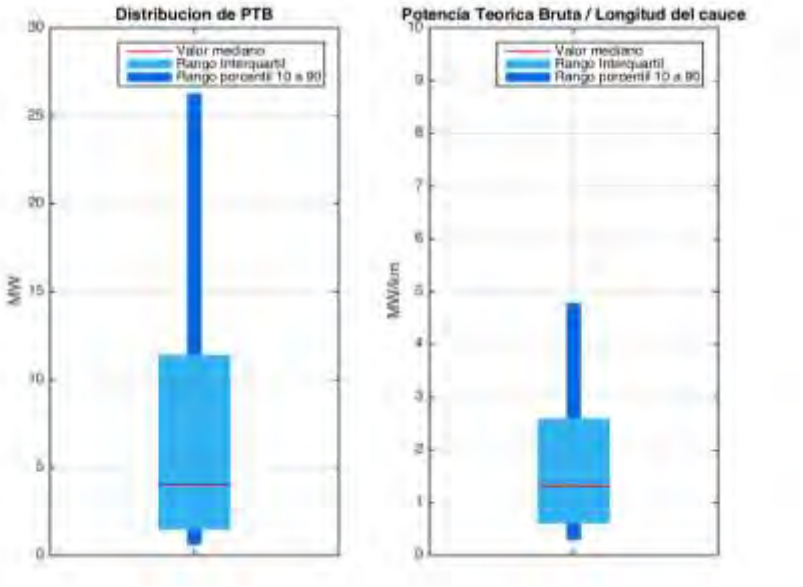
Los resultados por cuenca se muestran en la Tabla 3.9. El potencial adicional para la cuenca del río Valdivia se estima entre 36 MW (conservador) y 175 MW (restricción baja). Entonces, el análisis indica que en esta cuenca no hay muchas posibilidades para proyectos adicionales a los que ya se han detectados. Incluso con el cálculo de baja restricción la capacidad adicional es sólo el 11% de la capacidad detectada con los DAANC ya constituidos.

En la cuenca del río Bueno el potencial adicional es estimado entre 120MW y 326MW según el tipo de criterio, lo que en términos relativos es entre 10% y 24% del potencial ya identificado. Es importante señalar que el analsis no excluye tramos donde existen centrales operativos. La cuenca de Río Bueno tiene 224 MW de capacidad instalada (en 20 centrales) asi que es posible que una parte del potencial adicional detectado corresponde a tramos ya ocupados por los centrales existentes.

Las cuencas australes muestran el mayor potencial para PCH adicionales. La capacidad adicional en río Puelo se calculó entre 304 MW y 589 MW. Con esto, se estima que se podría concretar un potencial >50% de lo detectado en PCH, ubicados en cauces donde no se ha detectado PCH's a partir de los DAANC. El resultado es similar para la cuenca del Río Yelcho, donde el potencial "disponible" se estima entre 268 y 609 MW (hasta 43% del resultado obtenido con los DAANC).

La distribución espacial (por sub-subcuenca) de capacidad adicional (cálculo de baja restricción) en cauces sin PCH es presentada en la Figura 3.22, considerando el método de reparto que consiste en identificar los tramos del río afectados por cada PCH, y reparte el potencial entre las sub-subcuencas que contienen los tramos afectados con una ponderación que depende de la longitud del tramo dentro de la sub-subcuenca (a mayor longitud, mayor ponderación) y del caudal extraído en el punto de captación (a mayor caudal, mayor ponderación). La capacidad adicional es incluida en los archivos de datos entregados junto con este informe y la información puede ser utilizada en etapas futuras del estudio.

Figura 3.20.Distribuciones de dos parámetros que caracterizan los cauces que se intervienen en los proyectos hidroeléctricos detectados en el análisis de potencial.



A la izquierda se muestra el potencial bruto teórico, el cual típicamente varia entre 2 y 25 MW. A la derecha se muestra el PBT dividido por el largo del cauce. En este caso los PBT/km varian entre 2 y 10 MW/km. Las barras delgadas azules indican el rango percentil 10-90%, La caja celeste indica el rango intercuartil. La línea roja horizontal indica la mediana de la distribución.

Tabla 3.8.Configuración de cálculos para estimar el potencial disponible en cauces sin DAANC constituidos.

Parámetro	**Valor**	
	Conservador	**Baja restricción**
PBT mínimo	11,4 MW	2,6 MW
PBT/dx mínimo	2,6 MW/km	1,3 MW/km
Factor k (P_{inst} = k*PBT)	0,6	0,8
Caída mínima	30 metros	
Máxima fracción del cauce afectada por presencia de un PCH	20%	
Fracción máxima en zona protegida	20%	

Figura 3.21.Diagrama de dispersión del potencial teórico de un cauce vs. la capacidad instalable de la central asociada al mismo cauce

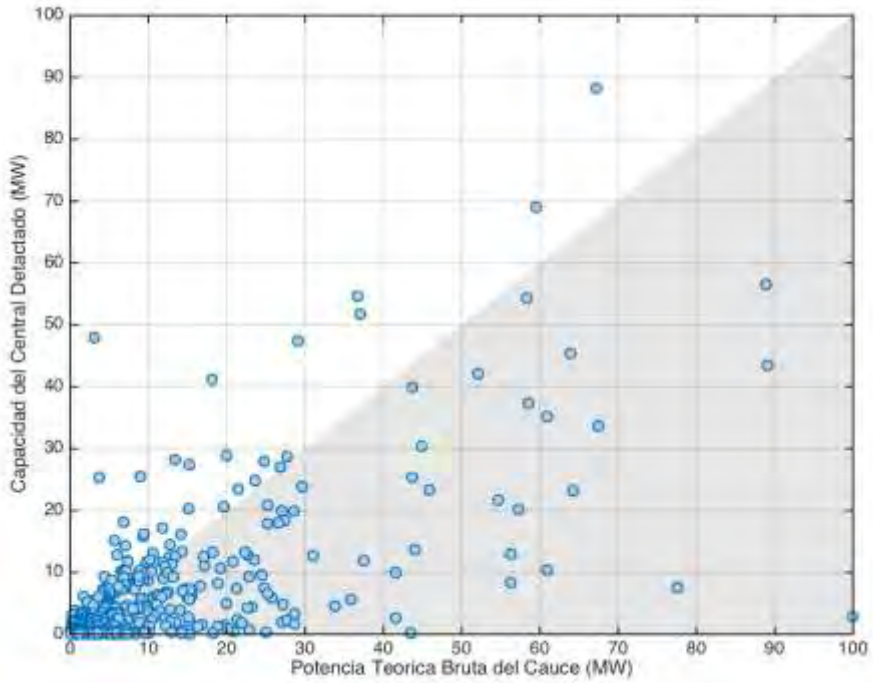
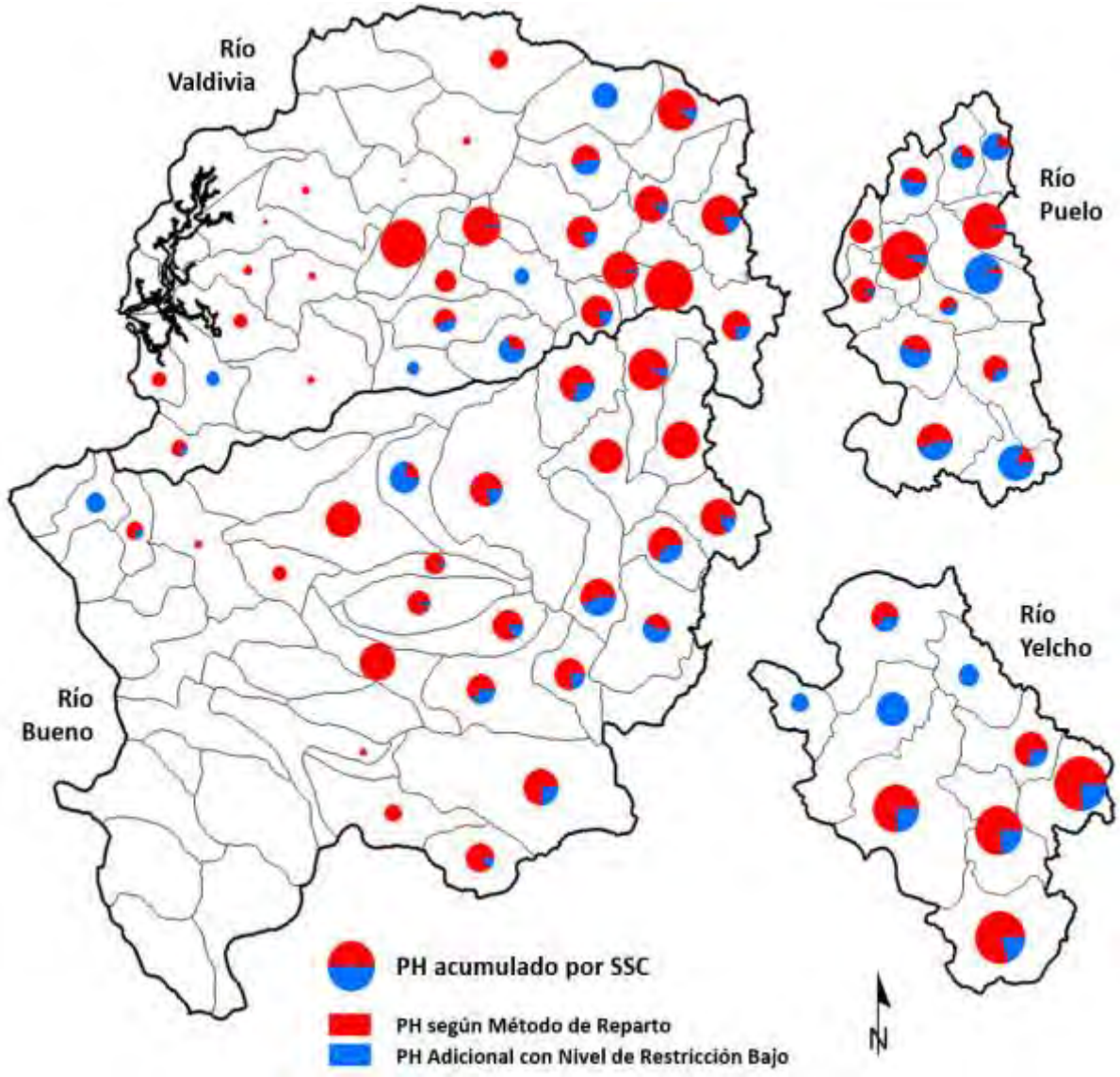


Tabla 3.9.Resultados del análisis de potencial adicional

Cuenca	Potencial en centrales asociados a DAANC	Potencial adicional en cauces "favorables" sin PCH (MW)	
		Cálculo conservador	Cálculo baja restricción
Valdivia	1.645	36	175
Bueno	1.322	120	326
Puelo	829	304	589
Yelcho	1.402	268	609

Figura 3.22.Mapa de tortas mostrado el potencial adicional.



3.3.3 Importancia de Derechos Consuntivos

La base de datos de DAAC ha sido descargada desde el sitio web de la DGA[33] en la sección 'Derechos de aprovechamiento de aguas registrados en DGA'. El objetivo del ejercicio que se presenta a continuación es demostrar que los caudales asociados a Derechos de Aprovechamiento de Aguas Consuntivos (DAAC) de dominio público no tiene una magnitud suficientemente alta como para tener un impacto significativo en la estimación del potencial hidroeléctrico.

La metodología aplicada utiliza el campo que define el nombre de cada Sub-subcuenca con la finalidad de calcular el caudal promedio acumulado en cada una de ellas y posteriormente vincularla con el polígono que la delimita en el mapa. Un subconjunto de DAAC que no cuenta con este dato (que suman aproximadamente 34 m^3/s) ha sido excluído del análisis. No obstante, los resultados del análisis demuestran que los caudales asociados a los Derechos de Aprovechamiento de Aguas No Consuntivos (DAANC) son dos ordenes de magnitud mayores a los consuntivos. Dado lo anterior se puede concluir a priori que la inclusión de los 34 m^3/s sin definición de Sub-subcuenca no tendría impacto significativo en la estimación de potencial hidroeléctrico

Así, la base de datos de DAAC analizada consta de 7.614 registros para la zona de interés con un caudal promedio anual acumulado de 156,8m^3/s. En comparación con la base de datos de DAANC, los DAAC son alrededor de 4 veces mayores en cantidad, pero inmensamente inferiores en suma de caudal promedio mensual. La Tabla 3.10 muestra un resumen de la cantidad y magnitud y promedio anual acumulado de DAA constituidos en cada cuenca de interés.

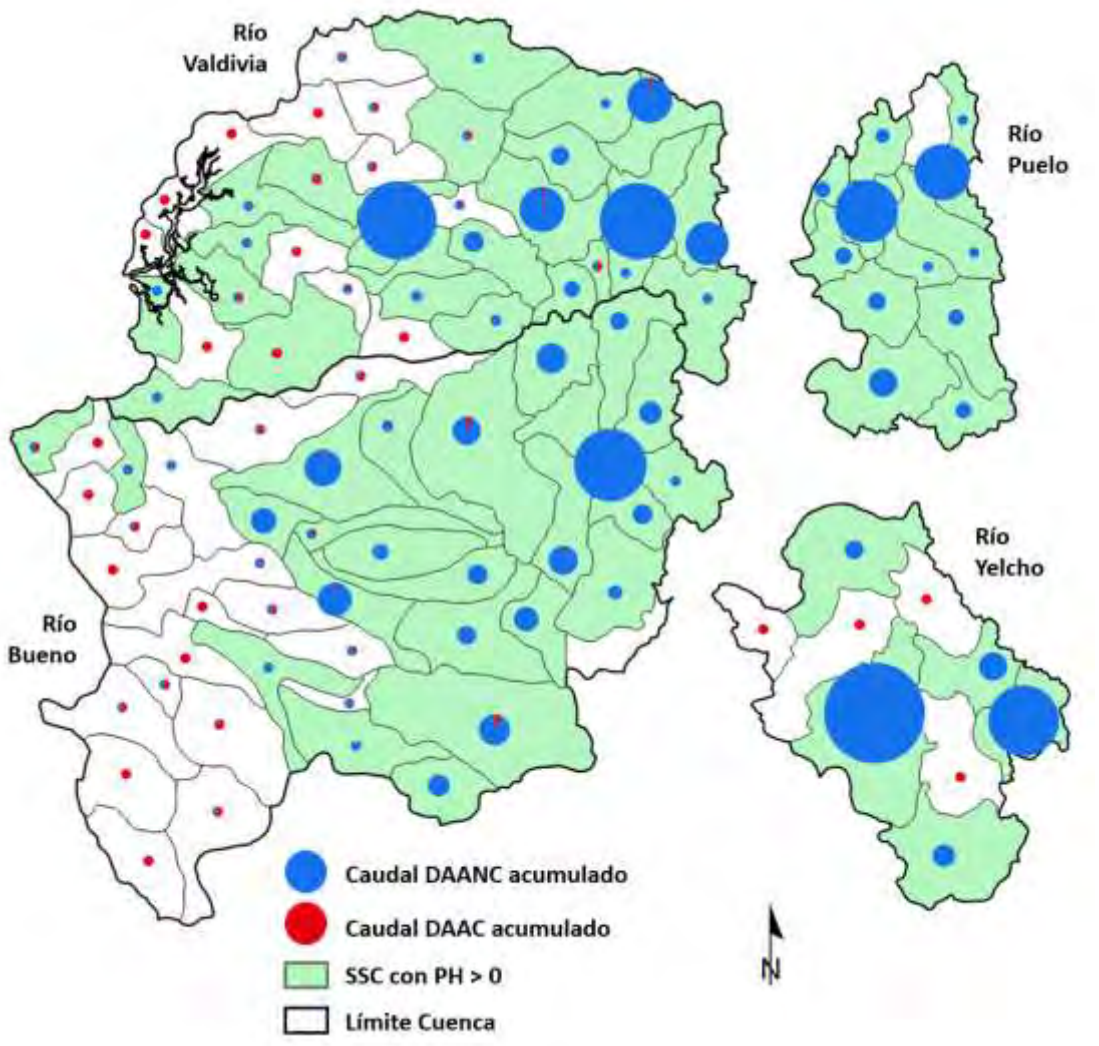
Tabla 3.10.Caudal medio otorgados en DAA consuntivos vs. no-consuntivos

Cuenca	DAAC		DAANC	
	N°	Q m^3/s	N°	Q m^3/s
Valdivia	3.827	80,1	735	2.961,4
Bueno	3.634	74,9	1.086	2.653,1
Puelo	42	0,8	105	1.238,1
Yelcho	111	1,0	27	1.252,2

[33] http://www.dga.cl/productosyservicios/derechos_historicos/Paginas/default.aspx

Dos de sus atributos son interesantes de discutir cuando se analiza el posible impacto de los DAAC sobre el potencial hidroeléctrico: la magnitud y la distribución espacial. La Figura 3.23 combina estos atributos y los compara con la magnitud de los DAANC y el potencial hidroeléctrico de cada sub-subcuenca. La figura muestra que las zonas con alto potencial hidroeléctrico (mayor tamaño de círculo) cuentan con una proporción muchísimo mayor de caudal promedio constituido del tipo No Consuntivo (color del círculo mayoritariamente azul) y se ubican en la mayoría de los casos en cordillera o pre-cordillera. Esta evidencia permite inferir el bajo impacto de los DAAC sobre el potencial hidroeléctrico.

Figura 3.23.Mapa de tortas caudal acumulado de los derechos de agua consuntivos vs. no consuntivos.



3.4 Sensibilidad del Potencial de la cuenca al Cambio Climático

Los posibles impactos del cambio climático son de gran relevancia para el diagnóstico de potencial hidroeléctrico del país. Varios estudios, incluyendo el primer estudio de cuencas (PUC-TECO para Ministerio de Energía, 2015), han proyectado una disminución de precipitación en el centro-sur de Chile durante el Siglo XXI asociado al cambio climático[34]. Esto, combinado con el aumento de la temperatura esperado, podría reducir el recurso hídrico disponible para la generación hidroeléctrica y alterar su régimen estacional debido a cambios en los procesos de acumulación y derretimiento de nieve. Las tendencias observadas de temperatura y precipitación en décadas recientes[3536] han sido generalmente consistentes con las proyecciones de los modelos de cambio climático, a pesar de las importantes incertidumbres que siempre se asocian a las proyecciones del clima futuro.

La estimación del impacto de cambio climático considera cuatro proyecciones RCP (*Representative Concentration Pathways, por sus siglas en inglés, Trayectorias de Concentración Representativas en español*) utilizados en la última evaluación de la IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change, por sus siglas en inglés, Panel Intergubernamental de Cambio Climático*). Específicamente, los escenarios son los RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 y RCP8.5 (Figura 3.24). El escenario más optimista es el RCP2.6 que estima que las concentraciones de gases de efecto invernadero lleguen a un máximo de 450 ppm (CO_2 equiv) en el año 2040. Los escenarios RCP4.0, RCP6.0 y RCP8.5 son sucesivamente más pesimistas, prediciendo concentraciones que aumentan paulatinamente hacia el fin del siglo XXI y que alcanzan niveles de 580 ppm, 730 ppm y 1.240 ppm, respectivamente (año 2100).

Para los efectos del presente análisis se divide el clima futuro en tres periodos de 30 años, denominados el corto (2011-2040), mediano (2041-2070) y largo (2071-2100) plazo. Los cambios se evalúan con respecto al clima "actual" que se entiende como el periodo 1976-2005.

Las proyecciones de la temperatura y precipitación fueron obtenidos a partir de los resultados de los GCM (General Circulation Climate Models, por sus siglas en inglés, Modelos de Circulación Global) disponibles a través del proyecto CMIP-5 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 5, por sus siglas en inglés, quinta fase del proyecto de comparación de modelos acoplados, en español). Estos datos fueron recopilados y procesados por la Universidad Católica y representan

---

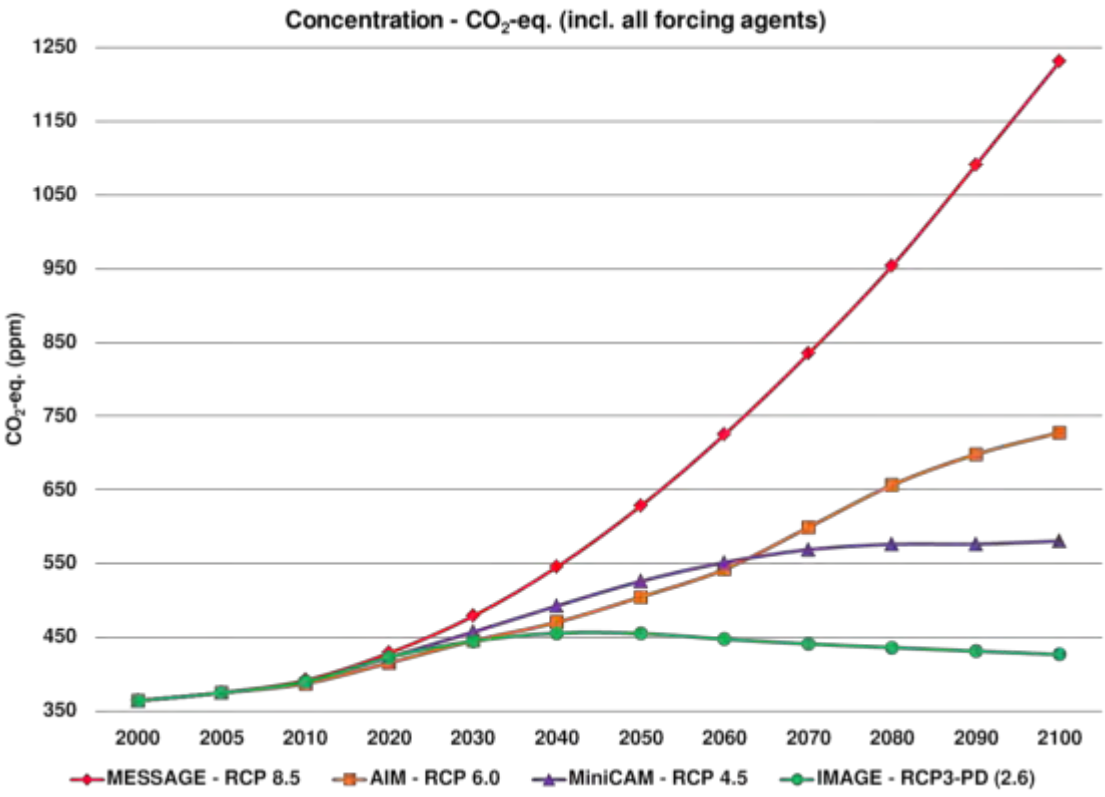
[34] Garreaud, R., 2011: Cambio Climático: Bases físicas e impactos en Chile. *Revista Tierra Adento* (INIA-Chile), No. **93**. (Mar-Abr 2011), 13-19

[35] Quintana J. y Aceituno P., 2010: Changes in the rainfall regime along the extratropical west coast of South America (Chile): 30-43º S, Atmósfera, v25

[36] Falvey M. y Garreaud R., 2009: Regional cooling in a warming world: Recent temperature trends in the SE Pacific and along the west coast of subtropical South America (1979-2006). *J. Geophys. Res*., **114**

esencialmente la misma base de datos que fue utilizado en el estudio PUC-TECO, para Ministerio de Energía (2015).

Figura 3.24.Evolución de la concentración de los gases del efecto invernadero.



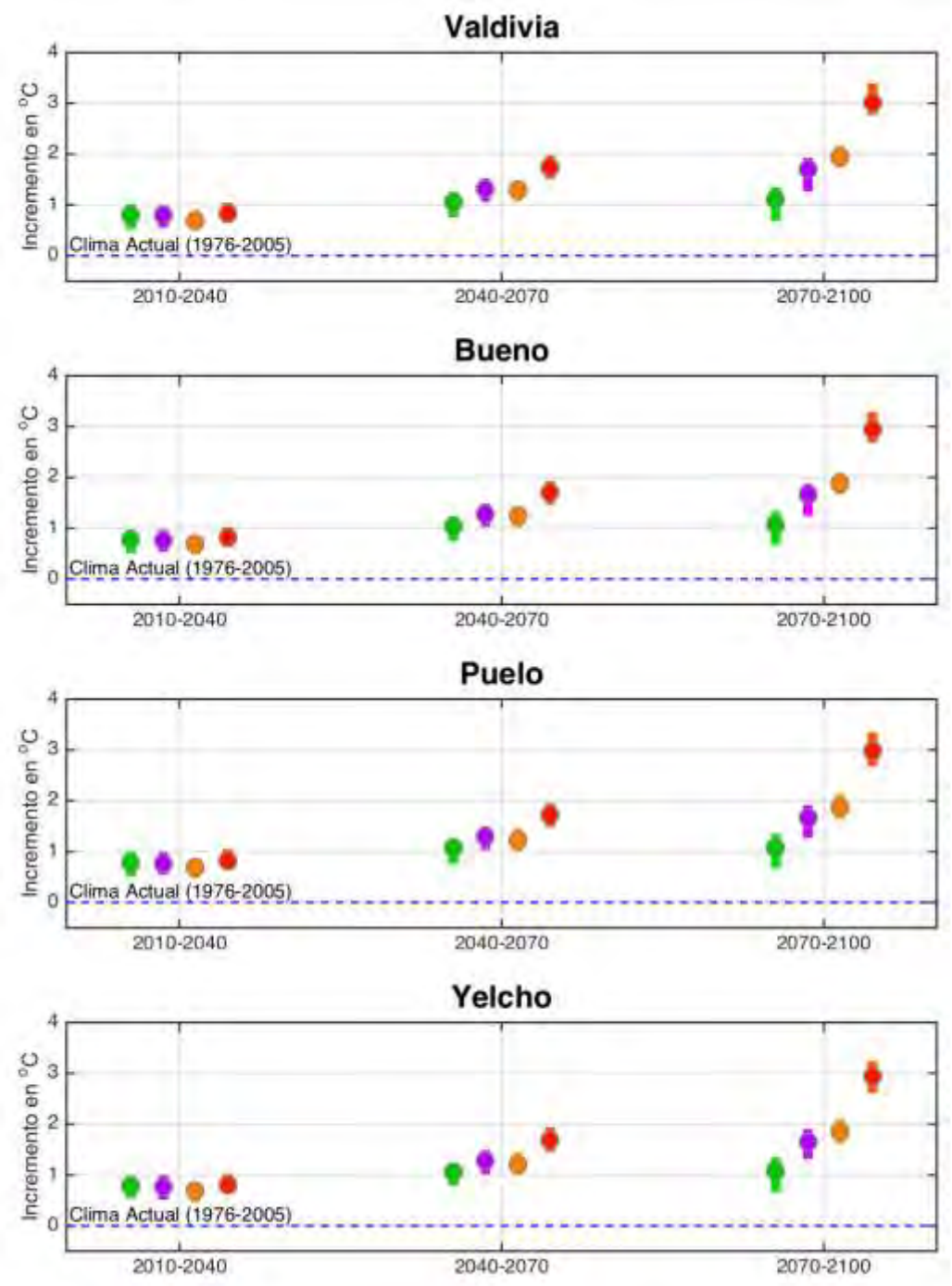
Los gases de efecto invernadero son representados en equiv. CO_2 según los RCP 2.6 (verde), RCP 4.5 (morado), RCP6.0 (naranjo) y RCP8.5 (rojo). Fuente: IPCC - The Fifth Assessment Report

La Figura 3.25 y la Figura 3.26 presentan los cambios esperados en temperatura y precipitación respectivamente para las cuencas del río Valdivia, río Bueno, río Puelo y río Yelcho. Se prevé un aumento de temperatura de 0,8 a 0,9 ºC para el periodo de corto-plazo. Para el mediano y largo plazo, el cambio esperado aumenta y se agudizan las diferencias entre los distintos escenarios climáticos. Para el escenario optimista (RCP2.6) el aumento de temperatura apenas sobrepasa un grado el clima actual hacia el fin del siglo, mientras para el escenario pesimista (RCP8.5) la temperatura media aumenta de 3ºC. Los cambios de temperatura son levemente menores para las cuencas más australes (Puelo y Yelcho). Se espera que el principal impacto del aumento temperatura en el régimen hidrológico será adelantar la época del deshielo. Sin embargo, la contribución de deshielo en las cuencas del estudio (que son de baja altura) no es tan importante por lo cual es probable que el cambio en la estacionalidad de los caudales sea relativamente pequeño.

La precipitación (Figura 3.26) muestra una disminución de alrededor de 6% durante el periodo 2010-2040, la cual en el escenario más pesimista crece a 11-14% para 2040-2070 y 18-24% en 2070-2100. Esta posible disminución afecta directamente el recurso hídrico disponible, o por ende el rendimiento de las centrales hidroeléctricas de la región. En la Figura 3.25 se aprecia que el impacto en la temperatura es muy leve en las cuencas de la zona centro sur respecto a las cuencas más australes y nuevamente se ven grandes diferencias entre las proyecciones optimistas y pesimistas, especialmente para el periodo hacia fines del siglo XXI.

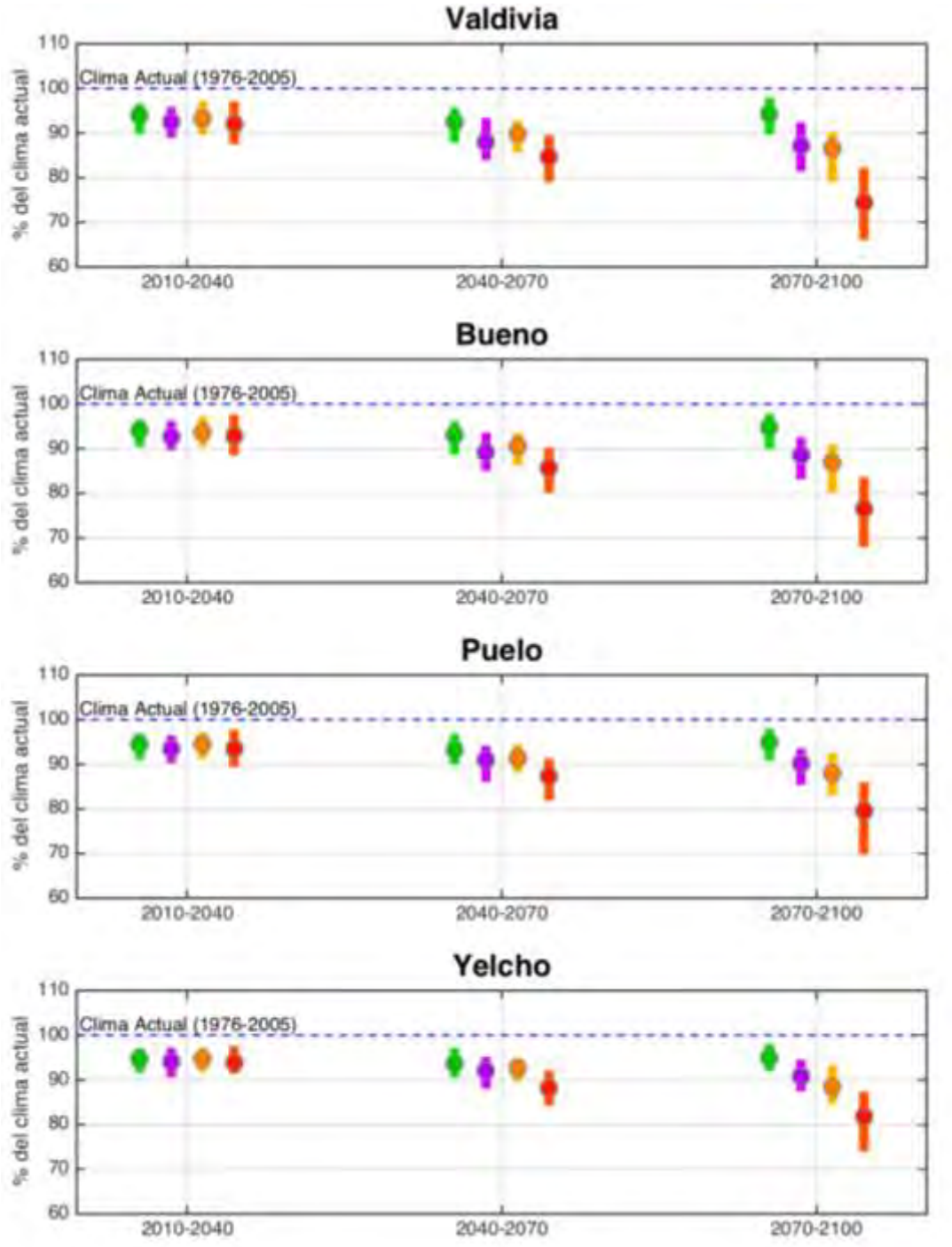
La Figura 3.27 muestra el patrón espacial de la variación de temperatura y precipitación en la zona del estudio. Tal como se infirió de los graficos anteriores, es posible apreciar que el cambio de temperatura precipitación aumenta claramente desde el sur hacia el norte.

Figura 3.25.Cambios en la temperatura media para los escenarios futuros.



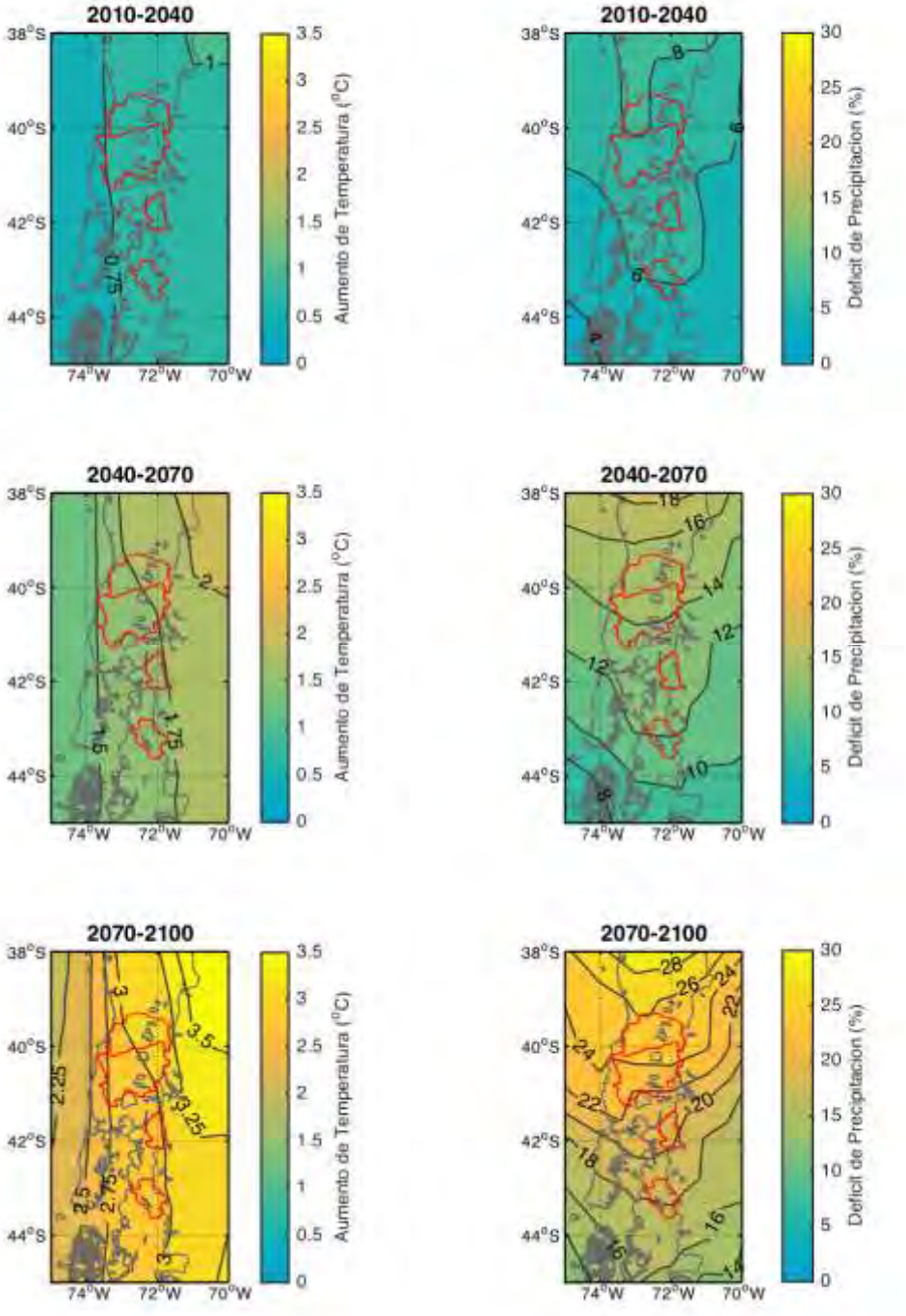
Los círculos indican los valores medianos de la distribución de resultados de los GCM disponibles. Las barras indican el rango inter-cuartil de la distribución. Cada color indica un RCP diferente: Verde = RCP2.6, Morado = RCP4.0, Naranjo = RCP6.5 y Rojo = RCP 8.5.

Figura 3.26.Cambios en la precipitación media anual para los escenarios futuros como porcentaje del clima actual.



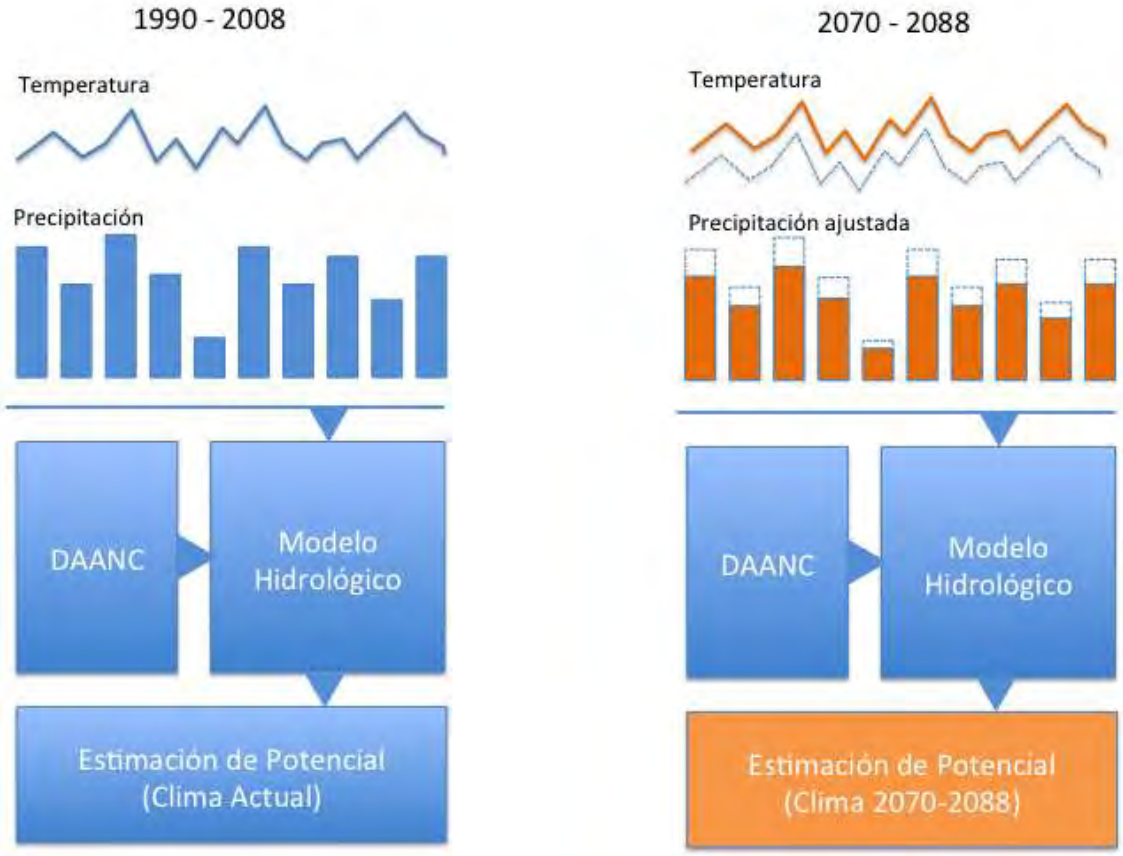
Los círculos indican los valores medianos de la distribución de resultados de los GCM disponibles. Las barras indican el rango inter-cuartil de la distribución. Cada color indica un RCP diferente: Verde = RCP2.6, Morado = RCP4.0, Naranjo = RCP6.5 y Rojo = RCP 8.5.

Figura 3.27.Mapa del patrón espacial de la variación porcentual de la temperatura (izquierda) y precipitación (derecha) para el escenarios RCP8.5



La precipitación es representada como un defecit con respecto al clima acual. Las cuencas del estudio se indican con formas rojas.

Figura 3.28.Diagrama esquemático que muestra la metodología que se está implementando para estimar el impacto del cambio climático en el potencial hidroeléctrico futuro.



Un objetivo específico del actual estudio es evaluar como los cambios en temperatura y precipitación descritos anteriormente afectarían el potencial hidroeléctrico disponible en las cuencas de interés del presente estudio. Para lograr dicho objetivo se procedió implementar una metodología basada en el mismo modelo utilizado para determinar el potencial hidroeléctrico actual. De esta manera se asegura que la estimación del impacto del cambio climático sea directamente comparable con la estimación del potencial presentado en las secciones anteriores.

A petición del Ministerio de Energía, se ha acordado aplicar dicha metodología a una zona extendida que abarca las cuencas del Maule, Biobío y Toltén, junto con las cuencas que corresponden al presente estudio.

La metodología funciona de la siguiente manera (ver también la Figura 3.28):

1. En base a los cambios de temperatura y precipitación proyectados para los diferentes escenarios climáticos se realizó ajustes en la temperatura y precipitación del modelo atmosférico que genera los datos de entrada para el sistema de modelación hidrológico (ver secciones 3.1 y 3.2). La implementación de este ajuste fue relativamente sencilla: Para la temperatura se aplicó un incremento constante, manteniendo la misma variabilidad del clima actual. En el caso de la precipitación se eliminaron de manera aleatoria episodios (días) de precipitación hasta lograr el cambio relativo proyectado por los GCM.

2. Luego se realizaron nuevas simulaciones hidrológicas forzadas con las variables meteorológicas ajustadas. Estas simulaciones permiten realizar una nueva estimación del potencial de escenario de cambio climático de manera consistente con la metodología utilizada para estimar el potencial hidroeléctrico para el clima actual. Cabe señalar que los cálculos involucrados son muy intensivos computacionalmente, especialmente considerando que se abarcará una zona que cubre prácticamente todo el centro-sur y sur del país. Por lo tanto sólo fue posible realizar una simulación para cada escenario, considerando el valor medio del cambio de la precipitación y temperatura.

Los cálculos mencionados anteriormente se aplicaron a la actual constelación de PCH, es decir, no se intentó calcular nuevas agrupaciones de centrales para el clima futuro. En otras palabras, la capacidad instalada se mantuvo fija y lo que entrega el análisis es una estimación del cambio del *rendimiento* de las PCH que se puede expresar en términos de su *potencia media* y *factor de planta*.

A continuación se muestran los resultados del cálculo de potencial para los escenarios climáticos futuros.

En la Figura 3.29 y en la Tabla 3.11 se presenta el cambio en valor medio de la potencia para cada cuenca del presente estudio. Como es de esperar, las proyecciones climáticas muestran una disminución del rendimiento medio respecto al clima actual. Para el periodo de corto plazo (2010 a 2040) esta disminución es relativamente pequeña siendo aproximadamente 3% menor que el rendimiento para el clima actual. Los impactos del cambio climático se vuelven más apreciables en el de mediano y largo plazo. Entre 2040 – 2070 se proyecta una caída en rendimiento hasta 8% (escenario RCP 8.5) mientras hacia los fines del siglo XXI el rendimiento podrá caer en alrededor 20% considerando el escenario de mayor emisión. La disminución de potencia media es levemente mayor en las cuencas de río Valdivia y río Bueno, consistente con los patrones espaciales del cambio de precipitación y temperatura que se analizaron anteriormente.

Un aspecto interesante del resultado de la estimación de potencial para los escenario futuros es que, en términos relativos, los cambios en el potencial son menores que los cambios en la precipitación media proyectada. Por ejemplo, en el escenario más severo (RCP8.5, 2070-2100) el cambio de potencial de la cuenca del Río Valdivia es -21% lo cual es menos que el cambio de la

precipitación media de 25% (ver Figura 3.26). A primera vista, este resultado parece sorprendente dado que se espera que el potencial hidroeléctrico dependerá en gran parte del recurso hídrico disponible, lo cual debe relacionarse directamente con la precipitación. La explicación tiene que ver con que en general, los PCH no utilizan todo el caudal disponible y por ende, son menos sensibles a cambios en los caudales durante las estaciones del año cuando generalmente hay un superávit (invierno, primavera).

Tabla 3.11.Cambio en la potencia media (MW) de los PCH debido a la influencia del cambio climático.

Cuenca	RCP	Presente	2010-2040	2040-2070	2070-2100
Valdivia	**RCP2.6**	996	970 (-3%)	963 (-3%)	973 (-2%)
	RCP4.5		964 (-3%)	936 (-6%)	931 (-7%)
	RCP6.0		968 (-3%)	950 (-5%)	962 (-7%)
	RCP8.5		962 (-3%)	912 (-8%)	790 (-21%)
Bueno	**RCP2.6**	922	900 (-2%)	895 (-3%)	903 (-2%)
	RCP4.5		894 (-3%)	872 (-5%)	868 (-6%)
	RCP6.0		898 (-3%)	881 (-4%)	856 (-7%)
	RCP8.5		894 (-3%)	847 (-8%)	718 (-22%)
Puelo	**RCP2.6**	591	576 (-2%)	572 (-3%)	578 (-2%)
	RCP4.5		573 (-3%)	563 (-5%)	559 (-5%)
	RCP6.0		576 (-2%)	564 (-4%)	547 (-7%)
	RCP8.5		573 (-3%)	543 (-8%)	478 (-22%)
Yelcho	**RCP2.6**	1.141	1.115 (-2%)	1.108 (-3%)	1.117 (-2%)
	RCP4.5		1.111 (-3%)	1.096 (-4%)	1.084 (-5%)
	RCP6.0		1.115 (-2%)	1.101 (-4%)	1.058 (-7%)
	RCP8.5		1.110 (-3%)	1.055 (-8%)	940 (-18%)

El diagrama presentado en la Figura 3.30 muestra un ejepmlo de una situación típica para una PCH. Esta central tiene un tope de uso de caudal de 18 m^3/s dado por su caudal de diseño que a la vez depende de los derechos de aprovechamiento de aguas. Durante la estación húmeda (mayo a noviembre) los caudales típicamente superan este umbral y la central funciona con un factor de planta cercano al 100%. En cambio, durante la estación seca la central generalmente opera con un rendimiento muy por debajo de su capacidad. El diagrama muestra series de caudales simulados para el clima actual y el clima futuro para un periodo de dos años. Se aprecia una disminución importante en el caudal *natural* (área azul) debido a la influencia de cambio climático, lo cual para el periodo en cuestión genera una disminución del caudal de 42%. Sin embargo, el caudal que es utilizado por la central (área naranja) es bastante menos afectado. Por ejemplo, entre mayo y noviembre del segundo año prácticamente no hay diferencia en el rendimiento de la central debido a que el caudal futuro, aunque reducido, sigue siendo suficiente para abastecer el total de la capacidad instalada. Para el periodo completo, la reducción de caudal utilizado (equivalente a generación eléctrica) por la central es -28%. Cabe señalar que el esquema presentado es válido soló para sistemas hidroeléctricos de pasada, ya que proyectos de embalse capturan toda o casi toda el agua disponible.

En la Figura 3.30, el panel superior muestra el caudal natural (azul) y utilizado (naranja) en la bocatoma de la central para el periodo 2007 a 2008. El caudal utilizado corresponde al que la central es capaz de aprovechar dadas las restricciones de caudal de diseño de la central (18 m^3/s) y el caudal ecológico (la diferencia entre el caudal natural y utilizado cuando el primero es menor que la capacidad de la central se debe a la reserva del caudal ecológico). El panel inferior muestra la el caudal natural y utilizado para el escenario del clima futuro (escenario RCP8.5 años 2070-2100) que considera los mismos años que el panel superior pero con temperaturas y precipitaciones perturbadas según el escenario climático. El área gris representa el caudal original del clima actual (igual que el panel superior).

Figura 3.29.Estimación del impacto del cambio climático en el rendimiento de los potenciales centrales

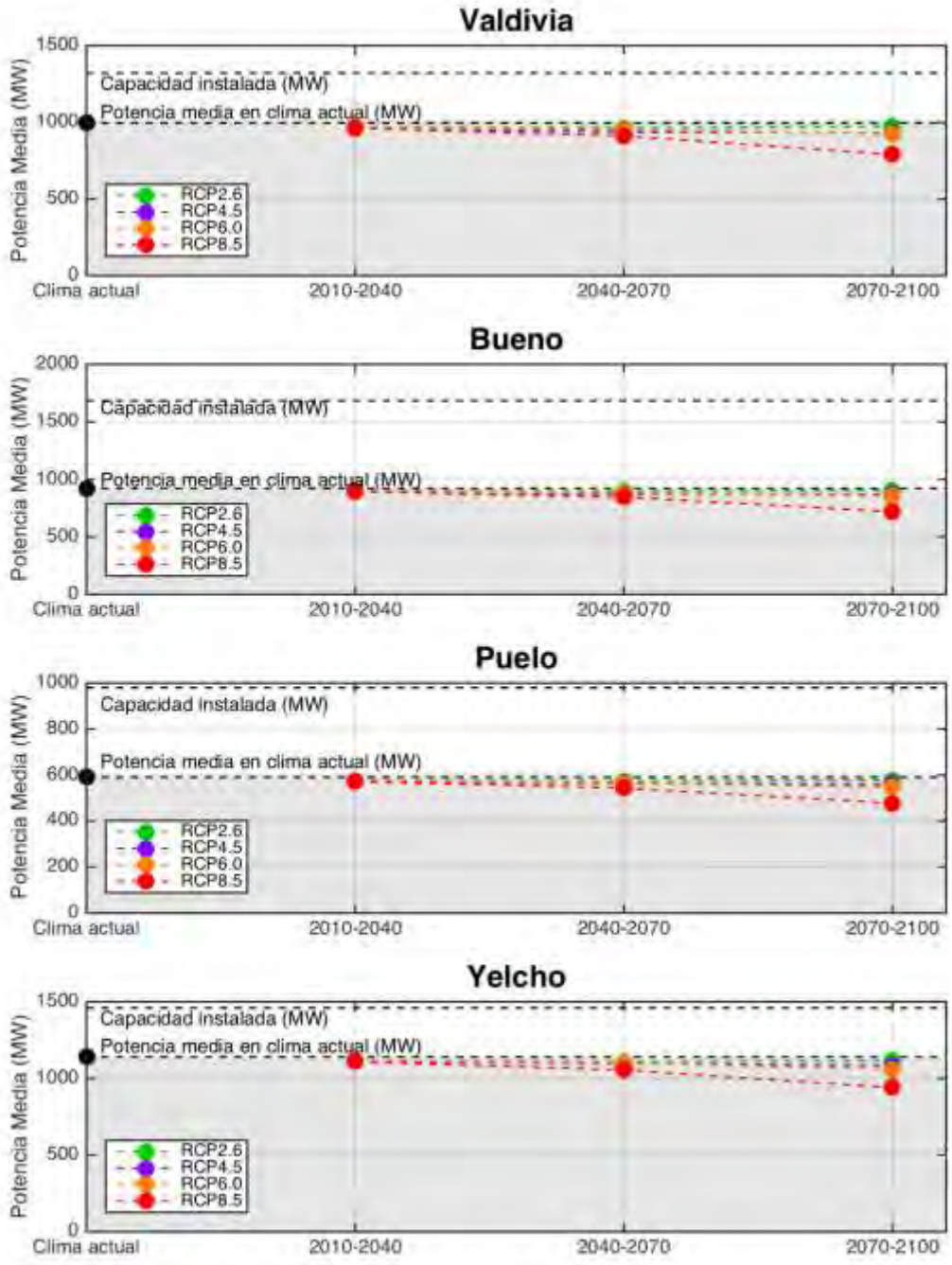
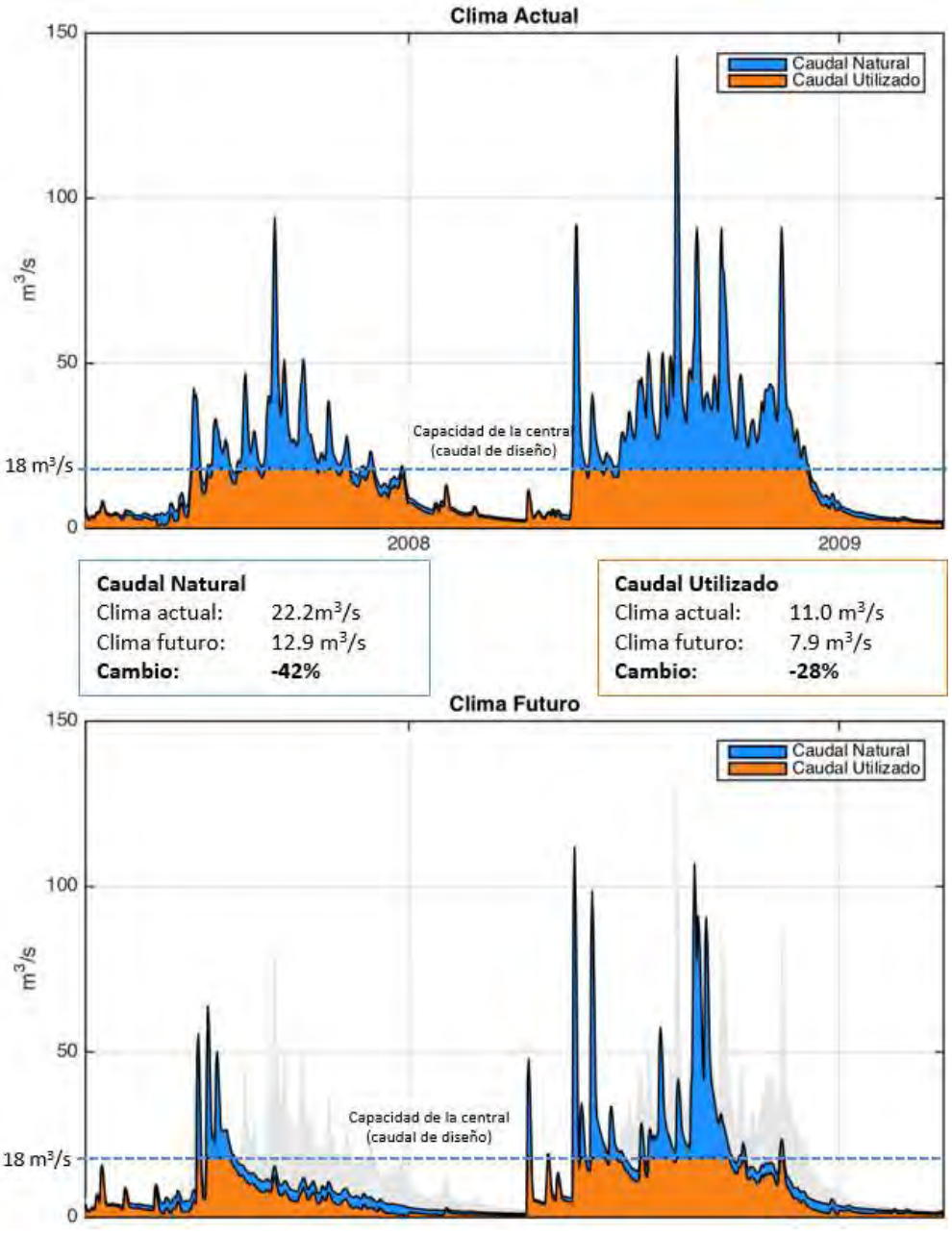


Figura 3.30.Ejemplo del impacto de cambio climático en el caudal disponible para una PCH en Chile Central



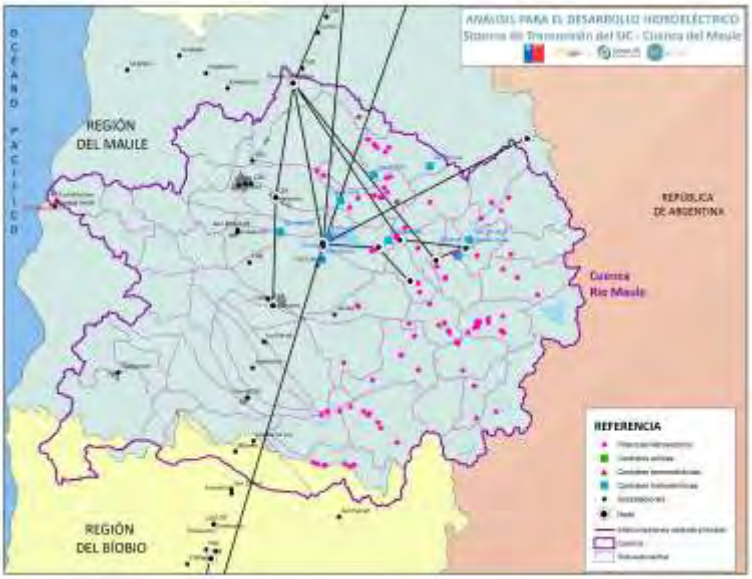
4 Transmisión

4.1 Metodologías de planificación

La infraestructura de transmisión es vital para el transporte de la energía desde las centrales generadoras (que pueden estar ubicadas en áreas remotas) a los centros de consumo. Así, el estudio de la transmisión, sus costos e impactos permiten identificar las ventajas y desventajas de conectar distintos recursos de generación al sistema. Por ejemplo, recursos de generación lejanos a los centros de consumo podrían presentar problemas asociados a la transmisión (altos costos, impactos, etc.) que hagan inviable su explotación. Además, desde un punto de vista privado los costos de inversión en transmisión pueden hacer que un proyecto de generación tenga ganancias (Valor Presente Neto positivo) o pérdidas (Valor Presente Neto negativo). Todo lo anterior justifica, tanto en términos de intervención territorial como en términos económicos, incluir la transmisión en el ejercicio de planificación que se desarrolla en este estudio.

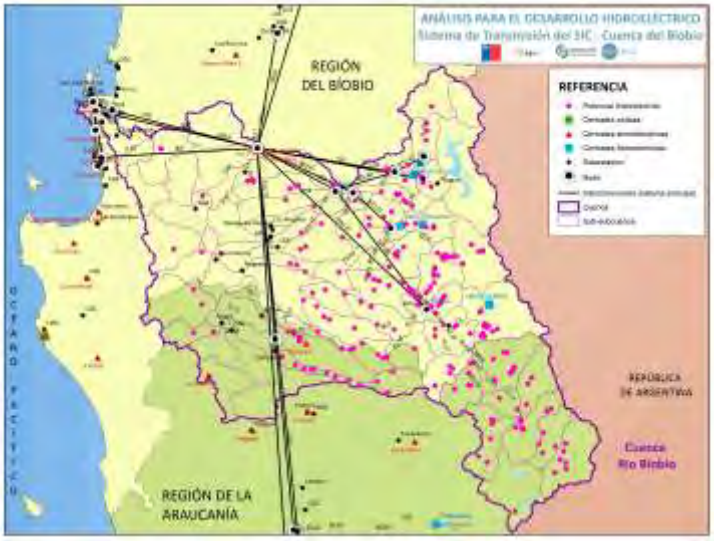
El desafío del problema de planificación eléctrica se ilustra en las figuras a continuación (Figura 4.1, Figura 4.2, Figura 4.3, Figura 4.4, Figura 4.5, Figura 4.6 y Figura 4.7), donde se muestra un esquema georreferenciado del sistema de transmisión existente y de las cuencas consideradas en este estudio, incluyendo el territorio abarcado tanto por la Universidad de Chile como por el Consorcio TECO PUC (instituciones que están coordinadas para la realización de esta tarea). En la figura se detallan, en círculos rosados los potenciales a nivel de subsubcuenca y la infraestructura de transmisión troncal y subtransmisión en color negro (líneas y círculos que se refieren a las subestaciones).

Figura 4.1.Mapa del sistema de transmisión del SIC – Zoom en la zona de la cuenca del Maule



Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

Figura 4.2. Mapa del sistema de transmisión del SIC – Zoom en la zona de la cuenca del Biobío



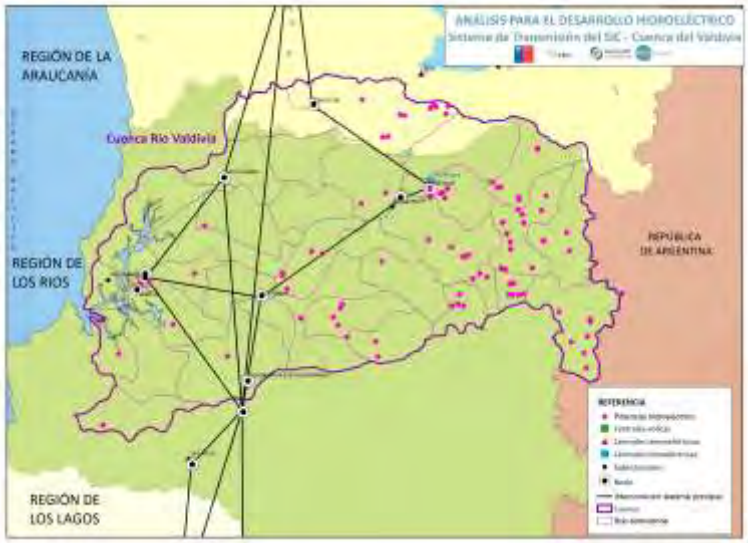
Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

Figura 4.3: Mapa del sistema de transmisión del SIC – Zoom en la zona de la cuenca del Toltén



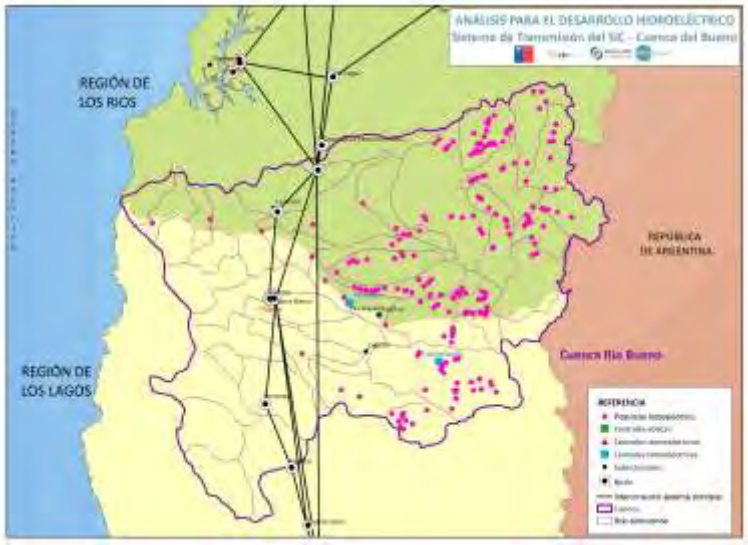
Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

Figura 4.4. Mapa del sistema de transmisión del SIC – Zoom en la zona de la cuenca de Valdivia



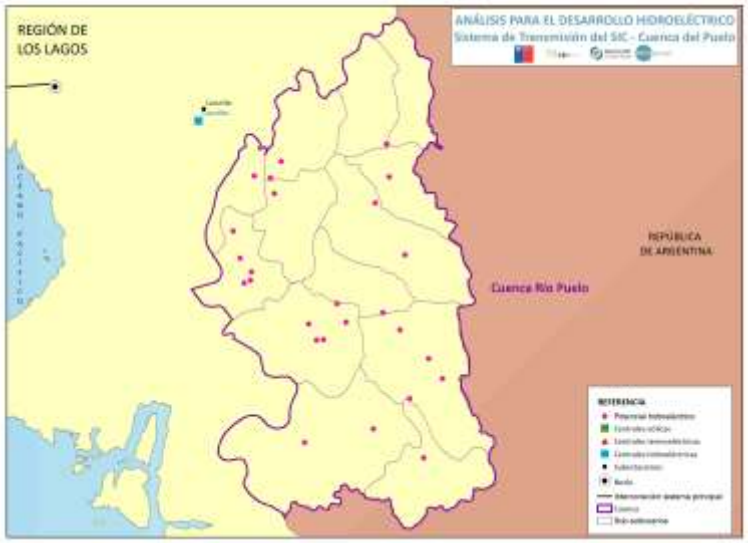
Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

Figura 4.5. Mapa del sistema de transmisión del SIC – Zoom en la zona de la cuenca de Bueno



Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

Figura 4.6. Mapa del sistema de transmisión del SIC – Zoom en la zona de la cuenca de Puelo



Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

Figura 4.7. Mapa del sistema de transmisión del SIC – Zoom en la zona de la cuenca de Yelcho



Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

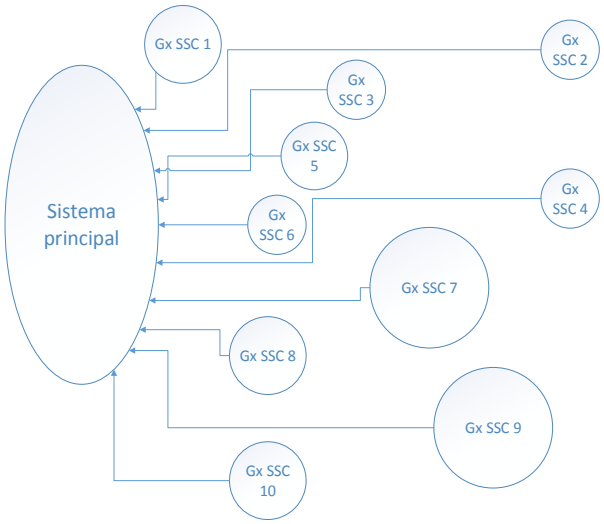
La metodología de planificación de la red eléctrica considerará distintas alternativas según niveles de coordinación de los agentes para la decisión de la inversión en nueva infraestructura, ya que esto ha demostrado tener gran influencia tanto en el trazado como en el costo de la nueva red necesaria para conectar generación renovable ubicada en áreas remotas del sistema (¨Strategic Development of North Sea Grid Infrastructure to Facilitate Least-Cost Decarbonisation¨, Goran Strbac, Rodrigo Moreno, Ioannis Konstantelos, Danny Pudjianto, Marko Aunedi, julio 2014), (por ejemplo, si los inversionistas que explotan el potencial hidroeléctrico no se coordinan para el diseño de la conexión de este potencial a la red eléctrica, es probable que cada uno resulte conectado de manera independiente y radial). Los detalles de esta metodología de planificación según niveles de coordinación se detallan a continuación.

Es importante destacar que el estudio realizado supone la premisa de desarrollar y transmitir todo el potencial hidroeléctrico disponible en las cuencas estudiadas. Esto corresponde a una situación **hipotética** para estudiar la infraestructura en transmisión necesaria para integrar el potencial hidroeléctrico. De este estudio, no obstante, es posible obtener costos de transmisión unitarios por MW de potencial hidroeléctrico conectado, en promedio.

4.1.1 Topología de red radial descentralizada

En esta alternativa se supone que por cada subsubcuenca se construye una subestación eléctrica desde la cual se conecta una línea de transmisión hacia el sistema de transmisión troncal o al sistema de subtransmisión que pueda evacuar el potencial de la subsubcuenca. Esta alternativa representa el mínimo nivel de coordinación por parte de los desarrolladores de proyectos de transmisión y se ilustra en la Figura 4.8.

Figura 4.8. Topología de red radial descentralizada

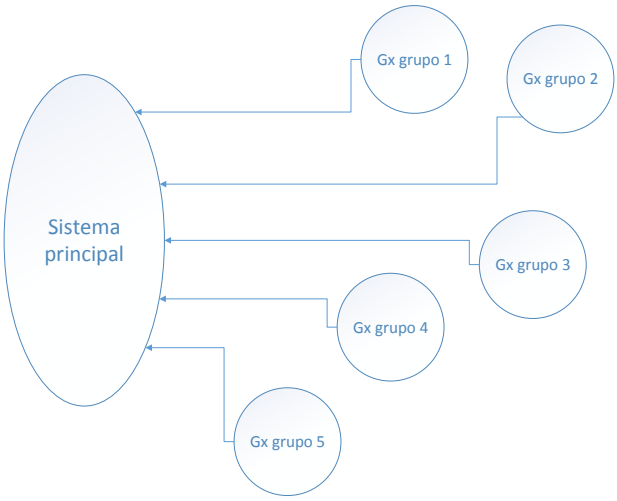


SSC: Subsubcuenca.
Gx: Generación al interior de la SSC.
Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

4.1.2 Topología de red radial con agrupaciones de subsubcuenca

Esta alternativa estudia agrupaciones de subsubcuenca, donde cada agrupación se conecta al sistema principal mediante una subestación "colectora", desde donde comienza una nueva línea de transmisión. Las agrupaciones serán determinadas de manera eficiente con el fin de minimizar el número de líneas nuevas construidas hacia el sistema de transmisión principal (por ejemplo, esto resultaría en la construcción de una subestación en un punto dentro de una agrupación de subsubcuencas que luego se conecte al sistema troncal mediante una nueva línea). Esto se ilustra en la Figura 4.9.

Figura 4.9.Topología de red radial con agrupaciones de subsubcuenca



Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

4.1.3 Topología de red integrada con agrupaciones de subsubcuenca

Esta alternativa considera las mismas agrupaciones de subsubcuenca descritas en la sección anterior, pero en lugar de una conexión radial de cada agrupación al sistema, se determina la topología óptima de transmisión asumiendo una máxima coordinación en el desarrollo de nueva infraestructura. Esta metodología trae como consecuencia mayor número de opciones en la interconexión de las agrupaciones de subsubcuenca. Por ejemplo, en la Figura 4.10 y Figura 4.11 se muestran dos alternativas factibles de interconexión de agrupaciones al sistema principal (existen más alternativas factibles, de las cuales se debe escoger la más eficiente). Este caso supone una planificación integrada, con el mínimo impacto posible, en uso de territorio y costo, con un rol estratégico de coordinación por parte del planificador y con una visión de largo plazo. En esta alternativa, el modelo de optimización desarrollado decide la configuración óptima entre grupos de generación de las subsubcuenca.

Figura 4.10. Topología de red integrada con agrupaciones de subsubcuenca, opción 1 (de un conjunto de muchas opciones)

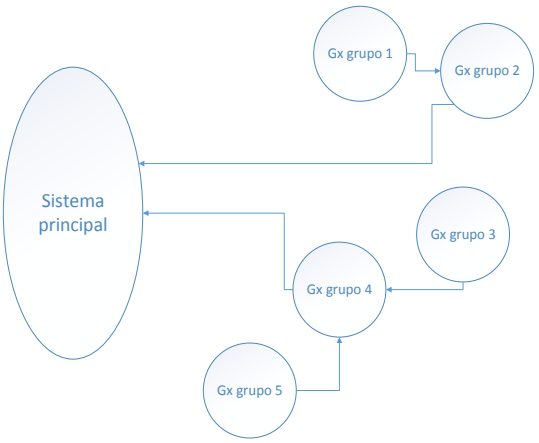
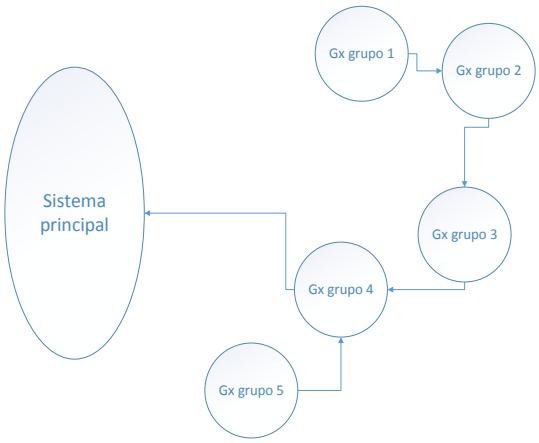


Figura 4.11.Topología de red integrada con agrupaciones de subsubcuenca, opción 2 (de un conjunto de muchas opciones)



Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

Finalmente, cabe destacar que, para las tres alternativas de desarrollo de infraestructura de transmisión presentadas en las secciones anteriores, se consideran también los posibles refuerzos de transmisión que podrían ser necesarios en el sistema principal (por ejemplo, en las líneas del sistema de transmisión troncal). Para esto, se cuenta con un modelo de programación entera mixta que determina el plan óptimo de expansión (de mínimo costo) del sistema de transmisión tomando en consideración cada una de las exigencias planteadas, además de restricciones técnicas del modelo de despacho del Sistema Interconectado Central (SIC), y posibles puntos de conexión para evacuar el potencial hidroeléctrico estudiado. Es decir, el modelo de optimización decide óptimamente cómo y dónde se debe reforzar el sistema troncal de manera de simultáneamente: (i) evacuar todo el potencial hidroeléctrico, (ii) satisfacer la demanda eléctrica y (iii) lograr la operación a mínimo costo que satisface (i) y (ii).

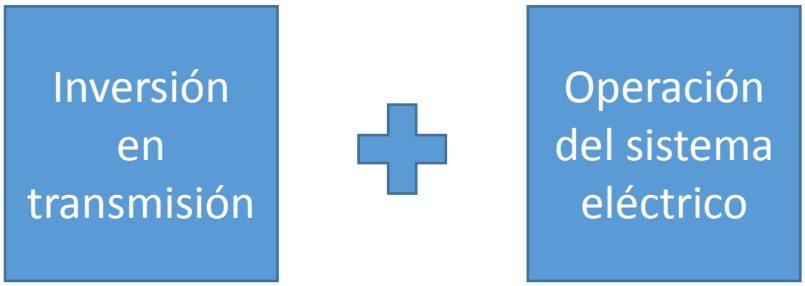
Una característica importante de la modelación es que considera a la subsubcuenca como a la unidad de menor tamaño (indivisible), por lo que se ignoran las conexiones de red internas a la subsubcuenca (a nivel de proyectos). Así, cada subsubcuenca presenta un punto de conexión al sistema principal de transmisión que corresponde al punto de restitución de la central[37] más baja dentro de la subsubcuenca.

[37] La metodología de estimación de potencial hidroeléctrico se basa en la información de DAANC (Derechos de Aprovechamiento de Aguas No Consuntivos).

4.2 Modelo de optimización

En este estudio se ha desarrollado e implementado un modelo de optimización capaz de ayudar al proceso de decisión entregando la inversión óptima en transmisión bajo diferentes escenarios de coordinación. Se desarrolla un análisis de costo–beneficio basado en un modelo de optimización de la planificación eléctrica. El modelo es capaz de determinar las inversiones óptimas en la infraestructura de red, simulando la operación del sistema mediante un modelo de despacho de la generación a mínimo costo, dado un parque generador e incluyendo una variedad de escenarios hidrológicos y de generación renovable. La función objetivo a minimizar del modelo es la siguiente:

Figura 4.12. Función de costos totales del problema de planificación



Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

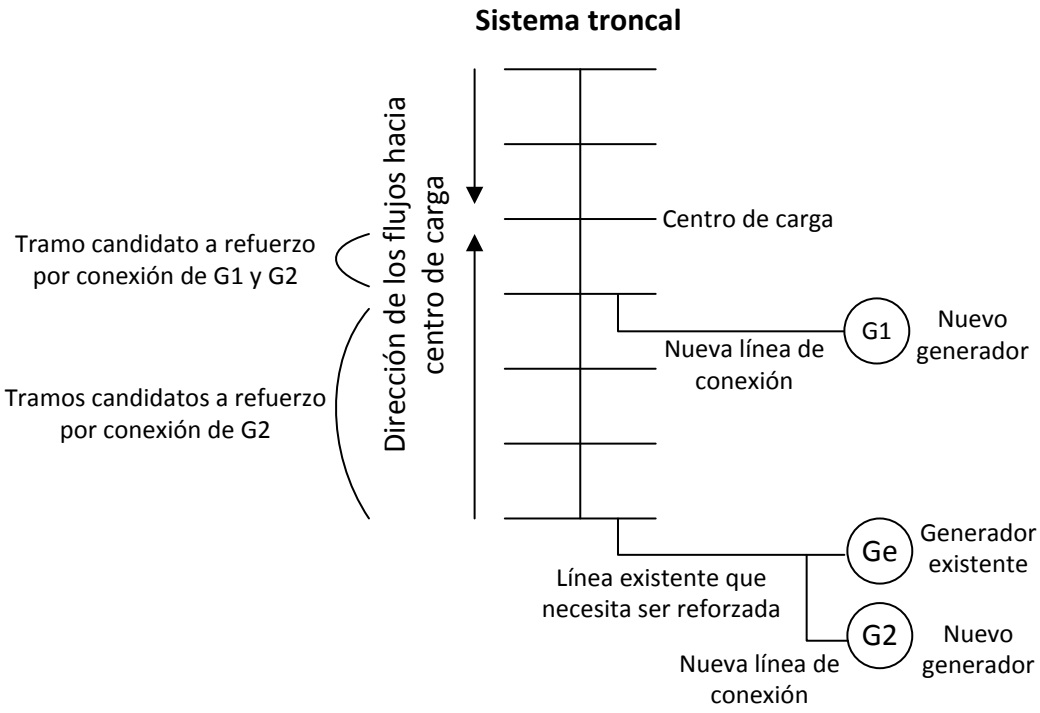
Las principales características del modelo son:

(i) La inversión en transmisión es establecida tomando en consideración los costos fijos y variables correspondientes a los proyectos. De esta forma el modelo captura los efectos de economías de escala en la inversión en transmisión. Además se destaca que esta decisión es estocástica, tomando como incertidumbre los distintos tipos de hidrologías que pueden existir en un año, lo que influye en los patrones de flujos sobre el sistema eléctrico.

El diseño de la red contempla tanto la construcción de nuevas líneas para conectar el potencial hidroeléctrico como los refuerzos necesarios en el sistema principal (troncal o subtransmisión) para sustentar las transferencias de energía entre los distintos puntos de la red eléctrica. Esto es importante ya que el punto de conexión puede ser una línea de subtransmisión o adicional (de otro propietario) que necesite refuerzos importantes para recibir las inyecciones de la nueva central (o conjunto de centrales, ver caso de G2 en la Figura 4.13). Asimismo, los costos de integración debido a los refuerzos necesarios en el resto del sistema son mayores dependiendo de la distancia del proyecto al centro de carga del sistema (y no de la distancia del proyecto a su punto más cercano a la red de

transmisión - comparar refuerzos necesarios en el sistema troncal para G1 y G2 en Figura 4.13), y esto también será considerado.

Figura 4.13. Nuevas líneas y refuerzos necesarios para la integración de nueva generación



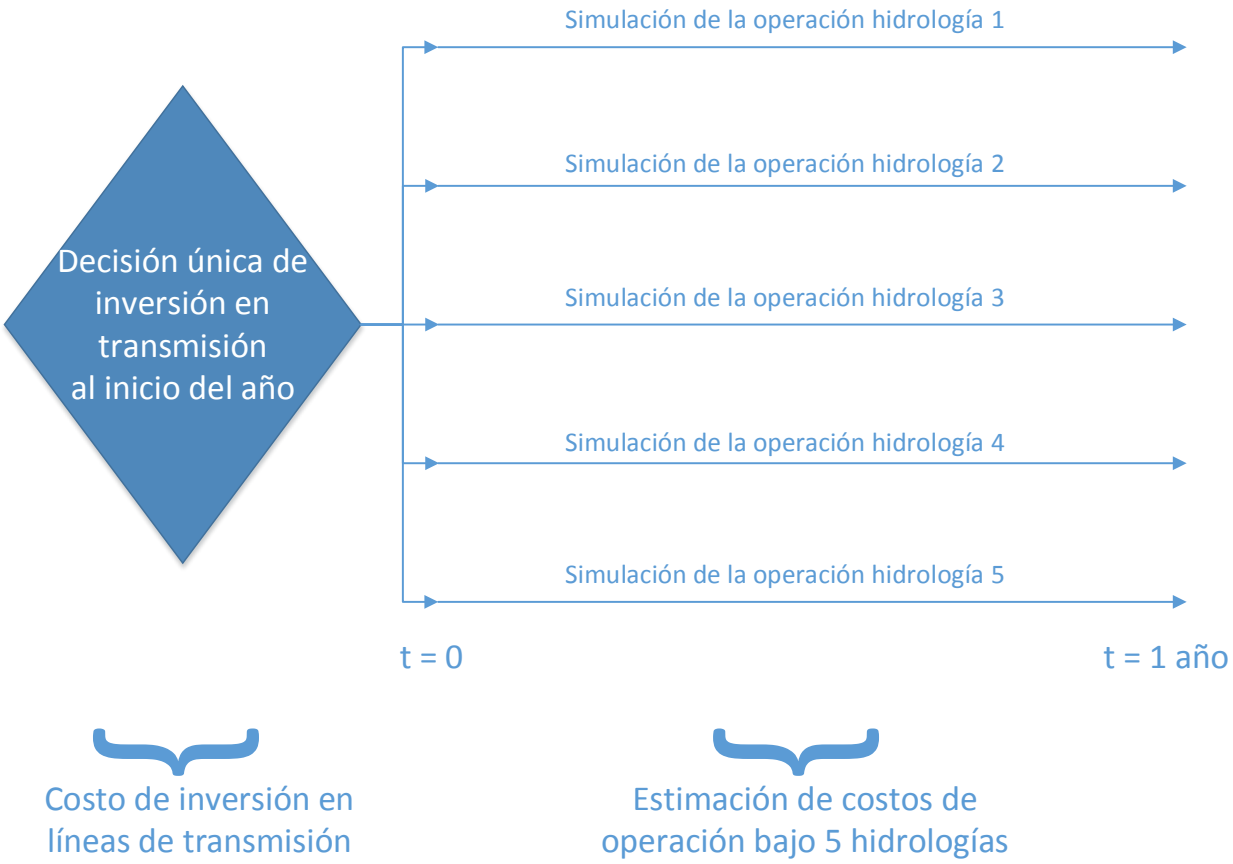
Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

(ii) El modelo es capaz de capturar distintos escenarios sobre el comportamiento hidrológico que puede existir a futuro, tomando decisiones robustas de inversión en transmisión al considerar diferentes pronósticos de hidrologías, basados en las hidrologías históricas. Además, cada uno de los años hidrológicos considerados cuenta con "etapas", las cuales capturan las variabilidades de afluentes hídricos para las distintas estaciones del año (las que pueden llegar a ser bastante significativas). Esto se ilustra en la Figura 4.14, donde se resume dicha metodología considerando varios años hidrológicos, cada uno de estos constituidos por las cuatro etapas correspondientes a las estaciones del año.

(iii) Por otra parte, en cada etapa se considera la variación de la demanda eléctrica y la disponibilidad de la generación renovable eólica y solar, pudiendo el modelo así capturar las diferencias en la operación del sistema a lo largo del año. De esta forma, el modelo

logra capturar parte de la variabilidad propia de los recursos renovables intermitentes, lo cual es relevante para una representación adecuada de la operación del sistema eléctrico.

Figura 4.14. Estimación de costos para la toma de decisión de inversión en transmisión bajo distintas condiciones hidrológicas



Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

4.3 Relación de los OdV con el desarrollo de la transmisión eléctrica

En la metodología descrita anteriormente, no se ha descrito el impacto de los OdV en la longitud y, consecuentemente, los costos de la transmisión eléctrica a desarrollar para evacuar el potencial hidroeléctrico de las cuencas estudiadas. Sin embargo, este es un punto clave de este estudio. Aquí se presenta una breve descripción conceptual sobre la metodología usada.

En términos generales, se elabora un mapa de las cuencas que indica distintos factores de dificultad (o penalización), por áreas, que impactarán el trazado en línea recta de las líneas de transmisión. Dichos factores fueron estimados en base la interacción de los distintos OdV con el desarrollo de los proyectos de transmisión eléctrica, lo que puede diferir de la interacción de los mismos OdV con el desarrollo de proyectos de generación eléctrica.

Una vez que se elaboran los mapas indicativos del nivel de dificultad para establecer el trazado de las líneas de transmisión, se realiza una estimación de la longitud y del costo de la transmisión necesaria para evacuar el potencial hidroeléctrico estudiado, bajo los diferentes esquemas de coordinación mencionados en las secciones anteriores.

De este modo, la longitud y los costos de las líneas adicionales, que inicialmente son trazadas en líneas rectas conectando el potencial hidroeléctrico con el sistema principal, serán penalizados por factores que dependen de la cercanía de la línea a un área de interés. Para esto se definen zonas de buffer alrededor del área de interés (que se desea proteger/penalizar) con el fin de penalizar en un mayor grado la longitud y el costo de la línea en la medida que el trazado de ésta (asumiendo una trayectoria en línea recta entre la subsubcuenca y la subestación del sistema principal) pase más cerca de dicha área de interés. Las distintas áreas de interés y las penalizaciones para cada zona de buffer se ilustran en la Tabla4.1. Los OdV que no aparecen en la Tabla 4.1 no se han considerado, asumiendo que su participación no sería restrictiva respecto del desarrollo de la transmisión. Básicamente, se consideran dos tipos de penalizaciones: (i) una penalización de 1.000, para indicar que ese OdV es relevante para la planificación del desarrollo de la transmisión y, probablemente, implicará un trazado más largo de la línea y, consecuentemente, un mayor costo de la misma y (ii) una penalización de 5, para indicar que existe un OdV en la misma área de desarrollo de la transmisión, que implica una cierta restricción, aunque menor, para el desarrollo de la transmisión y, probablemente, no implicará mayores alteraciones en el trazado y costo de las líneas. Estos factores de penalización fueron determinados en acuerdo y en base a juicio experto de los integrantes de los equipos Universidad de Chile y Consorcio TECO PUC.

Tabla 4.1.Áreas de interés y penalizaciones para cada zona de buffer.

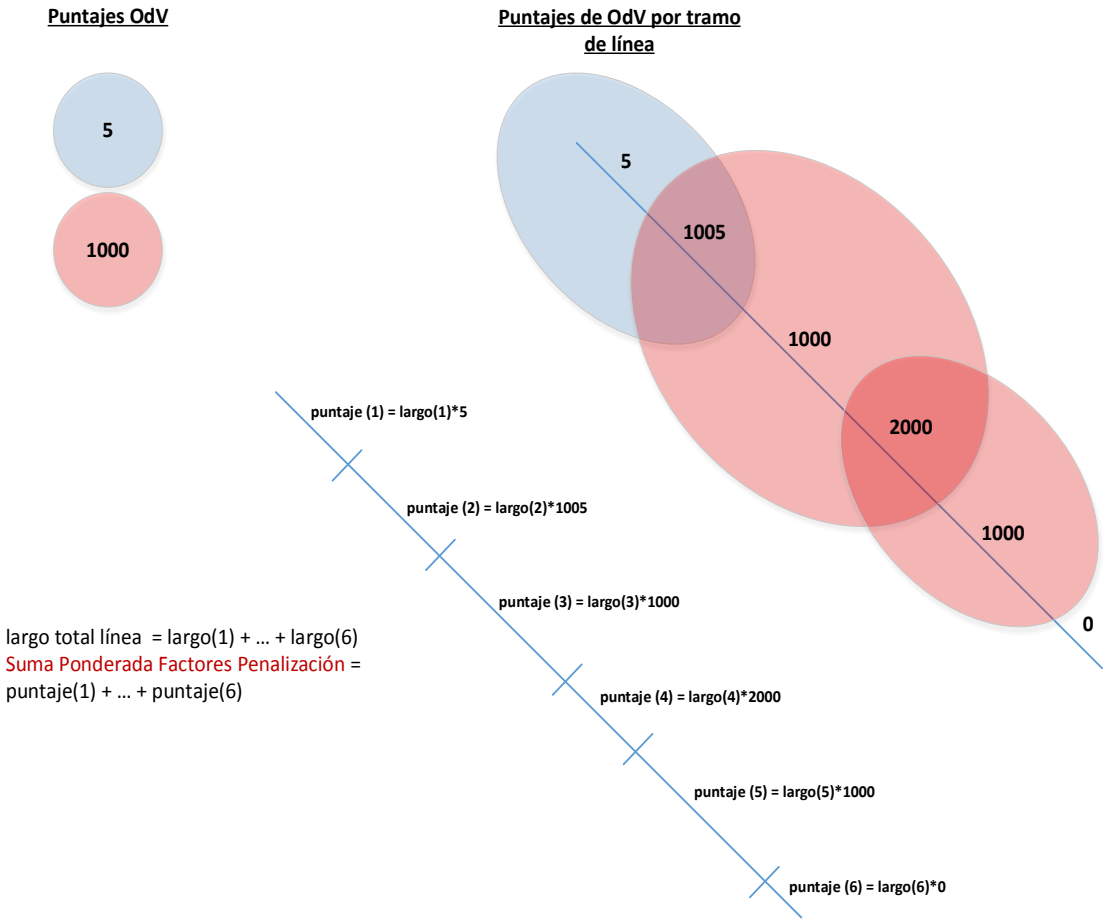
Tipo de OdV		**Penalización (Buffer 0km)**	**Penalización (Buffer 5km)**	**Penalización (Buffer 10km)**	**Penalización (Buffer 20km)**
Diversidad de Especies					
T.10	Áreas protegidas Parques Nacionales	1.000	5	0	0
T.11	Áreas oficiales para la conservación	1.000	5	0	0
T.12	Áreas de conservación de interés privados y sitios prioritarios	1.000	5	0	0
T.1	Especies Terrestres en categoría de amenaza	1.000	5	0	0
T.2	Especies Terrestres Endémicas	1.000	5	0	0
Áreas que contienen Ecosistemas raros, amenazados o en peligro					
F1 y T8	Ecosistemas fluviales y terrestres en catergoría de amenaza	1.000	5	0	0
Valores culturales					
C.1.1	Sitios de significación cultural	1.000	5	5	5
C.1.2	Relevancia de tierra Indígena	1.000	5	5	5
C.1.3	Relevancia áreas de	1.000	5	5	5

Tipo de OdV		Penalización (Buffer 0km)	Penalización (Buffer 5km)	Penalización (Buffer 10km)	Penalización (Buffer 20km)
	desarrollo Indígena				
C.1.4	Relevancia demandas de tierras índigena	1.000	5	5	5
C.1.5	Presencia de comunidades indígenas	1.000	5	5	5
C.2.1	Sitios arqueológicos	1.000	5	5	5
C.2.2	Sitios de alto valor paisajísticos	1.000	5	5	5
C.2.3	Sitios de significación cultural y de manifestaciones o actividades culturales	1.000	5	5	5
Objetos de Valoración Económico Productivos					
P.3	Servicios Sanitarios	1.000	0	0	0
P.4	Actividad turística	1.000	5	5	5
P.5	Actividad acuícola	1.000	0	0	0

Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

La penalización de costo se realizará mediante un aumento en el largo de la línea, considerando que ésta debe evitar el área de interés mediante una selección de un mejor trazado. La idea principal se ilustra en la Figura 4.15, donde un trazado de transmisión (que se asume inicialmente en línea recta) pasa por distintas zonas valoradas (con presencia de OdV) que presentan distintos factores de penalización, los que –en este caso– determinan cinco tramos en el trazado de la línea, determinándose la suma ponderada de factores de penalización.

Figura 4.15. Penalización líneas de transmisión



Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

Dado que la suma ponderada de factores de penalización podría resultar un número elevado, éste se escala por un único factor "Base" para todas las líneas del sistema con el fin de tener una penalización no más allá del doble del largo original de la línea y esto es consistente con lo observado en la práctica[38]. Así, se utiliza la siguiente fórmula (donde L' es el largo penalizado y L es el largo original considerando una línea recta entre la subsubcuenca y el punto de conexión, que puede ser al sistema principal u otra subsubcuenca. El parámetro "Base" corresponde a una normalización en función del número de OdV y largo asociados a una línea candidata que se debe escoger caso a caso y que establece que , como máximo, el largo de una línea se puede duplicar producto de la presencia de OdV):

[38] Esto se consultó con expertos del sector eléctrico.

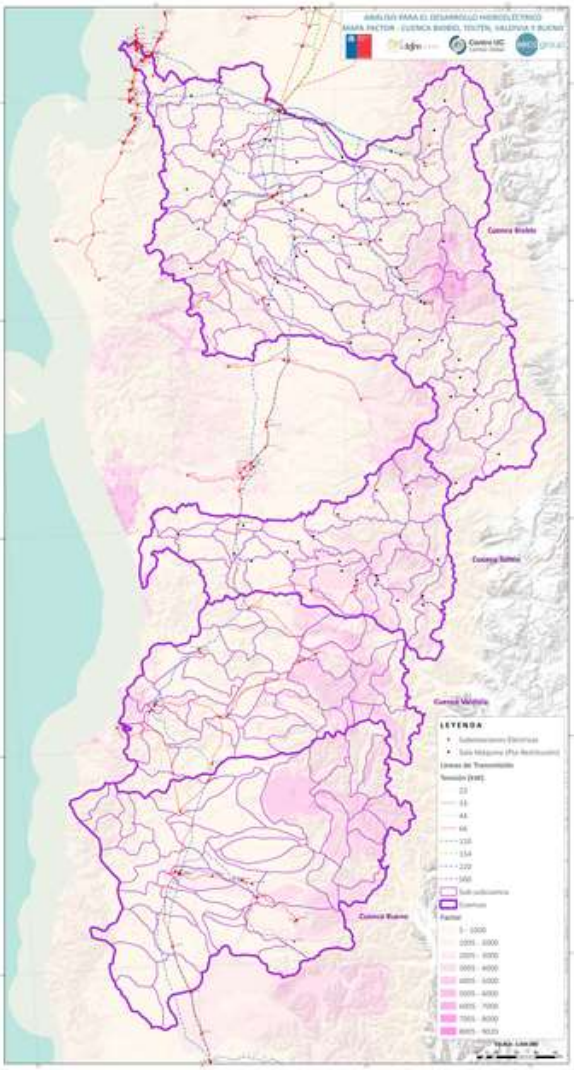
$$L' = L * \left(1 + \frac{Suma\ Ponderada\ Factores\ Penalización}{Base}\right)$$

Donde:

$$1 \leq \left(1 + \frac{Suma\ Ponderada\ Factores\ Penalización}{Base}\right) \leq 2$$

En la Figura 4.16 , a modo de ejemplo, se muestra cómo lucen las áreas de interés que se busca proteger mediante factores de penalización en el caso delas cuencas de Biobío, Toltén, Valdivia y Bueno (a mayor intensidad/sombreado del color rosado, mayor es la penalización).

Figura 4.16.Mapa con suma de factores de penalización para las cuencas del Biobío, Toltén, Valdivia y Bueno



Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

4.4 Datos de entrada

4.4.1 Sistema eléctrico de transmisión

El sistema de transmisión modelado para este ejercicio contempla una versión estilizada del sistema nacional completo (SIC y SING) definido por la Comisión Nacional de Energía (CNE) para realizar el cálculo de precio nudo de corto plazo (Comisión Nacional de Energía, 2015).

Tomando en consideración que el desarrollo hidroeléctrico actual y el potencial en estudio se concentra en la parte centro-sur del sistema, y con el objetivo de reducir la carga computacional del modelo, se ha decidido simplificar el sistema principal SIC+SING desde el sector de Itahue hacia el norte, lo que también incluye al sistema SING. Para el resto del sistema eléctrico (de Itahue hacia el Sur) se utiliza la misma representación de la red de transmisión observada en los ejercicios de tarificación de la CNE. Así, se analiza una red eléctrica de gran tamaño con 91 nodos y 116 tramos (líneas y transformadores) en cuatro niveles de voltaje (500, 220, 154 y 66 kV) en el sistema principal; y 161 subsubcuencas.

Con respecto a la demanda utilizada, se utilizaron escenarios de demanda al año 2050. El detalle de la demanda utilizada se presenta más adelante en el informe y corresponde a las proyecciones realizadas en el contexto de la Hoja de Ruta 2050, (Comité Consultivo de Energía 2050, septiembre 2015,Ministerio de Energía).

4.4.2 Modelo de costos del sistema de transmisión

La expansión de la red de transmisión considera la necesidad de ampliar aquellos tramos existentes del sistema principal (sistema de transmisión troncal más el de subtransmisión), en conjunto con la inversión necesaria para integrar las subsubcuencas mediante líneas adicionales.

4.4.2.1 *Costos de transmisión de líneas adicionales para integración de los potenciales de las subsubcuencas*

En el caso de las subsubcuencas se ha hecho la diferenciación de costos de redes de transmisión de 220 kV para las interconexiones de los potenciales de las subsubcuencas al sistema principal y de 110 KV para las interconexiones entre los potenciales de las subsubcuencas, siendo estas líneas inversiones candidatas nuevas que presentan una función de costos como la siguiente:

- Costos fijos: representando el valor de la inversión más los costos de operación, mantenimiento y administración asociados a paños de líneas en subestaciones e instalaciones de subestación (8,4 y 1,4 MMUS$ por doble circuito de 220 y 110 kV, respectivamente, e incluye subestaciones de llegada y salida).
- Costos por servidumbre: con un valor promedio de 1,4 US$/$m^2$ y considerando una franja de 50 metros de ancho.
- Costos variable: costo unitarios por unidad de potencia (1.209 y 1.430 US$/MW.km por doble circuito de 220 y 110 kV), asociados a costos del conductor y torres para un doble circuito con capacidad segura, utilizando el criterio de seguridad N-1.

4.4.2.2 *Costos de transmisión de líneas troncales y subtransmisión (sistema principal)*

En el caso de las líneas del sistema de transmisión principal, como sistema base se considera aquellas obras existentes, en construcción y recomendadas (Comisión Nacional de Energía, 2015) publicado por la CNE. Estos tramos también pueden ser expandidos como resultado de la optimización, considerando los requerimientos del parque generador hacia 2050 (año donde se asume que estará disponible todo el potencial hidroeléctrico de las cuencas estudiadas). Los costos involucrados para líneas y transformadores son los siguientes:

Líneas

- Costos fijos: representando el valor de la inversión más los costos de operación, mantenimiento y administración asociados a paños de líneas en subestaciones e instalaciones comunes (26,2 y 8,4 MMUS$ por doble circuito de 500 kV y menor a 500 kV, respectivamente e incluye subestaciones de llegada y salida).
- Costos por servidumbre: con un valor promedio de 1,4 US$/$m^2$ y considerando una franja de 50 metros de ancho.
- Costos variables: costos por unidad de potencia (646 y 1.209 US$/MW.km por doble circuito de 500 y menor a 500 kV, respectivamente), asociados a costos del conductor y torres para un doble circuito con capacidad segura, utilizando el criterio de seguridad N-1.

Transformadores

- Costos fijos: representando el valor de la inversión más los costos de operación, mantenimiento y administración asociados a paños en subestaciones e instalaciones comunes (17,4 MMUS$).
- Costos variable: costo unitarios por unidad de potencia (21.200 US$/MW).

Para el cálculo de las anualidades se utilizó una tasa de descuento del 10% y una vida útil de 40 años para todos los activos de la transmisión.

4.4.3 **Parque generador**

El parque generador considerado en este estudio está basado en la visión del sector hacia el año 2050 que se ha publicado (Ministerio de Energía, 2015), con una participación de la generación renovable (incluyendo hidroelectricidad) del orden del 70%. Ya que en ¨Hoja de Ruta 2050¨, de septiembre 2015 del Ministerio de Energía, se consideró un análisis uninodal, la localización de la generación nueva en este estudio se determinó escalando la generación considerada al año 2030 en el plan de obras de la CNE en su informe de precio nudo de manera tal de alcanzar las cifras

para cada tecnología de ¨Hoja de Ruta 2050¨, publicada por el Ministerio de Energía. A continuación se presenta un resumen de las capacidades instaladas actualmente (fines de 2015) y futuras.

Tabla 4.2. Capacidad instalada actual y al 2050 (en MW) – año 2050 es utilizado para las simulaciones

Tecnología	Capacidad actual	Capacidad Total Estudio (2050)	Costo Variable USD/MWh
Biomasa/Cogeneración	444	130	25,0
Geotermia	-	75	-
Eólica	909	5.411	7,7
Solar	592	3.130	-
Hidráulica de pasada/serie	3.068	4.244	-
Embalse	3.407	3.407	-
Hidráulica subsubcuencas estudio		**10.890**	-
Carbón	4.478	5.080	41,0
Gas Natural/GNL	3.166	3.864	63,8
Diésel	3.546	5.631	146,0
TOTAL SIC+SING	19.610	41.862	25,0

Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

4.4.4 Supuestos sobre la hidrología

El nivel de incertidumbre de la generación hidroeléctrica es incorporado en el modelo a través de un set de escenarios representativos de la estadística histórica de los afluentes hidrológicos. Se definen cinco tipos de hidrologías de interés, las cuales están asociadas a los años hidrológicos que se resumen en la Tabla 4.3 siguiente.

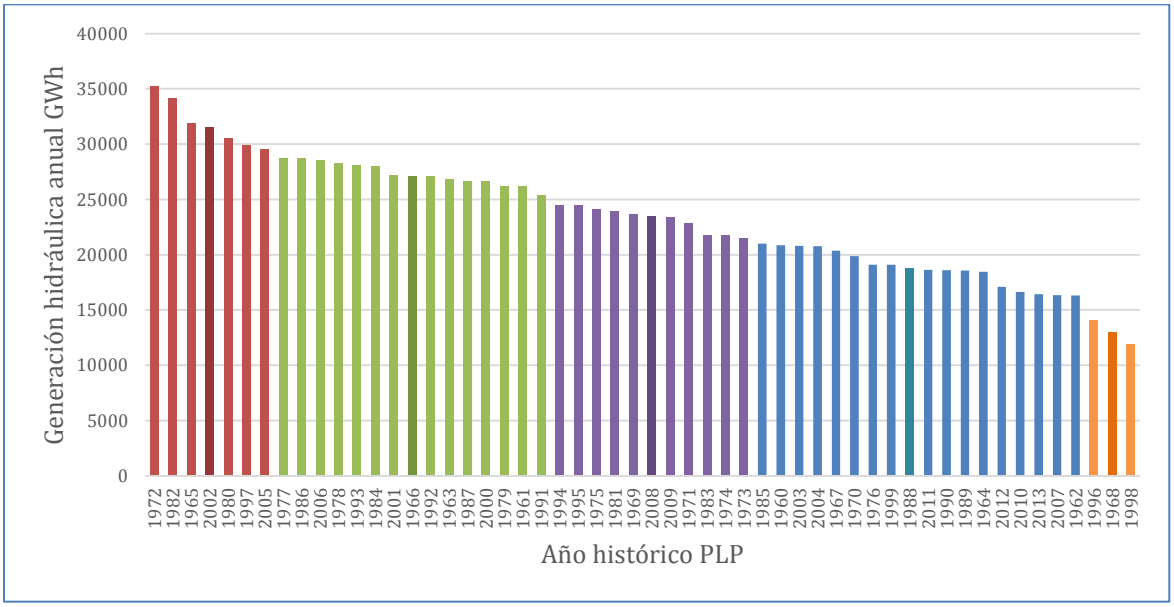
Tabla 4.3.Hidrologías utilizadas en el modelo

Tipo de hidrología	Año hidrológico
Húmeda	2002
media-húmeda	1966
Media	2008
media-seca	1988
Seca	1968

Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

Las hidrologías representativas de cada nivel son determinadas mediante un método de clustering que determina familias hidrológicas y un "centroide" representativo de cada familia, considerando la estadística presentada en la Figura 4.17, obtenida desde las bases de datos del CDEC-SIC[39] (en color más oscuro se destacan las hidrologías utilizadas en este estudio como representativas). En la Figura 4.17 la generación anual equivalente corresponde a la energía afluente total en cada año hidrológico asumiendo un rendimiento promedio del parque de generación hidroeléctrico instalado.

Figura 4.17. Generación anual equivalente de centrales hidroeléctricas a nivel nacional por año hidrológico – hidrologías representativas destacadas



Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

4.4.5 Escenarios de operación: niveles de demanda, generación solar y eólica

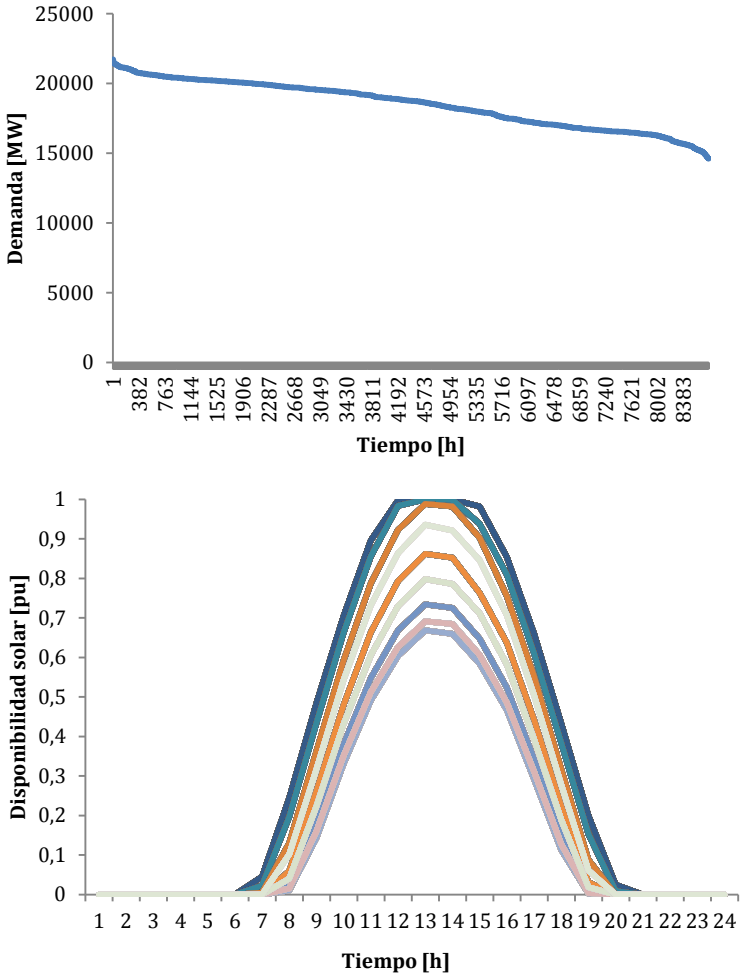
Se escogen 10 condiciones de operación o "bloques" representativos por cada estación de año (verano, invierno, primavera otoño) de distintos estados del sistema eléctrico con respecto a sus niveles de demanda y de disponibilidad del recurso solar y eólico, entre otros (también se consideran distintas disponibilidades para el resto de las tecnologías de generación). Este número de bloques representa un compromiso razonable entre la exactitud del modelo y sus tiempos de cómputo (al aumentar el número de condiciones de operación el tiempo de cómputo aumenta exponencialmente). Para esto, se discretizan los niveles de demanda observados durante el año en

[39] Centro de Despacho de Carga del Sistema Interconectado Central

combinación con los niveles de disponibilidad del recurso solar y eólico, considerando sus correlaciones. La idea, es identificar aquellas combinaciones de demanda, generación solar y eólica que son representativas para efectos de la estimación de costos de operación del sistema eléctrico, lo que corresponde a una práctica estándar en el sector.

En lafigura 4.18 se presentan los perfiles de demanda (curva de duración) y de disponibilidad del recurso solar observados y proyectados para el sistema nacional. La demanda alcanza un nivel máximo de 21,7 GW y un consumo de 162 TWh, según las estimaciones publicadas en ¨Hoja de Ruta 2050¨, de septiembre 2015 del Ministerio de Energía, asumiendo un crecimiento bajo del Producto Interno Bruto (PIB).

Figura 4.18.Curva de duración de demanda y perfiles solares utilizados.



Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

Nótese que la modelación considera 10 escenarios de demanda, disponibilidad eólica y solar en cada estación, cuatro estaciones por año y cinco tipos de hidrología. Así, el modelo considera un total de 200 condiciones de operación que representan una combinatoria de distintos eventos que pueden ocurrir en el horizonte de análisis (niveles de demanda, disponibilidad solar, disponibilidad eólica, varias disponibilidades del recurso hidráulico y de otras tecnologías de generación, etc.).

4.4.6 Potencial hidroeléctrico a desarrollar

Interesa conocer los efectos sobre las inversiones de transmisión del desarrollo de aproximadamente 10,9 GW de potencial hidroeléctrico adicionales ubicados a lo largo de las siete cuencas que forman parte de este estudio (abordadas por los equipos UCH-PUC-TECO) según se ilustra en la Tabla 4.4, analizada en el capítulo de potencial hidroeléctrico. A partir de este análisis es posible determinar el costo de transmisión asociado al desarrollo de distintas subsubcuencas.

Tabla 4.4.Potenciales hidroeléctricos por cuencas

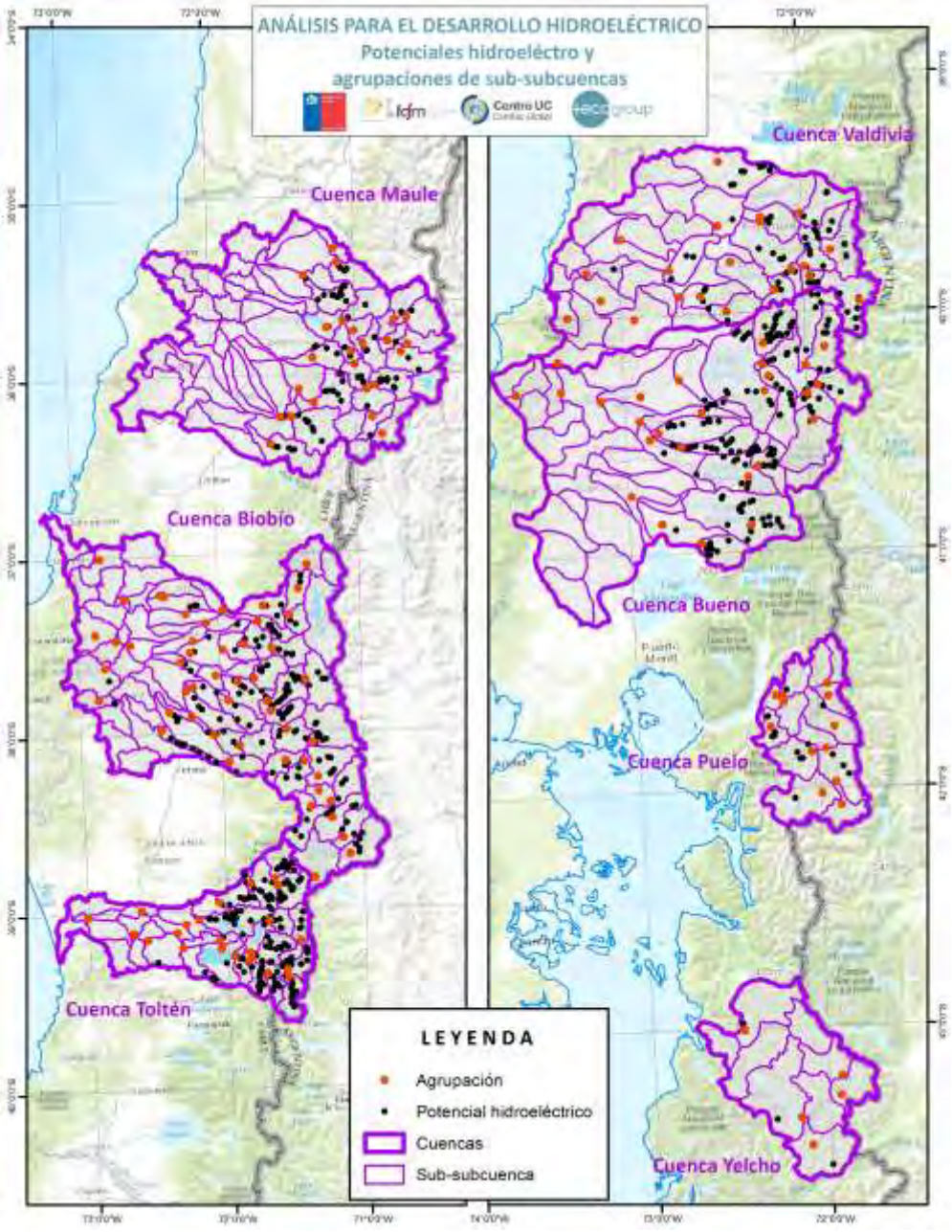
Cuenca	(1) PCH con restricción territorial		(2) PCH adicional obtenido sin la aplicación de restricciones territoriales		(3) PH de centrales que entraron en construcción, desde la actualización de (1) al presente		(4) PCH asociados a proyectos en evaluación ambiental		(5) Potencial Hidroeléctrico del presente considerado en este estudio: (1)+(2)–(3)–(4).	
	N°	MW	N°	MW	N°	MW	N°	MW	N°	MW
Valdivia	92	1.645,0	0	0	0	0	3	740,0	92	905,0
Bueno	201	1.323,0	8	66	0	0	19	581,7	190	807,3
Puelo	26	818,0	0	0	0	0	1	266,0	25	552,0
Yelcho	9	1.403,0	0	0	0	0	0	0	9	1403,0
Total	**328**	**5.189,0**	**8**	**66**	**0**	**0**	**23**	**1.587,7**	**313**	**3.667,3**

Fuente: elaboración UChile

Para efectos de este estudio se ha considerado como unidad mínima e indivisible a la generación total por cada sub-subcuenca. De este modo la planificación de la transmisión realizada a lo largo de este estudio no toma en consideración los trazados internos dentro de cada sub-subcuenca. El punto de referencia de conexión de cada sub-subcuenca corresponde al punto más bajo de

restitución. En la siguiente figura se muestra, en rojo, el punto que representa el potencial acumulado de la sub-subcuenca y en negro, los potenciales que son agregados.

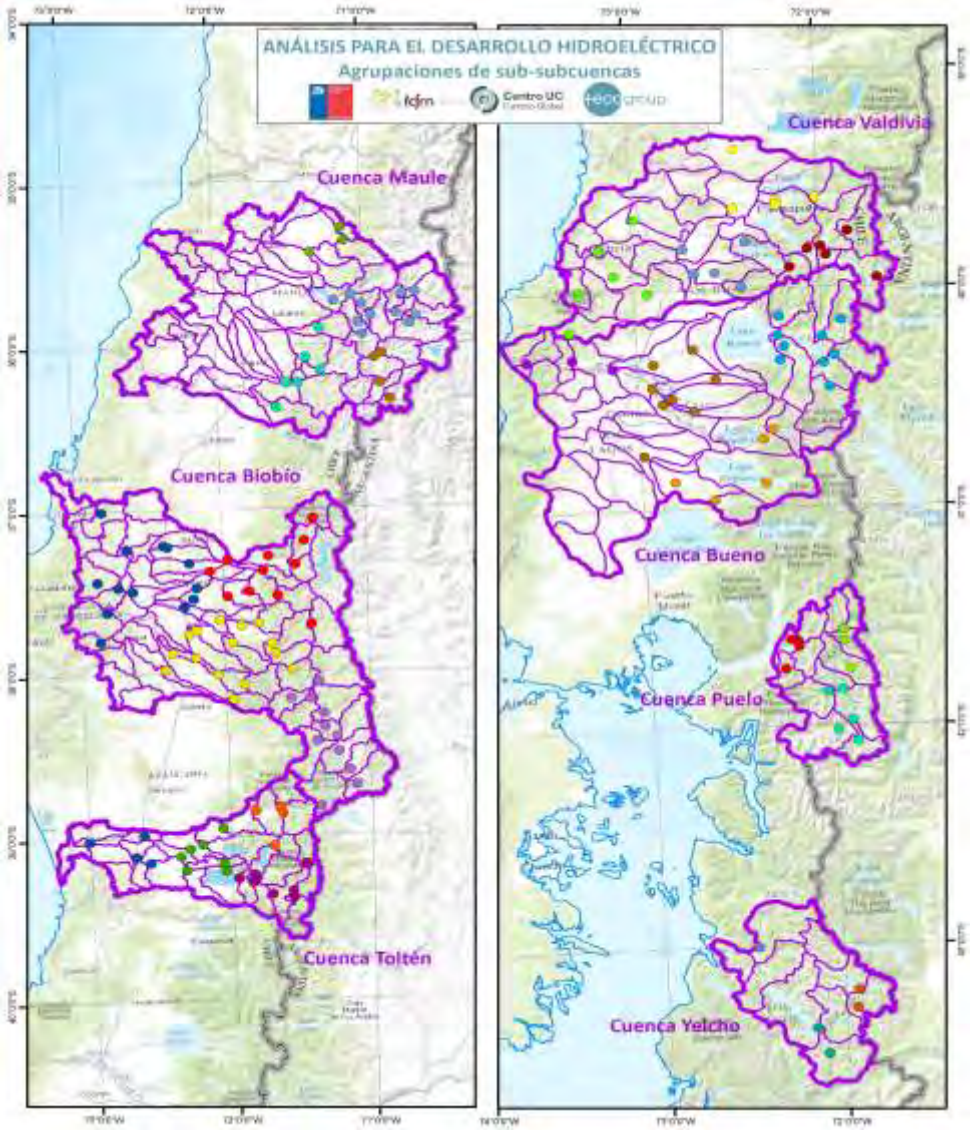
Figura 4.19. Potenciales acumulados por sub-subcuenca y potenciales hidroeléctricos



Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

Además, para efectos de los estudios donde se considera una coordinación en la construcción de la red de transmisión (topología de red pseudo coordinada y full coordinada) y que se encuentran desarrollados en las secciones 4.1.2 y 4.1.3, las sub-subcuencas son acumuladas en clusters. Para las cuencas del Maule, Biobío, Toltén, Valdivia y Bueno se consideran 4 clusters para cada una y para las cuencas de Puelo y Yelcho se consideran 3 clusters (dada la menor área asociada a estas últimas). De esta forma se determinan 26 agrupaciones o clusters para todo el sistema estudiado. El resultado de esta agrupación se muestra en la figura continuación, donde los grupos o clusters están diferenciados según distintos colores.

Figura 4.20. Agrupación de potenciales acumulados por sub-subcuenca



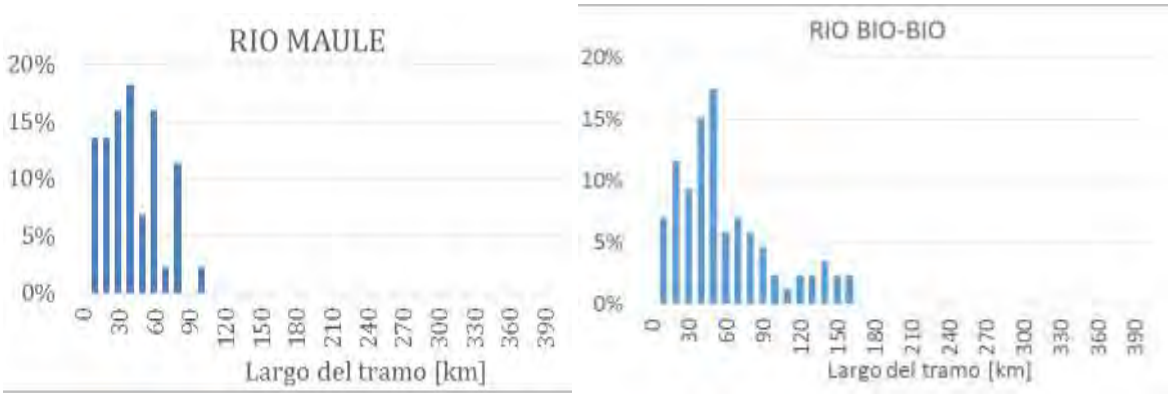
Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

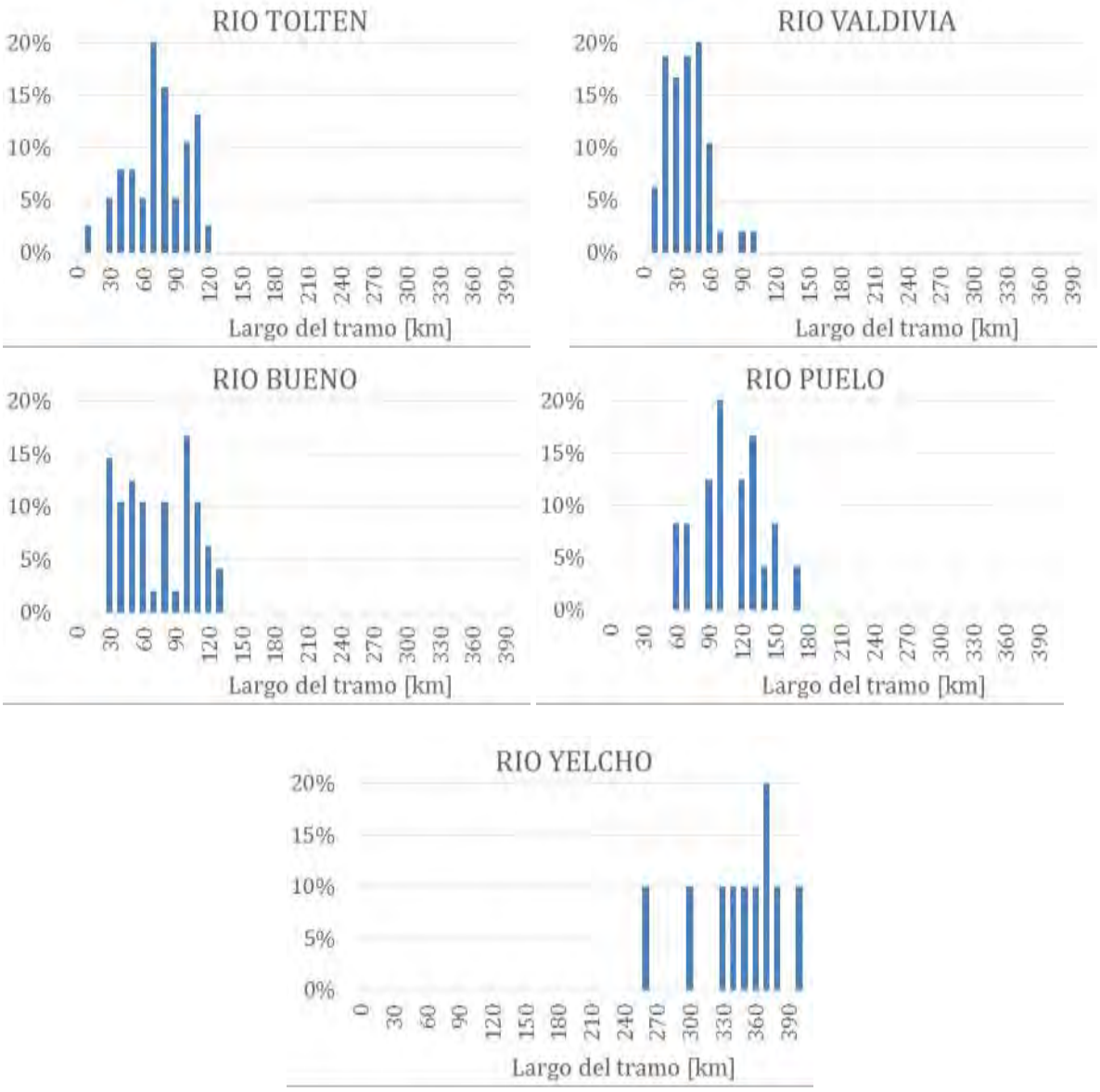
4.5 Metodología de planificación de la transmisión sin considerar penalización por presencia de OdV

4.5.1 Topología de red descentralizada (Radial)

Para la alternativa de desarrollo descentralizado se considera que cada subsubcuenca tiene dos líneas candidatas de conexión al sistema principal y sólo una será seleccionada por el modelo de planificación con el fin de minimizar el costo total de sistema (la ruta más corta y la segunda más corta; esto se debe a que la ruta más corta puede no resultar eficiente de construir desde un punto de vista sistémico si la transmisión extra asociada al nivel de la transmisión principal –troncal y subtransmisión– es muy elevada). Las distancias de conexión de las subsubcuenca al sistema principal se resumen en los histogramas de la Figura 4.21, que demuestra que las distancias más cortas se presentan dentro de la cuenca del Maule y las más largas dentro de la cuenca del Yelcho.

Figura 4.21. Histogramas de distancias de las lineas candidatas a conexión de cada cuenca con el sistema principal





Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

4.5.1.1 *Resultados*

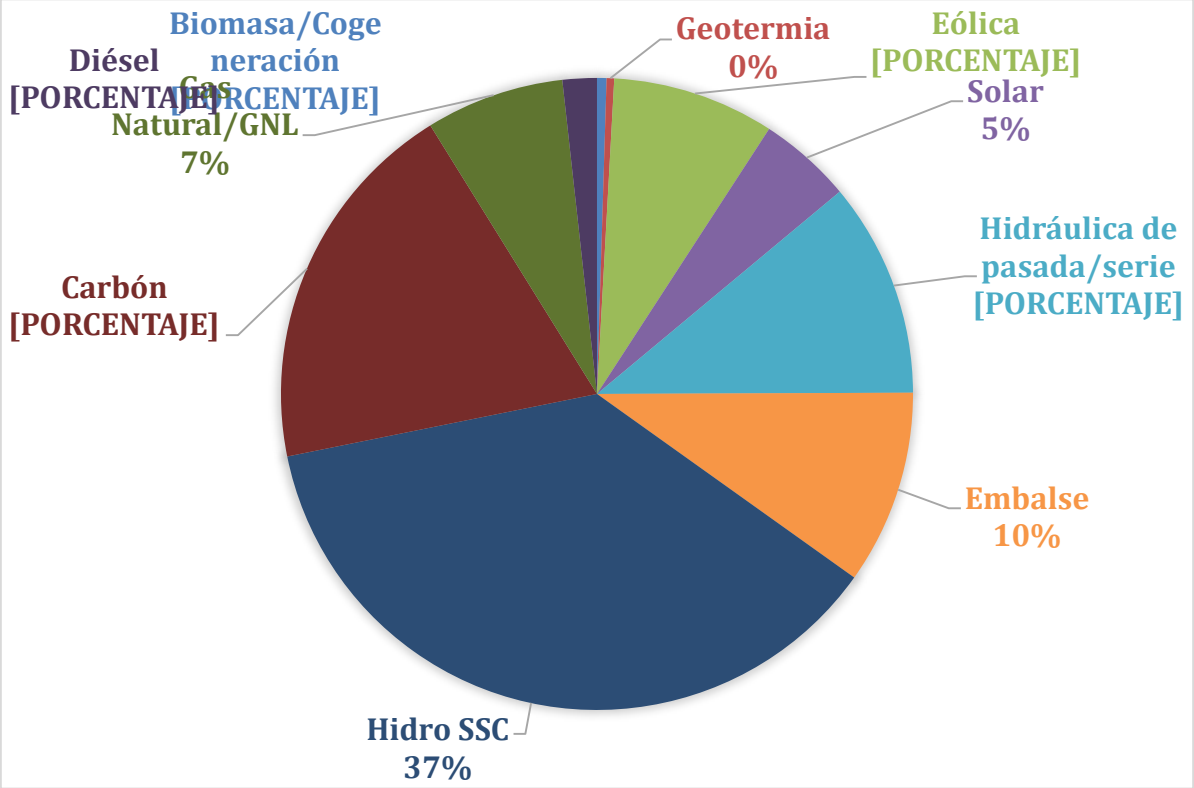
En esta sección se muestran los resultados generales del ejercicio con respecto a la topología de red radial descentralizada, donde se establece que cada potencial acumulado por subsubcuenca puede ser conectado al sistema principal de transmisión (subestación del sistema troncal o subtransmisión), mediante una línea adicional de transmisión. Para esto se establece que cada subsubcuenca tiene dos alternativas de interconexión: una línea recta que lo une al punto más

cercano del sistema principal y una línea recta que lo une al segundo punto más cercano del sistema principal (esto se debe a que la ruta más corta puede no resultar eficiente si la transmisión extra asociada a nivel de la transmisión principal –troncal y subtransmisión– es muy elevada).

4.5.1.1.1 Operación del sistema con todo el potencial hidroeléctrico desarrollado al año 2050

La Figura 4.22 muestra la operación óptima del sistema al año 2050. Los resultados demuestran que la operación óptima del sistema a futuro para una hidrología media incluye un 58% de generación hidráulica (con todo el potencial desarrollado), un 19% de generación en base a carbón, un 8% de generación eólica y un 5% de generación solar, con una participación menor de otras tecnologías.

Figura 4.22.Operación del sistema eléctrico para la hidrología media, 2050 (todo el potencial hidroeléctrico desarrollado)



Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

La Figura 4.22 demuestra que la generación hidroeléctrica es sólo una proporción de la demanda y por lo tanto otras tecnologías son necesarias para complementar la matriz de generación. Además, la participación de la generación hidroeléctrica disminuye drásticamente bajo la ocurrencia de una

hidrología seca a sólo el 33% de la demanda, dando paso a una participación más preponderante de las centrales térmicas a gas natural y diésel. Esto demuestra que el potencial hidroeléctrico se debe complementar con otras tecnologías a futuro y no representa una parte significativa del consumo aunque se desarrolle todo su potencial.

4.5.1.1.2 Expansión del sistema de transmisión troncal y subtransmisión

La expansión del sistema principal de transmisión (transmisión troncal y subtransmisión) se debe no solamente a la conexión de nueva capacidad de generación hidroeléctrica sino que al crecimiento completo del sistema al año 2050, lo que hace desafiante la identificación de obras de transmisión troncal y de subtransmisión que se deban única y exclusivamente a la conexión del potencial hidroeléctrico. En este contexto, se propone una metodología basada en una comparación entre (i) la red de transmisión necesaria en el sistema eléctrico al año 2050 donde todo el potencial hidroeléctrico es desarrollado y (ii) la red de transmisión necesaria para un sistema eléctrico que no conecta el potencial hidroeléctrico, el cual se reemplaza por una capacidad de generación equivalente en el centro de carga del sistema (i.e. unidades de punta en Alto Jahuel). Además, se comparan los efectos de la transmisión solamente en las líneas ubicadas desde Santiago al sur del país, que corresponde a la zona del potencial hidroeléctrico.

Al comparar estos casos se puede observar que la conexión de aproximadamente 10,9 GW de potencial hidroeléctrico en el futuro sistema eléctrico (con respecto al caso hipotético donde este potencial es sustituido por centrales en el centro de carga) necesitaría refuerzos en el sistema principal del orden de unos 399 MMUS$[40]. Este valor corresponde a alrededor de un 60% del costo total de inversión y operación del sistema de transmisión a desarrollar el 2050 cuando se agrega todo el potencial hidroeléctrico de las cuencas estudiadas. Nótese que este costo corresponde al desarrollo de todo el potencial hidroeléctrico de este estudio, lo que evidentemente ilustra un caso referencial/hipotético.

De las inversiones necesarias, destacan las obras del troncal en el sistema de 500 kV en la zona de Charrúa, en particular en las líneas Charrúa – Ancoa y Pichirropulli - Charrúa, las que totalizan alrededor de 162 MMUS$ de inversión. Estas líneas necesitarían refuerzos significativos de 4,6 GW y 2,5 GW (Charrúa – Ancoa y Pichirropulli – Charrúa, respectivamente) por sobre la capacidad inicialmente considerada de 1,5 y 0,75 GW, respectivamente. Las diez inversiones más significativas en el sistema principal que justifican más del 70% de la inversión se muestran en la Tabla 4.5.

[40] La expansión del sistema principal de transmisión requiere de unos 90 MMUS$ en el caso de estudio sin la conexión de la nueva generación hidroeléctrica, y unos 490 MMUS$ con la conexión del potencial hidroeléctrico considerado en este estudio.

Tabla 4.5.Inversiones significativas en transmisión principal[41]

Tramo transmisión (nomenclatura OSE/CNE)	AVI+COMA[42] US$/año
Pichirropulli 500-Charrúa 500	91.618.604
Charrúa 500-Ancoa 500 Aux Sur	70.629.547
Charrúa 220-Cautín 220	40.098.143
Ancoa 500 Aux-Alto Jahuel 500	31.185.142
Pan de Azúcar 500-Polpaico 500	25.441.165
Ancoa 500 Aux-Alto Jahuel 500	22.772.844
Alto Jahuel 500 Aux-Lo Aguirre 500	21.262.820
Puerto Montt 500-Pichirropulli 500	16.378.664
Pangue 220-Charrúa 220	12.866.281
Los Changos 500-Cumbre 500	11.228.673

Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

4.5.1.1.3 Interconexión de los potenciales hidroeléctricos al sistema principal mediante instalaciones adicionales

Los resultados del modelo de optimización asociados a la transmisión adicional necesaria para conectar radialmente cada subsubcuenca con el sistema principal (mediante una línea de doble circuito) se muestran en la Tabla 4.6. La infraestructura de red necesaria para la evacuación del potencial hidroeléctrico tiene un costo anual de 271 MM US$. Además, en la Tabla 4.7, se observa que la cuenca de Valdivia es la más económica de desarrollar (en términos de costo por unidad de potencia) debido a su cercanía al sistema de transmisión que implica construcción de menos kilómetros de línea. Al contrario, conectar el potencial hidroeléctrico en la cuenca de Yelcho podría ser más costoso debido a la lejanía de estos potenciales lo que eleva los costos.

Otro aspecto interesante asociado a la inversión en líneas radiales es que en el 23% de las subsubcuenca se escoge construir la segunda línea más cercana al sistema principal (y no la más cercana), esto con el fin de contar con un balance eficiente entre los costos de inversión en líneas adicionales y líneas troncales y de subtransmisión.

En la Tabla 4.7, los costos de reforzamiento del sistema troncal y de subtransmisión se han pro-rateados entre las 7 cuencas estudiadas. Cómo no es posible hacer una asignación exacta de los

[41] Esta nomenclatura corresponde a la utilizada en los informes de precio nudo de la CNE, los que para cada extremo de la línea de transmisión utilizan los nombres de las subestaciones y sus niveles de voltaje.
[42] AVI: Anualidad del valor de la inversión; COMA: Costo de operación y mantenimiento

costos de reforzamiento del sistema troncal y de subtransmisión para cada cuenca, éstos se han prorateado dividiendo los costos agregados (de todas las cuencas) de reforzamiento y divido por el potencial hidroeléctrico total, de modo de obtener un costo promedio por MW de potencial, el cual es, luego, multiplicado por el potencial de cada cuenca, obteniendo los valores de la columna 6 de la Tabla 4.7.

Tabla 4.6.Resultados inversión en transmisión

Tipo de sistema de transmisión	**Costo de inversión en transmisión US$**
Troncal y Subtransmisión (Sistema Principal)	399.364.545
Adicional (Subsubcuenca a Sistema Principal)	271.558.091
TOTAL	**670.922.636**

Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

Tabla 4.7.Detalle resultados inversión en transmisión adicional

Cuenca	**Total MW instalados Hidro Cuenca**	**Nº de líneas**	**km líneas de doble circuito**	**AVI + COMA Transmisión Adicional US$**	**AVI + COMA Transmisión Troncal y Subtransmisión US$**	**AVI + COMA Transmisión Total US$**	**AVI + COMA Transmisión Total US$/MW.Hidro**
Río Maule	1.473	24	623	29.623.314	54.032.746	83.656.060	56.779
Río Bio-Bio	3.038	50	1.679	67.106.053	111.404.192	178.510.246	58.763
Río Tolten	1.124	23	1.103	35.090.682	41.202.733	76.293.415	67.906
Río Valdivia	1.646	22	468	26.319.290	60.361.388	86.680.678	52.663
Río Bueno	1.389	25	1.156	38.599.485	50.926.918	89.526.403	64.469
Río Puelo	818	12	853	24.224.462	29.989.628	54.214.090	66.296
Río Yelcho	1.403	5	1.073	50.594.805	51.446.940	102.041.745	72.738
TOTAL	**10.890**	**161**	**6.956**	**271.558.091**	**399.364.545**	**670.922.636**	

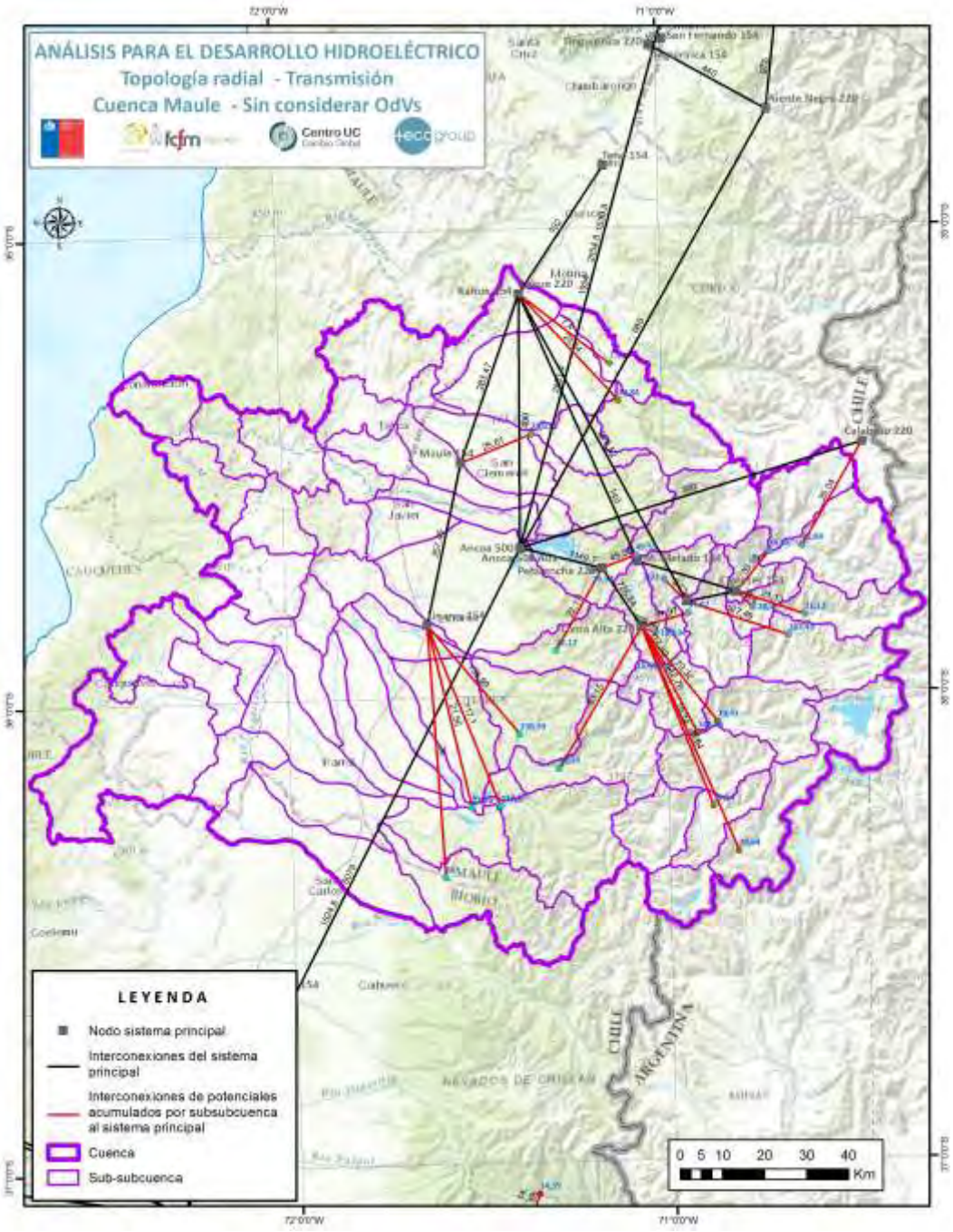
Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

El detalle de costos de transmisión desagregados por sub-subcuencas se muestra en el Anexo 15.

4.5.1.1.4 Resultados topología

En esta sección de muestran los resultados de las interconexiones determinadas en el proceso de optimización. En líneas negras se representan las instalaciones del sistema principal de transmisión, incluyendo a las redes de transmisión troncal y subtransmisión, mientras que en líneas rojas se muestran las interconexiones de los potenciales hidráulicos de subsubcuencas a las subestaciones del sistema principal, que resultan del modelo de optimización. En las figuras siguientes, los números asociados a cada subsubcuenca indican su potencial en MW y el número asociado a cada línea indica su capacidad en MW (estos trazados de transmisión son referenciales y no representan la trayectoria real de la red).

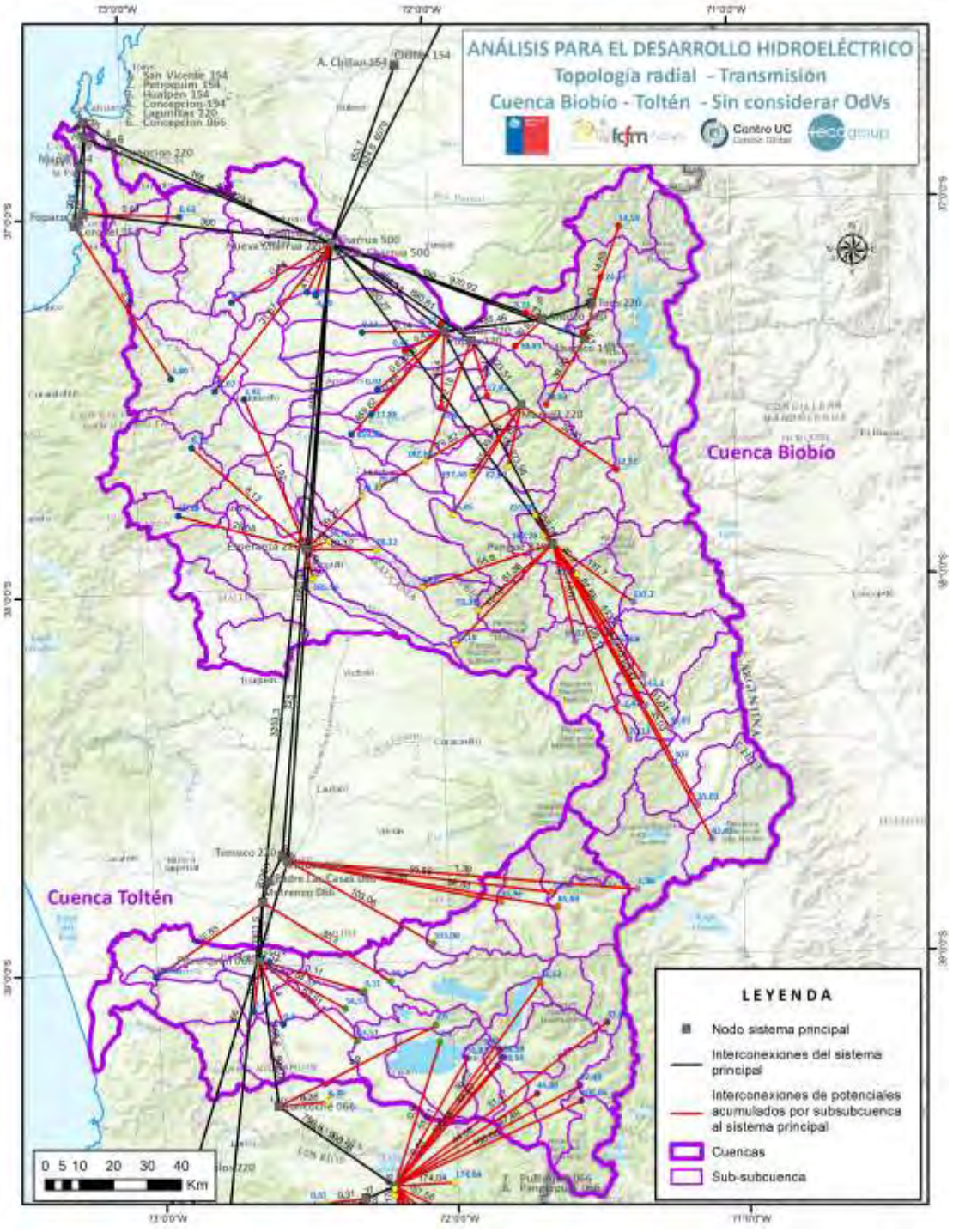
Figura 4.23.Topología radial cuenca del Maule sin considerar OdV[43]



Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

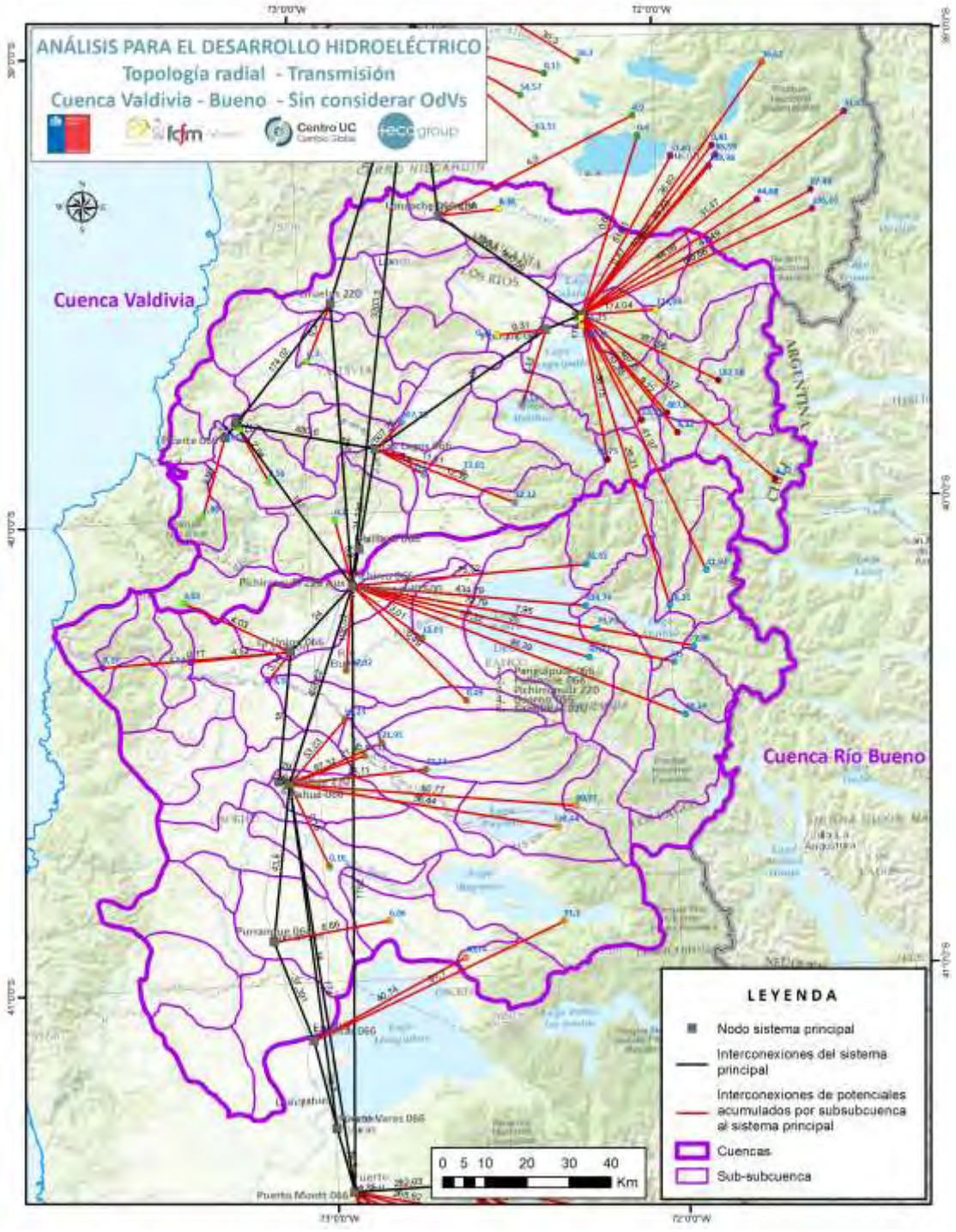
Figura 4.24.Topología radial cuencas del Biobío y Toltén sin considerar OdV

[43] En las figuras de este documento se ha usado de manera intercambiada la sigla OdVs por OdV



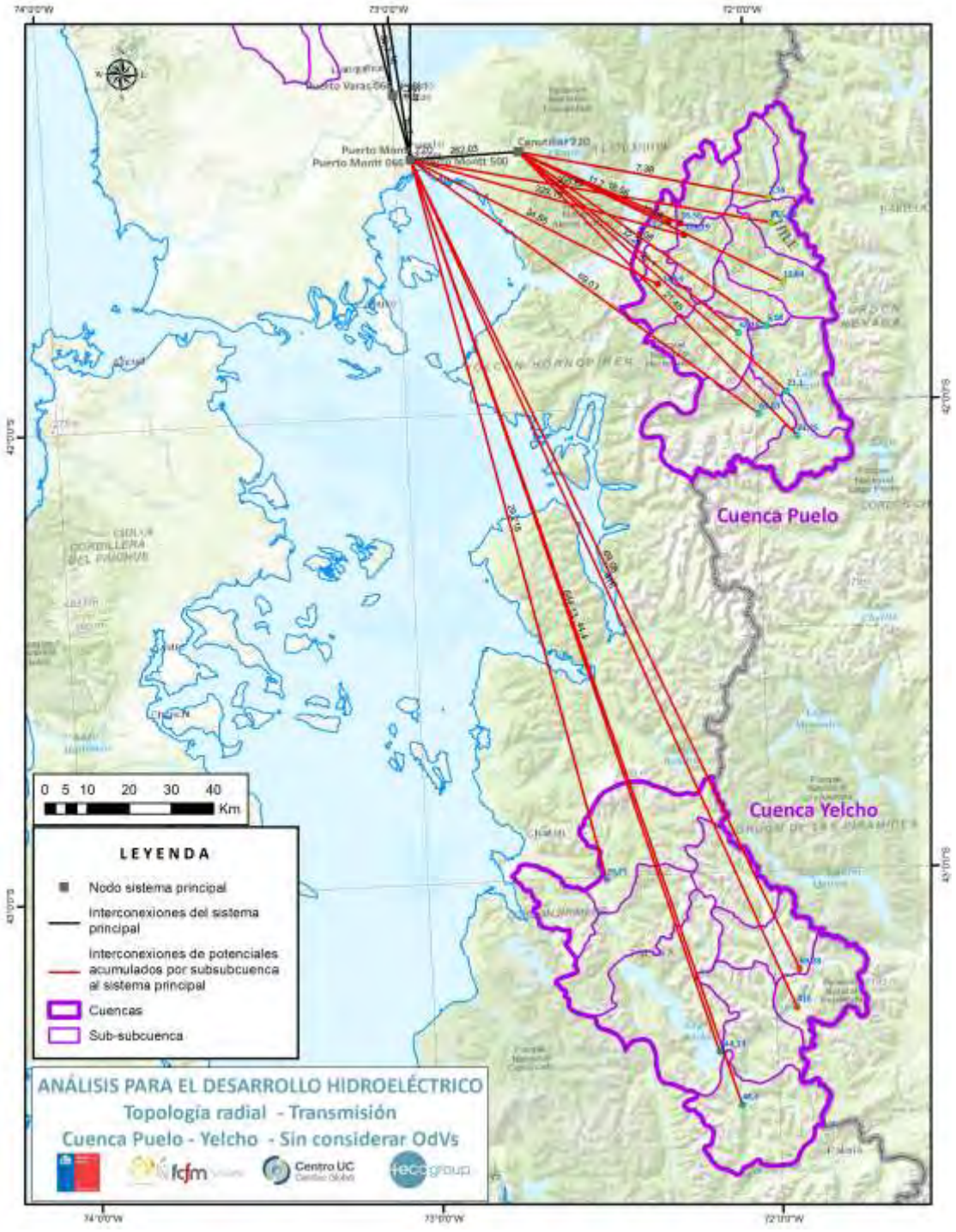
Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

Figura 4.25. Topología radial cuencas de Valdivia y Bueno sin considerar OdV



Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

Figura 4.26. Topología radial cuencas de Puelo y Yelcho sin considerar OdV



Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

4.5.2 Topología de red con agrupaciones de subsubcuencas (Pseudo coordinada)

Como se explicó en la sección 4.4.6, para establecer las agrupaciones de subsubcuencas se realizó un método de clustering por cada cuenca en base a las posiciones georeferenciales de los potenciales. En el caso de las cuencas de Puelo y Yelcho se establecieron tres grupos o clusters, mientras que para todas las demás se establecen cuatro grupos, dadas sus mayores dimensiones.

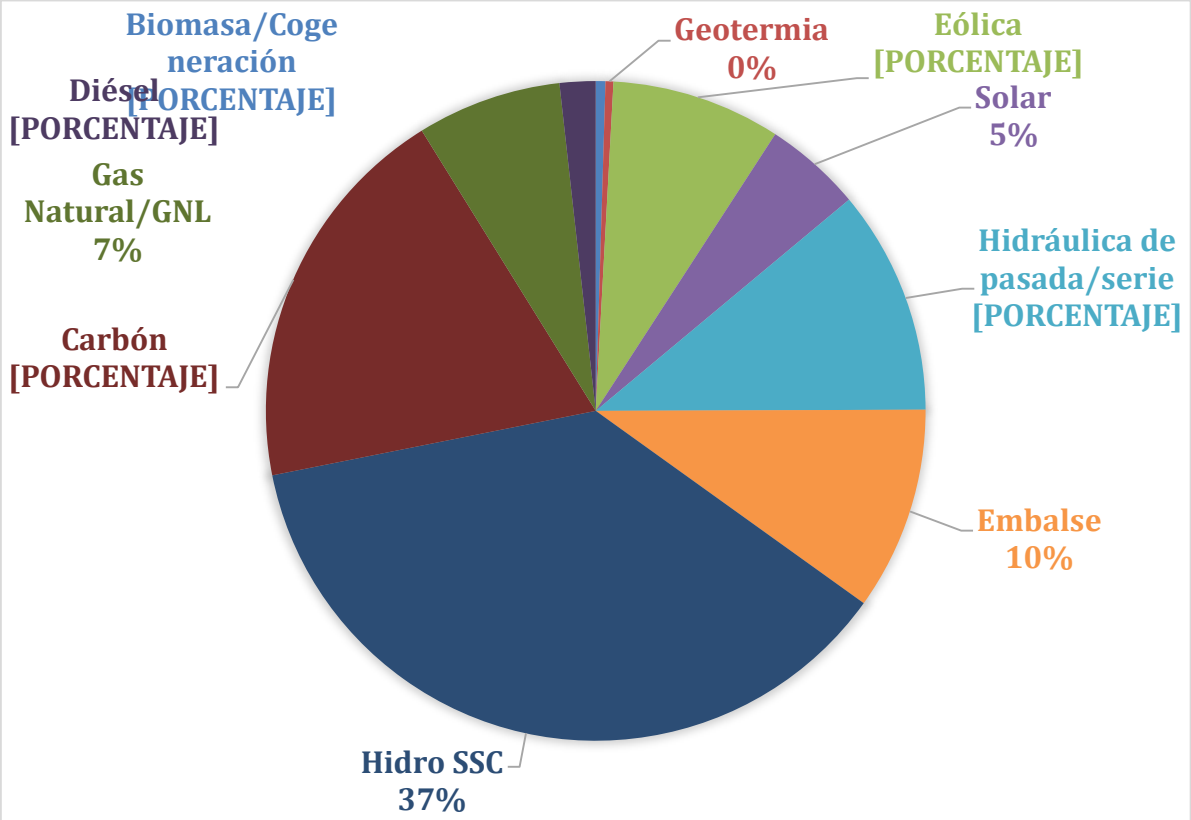
4.5.2.1 *Resultados*

En esta sección se muestran los resultados generales del ejercicio con respecto a la topología de red pseudo coordinada, donde se establece que cada una de las 26 agrupaciones (o clusters) de subsubcuencas, presentadas en la sección anterior, deben resultar conectadas al sistema principal mediante una única línea de interconexión. El modelo seleccionará, óptimamente, la topología de interconexión entre las subsubcuencas de cada grupo y la conexión de cada grupo con el sistema principal, seleccionando además la subsubcuenca que actúa como "colector" o "hub" para interconectar todo el potencial del grupo al sistema principal.

4.5.2.1.1 Operación del sistema con todo el potencial hidroeléctrico desarrollado al año 2050

La Figura 4.27 muestra la operación óptima del sistema a futuro para una hidrología media. Estas cifras incluyen un 58% de generación hidráulica (con todo el potencial desarrollado), un 19% de generación en base a carbón, un 8% de generación eólica y un 5% de generación solar, con una participación menor de otras tecnologías.

Figura 4.27. Operación del sistema eléctrico para la hidrología media, 2050 (todo el potencial hidroeléctrico desarrollado)



Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

4.5.2.1.2 Expansión del sistema de transmisión troncal y subtransmisión

La expansión del sistema principal de transmisión (transmisión troncal y subtransmisión) se debe no solamente a la conexión de nueva capacidad de generación hidroeléctrica, sino que al crecimiento completo del sistema al año 2050, lo que hace desafiante la identificación de obras de transmisión troncal y de subtransmisión que se deban, única y exclusivamente, a la conexión del potencial hidroeléctrico. En este contexto, se propone una metodología basada en una comparación entre (i) la red de transmisión necesaria en el sistema eléctrico al año 2050 donde todo el potencial hidroeléctrico es desarrollado y (ii) la red de transmisión necesaria para un sistema eléctrico que no conecta el potencial hidroeléctrico, el cual se reemplaza por una capacidad de generación equivalente en el centro de carga del sistema (i.e. unidades de punta en Alto Jahuel). Además, se comparan los efectos de la transmisión solamente en las líneas ubicadas desde Santiago al sur del país, que corresponde a la zona del potencial hidroeléctrico.

Se observa que el crecimiento del sistema de transmisión principal debido a la incorporación del potencial hidroeléctrico de este ejercicio corresponde a 383 MMUS$. Además es importante notar que existe un ahorro de 16,5 MMUS$ en el sistema de transmisión troncal (con respecto al caso

sin coordinación) producto del mayor grado de coordinación en el desarrollo de la transmisión. Por último se destacan las 10 instalaciones del sistema de transmisión principal más importantes en la Tabla 4.8.

Tabla 4.8.Inversiones significativas en transmisión principal

Tramo transmisión (nomenclatura OSE/CNE)	AVI+COMA US$/año
Pichirropulli 500-Charrúa 500	94.587.192
Charrúa 500-Ancoa 500 Aux Sur	65.611.515
Charrúa 220-Cautín 220	37.882.995
Ancoa 500 Aux-Alto Jahuel 500	27.671.249
Pan de Azúcar 500-Polpaico 500	24.660.225
Ancoa 500 Aux-Alto Jahuel 500	23.957.841
Alto Jahuel 500 Aux-Lo Aguirre 500	21.163.818
Ancoa 500 Aux-Alto Jahuel 500	16.537.654
Puerto Montt 500-Pichirropulli 500	15.098.773
Los Changos 500-Cumbre 500	11.228.673

Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

4.5.2.1.3 Interconexión de los potenciales hidroeléctricos al sistema principal mediante instalaciones adicionales

El detalle de la transmisión adicional necesaria para evacuar el potencial hidroeléctrico, se presenta en la Tabla 4.9. En esta se observa que los costos del sistema adicional son de 171 MMUS$, lo cual representa un ahorro de aproximadamente 100 MMUS$ respecto al caso radial, sin coordinación.

Tabla 4.9.Detalle resultados inversión en transmisión adicional

Cuenca	Total MW instalados Hidro Cuenca	Nº de líneas	km líneas de doble circuito	AVI + COMA Transmisión Adicional US$	AVI + COMA Transmisión Troncal y Subtransmisión US$	AVI + COMA Transmisión Total US$	AVI + COMA Transmisión Total US$/MW
Río Maule	1.473	24	333	15.573.126	51.799.083	67.372.209	45.727
Río Bio-Bio	3.038	50	785	42.412.105	106.798.848	149.210.953	49.118
Río Tolten	1.124	23	429	18.902.618	39.499.451	58.402.069	51.981
Río Valdivia	1.646	22	328	13.010.318	57.866.105	70.876.423	43.061
Río Bueno	1.389	25	450	20.806.863	48.821.648	69.628.511	50.140
Río Puelo	818	12	337	14.730.057	28.749.885	43.479.943	53.170
Río Yelcho	1.403	5	645	46.233.079	49.320.172	95.553.251	68.113
TOTAL	**10.890**	**161**	**3.308**	**171.668.166**	**382.855.193**	**554.523.359**	

Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

El detalle de costos de transmisión desagregados por sub-subcuencas se muestra en el Anexo 15.

Finalmente, en la Tabla 4.10 se presenta el resumen de los costos de cada tipo de línea modelada en este ejercicio. Dado que existe un ahorro de cerca de 116 MMUS$ respecto al caso radial (sin coordinación), se concluye que esta topología es mucho más eficiente.

Tabla 4.10.Resultados inversión en transmisión

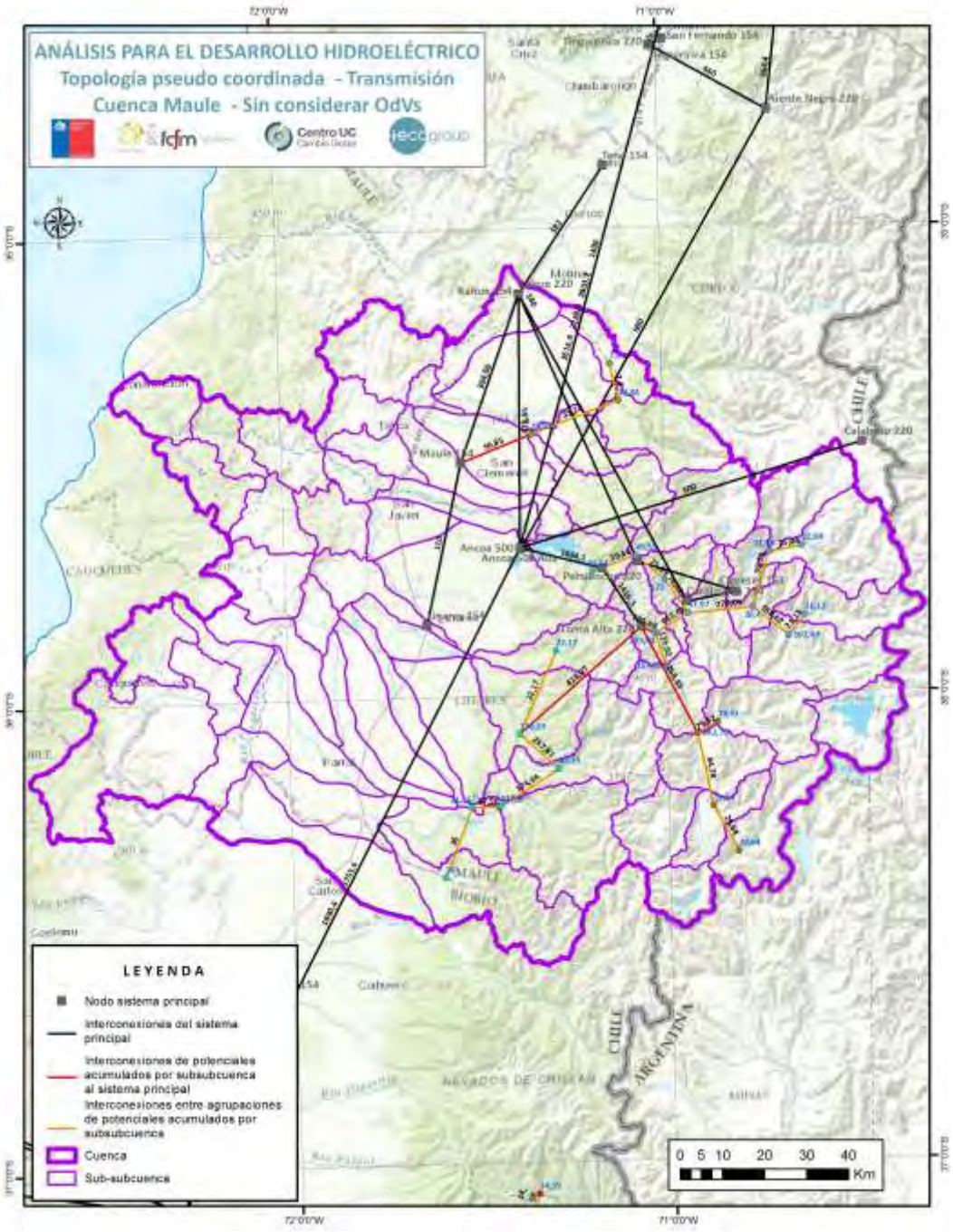
Tipo de sistema de transmisión	**Costo de inversión en transmisión US$**
Troncal y Subtransmisión (Sistema Principal)	382.855.193
Adicional (Subsubcuenca a Sistema Principal)	113.847.632
Adicional (Intra agrupaciones de subsubcuencas)	57.820.534
TOTAL	**554.523.359**

Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

4.5.2.1.4 Resultados topología

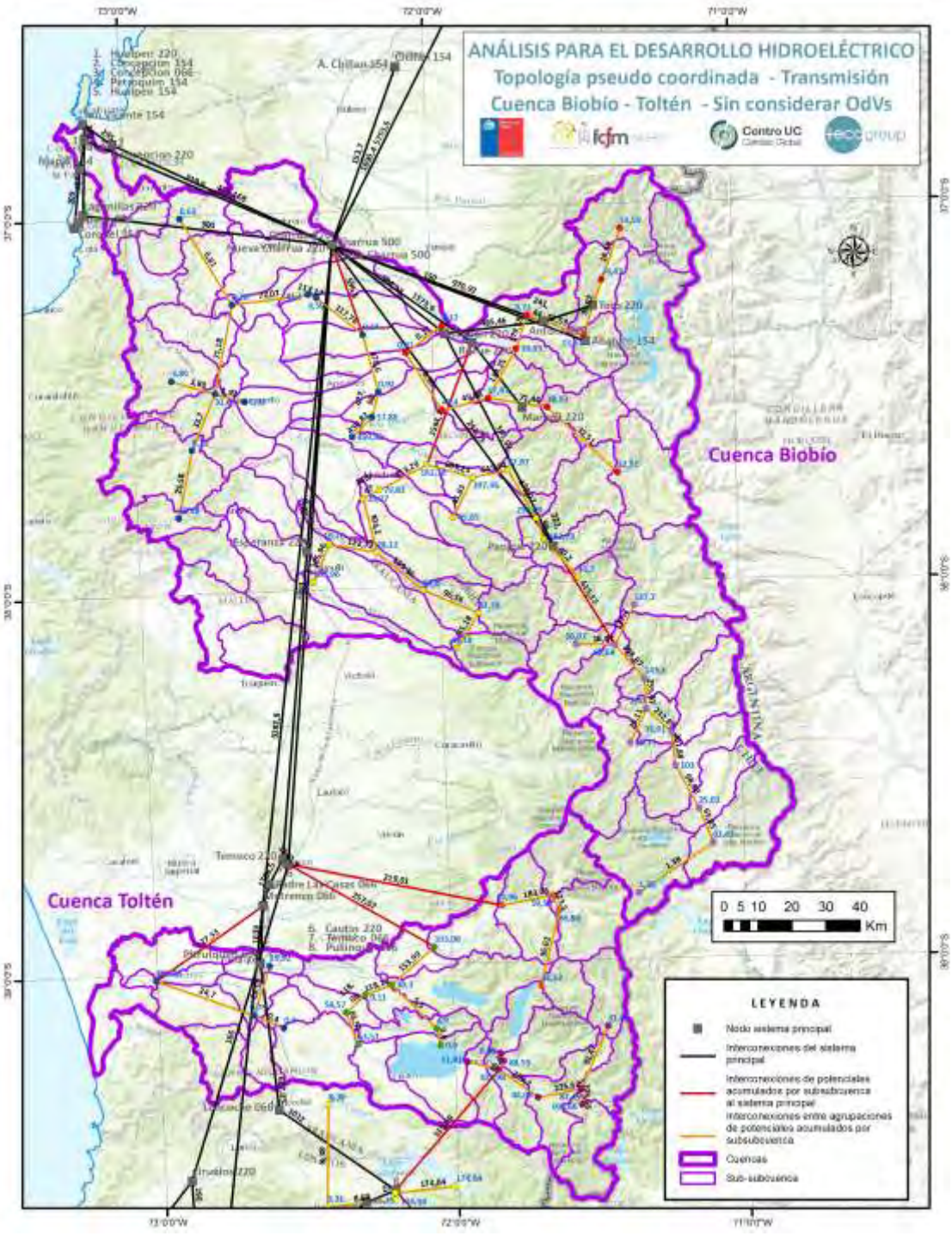
En esta sección de muestran los resultados de las interconexiones decididas en el proceso de optimización. En líneas negras se representan las instalaciones del sistema principal de transmisión, incluyendo a las redes de transmisión troncal y subtransmisión; en líneas rojas se muestran las interconexiones de los potenciales hidráulicos de subsubcuencas a las subestaciones del sistema principal; y en líneas cafés se muestran las interconexiones dentro de las agrupaciones de subsubcuencas (líneas adicionales intra agrupaciones de subsubcuencas). En las figuras siguientes, los números asociados a cada subsubcuenca indican su potencial en MW y el número asociado a cada línea indica su capacidad en MW.

Figura 4.28.Topología pseudo coordinada cuenca del Maule sin considerar OdV



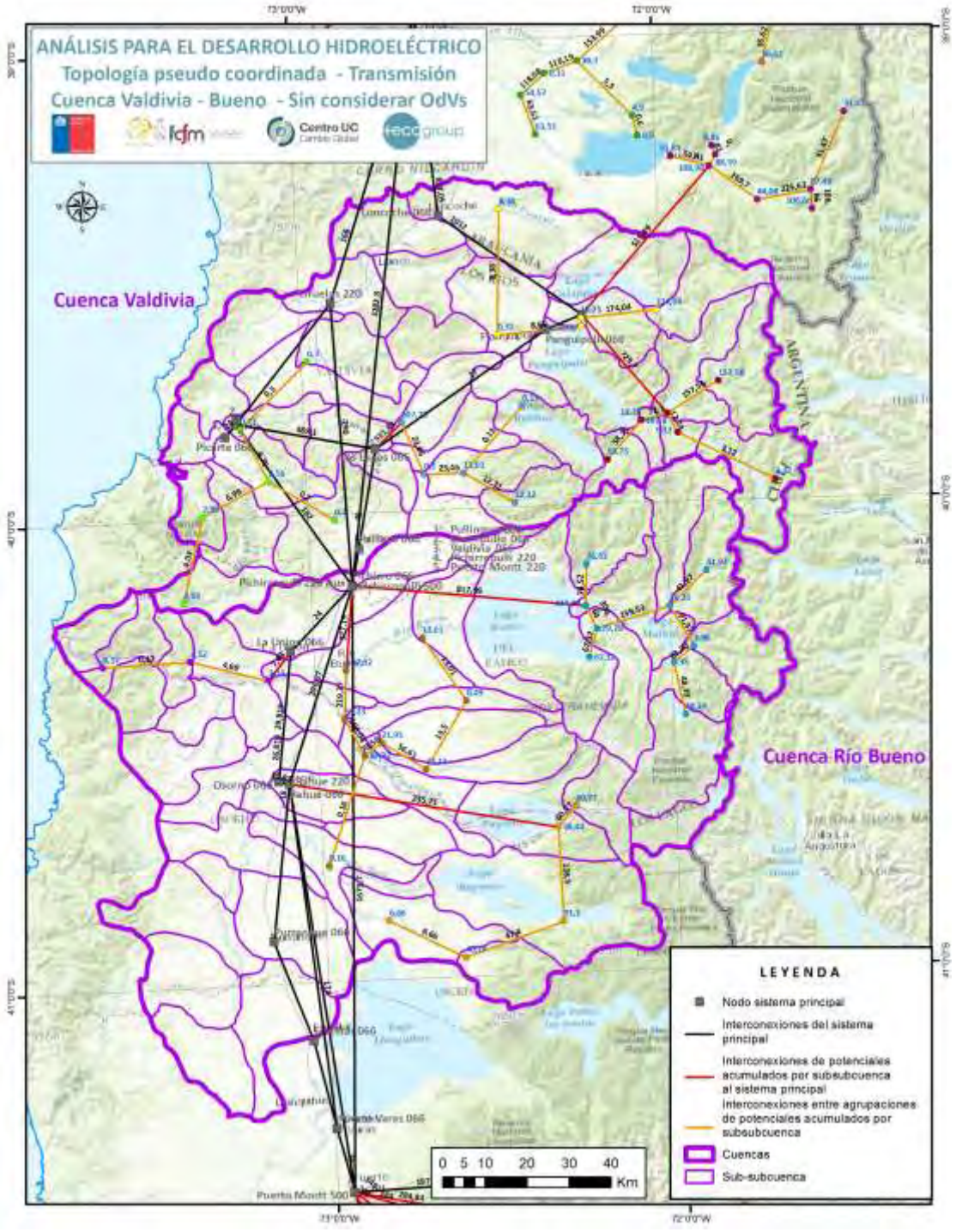
Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

Figura 4.29. Topología pseudo coordinada cuencas del Biobío y Toltén sin considerar OdV



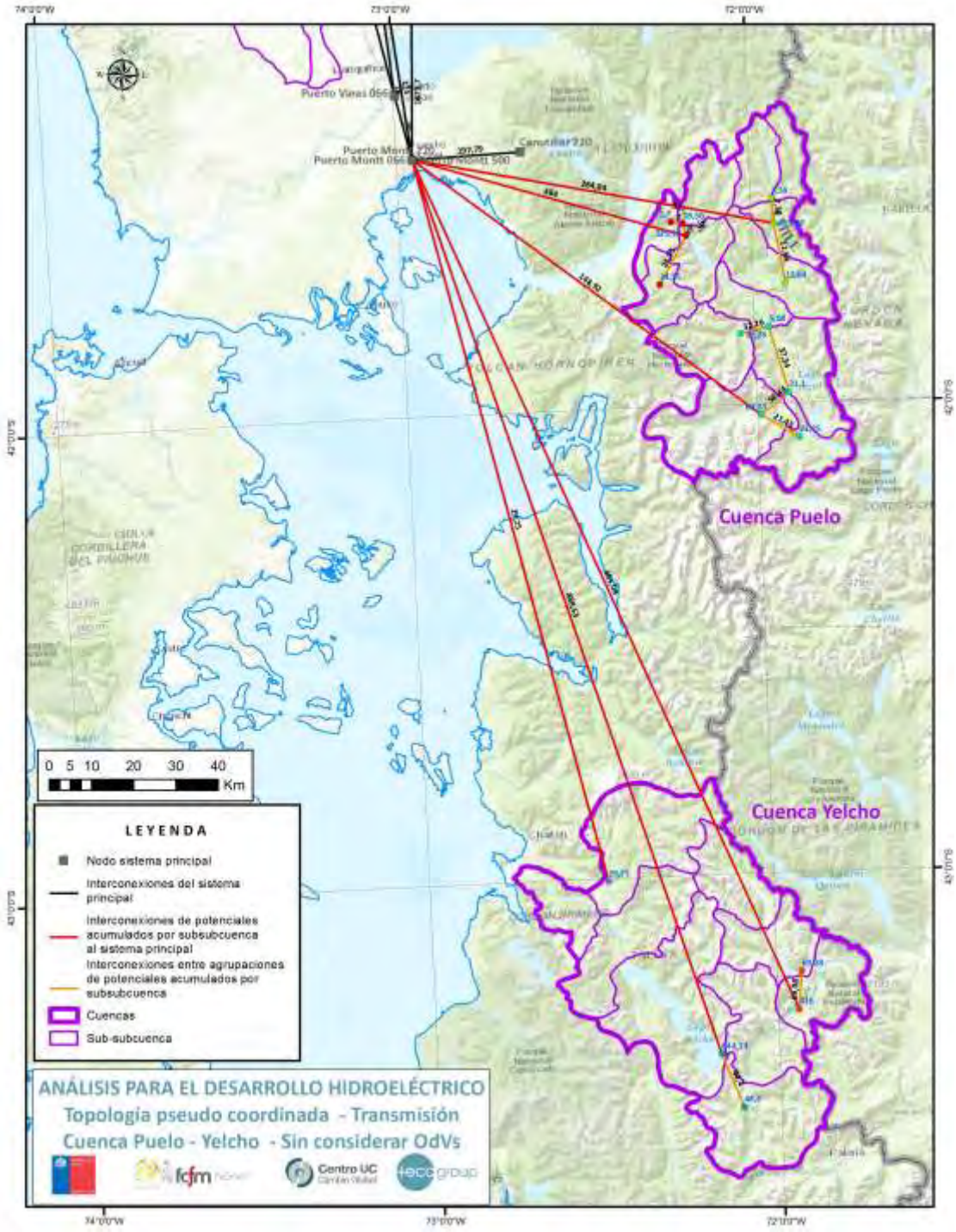
Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

Figura 4.30. Topología pseudo coordinada cuencas de Valdivia y Bueno sin considerar OdV



Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

Figura 4.31. Topología pseudo coordinada cuencas de Puelo y Yelcho sin considerar OdV



Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

4.5.3 Topología de red integrada con agrupaciones de subsubcuencas (Full coordinada)

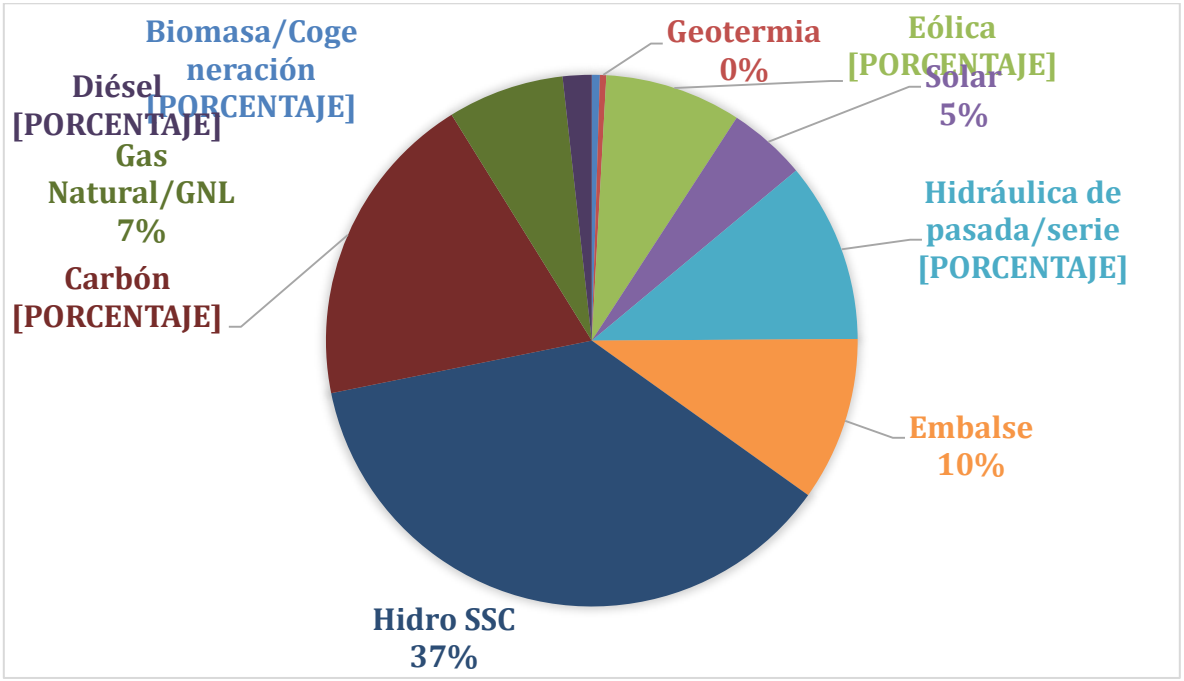
4.5.3.1 *Resultados*

En esta sección se muestran los resultados generales del ejercicio con respecto a la topología de red full coordinada, donde se establece la conexión óptima entre cada una de las 26 agrupaciones (o clusters) de subsubcuencas, considerando su integración al sistema principal. El modelo seleccionará, óptimamente, la topología de interconexión entre las subsubcuencas de cada grupo (nótese que el caso pseudo coordinado anterior no consideraba conexiones entre agrupaciones, sino que una conexión directa de cada agrupación al sistema principal), las conexiones entre agrupaciones y su integración final al sistema principal.

4.5.3.1.1 Operación del sistema con todo el potencial hidroeléctrico desarrollado al año 2050

La Figura 4.32 presenta la operación óptima del sistema a futuro para una hidrología media. Estas cifras incluyen un 58% de generación hidráulica (con todo el potencial desarrollado), un 19% de generación en base a carbón, un 8% de generación eólica y un 5% de generación solar, con una participación menor de otras tecnologías.

Figura 4.32. Operación del sistema eléctrico para la hidrología media, 2050 (todo el potencial hidroeléctrico desarrollado)



Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

4.5.3.1.2 Expansión del sistema de transmisión troncal y subtransmisión

La expansión del sistema principal de transmisión (transmisión troncal y subtransmisión) se debe no solamente a la conexión de nueva capacidad de generación hidroeléctrica sino que al crecimiento completo del sistema al año 2050, lo que hace desafiante la identificación de obras de transmisión troncal y de subtransmisión que se deban única y exclusivamente a la conexión del potencial hidroeléctrico. En este contexto, se propone una metodología basada en una comparación entre (i) la red de transmisión necesaria en el sistema eléctrico al año 2050 donde todo el potencial hidroeléctrico es desarrollado y (ii) la red de transmisión necesaria para un sistema eléctrico que no conecta el potencial hidroeléctrico, el cual se reemplaza por una capacidad de generación equivalente en el centro de carga del sistema (i.e. unidades de punta en Alto Jahuel). Además, se comparan los efectos de la transmisión solamente en las líneas ubicadas desde Santiago al sur del país, que corresponde a la zona del potencial hidroeléctrico.

La expansión del sistema de transmisión principal debido a la incorporación del potencial hidroeléctrico de este ejercicio corresponde a 336 MMUS$ donde se observa un ahorro de 46.6 MMUS$ respecto al caso pseudo coordinado y de 63 MMUS$ respecto al caso radial (sin coordinación), demostrando que esta topología de red es la que tiene un menor costo de expansión para el sistema principal de transmisión. El detalle con los 10 refuerzos más significativos para el sistema principal se presentan en la Tabla 4.11.

Tabla 4.11.Inversiones significativas en transmisión principal

Tramo transmisión (nomenclatura OSE/CNE)	**AVI+COMA US$/año**
Pichirropulli 500-Charrúa 500	133.305.238
Charrúa 500-Ancoa 500 Aux Sur	62.221.570
Pan de Azúcar 500-Polpaico 500	24.660.225
Ancoa 500 Aux-Alto Jahuel 500	24.200.724
Ancoa 500 Aux-Alto Jahuel 500	23.280.671
Alto Jahuel 500 Aux-Lo Aguirre 500	21.163.818
Ancoa 500 Aux-Alto Jahuel 500	20.068.176
Puerto Montt 500-Pichirropulli 500	14.536.503
Nueva Charrúa 500-Ancoa 500 Aux Sur	11.914.638
Los Changos 500-Cumbre 500	11.228.673

Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

4.5.3.1.3 Interconexión de los potenciales hidroeléctricos al sistema principal mediante instalaciones adicionales

Según se observa en la Tabla 4.12 existe un ahorro de 61,7 MMUS$ en el sistema adicional full coordinado respecto al caso radial (sin coordinación); no obstante hay un costo mayor de 38 MMUS$ respecto al caso pseudo coordinado.

Tabla 4.12.Detalle resultados inversión en transmisión adicional

Cuenca	Total MW instalados Hidro Cuenca	Nº de líneas	km líneas de doble circuito	AVI + COMA Transmisión Adicional US$	AVI + COMA Transmisión Troncal y Subtransmisión US$	AVI + COMA Transmisión Total US$	AVI + COMA Transmisión Total US$/MW
Río Maule	1.473	26	433	20.871.420	45.490.080	66.361.500	45.041
Río Bio-Bio	3.038	53	820	55.776.172	93.791.006	149.567.178	49.236
Río Tolten	1.124	24	327	18.873.058	34.688.513	53.561.571	47.673
Río Valdivia	1.646	23	374	34.315.033	50.818.153	85.133.186	51.723
Río Bueno	1.389	25	406	22.297.262	42.875.289	65.172.551	46.931
Río Puelo	818	12	174	12.735.874	25.248.219	37.984.093	46.449
Río Yelcho	1.403	5	299	44.896.673	43.313.094	88.209.767	62.879
TOTAL	**10.890**	**166**	**2.833**	**209.765.493**	**336.224.354**	**545.989.846**	

Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

El detalle de costos de transmisión desagregados por sub-subcuencas se muestra en el Anexo 15.

Pese a haber un mayor costo en las líneas adicionales en esta topología frente al caso pseudo coordinado, los costos totales del sistema son menores en 8,5 MMUS$ frente al caso pseudo coordinado y en 125 MMUS$ frente al caso radial (sin coordinación). Esto se debe a que el caso full coordinado define una topología enmallada de la transmisión adicional que no solamente conecta el potencial hidroeléctrico al sistema sino que también sirve para reforzar la capacidad de transferencias del sistema principal (esto se ve claramente de la Figura 4.33 a Figura 4.36, donde se muestra la topología resultante de las inversiones propuestas).

Tabla 4.13.Resultados inversión en transmisión

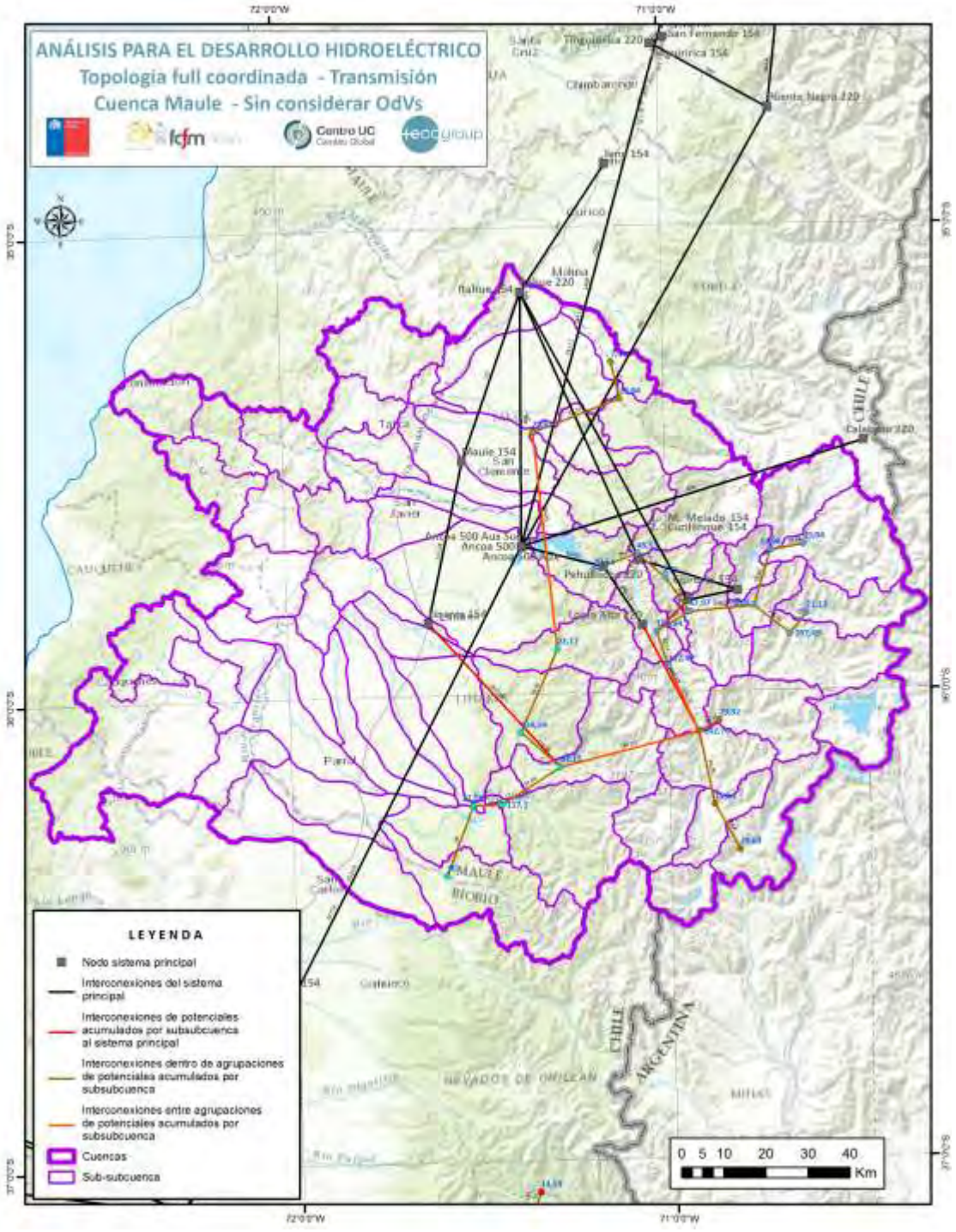
Tipo de sistema de transmisión	**Costo de inversión en transmisión US$**
Troncal y Subtransmisión (Sistema Principal)	336.224.354
Adicional (Subsubcuenca a Sistema Principal)	81.415.879
Adicional (Intra agrupaciones de subsubcuencas)	90.327.268
Adicional (Entre agrupaciones de subsubcuencas)	38.022.346
TOTAL	**545.989.846**

Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

4.5.3.1.4 Resultados topología

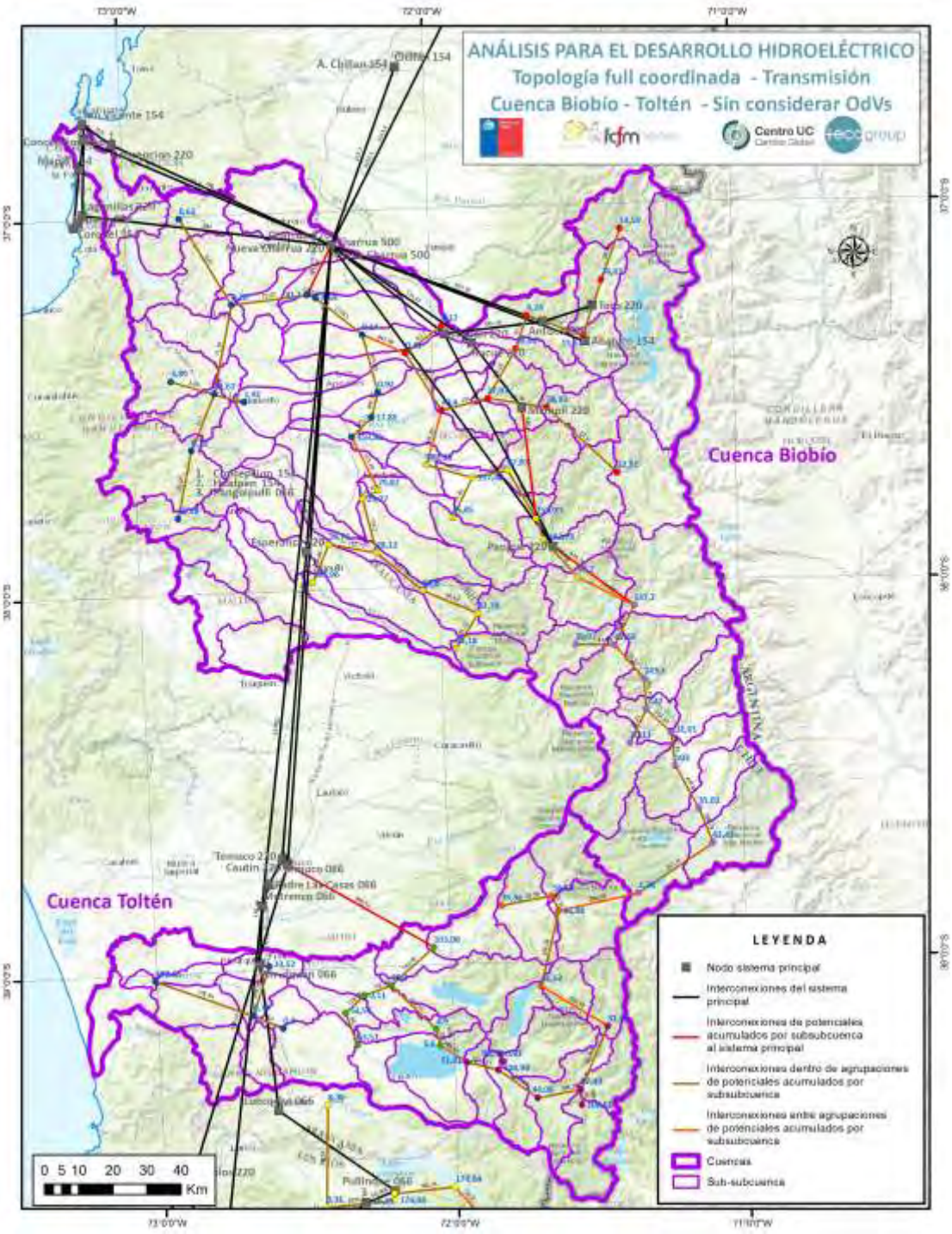
En esta sección de muestran los resultados de las interconexiones decididas en el proceso de optimización. En líneas negras se representan las instalaciones del sistema principal de transmisión, incluyendo a las redes de transmisión troncal y subtransmisión; en líneas rojas se muestran las interconexiones de los potenciales hidráulicos de subsubcuencas a las subestaciones del sistema principal; en líneas cafés se muestran las interconexiones dentro de las agrupaciones de subsubcuencas (líneas adicionales intra agrupaciones de subsubcuencas); mientras que en líneas anaranjadas se muestran las interconexiones entre agrupaciones de subsubcuencas. En las figuras siguientes, los números asociados a cada subsubcuenca indican su potencial en MW y el número asociado a cada línea indica su capacidad en MW.

Figura 4.33. Topología full coordinada cuenca del Maule sin considerar OdV



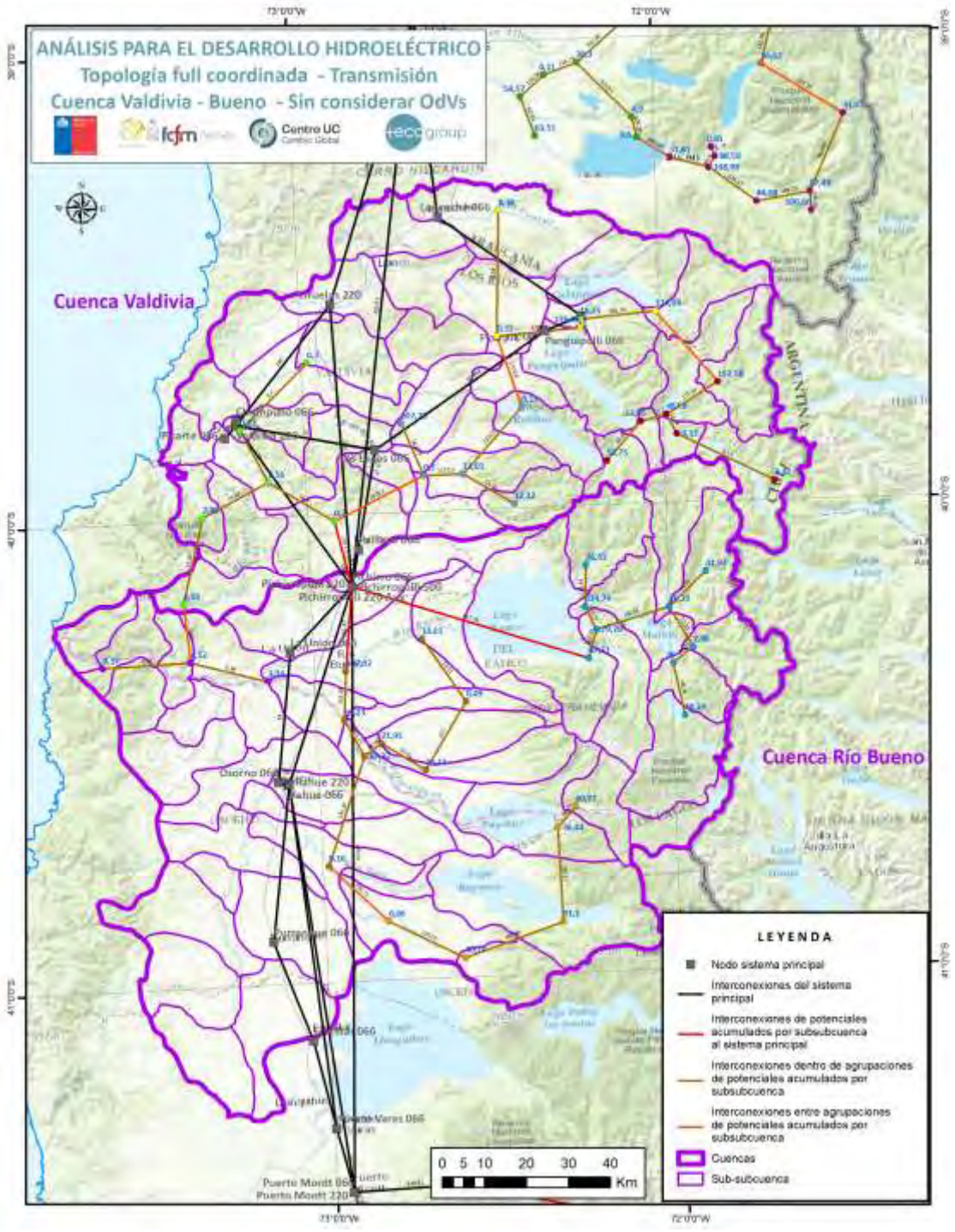
Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

Figura 4.34. Topología full coordinada cuencas del Biobío y Toltén sin considerar OdV



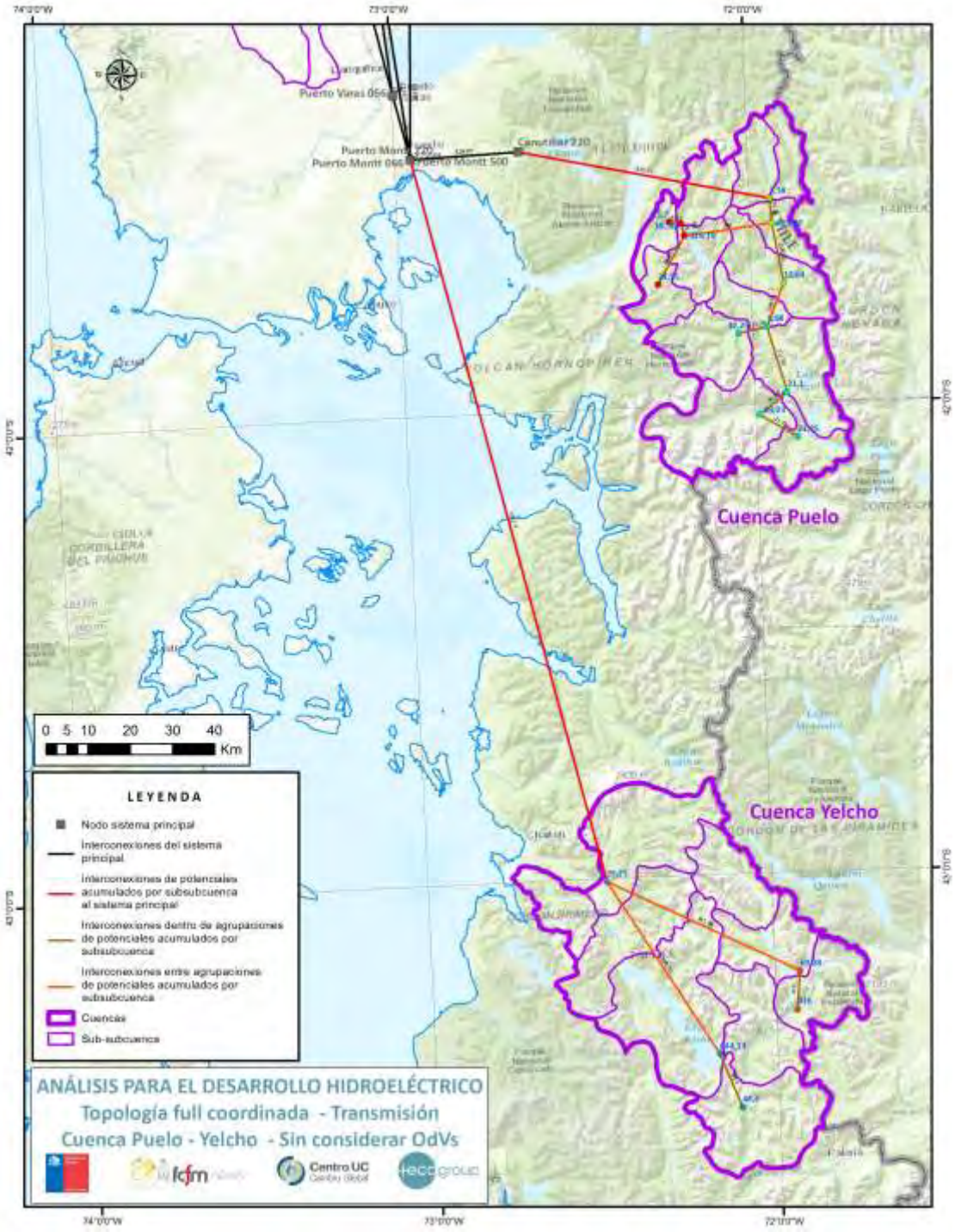
Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

Figura 4.35.Topología full coordinada cuencas de Valdivia y Bueno sin considerar OdV



Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

Figura 4.36. Topología full coordinada cuencas de Puelo y Yelcho sin considerar OdV



Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

4.6 Metodología de planificación de la transmisión considerando penalización por presencia de OdV

Como se comentó en la sección 4.3, para efectos de este estudio existe una penalización en los largos de las líneas de transmisión producto de la presencia de OdV en los trazados, lo que, para efectos del modelo, se traduce en un aumento en los costos de cada línea candidata, lo que determinará nuevas topologías de red para los tres casos de coordinación mostrados en la sección anterior, donde no se penalizó el largo de las líneas.

4.6.1 Topología de red descentralizada (Radial)

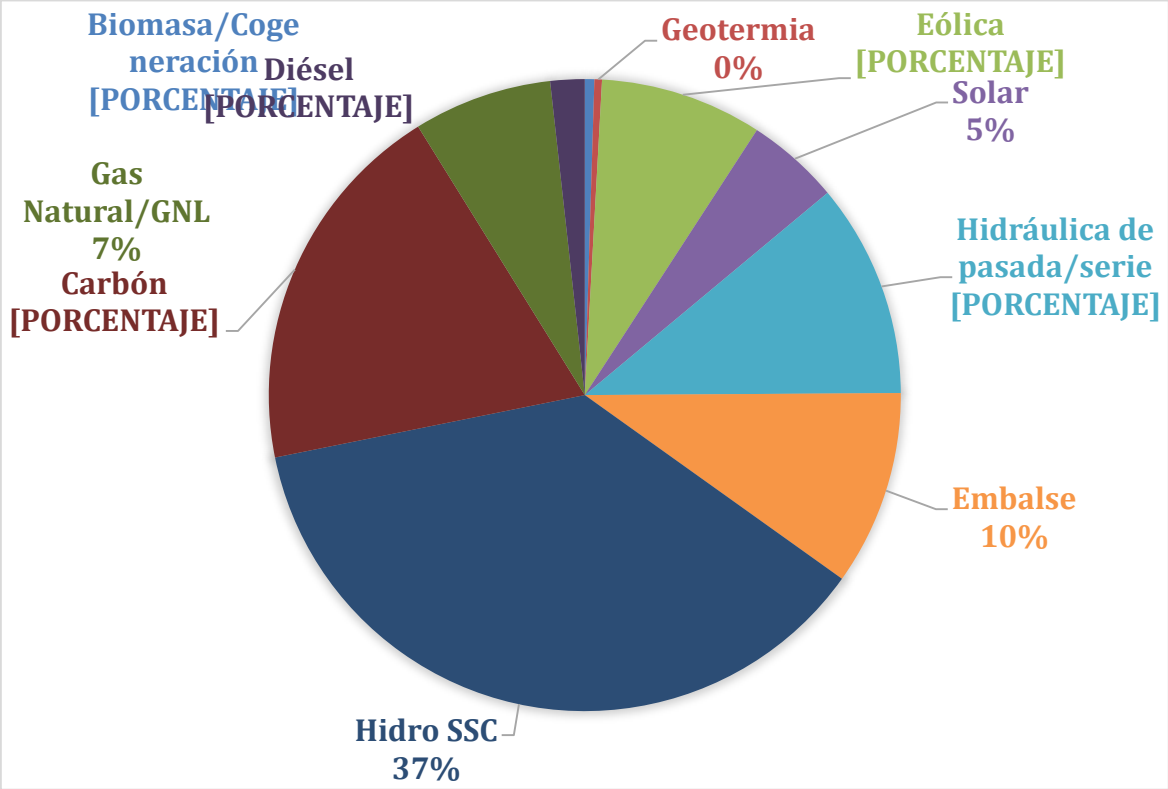
Al igual que en el caso sin OdV, para la alternativa de desarrollo descentralizado se considera que cada subsubcuenca tiene dos líneas candidatas de conexión al sistema principal y sólo una será seleccionada por el modelo de planificación con el fin de minimizar el costo total de sistema.

4.6.1.1 *Resultados*

4.6.1.1.1 Operación del sistema con todo el potencial hidroeléctrico desarrollado al año 2050

La Figura 4.37 muestra la operación óptima del sistema a futuro para una hidrología media. En esta se presenta un 58% de generación hidráulica (con todo el potencial desarrollado), un 19% de generación en base a carbón, un 8% de generación eólica y un 5% de generación solar, con una participación menor de otras tecnologías. Se observa que, pese a ser este ejercicio un caso hipotético del desarrollo de todo el potencial hidráulico de este estudio, aun así el nivel de generación hidráulica en el sistema es menor a la demanda esperada al año 2050.

Figura 4.37.Operación del sistema eléctrico para la hidrología media, 2050 (todo el potencial hidroeléctrico desarrollado)



Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

4.6.1.1.2 Expansión del sistema de transmisión troncal y subtransmisión

La expansión del sistema principal de transmisión (transmisión troncal y subtransmisión) se debe no solamente a la conexión de nueva capacidad de generación hidroeléctrica sino que al crecimiento completo del sistema al año 2050, lo que hace desafiante la identificación de obras de transmisión troncal y de subtransmisión que se deban única y exclusivamente a la conexión del potencial hidroeléctrico. En este contexto, se propone una metodología basada en una comparación entre (i) la red de transmisión necesaria en el sistema eléctrico al año 2050 donde todo el potencial hidroeléctrico es desarrollado y (ii) la red de transmisión necesaria para un sistema eléctrico que no conecta el potencial hidroeléctrico, el cual se reemplaza por una capacidad de generación equivalente en el centro de carga del sistema (i.e. unidades de punta en Alto Jahuel). Además, se comparan los efectos de la transmisión solamente en las líneas ubicadas desde Santiago al sur del país, que corresponde a la zona del potencial hidroeléctrico.

Como se observa en la Tabla 4.14 a Tabla 4.16, el costo de ampliar el sistema principal de transmisión corresponde a cerca de 399 MMUS$, cifra similar al caso radial sin consideración de

OdV en los trazados. Esta situación también se ve reflejada en los 10 mayores refuerzos de las redes principales, según lo que se puede ver en la Tabla 4.14, donde 9 de estos corresponden a los mismos que fueron escogidos en el caso radial sin penalización por presencia de OdV. Así estos 10 refuerzos corresponden a cerca del 70% del total de costos de ampliación del sistema principal, donde los dos refuerzos más significativos son, al igual que en el caso radial sin OdV, las líneas Pichirropulli 500-Charrúa 500 y Charrúa 500-Ancoa 500 Aux Sur, las que aumentan sus capacidades en 2,5 y 4,2 GW, respectivamente.

Tabla 4.14.Inversiones significativas en transmisión principal

Tramo transmisión (nomenclatura OSE/CNE)	AVI+COMA US$/año
Pichirropulli 500-Charrúa 500	92.387.264
Charrúa 500-Ancoa 500 Aux Sur	65.099.913
Charrúa 220-Cautín 220	39.534.360
Ancoa 500 Aux-Alto Jahuel 500	34.985.685
Pan de Azúcar 500-Polpaico 500	25.567.497
Alto Jahuel 500 Aux-Lo Aguirre 500	21.278.835
Ancoa 500 Aux-Alto Jahuel 500	17.344.743
Puerto Montt 500-Pichirropulli 500	16.368.857
Ancoa 500 Aux-Alto Jahuel 500	13.469.231
Los Changos 500-Cumbre 500	11.228.673

Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

4.6.1.1.3 Interconexión de los potenciales hidroeléctricos al sistema principal mediante instalaciones adicionales

En la Tabla 4.15 se muestra el resultado del sistema adicional de transmisión necesario para conectar cada subsubcuenca al sistema principal de transmisión, el que tiene un costo de 307 MMUS$. Se observa un aumento de 35,5 MMUS$ respecto al costo de las líneas adicionales del caso radial sin penalización por presencia de OdV, esto se debe a que la penalización de los largos (i.e. aumento de los largos) producto de la presencia de OdV aumente en 1.906 km los trazados de las líneas adicionales (en total, todas las líneas).

Por otro lado, se observa un aumento, respecto al caso radial sin OdV, del porcentaje de interconexiones de subsubcuencas que escogen la segunda más cercano para llegar al sistema principal (en lugar de la –primera– más cercana), siendo este aumento de 4 casos, llegando a un 26% del total de las interconexiones adicionales.

Tabla 4.15.Detalle resultados inversión en transmisión adicional

Cuenca	Total MW instalados Hidro Cuenca	Nº de líneas	km líneas de doble circuito	AVI + COMA Transmisión Adicional US$	AVI + COMA Transmisión Troncal y Subtransmisión US$	AVI + COMA Transmisión Total US$	AVI + COMA Transmisión Total US$/MW.Hidro
Río Maule	1.473	24	691	30.747.707	53.982.295	84.730.002	57.508
Río Bio-Bio	3.038	50	1.941	71.199.777	111.300.172	182.499.949	60.077
Río Tolten	1.124	23	1.563	41.482.538	41.164.261	82.646.799	73.561
Río Valdivia	1.646	22	684	30.416.967	60.305.027	90.721.994	55.119
Río Bueno	1.389	25	1.605	45.612.337	50.879.367	96.491.704	69.484
Río Puelo	818	12	1.069	27.345.853	29.961.626	57.307.479	70.079
Río Yelcho	1.403	5	1.308	60.226.458	51.398.903	111.625.361	79.570
TOTAL	**10.890**	**161**	**8.861**	**307.031.636**	**398.991.651**	**706.023.288**	

Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

El detalle de costos de transmisión desagregados por sub-subcuencas se muestra en el Anexo 15.

Finalmente, se concluye que el aumento de 35 MMUS$ en la inversión en transmisión respecto al caso sin penalización por OdV se debe casi exclusivamente a las líneas adicionales del modelo, mostrando que los costos totales en el troncal se ven casi inalterados producto de esta penalización.

Tabla 4.16. Resultados inversión en transmisión

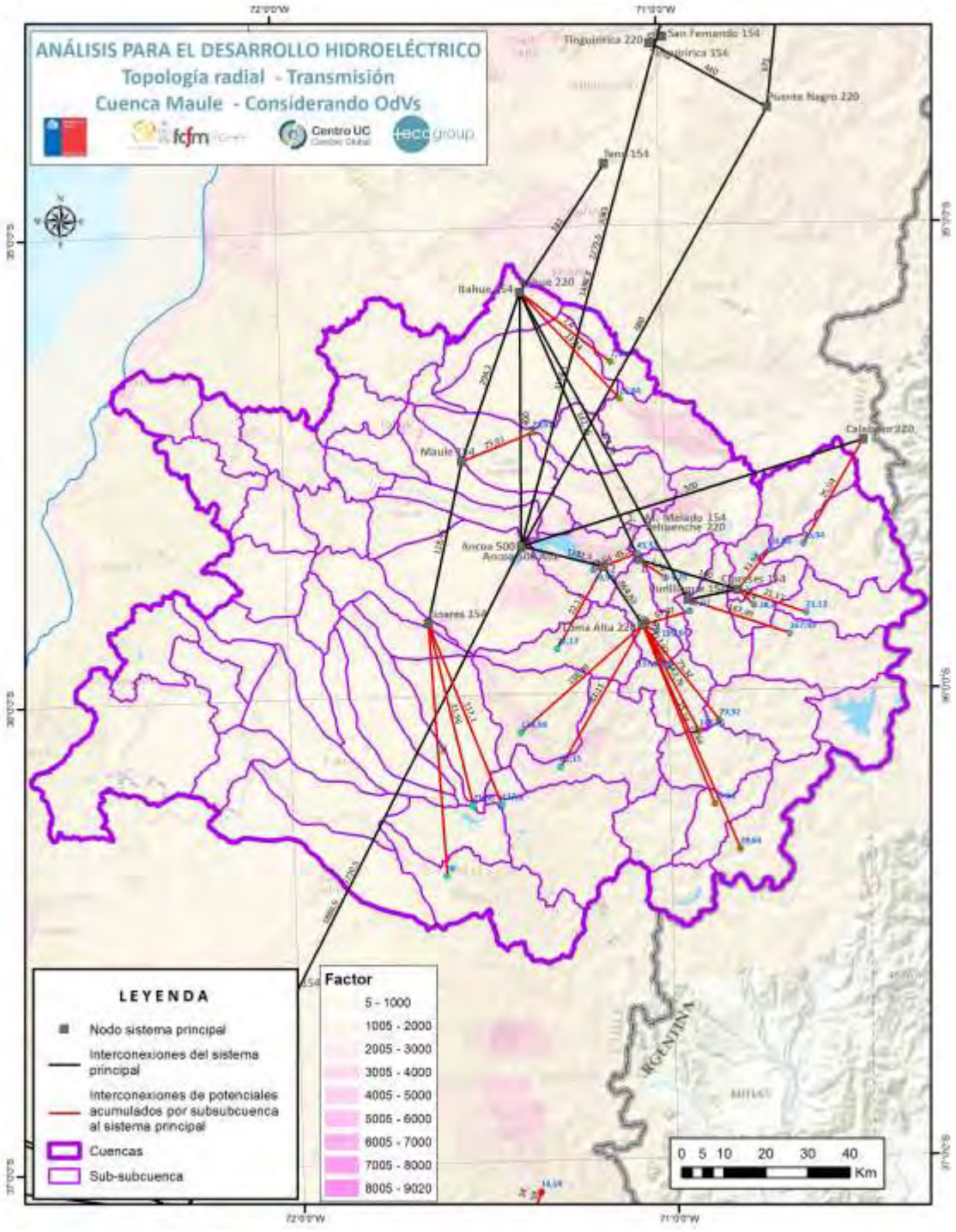
Tipo de sistema de transmisión	Costo de inversión en transmisión US$
Troncal y Subtransmisión (Sistema Principal)	398.991.651
Adicional (Subsubcuenca a Sistema Principal)	307.031.636
TOTAL	**706.023.288**

Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

4.6.1.1.4 Resultados topología

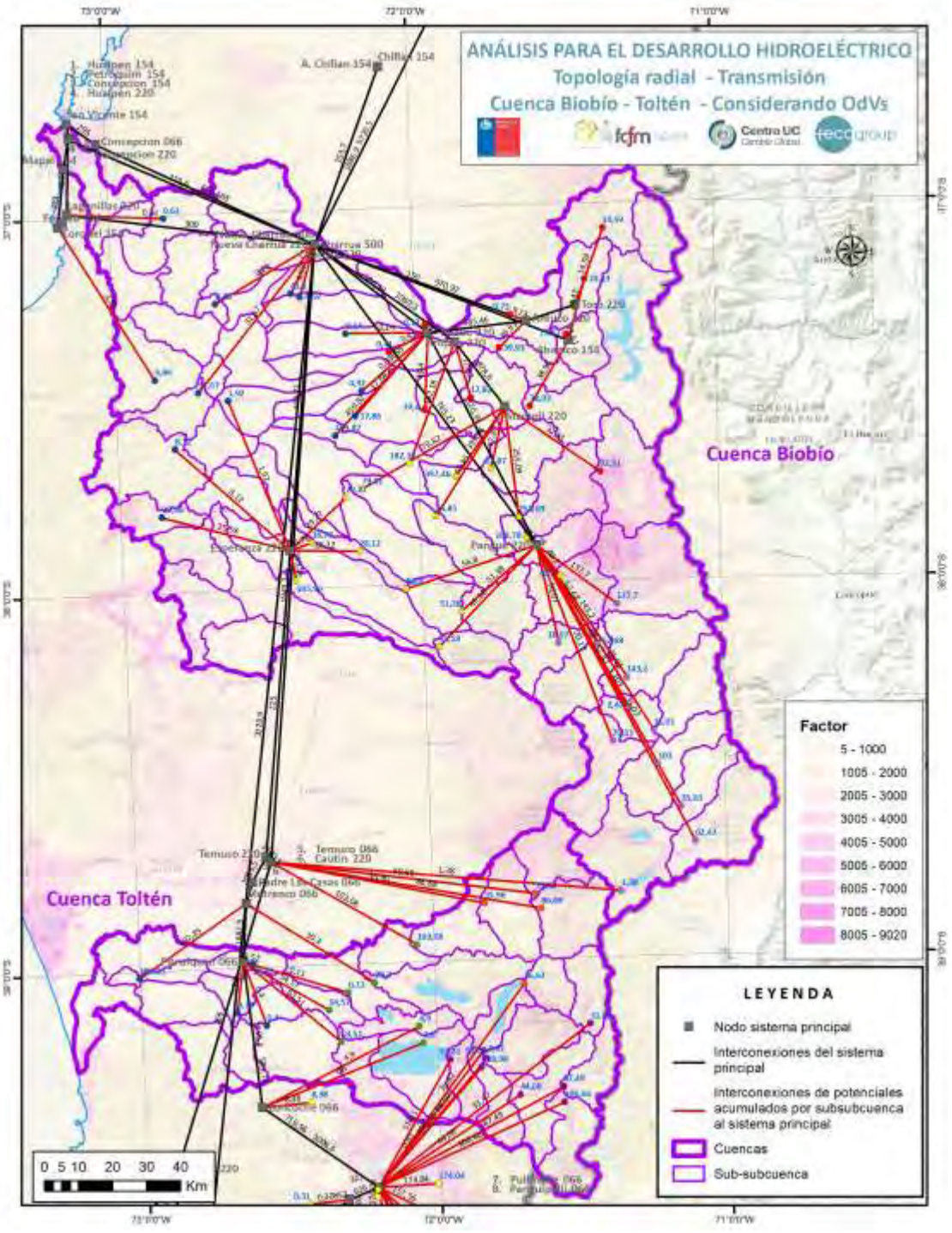
En esta sección de muestran los resultados de las interconexiones decididas en el proceso de optimización para el caso con penalización en el largo de las líneas producto de presencias de OdV en sus trazados. En líneas negras se representan las instalaciones del sistema principal de transmisión, incluyendo a las redes de transmisión troncal y subtransmisión, mientras que en líneas rojas se muestran las interconexiones de los potenciales hidráulicos de subsubcuencas a las subestaciones del sistema principal. Además se destacan los lugares con mayor presencia de factores totales de OdV, a medida que aumenta la intensidad de color rosado en el mapa. En las figuras siguientes, los números asociados a cada subsubcuenca indican su potencial en MW y el número asociado a cada línea indica su capacidad en MW.

Figura 4.38.Topología radial cuenca del Maule considerando OdV



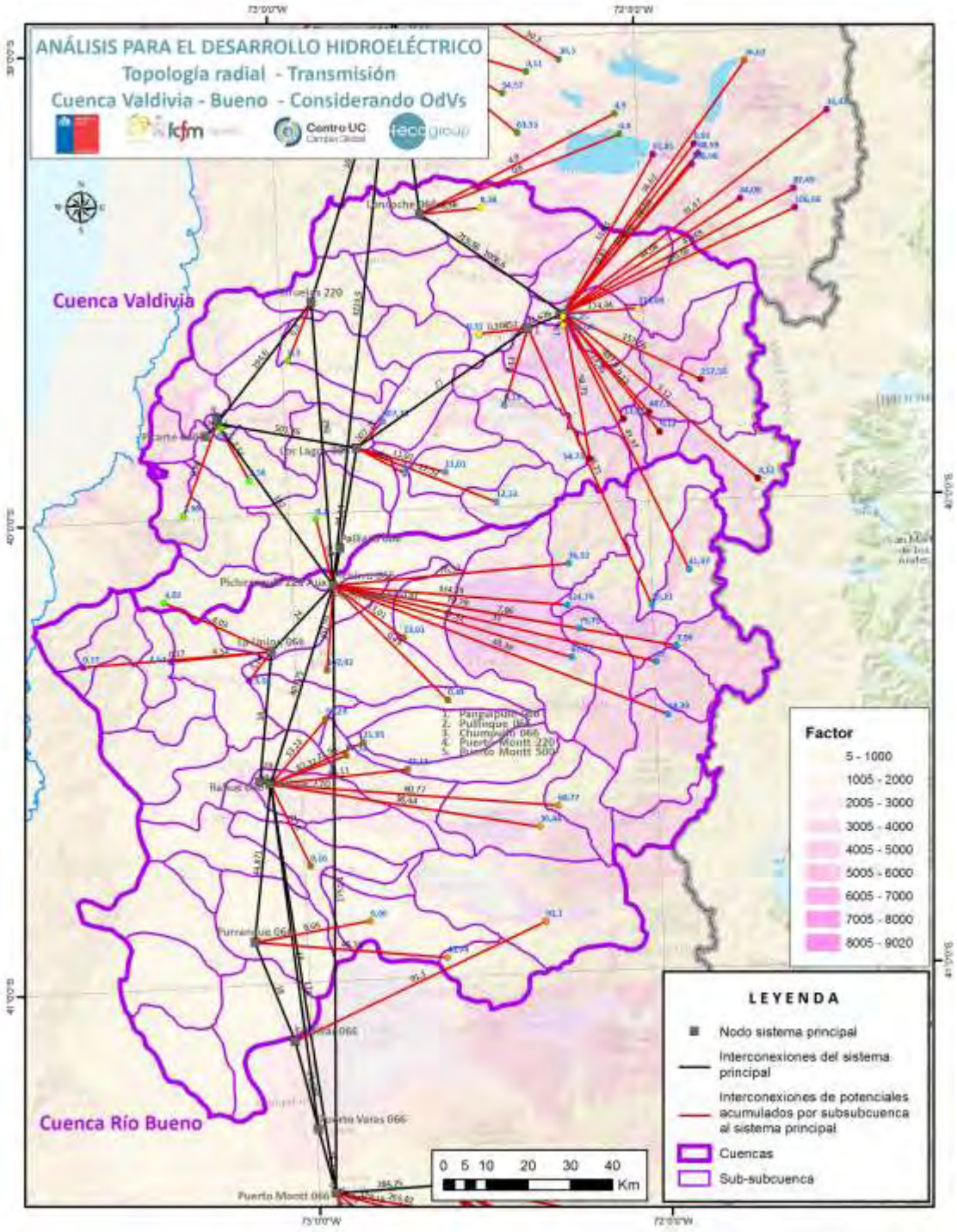
Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

Figura 4.39. Topología radial cuencas del Biobío y Toltén considerando OdV



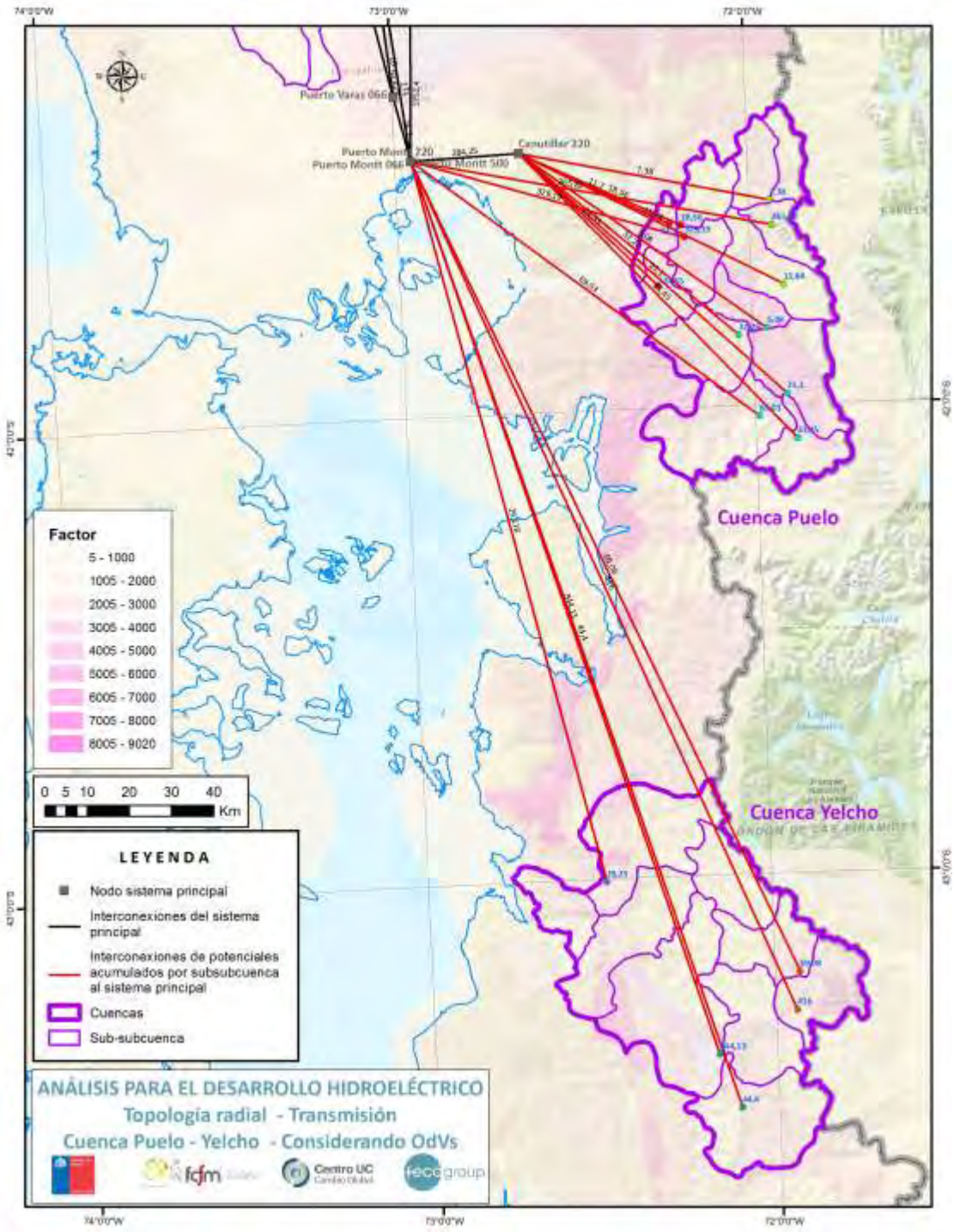
Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

Figura 4.40. Topología radial cuencas de Valdivia y Bueno considerando OdV



Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

Figura 4.41. Topología radial cuencas de Puelo y Yelcho considerando OdV



Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

4.6.2 Topología de red con agrupaciones de subsubcuencas (Pseudo coordinada)

Como se explicó en la sección 4.4.6, para establecer las agrupaciones de subsubcuencas se realizó un método de clustering por cada cuenca en base a las posiciones georeferenciales de los potenciales. En el caso de las cuencas de Puelo y Yelcho se establecieron tres grupos o clusters, mientras que para todas las demás se establecen cuatro grupos, dadas sus mayores dimensiones.

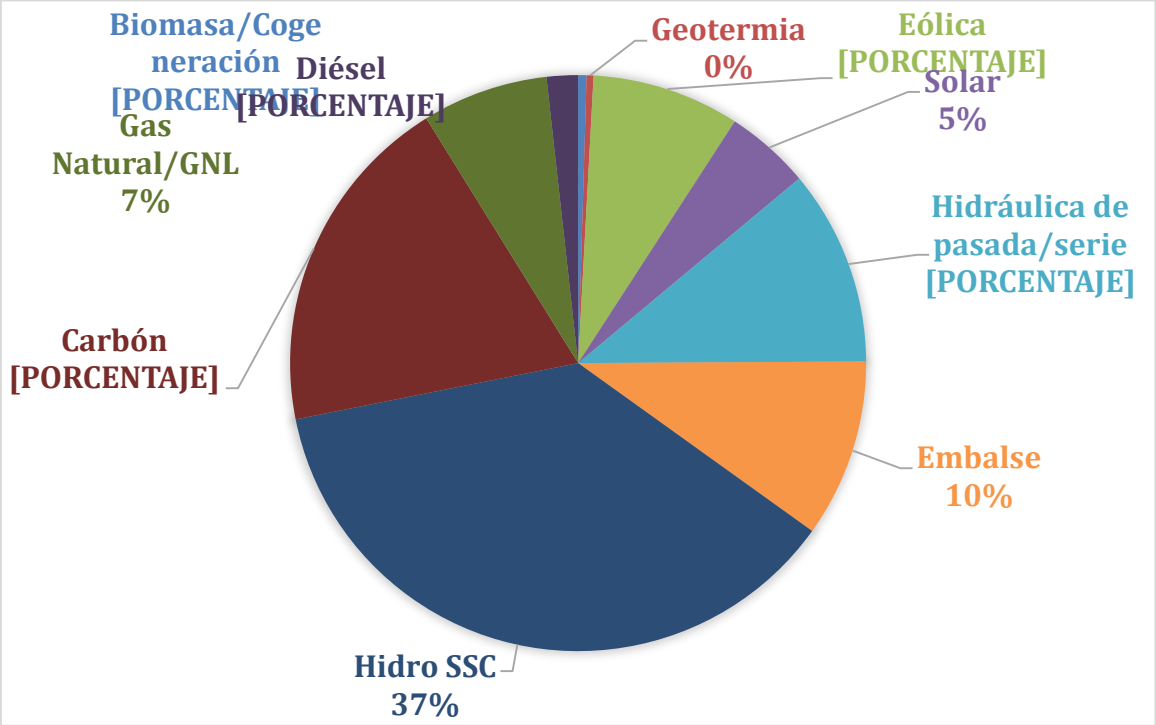
4.6.2.1 *Resultados*

En esta sección se muestran los resultados generales del ejercicio con respecto a la topología de red pseudo coordinada, donde se establece que cada una de las 26 agrupaciones (o clusters) de subsubcuencas deben resultar conectadas al sistema principal mediante una única línea de interconexión. El modelo seleccionará óptimamente la topología de interconexión entre las subsubcuencas de cada grupo y la conexión de cada grupo con el sistema principal, seleccionando además la subsubcuenca que actúa como "colector" o "hub" para interconectar todo el potencial del grupo al sistema principal.

4.6.2.1.1 Operación del sistema con todo el potencial hidroeléctrico desarrollado al año 2050

La Figura 4.42 muestra la operación óptima del sistema a futuro para una hidrología media, con un 58% de generación hidráulica (con todo el potencial desarrollado), un 19% de generación en base a carbón, un 8% de generación eólica y un 5% de generación solar, y con una participación menor de otras tecnologías.

Figura 4.42.Operación del sistema eléctrico para la hidrología media, 2050 (todo el potencial hidroeléctrico desarrollado)



Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

4.6.2.1.2 Expansión del sistema de transmisión troncal y subtransmisión

La expansión del sistema principal de transmisión (transmisión troncal y subtransmisión) se debe no solamente a la conexión de nueva capacidad de generación hidroeléctrica sino que al crecimiento completo del sistema al año 2050, lo que hace desafiante la identificación de obras de transmisión troncal y de subtransmisión que se deban única y exclusivamente a la conexión del potencial hidroeléctrico. En este contexto, se propone una metodología basada en una comparación entre (i) la red de transmisión necesaria en el sistema eléctrico al año 2050 donde todo el potencial hidroeléctrico es desarrollado y (ii) la red de transmisión necesaria para un sistema eléctrico que no conecta el potencial hidroeléctrico, el cual se reemplaza por una capacidad de generación equivalente en el centro de carga del sistema (i.e. unidades de punta en Alto Jahuel). Además, se comparan los efectos de la transmisión solamente en las líneas ubicadas desde Santiago al sur del país, que corresponde a la zona del potencial hidroeléctrico.

Se observa que el crecimiento del sistema de transmisión principal debido a la incorporación del potencial hidroeléctrico de este ejercicio corresponde a 383.7 MMUS$, donde se observa un ahorro de 15,3 MMUS$ respecto al caso radial (sin coordinación) con penalización de OdV mostrado en la sección anterior. Además se observa un pequeño aumento en los costos de los

refuerzos del sistema principal respecto al caso pseudo coordinado sin penalización producto de OdV, el cual no supera 1 MMUS$. En la Tabla 4.17 se destacan los 10 mayores refuerzos del sistema de transmisión principal que representan cerca del 70% de los costos.

Tabla 4.17. Inversiones significativas en transmisión principal

Tramo transmisión (nomenclatura OSE/CNE)	AVI+COMA US$/año
Pichirropulli 500-Charrúa 500	94.587.192
Charrúa 500-Ancoa 500 Aux Sur	64.177.331
Charrúa 220-Cautín 220	37.882.995
Ancoa 500 Aux-Alto Jahuel 500	25.911.809
Pan de Azúcar 500-Polpaico 500	24.660.225
Ancoa 500 Aux-Alto Jahuel 500	22.899.730
Alto Jahuel 500 Aux-Lo Aguirre 500	21.163.818
Puerto Montt 500-Pichirropulli 500	15.090.086
Los Changos 500-Cumbre 500	11.228.673
Pan de Azúcar 500-Maitencillo 500	10.578.425

Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

4.6.2.1.3 Interconexión de los potenciales hidroeléctricos al sistema principal mediante instalaciones adicionales

En la Tabla 4.18 se muestra el detalle de la transmisión adicional necesaria para evacuar el potencial hidroeléctrico. Se observa que los costos del sistema adicional son de 201,8 MMUS$, lo que representa un ahorro de cerca de 105 MMUS$ respecto al caso radial (sin coordinación) con penalización por presencia de OdV. Además, esta red adicional es 30 MMUS$ más costosa que la planificada sin consideración de OdV en los trazados.

Tabla 4.18.Detalle resultados inversión en transmisión adicional

Cuenca	Total MW instalados Hidro Cuenca	Nº de líneas	km líneas de doble circuito	AVI + COMA Transmisión Adicional US$	AVI + COMA Transmisión Troncal y Subtransmisión US$	AVI + COMA Transmisión Total US$	AVI + COMA Transmisión Total US$/MW.Hidro
Río Maule	1.473	24	348	16.947.789	51.917.963	68.865.752	46.740
Río Bio-Bio	3.038	50	877	45.304.392	107.043.954	152.348.346	50.151
Río Tolten	1.124	23	557	23.653.619	39.590.103	63.243.722	56.291

Cuenca	Total MW instalados Hidro Cuenca	Nº de líneas	km líneas de doble circuito	AVI + COMA Transmisión Adicional US$	AVI + COMA Transmisión Troncal y Subtransmisión US$	AVI + COMA Transmisión Total US$	AVI + COMA Transmisión Total US$/MW.Hidro
Río Valdivia	1.646	22	450	16.875.885	57.998.909	74.874.794	45.491
Río Bueno	1.389	25	600	26.734.254	48.933.694	75.667.948	54.489
Río Puelo	818	12	416	17.186.543	28.815.867	46.002.410	56.254
Río Yelcho	1.403	5	786	55.171.675	49.433.363	104.605.038	74.566
TOTAL	**10.890**	**161**	**4.033**	**201.874.157**	**383.733.852**	**585.608.009**	

Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

El detalle de costos de transmisión desagregados por sub-subcuencas se muestra en el Anexo 15.

Tabla 4.19.Resultados inversión en transmisión

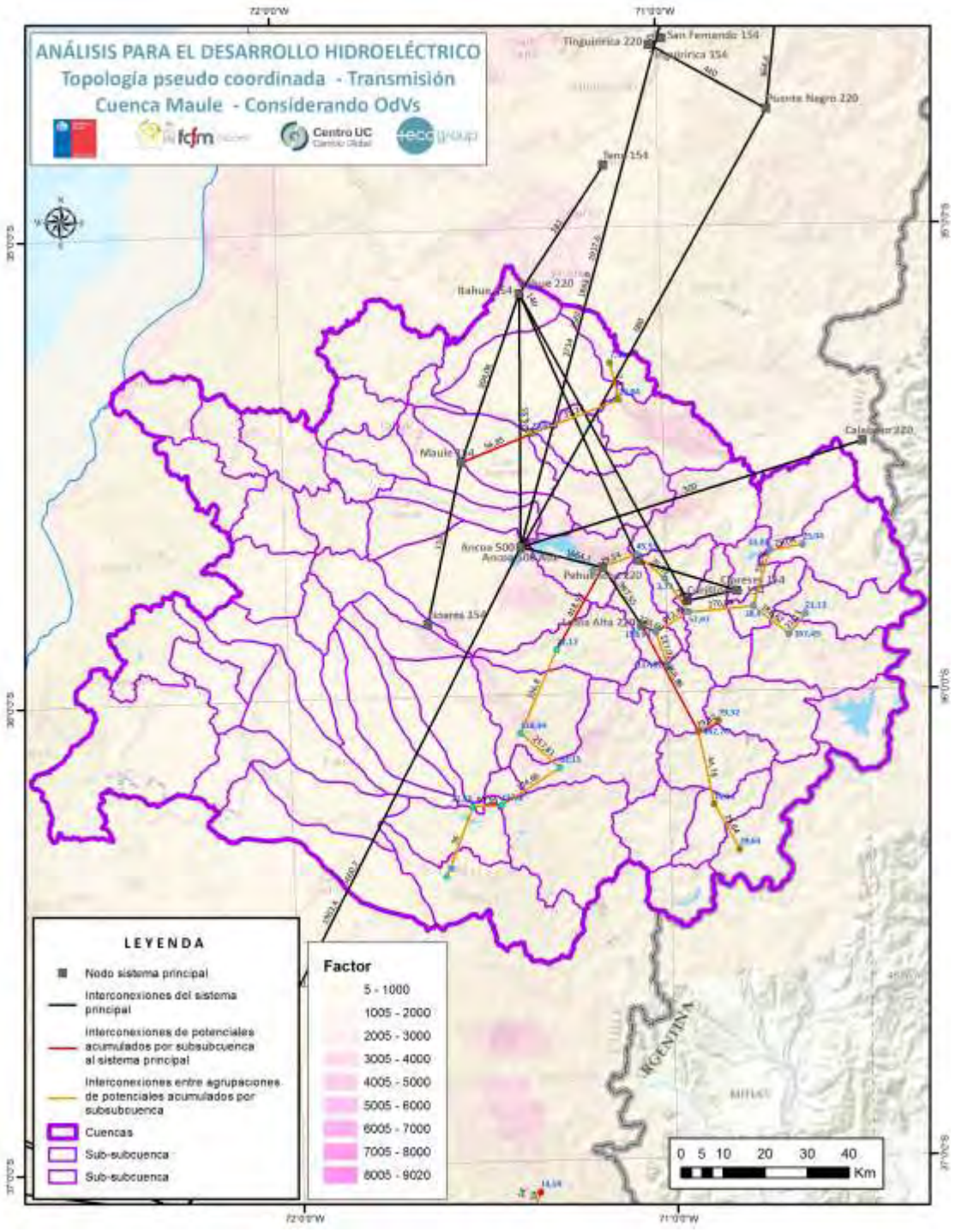
Tipo de sistema de transmisión	Costo de inversión en transmisión US$
Troncal y Subtransmisión (Sistema Principal)	383.733.852
Adicional (Subsubcuenca a Sistema Principal)	132.970.000
Adicional (Intra agrupaciones de subsubcuencas)	68.904.157
TOTAL	**585.608.009**

Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

4.6.2.1.4 Resultados topología

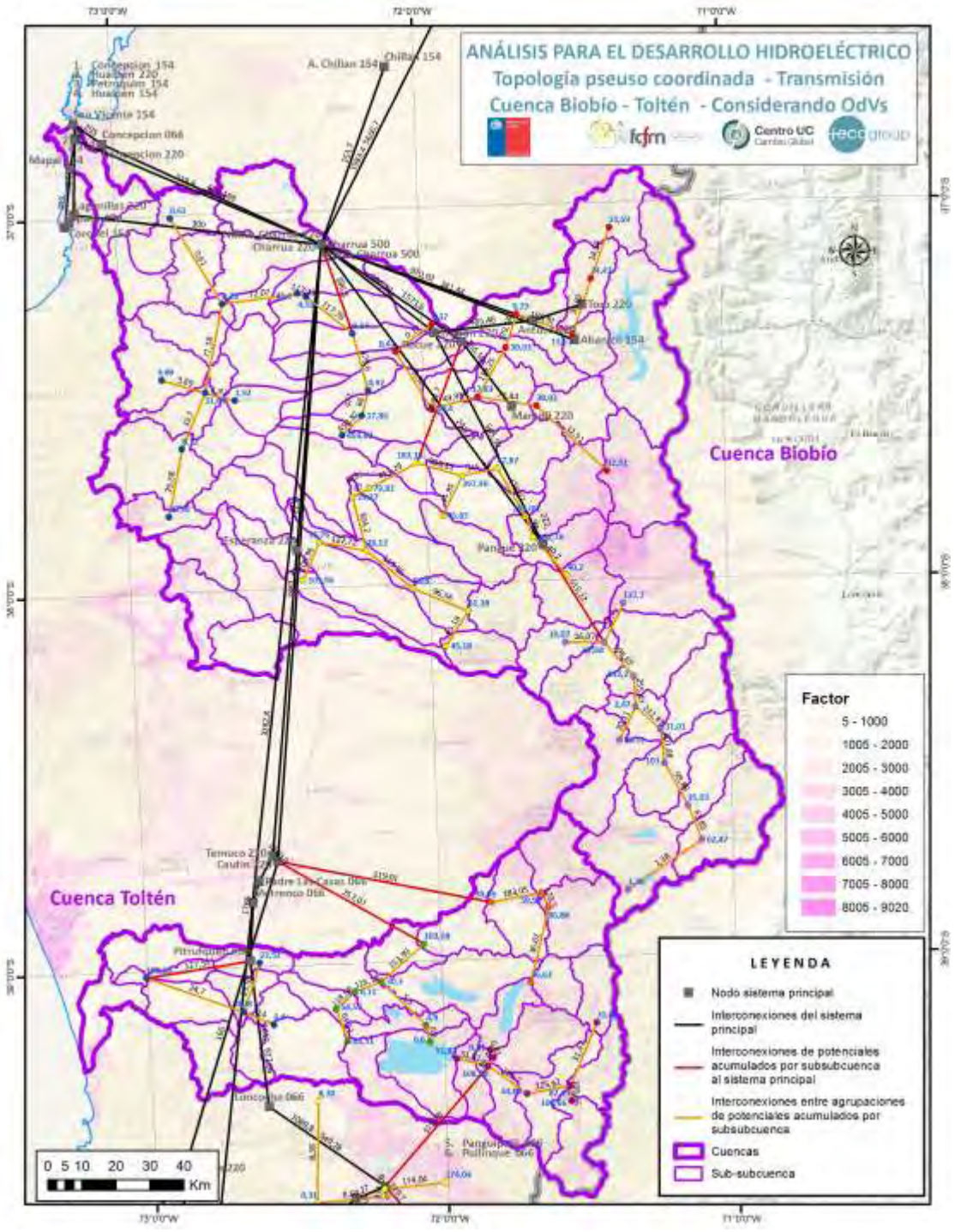
En esta sección de muestran los resultados de las interconexiones decididas en el proceso de optimización. En líneas negras se representan las instalaciones del sistema principal de transmisión, incluyendo a las redes de transmisión troncal y subtransmisión; en líneas rojas se muestran las interconexiones de las agrupaciones de potenciales de subsubcuencas a las subestaciones del sistema principal; y en líneas cafés se muestran las interconexiones dentro de las agrupaciones de subsubcuencas (líneas adicionales intra agrupaciones de subsubcuencas). Además se destacan los lugares con mayor presencia de factores totales de OdV, a medida que aumenta la intensidad de color rosado en el mapa. En las figuras siguientes, los números asociados a cada subsubcuenca indican su potencial en MW y el número asociado a cada línea indica su capacidad en MW.

Figura 4.43.Topología pseudo coordinada cuenca del Maule considerando OdV



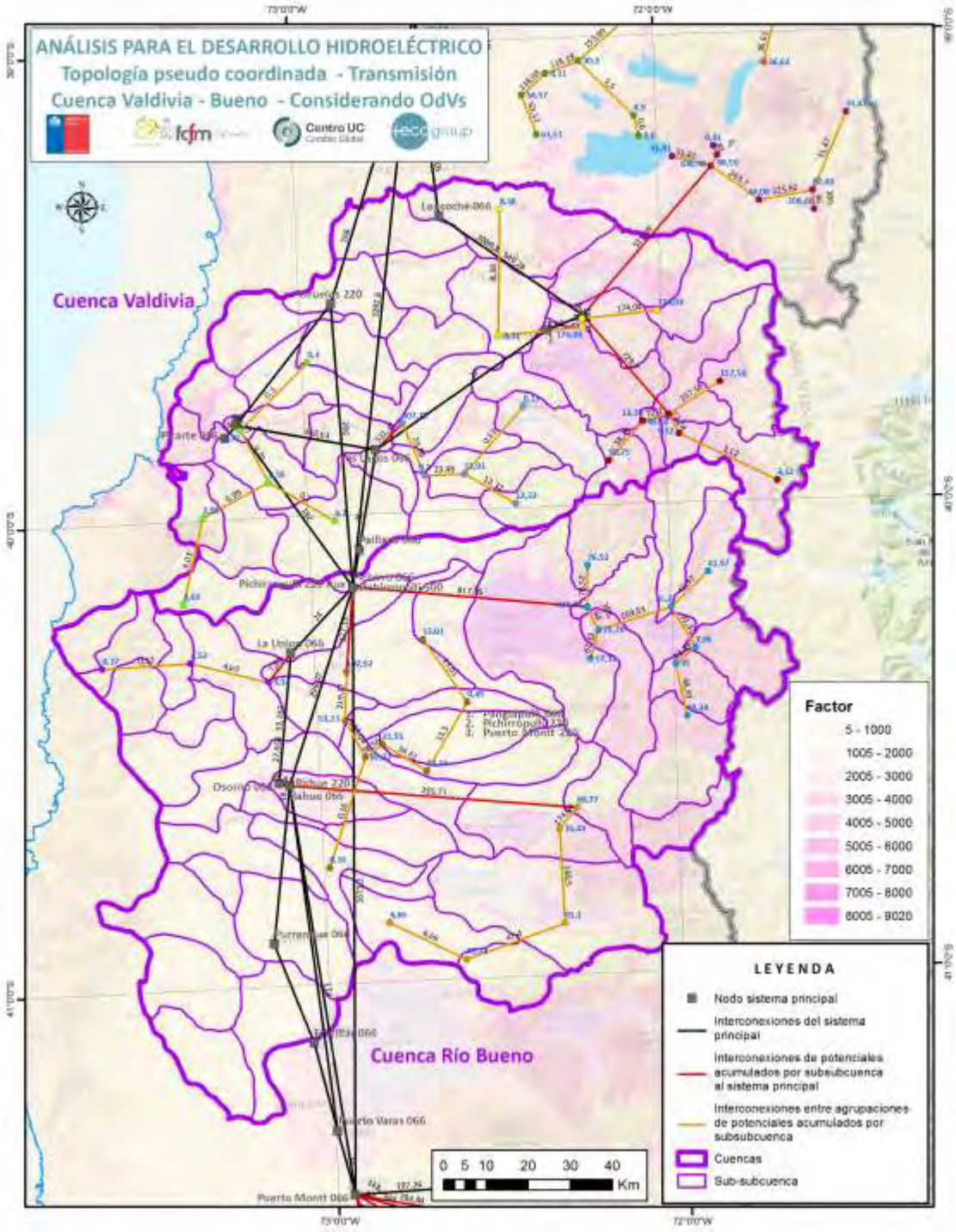
Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

Figura 4.44. Topología pseudo coordinada cuencas del Biobío y Toltén considerando OdV



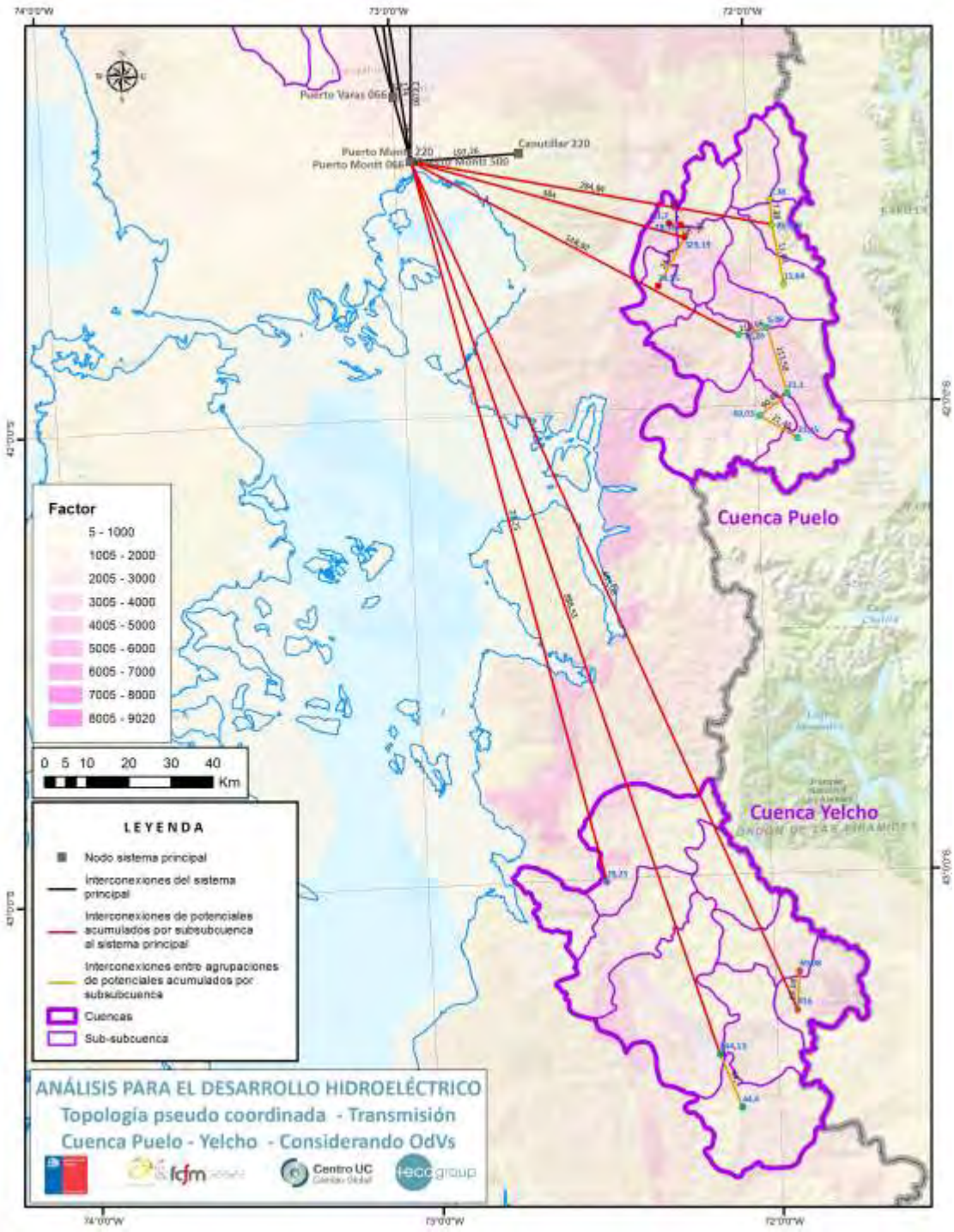
Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

Figura 4.45.Topología pseudo coordinada cuencas de Valdivia y Bueno considerando OdV



Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

Figura 4.46.Topología pseudo coordinada cuencas de Puelo y Yelcho considerando OdV



Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

4.6.3 Topología de red integrada con agrupaciones de subsubcuencas (Full coordinada)

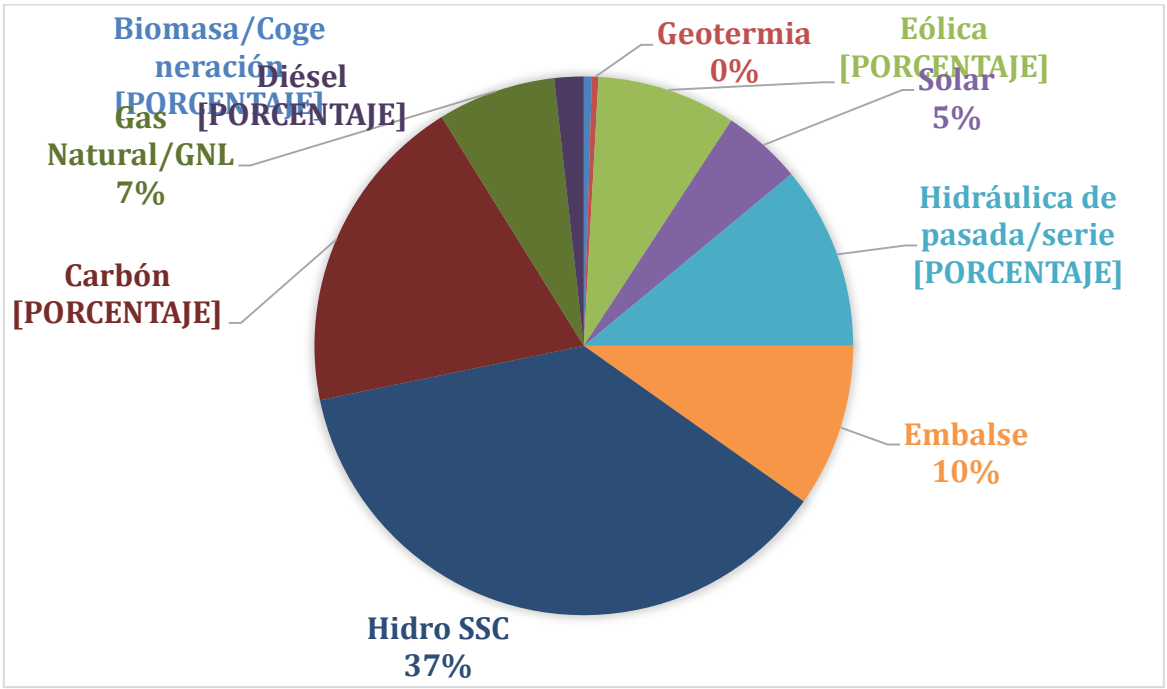
4.6.3.1 *Resultados*

En esta sección se muestran los resultados generales del ejercicio con respecto a la topología de red full coordinada, donde se establece la conexión óptima entre cada una de las 26 agrupaciones (o clusters) de subsubcuencas, considerando su integración al sistema principal. El modelo seleccionará óptimamente la topología de interconexión entre las subsubcuencas de cada grupo (note que el caso pseudo coordinado anterior no consideraba conexiones entre agrupaciones, sino que una conexión directa de cada agrupación al sistema principal), las conexiones entre agrupaciones y su integración final al sistema principal. Además, en esta sección se considera la presencia de OdV y, por lo tanto, la penalización en el largo de las líneas.

4.6.3.1.1 Operación del sistema con todo el potencial hidroeléctrico desarrollado al año 2050

La Figura 4.47 muestra la operación óptima del sistema a futuro para una hidrología media. En esta se obtiene un 58% de generación hidráulica (con todo el potencial desarrollado), un 19% de generación en base a carbón, un 8% de generación eólica y un 5% de generación solar, con una participación menor de otras tecnologías.

Figura 4.47.Operación del sistema eléctrico para la hidrología media, 2050 (todo el potencial hidroeléctrico desarrollado)



Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

4.6.3.1.2 Expansión del sistema de transmisión troncal y subtransmisión

La expansión del sistema principal de transmisión (transmisión troncal y subtransmisión) se debe no solamente a la conexión de nueva capacidad de generación hidroeléctrica sino que al crecimiento completo del sistema al año 2050, lo que hace desafiante la identificación de obras de transmisión troncal y de subtransmisión que se deban única y exclusivamente a la conexión del potencial hidroeléctrico. En este contexto, se propone una metodología basada en una comparación entre (i) la red de transmisión necesaria en el sistema eléctrico al año 2050 donde todo el potencial hidroeléctrico es desarrollado y (ii) la red de transmisión necesaria para un sistema eléctrico que no conecta el potencial hidroeléctrico, el cual se reemplaza por una capacidad de generación equivalente en el centro de carga del sistema (i.e. unidades de punta en Alto Jahuel). Además, se comparan los efectos de la transmisión solamente en las líneas ubicadas desde Santiago al sur del país, que corresponde a la zona del potencial hidroeléctrico.

Se observa que la expansión del sistema de transmisión principal debido a la incorporación del potencial hidroeléctrico de este ejercicio corresponde a 332,7 MMUS$, donde se observa un ahorro de 67 MMUS$ respecto al caso radial (sin coordinación) y de 52 MMUS$ respecto al caso pseudo coordinado con penalizaciones por la presencia de OdV. Además, a diferencia del caso pseudo coordinado, esta topología muestra menores costos que la alternativa full coordinada sin consideración de OdV, con un ahorro de más de 4 MMUS$. La Tabla 4.20 presenta las principales expansiones del sistema para este caso.

Tabla 4.20.Inversiones significativas en transmisión principal

Tramo transmisión (nomenclatura OSE/CNE)	**AVI+COMA US$/año**
Pichirropulli 500-Charrúa 500	119.016.883
Charrúa 500-Ancoa 500 Aux Sur	62.144.544
Ancoa 500 Aux-Alto Jahuel 500	30.059.498
Pan de Azúcar 500-Polpaico 500	24.660.225
Alto Jahuel 500 Aux-Lo Aguirre 500	21.163.818
Ancoa 500 Aux-Alto Jahuel 500	18.617.136
Puerto Montt 500-Pichirropulli 500	14.536.503
Los Changos 500-Cumbre 500	11.228.673
Nueva Charrúa 500-Ancoa 500 Aux Sur	11.214.869
Charrúa 220-Cautín 220	11.182.568

Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

4.6.3.1.3 Interconexión de los potenciales hidroeléctricos al sistema principal mediante instalaciones adicionales

En la Tabla 4.21 se muestra que el costo de las líneas adicionales es de 250 MMUS$ para el caso con full coordinación entre los generadores en las subsubcuencas. Este sistema de transmisión adicional es 57 MMUS$ y 48 MMUS$ menos costoso que el caso radial y el pseudo coordinado con penalización por OdV, respectivamente. Además al hacer la comparación con el caso sin presencia de OdV, se observa que esta red adicional es 40,2 MMUS$ más costosa.

Tabla 4.21.Detalle resultados inversión en transmisión adicional

Cuenca	Total MW instalados Hidro Cuenca	Nº de líneas	km líneas de doble circuito	AVI + COMA Transmisión Adicional US$	AVI + COMA Transmisión Troncal y Subtransmisión US$	AVI + COMA Transmisión Total US$	AVI + COMA Transmisión Total US$/MW
Río Maule	1.473	28	549	23.113.880	44.933.705	68.047.585	46.185
Río Bio-Bio	3.038	54	1.161	61.286.723	92.643.878	153.930.601	50.672
Río Tolten	1.124	28	666	30.972.614	34.264.249	65.236.863	58.065
Río Valdivia	1.646	25	603	26.346.933	50.196.612	76.543.545	46.504
Río Bueno	1.389	30	761	36.686.939	42.350.895	79.037.833	56.916
Río Puelo	818	13	420	15.616.513	24.939.416	40.555.929	49.594
Río Yelcho	1.403	5	787	55.938.752	42.783.345	98.722.097	70.372
TOTAL	**10.890**	**181**	**4.946**	**249.962.355**	**332.112.099**	**582.074.454**	

Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

El detalle de costos de transmisión desagregados por sub-subcuencas se muestra en el Anexo 15.

Tabla 4.22.Resultados inversión en transmisión

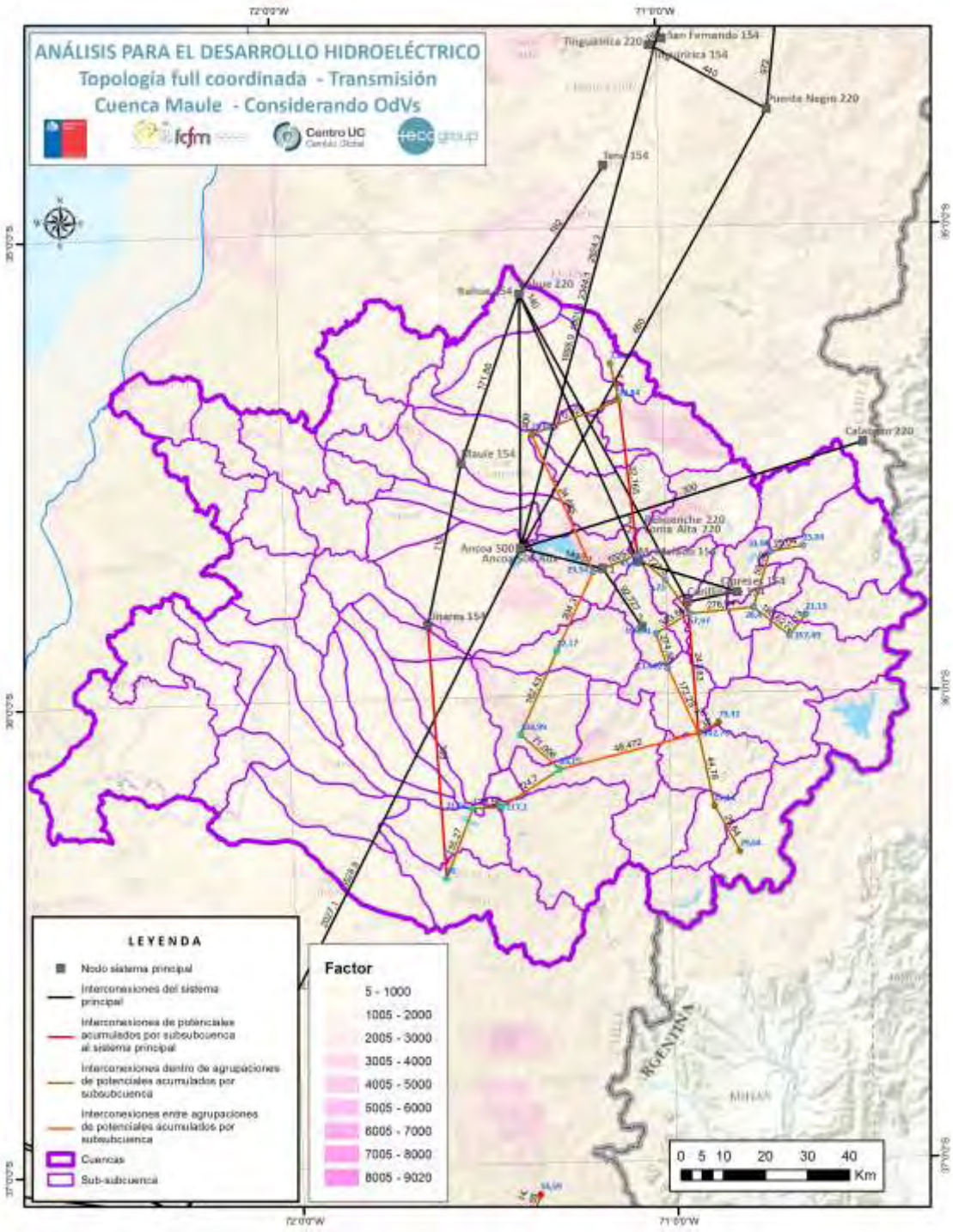
Tipo de sistema de transmisión	**Costo de inversión en transmisión US$**
Troncal y Subtransmisión (Sistema Principal)	332.112.099
Adicional (Subsubcuenca a Sistema Principal)	137.340.936
Adicional (Intra agrupaciones de subsubcuencas)	83.082.864
Adicional (Entre agrupaciones de subsubcuencas)	29.538.555
TOTAL	**582.074.454**

Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

4.6.3.1.4 Resultados topología

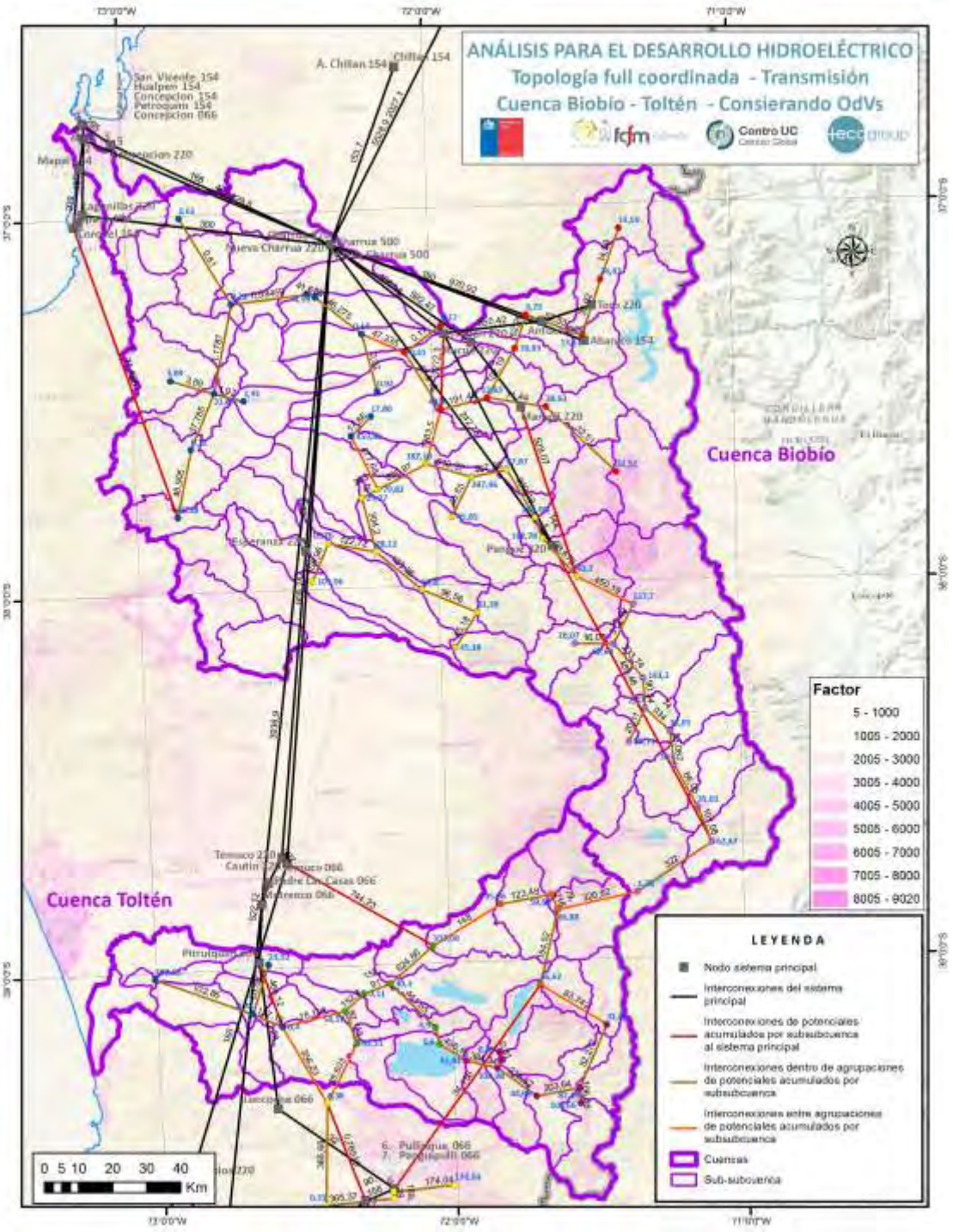
En esta sección de muestran los resultados de las interconexiones decididas en el proceso de optimización. En líneas negras se representan las instalaciones del sistema principal de transmisión, incluyendo a las redes de transmisión troncal y subtransmisión; en líneas rojas se muestran las interconexiones de los potenciales hidráulicos de subsubcuencas a las subestaciones del sistema principal; en líneas cafés se muestran las interconexiones dentro de las agrupaciones de subsubcuencas (líneas adicionales intra agrupaciones de subsubcuencas); mientras que en líneas anaranjadas se muestran las interconexiones entre agrupaciones de subsubcuencas. Además se destacan los lugares con mayor presencia de factores totales de OdV, a medida que aumenta la intensidad de color rosado en el mapa. En las figuras siguientes, los números asociados a cada subsubcuenca indican su potencial en MW y el número asociado a cada línea indica su capacidad en MW.

Figura 4.48.Topología full coordinada cuenca del Maule considerando OdV



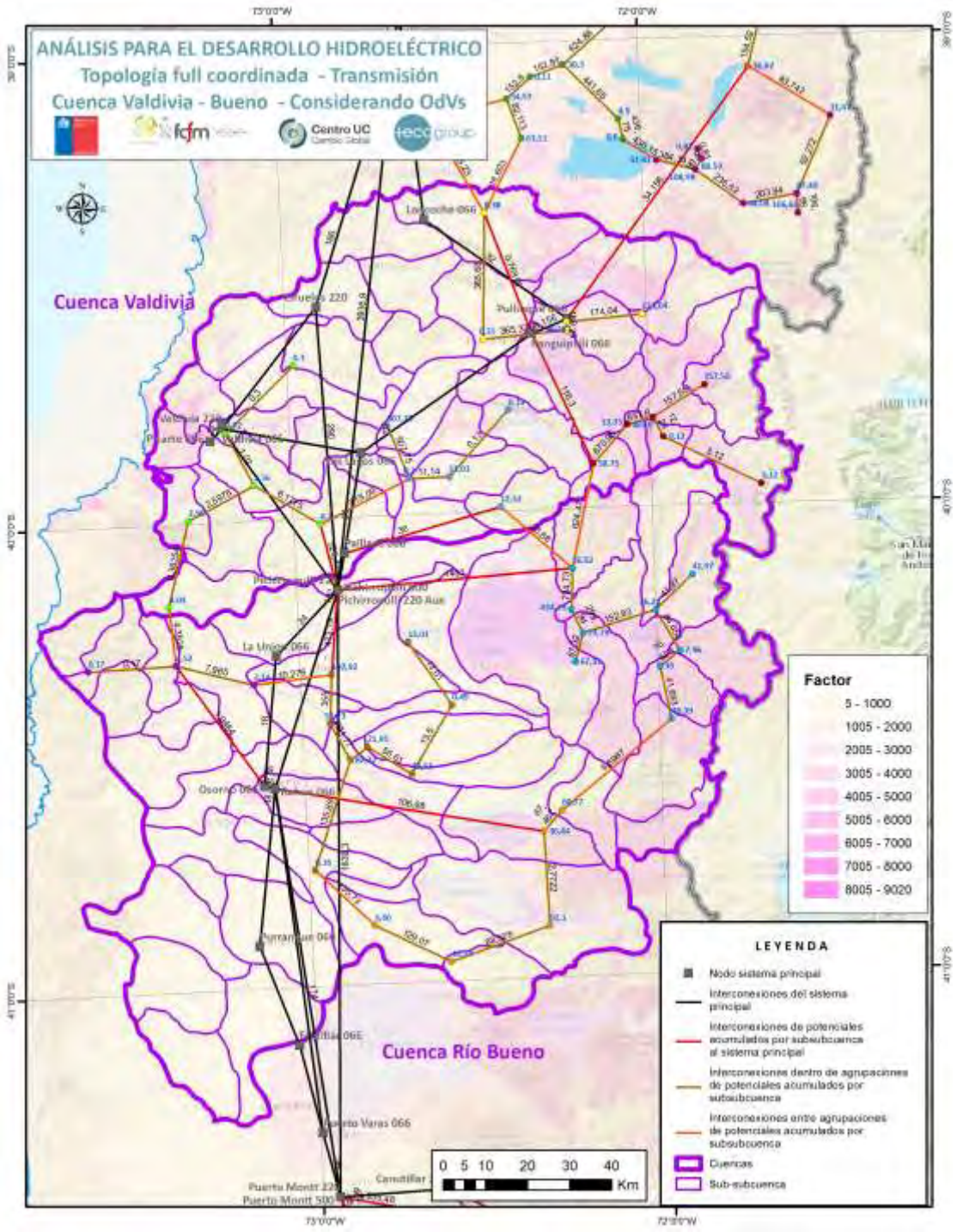
Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

Figura 4.49.Topología full coordinada cuencas del Biobío y Toltén considerando OdV



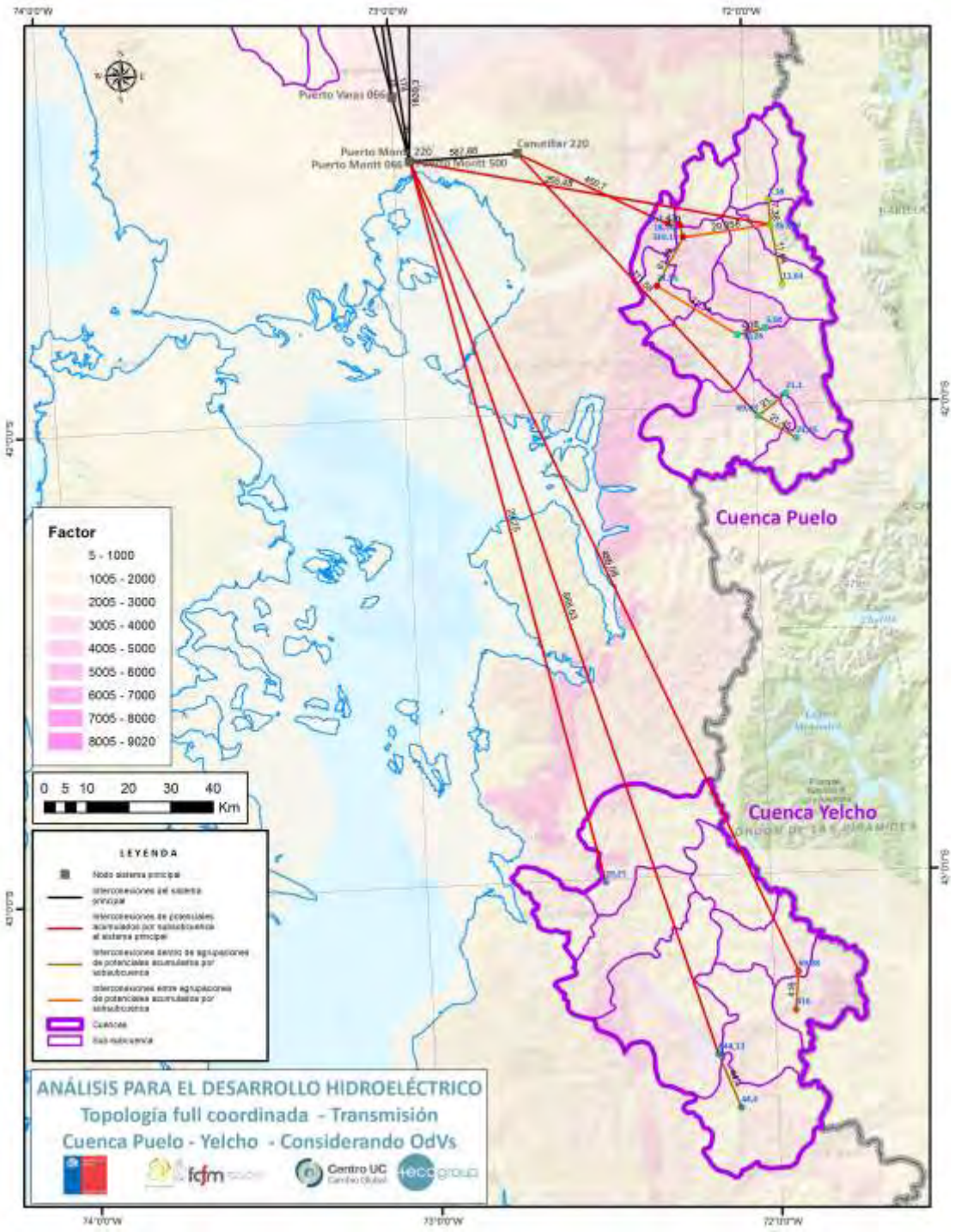
Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

Figura 4.50.Topología full coordinada cuencas de Valdivia y Bueno considerando OdV



Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

Figura 4.51. Topología full coordinada cuencas de Puelo y Yelcho considerando OdV

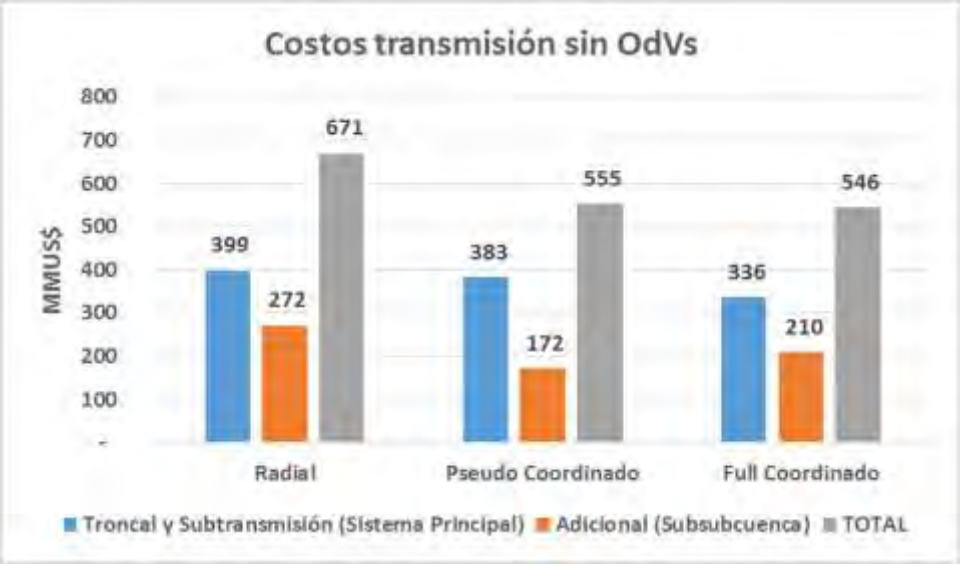


Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

4.7 Efecto de los OdV en el ejercicio de planificación de la transmisión

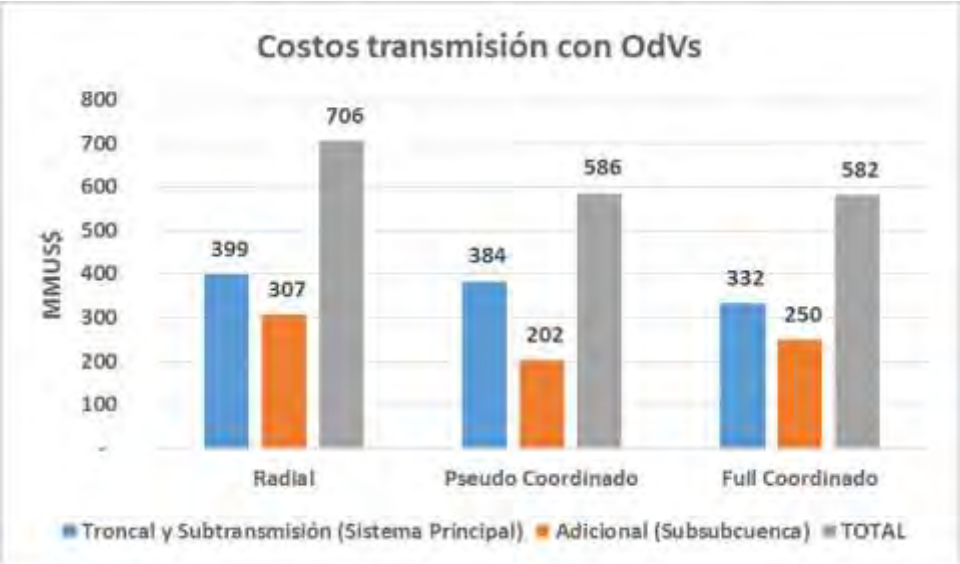
A continuación, en la Figura 4.52 y 4.53 se presenta un resumen de los costos de transmisión para las distintas metodologías de coordinación de la transmisión abordadas en este reporte.

Figura 4.52. Resumen costos sistema de transmisión sin considerar OdV en los trazados



Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

Figura 4.53. Resumen costos sistema de transmisión considerando OdV en trazados



Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

Según se observa, en la medida que hay un mayor grado de coordinación, existe un menor costo en el sistema principal de transmisión, correspondiente al troncal y las líneas de subtransmisión. Este punto es muy importante puesto que, el proyecto de ley de la transmisión eléctrica, a la fecha aporbado, indica que el total de las instalaciones declaradas como troncales o de subtransmisión serán remuneradas con cargo en la demanda. Los resultados obtenidos señalan que a mayor nivel de coordinación entre los actores privados, menor será este cargo al cliente final por la transmisión necesaria para la integración de la hidroelectricidad. Por ejemplo, si se comparan los costos totales en los casos full coordinado y pseudo coordinado con OdV, en la Figura 4.53, se observa que son bastante similares. Sin embargo, cuando se mira en detalle la distribución de estos costos entre costos de reforzamiento del sistema principal y costos del sistema adicional, surgen diferencias importantes. En el caso full coordinado, aunque el costo total es similar, la coordinación produce ahorros significativos en el reforzamiento del sistema principal (financiado en su totalidad con cargo en los clientes finales, según el nuevo proyecto de ley) en desmedro de un aumento en los costos de transmisión del sistema adicional (financiados en su totalidad con cargo en el generador hidroeléctrico que se conecta).

Ahora bien, cabe destacar que todos los resultados de este reporte asumen un comportamiento competitivo de los agentes privados e ignora posibles efectos del ejercicio de poder de mercado. En el caso Chileno, este es un supuesto frecuente, dado que las instituciones de regulación del sector eléctrico normalmente garantizan que el poder de mercado de los agentes privados sea mínimo.

Respecto al sistema adicional de transmisión, necesario para evacuar el potencial de las subsubcuencas, se observa una baja en sus costos al pasar de una topología radial a una con pseudo coordinación. No obstante, al aumentar el grado de coordinación se observa un aumento en los costos de las líneas adicionales. Esto se debe a que el modelo utilizado en este ejercicio optimiza el costo total, el que se reduce en el caso de full coordinación, sin exigir necesariamente que las líneas adicionales sean reducidas. No obstante, cuando se realiza una full coordinación ocurre un fenómeno importante de destacar y que trae beneficios adicionales a la red que no son cuantificados en este estudio. En particular, en el caso full coordinado, las líneas adicionales cumplen un doble propósito: (i) integrar la hidroelectricidad al sistema eléctrico y (ii) aumentar la capacidad de transmisión del sistema principal, esto dado que el sistema adicional resultante es enmallado al sistema principal y crea una ruta alternativa para los flujos de energía que se transportan en el sistema eléctrico de sur a norte. De este modo, el caso full coordinado no sólo reduce un poco los costos totales, sino que también aumenta en forma significativa la confiabilidad de la red al crear un sistema más enmallado (menos radial) que cuenta con rutas redundantes o alternativas de evacuación de la producción eléctrica en la zona sur del país. Consecuentemente, los beneficios sociales del caso full coordinado evidencian una menor intervención territorial y están subestimados en este reporte.

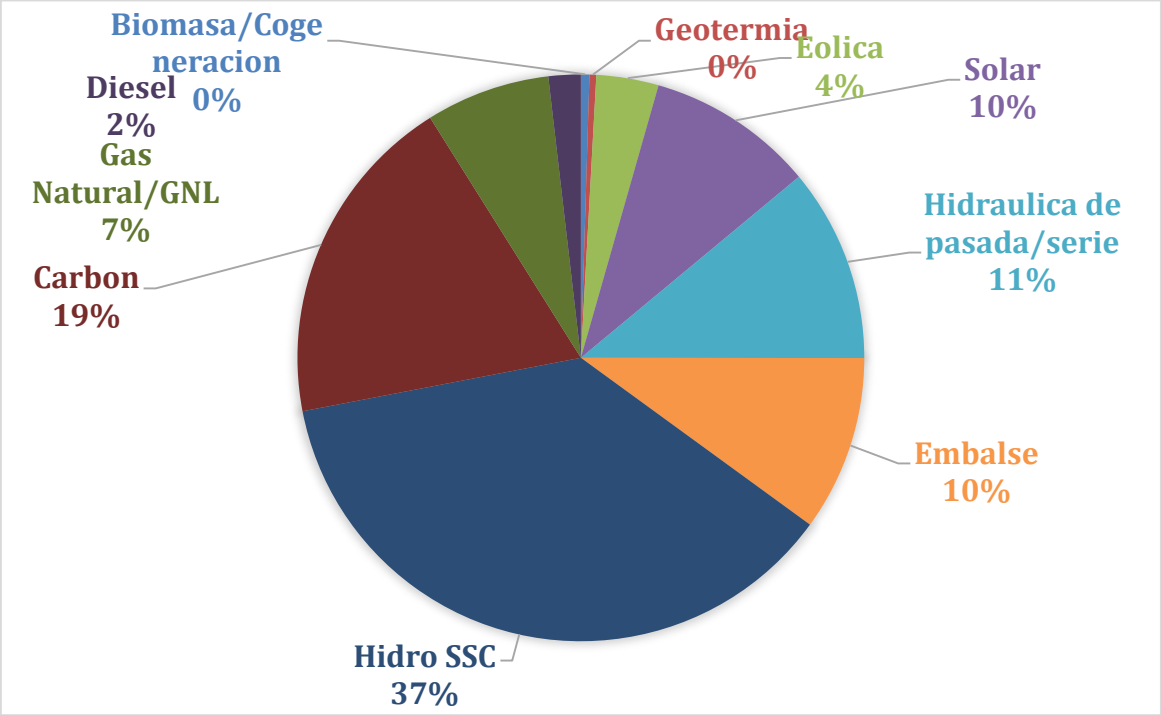
Por último, es importante destacar que el diferencial de las ventajas económicas de la full coordinación frente a la pseudo coordinación se ve disminuido producto de la presencia de OdV en los trazados en las líneas. Es decir, ante la presencia de OdV, los beneficios de la full coordinación (i.e. ahorro en costo producto de la coordinación para la interconexión del potencial hidroeléctrico) son levemente menores que los beneficios en el caso de planificación sin OdV. Esto pone una alerta en el esfuerzo que el regulador desea poner en garantizar una full coordinación entre los agentes privados y otra alerta en la importancia de no ignorar la presencia de OdV a la hora de planificar la transmisión necesaria para el desarrollo de nuevos proyectos hidroeléctricos. No obstante , la diferencia entre los costos obtenidos entre los casos radial y pseudo coordinado, hacen evidente que un esfuerzo importante del regulador para fomentar cierta coordinación entre los agentes privados es fundamental.

4.8 Sensibilidad matriz energética ERNC

El desarrollo de la matriz eléctrica a futuro puede ser diverso, lo que puede afectar la planificación de la red de transmisión. Por este motivo en la siguiente sección se muestra una sensibilidad donde se ha duplicado el parque generador solar y se ha disminuido a un 40% el parque de generación eólico con respecto al utilizado anteriormente en este informe. Estas operaciones permiten conservar la participación de energía renovable (incluyendo la generación hidroeléctrica) del orden del 70%, consistente con la visión del Ministerio de Energía. Estos cambios en la matriz energética se observan claramente en la Figura 4.54, donde se muestra la operación del sistema para un año con hidrología media.

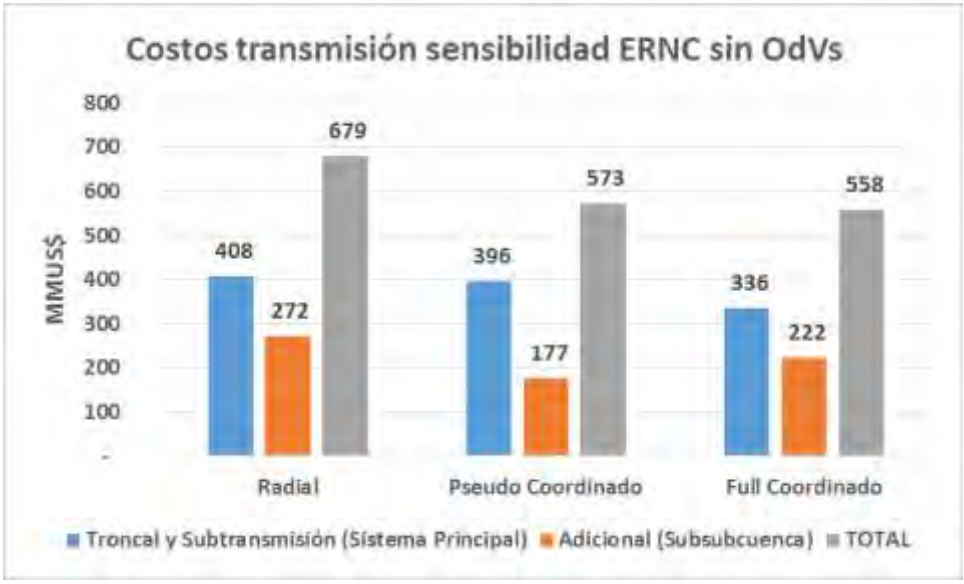
Aunque la transmisión asociada a esta nueva matriz energética es sustancialmente distinta a la observada en los casos anteriores (incluso en el caso base su costo es mayor a 1,5 veces el costo de la red utilizado en casos anteriores), el costo atribuible a la integración de la hidroelectricidad es similar y por lo tanto relativamente robusto ante variaciones en los escenarios futuros utilizados en este ejercicio. Esto es relevante porque da una robustez a las decisiones estratégicas de transmisión en el desarrollo del potencial hidroeléctrico, con cierta independencia del escenario de generación que se dé en el futuro. Los costos de transmisión asociados a la hidroelectricidad para esta nueva matriz energética se presentan en la Figura 4.55, donde se pueden observar variaciones menores con respecto a los resultados de los análisis anteriores de este reporte.

Figura 4.54:.Operación del sistema eléctrico para la hidrología media, 2050 (todo el potencial hidroeléctrico desarrollado)



Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

Figura 4.55. Resumen costos sistema de transmisión sensibilidad ERNC sin considerar OdV en los trazados



Fuente: elaboración conjunta UCH-PUC-TECO.

5 Objetos de Valoración (OdV)

5.1 Generalidades

En la presente sección se describen los Objetos de Valoración (OdV) definidos para este estudio, incorporando mejoras en aquellos que quedaron incompletos después de finalizada la etapa 1 del proyecto llevado a cabo durante 2014 para el Ministerio de Energía por el consorcio PUC-TECO.

En las siguientes secciones se describe cada OdV, incluyendo sus detalles de definición, metodología y resultados obtenidos. Las secciones correspondientes a metodologías contienen una descripción detallada del cómo se obtuvieron los OdV, tomando en cuenta lo discutido en talleres y reuniones con la contraparte técnica y con el equipo PUC-TECO, así como visitas a terreno y validación con expertos en talleres organizados para ello. Finalmente, se cierra con conclusiones y recomendaciones respecto de los resultados.

5.2 Definición de OdV y Metodologías asociadas

Se define como Objetos de Valoración (OdV) aquellas variables de distinta naturaleza que representen objetos de alto valor para la sociedad. Algunos de estos objetos corresponden a variables biológicas, físicas, ecológicas, ambientales, culturales y sociales que se consideran particularmente especiales y sobre las cuales existe o puede existir un nivel de protección o tutela por parte del estado (Brown *et al.*, 2013). Esta definición se obtiene a partir de la "Guía Común de Identificación de Altos Valores de Conservación (AVC)" (Brown *et al.*, 2013), documento cuya metodología fue modificada para su aplicación en este estudio. Su enfoque espacial local, pensado como manual de valoración para generadores de proyectos, fue adaptado a un enfoque espacial nacional, permitiendo la valorización del territorio en función del interés del estado, la comunidad, y del potencial interferencia de la generación hidroeléctrica en Chile.

Cada OdV representa en principio una construcción puramente conceptual. Por lo tanto, para operativizar el concepto se deben utilizar indicadores cualitativos o cuantitativos que permitan aproximar aquello que se busca valorar ("*proxies*").

La definición y estimación de *proxies* permiten un acercamiento numérico a cada OdV. Luego, la comparación de proxys entre distintas áreas de estudio, en este caso sub-subcuencas (SSC), permite establecer aquellos sectores del territorio que posean mayor o menor "cantidad" de aquel OdV, posibilitando su posterior clasificación.

El proceso por el cual los OdV han sido construidos incluye tres etapas. Una primera aproximación realizada por el equipo PUC-TECO durante una primera etapa de este estudio, una segunda aproximación generada por nuestro equipo al evaluar y proponer modificaciones para los OdV previamente planteados, y una tercera aproximación, en donde la nueva propuesta ha sido sometida a discusión ante miembros de ambos equipos de trabajos y asesores externos en talleres organizados con este propósito.

En el caso de los OdV de carácter biofísico, se definen dos "Ámbitos" asociados a los *proxies* utilizados: fluvial y terrestre. El ámbito fluvial se asocia a aquellos OdV cuyos *proxies* presentan características que les permite estar conectados a la red hidrográfica.

Por otro lado, un OdV de ámbito terrestre puede entenderse como aquellos OdV cuyos *proxies* presentan una componente principalmente terrestre. En este ámbito también deben incluirse ciertos OdV que presentan un *proxy* asociado a ambientes acuáticos, pero que no presentan una evidente conexión con la red hidrográfica, y por lo tanto no pueden ser considerados de ámbito fluvial. Por lo tanto, es necesario considerar que los OdV definidos como de ámbito terrestre pueden presentar hábitats mixtos, tanto terrestres como acuáticos en algunos casos. Un claro ejemplo son los proxy que consideran humedales. En estos cuerpos de agua que claramente son ecosistemas acuáticos, no todos presentan una evidente conexión superficial con la red hidrográfica. A partir de estas categorías se han organizado los 26 OdVs biofísicos, 14 OdVs fluviales y 12 OdVs terrestres, además de los OdVs sociales, culturales y productivos. Un resumen de cada uno de los ODV se presenta en la Tabla 5.1.

Tabla 5.1. Definición de los Objetos de Valoración propuestos y el proxy a utilizar

Categoría	Número	Nombre	Definición	Proxies
Fluvial	F-1	Especies fluviales en categoría de amenaza	Riqueza de especies en categoría de amenaza (CR, EN, V, IC o R).	Sumatoria de la cantidad de especies fluviales amenazadas (CR, EN, V, IC o R) ponderadas por cada categoría de conservación (grado de amenaza) a nivel de SSC.
	F-2	Especies fluviales endémicas	Riqueza de especies fluviales endémicas.	La sumatoria de la cantidad de especies endémicas fluviales ponderadas por el nivel de endemismo (nacional, regional o local) a nivel de SSC.
	F-3	Régimen hidrológicamente no alterado	Nivel de alteración entre del régimen hidrológico mediante la identificación de obras civiles que lo alteren.	Presencia de embalses, centrales de pasada, bocatomas, trasvases entre ríos y pisciculturas
	F-4	Régimen de sedimentos no alterado	Nivel de alteración de régimen y disponibilidad de sedimentos mediante la identificación de obras e intervenciones que alteren su	Cantidad de Embalses y extracciones de áridos

Categoría	Número	Nombre	Definición	Proxies
			naturalidad.	
	F-5	Sistemas fluviales con conectividad longitudinal a nivel de cauce no fragmentada.	Conectividad longitudinal a nivel de cauce no fragmentada.	Cantidad de Embalses, centrales de pasada, bocatomas, vados y badenes.
	F-6	Sistemas fluviales con conectividad longitudinal del corredor ripariano	Conectividad longitudinal del corredor ripariano no fragmentada.	Cantidad de extracciones de árido, puentes, canoas, sifones, obras viales, cortes de vegetación ripariana, remodelación de secciones y bocatomas o ausencia de más del 20% de la zona ripariana.
	F-7	Sistemas fluviales con conectividad lateral	Sistemas fluviales con conectividad lateral no fragmentada.	Cantidad de defensas fluviales, espigones, carreteras a borde del cauce y canalizaciones paralelas al cauce
	F-8	Accesibilidad de la red hidrográfica	Accesibilidad a hábitats en el río para especies fluviales por sub-subcuenca (SSC).	Mayor longitud (extensión) de las secciones de la red hidrográfica de la SSC
	F-9	Sistemas fluviales con condiciones naturales de calidad físico-química del agua	Sistemas fluviales con condiciones naturales de calidad fisicoquímica.	Porcentaje de la superficie de la SCC cubierta por focos de contaminación difusa, y cantidad de focos de contaminación puntual por SSC.
	F-10	Sistemas fluviales morfológicamente intactos	Grado de no alteración en la morfología fluvial, mediante la evaluación de obras y actividades antrópicas que la alteren	Cantidad de extracciones de áridos, cortes en la vegetación ribereña, remodelación de secciones y limpiezas de cauce.
	F-11	Comunidades fluviales con baja presencia de especies exóticas	Identificación de ecosistemas fluviales relativamente intervenidos desde la perspectiva de la presencia de especies exóticas.	Cantidad de especies fluviales exóticas por SSC.
	F-12	Áreas fluviales críticas para la conservación de la biodiversidad	Áreas fluviales críticas para la conservación de especies.	Superficie de áreas por SSC de oxbow lakes, islas y franja ripariana por tramo de río.
	F-13	Ecosistemas lacustres	Características ecológicas del habitat lacustre sin intervención.	Sumatoria de la longitud de los perímetros de los cuerpos lacustres pertenecientes a cada SSC y grado de intervención de la red hidrográfica de la cuenca aportante al lago.
	F-14	Glaciares	Presencia de Glaciares.	Superficie de glaciares por SSC
Terrestre	T-1	Especies terrestres en categoria de amenaza	Riqueza de especies terrestres en categoría de amenaza (CR, EN, V, IC o R).	Riqueza de especies en categoría de amenaza ponderado por su categoriade amaneza propuesto (UCH)
	T-2	Especies terrestres endémicas	Riqueza de especies terrestres endémicas.	Riqueza de especies endémicas ponderada por nivel de endemismo

Categoría	Número	Nombre	Definición	Proxies
	T-3	Áreas terrestres críticas para la conservación de la biodiversidad	Áreas que se pueden definir como hábitats importantes para las especies.	Superficie de áreas por SSC de sitios IBA y sitios Ramsar
	T-4	Áreas de paisaje terrestre natural	Áreas con cobertura vegetal natural.	Combinación de pisos vegetacionales de CONAF, CONAMA y BIRF (1997) y Luebert y Pliscoff (2006) para ver cuáles han mantenido superficie respecto de distribución original.
	T-5	Paisaje natural no fragmentado	Ausencia o baja fragmentación del paisaje natural por SSC.	Usa métricas de paisaje a través de Índice de Proximidad por pixel, que relaciona distancia entre unidades espaciales homogéneas.
	T-6	Comunidades terrestres con baja presencia de especies exóticas	Identificación de ecosistemas terrestres relativamente intervenidos desde la perspectiva de la presencia de especies exóticas.	Número de especies exóticas por piso vegetacional
	T-7	Ecosistemas terrestres azonales	Identificación de ecosistemas particulares con extensión espacial reducida o restringida, asociada a condiciones edáficas particulares.	Inventario nacional de humedales intersectado con catastro de Recursos Vegetacionales Nativos de CONAF, seleccionando categorías de vegetación azonal. Incluye Superficie de ñadis, turberas, hualves, vegas, humedales costeros y otros
	T-8	Ecosistemas terrestres en categoría de amenaza	Identificación de ecosistemas terrestres que están categorizados como amenazados según la evaluación de la Lista Roja de Ecosistemas de Chile (Pliscoff, 2015).	Superficie total de ecosistemas en alguna categoría de conservación por SSC.
	T-9	Protección frente a la erosión	Servicio ecosistémico de protección de la erosión. Identificación de áreas críticas para mantener y regular el regimen fluvial o calidad de agua y controlar la erosión y estabilidad del terreno.	Uso de suelo con presencia de bosques combinado con potencial erosión del terreno (con potencial para ser erosionada.)
	T-10	Parques Nacionales	Todas las áreas definidas oficialmente como parques nacionales.	Superficie de Parques Nacionales por SSC
	T-11	Áreas oficiales de conservación excluyendo parques nacionales	Todas las áreas protegidas con carácter oficial y público: reservas nacionales, monumentos nacionales, bienes nacionales protegidos y santuarios de la naturaleza.	Superficie de áreas de SNASPE (Sin Parques Nacionales), bienes nacionales y santuarios de la naturaleza
	T-12	Áreas de conservación de interés privados y sitios prioritarios	Todas las áreas consideradas como sitios prioritarios para la conservación por el ministerio del Medio Ambiente y todas las áreas protegidas de interés privado.	Superficie de sitios prioritarios para la conservación y áreas de interés privado.

Categoría	Número	Nombre	Definición	Proxies
Social	S.1	Necesidades sociales de subsistencia: sanidad y agua potable	Necesidades sociales de subsistencia, sanidad y agua potable.	Beneficiarios de programas de APR de Dirección de Obras Hidráulicas (DOH) del MOP.
	S.2	Necesidades sociales de subsistencia alimentaria	Existencia de unidades sociales de subsistencia alimentaria que utilicen aguas superficiales para riego.	Beneficiarios programas INDAP ubicados en espacio.
Cultural	C.1.1	Sitios de siginificación cultural y de manifestaciones o actividades culturales indígenas	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 indígenas que habitan el territorio; o existencia de sitios donde se realizan manifestaciones o actividades culturales propias o identitarias de una comunidad indígena, y que responden a sus intereses, tienen un carácter tradicional y generan en ésta sentimientos de arraigo.	Organismos de gobierno tales como CMN - GORE Los Ríos – SERNATUR + levantamiento información primaria
	C.1.2	Relevancia de tierra indígena	Existencia de tierras que cumplan con algunas de las características establecidas en el artículo 12 de la Ley Indígena.	Registro público de tierras indígenas en CONADI
	C.1.3	Relevancia de Áreas de Desarrollo Indígena	Existencia de territorios geográficos delimitados con alta densidad de población indígena surgidos a partir de la aplicación del Art. 26 de la Ley Indígena donde se busca la focalización de políticas coordinadas de los órganos del Estado para mejorar la calidad de vida de las personas que habitan en dichos territorios.	Registro en CONADI
	C.1.4	Relevancia de demandas de tierra indígena	Existencia de tierras en situación de conflicto por su ocupación y posesión en el marco de un proceso de reivindicación territorial de pueblos indígenas que han sido desplazados, siendo estas tierras sujeto de demandas sobre la base de la recuperación de tierras que pertenecen ancestralmente a estos pueblos indígenas.	Registro de reinvindicaciones en CONADI
	C.1.5	Presencia de comunidades indígenas	Existencia de "agrupaciones de personas pertenecientes a una misma etnia indígena y que se encuentren en una o más de las siguientes situaciones: provengan de un mismo tronco familiar; reconozcan una jefatura tradicional; y/o posean o hayan poseído tierras indígenas en común y provengan de un mismo poblado	Registro de comunidades indígenas en CONADI

Categoría	Número	Nombre	Definición	Proxies
			antiguo; y que tramiten la obtención de su personalidad jurídica en conformidad a la ley".	
	C.2.1	Sitios de significación cultural y de manifestaciones o actividades culturales	Existencia de espacios sagrados o de significación cultural donde se desarrollan y recrean ámbitos de la cultura, los cuales tienen un valor histórico y/o sagrado, ya que están ligados a aspectos de carácter social, espiritual, económico y político; lo conforman elementos que forman parte de la cosmovisión, constituyendo parte del patrimonio arquitectónico, cultural e histórico de los pueblos indígenas, por lo que su mantenimiento y resguardo tiene directa relación con la sobreviviencia de la cultura; y existencia de sitios donde se realizan manifestaciones o actividades culturales propias o identitarias de una comunidad indígena, y que responden a sus intereses, tienen un carácter tradicional y generan en ésta sentimientos de arraigo.	
	C.2.2	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".	Registro de comunidades indígenas en organismos tales como CMN y GORE-Los Ríos
	C.2.3	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.	C.2.3
Productivo	P.1	Producción agrícola	Relevancia económica del sector agrícola, específicamente en cuanto a la producción que es generada a partir de riego con aguas superficiales	Información de superficies de cada ODEPA - DGA - Bibliografía agronómica
	P.2	Producción forestal	Relevancia económica del sector forestal	Catastro de bosque nativo actualizado, registro de CONAF sobre planes de manejo forestal

Categoría	Número	Nombre	Definición	Proxies
	P.3	Servicios sanitarios	Relevancia económica de los servicios sanitarios	Información financiera y operacional SISS y territorios operacionales de las empresas proveedoras de servicios sanitarios.
	P.4	Actividad turística	Relevancia económica de la actividad turística	SERNATUR
	P.5	Actividad acuícola	Relevancia ecnómica de la actividad acuícola	SERNAPESCA – SUBPESCA

Fuente:elaboración propia

Adicionalmente, como equipo U. de Chile sugerimos establecer categorías internas de OdVs, complementarias a las clases fluviales y terrestres, que permitan el desarrollo posterior de discusiones consistentes, logrando una mayor profundización posterior en los análisis de los OdVs establecidos. Según Brown *et al.* (2013) los OdVs se pueden dividir en 4 categorías referidas al medio biofísico:

1.- Diversidad de especies.

2.- Áreas con grandes ecosistemas a escala de paisaje.

3.- Áreas con ecosistemas raros, amenazados o en peligro.

4.- Áreas que aportan servicios ecosistémicos.

Para el correcto desarrollo de este estudio, orientado a generar políticas públicas en torno a la hidroelectricidad nacional, se ha decidido integrar una nueva categoría interna, que como ya se detalló facilita la discusión de los resultados de los OdV.

5.- Áreas de interés para la Conservación.

En particular, esta última categoría surge debido a que en el país existe un Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Estado (SNASPE) que cuentan con un respaldo legal para su protección y conservación. En consecuencia, para este estudio, abarcando todos los OdV, se han considerado cinco categorías asociadas al sistema Biofísico, las cuales se detallan en la Tabla 5.2

Tabla 5.2. Definición de las categorías de OdV consideradas para el Medio Biofísico.

Categoría	Objetivo	Fuente	Número de OdV
Categoría 1: Diversidad de Especies	Orientado a la valoración de la diversidad de especies, particularmente a aquella en estado de conservación y/o endemismo	Basado en Brown *et al.* (2013)	4
Categoría 2: Áreas con grandes ecosistemas a escala de paisaje	Orientado a valorar ecosistemas, o aspectos de estos, de gran extensión, ya sean pristinos o alterados. Se consideran ecosistemas fluviales y terrestres	Basado en Brown *et al.* (2013)	14
Categoría 3: Áreas con ecosistemas raros	Orientados a valorar ecosistemas raros, amenazados o en peligro. Se consideran ecosistemas fluviales y terrestres	Basado en Brown *et al.* (2013)	4
Categoría 4: Servicios ecosistémcios	Orientados a valorar ecosistemas que prestan un servicio ecosistémico los cuales son difíciles de valorar económicamente o bien que no presentan un valor económico directamente	Basado en Brown *et al.* (2013)	1
Categoría 5: Áreas de Interés para la Conservación	Orientado a valorar aquellas áreas, ya sea a nivel estatal, local o privado que presenten un interés para su conservación	Nueva	3

A continuación, cada OdV es detallado con las principales características asociadas a su definición, metodología, importancia, forma en que fue definido, entre otros. Se explica la metodología establecida para el levantamiento del proxy de cada OdV, definidos para del presente estudio, considerando la información y recursos disponibles para esto. En este aspecto, la metodología descrita tiene un mayor nivel de detalle que la presente en la propuesta en el estudio base, y está determinada por el primer proceso de recopilación de información secundaria, de modo que en sí misma representa un resultado de este trabajo.Se finaliza con las conclusiones y recomendaciones asociadas a los determinados OdV. Es importante considerar que para levantar los OdV se requiere de insumos que describan el proxy, y además, que permitan atributar las SSC. Por lo tanto, la información recopilada debe tener una componente espacial a una escala lo suficientemente detallada para que pueda asignarse a una determinada SSC, punto que será comentado particularmente conforme el desarrollo de los OdV.

Metodología para la construcción de OdV

La metodología utilizada para la construcción de todos los OdV es particular a cada uno de ellos y se realizó basada en el objetivo de valoración e información disponible para la construcción del proxy elegido.

Sin embargo, existen grupos de OdV que presentan una construcción similar, ya que la naturaleza del objetivo de valoración es similar. Es posible distinguir 4 metodologías generales para los OdV asociados a los ambientes Fluviales y Terrestres.

Un grupo de OdV se construyó a partir de información recopilada como una interpretación de imágenes google Earth en cada tramo de río comprendido en la red hidrográfica de las áreas de

estudio. Para ello se generó un fichero (o ficha) en cada tramo de río del área de estudio (detalles sobre la definición de los tramos de río y la identificación de obras civiles u otras características hidromorfológicas, en Anexo FICHERO). En esta ficha se incorporaron diversas obras civiles o intervenciones presentes en torno al río y características hidromorfológicas observadas en el tramo. Los elementos identificados son aquellos orientados a la construcción del proxy para diversos OdV (F-3, F-4, F-5, F-6, F-7, F-8, F-9, F-10, F-12 y F-13).

A partir de la información recopilada en cada uno de los ficheros, se determinó el proxy de cada OdV. Finalmente, la construcción del OdV consideró una propagación en distintos sentidos acorde a la naturaleza del OdV.

De esta forma, es posible distinguir OdV que no presentan ningún tipo de propagación – denominados 0D – por lo tanto, se construyen exclusivamente a partir de las obras civiles y/o intervenciones del cauce. Otros OdV presentan una propagación hacia aguas abajo de las características que definen el proxy. Esta propagación al ser exclusivamente hacia aguas abajo, se denominó como 1D. Finalmente, existen otros OdV que presentan propagación tanto aguas arriba como aguas abajo de las características del proxy, los cuales fueron denominados como 2D.

Otro grupo de OdV, es referente a aquellos en donde fue necesario conocer la distribución potencial de especies (OdV F-1, F-2, F-11, T-1, T-2 y T-6). En todos estos OdV se entrenó un modelo de ecología de nicho (basado en *Data Mining*) para la obtención de la probabilidad de ocurrencia de cada una de las especies modeladas.

Para los OdV fluviales (F-1, F-2 y F-11) se implementó 5 modelos de ecología de nicho (Maxent, algoritmos genéticos, Random Forest, distribución gaussiana y redes neuronales) eligiéndose aquel que presentó un mejor poder de discriminación ante presencias y ausencias de las especies modeladas. Las variables predictoras utilizadas intentaron capturar descriptores del hábitat fluvial (Frissell *et* al., 1986), además del estado actual de alteración de dichos ecosistemas, lo que permitió realizar una modelación de la distribución geográfica de cada especie lo más cercana a la distribución actual.

Para cada uno de los modelos, la variables predictoras consideradas variaron de acuerdo al poder de discriminación que presentó cada uno de ellos. Sin embargo, es posible distinguir tres grupos de variables utilizadas: 1) Variables ambientales a macroescala, 2) Variables ambientales a meso escala y 3) Variables de alteración antrópica.

La información requerida para el desarrollo de las variables predictoras se obtuvo de información hidroclimática, tratamiento de información espacializada en SIG, identificación de obras civiles y/o actividades, que se estimó, producían un grado de alteración a ecosistemas fluviales, las cuales fueron almacenadas en un fichero de cada tramo de río (Anexo 13.7).

La información utilizada sobre las presencias y ausencias de las especies fluviales fue obtenida de la base de datos entregada por el Ministerio de Medio Ambiente (ANEXO 13.6), base de datos entregada por SERNAPESCA (Anexo 13.6) e información adicionada en campañas de terreno realizados para este estudio (Anexo 13.6).

La valoración de estos OdV se construyó en base a la determinación de presencia de las especies (encontrándose un umbral que definió la probabilidad a la cual se consideró como presente la especie), ponderada por el objetivo de valoración, es decir, por su categoría de amenaza, nivel de endemismo o relación entre especies nativas y exóticas, respectivamente.

Para el caso de los OdV asociados a la distribución de especies terrestres, la modelación se basó en los estudios realizados por Marquet *et al*. (2010), los cuales fueron actualizados con base de datos del Ministerio del Medio Ambiente. La modelación realizada en dicho estudio, difiere levemente en aquel desarrollado para los OdV fluviales. La principal diferencia radica en el tipo de variables predictoras consideradas. En dicho estudio se utilizaron variables hidroclimáticas exclusivamente, sin considerar variables de alteración antropológica. Por lo tanto, puede considerarse como una modelación de distribución potencial de las especies. Otra diferencia relevante radica en la construcción del proxy como tal. En estos OdV, el proxy considerado fue la riqueza de especies por pixel.

Otro grupo de OdV se basó en realizar operaciones y análisis en base al tratamiento de coberturas espaciales digitales, a partir de información espacializada oficial por parte del Estado de Chile o de instituciones reconocidas. Entre las fuentes de información, se utilizaron catastro de uso del suelo, sitios Ramsar, catastro de humedales, parques nacionales, pisos vegetacionales, etc.

A partir de la información espacializada se construyó el proxy acorde al objetivo de valoración. Normalmente, el proxy se construyó en base a porcentajes de superficie de dichos elementos con respecto al área de la subsubcuenca. Finalmente, en el cuarto grupo se agrupan aquellos OdV que se construyeron en base a los resultados o proxys desarrollados para otros OdV.

Para la totalidad de los OdV fluviales y terrestres, se determinaron categorías de valoración (Bajo, Medio y Alto). La construcción de dichas categorías se realizó mediante dos posibilidades. La primera de ellas, fue definir dichas categorías en base a rangos preestablecidos, es decir, a priori, el cual puede definirse en base a aspectos teóricos o legales. Esto significa la totalidad de las cuencas en estudio presentan la misma definición de las categorías de valoración. La otra posibilidad es cuando no es posible definir un criterio a priori, y por lo tanto, la definición de los rangos se realizó en base a la distribución de los resultados de los proxy.

5.2.1 **OdV Fluviales**

Dentro de esta categoría, definida en el presente estudio, se incluyen todos los OdV que dentro de su naturaleza interactúan, se conforman o requieren de la red hidrográfica como elemento fundamental de su constitución. Todos estos OdV han sido clasificados bajo esta categoría con el fin de conseguir un ordenamiento más orgánico e intuitivo.

La lista de OdV considerados en esta sección son los siguientes:

1 Especies fluviales en categoría de amenaza
2 Especies fluviales endémicas
3 Régimen hidrológicamente no alterado
4 Régimen de sedimentos no alterado
5 Sistemas fluviales con conectividad longitudinal a nivel de cauce
6 Sistemas fluviales con conectividad longitudinal del corredor ripariano
7 Sistemas de fluviales con conectividad lateral
8 Accesibilidad de la red hidrográfica
9 Sistemas de fluviales con condiciones naturales de calidad físico-química del agua
10 Sistemas fluviales morfológicamente intactos
11 Comunidad fluviales baja presencia de especies exóticas
12 Áreas fluviales críticas para la conservación de la biodiversidad
13 Ecosistemas lacustres
14 Glaciares

5.2.1.1 **OdV *F-1 Especies fluviales en categoría de amenaza***

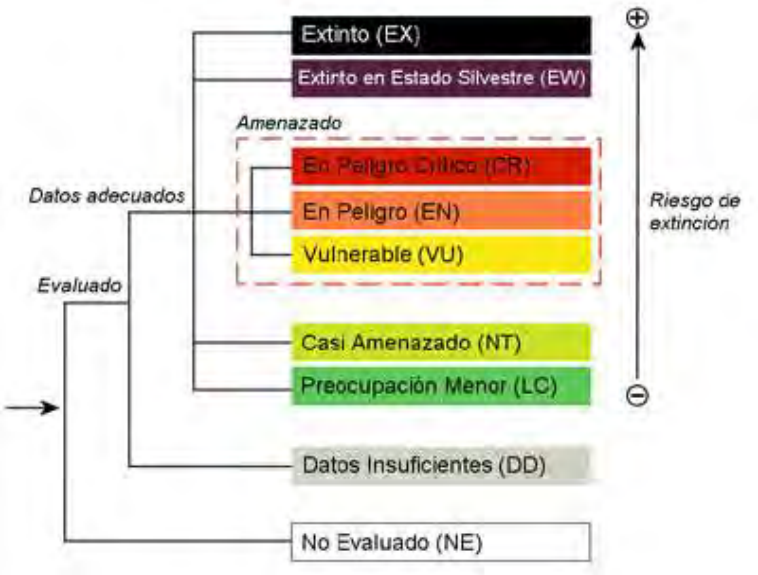
Introducción

Las especies y sus poblaciones son uno de los componentes de la biodiversidad (Noss, 1990). Si la biodiversidad se ve mermada, se pondrían en riesgo los sistemas que sostienen la vida y que nos proveen de servicios para satisfacer nuestras necesidades (Díaz *et al.*, 2006), por lo que los esfuerzos de conservar deben enfocarse en aquellas especies que tienen un mayor riesgo de extinguirse, justificando su integración como OdV en el presente trabajo.

En Chile, el Reglamento para la Clasificación de Especies silvestres, RCE, (Decreto 29/2012, MMA) define 7 categorías de conservación (Figura 5.1) según los criterios de la IUCN (tasa de regresión, tamaño de la población, área de distribución geográfica, grado de fragmentación de la población y de la distribución) (IUCN, 2001).

1) Extinta (EX): cuando no queda ninguna duda razonable de que el último individuo de dicha especie ha muerto.
2) Extinta en Estado Silvestre (EW): cuando individuos de dicha especie solo se encuentran en cautiverio o naturalizados fuera de su distribución original.
3) En Peligro Crítico (CR): cuando la especie presenta un riesgo muy alto de extinción en estado silvestre.
4) En Peligro (EN): cuando la especie presenta un riesgo muy alto de extinción en estado silvestre, aunque menor que en Peligro Crítico.
5) Vulnerable (VU): cuando la especie presenta un riesgo alto de extinción en estado silvestre.
6) Casi Amenazada (NT): cuando la especie no satisface los criterios para ser catalogado VU, EN o CR, pero está próximo a satisfacerlos.
7) Preocupación Menor (LC): cuando la especie no cumple con ningún criterio para ser evaluado como NT, V, EN o CR, debido a que generalmente son especies abundantes y de amplia distribución.
8) Datos Insuficientes (DD): cuando no hay información adecuada para hacer una evaluación. Cabe señalar que no es una categoría de conservación.

Figura 5.1. Estructura de las categorías de la Lista Roja de IUCN



Fuente. IUCN (2010)

Dado que no se han evaluado todas las especies presentes en Chile según este Reglamento, aún siguen vigentes para ciertas especies las categorías previas de conservación empleadas: En Peligro de Extinción (sinónimo de EN y CR), Vulnerable (sinónimo de VU), Rara, Insuficientemente Conocida y Fuera de Peligro (CONAMA, 2009). En estos casos, las especies en categorías antiguas fueron agrupadas con aquellas categorías actuales que presentaban mayor similitud, excepto en el

caso de las Raras (R), insuficientemente conocida (IC) y Fuera de Peligro (FP), las que fueron agrupadas de forma independiente ya que no presentan equivalencia con las actuales categorías. De esta forma, las especies se pueden asignar a 10 categorías en total: En peligro crítico (CR) (clasificación actual); En peligro (EN) (clasificación actual y antigua); Vulnerable (VU) (clasificación actual y antigua); Rara (R) (clasificación antigua); Insuficientemente conocida (IC) (clasificación antigua); Casi amenazada (NT) (clasificación actual); Preocupación menor (LC) (clasificación actual); Fuera de Peligro (FP) (clasificación antigua); Datos insuficientes (DD) (clasificación actual) y No evaluada (NE).

Un total de 46 especies de peces han sido descritas a lo largo del territorio chileno (Vila, 2006). La particular geomorfología de Chile, con barreras geográficas conformadas por la Cordillera de Los Andes, el Océano Pacífico y el Desierto de Atacama, ha generado una composición ictiofaunística continental única, caracterizada por ser poco diversa, presentar pequeños tamaños corporales, retener caracteres primitivos, alto endemismo y estar adaptada a ríos de alta pendiente y caudal fluctuante (Campos *et al.*, 1993; Ruiz & Berra, 1994; Vila & Contreras, 1999; Dyer, 2000 citado en Habit *et al*., 2006)

A pesar de su alto valor, la fauna de peces continentales de Chile presenta importantes problemas de conservación, estando sólo dos especies clasificadas como fuera de peligro (*Cheirodon australe* y *Mugil cephalus*). Según Habit *et al.* (2006), entre las principales amenazas para la fauna de peces referidas a la alteración de hábitat, se encuentran la extracción de agua para riego (Habit & Parra, 2001), el vertido de residuos líquidos industriales y aguas servidas (Habit *et al.*, 2005), la extracción de áridos, la canalización o semicanalización de los cauces, sustitución de bosque nativo por plantaciones forestales, contaminación difusa por pesticidas y la construcción de embalses para centrales hidroeléctricas (Habit *et al.*, 2002). Ha sido demostrado como la presencia de estas obras en hábitats fluviales determinan la disminución local de poblaciones de peces nativos, siendo prioritario a nivel de políticas públicas la inclusión de presencias o modelos de distribución de especies dulceacuícolas en categoría de conservación, dentro de las variables a considerar en la planificación de la generación hidroeléctrica nacional.

Para lograr caracterizar la distribución de especies, pregunta clave en ecología, durante los últimos se han desarrollado diferentes modelos estadísticos que permiten generar mapas de distribución de especies, a través de una interpretación matemática de las variables ambientales bajo las que se han registrado previamente sus presencias (Guisan & Zimmermann, 2000). Las ventajas que presentan estos modelos de distribución son diversos, por ejemplo: Presentan información sobre ocurrencias en lugares que no han sido estudiados; permiten una mejor capacidad de interpretación de patrones espaciales a nivel biogeográfico; contribuyen en la planificación de esfuerzos de conservación de especies, generando información respecto de potenciales presencias de especies con escasos registros e investigación, etc. (Cayuela *et al.*, 2009). De esta forma, los modelos de distribución de especies - también conocidos como modelos de ecología de nicho - son considerados como la principal herramienta para determinar patrones especiales de

presencia/ausencia de especies dulceacuícolas en categoría de conservación, pudiendo asociar una especie a un tramo de río o SSC.

De esta forma, el objetivo de este OdV es dar valor a las SSC que contengan a los tramos del sistema fluvial en donde se encuentren especies dulceacuícolas, cuya categoría de conservación indique un elevado grado de amenaza (en peligro crítico, en peligro, vulnerable, rara e insuficientemente conocida).

Tabla resumen

En la Tabla 5.3 se puede observar un resumen de las características más relevantes del OdV.

Tabla 5.3 resumen de características del OdV

Número y nombre del OdV **F.1. Especies fluviales en categoría de amenaza**		
Definición **Riqueza de especies en categoría de amenaza (CR, EN, V, IC o R)**		
Variable descriptora o Proxy	**Tipo y Fuente de información**	
Sumatoria de la cantidad de especies fluviales amenazadas (CR, EN, V, IC o R) ponderadas por cada categoría de conservación (grado de amenaza) a nivel de SSC.	Información secundaria	• Presencias de especies fluviales georreferenciadas
	Fuente secundaria	• Base de datos del Ministerio de Medio Ambiente con georreferencias por especie fluvial (BD_MMA 2014, Anexo 13.6) Base de datos de SERNAPESCA (BD_SERNAPESCA, AEnxo 13.6)
	Información primaria	• Presencia de especies en endémicas georreferenciadas en el área de estudio • Características morfológicas, fluviales y presencia de obras civiles en el área de estudio para la modelación de especies •
	Fuente primaria	• Actualización realizada por el equipo profesional (Anexo 13.8) en la cual se incluye los resultados de la campaña de terreno. • Fichero por tramo de río (Anexo 13.7)

Fuente: elaboración propia

Metodología

En primer lugar, se definieron las especies presentes en el área de estudio. Se utilizó la "nómina de especies según estado de conservación" del MMA, y se seleccionaron las especies presentes en la región de Los Lagos y de Los Ríos de las clases: Malacostraca, Actinopterygii, Cephalaspidomorphi y Mammalia (Huillín), eliminando las especies exclusivamente marinas, lacustres y costeras. Posteriormente, se buscaron registros georreferenciados de dichas especies. Actualmente se dispone de la base de datos del Ministerio de Medio Ambiente (BD_MMA, Anexo 13.6) y del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (BD_SERNAPESCA, Anexo 13.6). Además, se realizó una búsqueda bibliográfica para actualizar dichas bases de datos (Anexo 13.6).

Posterior a un análisis exploratorio de la información recopilada y disponible, se realizó una campaña de muestreo para subsanar vacíos de información. Detalles sobre la metodología de terreno, criterios de selección de tramos a muestrear y los resultados de esta campaña, pueden verse en el Anexo 13.8.

Se realizó modelación de nicho ecológico para cada especie en categoría de conservación incluida en el análisis, permitiendo extrapolar registros de presencias a mapas de distribución, teniendo como objetivo la determinación más cercana a la distribución actual de cada especie. Las variables incluidas como predictores de distribución, representan condicionantes ambientales a distintas escalas espaciales que determinan los hábitats físicos de especies dulceacuícolas: A escala intercuencas, se generó un proxy del caudal anual por tramo a través de las isoyetas de precipitación nacional, y la cuenca aportante de cada tramo de río considerado. A escala de cuenca, se integraron variables predictoras como el área de la cuenca aportante, el origen del flujo (variable que caracteriza el régimen hidrológico al que está sometido el tramo de río, Peredo-Parada *et al.* 2011), y la altitud del tramo. A escala de tramo, se incluyeron variables predictoras como la pendiente del tramo, el ancho mojado, la densidad de la vegetación ripariana, índice de sinuosidad y el uso del suelo en torno al tramo. Para incluir la acción antrópica directamente sobre el cauce, se incluyeron obras que intervienen la conectividad longitudinal (bocatomas, embalses y restituciones) y obras que interrumpen la conectividad transversal (puentes, vados, caminos y otras obras). Solo en ciertos casos, se integró como variable predictora la geología del tramo estudiado. Las isoyetas de precipitaciones se obtuvo desde la BD DGA. Las cuencas aportantes se determinaron a través de SIG a partir de DEM de elevación de 90x90m. El origen del flujo se obtuvo desde la BD de REC-Chile, publicada por Peredo-Parada *et al*. (2011). El resto de la información se obtuvo a través del análisis de imágenes satelitales obtenidas desde *Google Earth* (Ver Anexo 13.8).

Dado que el objetivo es dar con el modelo de distribución que mejor pudiese representar el conocimiento acumulado respecto de la distribución actual de cada especie, para realizar los modelos se consideraron distintos algoritmos matemáticos, ajustando las variables y los dominios de distribución en función de la bibliografía disponible para cada especie. EL modelo final para

cada especie fue seleccionado en función de métricas de ajuste (ROC-AUC), y evaluación de expertos. Se ejecutaron 5 algoritmos de modelación: Random Forest (RF) (Breiman, 2001), MAXENT (MX) (Phillips *et al*., 2004), Artificial Neuronal Network (ANN) (Colasanti, 1991 citado en Lek & Guégan, 1999), algoritmos genéticos (AG)(D'Angelo *et al.*, 1995) y modelos de distribución gaussiana (G) (Metodología propuesta por Shaw Lacy 2016, com. pers.).

Todos los modelos de distribución fueron llevados a modelos de distribución de presencia/ausencia. Para determinar el umbral de probabilidad de ocurrencia, se estimó un umbral que maximizara el ajuste de la curva ROC a la sensibilidad óptima (valor 1) (Cantor *et al*., 1999). Cuando la probabilidad de ocurrencia fuese mayor a dicho umbral, se consideró la especie como presente, bajo dicho umbral se consideró como ausente. Luego de este proceso, se generó para cada especie evaluada un mapa distribución donde cada tramo del área de estudio, podría contar o no, con la presencia de aquella especie.

Para escalar la información de modelos de presencia/ausencia por especie a nivel de SSC, se estimó la densidad de cada especie dentro de cada SSC, y luego cada densidad fue ponderada por su categoría de conservación: FP=0.001, NT o LC=0.05, VU=0.1, EN=0.5, y CR=1. Finalmente, todas las densidades ponderadas por SSC fueron sumadas, con lo cual se construye el proxy final del presente OdV.

Los valores con los que se ponderaron las categorías de conservación se obtuvieron considerando un análisis de los criterios de la IUCN, el cual está asociado al área de distribución geográfica de la especie. Por ejemplo, una especie En Peligro Crítico estaría 7 veces más amenazada que una especie Vulnerable. Por ende, el valor de ponderación debiese reflejar la importancia de una categoría por sobre la otra. De esta forma, se asume que una especie en peligro crítico, representa el doble de relevancia que una especie en peligro de extinción.

Los rangos para establecer categorías de valoración (Baja, Media o Alta) fueron establecidos *a priori* en función de la categoría de amenaza de cada especie y su presencia por SSC, por lo que no se realizó una ponderación por cuenca, si no que se aplicó el mismo umbral para todo el área de estudio. Entonces, si el proxy es mayor o igual 1, implicaría que en cada tramo de la SSC existe probabilidad de encontrar al menos una especie en peligro crítico, o la combinatoria de especies que presenten un valor equivalente, considerando esta clasificación de valoración como "Alta". Luego, si el proxy es mayor a 0,5, esto implica que, o la mitad de la SSC está cubierta por al menos una especie en peligro crítico, o la cuenca se encuentra cubierta completamente por al menos una especie en peligro, considerando totas las SSC con proxy entre 0,5 y 1 como "Media". Finalmente, SSC con valores entre 0 y 0,5 fueron consideradas como "Baja".

Resultados

Las especies incluidas en el análisis, que contaban con presencia en las cuencas de estudio fueron 23: 9 malacostraca, 1 mamífero y 13 especies ícticas. El indicador ROC-AUC fue mayor a 0,75 en todos los casos, indicando gran capacidad de ajuste a las presencias previamente registradas. El algoritmo que arrojó mayor cantidad de modelos exitosos fue *Artificial Neural Network* (ANN), y la variable que participó de manera determinante en más modelos, fue el área de la cuenca aportante al tramo (Ver Tabla 5.5). Dado que las categorías fueron establecidas *a priori*, no existe variación entre cuencas.

Tabla 5.4. Valores de rangos para asignación de categorías de valoración por SSC

Cuencas	Categorías		
	Baja	Media	Alta
Bueno	< 0,5	0,5 ≤ x < 1	≥ 1
Valdivia	< 0,5	0,5 ≤ x < 1	≥ 1
Puelo	< 0,5	0,5 ≤ x < 1	≥ 1
Yelcho	< 0,5	0,5 ≤ x < 1	≥ 1

Fuente: elaboración propia

Tabla 5.5. Resultados de modelos de distribución por especie.

Clase	Nombre científico	Categoría	Dominio modelación	Mejor modelo	ROC-AUC	Variables de importancia
Malacostraca	*Aegla abtao*	FP	Valdiva-Bueno	ANN	0,84	Cuenca ap, Altitud
Malacostraca	*Aegla alacalufi*	LC	Yelcho	G	0,93	Altitud, Prep ac, cuenca ap
Malacostraca	*Aegla araucaneiensis*	LC	Valdvia-Bueno	ANN	0,82	Prep ac, Altitud
Malacostraca	*Aegla denticulata denticulata*	LC	Valdvia-Bueno	MX	0,86	Altitud, pendiente
Malacostraca	*Aegla hueicollensis*	CR	Desembocadura Valdivia-Bueno	G	0,88	Cuenca ap, ancho cauce
Malacostraca	*Aegla manni*	NT	Desembocadura Valdivia	ANN	0,98	Altitud, cuenca ap, Veg rip
Malacostraca	*Aegla rostrata*	VU	Valdvia-Bueno	ANN	0,96	Prep ac, altitud, origen flujo

Clase	Nombre científico	Categoría	Dominio modelación	Mejor modelo	ROC-AUC	Variables de importancia
Malacostraca	*Parastacus nicoleti*	LC	Valdvia-Bueno	MX	0,89	Prep ac, Altitud
Malacostraca	*Virilastacus araucanius*	LC	Desembocadura Valdivia	ANN	0,99	Cuenca ap, altitud
Mamifero	*Lontra provocax*	EN	Valdivia-Bueno	MX	0,83	Cuenca ap, pendiente, altitud
Peces	*Aplochiton taeniatus*	EN	Área de estudio	ANN	0,99	Prep ac, Veg rib, Altitud
Peces	*Aplochiton zebra*	EN	Área de estudio	ANN	0,91	Prep ac, Altitud
Peces	*Basilichthys microlepidotus*	VU	Valdivia-Altitud	ANN	0,94	Cuenca ap, Altitud
Peces	*Brachygalaxias bullocki*	NT	Valdvia-Bueno	ANN	0,91	Cuenca ap, Altitud
Peces	*Cheirodon australe*	VU	Valdvia-Bueno	AG	0,95	Cuenca ap, Origen flujo
Peces	*Cheirodon killiani*	EN	Desembocadura Valdivia	ANN	0,99	Cuenca ap, Altitud
Peces	*Diplomystes camposensis*	VU	Valdivia-Altitud	MX	0,87	Prep ac, cuenca ap, obras
Peces	*Geotria australis*	EN-R	Área de estudio	ANN	0,88	Cuenca ap, Altitud, Veg rip.
Peces	*Mordacia lapicida*	EN	Valdivia-Bueno	AG	0,94	Cuenca ap, Uso, Prep
Peces	*Odontesthes mauleanum*	EN-R	Valdivia-Bueno	MX	0,88	Cuenca ap, ancho cauce, Veg rib.
Peces	*Percichthys melanops*	VU	Valdivia	AG	0,99	Ancho cauce, prep ac
Peces	*Percilia gillissi*	VU	Valdivia-Bueno	MX	0,84	cuenca ap, obras
Peces	*Trichomycterus areolatus*	EN	Valdivia-Bueno	ANN	0,97	origen flujo, Veg rib., cuenc ap

Fuente: elaboración propia

A nivel de OdV, la SSC con mayor riqueza ponderada de especies en categoría de amenaza equivalente fue la SSC río Valdivia, en la desembocadura de su cuenca, con un valor de 2,59. La SSC con menor riqueza ponderada de especies en categoría de amenaza equivalente fue la SSC de río Futaleufú entre frontera y río azulado, presente en la cuenca Yelcho, con un valor de 0,12. La cuenca con mayor valor de este OdV fue la cuenca del río Valdivia, cubierta por un 34% de SSC en categoría Alta, y aquella con menor valoración fue la cuenca del rio Yelcho, en donde el 100% de sus SSC presentaron un valor menor a 0,5 (Ver Tabla 5.6).

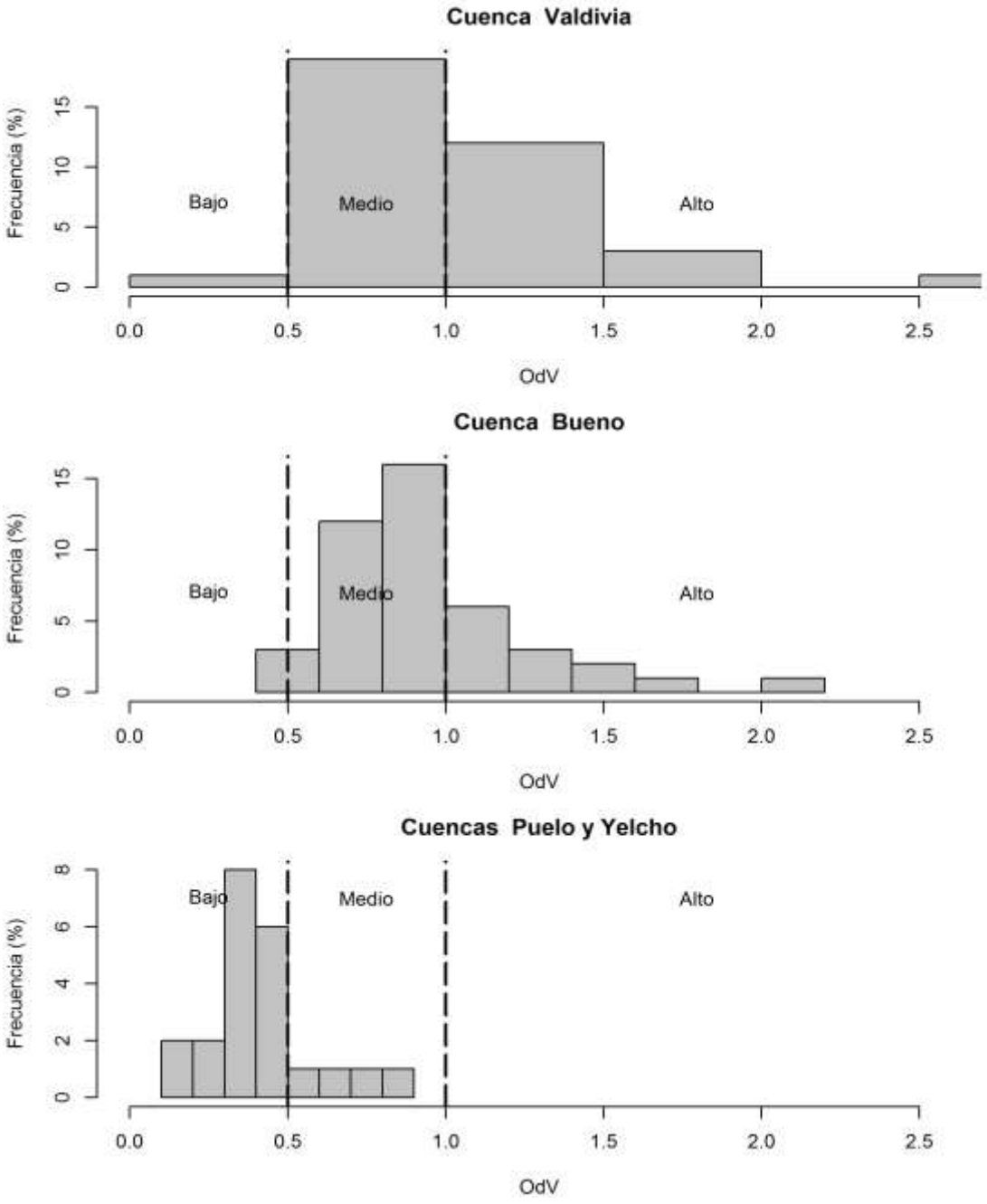
Tabla 5.6. Resumen de OdV F1 Especies en categoría de amenaza.

Cuenca	Cantidad de SSC			Superficie total con respecto a la cuenca principal		
	Baja	Media	Alta	Baja	Media	Alta
Valdivia	1	19	16	6,29%	59,70%	34,01%
Bueno	0	31	13	0,00%	79,64%	20,36%
Puelo	9	4	0	79,25%	20,75%	0,00%
Yelcho	9	0	0	100,00%	0,00%	0,00%

Fuente: elaboración propia

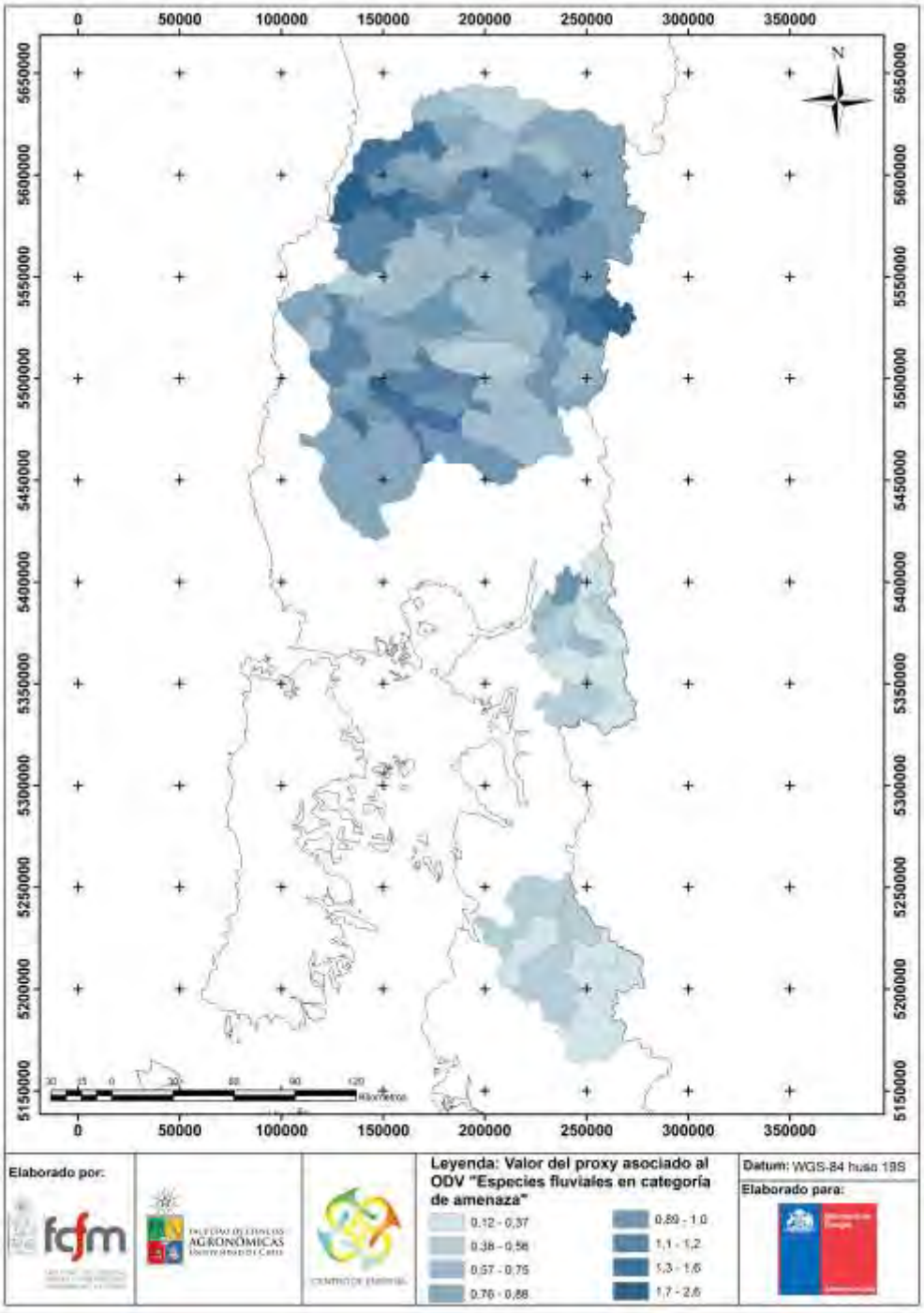
La distribución de valores del *proxy* (ver Figura 5.2.), muestra una distribución con un pico en torno a los valores 0,75 y 1 tanto en la cuenca de Valdivia como en la cuenca del Bueno. La categoría Baja fue la más frecuente y ampliamente distribuida, concentrándose en las cuencas de Puelo y Yelcho. La categoría más frecuente en Bueno y Valdivia fue la categoría Media.

Figura 5.2.Histrograma de frecuencias OdV F1 Especies en Categoría de Amenaza



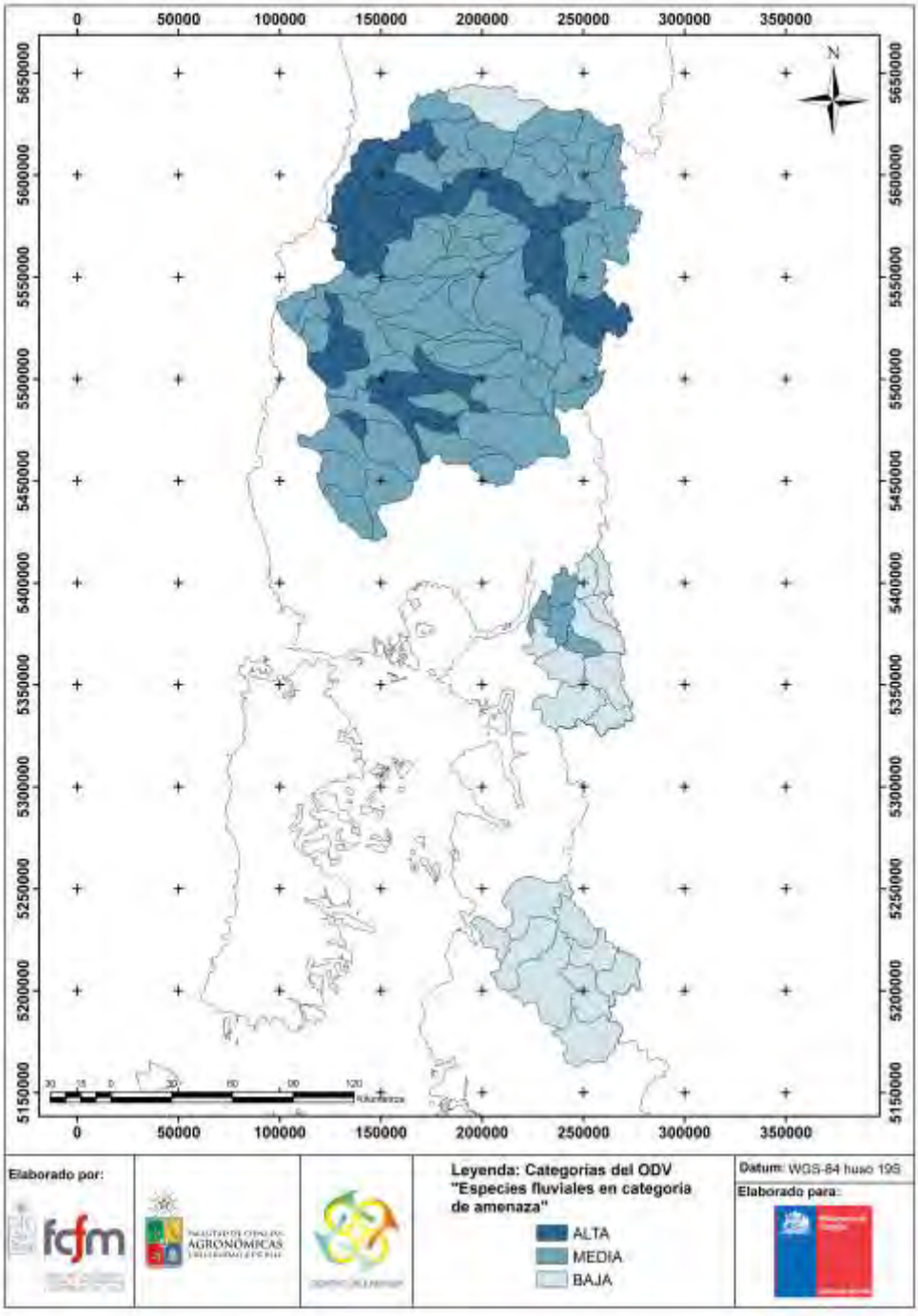
Fuente: elaboración propia

Figura 5.3. Valor del *proxy* asociado al OdV de especies en categoría en amenaza por SSC.



Fuente: elaboración propia

Figura 5.4. Categorías de OdV de especies en categoría en amenza por SSC.



Fuente: elaboración propia

La alta presencia de *Percilia gillisi* y *Lontra Provocax*, especies en peligro, en la cuenca del río Valdivia, además de la gran cantidad de Aeglas en el mismo sector, determinan la gran riqueza

ponderada de especies en categoría de amenaza en la cuenca, obteniendo altos valores para este OdV. Por otro lado, es reconocido en la literatura la baja riqueza de especies nativas dulceacuícolas en los ríos de la cuenca Puelo y Yelcho, debido a su historia biogeográfica marcada por periodos de glaciación que aislaron las cuencas en cuestión, y que posteriormente, las especies dulceacuícolas que cuentan con poca capacidad de dispersión entre cuencas, no volvieron a recolonizar.

Análisis y recomendaciones

Se ha documentado previamente el impacto de la generación hidroeléctrica sobre la viabilidad de poblaciones de especies dulceacuícolas (Habit *et al.*, 2002), y probablemente el OdV especies fluviales en categoría de amenaza represente el objeto de valoración bajo mayor amenaza ante proyectos de generación hidroeléctrica. Por lo tanto, su consideración se vuelve altamente relevante.

La modelación desarrollada para la generación del proxy, presenta varias características que destacan sus fortalezas: 1.- incluye todas las especies en categoría de amenaza presentes en el área de estudio. 2.- el algoritmo de modelación, en los 5 casos, representa modelos que consideran al tramo de río como unidad de estudio, representando modelos dedicados a especies dulceacuícolas. 3.- las variables predictoras representan el modelo jerárquico de organización de sistemas fluviales (Frissell et al., 1986), integrando variables a nivel intercuencas, intracuenca y a nivel de tramo. 4.- se incluyeron variables antrópicas al modelo, aproximándose de mejor manera a la distribución actual de la especie. Todas estas características otorgan gran validez al trabajo realizado, respondiendo, coherentemente, ante los objetivos propuestos.

Otro elemento importante a considerar, es la inclusión de especies de malacostracos (pancoras), cuya modelación a nivel nacional no presenta antecedentes previos, destacando entre los elementos novedosos del estudio.

La principal incertidumbre de los resultados se debe a la carencia de datos (presencias) disponibles para la generación de modelos. En ciertos casos, la cantidad de datos de presencias no superó la decena de registros, problema que se enfrentó ajustando el dominio de la modelación a su distribución potencial registrada en la literatura, logrando aumentar la prevalencia de los datos. Finalmente, se consultó con expertos la validez de los resultados del modelo, soslayando, en parte, el problema mencionado. De esta forma, la generación de una BD de georreferencia robusta se vuelve muy importante al momento de desarrollar herramientas para la conservación de especies en categoría de amenaza.

La definición de rangos de categorías de valoración se basó en la idea de la importancia que representa la potencial presencia de una especie en categoría de amenaza crítica y en peligro. La consideración de una ecuación que pondera por la categoría de amenaza, permite incorporar en sólo un indicador sitios valiosos por la presencia de una única especie en categoría crítica o

muchas especies vulnerables, permitiendo homologar la valoración de *hot spots* de especies en categoría, o por la presencia de una especie altamente amenazada, evaluando de manera conjunta distintos escenarios.

Para finalizar, cabe señalar que la distribución espacial de los datos, muestra una alta concentración de riqueza ponderada de especies en categoría de amenaza en la zona de la desembocadura de la cuenca del río Valdivia y la zona alta de la cuenca del río Valdivia, al contrario de las cuencas de Puelo y Yelcho, las que presentaron bajos valores de densidad de especies en categoría de amenaza.

En general, se considera que la construcción de este OdV es robusta y los resultados obtenidos son concordantes con lo documentado en la literatura científica.

5.2.1.2 **OdV *F-2 Especies fluviales endémicas***

Introducción

Las especies endémicas son aquellas que viven exclusivamente en un determinado territorio geográfico, como un continente, país, región, zona biogeográfica, cuenca, isla o zona particular (MMA, 2015). Por lo que si se extinguen en ese territorio, se extinguirán a nivel mundial, lo que mermaría a la biodiversidad. De esta forma, es necesaria su inclusión como OdV en el presente estudio.

De las especies nativas descritas para Chile, el 25% son endémicas, destacándose los anfibios con un 65% de endemismo, luego los reptiles con un 63% y los peces de aguas continentales con un 55%, en donde algunos peces solo se encuentran en uno o dos sistemas fluviales (MMA, 2015; Vila y Pardo, 2008). Los grupos de especies con un menor nivel de endemismo son los mamíferos con un 11% y las aves con un 2% (debido a su movilidad). En cuanto a las plantas, éstas presentan un 50% de endemismo (MMA, 2015).

Un total de 46 especies de peces han sido descritas a lo largo del territorio chileno (Vila, 2006). La particular geomorfología de Chile, con barreras geográficas conformadas por la Cordillera de Los Andes, el Océano Pacífico y el Desierto de Atacama, y las características hidrológicas particulares, ha generado una composición ictiofaunística continental única, caracterizada por ser poco diversa, presentar pequeños tamaños corporales, retener caracteres primitivos, alto endemismo y estar adaptada a ríos de alta pendiente y caudal fluctuante (Campos *et al*., 1993; Ruiz & Berra, 1994; Vila & Contreras, 1999; Dyer, 2000 citado en Habit *et al*., 2006). La fauna íctica continental habría evolucionado fundamentalmente desde el último levantamiento de la Cordillera de los Andes, durante el Mioceno y consecuentemente con el desarrollo actual de los sistemas acuáticos (Vila &

Contreras, 1999). Su importancia biogeográfica recae justamente en su alto grado de endemismo y primitividad, conjuntamente con las relaciones biogeográficas que ellos presentan, especialmente Siluriformes, Cyprinodontidae y Galaxiidae. A pesar de ello, su abundancia a disminuido progresivamente durante los últimos 20 años (Vila & Contreras, 1999), demostrando la urgencia de su utilización en la generación de políticas públicas.

Según Habit *et al.* (2006), entre las principales amenazas para la fauna de peces referidas a la alteración de hábitat, se encuentran la extracción de agua para riego (Habit & Parra, 2001), el vertido de residuos líquidos industriales y aguas servidas (Habit *et al*., 2005), la extracción de áridos, la canalización o semicanalización de los cauces, sustitución de bosque nativo por plantaciones forestales, contaminación difusa por pesticidas y la construcción de embalses para centrales hidroeléctricas (Habit *et al*., 2002). Ha sido demostrado como la presencia de estas obras en hábitats fluviales determinan la disminución local de poblaciones de peces nativos, siendo prioritario a nivel de políticas públicas la inclusión de presencias o modelos de distribución de especies dulceacuícolas en categoría de conservación, dentro de las variables a considerar en la planificación de la generación hidroeléctrica nacional.

Para lograr caracterizar la distribución de especies, pregunta clave en ecología, durante los últimos se han desarrollado diferentes modelos estadísticos – conocidos como modelos de ecología de nichos - que permiten generar mapas de distribución de especies, a través de una interpretación matemática de las variables ambientales bajo las que se han registrado previamente sus presencias (Guisan & Zimmermann, 2000). Las ventajas que presentan estos modelos de distribución son diversos, por ejemplo: Presentan información sobre ocurrencias en lugares que no han sido estudiados; Permiten una mejor capacidad de interpretación de patrones espaciales a nivel biogeográfico; Contribuyen en la planificación de esfuerzos de conservación de especies, generando información respecto de potenciales presencias de especies con escasos registros e investigación, etc. (Cayuela *et al*., 2009). De esta forma, los modelos de distribución de especies son considerados como la principal herramienta para determinar patrones especiales de presencia/ausencia de especies dulceacuícolas endémicas pudiendo asociar una especie a un tramo de río o SSC.

De esta forma, el objetivo de este OdV es dar valor a las SSC que contengan tramos del sistema fluvial en donde se encuentren especies dulceacuícolas endémicas.

Tabla resumen

En la Tabla 5.7 se puede observar un resumen de las características más relevantes del OdV.

Tabla 5.7.Resumen de OdV F2 Especies fluviales endémicas

Número y nombre del OdV **F2 Especies fluviales endémicas**		
Definición **Riqueza de especies fluviales endémicas**		
Variable descriptora o Proxy	**Tipo y Fuente de información**	
Sumatoria de la cantidad de especies endémicas fluviales ponderadas por el nivel de endemismo (nacional, regional o local) a nivel de SSC.	Información secundaria	• Presencias de especies fluviales georreferenciadas
	Fuente secundaria	• Base de datos del Ministerio de Medio Ambiente con georreferencias por especie fluvial (BD_MMA 2014, Anexo 13.6) • Base de datos de SERNAPESCA (BD_SERNAPESCA, AEnxo 13.6)
	Información primaria	• Presencia de especies en endémicas georreferenciadas en el área de estudio • Características morfológicas, fluviales y presencia de obras civiles en el área de estudio para la modelación de especies
	Fuente primaria	• Actualización realizada por el equipo profesional (Anexo 13.8) en la cual se incluye los resultados de la campaña de terreno. • Fichero por tramo de río (Anexo 13.7)

Fuente: elaboración propia

Metodología

En primer lugar se identificaron las especies endémicas presentes en el área de estudio de acuerdo a la Base de Datos (BD) del MMA. Para las especies que no estaban presentes en dicha BD, se utilizó el Inventario Nacional de Especies, y se realizó una revisión bibliográfica para determinar si era probable que se encontraran en las cuencas de estudio. Se incluyeron especies de las clases: Malacostraca, Actinopterygii, Cephalaspidomorphi y Mammalia (Huillín), eliminando las especies exclusivamente marinas, lacustres y costeras. Posteriormente, se buscaron registros georreferenciados de dichas especies. Actualmente se dispone de la base de datos del Ministerio de Medio Ambiente (BD_MMA, Anexo 13.6) y del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (BD_SERNAPESCA, Anexo 13.6). Además, se realizó una búsqueda bibliográfica para actualizar dichas bases de datos (Anexo 13.6).

Posterior a un análisis exploratorio de la información recopilada y disponible, se realizó una campaña de muestreo para subsanar vacíos de información. Detalles sobre la metodología de

terreno, criterios de selección de tramos a muestrear y los resultados de esta campaña, pueden verse en el Anexo 13.8.

Se implementaron modelos de ecología de nicho para cada especie endémica incluida en el análisis, permitiendo extrapolar registros de presencias a mapas de distribución, teniendo como objetivo la determinación más cercana a la distribución actual de cada especie. Las variables incluidas como predictores de distribución, representan condicionantes ambientales a distintas escalas espaciales que determinan los hábitats físicos de especies dulceacuícolas: A escala intercuencas, se generó un proxy del caudal anual por tramo a través de las isoyetas de precipitación nacional, y la cuenca aportante de cada tramo. A escala de cuenca, se integraron variables predictoras como el área de la cuenca aportante, el origen del flujo (variable que caracteriza el régimen hidrológico al que está sometido el tramo de río, Peredo-Parada *et al*. 2011), y la altitud del tramo. A escala de tramo, se incluyeron variables predictoras como la pendiente del tramo, el ancho del cauce activo, la densidad de la vegetación ripariana, índice de sinuosidad y el uso del suelo en torno al tramo. Para incluir la acción antrópica directamente sobre el cauce, se incluyeron obras que intervienen la conectividad longitudinal (bocatomas, embalses y restituciones) y obras que interrumpen la conectividad transversal (puentes, vados, caminos y otras obras). Solo en ciertos casos, se integró como variable predictora la geología del tramo estudiado. Las isoyetas de precipitaciones se obtuvo del Balance hídrico Nacional. Las cuencas aportantes se determinaron a través de SIG a partir de DEM de elevación de 90x90m. El origen del flujo se obtuvo desde la BD de RECChile, publicada por Peredo-Parada *et al.* (2011). El resto de la información se obtuvo a través del análisis de imágenes satelitales obtenidas desde Google Earth (Ver Anexo 13.7).

Dado que el objetivo es obtener un modelo de distribución que pudiese representar el conocimiento acumulado respecto de la distribución actual de cada especie, se consideraron distintos algoritmos matemáticos, ajustando las variables y los dominios de distribución en función de la bibliografía disponible para cada especie. EL modelo final para cada especie fue seleccionado en función de métricas de ajusten (ROC-AUC), y evaluación de expertos. Se ejecutaron 5 algoritmos de modelación: Random Forest (RF) (Breiman, 2001), MAXENT (MX) (Phillips *et al*., 2004), Artificial Neuronal Network (ANN) (Colasanti, 1991 citado en Lek & Guégan, 1999), algoritmos genéticos (AG)(D'Angelo *et al*., 1995) y modelos de distribución gaussiana (G) (Metodología propuesta por Shaw Lacy 2016, com. pers.).

Todos los modelos de distribución fueron llevados a modelos de distribución de presencia/ausencia. Para determinar el umbral de probabilidad de ocurrencia, se estimó un umbral que maximizará el ajuste de la curva ROC a la sensibilidad óptima (valor 1) (Cantor *et al*., 1999). Luego de este proceso, se generó para cada especie evaluada un mapa distribución donde cada tramo del área de estudio, podría contar o no, con la presencia de aquella especie.

Para escalar la información de modelos de presencia/ausencia por especie a nivel de SSC, se estimo la densidad de cada especie dentro de cada SSC, y luego cada densidad fue ponderada por su nivel de endemismo: Nacional=0,1, Regional=0,5, Local=1. Finalmente, todas las densidades ponderadas por SSC fueron sumadas obteniendo el proxy del presente OdV.

Los rangos fueron establecidos a través del criterio *a priori* sobre la densidad y la importancia por especien en cada SSC. Por lo tanto, se aplicó un umbral único para toda el área de estudio en función del proxy establecido. Si el proxy es mayor o igual 1, esto implica que en cada tramo de la SSC existe probabilidad de encontrar al menos hay una especie de endemismo local, o la combinatoria de especies que presenten un valor equivalente, considerando esta categoría como "Alta". Luego, si el proxy es mayor a 0,5, esto implica que, o la mitad de la SSC está cubierta por al menos una especie local, o la cuenca se encuentra cubierta completamente por al menos una especie de endemismo regional, considerando totas las SSC con proxy entre 0,5 y 1 como "Media". Finalmente, SSC con valores entre 0 y 0,5 fueron consideradas como "Baja".

Resultados

Las especies incluidas en el análisis, que contaban con presencia en las cuencas de estudio fueron 23: 9 malacostraca, 1 mamífero y 13 especies de peces. El indicador ROC-AUC es mayor a 0,75 en todos los casos, indicando gran capacidad de ajuste a las presencias previamente registradas. El algoritmo que arrojó mayor cantidad de modelos exitosos fue Artificial Neural Network (ANN), y la variable que participo de manera determinante en más modelos, fue el área de la cuenca aportante al tramo (ver Tabla 5.9).

Dado que los rangos se establecen *a priori*, no varían entre cuencas (Ver Tabla 5.8). La SSC con mayor valoración es la SSC de río Valdivia, en la cuenca del río Valdivia, con un proxy de 3,8. Por otro lado, la SSC con menor valor del OdV es la SSC de Rio Manso entre Rio Steffen y Rio Puelo, presente en la cuenca de Puelo, con un proxy de 0,16. A nivel de cuenca, con mayor valoración es la cuenca del río Valdivia, contando con un 47% de su superficie cubierta por SSC en categoría Alta. Contrariamente, la cuenca menos valorada es la cuenca del río Puelo, con un 94% de su superficie cubierta por SSC en la categoría Baja (ver Tabla 5.10).

Se obtiene un pico de frecuencia de datos en torno a los 0,5 y 1 en las cuencas Bueno y Valdivia, representando en intervalo medio que cuenta con mayor cantidad de SSC asignadas. La categoría Alta, presenta 35 SSC asignadas, las que se agrupan en las cuencas Bueno y Valdivia, mientras que la categoría Baja, cuenta con 25 SSC asignadas, distribuidas entre todas las cuencas (Ver Figura 5.7).

A nivel geográfico, se observa una acumulación de SSC en la categoría Alta, en las desembocaduras de las cuencas del río Valdivia y Bueno. Luego, las categorías Medias se registran en la zona de la depresión intermedia y cordillerana de las mismas cuencas. Finalmente, valores bajos para este OdV se registran mayormente en las cuencas del río Puelo y Yelcho.

Tabla 5.8.Valores de rangos para asignación de categorías de valoración por SSC

Cuencas	Categorías		
	Baja	Media	Alta
Bueno	< 0,5	0,5 ≤ x < 1	≥ 1
Valdivia	< 0,5	0,5 ≤ x < 1	≥ 1
Puelo	< 0,5	0,5 ≤ x < 1	≥ 1
Yelcho	< 0,5	0,5 ≤ x < 1	≥ 1

Fuente: elaboración propia

Tabla 5.9.Resultados de modelos de distribución por especie

Clase	Nombre científico	Categ.	Dominio modelación	Mejor modelo	ROC-AUC	Variables de importancia
Malacostraca	*Aegla abtao*	Rg	Valdiva-Bueno	ANN	0,84	Cuenca ap, Altitud
Malacostraca	*Aegla alacalufi*	Rg	Yelcho	G	0,93	Altitud, Prep ac, cuenca ap
Malacostraca	*Aegla araucaneiensis*	Rg	Valdvia-Bueno	ANN	0,82	Prep ac, Altitud
Malacostraca	*Aegla denticulata denticulata*	Rg	Valdvia-Bueno	MX	0,86	Altitud, pendiente
Malacostraca	*Aegla hueicollensis*	L	Desembocadura Valdivia-Bueno	G	0,88	Cuenca ap, ancho cauce
Malacostraca	*Aegla manni*	Rg	Desembocadura Valdivia	ANN	0,98	Altitud, cuenca ap, Veg rib
Malacostraca	*Aegla rostrata*	Rg	Valdvia-Bueno	ANN	0,96	Prep ac, altitud, origen flujo
Malacostraca	*Parastacus nicoleti*	Rg	Valdvia-Bueno	MX	0,89	Prep ac, Altitud

Clase	Nombre científico	Categ.	Dominio modelación	Mejor modelo	ROC-AUC	Variables de importancia
Malacostraca	*Virilastacus araucanius*	Rg	Desembocadura Valdivia	ANN	0,99	Cuenca ap, altitud
Mamifero	*Lontra provocax*	N	Valdivia-Bueno	MX	0,83	Cuenca ap, pendiente, altitud
Peces	*Aplochiton taeniatus*	N	Área de estudio	ANN	0,99	Prep ac, Veg rib, Altitud
Peces	*Aplochiton zebra*	N	Área de estudio	ANN	0,91	Prep ac, Altitud
Peces	*Basilichthys microlepidotus*	N	Valdivia-Altitud	ANN	0,94	Cuenca ap, Altitud
Peces	*Brachygalaxias bullocki*	N	Valdvia-Bueno	ANN	0,91	Cuenca ap, Altitud
Peces	*Cheirodon australe*	Rg	Valdvia-Bueno	AG	0,95	Cuenca ap, Origen flujo
Peces	*Cheirodon kiliani*	L	Desembocadura Valdivia	ANN	0,99	Cuenca ap, Altitud
Peces	*Diplomystes camposensis*	Rg	Valdivia-Altitud	MX	0,87	Prep ac, cuenca ap, obras
Peces	*Geotria australis*	-	Área de estudio	ANN	0,88	Cuenca ap, Altitud, Veg rib.
Peces	*Mordacia lapicida*	N	Valdivia-Bueno	AG	0,94	Cuenca ap, Uso, Prep
Peces	*Odontesthes mauleanum*	N	Valdivia-Bueno	MX	0,88	Cuenca ap, ancho cauce, Veg rib.
Peces	*Percichthys melanops*	N	Valdivia	AG	0,99	Ancho cauce, prep ac

Clase	Nombre científico	Categ.	Dominio modelación	Mejor modelo	ROC-AUC	Variables de importancia
Peces	*Percilia gillissi*	N	Valdivia-Bueno	MX	0,84	cuenca ap, obras
Peces	*Trichomycterus areolatus*	N	Valdivia-Bueno	ANN	0,97	origen flujo, Veg rib., cuenc ap

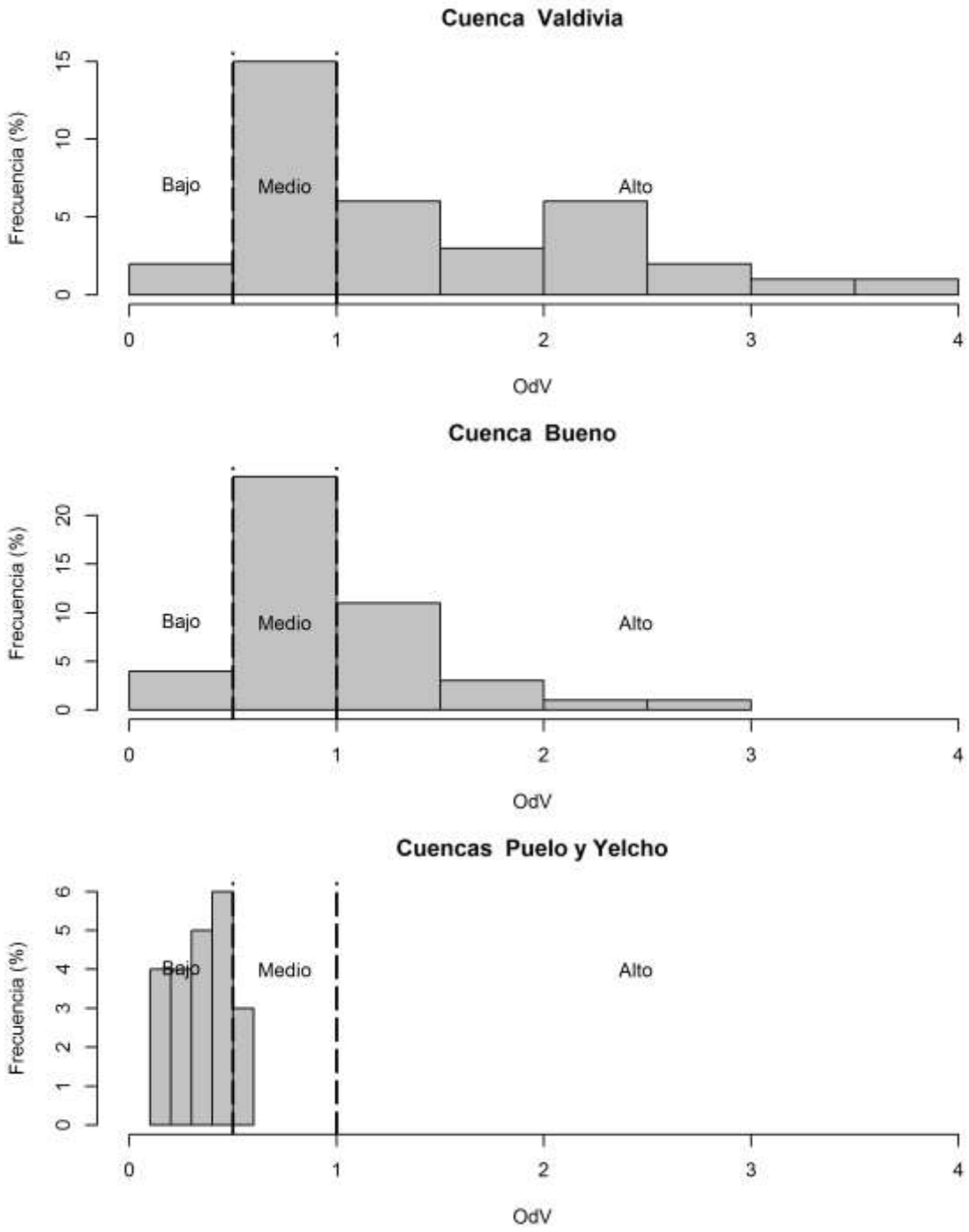
Fuente: elaboración propia

Tabla 5.10. Resumen OdV Especies Endémicas Fluviales.

Cuenca	Cantidad de SSC			Superficie total con respecto a la cuenca principal		
	Baja	Media	Alta	Baja	Media	Alta
Valdivia	2	15	19	10,59%	42,29%	47,12%
Bueno	4	24	16	18,02%	54,77%	27,21%
Puelo	12	1		96,55%	3,45%	0,00%
Yelcho	7	2		67,14%	32,86%	0,00%

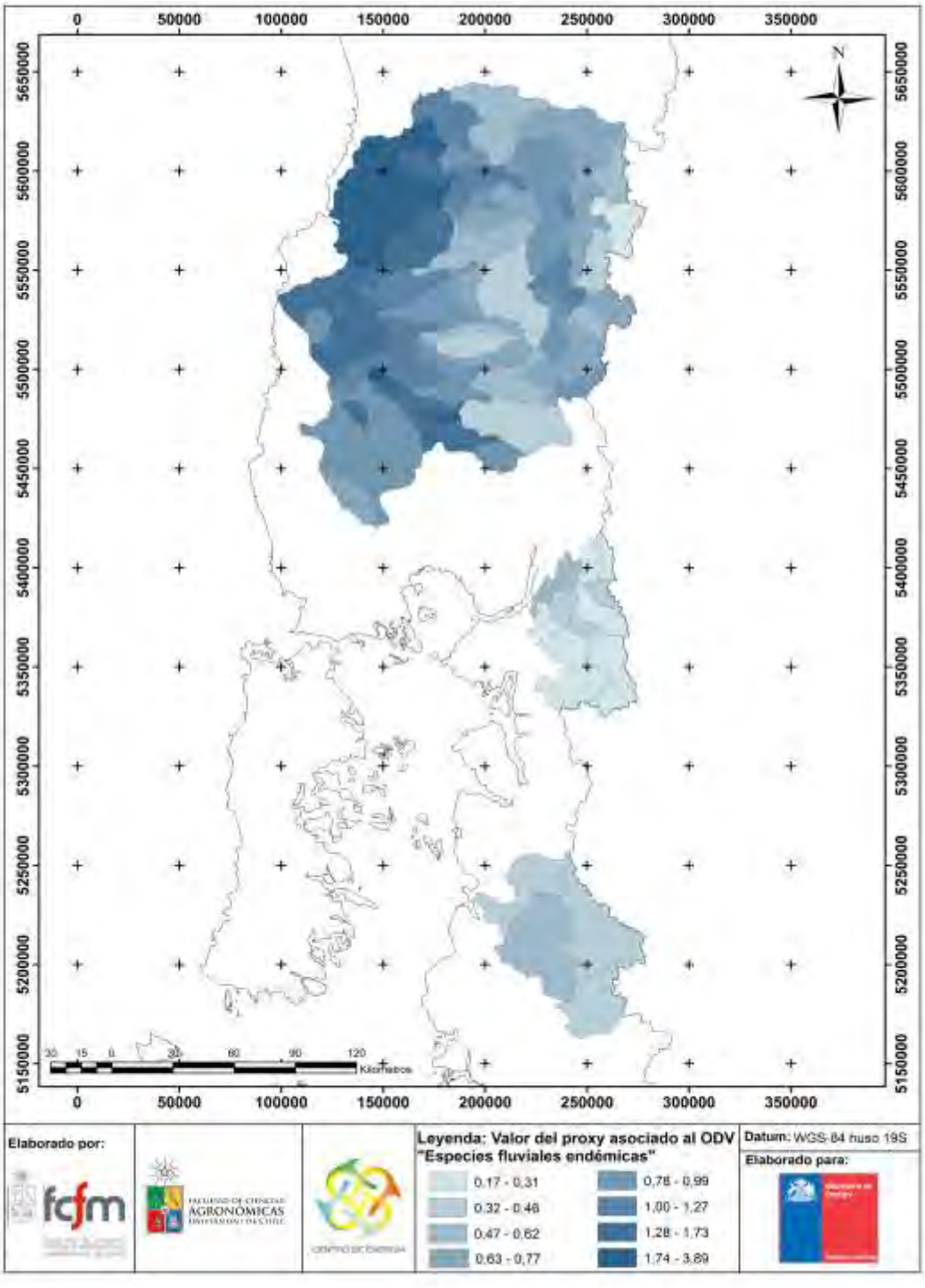
Fuente: elaboración propia

Figura 5.5. Histograma de frecuencia para proxy OdV especies fluviales endémicas por cuenca.



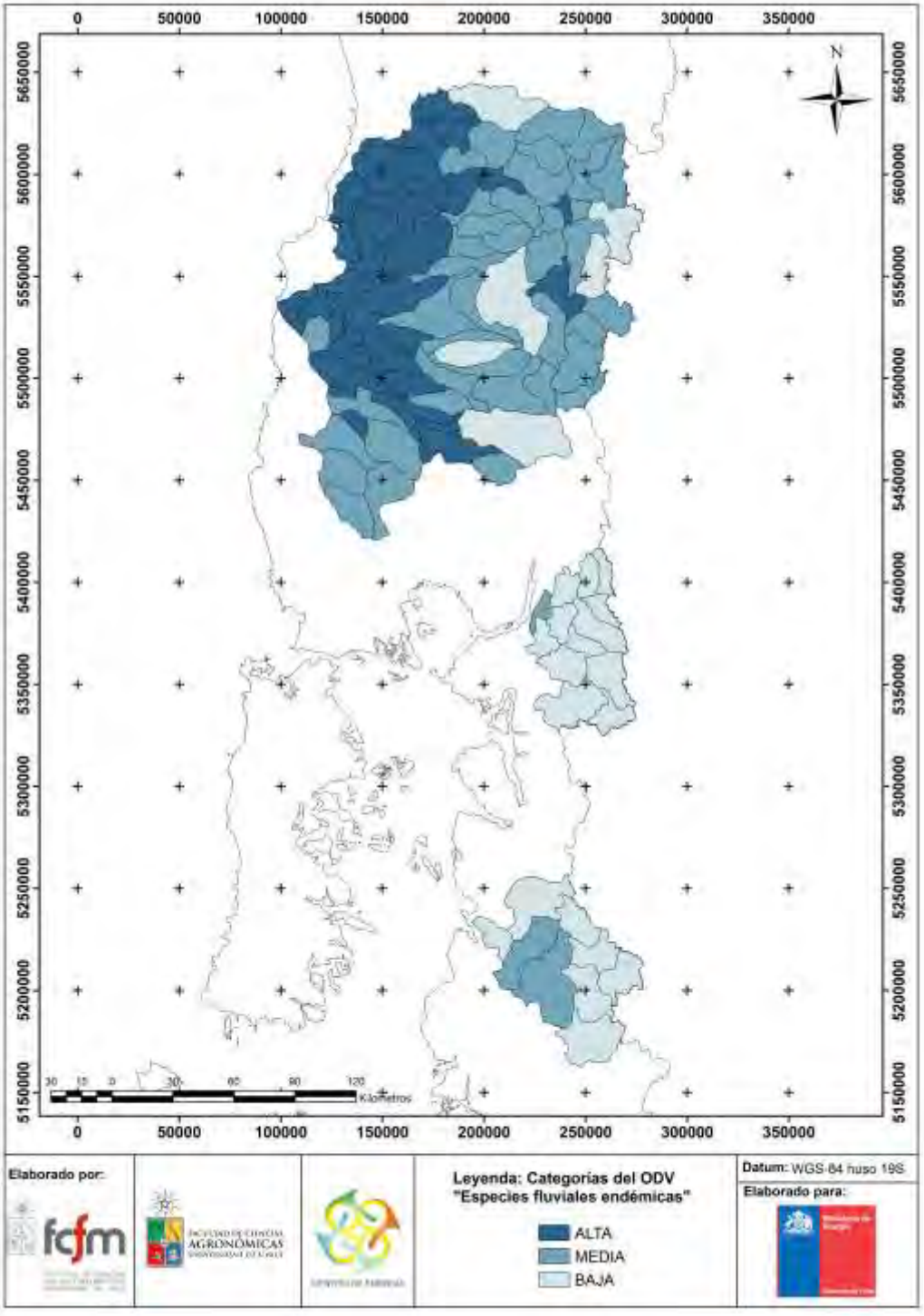
Fuente: elaboración propia

Figura 5.6. Valores del OdV especies fluviales endémicas.



Fuente: elaboración propia.

Figura 5.7. Mapa de categorías de OdV especies fluviales endémicas.



Fuente: elaboración propia.

Análisis y recomendaciones

Se ha documentado previamente la importancia del impacto de la generación hidroeléctrica sobre la viabilidad de poblaciones de especies dulceacuícolas (Habit *et al*., 2002), y probablemente, represente el aquel objeto de valoración bajo mayor amenaza de todos los representados en el presente estudio, por lo tanto su inclusión se vuelve altamente relevante.

La modelación desarrollada para la generación del proxy, presenta varias características que destacan sus fortalezas: 1.- incluye todas las especies endémicas presentes en el área de estudio. 2.- el algoritmo de modelación, en los 5 casos, representa modelos que consideran al tramo de río como unidad de estudio, representando modelos dedicados a especies dulceacuícolas. 3.- las variables predictoras representan el modelo jerárquico de organización de sistemas fluviales (Frissell *et al*., 1986), integrando variables a nivel intercuencas, intracuenca y a nivel de tramo. 4.- se incluyeron variables antrópicas al modelo, aproximándose de mejor manera a la distribución actual de la especie. Todas estas características otorgan gran validez al trabajo realizado, respondiendo, coherentemente, a los objetivos propuestos.

Otro elemento importante a considerar, es la inclusión de especies de malacostracos (pancoras), cuya modelación a nivel nacional no presenta antecedentes previos, destacando entre los elementos novedosos del estudio.

La principal incertidumbre de los resultados se debe a la carencia de información con las que se contó para la generación de modelos. En ciertos casos, la cantidad de datos de presencia no superó la decena de registros, problema que se enfrentó ajustando el dominio de la modelación a su distribución potencial registrada en la literatura, aumentando la prevalencia de los datos. Finalmente, se consultó con expertos la validez de los resultados arrojados por el modelo, soslayando en parte el problema mencionado. De esta forma, la generación de una BD de georreferencias robustas se vuelve muy importante al momento de desarrollar herramientas para la conservación de especies en categoría de amenaza.

La definición de categorías se basó en la idea de la importancia que representa la potencial presencia de una especie local o regional por SSC. Su ponderación por valores a través de una ecuación ponderada, permite ponderar tantos sitios valiosos por la presencia de una especie locales, o muchas especies de endemismo regional, permitiendo homologar la valoración de *hots pots* de especies endémicas, o la presencia de una especie relevante, en solo un indicador, pudiendo evaluar de manera conjunta distintos escenarios.

La distribución de datos obtenida es esperada por literatura. Si consideramos Vila & Contreras (1999), anteriormente se había registrado mayor riqueza de especies en las cuencas de Valdivia y Bueno, y menor en las cuencas de Puelo y Yelcho. Además, también se ha documentado la dificultad que presentan las especies endémicas de superar los 1000 m.s.n.m, por lo que su distribución habitual es en desembocaduras y zonas de depresión intermedias, sumado a la alta

presencia de Malacostrcos (Pancoras) en la zona de la desembocadura del río Valdivia, obtenemos el patrón de rangos observado en el mapa.

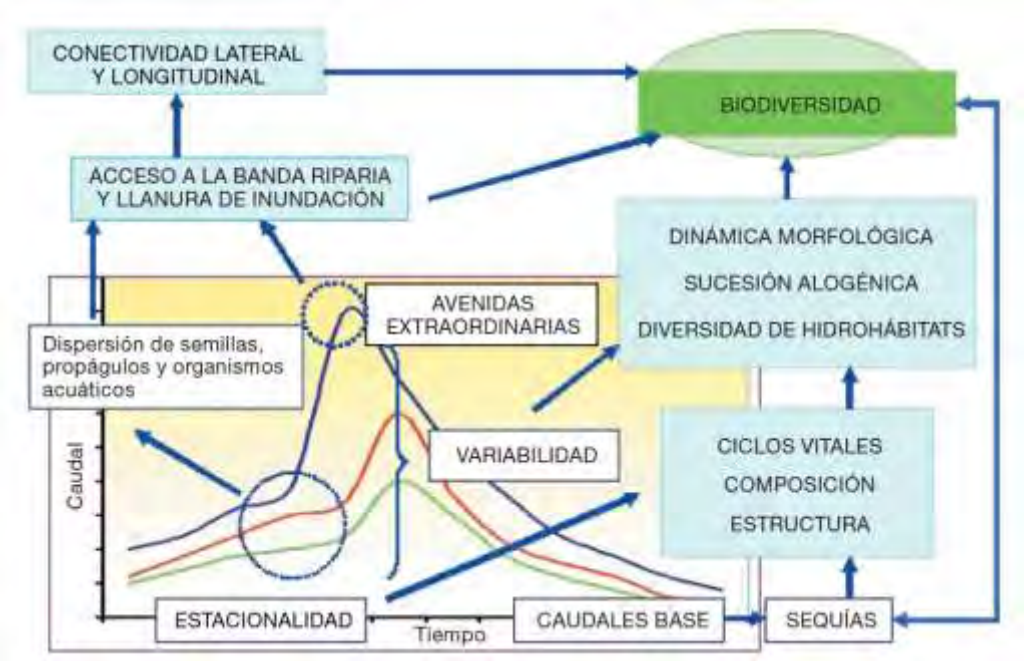
En general, se considera que la construcción de este OdV es robusta y los resultados obtenidos son concordantes con lo documentado en la bibliografía.

5.2.1.3 **OdV F-** ***3 Régimen hidrológicamente no alterado***

Como el desarrollo hidroeléctrico afecta en mayor proporción a los escurrimientos superficiales, se limitará en este estudio el análisis hidrológico a esta componente del ciclo hidrológico ya que estos juegan un papel importante en la determinación de la composición de la biota, la estructura y función de ecosistemas acuáticos inundables y riparianos (Richter, 1996). Particularmente, se postula que para mantener la ecología y el funcionamiento de un río es necesario mantener 5 componentes del régimen hidrológico: Magnitud, frecuencia, duración, temporalidad y tasas de cambio. (Poff *et al*. 1997). Cualquier alteración sobre estos componentes, generará un cambio en la estructura fluvial. Por ejemplo, la variación intranual en las condiciones hidrológicas son esenciales para el desarrollo exitoso del ciclo de vida de muchas especies acuáticas, riparianas y de humedales (Richter, 1996).

Además, el régimen natural de caudales influencia la biodiversidad acuática por medio de variados mecanismos interrelacionados que operan sobre diferentes escalas temporales y espaciales. La relación entre la biodiversidad y la naturaleza física del hábitat acuático está determinada en primer lugar por eventos extremos que determinan la forma del cauce (Arthington & Bunn, 2002). La Figura 5.8 muestra la interrelación entre diferentes factores bióticos y el régimen de caudales.

Figura 5.8. Biodiversidad acuática y régimen natural de caudales



Fuente: Modificado de Arthington y Bunn (2002)

Adicionalmente a la componente biótica, el sistema físico de un río también está determinado por el régimen hidrológico, por ejemplo, las dimensiones y formas que los ríos adoptan se ajustan a los volúmenes de aguas y de sedimentos que transportan, y a las condiciones materiales de los terrenos que recorren (Munro, 2010).

Entendida la importancia del régimen hidrológico en un ecosistema fluvial, es importante también destacar las formas de alteración que éste sufre. Por ejemplo, la presencia de obras civiles en el cauce altera la naturalidad del régimen hidrológico, como por ejemplo, la presencia de presas y embalses reducen la magnitud y alteran la frecuencia de eventos extremos (Poff, 1997).

Así también, se han generado diversos indicadores para la evaluación de la naturalidad de un ecosistema fluvial, en donde se desarrolla un índice de la naturalidad de la funcionalidad del sistema morfológico (Ollero *et al.* 2008) y ripariano (Peredo-Parada *et al.* 2011b) en función de las obras civiles y actividades antrópicas que lo intervienen.

Por este motivo, se considera generar este OdV que otorgará mayor valor a las SSC que presenten un régimen hidrológico no alterado.

El objetivo de este OdV es dar valor a aquellas SSC que presenten un régimen hidrológico no alterado, tanto en magnitud como estacionalidad.

Tabla Resumen

En la Tabla 5.11 se puede observar un resumen de las características más relevantes del OdV.

Tabla 5.11.Resumen de OdV Régimen hidrológicamente no alterado

Número y nombre del OdV **F3 Régimen hidrológicamente no alterado**		
Definición **Nivel de no alteración entre del régimen hidrológico mediante la identificación de obras civiles que lo alteren.**		
Variable descriptora o Proxy	**Tipo y Fuente de información**	
Cantidad de bocatomas y embalses por tramo fluvial, y propagación de su efecto aguas abajo del tramo.	Información secundaria	• Red hidrográfica DGA
	Fuente secundaria	• Cartografía Red hidrográfica DGA
	Información primaria	• Características morfológicas, fluviales y presencia de obras civiles en el área de estudio.
	Fuente primaria	• Información sobre condiciones físicas y obras civiles, recabadas para cada tramo fluvial y obtenidas a través del análisis de imágenes satelitales (Google Earth) (Anexo 13.7)

Fuente: elaboración propia

Metodología

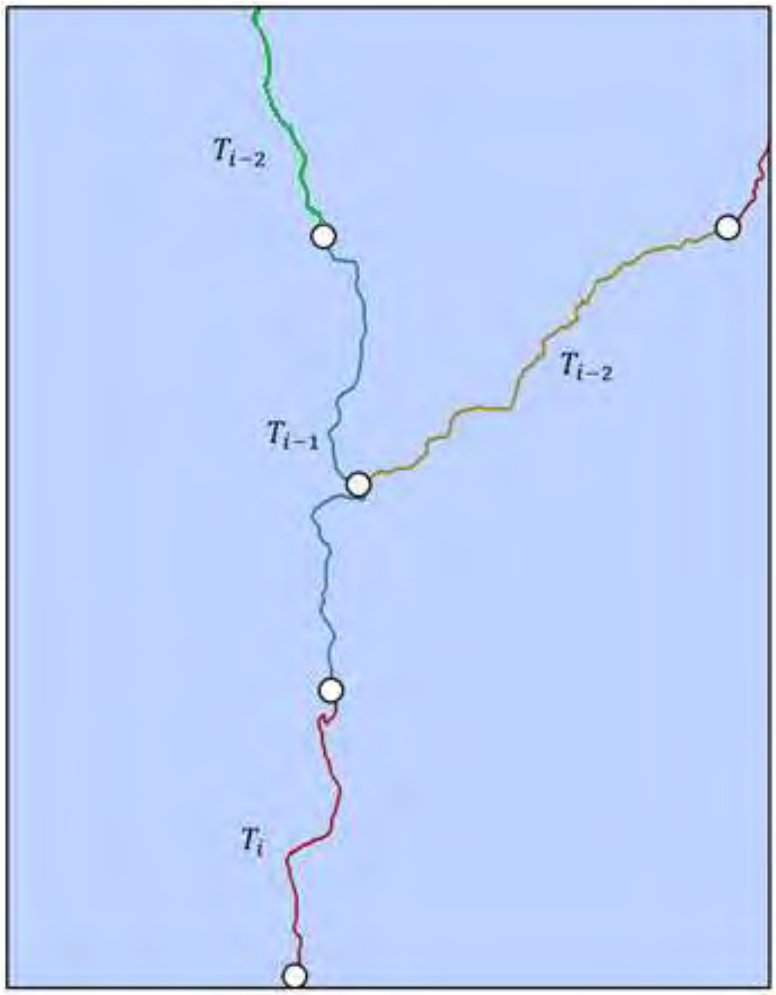
El proxy utilizado en la construcción de este OdV permitió dar valor a las SSC que no presentan intervenciones antrópicas que pudiesen alterar el hidrograma natural. Se asume que la ausencia de obras civiles conlleva a un régimen hidrológico no alterado, y que a medida que se suman obras civiles, la naturalidad del hidrograma disminuye.

Para la construcción de este OdV se utilizó la base de datos de fichero (anexo 13.7), de la cual una vez identificados los atributos, se realizó un análisis de las obras que afectarían directamente la naturalidad del régimen hidrológico en el tramo, considerando el efecto acumulado generado por los dos tramos inmediatamente aguas arriba, generándose un índice de alteración hidrológica para cada tramo. Posteriormente, se analizó los índices a escala de tramo y se proyectó a nivel de SSC, obteniéndose un ranking de alteración hidrológica a esta escala que permitió discriminar el grado de alteración por SSC.

En este caso, según la bibliografía consultada y los alcances de este documento, se han considerado sólo las obras que alteran en mayor medida el régimen hidrológico, que son los embalses y las bocatomas (Ollero *et al.*, 2008). Si bien los trasvases pueden ser obras de gran

alteración del hidrograma, no se incorporaron en este proxy, dada la ausencia de dichas obras en las cuencas de estudio. Posterior a la identificación de estas obras a escala de tramo fluvial, se generó una escala de magnitud en la propagación del efecto aguas abajo de ésta, obteniéndose un índice que acumula el efecto ocurrido en los dos tramos inmediatamente aguas arriba. Así, cada tramo fluvial consideró el efecto de las obras existentes en este tramo, más el efecto de las obras en los dos tramos inmediatamente aguas arriba. Adicionalmente, se ponderó cada tipo de obra en función de la magnitud impacto (magnitud y estacionalidad) esperado a generar en este OdV, entendiendo que embalses por sus condiciones naturales de acumulación lo impactan en mayor medida. Se generó entonces un índice de alteración para cada tramo afectado por estas obras siguiendo la configuración que se muestra en la Figura 5.9.

Figura 5.9. Esquema tipo de tramos fluviales.



Fuente: elaboración propia

Según el esquema anterior, el índice de alteración hidrológica en el tramo "T_i" estará determinado por las obras presentes en los tramos "T_{i-1}" y "T_{i-2}". El índice de cada tramo queda determinado por la cantidad de obras en el tramo, por el ponderador asociado a cada tipo de obra y por la distancia al tramo "T_i" de los tramos aguas arriba ("T_{i-1}" y "T_{i-2}"). Se tiene entonces la expresión:

$$I_{i=}(I_{T_i} + I_{T_{i-1}\to T_i} + I_{T_{i-2}\to T_i}) \qquad \textit{ecuación 1}$$

Donde:

I_i: índice de alteración hidrológica del tramo "T_i" afectado por la presencia de las obras

I_{T_i}: índice de alteración del tramo "T_i" debido a las obras existentes en el tramo "T_i"

$I_{T_{i-1}\to T_i}$: índice de alteración sobre el tramo "T_i" debido a las obras existentes en el tramo "T_{i-1}"

$I_{T_{i-2}\to T_i}$: índice de alteración sobre el tramo "T_i" debido a las obras existentes en el tramo "T_{i-2}"

La expresión que determina el índice de alteración en el tramo "T_i" provocada por cada tramo se muestra a continuación:

$$I_{T_i} = \frac{(\alpha_i * n°boc\_tramo_i + \beta_i * n°emb\_tramo_i) * L_i}{L_i} \qquad \textit{ecuación 2}$$

$$I_{T_{i-1}\to T_i} = \frac{(\alpha_{i-1} * n°boc\_tramo_{i-1} + \beta_{i-1} * n°emb\_tramo_{i-1}) * L_i}{L_i + L_{i-1}} \qquad \textit{ecuación 3}$$

$$I_{T_{i-2}\to T_i} = \frac{(\alpha_{i-2} * n°boc\_tramo_{i-2} + \beta_{i-2} * n°emb\_tramo_{i-2}) * L_i}{L_i + L_{i-1} + L_{i-2}} \qquad \textit{ecuación 4}$$

Por lo cual, considerando la ecuación 1, se puede escribir en forma recursiva de la siguiente manera:

$$I_{i=} L_i * \frac{\sum_{j=0}^{2} (\alpha_{i-j} * n°boc\_tramo_{i-j} + \beta_{i-j} * n°emb\_tramo_{i-j})}{\sum_{k=0}^{j} L_{i-k}} \qquad \textit{ecuación 5}$$

Donde:

L_i: longitud del tramo "i".

α_{i-j}: ponderador de alteración de las bocatomas en el régimen hidrológico del tramo "$i-j$"

β_{i-j}: ponderador de alteración de los embalses en el régimen hidrológico del tramo "$i-j$"

$n°boc\_tramo_{i-j}$: cantidad de bocatomas en el tramo "$i-j$"

$n°emb\_tramo_{i-j}$: cantidad de embalses en el tramo "$i-j$".

El ponderador por tipo de obra utilizado en el índice se presenta en la Tabla 5.12, donde se distingue los principales atributos del régimen hidrológico considerados en este OdV y si el tipo de obra considerada afecta o no cada uno de estos atributos.

Tabla 5.12 Grado de alteración del régimen hidrológico por tipo de obra civil

	Magnitud	Estacionalidad
Bocatoma	1	0
Embalse	1	1

Fuente: Elaboración propia

Considerándose dos aspectos relevantes que son la estacionalidad del régimen y la magnitud de los caudales, las bocatomas afectan en mayor medida sólo uno de ellos (ponderador de bocatomas α=0.5), en cambio los embalses impactan ambos atributos (ponderador de embalses β=1.0).

Una vez obtenido el índice de alteración del régimen hidrológico para cada SSC, se desarrolló un nuevo índice que represente la presencia del valor de no alteración del régimen hidrológico para cada tramo fluvial, mediante la siguiente expresión:

$$Valor_{T_i} = 1 - \frac{I_i}{\max(I_i)} \qquad \textit{ecuación 6}$$

Donde:

$Valor_{T_i}$: Índice de no alteración del régimen hidrológico en el tramo fluvial "T_i".

I_i: Índice de alteración hidrológica del tramo "T_i" afectado por la presencia de las obras.

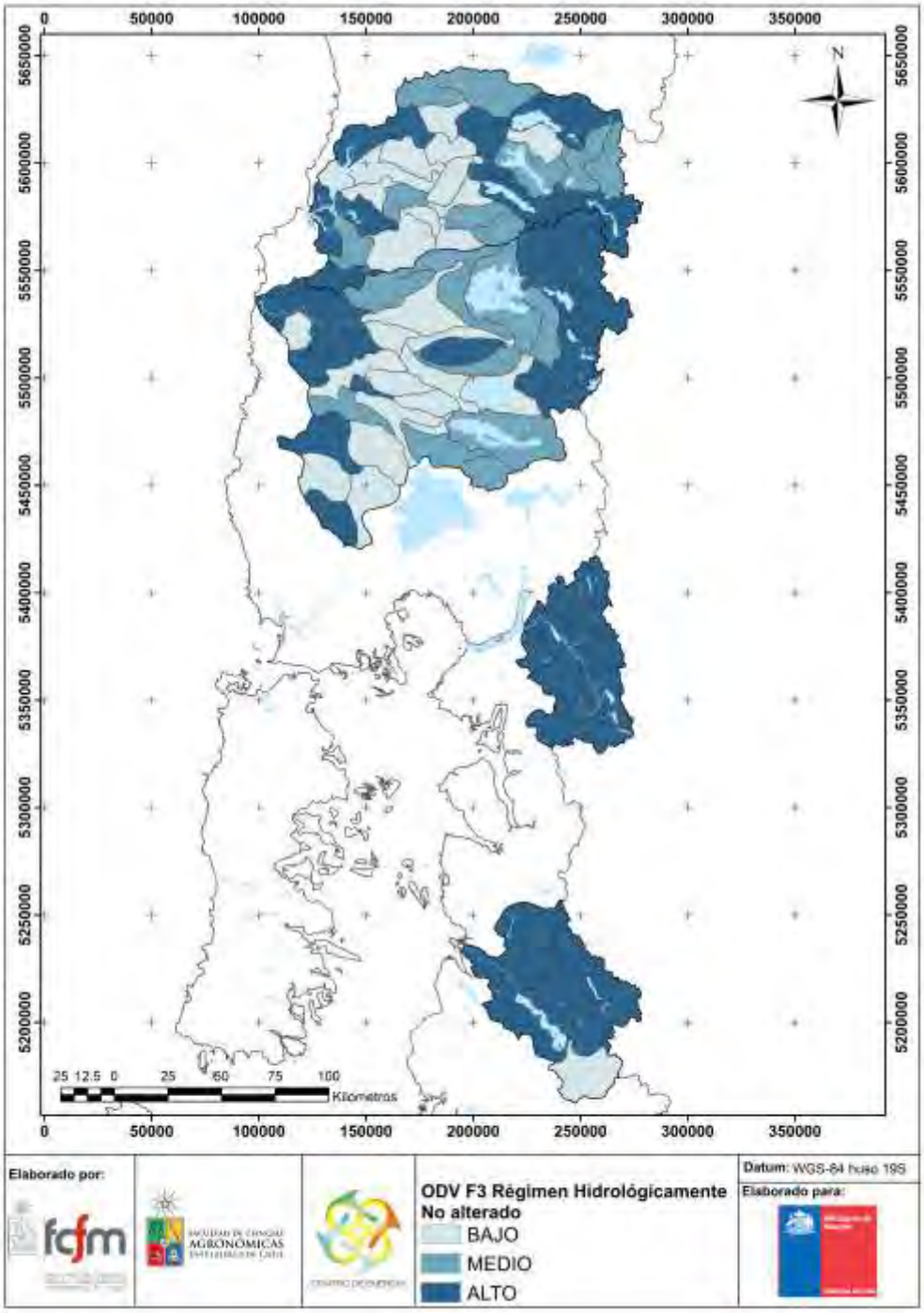
$\max(I_i)$: máximo valor del índice de alteración hidrológica del tramo "T_i" de cada cuenca de estudio.

Una vez determinado el índice de no alteración del régimen hidrológico, se promedió este índice a nivel de SSC, lo que permitió discriminar la presencia o no de este OdV.

Resultados:

En la Figura 5.10, se muestra el mapa con la valoración del OdV por SSC.

Figura 5.10. Categorías de valoración del OdV Régimen hidrológico no alterado por SSC



Fuente: elaboración propia

Se observa que las cuencas del Valdivia y del Bueno presentan mayores niveles de alteración del régimen hidrológico. La alteración del régimen en estas dos cuencas se produce mayormente en la zona de depresión intermedia, debido a la mayor cantidad de obras presentes, presumiblemente para riego. Las cuencas de los ríos Yelcho y Puelo presentan una alta valoración de su régimen hidrológico. Las zonas con menor alteración del régimen hidrológico se presentan en las cuencas del río Puelo y del río Yelcho, sumado a la parte alta de la cuenca del río Bueno y la zona costera de la misma. La cuenca del río Valdivia presenta una distribución similar a la cuenca del río Bueno, con la particularidad que la parte alta de la cuenca presenta más SSC con valores medios o bajos.

Este mapa se construyó estableciendo rangos de valores para el OdV en base al análisis de frecuencia del valor del indicador por cada cuenca en estudio. Se muestra en la Tabla 5.13, los valores de cada rango del OdV. Cabe mencionar que las cuencas Puelo y Yelcho se trataron en conjunto debido a la baja cantidad de datos, y que éstas sólo presentaron una SSC con valores menores a 1, por lo que se eliminó la categoría “Media”.

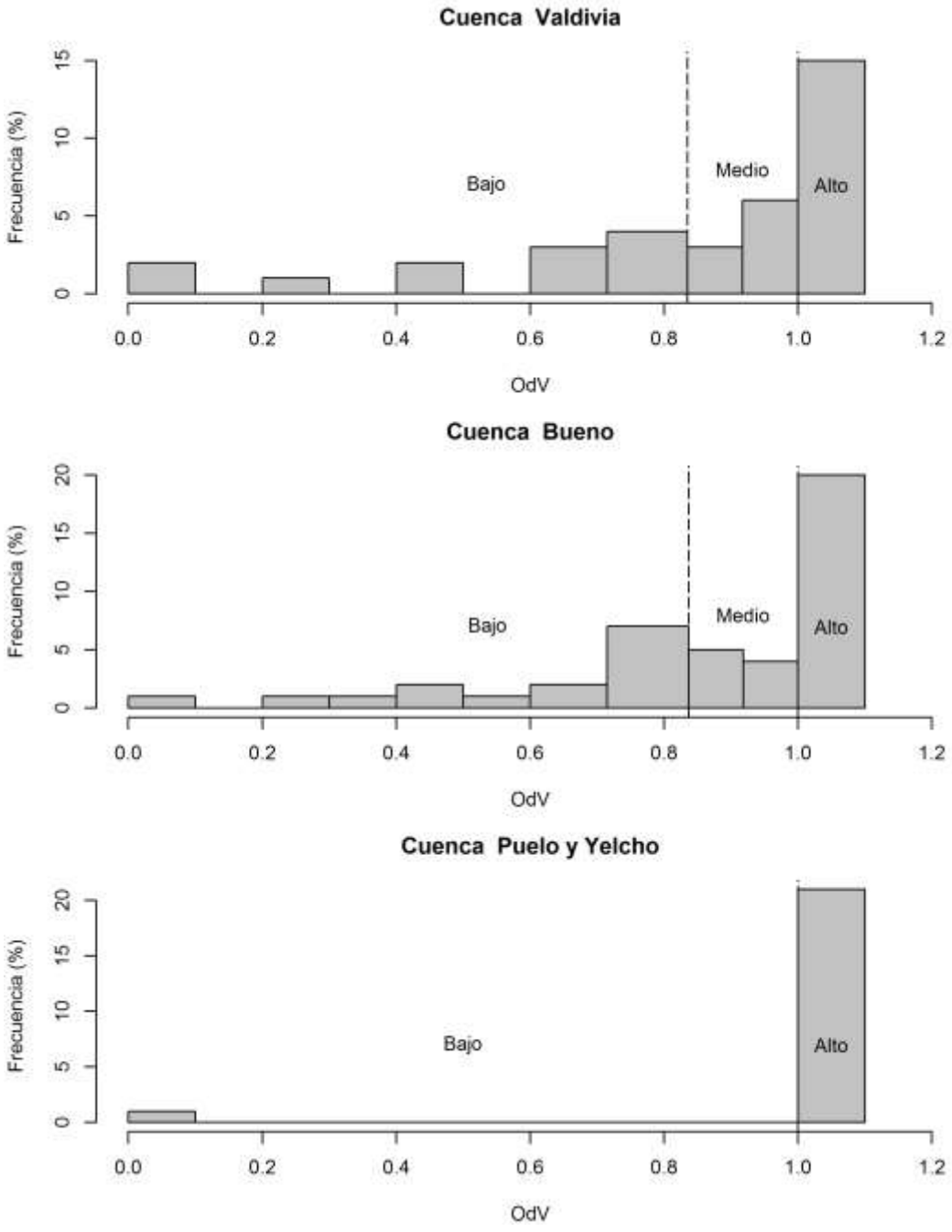
Tabla 5.13. Rangos de categorías de valoración del OdV por cuenca

Cuencas	**Categorías**		
	Baja	Media	Alta
Valdivia	0,00-0,83	0,84-0,99	1,00
Bueno	0,00-0,82	0,83-0,99	1,00
Puelo y Yelcho	0,00-0,99	N/A	1,00

Fuente: elaboración propia

Estas clases son visibles en la Figura 5.11. Debe considerarse que la categoría de valoración Alto, que tiene valor 1, se presenta en el gráfico como los valores mayores o iguales a 1, no obstante esto es sólo con el objeto de mantener la escala visual y poder representar este rango como una barra que permita identificarlo en el gráfico.

Figura 5.11 Análisis de frecuencia OdV régimen hidrológico no alterado por SSC



Fuente: elaboración propia.

Del análisis de frecuencia se desprende que del total de SSC del área de estudio (102 en las cuatro cuencas), 56 tienen este OdV en valorados como altos, 19 presentan niveles medios y 26 bajos niveles.

Realizando un análisis por cuenca, dividiendo la superficie total de las SSC en cada categoría por la superficie total de la cuenca a la que pertenece, la cuenca del río Valdivia presenta un 37,08% de su superficie con categoría Alta de este OdV, 31,82% con categoría Media y 31,10% con categoría Baja. La cuenca del río Bueno presenta un 36,62% de SSC con cateegoría Alta, mientras que un 31,83% presenta categoría Media y un 31,55% categoría Baja, siendo ésta la que presenta menores condiciones de régimen hidrológico no alterado. Las cuencas del río Puelo y del río Yelcho presentan un 7,55% de su superficie con categoría Baja en este OdV y un 92,45% con categoría Alta, no presentándose categoría Media.

Se presenta en la Tabla 5.14 un resumen del análisis del OdV para cada una de las cuencas en estudio:

Tabla 5.14. Resumen OdV régimen hidrológico no alterado

Cuenca	**Cantidad de SSC**			**Superficie total con respecto a la cuenca principal**		
	Baja	**Media**	**Alta**	**Baja**	**Media**	**Alta**
Valdivia	12	9	15	31,10%	31,82%	37,08%
Bueno	14	10	20	31,55%	31,83%	36,62%
Puelo y Yelcho	1	0	22	7,55%	0%	92,45%

Fuente: elaboración propia

Análisis y recomendaciones

De acuerdo a los objetivos de este OdV, el cual es dar valor a las SSC que presenten su régimen hidrológico no alterado, lo ideal sería evaluar la naturalidad del régimen hidrológico mediante, por ejemplo, del IHA (*Indicators of Hydrologic Alteration*) propuesto por Richter (1996), el cual mediante análisis de diferentes parámetros hidrológicos determina el nivel de naturalidad del régimen hidrológico. No obstante, a pesar de la posibilidad de contar con los caudales naturales de cada SSC mediante una simulación hidrológica, no se dispone de un registro hidrológico actual dado que no existen estaciones fluviométricas de la DGA en cada uno de los tramos de río evaluados que permitan comparar los valores naturales con los actuales. Por esta razón se utilizó como variable auxiliar las obras civiles que afectan en mayor medida la naturalidad del régimen hidrológico, lo que se encuentra ampliamente documentado.

De los resultados obtenidos, las cuencas del Río Puelo y Río Yelcho presentan una alta valoración de este OdV, es decir, baja o nula alteración del régimen hidrológico. La zona que presenta

mayores niveles de alteración es la depresión intermedia, asociada principalmente a la presencia de embalses artificiales conectados a la red hidrográfica para el desarrollo de actividades agrícolas y ganaderas. También, se observa acumulación de bocatomas en esta cuenca asociada a la presencia de centrales hidroeléctricas y pisciculturas.

Para la metodología empleada, se recomienda validar la escala a la cual el efecto de pérdida de naturalidad del régimen hidrológico aguas abajo de la intervención pierde influencia y el régimen de caudales recupera su naturalidad, es decir, debe someterse a juicio la decisión de propagar el efecto de un tramo hasta dos tramos más aguas abajo. También, debe considerarse que la elección de obras (embalses y bocatomas) y su efecto en la alteración del régimen hidrológico (determinación de los coeficientes alpha y beta) no está del todo justificada, debe buscarse métodos de validación de los mismos.

No obstante lo anterior, para una mejor evaluación de este OdV se recomienda el desarrollo de métodos hidrológicos que permitan obtener los valores de caudales actuales desde otras SSC, con el fin de evaluar la naturalidad del régimen hidrológico en forma óptima.

En términos generales, es posible mencionar que la construcción de este OdV fue exitosa, logrando capturar la naturalidad, o no alteración, del régimen hidrológico a partir de la identificación de obras civiles que alteran dicho régimen. A partir de este OdV, se puede concluir que las cuencas de Puelo y Yelcho presentan una elevada naturalidad del régimen hidrológico, mientras que la cuenca del Bueno y del Valdivia presentan un menor nivel de naturalidad, siendo la primera, la más alterada por la presencia de obras civiles.

5.2.1.4 **OdV F-** ***4 Régimen de sedimentos no alterado***

Introducción

Los ríos no sólo transportan agua, sino también transportan sedimentos desde su captación hasta el mar o el desagüe de la cuenca. Bajo la mayoría de las circunstancias, el flujo de agua forma tanto el cauce del río como su forma en planta. Como resultado de esto, todos los ríos están sujetos a cambios, ya sea por la erosión, la deposición o cambios en su forma en planta (Bettes, 2008). Los procesos naturales de los sedimentos, mediante la conformación del cauce del río, también afectan las condiciones del flujo, ya sea la distribución de la velocidad, la profundidad y el tipo de sedimentos en la composición del lecho, por lo cual la naturalidad del régimen de sedimentos está íntimamente conectada no sólo con la protección contra inundaciones, sino que también con la ecología de los ríos (Bettes, 2008), ya que la morfología del cauce define la variedad y tipo de hábitat fluvial presente.

Una vez generado el sedimento, el agua lo transporta, mediante un proceso que involucra una gran cantidad de problemas de interrelación. En la sección más alta del río (que coincide con altas pendientes), existe la suficiente energía para remover el sedimento, por lo cual el sedimento del lecho es específico en la parte superior de los ríos. En zonas intermedias y bajas la variedad del sedimento del lecho es aún menor, mientras que la matriz de sedimento suspendido es mayor (Graf, 2000, citado en Koch, 2014).

Asimismo, la distribución espacial de las zonas de erosión difusa (transporte generalizado) y concentrada (socavación), y la intensidad de los procesos en cada una de ellas, son determinantes para la forma del paisaje resultante. El agua es un poderoso agente erosivo y su acción modeladora del paisaje opera a través de unos pocos procesos sencillos: drenaje, erosión, transporte y deposición de sedimento (Munro, 2010).

Por otra parte, la preservación de estructuras no minerales (incluidas las plantas) y de vertebrados resulta de una combinación de condiciones hidrográficas, de sedimentación, entre otras (Seilacher, 1985).

Por estos motivos, la alteración en el régimen y disponibilidad de sedimentos puede generar implicancias ecológicas, morfológicas, económicas entre otras difíciles de dimensionar, lo que motiva la creación de este OdV, en el cual se otorgará un mayor valor a aquellas SSC que presenten una menor intervención en sus cauces, en cuanto a la disponibilidad del sedimento y su régimen.

El objetivo de este OdV es dar valor a aquellas SSC que presenten un régimen de sedimento no alterado, tanto en movilidad como en disponibilidad.

Tabla Resumen

En Tabla 5.15 se puede observar un resumen de las características más relevantes del OdV.

Tabla 5.15. Resumen de OdV F4 Régimen de sedimentos no alterado

<table>
<tr><td colspan="3">Número y nombre del OdV
F4 Régimen de sedimentos no alterado</td></tr>
<tr><td colspan="3">Definición
Nivel de no alteración de régimen y disponibilidad de sedimentos mediante la identificación de obras e intervenciones que alteren su naturalidad</td></tr>
<tr><td>Variable descriptora o Proxy</td><td colspan="2">Tipo y Fuente de información</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Cantidad de embalses y extracciones de áridos por tramo fluvial, y propagación de su efecto aguas abajo del tramo.</td><td>Información secundaria</td><td>• Red hidrográfica DGA</td></tr>
<tr><td>Fuente secundaria</td><td>• Cartografía Red hidrográfica DGA</td></tr>
</table>

	Información primaria	• Características morfológicas, fluviales y presencia de obras civiles en el área de estudio.
	Fuente primaria	• Información sobre condiciones físicas y obras civiles, recabadas para cada tramo fluvial y obtenidas a través del análisis de imágenes satelitales (Google Earth) (Anexo 13.7)

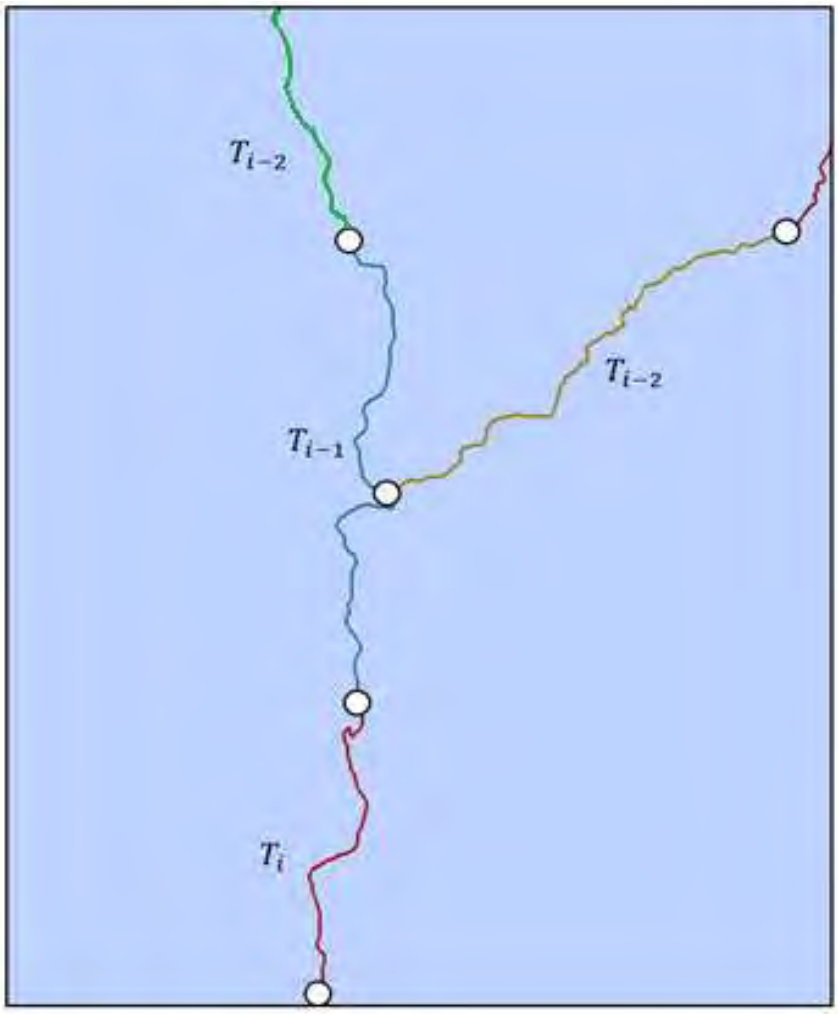
Fuente:elaboración propia.

Metodología

Para la construcción de este OdV se utilizó la base de datos de fichero (anexo 13.7). Una vez identificados los atributos, se realizó un análisis de las obras que afectarían directamente la naturalidad del régimen de sedimentos y su disponibilidad en el cauce, considerando el efecto acumulado generado por los dos tramos inmediatamente aguas arriba, generándose un índice de alteración del régimen de sedimentos para cada tramo. Posteriormente, se analizaron los índices a escala de tramo y se proyectaron a nivel de SSC, obteniéndose un ranking de alteración del régimen de sedimentos a esta escala que permitió discriminar el grado de alteración por SSC.

El proxy de este OdV se construyó en base a la cantidad de obras que alteren la naturalidad del régimen de sedimentos y su disponibilidad a escala de tramo fluvial. En este caso, según la bibliografía consultada y los alcances de este documento, se han considerado sólo las obras que alteran en mayor medida el régimen de sedimentos, que son los embalses y las intervenciones antrópicas como extracciones de áridos (Ollero *et al.,* 2008). Posteriormente a la identificación de estas obras a escala de tramo fluvial, se generó una escala de propagación del efecto aguas abajo de ésta, obteniéndose un índice que acumula el efecto ocurrido en los tramos aguas arriba. Así, cada tramo fluvial consideró el efecto de las obras existentes en este tramo, más el efecto de las obras en los tramos superiores. Adicionalmente, se ponderó cada tipo de obra en función del impacto esperado a generar en este OdV, entendiendo que embalses por sus condiciones naturales de acumulación retienen el sedimento, afectando este OdV en mayor medida. Se generó entonces un índice de alteración para cada tramo afectado por estas obras siguiendo configuración tipo de la Figura 5.12.

Figura 5.12 esquema tipo de tramos fluviales.



Fuente: elaboración propia

Según el esquema anterior, el índice de alteración en el régimen de sedimentos en el tramo "T_i" estará determinado por las obras presentes en los tramos "T_{i-1}" y "T_{i-2}". El índice de cada tramo queda determinado por la cantidad de obras en el tramo, por el ponderador asociado a cada tipo de obra y por la distancia al tramo "T_i" de los tramos aguas arriba ("T_{i-1}" y "T_{i-2}"). Se tiene entonces la expresión:

$$I_{i=}(I_{T_i} + I_{T_{i-1}\to T_i} + I_{T_{i-2}\to T_i}) \qquad \textit{ecuación 1}$$

Donde:

I_i: índice de alteración del régimen de sedimentos del tramo "T_i" afectado por la presencia de las obras

I_{T_i}: índice de alteración del tramo "T_i" debido a las obras existentes en el tramo "T_i"

$I_{T_{i-1}\to T_i}$: índice de alteración sobre el tramo "T_i" debido a las obras existentes en el tramo "T_{i-1}"

$I_{T_{i-2}\to T_i}$: índice de alteración sobre el tramo "T_i" debido a las obras existentes en el tramo "T_{i-2}"

La expresión que determina el índice de alteración en el tramo "T_i" provocada por cada tramo se muestra a continuación:

$$I_{T_i} = \frac{(\alpha_i * n°emb\_tramo_i + \beta_i * n°ext\_arido\_tramo_i) * L_i}{L_i} \qquad \textit{ecuación 2}$$

$$I_{T_{i-1}\to T_i} = \frac{(\alpha_{i-1} * n°emb\_tramo_{i-1} + \beta_{i-1} * n°ext\_arido\_tramo_{i-1}) * L_i}{L_i + L_{i-1}} \qquad \textit{ecuación 3}$$

$$I_{T_{i-2}\to T_i} = \frac{(\alpha_{i-2} * n°emb\_tramo_{i-2} + \beta_{i-2} * n°ext\_arido\_tramo_{i-2}) * L_i}{L_i + L_{i-1} + L_{i-2}} \qquad \textit{ecuación 4}$$

Por lo cual, considerando la ecuación 1, se puede escribir en forma recursiva de la siguiente manera:

$$I_{i=}L_i * \frac{\sum_{j=0}^{2}(\alpha_{i-j} * n°emb\_tramo_{i-j} + \beta_{i-j} * n°ext\_arido\_tramo_{i-j})}{\sum_{k=0}^{j} L_{i-k}} \qquad \textit{ecuación 5}$$

Donde:

L_i: longitud del tramo "i".

α_{i-j}: ponderador de alteración de los embalses en el régimen de sedimentos del tramo "$i-j$"

β_{i-j}: ponderador de alteración de extracciones de áridos en el régimen de sedimentos del tramo "$i-j$"

$n°emb\_tramo_{i-j}$: cantidad de embalses en el tramo "$i-j$"

$n°ext\_arido\_tramo_{i-j}$: cantidad de extracciones de áridos en el tramo "$i-j$".

El ponderador por tipo de obra utilizado en el índice se presenta en la Tabla 5.16**,** donde se distinguen los principales atributos del régimen de sedimentos considerados en este OdV y si el tipo de obra afecta o no cada uno de estos atributos.

Tabla 5.16. Grado de alteración del régimen de sedimentos por obra

	Disponibilidad de sedimentos	Naturalidad del régimen de sedimentos
Embalses	1	1
Extracciones de áridos	1	0

Fuente: elaboración propia

Considerándose dos aspectos relevantes que son la disponibilidad de sedimentos y la naturalidad del régimen, los embalses afectan ambos atributos (ponderador de embalses α=1), en cambio las extracciones de áridos impactan en mayor medida sólo uno de ellos (ponderador de embalses β=0.5).

Una vez obtenido el índice de alteración del régimen de sedimentos para cada SSC, se desarrolló un nuevo índice que represente la presencia del valor de no alteración del régimen de sedimentos para cada tramo fluvial, mediante la siguiente expresión:

$$Valor_{T_i} = 1 - \frac{I_i}{\max(I_i)} \qquad \textit{ecuación 6}$$

Donde:

$Valor_{T_i}$: Índice de no alteración del régimen de sedimentos en el tramo fluvial "T_i".

I_i: Índice de alteración del régimen de sedimentos del tramo "T_i" afectado por la presencia de las obras.

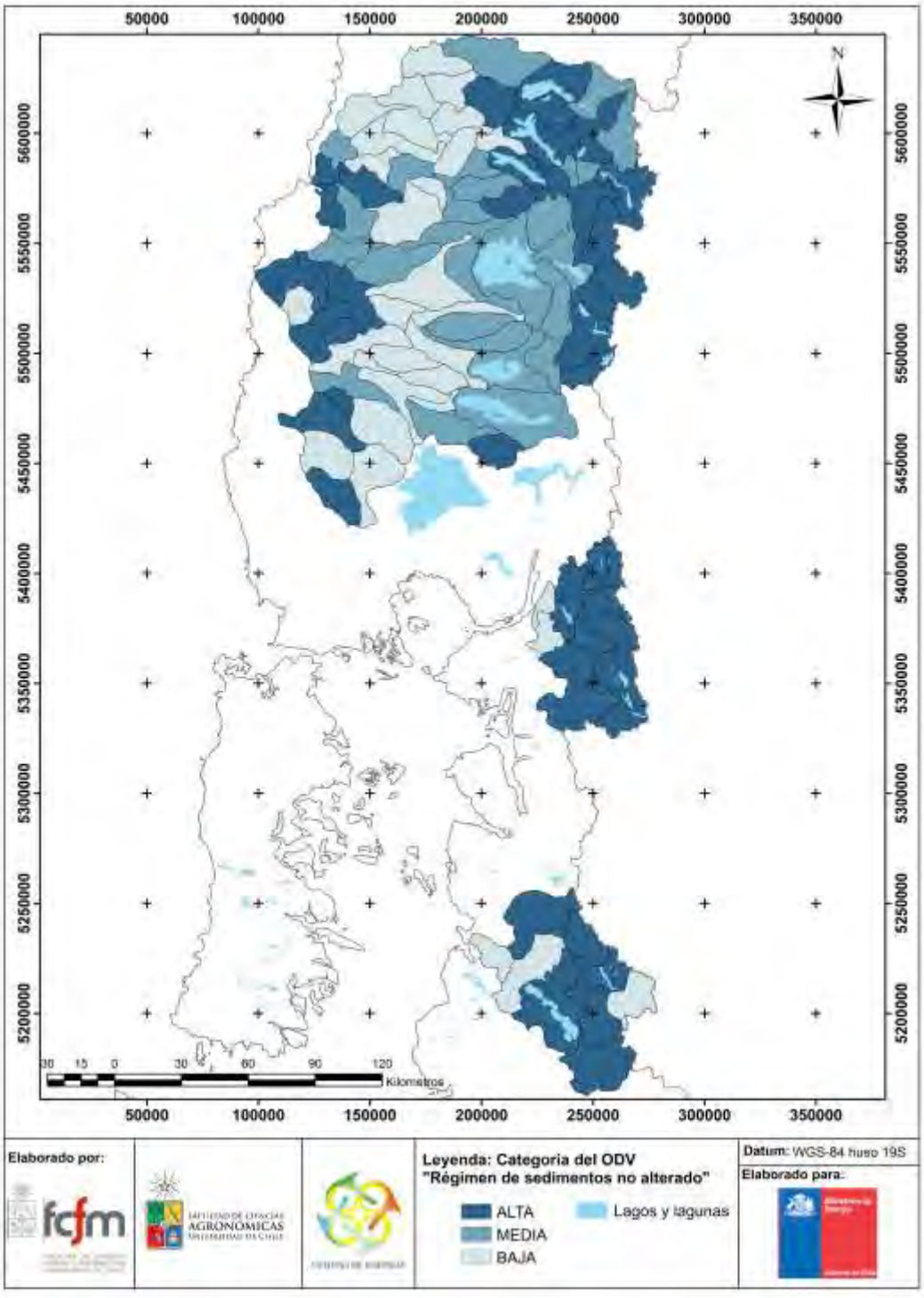
$\max(I_i)$: Máximo valor del índice de alteración de sedimentos del tramo "T_i" en la SSC a la que pertenece.

Una vez determinado el índice de no alteración del régimen de sedimentos, se promedió este índice a nivel de SSC, lo que permitió discriminar la presencia o no de este OdV.

Resultados:

Se presenta en la Figura 5.13, el mapa con los rangos de presencia del OdV por SSC.

Figura 5.13. Categoría de valoración del OdV Régimen de sedimentos no alterado en cada SSC



Fuente: elaboración propia

Se aprecia en la Figura 5.13 que las cuencas del Valdivia y del Bueno presentan mayores niveles de alteración del régimen de sedimentos. La alteración del régimen en estas dos cuencas se produce, mayormente, en la depresión intermedia, que podría asociarse a la alta presencia de embalses de riego y extracciones de áridos cercanos a asentamientos urbanos. Las cuencas de los ríos Yelcho y Puelo presentan una baja alteración en el régimen de sedimentos. Las zonas con menor alteración del régimen hidrológico se presentan en las cuencas del río Puelo y del río Yelcho, sumado a la parte alta de la cuenca del río Bueno y la zona costera de la misma. La cuenca del río Valdivia presenta una distribución similar a la cuenca del río Bueno, con la particularidad que la parte alta de la cuenca presenta más SSC con valores altos.

Este mapa se construye estableciendo rangos de valores para el OdV en base al análisis de frecuencia del valor del indicador por cada cuenca en estudio. Los rangos de las categorías se muestran en la Tabla 5.17. Cabe mencionar que las cuencas Puelo y Yelcho se trataron en conjunto debido a la baja cantidad de datos, y que éstas sólo presentaron una SSC con valores menores a 1, por lo que se eliminó la categoría “Media”.

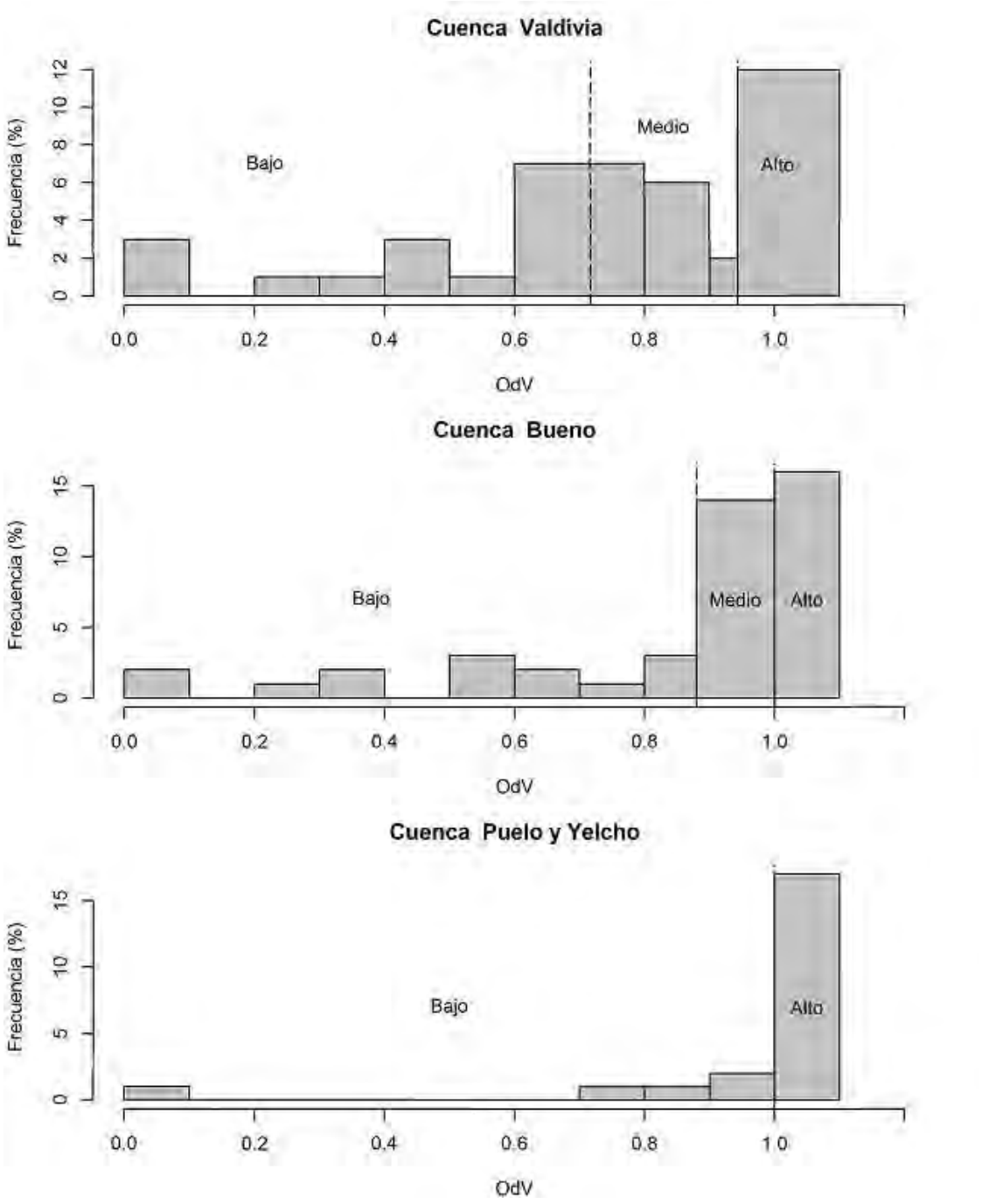
Tabla 5.17. Rangos de categorías de valoración del OdV por cuenca

Cuencas	**Categorías**		
	Baja	Media	Alta
Valdivia	0,00-0,71	0,72-0,95	0,96-1,00
Bueno	0,00-0,88	0,89-0,99	≥1,00
Puelo y Yelcho	0-0,99	N/A	≥1,00

Fuente: Elaboración propia

Estas clases son visibles en la Figura 5.14. Debe considerarse que el rango alto en las cuencas del río Bueno, Puelo y Yelcho, que tiene valor 1, se presenta en el gráfico como los valores mayores o iguales a 1, no obstante esto es sólo con el objeto de mantener la escala visual y poder representar este rango como una barra que permita identificarlo en el gráfico.

Figura 5.14. Análisis de frecuencia OdV régimen de sedimentos no alterado por SSC



Fuente:elaboración propia.

Del análisis de frecuencia se desprende que del total de SSC del área de estudio (102 en las cuatro cuencas), 45 tienen este OdV en categorías Altas, 26 presentan categorías Medias y 31 categorías Bajas.

Realizando un análisis por cuenca, dividiendo la superficie total de las SSC en cada categoría por la superficie total de la cuenca a la que pertenece, la cuenca del río Valdivia presenta un 36,23% de su superficie con alta presencia de este OdV, 30,57% con niveles medios y 33,20% con bajos. La cuenca del río Bueno presenta un 29,21% de superficie con niveles altos, mientras que un 42,27% presenta niveles medios y un 28,52% niveles bajos. La cuenca del río Puelo en conjunto con la del río Yelcho presentan un 81,47% de su superficie con alta presencia de este OdV y 18,53% con bajos. No se presencia en esta cuenca valores medios.

Se presenta en la Tabla 5.18, un resumen del análisis del OdV para cada una de las cuencas en estudio:

Tabla 5.18. Resumen OdV régimen de sedimentos no alterado

Cuenca	**Cantidad de SSC**			**Superficie total con respecto a la cuenca principal**		
	Baja	**Media**	**Alta**	**Baja**	**Media**	**Alta**
Valdivia	12	12	12	33,20%	30,57%	36,23%
Bueno	14	14	16	28,52%	42,27%	29,21%
Puelo y Yelcho	5	0	17	18,53%	0%	81,47%

Fuente: elaboración propia

Análisis y recomendaciones

La utilización de obras e intervenciones antrópicas como embalses y plantas de extracción de áridos para la construcción del índice de alteración del régimen de sedimentos representa una buena aproximación para cumplir los objetivos de este OdV. Por este motivo, se considera que este OdV tiene una construcción robusta y su variable auxiliar cumple el objetivo.

Dentro de los resultados, es apreciable que más del 44% de las SSC presenten altos niveles de presencia de este OdV. También, se observa que la cuenca del río Yelcho en conjunto con la del río Puelo son las que presentan mayor naturalidad en el régimen de sedimentos con más del 80% de su superficie con valores altos.

Las cuencas del río Bueno y del río Valdivia presentan altos valores de este OdV en la zona cordillerana ya que por las condiciones naturales de la morfología de los ríos cordilleranos estos no presentan condiciones que hagan factible la extracción de áridos para el uso humano. También, la

ausencia de embalses de riego para la actividad agrícola permite la naturalidad del régimen de sedimentos en esta zona. Esta situación se repite en la zona de la cordillera de la costa en ambas cuencas. Las zonas con menor naturalidad del régimen de sedimentos se encuentran en la depresión intermedia en donde la urbanización exige a la industria de la construcción contar con los áridos suficientes para el desarrollo de las comunidades. Adicionalmente, la presencia de embalses en toda esta área para el desarrollo de la agricultura y ganadería impactan en gran medida el régimen natural de sedimentos, intervenciones que también se asocian a áreas urbanas.

Debe revisarse y validarse la ponderación de las obras y actividades antrópicas utilizadas como proxy en este OdV, ya que si bien la elección de estos factores tiene un sentido lógico, no es posible determinar el real grado de influencia de cada uno de ellos en este OdV.

Adicionalmente, es necesario revisar el efecto de la propagación de este OdV en las SSC más aguas abajo de las que tienen mayor intervención, y evaluar si estas logran recuperar su naturalidad pasada cierta distancia aguas abajo de la intervención. Para esto, se sugiere aumentar las estaciones de monitoreo de sedimentos, tanto de fondo como en suspensión en toda el área de estudio, que permitan contar con datos certeros de la real propagación de los efectos de alteración en el régimen de sedimentos.

En términos generales es posible mencionar que la construcción de este OdV fue exitosa, logrando capturar la naturalidad, o no alteración, del régimen de sedimentos y su disponibilidad a partir de la identificación de obras civiles que alteran dicho régimen.

A partir de este OdV, se puede concluir que la cuenca del Yelcho presenta una gran naturalidad, al igual que la cuenca del río Puelo. Las cuencas de los ríos Valdivia y Bueno, presentan similares niveles de alteración.

5.2.1.5 *OdV F-5 Sistemas fluviales con conectividad longitudinal a nivel de cauce no fragmentada*

Introducción

La viabilidad de las poblaciones de muchas especies de organismos acuáticos depende de su habilidad de moverse libremente a través de la red conectada de ríos. Macroinvertebrados migratorios grandes como camarones o pancoras son componente importante de la biota acuática de ríos tropicales y subtropicales debido a su directa influencia en distintos niveles de procesos ecosistémicos, como producción primaria, procesamiento de la materia orgánica, sedimentación y la composición de algas bentónicas y comunidades de invertebrados. Las extracciones de agua y la construcción de presas pueden tener un gran impacto en la migración de camarones grandes (Arthington & Bunn, 2002).

La desaparición o disminución de la mayoría de las especies acuáticas migratorias obedece usualmente a la presencia de embalses y a la pérdida de conectividad en la red hidrográfica (Arthington & Bunn, 2002), convirtiendo a los ríos en hábitat predominados por pozas (Jager,2001).

La fragmentación del hábitat o pérdida de conectividad, normalmente se traduce en una disminución de la población de la especie migratoria aguas arriba de la barreras. Esta fragmentación no sólo se produce por las grandes barreras, sino que también puede producirse por pequeñas barreras, como lo vertederos de aforo (Arthington & Bunn, 2002).

La ecología fluvial no sólo se ve alterada cuando la biota acuática se ve modificada, sino también cuando ocurren una serie de procesos físicos y/o químicos que alteran la naturalidad, ya sea en la morfología, hidrología, calidad de las aguas, etc. Por ejemplo, Pringle (2003), indica que la conectividad hidrológica es esencial para la integridad ecológica del paisaje, y la reducción o aumento de esta propiedad, debido a acciones antrópicas, puede tener un efecto negativo medioambiental considerable. También manifiesta que existen alteraciones sobre esta conectividad que no producen un efecto inmediato, sino que su impacto se observa a escalas geográficas mayores. Un ejemplo de esto es el efecto acumulativo que tienen los embalses sobre el transporte del soluto inorgánico sílice, el cual va depositando en la cubeta del embalse.

Kondolf *et al.* (2006), indican que en ríos la conectividad hidrológica se refiere a los flujos de material, energía y organismos dentro del medio acuático y otros componentes, como por ejemplo el canal, la llanura de inundación, acuífero aluvial, etc, del ecosistema. En el mismo artículo se menciona que la reducción del flujo puede hacer que cauces transitables por especies ya no lo sean. Por otro lado se menciona que en algunos ríos con flujos bases reducidos por acción antrópica, el oxígeno disuelto disminuye a níveles letales en cauces afectados por descargas de mayor temperatura, impidiendo a ciertas especies migrar aguas arriba a hábitats aceptables.

Mantener una adecuada conectividad longitudinal es vital para el funcionamiento del ecosistema fluvial, pues es en este sentido en donde se mantiene la continuidad de los flujos (agua, sedimentos, materia orgánica, etc), se disipa la energía potencial del escurrimiento y se establecen las comunidades biológicas en virtud del cambio de las variables físico-químicas que determinan su hábitat.

Por estos motivos es importante incluir un OdV que valore las SSC que presentan una mayor conectividad longitudinal a nivel de cauce que mantenga condiciones de hábitat naturales para peces así como una conectividad de flujos, energía, materia orgánica, temperatura, etc.

El objetivo de este OdV es dar valor a aquellas SSC que presenten una alta conectividad longitudinal en el cauce que permita considerar al río como un sistema continuo.

Tabla Resumen

En la Tabla 5.19, se presenta un resumen de las características más relevantes del OdV.

Tabla 5.19. ODV F5 conectividad longitudinal a nivel de cauce no fragmentada

Número y nombre del OdV **F5 Sistemas fluviales con conectividad longitudinal a nivel de cauce no fragmentada**		
Definición **Conectividad longitudinal a nivel de cauce no fragmentada**		
Variable descriptora o Proxy	**Tipo y Fuente de información**	
Cantidad de bocatomas, embalses y otras obras transversales por tramo fluvial, y propagación de su efecto aguas abajo del tramo.	Información secundaria	• Red hidrográfica DGA
	Fuente secundaria	• Cartografía Red hidrográfica DGA
	Información primaria	• Características morfológicas, fluviales y presencia de obras civiles en el área de estudio.
	Fuente primaria	• Información sobre condiciones físicas y obras civiles, recabadas para cada tramo fluvial y obtenidas a través del análisis de imágenes satelitales (Google Earth) (Anexo 13.7)

Fuente:elaboración propia.

Metodología

Se identificaron atributos mediante análisis de imágenes satelitales de Google Earth^{tm}, de la cual se construyó una base de datos (anexo 13.7). Una vez identificados los atributos, se realizó un análisis de las obras que interrumpen en mayor medida la conectividad longitudinal del cauce en el tramo, considerando el efecto acumulado generado por los dos tramos inmediatamente aguas arriba, generándose un índice de discontinuidad para cada tramo. Posteriormente, se analizó los índices a escala de tramo y se proyectó a nivel de SSC, obteniéndose un ranking de interrupción de la conectividad longitudinal a esta escala que permitió discriminar el grado de alteración por SSC.

El proxy de este OdV se construyó en base a la cantidad de obras que interrumpen la conectividad longitudinal del cauce a escala de tramo fluvial. En este caso, según la bibliografía consultada y los alcances de este documento, se han considerado bocatomas, embalses y obras transversales (Anexo 13.7). Posteriormente a la identificación de estas obras a escala de tramo fluvial, se generó una escala de propagación del efecto aguas abajo de ésta, obteniéndose un índice que acumula el efecto ocurrido en los tramos aguas arriba. Así, cada tramo fluvial consideró el efecto de las obras existentes en este tramo, más el efecto de las obras en los tramos superiores. Adicionalmente, se ponderó cada tipo de obra en función del impacto esperado a generar en este OdV. Se generó

entonces un índice de interrupción de la conectividad para cada tramo afectado por estas obras siguiendo la configuración tipo que se muestra en la Tabla 5.15.

Figura 5.15. Esquema tipo de tramos fluviales.



Fuente: Elaboración propia

Según el esquema anterior, el índice de interrupción de la conectividad longitudinal del cauce en el tramo "T_i" estará determinado por las obras que existan en los tramos "T_{i-1}" y "T_{i-2}". El índice de cada tramo queda determinado por la cantidad de obras en el tramo, por el ponderador asociado a cada tipo de obra y por la distancia al tramo "T_i" de los tramos aguas arriba ("T_{i-1}" y "T_{i-2}"). Se tiene entonces la expresión:

$$I_{i=}(I_{T_i} + I_{T_{i-1}\to T_i} + I_{T_{i-2}\to T_i}) \qquad \textit{ecuación 1}$$

Donde:

I_i: índice de interrupción de la conectividad longitudinal del cauce del tramo "T_i" afectado por la presencia de las obras.

I_{T_i}: índice de alteración del tramo "T_i" debido a las obras existentes en el tramo "T_i"

$I_{T_{i-1} \to T_i}$: índice de alteración sobre el tramo "T_i" debido a las obras existentes en el tramo "T_{i-1}"

$I_{T_{i-2} \to T_i}$: índice de alteración sobre el tramo "T_i" debido a las obras existentes en el tramo "T_{i-2}"

La expresión que determina el índice de alteración en el tramo "T_i" provocada por cada tramo es:

$$I_{T_i} = \frac{\left(\alpha_i * n°boc_{tramo_i} + \beta_i * n°emb_{tramo_i} + \gamma_i * n°obras\_trans_{tramo_i}\right) * L_i}{L_i} \qquad \textit{ecuación 2}$$

$$I_{T_{i-1} \to T_i} = \frac{\left(\alpha_{i-1} * n°boc_{tramo_{i-1}} + \beta_{i-1} * n°emb_{tramo_{i-1}} + \gamma_{i-1} * n°obras\_trans_{tramo_{i-1}}\right) * L_i}{L_i + L_{i-1}} \qquad \textit{ecuación 3}$$

$$I_{T_{i-2} \to T_i} = \frac{\left(\alpha_{i-2} * n°boc_{tramo_{i-2}} + \beta_{i-2} * n°emb_{tramo_{i-2}} + \gamma_{i-2} * n°obras\_trans_{tramo_{i-2}}\right) * L_i}{L_i + L_{i-1} + L_{i-2}} \qquad \textit{ecuación 4}$$

Por lo cual, considerando la ecuación 1, se puede escribir en forma recursiva de la siguiente manera:

$$I_{i=} L_i * \frac{\sum_{j=0}^{2}\left(\alpha_{i-j} * n°boc\_tramo_{i-j} + \beta_{i-j} * n°emb\_tramo_{i-j} + \gamma_{i-j} * n°obras\_trans_{tramo_{i-j}}\right)}{\sum_{k=0}^{j} L_{i-k}} \qquad \textit{ecuación 5}$$

Donde:

L_i: longitud del tramo "i".

α_{i-j}: ponderador de alteración de las bocatomas en la conectividad longitudinal del cauce en el tramo "$i-j$"

β_{i-j}: ponderador de alteración de los embalses en la conectividad longitudinal del cauce del tramo "$i-j$"

γ_{i-j}: ponderador de alteración de otras obras transversales en la conectividad longitudinal del cauce del tramo "$i-j$"

$n°boc\_tramo_{i-j}$: cantidad de bocatomas en el tramo "$i-j$"

$n°emb\_tramo_{i-j}$: cantidad de embalses en el tramo "$i-j$".

$n°obras\_trans_{i-j}$: cantidad de obras transversales de otro tipo en el tramo "$i-j$".

El ponderador por tipo de obra utilizado en el índice se presenta en la Tabla 5.20, donde se diferencia si la obra interrumpe en forma parcial o completa la conectividad longitudinal del cauce.

Tabla 5.20. Grado de alteración del régimen hidrológico por obra

	Conectividad completa	Conectividad parcial
Bocatomas	0	1
Embalses	1	1
Otras obras transversales	1	1

Fuente: Elaboración propia

Se consideró en este caso si las obras interrumpen completamente la conectividad longitudinal o si su interrupción es sólo parcial. En este caso, se asumió que las bocatomas interrumpen parcialmente la conectividad, pues no fue posible diferenciar aquellas que cortan de aquellas que no cortan la conectividad longitudinal en forma completa (ponderador de bocatomas α=0,5), en cambio los embalses cortan completamente la conectividad longitudinal del cauce (ponderador de embalses β=1,0). Adicionalmente, se consideró que otras obras transversales como, por ejemplo, diques, desconectarían completamente el cauce de manera longitudinal, por lo que se adoptó un valor ɣ=1.

Una vez obtenido el índice de interrupción de la conectividad longitudinal para cada tramo fluvial, se desarrolló un nuevo índice que represente la presencia del valor de no alteración del régimen hidrológico para cada tramo fluvial, mediante la siguiente expresión:

$$Valor_{T_i} = 1 - \frac{I_i}{\max(I_i)} \qquad \textit{ecuación 6}$$

Donde:

$Valor_{T_i}$: Índice de conectividad longitudinal del cauce en el tramo fluvial "T_i".

I_i: Índice de interrupción de la conectividad longitudinal del tramo "T_i" afectado por la presencia de las obras.

$\max(I_i)$ máximo valor del índice de interrupción de la conectividad longitudinal del tramo "T_i" en el dominio completo del área de estudio.

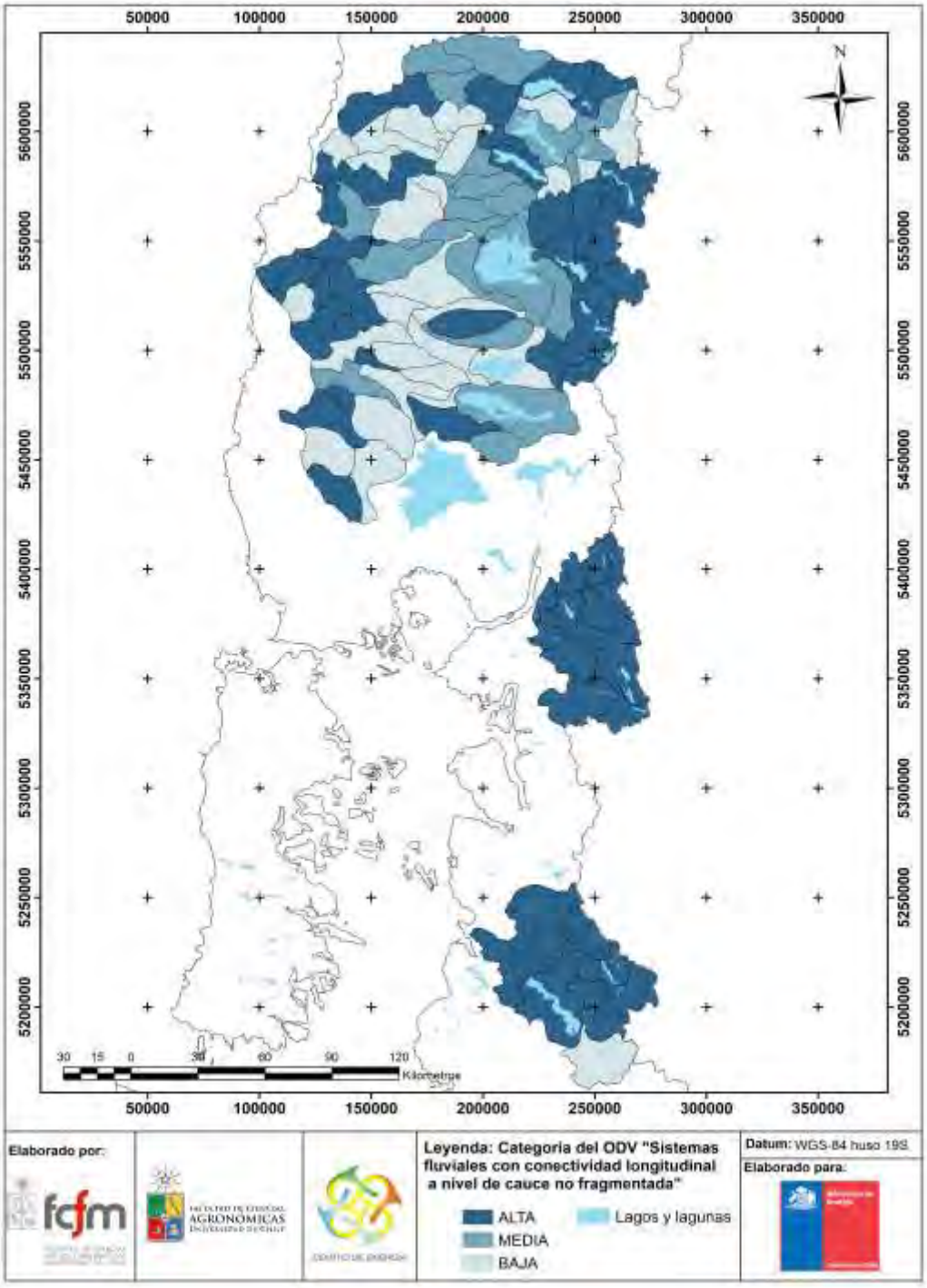
Una vez determinado el índice de conectividad longitudinal del cauce, se promedió este índice a nivel de SSC, lo que permitió discriminar la presencia o no de este OdV.

Resultados

Se presenta en la

Figura **5.16** el mapa con los resultados del OdV agrupados por las categorías de valoración por SSC.

Figura 5.16. Categorías de Valoración del OdV por cada SSC



Fuente: elaboración propia

En

Figura 5.16 se aprecia que las cuencas del río Valdivia y del río Bueno presentan menor valoración en la conectividad del cauce, mientras que las cuencas de los ríos Yelcho y Puelo, presentan una alta valoración en casi toda su cuenca.

En la cuenca del río Bueno, la valoración ocurre en las SSC de cabecera y en la zona de desembocadura, presentando una menor valoración en las SSC ubicadas en la zona central de la cuenca. La cuenca del río Valdivia presenta una valoración parchosa, sin presentar un patrón espacial de valoración.

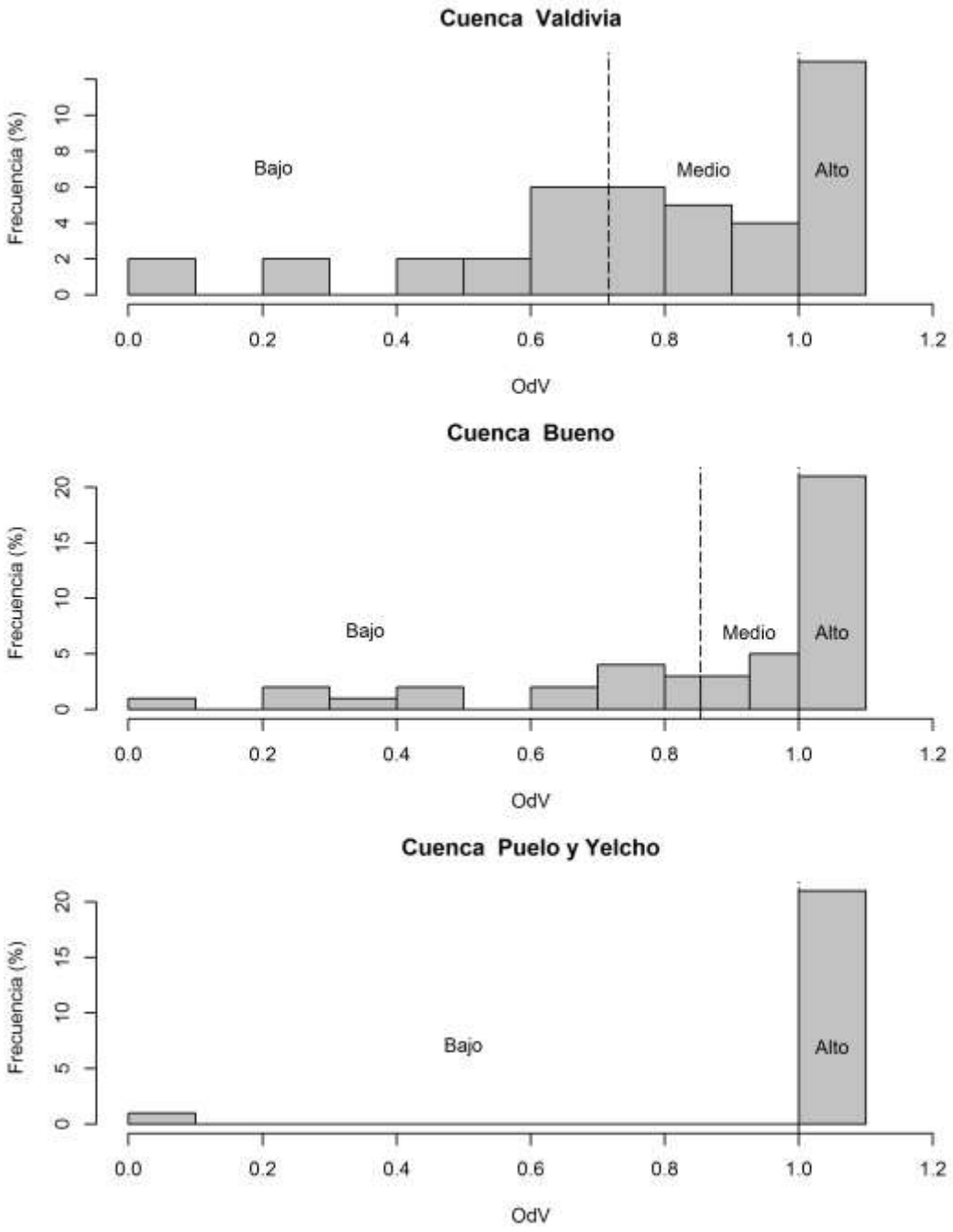
Este mapa se construye estableciendo rangos de valores para el OdV en base al análisis de frecuencia del valor del indicador por cada cuenca en estudio. Se muestra en la Tabla 5.21, los valores de cada rango del OdV. Cabe mencionar que las cuencas Puelo y Yelcho se trataron en conjunto debido a la baja cantidad de datos, y que estas solo presentaron una SSC con valores menores a 1, por lo que se eliminó la categoría "Media". Estas clases son visibles en la Figura 5.17.

Tabla 5.21. Rangos de categorías de valoración del OdV por cuenca

Cuencas	**Categorías**		
	Baja	Media	Alta
Valdivia	0-0,71	0,72-0,94	0,95-1,00
Bueno	0-0,84	0,85-0,99	1,00
Puelo y Yelcho	0-0,99	N/A	1,00

Fuente: elaboración propia

Figura 5.17. Análisis de frecuencia OdV régimen de conectividad longitudinal del cauce por SSC



Fuente: elaboración propia

Del análisis de frecuencia se desprende que del total de SSC del área de estudio (102 en las cuatro cuencas), 55 tienen este OdV en niveles altos, 20 presentan niveles medios y 27 bajos niveles.

Realizando un análisis por cuenca, dividiendo la superficie total de las SSC en cada categoría por la superficie total de la cuenca a la que pertenece, la cuenca del río Valdivia presenta un 36,25% de su superficie con alta presencia de este OdV, 32,94% con niveles medios y 30,80% con bajos. La cuenca del río Bueno presenta un 39,31% de su superficie con niveles altos, mientras que un 29,13% presenta niveles medios y un 31,55% niveles bajos. La cuenca del río Puelo en conjunto con la del río Yelcho presentan un 92,09% de su superficie con alta presencia de este OdV y 7,91% con bajos. No se presencia en esta cuenca valores medios.

Se presenta en la Tabla 5.22 un resumen del análisis del OdV para cada una de las cuencas en estudio:

Tabla 5.22. Resumen OdV conectividad longitudinal del cauce

Cuenca	Cantidad de SSC			Superficie total con respecto a la cuenca principal		
	Baja	Media	Alta	Baja	Media	Alta
Valdivia	12	11	13	30,80%	32,94%	36,25%
Bueno	14	9	21	31,55%	29,13%	39,31%
Puelo y Yelcho	1	0	21	7,91%	0%	92,09%

Fuente: elaboración propia

Análisis y recomendaciones

La identificación de obras civiles que interrumpen la conectividad longitudinal del cauce representa una buena aproximación para la construcción de este OdV, no obstante, para una mejor definición en la construcción del proxy y del OdV es recomendable obtener información de las características de cada obra, lo cual permita definir el real grado de pérdida de conectividad longitudinal del cauce asociada a cada una en particular. Por ejemplo, definir el tipo de bocatoma (toma directa, toma mixta, toma móvil, toma de tirolesa, etc) permitiría definir aquellas que generen un mayor grado de desconexión de aquellas que no desconectan el cauce longitudinalmente.

La base de datos de fichero (Anexo 13.7) también cuenta con información de obras relacionadas que podrían incluirse, no obstante, la interpretación de las imágenes satelitales no permite definir si estas desconectan o no el cauce (por ejemplo, vados y badenes).

Respecto a los resultados obtenidos, en más del 90% de su superficie. Las cuencas del río Valdivia y Bueno presentan alrededor de un 70% de su superficie con valoración media a alta de este OdV, lo que implica que en general este OdV tiene buenos índices en toda el área de estudio. Sólo SSC de la depresión intermedia en la cuenca del río Bueno y SSC desde la depresión intermedia del Valdivia hasta su desembocadura presentan bajos niveles de conectividad longitudinal a nivel de cauce.

En términos generales es posible mencionar que la construcción de este OdV fue exitosa, logrando capturar la discontinuidad longitudinal del cauce a partir de la identificación de obras civiles que alteran dicho régimen.

A partir de este OdV, se puede concluir que las cuencas de Puelo y Yelcho presentan una continuidad natural del cauce, mientras que la cuenca del Bueno y del Valdivia presentan un menor nivel de continuidad, siendo la primera la menos alterada por la presencia de obras civiles en comparación a la del Valdivia.

5.2.1.6 **OdV *F-6 Sistemas fluviales con conectividad longitudinal del corredor ripariano***

Introducción

La conectividad longitudinal de un ecosistema fluvial no sólo es importante en el cauce. Muchas de las interacciones ecosistémicas de un ecosistema fluvial se producen en el corredor ripariano. Algunas especies de anfibios, reptiles y otros utilizan esta franja de vegetación como parte de su hábitat, transitando a lo largo de toda la ribera del río. Las zonas riparianas cumplen un rol importante dentro del ecosistema acuático, en ellas se realizan numerosas funciones entre las cuales se destacan la mantención del balance hídrico, la dinámica de sedimentos, el balance biogeoquímico, el ciclo de nutrientes, el control de la temperatura del río, generación de hábitat, la mantención de complejas redes tróficas y la generación de corredores ecológicos que permiten la conectividad a lo largo de la red de drenaje (Naiman *et al.*, 2005). De acuerdo a estas funciones, las zonas riparianas presentan importantes servicios ambientales como la retención de nutrientes y sedimentos provenientes de las laderas, ingreso de fuentes de alimento al lecho del cauce, efecto de laminación de las crecidas, generación de microclimas.

Actividades como la deforestación, la fragmentación de los ecosistemas producto de los cambios no planificados del uso de la tierra, el crecimiento urbano y el desarrollo de carreteras, son algunos de los factores que en diferentes medidas impactan las zonas riparianas, quitando conectividad longitudinal (Pérez *et al.,* 2010). Por otra parte, por ejemplo, Lobos y colaboradores (2013) mencionan que la pérdida de hábitat, causada principalmente por las actividades

forestales, agrícolas e industriales, es la amenaza número uno de los anfibios a nivel global, siendo el factor responsable de cerca del 90% de la disminución de las especies de anfibios en el mundo.

Por este motivo, se considera importante valorar aquellas SSC que presenten continuidad en el corredor ripariano, como medio de conservación de la naturalidad ecosistémica fluvial.

Tabla resumen

Tabla 5.23 .OdV F6.Conectividad longitudinal del corredor ripariano no fragmentada.

Número y nombre del OdV **F6 Sistemas fluviales con conectividad longitudinal del corredor ripariano.**		
Definición **Conectividad longitudinal del corredor ripariano no fragmentada**		
Variable descriptora o Proxy	**Tipo y Fuente de información**	
Cantidad de extracciones de árido, puentes, canoas, sifones, obras viales, cortes de vegetación ripariana, remodelación de secciones y bocatomas o ausencia de más del 20% de la zona ripariana..	Información secundaria	• Red hidrográfica DGA
	Fuente secundaria	• Cartografía Red hidrográfica DGA
	Información primaria	• Características morfológicas, fluviales y presencia de obras civiles en el área de estudio.
	Fuente primaria	• Información sobre condiciones físicas y obras civiles, recabadas para cada tramo fluvial y obtenidas a través del análisis de imágenes satelitales (Google Earth) (Anexo 13.7)

Fuente: elaboración propia

Metodología

Este OdV se construye, al igual que el resto de los OdV fluviales, mediante la identificación de objetos como obras e intervenciones en el cauce que alteren el corredor ripariano. Se levantó información a nivel de tramo con longitud mínima y máxima de uno y 10 km, respectivamente. Para este ODV, se consideraron en cada tramo toda obra que corte la conectividad longitudinal del corredor ripariano. Por lo tanto, se consideraron obras cómo puentes, vados/badenes, canoas, sifones y además intervenciones como extracciones de áridos, cortes de vegetación ripariana y remodelación de secciones. Por otra parte, a través de la fotointerpretación de las imágenes en Google Earth^{tm}, se levantó información respecto a la continuidad relativa de la vegetación riapariana en cada tramo.

Se trabajó con el número de obras e intervenciones en cada tramo por kilómetro de longitud de cauce. La continuidad de la vegetación se transformó a número de obras considerando las siguientes categorías: menor a 50% de continuidad correspondiente a 2 obras en el tramo; entre

50 y 80% de continuidad correspondiente a 1 obra en el tramo; y mayor a 80% no se consideraron obras presentes. De aquí en adelante se hablará de objetos que corten la continuidad. Dichos objetos considerarán obras, intervenciones y continuidad de la vegetación transformada a número de obras equivalentes.

Una vez obtenidos el número de objetos por kilómetro de cauce se elegió un umbral (nº objetos/km) para diferenciar una condición favorable de una desfavorable, en cuanto a conectividad del corredor ripariano. Considerando que la presencia de uno de estos objetos no afecta en un 100% la continuidad longitudinal del margen ripariano, mientras que por otro lado a mayor número de objetos por unidad de longitud de cauce más desfavorable será la conectividad longitudinal de un ecosistema fluvial.

La longitud de la red hídrica no intervenida para cada tramo se obtuvo de la suma de la longitud de todos los tramos conectados entre dos tramos que presenten una condición desfavorable de conectividad. Dado que la conectividad del corredor ripariano no está circunscrita a la SSC, ésta se considerará a nivel de cuenca. Los tramos que presentan discontinuidad mantienen su longitud original.

El análisis de sensibilidad a nivel de SSC se realizó considerando el número de tramos que presenten una longitud de red hídrica no intervenida favorable respecto al número total de tramos. Se consideró que longitudes mayores a 10 km son favorables y menores o iguales a 10 km desfavorables. Un valor 1 significa que todos los tramos de la SSC presentan una condición favorable de conectividad longitudinal.

Resultados

De los 2.243 tramos estudiados, 1.515 (68%) de ellos tenían algún tipo de obra o intervención en el cauce. Al considerar los tramos con porcentajes menores a 80% de continuidad de la vegetación de margen, aumentan a 1.557 (69%) los tramos con algún objeto que genera discontinuidad del corredor ripariano. En total el número máximo de objetos que desfavorecen la continuidad de la vegetación en un tramo es de 23, que en términos por unidad de kilómetro de longitud de río, se encuentran en un rango de 0,08 a 4,89 objetos/km. Como umbral de impacto en el corredor ripariano se propuso 0,7 objetos/km, es decir, tramos con una frecuencia mayor a 0,7 objetos/km generarían alteración en la continuidad del corredor ripariano y los tramos con valor menor a 0,7 no generarían alteración. Con esto se obtuvo la red no fragmentada con longitudes mínimas y máximas entre 1 y 406 km de cauce, respectivamente.

La Figura 5.18, muestra el mapa de sensibilidad obtenido del análisis de datos respecto a la longitud de la conectividad longitudinal del corredor ripariano no fragmentado. Se muestran 4 rangos de longitud de red hídrica no intervenida. Un resumen se entrega en la Tabla 5.24. Se observa que en las cuencas Valdivia y Bueno hay mayor cantidad de segmentos en el primer rango (1 – 10), mientras que en las cuencas Puelo y Yelcho es el último segmento el que tiene mayor

número de tramos, es decir, estas últimas cuencas presentarían mejores condiciones de conectividad del corredor ripariano. En la Figura 5.18 se muestran los valores del OdV a nivel de sub subcuenca.

Tabla 5.24 .Resumen de tramos con conectividad del corredor ripariano no fragmentado por rangos de longitud.

Cuenca	Cantidad de tramos por rango			
	1 – 10 (km)	10 – 50 (km)	50 – 100 (km)	100 – 500 (km)
Valdivia	534	208	176	100
Bueno	288	244	60	238
Puelo	27	16	24	37
Yelcho	39	49	16	178

Fuente: elaboración propia

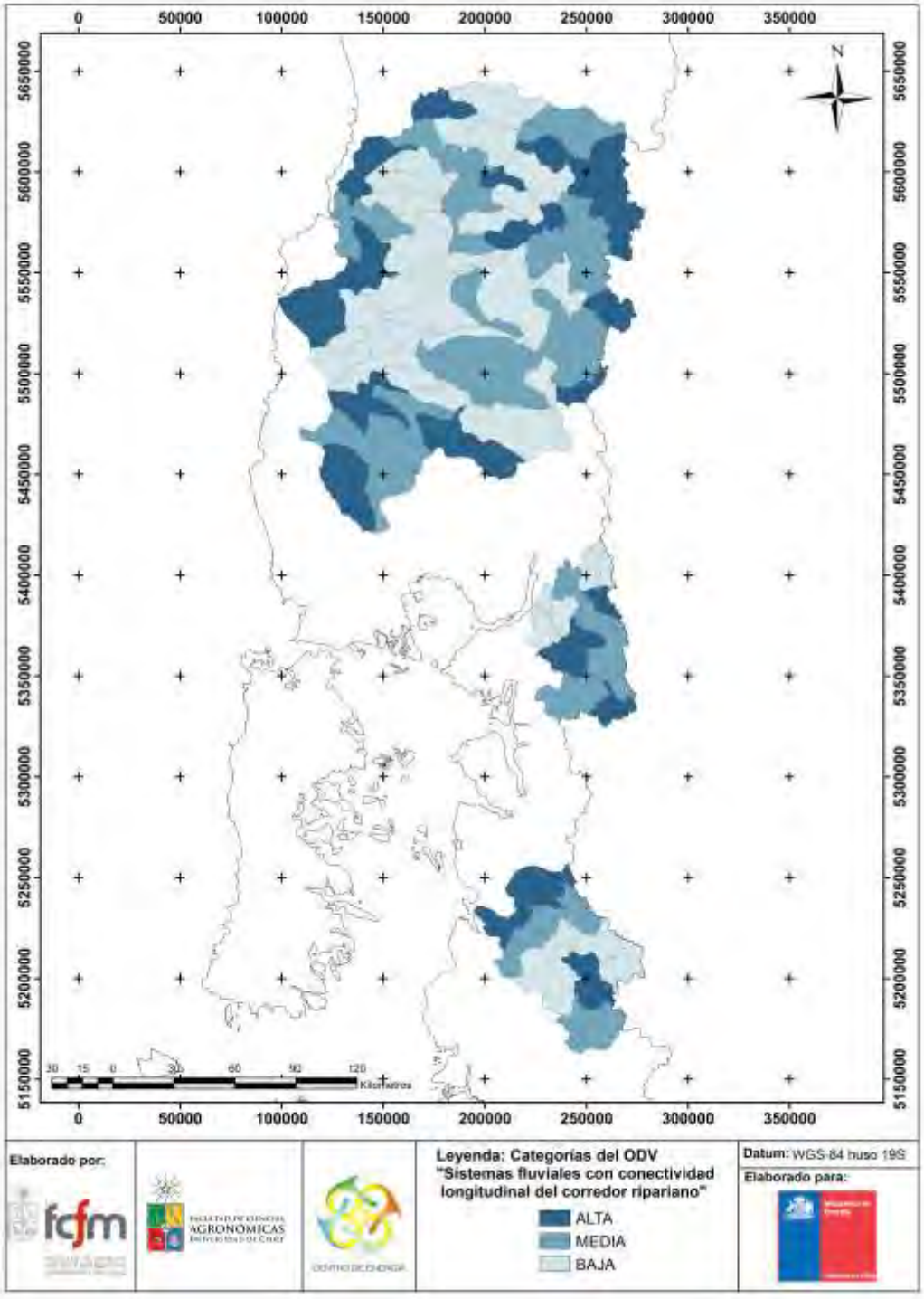
Este mapa se construye estableciendo rangos de valores para el OdV en base al análisis de frecuencia del valor del indicador por cada cuenca en estudio. Se muestra en la Tabla 5.25 los valores de cada rango del OdV. Cabe mencionar que las cuencas Puelo y Yelcho se trataron en conjunto, debido a la baja cantidad de datos.

Tabla 5.25.Rangos de categoría de valoración del OdV por cuenca

Cuencas	Categoría		
	Baja	Media	Alta
Valdivia	0,00	0,01-0,93	0,93-1,00
Bueno	0-0,26	0,26-0,99	1,00
Puelo y Yelcho	0-0,29	0,29-0,99	1,00

Fuente: elaboración propia

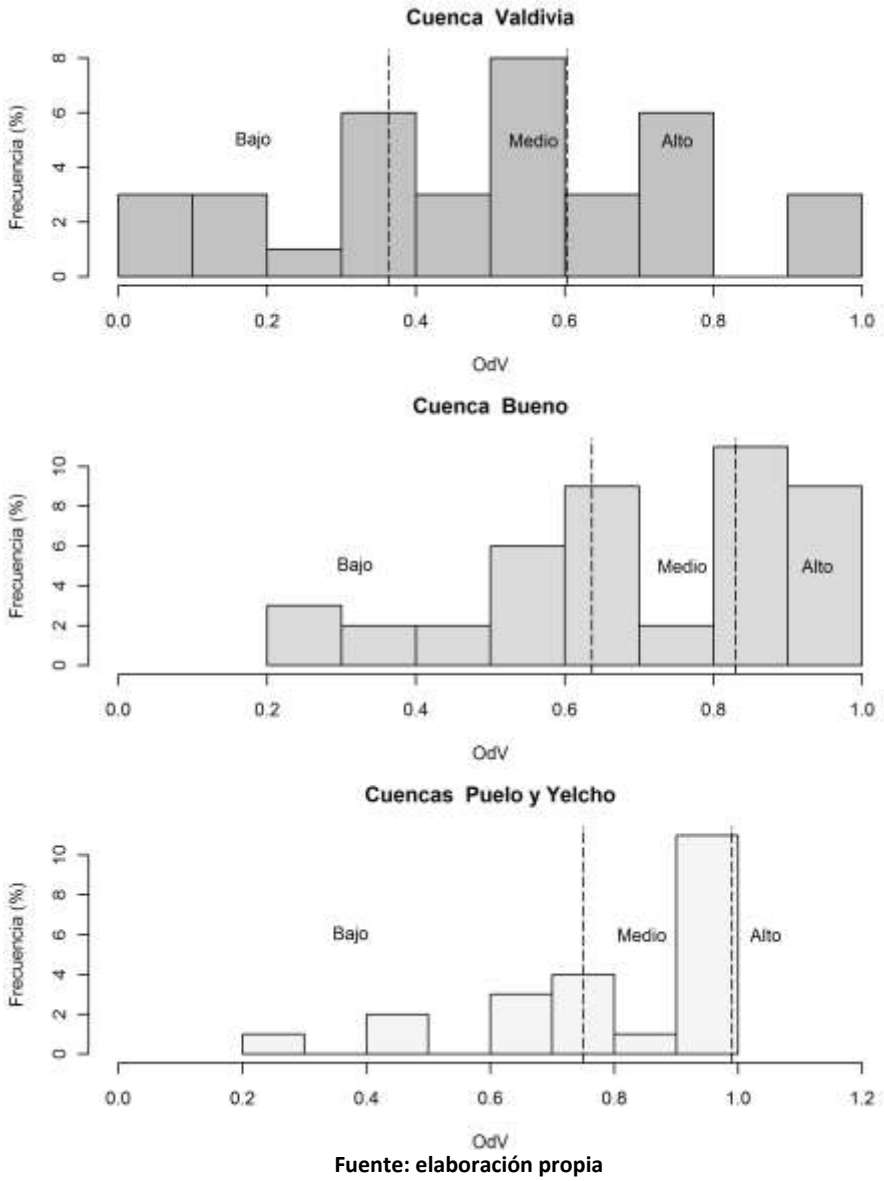
Figura 5.18.Categorías de valoración del OdV por SSC



Fuente: elaboración propia

A partir del índice de no alteración de la conectividad longitudinal del corredor ripariano no fragmentada a escala de SSC, y de acuerdo al análisis de frecuencia del OdV se generan las categorías de valoración por cuenca. Se obtiene que aquellas SSC con valores del OdV cercanos a 1 representan un alto valor, es decir, baja alteración en su régimen de conectividad de acuerdo al proxy utilizado. SSC con valores cercanos a 0 tienen baja valoración de este OdV (Figura 5.19). En general en las cuencas Puelo y Yelcho los valores tienden a estar más cercanos a 1 respecto a lo que ocurre en la cuenca del Bueno y Valdivia, dónde esta última presenta SSC en situación más desfavorable.

Figura 5.19. Análisis de frecuencia OdV conectividad longitudinal del corredor ripariano no fragmentada por SSC.



Fuente: elaboración propia

Se presenta en la Tabla 5.26, un resumen del análisis del OdV para cada una de las cuencas en estudio:

Tabla 5.26. Resumen OdV conectividad longitudinal del corredor ripariano

Cuenca	Cantidad de SSC			Superficie total con respecto a la cuenca principal		
	Baja	Media	Alta	Baja	Media	Alta
Valdivia	12	12	12	40,34%	26,59%	33,06%
Bueno	15	15	14	40,80%	38,15%	21,05 %
Puelo y Yelcho	8	7	7	31,83%	39,24%	28,93%

Fuente: elaboración propia

Análisis y recomendaciones

Un corredor ripariano no fragmentado es beneficioso para mantener la diversidad de especies presentes en las zonas de ribera. Por otra parte, presenta beneficios para los seres humanos, prestando un sinnúmero de servicios ecosistémicos. El presente trabajo exploratorio realizado en las cuencas Valdivia, Bueno, Puelo y Yelcho entrega información valiosa a nivel espacial.

Respecto a la longitud del corredor ripariano y considerando todas las cuencas, hay un 40% de segmentos donde esta longitud no supera los 10 km. Mientras que la cuenca Valdivia parece ser la más afectada, con un 52% de tramos con longitud menor a 10 km. Por otra parte es interesante observar que a medida que se avanza hacia el Sur disminuye el porcentaje de tramos con longitudes de corredor no intervenido menores a 10 km. También es posible observar que en la cuenca Valdivia y Bueno es en las zonas de las cordilleras de la Costa y Los Andes donde se presentan las mejores condiciones de conectividad del corredor ripariano. La tendencia es muy similar si se analiza a nivel de SSC, en general son las cencas Valdivia y Bueno las que presentan mayor cantidad de SSC en condiciones más desfavorables.

Este análisis debe tomarse como referencial, ya que habrá otros factores que podrían hacer alterar los rangos utilizados. Como por ejemplo si se trata de alguna especie específica. En general para los anfibios las distancias de desplazamiento pueden ser menores a los 10 km (Lobos *et al.,* 2013), pero también se deberá hacer una clasificación del tipo de corredor ripariano, ya que muchas especies de anfibios suelen ser muy específicos en el tipo de hábitat. Por otra parte aves y mamíferos es posible que requieran distancias mayores a 10 km.

En términos generales, es posible mencionar que la construcción de este OdV fue exitosa, logrando capturar la discontinuidad longitudinal del cauce a partir de la identificación de obras civiles e intervenciones antrópicas que desconectan el corredor ripariano.

A partir de este OdV, se puede concluir que las cuencas de Puelo y Yelcho junto con la del Bueno presentan valores similares de conectividad de su corredor ripariano. La cuenca del Valdivia es la que presenta menor cantidad de su superficie con niveles altos de este OdV.

5.2.1.7 **OdV *F-7 Sistemas fluviales con conectividad lateral no fragmentada***

Introducción

La conectividad hídrica entre el cauce, la llanura de inundación y las aguas subterráneas estructuran la heterogeneidad espacio temporal de hábitats de la planicie de inundación, lo que genera la característica de alta biodiversidad. La expansión lateral de la llanura de inundación en períodos de crecida es importante, ya que alimenta de humedad a las zonas riparianas, entrega nutrientes a estas mismas zonas y genera áreas de desove, cría y zonas de alimentación para muchas especies de peces y una gran variedad de otros vertebrados. La extensión y duración de las crecidas durante la temporada húmeda pueden determinar si pueden tener acceso a hábitats para su alimentación y crianza, y también por cuánto tiempo pueden permanecer en estos hábitats, y si estos peces quedarán aislados en cuerpos de agua de inundación o si retornarán al cauce del río (Arthington y Bunn, 2002).

Los ecosistemas río-zona ripariana son mosaicos espaciales dinámicos en los cuales el agua juega un rol importante al conectar varios parches de tierra. Las conexiones laterales entre el canal principal y la llanura de inundación – dos importantes parches a macro escala en estos sistemas – son considerados esenciales para el correcto funcionamiento de los ecosistemas río – llanura de inundación. Por ejemplo, las crecidas usualmente resultan en un incremento de la concentración de nutrientes en el suelo en la zona ripariana, teniéndose un aumento considerable en el crecimiento de plantas (Thoms, 2002).

Por otra parte, la inundación de las zonas riparianas facilita el aumento de carbono orgánico disuelto y nutrientes desde sedimentos superficiales, transformándolos en superficies potencialmente disponibles para el crecimiento de vegetación (Thoms, 2002).

Se considera incorporar la conectividad lateral del ecosistema fluvial como indicador de buena condición de la zona ripariana y llanura de inundación. En este sentido, es importante identificar qué tan presionada se encuentra la franja ripariana por los cortes de vegetación, obras u otros indicadores, los cuales condicionan el comportamiento del ecosistema fluvial.

El objetivo de este OdV es dar valor a aquellas SSC que presenten una conectividad entre el cauce y la franja ripariana no fragmentada.

Tabla resumen

En la Tabla 5.27, se presenta un resumen de las características más relevantes del OdV.

Tabla 5.27.OdV F7 Conectividad lateral no fragmentada

Número y nombre del OdV **F.7 Conectividad lateral no fragmentada**		
Definición **Sistemas fluviales con conectividad lateral no fragmentada.**		
Variable descriptora o Proxy	**Tipo y Fuente de información**	
Cantidad de obras longitudinales por tramo fluvial que provoquen una discontionuidad entre el río y la zona ripariana.	Información secundaria	• Red hidrográfica DGA
	Fuente secundaria	• Cartografía Red hidrográfica DGA
	Información primaria	• Características morfológicas, fluviales y presencia de obras civiles en el área de estudio.
	Fuente primaria	• Información sobre condiciones físicas y obras civiles, recabadas para cada tramo fluvial y obtenidas a través del análisis de imágenes satelitales (Google Earth) (Anexo 13.7)

Fuente: elaboración propia

Metodología

Para la construcción de este OdV se identificaron atributos relevantes en la red fluvial mediante análisis de imágenes satelitales (ver anexo 13.7). Una vez identificados los atributos, se realizó un análisis de las obras e intervenciones que desconectarían el cauce de la franja ripariana en el tramo. A diferencia del resto de OdV's fluviales, el efecto de la desconexión no se propaga aguas abajo, es decir, es un efecto localizado de cada tramo fluvial. Se generó un índice de desconexión del cauce con la franja ripariana a escala de tramo y se proyectó a nivel de SSC, obteniéndose un ranking de desconexión a esta escala, que permitió discriminar el grado de alteración por SSC.

El proxy de este OdV se construyó en base a la cantidad de obras que desconecten el cauce del corredor ripariano a escala de tramo fluvial. En este caso, se consideró: defensas fluviales, carreteras al borde del camino, canalizaciones completas dentro del cauce y muros longitudinales de otro tipo. Se generó un índice de desconexión de la franja ripariana con el cauce. Adicionalmente, se ponderó cada tipo de obra en función del impacto esperado a generar en este OdV.

El índice de desconexión entre el cauce y el corredor ripariano en un tramo cualquiera "T_i" estará determinado por las obras existentes solo en este tramo. El índice de cada tramo queda determinado por la cantidad de obras en el tramo, por el ponderador asociado a cada tipo de obra. Se tiene entonces la expresión:

$$I_{T_i} = n°\,\text{def}\_fluv_i + I_{carret\_borde} + n°\,\text{can}\_comp_i + I_{muros\_lat} \qquad \textit{ecuación 1}$$

Donde:

I_{T_i}: índice de desconexión del cauce con la franja ripariana del tramo "T_i" debido a las obras existentes en el tramo "T_i"

$n°def\_fluv_i$: cantidad de defensas fluviales en el tramo "i"

I_{carret_borde}: índice de carreteras a borde de camino en el tramo "i".

$n°can\_comp_i$: cantidad de canalizaciones completas en el tramo "i"

I_{muros_lat}: índice de muros laterales en el tramo "i".

Los índices de carreteras a borde de camino y el índice de muros laterales se construyen en función de la longitud del tramo y la longitud total de cada atributo y la longitud total del tramo.

$$I_{carret\_borde} = \frac{L_{carret\_der} + L_{carret\_izq}}{2 * L_{tramo_i}} \qquad \textit{ecuación2}$$

$$I_{muros\_lat} = \frac{L_{muros\_der} + L_{muros\_izq}}{2 * L_{tramo_i}} \qquad \textit{ecuación 3}$$

Donde:

$\boldsymbol{L_{carret\_der}}$: longitud de carreteras en la ribera derecha del cauce.

$\boldsymbol{L_{carret\_izq}}$: longitud de carreteras en la ribera izquierda del cauce.

$\boldsymbol{L_{muros\_der}}$: longitud de muros laterales en la ribera derecha del cauce.

$\boldsymbol{L_{muros\_izq}}$: longitud de carreteras en la ribera izquierda del cauce.

$\boldsymbol{L_{tramo_i}}$: longitud total del tramo fluvial "$\boldsymbol{T_i}$".

Una vez obtenido el índice de desconexión del cauce con la franja ripariana para cada tramo fluvial, se desarrolló un nuevo índice que represente la presencia del valor de conectividad lateral no fragmentada para cada tramo fluvial, mediante la siguiente expresión:

$$Valor_{T_i} = 1 - \frac{I_i}{\max(I_i)} \qquad \textit{ecuación 4}$$

Donde:

$Valor_{T_i}$: Índice de conectividad lateral no fragmentada en el tramo fluvial "T_i".

I_i: índice de desconexión del cauce con la franja ripariana del tramo "T_i" afectado por la presencia de las obras.

$\max(I_i)$: máximo valor del índice de desconexión del cauce con la franja ripariana del tramo "T_i" en cada cuenca.

Una vez determinado el índice de conectividad lateral no fragmentada, se promedió este índice a nivel de SSC, lo que permitió discriminar la presencia o no de este OdV.

Finalmente, se generaron las categorías de valoración de la conectividad no alterada de cada uno de los tramos definidos y se dividió por el máximo valor de cada cuenca. De esta forma, se obtuvo un índice por cuenca y escalado con valor máximo igual a uno. La definición de los rangos se realizó en base a un análisis de distribución del valor del índice en cada cuenca. Cabe señalar que por la cantidad de SSC en las cuencas del río Puelo y Yelcho, éstas se sumaron y se consideraron como un único grupo de cuencas.

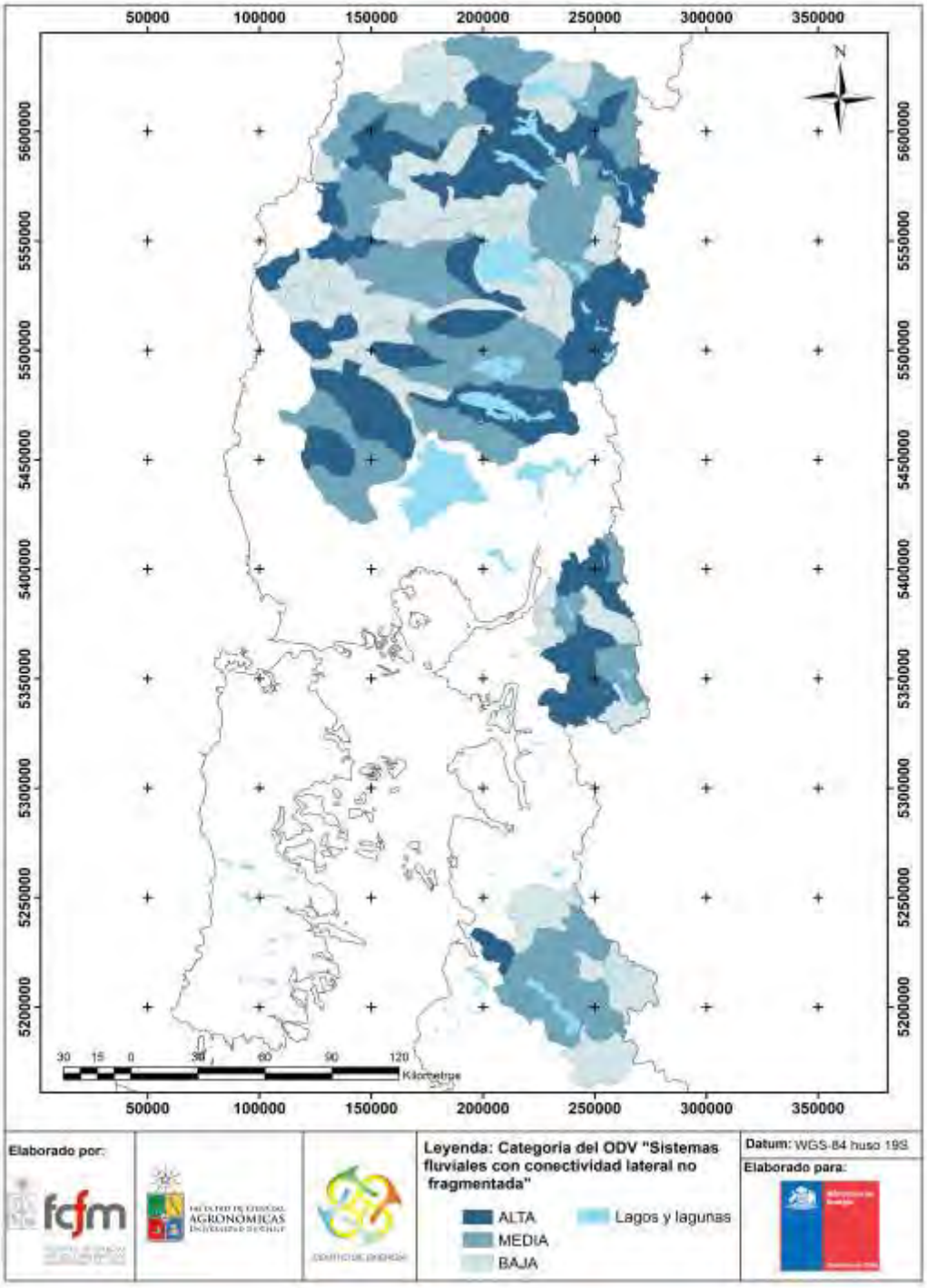
De esta forma, se obtuvo un índice por cuenca para Valdivia, otro para la cuenca del río Bueno y otro para las dos cuencas restantes (Puelo y Yelcho).

Resultados

Se presenta en la Figura 5.20 el mapa con las categorías de valoración del OdV por SSC. De la figura se aprecia que en la cuenca del río Valdivia, el indicador de conectividad lateral no alterada no presenta un patrón espacial definido. De la misma forma, la distribución espacial del indicador de la conectividad lateral no alterada en la cuenca del río Bueno es difusa. En las cuencas de los ríos Puelo y Yelcho, al parecer, tampoco se aprecia un patrón de distribución espacial.

Este mapa se construye estableciendo categorías de valoración a partir de valores para el OdV en base al análisis de frecuencia del valor del indicador por cada cuenca en estudio. Se muestra en la Tabla 5.28, los valores de cada rango del OdV. Cabe mencionar que las cuencas Puelo y Yelcho se trataron en conjunto debido a la baja cantidad de datos.

Figura 5.20. Categorías de valoración por SSC del OdV



Fuente: elaboración propia

Tabla 5.28. rangos de categorías de valoración del OdV por cuenca

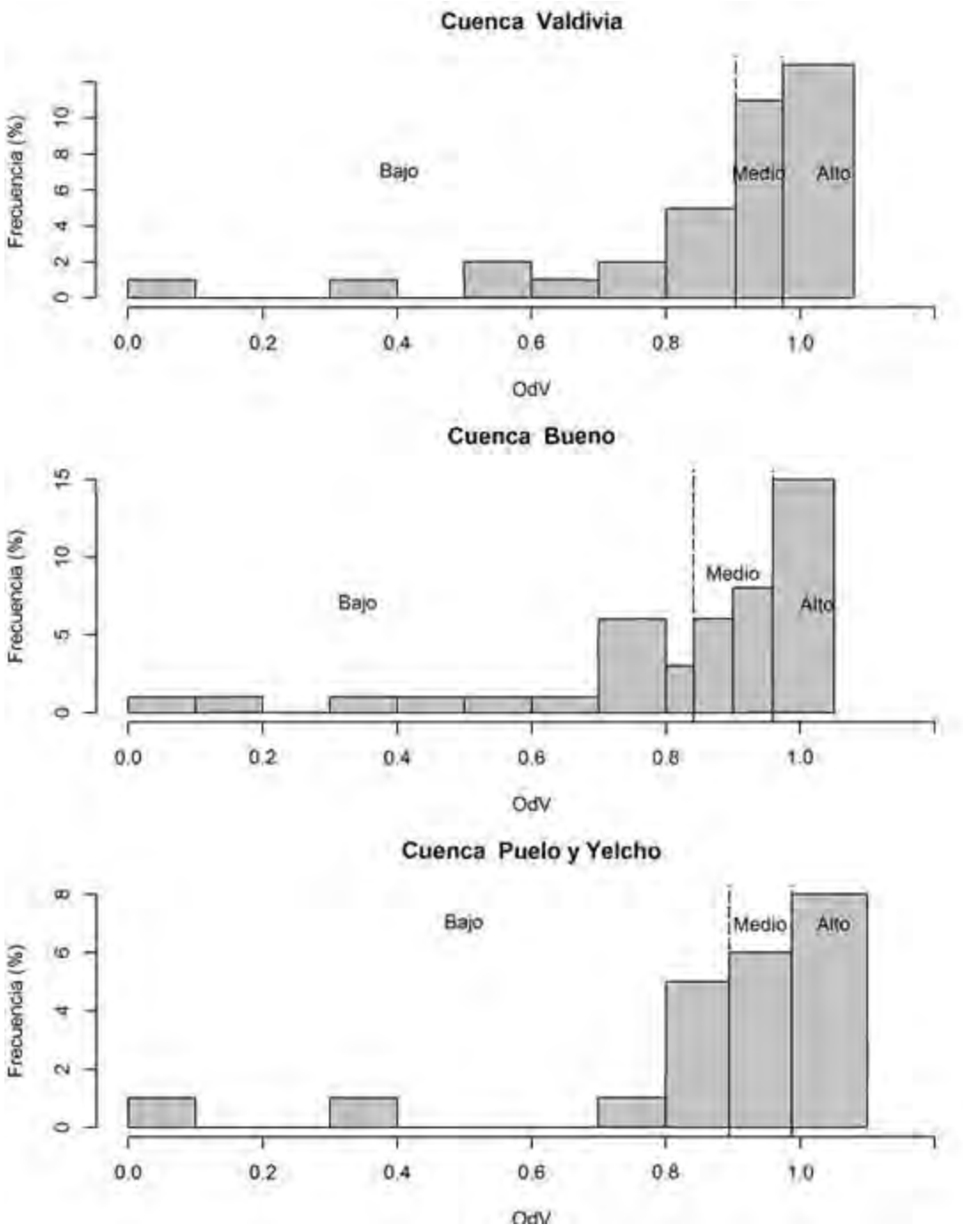
Cuencas	Categorías		
	Baja	Media	Alta
Valdivia	0,00-0,90	0,91-0,97	0,98-1,00
Bueno	0,00-0,83	0,84-0,96	0,97-1,00
Puelo y Yelcho	0,00-0,83	0,84-0,99	0,99-1,00

Fuente: elaboración propia

Estas clases son visibles en la Figura 5.21. Debe considerarse que el rango alto los valores de los rangos se mueven entre 0 y 1, y que las barras que aparentan tener valores sobre 1 no lo tienen y se encuentran sobre escaladas con el fin de una mejor representación visual. Del análisis de frecuencia se desprende que del total de SSC del área de estudio (102 en las cuatro cuencas), 35 tienen este OdV en niveles altos, 33 presentan niveles medios y 34 bajos niveles.

Realizando un análisis por cuenca, dividiendo la superficie total de las SSC en cada categoría por la superficie total de la cuenca a la que pertenece, la cuenca del río Valdivia presenta un 59,14% de su superficie con alta presencia de este OdV, 16,61% con niveles medios y 24,25% con bajos. La cuenca del río Bueno presenta un 23,41% de SSC con niveles altos, mientras que un 40,20% presenta niveles medios y un 36,39% niveles bajos, siendo ésta la que presenta menores condiciones conectividad lateral no fragmentada. La cuenca del río Puelo presenta un 60,07% de su superficie con alta presencia de este OdV, 30,78% con niveles medios y 9,15% con bajos. La cuenca del río Yelcho, al igual que la cuenca del río Puelo, presenta alta presencia de este OdV obteniéndose un 33,18% de su superficie con alta presencia de este OdV, 66,82% con niveles medios y 0,00% con bajos.

Figura 5.21. Análisis de frecuencia OdV sistemas fluviales con conectividad lateral no fragmentada por SSC



Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 5.29 se presenta un resumen del análisis del OdV para cada una de las cuencas en estudio:

Tabla 5.29.Resumen OdV Sistemas fluviales con conectividad lateral no fragmentada

Cuenca	Cantidad de SSC			Superficie total con respecto a la cuenca principal		
	Baja	Media	Alta	Baja	Media	Alta
Valdivia	12	11	13	32,22%	31,34%	36,45%
Bueno	13	15	15	28,59%	37,55%	33,86%
Puelo y Yelcho	8	7	7	37,16%	38,69%	24,14%

Fuente: elaboración propia

Análisis y Recomendaciones

El OdV de sistemas fluviales con conectividad lateral no fragmentada, construido en base a obras e intervenciones que desconectan el cauce del corredor ripariano es robusto, dado que la base de datos de fichero (Anexo 13.7) representa una condición actualizada del cauce y sus zonas aledañas. Se consideró, en su formación, que el efecto de discontinuidad es local y sólo afecta al tramo analizado, no teniendo efecto alguno sobre los tramos conectados.

Hay ciertos aspectos que este tipo de proxy no es capaz de considerar al evaluar el grado de conectividad, por ejemplo, no considera el desnivel que pueda existir entre el cauce y la zona ripariana, lo cual disminuye la conectividad o simplemente la desconecta.

Respecto a resultados, no se aprecian diferencias significativas entre las distintas cuencas, debido básicamente a la forma de determinación de los umbrales (en base a percentiles), obteniéndose prácticamente la misma proporción de SSC con valores altos, medios y bajos en toda el área de estudio.

En términos generales es posible mencionar que la construcción de este OdV fue exitosa, logrando capturar la conectividad lateral natural entre la zona ripariana y el cauce, a partir de la identificación de obras civiles que los desconecten.

A partir de este OdV, se puede concluir que las cuatro cuencas presentan algún grado de alteración en al menos una de las SSC que la componente. Las cuencas de Valdivia y Bueno presentan, en general, mejores condiciones de conectividad lateral que las cuencas del río Puelo y Yelcho.

5.2.1.8 **OdV *F-8 Accesibilidad a la red hidrográfica***

Introducción

La conectividad de la red hidrográfica puede ser cuantificada desde diversos enfoques. Las especies que habitan ambientes ribereños y fluviales logran sobreponerse al flujo unidireccional del río, dispersándose tanto hacia aguas abajo, como hacia aguas arriba (Levine, 2003; Bubb *et al.,* 2004).

Sin importar aquello que se busque valorar de un río, las obras que fragmentan sus hábitats representan un problema transversal para todas sus dinámicas naturales, alterando ciclos hidrológicos (Nilsson *et al.,* 2005) y dificultando la dispersión de especies (Jansson *et al.,* 2000). En el caso de los ciclos hidrológicos, el impacto debe ser cuantificado de manera unidireccional (aguas arriba – aguas abajo), pero en el caso de las especies, el impacto debe considerar a cada sección del río aislada como un parche de especies sin conexión, pudiendo mantener poblaciones viables en función de su propia extensión (Jansson *et al.,* 2000; Jager *et al.,* 2001).

Habit *et al.* (2006), mencionan que las principales amenazas para la fauna de peces respecto a la alteración de hábitat están la construcción de embalses para centrales hidroeléctricas, la extracción de agua para riego, el vertido de residuos líquidos industriales y aguas servidas, la extracción de áridos, la canalización o semicanalización de los cauces, sustitución de bosque nativo por plantaciones forestales y contaminación difusa por pesticidas. La fragmentación del hábitat es un fenómeno que se evalúa a nivel de especie (Grez *et al.,* 2006), sin embargo, dada la escala de trabajo del actual estudio y la escasa información de este tipo para especies fluviales en Chile, obliga a utilizar un indicador que permita acercarse al objetivo de este OdV de manera indirecta. En este aspecto, se considera que la longitud de una sección sin alteraciones de una SSC aislada, representa una métrica que se correlaciona directamente con la diversidad de hábitats en un río, pudiendo ser utilizado como proxy para este OdV. Jager *et.al.* (2001) modelan la viabilidad de poblaciones de peces en una sección de río de 200 km fragmentada por embalses, simulando secciones de menor tamaño. Uno de sus principales resultados es el aumento exponencial del tamaño de la población viable en una sección en función de su longitud, así, un tramo de río de 20 km puede albergar hasta 10 veces más individuos que un tramo de 10 km. Este trabajo establece un referente para comparar dos secciones considerando solo su longitud, siendo éste un proxy de las poblaciones de especies que podría albergar un tramo, permitiendo así el establecimiento de una métrica sencilla para el OdV de Accesibilidad de la Red.

Este OdV busca valorar la accesibilidad de hábitats para cualquier especie fluvial dentro de una red hidrográfica que está definida entre dos obras fluviales que producen una desconexión de la red hidrográfica a nivel de cuenca.

Tabla resumen

En la Tabla 5.30 se presenta un resumen de las características más relevantes del OdV.

Tabla 5.30.Tabla resumen de características relevantes de este OdV

Número y nombre del ODV **F8 Accesibilidad a la red hidrográfica**		
Definición **Accesibilidad a la red hidroráfica**		
Variable descriptora o Proxy	**Tipo y Fuente de información**	
Longitud de las secciones de la red hidrográfica de la SSC. Método indirecto de estimación del OdV	Información secundaria	• Red hidrográfica DGA
	Fuente secundaria	• Cartografía Red hidrográfica DGA
	Información primaria	• Características morfológicas, fluviales y presencia de obras civiles en el área de estudio.
	Fuente primaria	• Información sobre condiciones físicas y obras civiles, recabadas para cada tramo fluvial y obtenidas a través del análisis de imágenes satelitales (Google Earth) (Anexo 13.7)

Fuente: elaboración propia

Metodología

Se obtuvo información de las obras que desconectan el cauce de un río mediante el análisis de imágenes satelitales de Google Earth^{tm} (Anexo 13.7). Las obras que se estima que generan alteración a la conectividad son: Embalses, bocatomas y obras transversales de otro tipo considerando que estas son las principales obras que cortan la continuidad del cauce. Cada una de estas obras generan distinto nivel de impacto en una serie de atributos dentro de un ecosistema (Hart *et al.,* 2002), sin embargo por la escala de este trabajo se consideró el peor escenario de impacto, por lo tanto, la ubicación de cada obra se interpretó como una fragmentación total del río, dividiendo la red hidrográfica aguas arriba de aguas abajo.

Dado que los límites de una SSC no afectan la accesibilidad a la red hidrográfica, se trabajó a nivel de cuenca, considerando la longitud total de su red hidrográfica no fragmentada como la máxima disponibilidad de hábitats posible. Luego, la presencia de una obra fragmenta la red hidrográfica en dos y la ubicación de la obra determinó la longitud de cada sección: si la obra se encuentra cerca de la cabecera, una sección será muy corta, cercana al origen del río, y la otra poseerá la longitud restante de la red hidrográfica de la cuenca. De esta forma, un "n" de obras generará "n+1" secciones de río en la cuenca, y para cada una será medida su longitud. De este modo a

nivel de SSC encontraremos secciones con diferentes longitudes de accesibilidad a la red hidrográfica. Finalmente se estimó un índice que permita comparar los tramos de ríos en una SSC en función de su longitud de accesibilidad a la red hidrográfica obtenida a nivel de cuenca.

El análisis de sensibilidad a nivel de SSC se realizó considerando el número de tramos que presenten una longitud de red hídrica no intervenida favorable respecto al número total de tramos de la SSC. Una condición favorable corresponderá a longitudes mayores a 100 km de accesibilidad a la red, mientras que longitudes menores se considerarán como condición menos favorable; Jager et al. (2001) en una modelación virtual para estudiar los efectos la fragmentación de ríos, trabajó con una longitud de cauce de 200 km y ya desde la construcción de un embalse detectó alteraciones negativas. Por otra parte, en Chile existe escasa información respecto a distancia de desplazamiento de especies de peces nativos (Habit *et al.,* 2006) que ayuden a definir un valor con mayor soporte científico. Se considerará que longitudes mayores a 100 km son favorables y menores a 100 km desfavorables. Un valor del OdV igual a 1 significará que todos los tramos de la SSC presentan una favorable conectividad longitudinal, por el contrario un valor 0 corresponde a una SSC donde todos los tramos presentan una mala conectividad longitudinal.

Resultados

De los 2.243 tramos estudiados, 97 (4,3%) de ellos presentaron algún tipo de obra que dificultan la accesibilidad de las especies fluviales. El máximo de obras por tramos es de siete, sin embargo más del 80% de estos tramos tienen sólo una obra restando continuidad longitudinal al cauce. Los resultados muestran que la red no fragmentada tiene longitudes mínimas y máximas entre 1 y 3.400 km de cauce, respectivamente.

La Figura 5.22 muestra el mapa de sensibilidad obtenido del análisis de datos respecto a la accesibilidad a la red hidrográfica. Las longitudes de red no fragmentada se muestran en 4 rangos. En la Tabla 5.31 es posible apreciar que, en las cuatro cuencas, gran parte de los tramos tiene buen acceso a la red hidrográfica. En general, un 90% de los tramos tiene accesibilidad mayor a 100 km. Por otra parte cabe destacar que Puelo está restringida en el tercer rango debido al tamaño de la cuenca, por otra parte en las cuencas Puelo y Yelcho no se registraron obras que fragmenten la red hidrográfica.

El mapa de la Figura 5.22 se construye estableciendo rangos de valores para el OdV en base al análisis de frecuencia del valor del indicador por cada cuenca en estudio. Se muestra en la Tabla 5.32 los valores de cada rango del OdV. Cabe mencionar que las cuencas Puelo y Yelcho se trataron en conjunto debido a la baja cantidad de datos.

Tabla 5.31. Resumen de tramos con conectividad de la red hidrográfica no fragmentada por rangos de longitud.

Cuenca	Cantidad de tramos por rango			
	1 – 10 (km)	10 – 100 (km)	100 – 1000 (km)	1000 – 4000 (km)
Valdivia	20	63	250	540
Bueno	26	59	107	404
Puelo	0	0	57	0
Yelcho	0	0	0	98

Fuente: elaboración propia

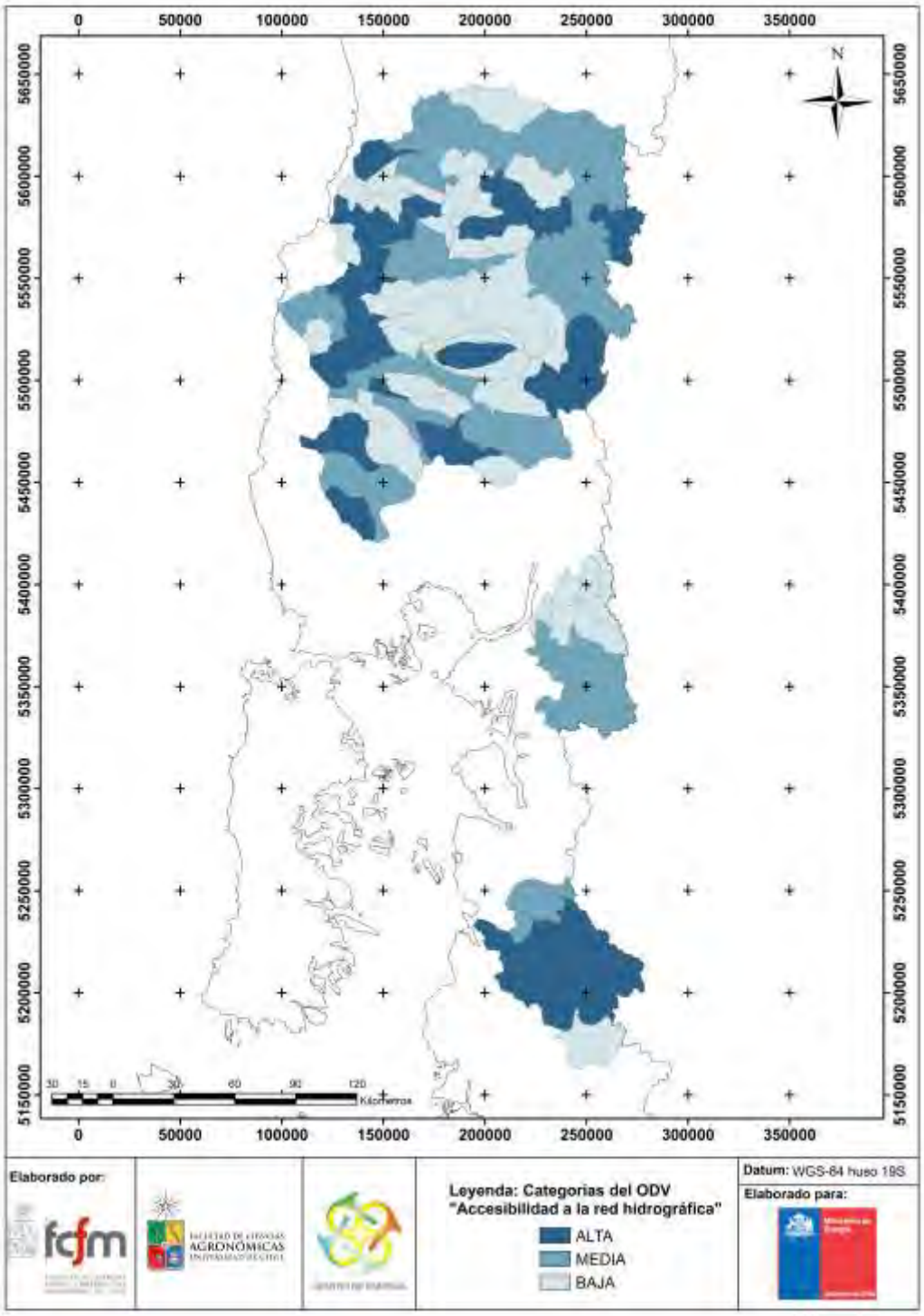
Tabla 5.32. Categorías de valoración del OdV por cuenca

Cuencas	Categorías		
	Baja	Media	Alta
Valdivia	0,00	0,01-0,99	1,00
Bueno	0,00-0,39	0,40-0,99	1,00
Puelo y Yelcho	0,00-0,88	0,88-0,99	1,00

Fuente: elaboración propia

En la Figura 5.22 se muestra las categorías del OdV a nivel de sub subcuenca.

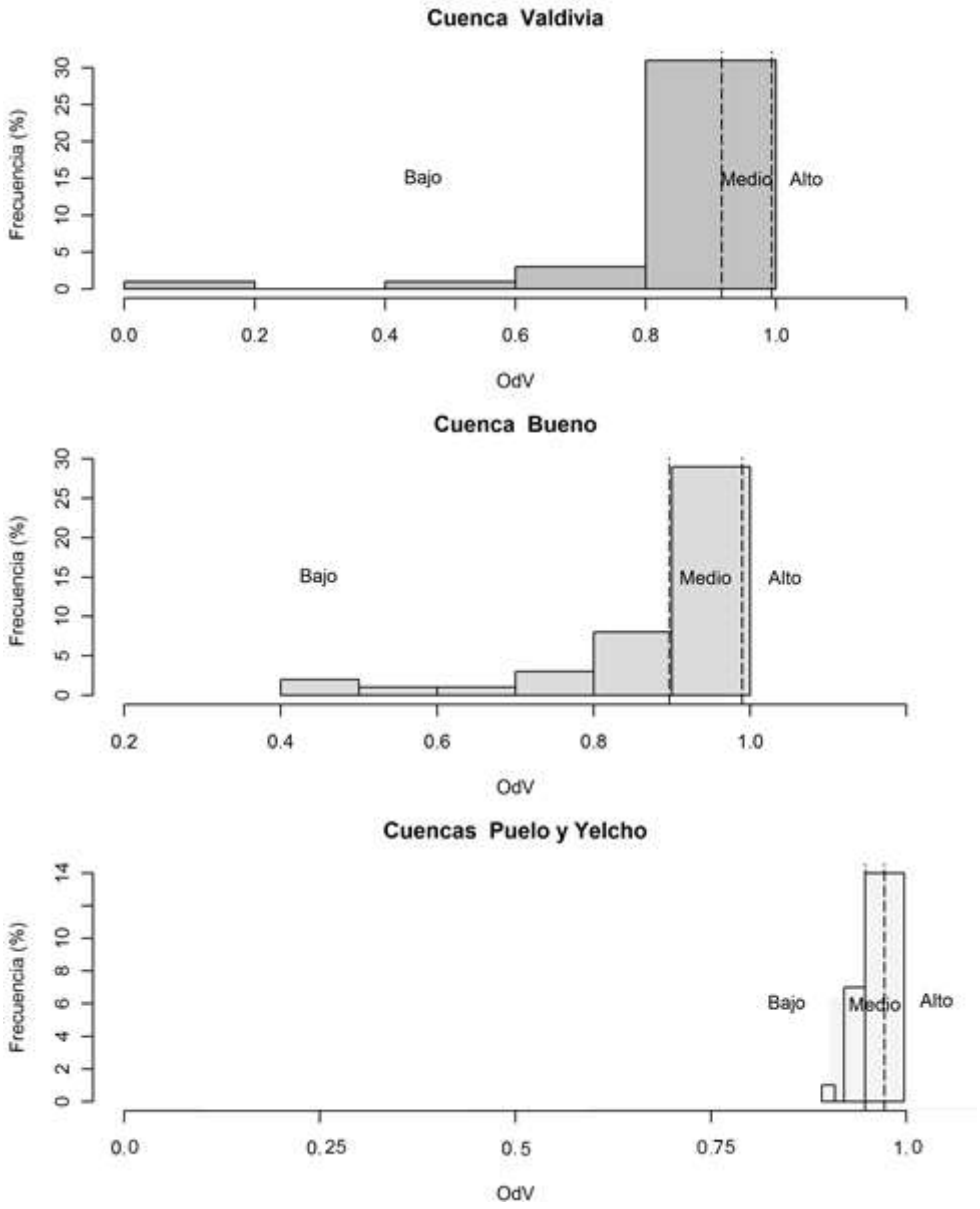
Figura 5.22. Categorías del OdV a nivel de SSC



Fuente: elaboración propia

A partir del índice de accesibilidad a la red hidrográfica a escala de SSC, y de acuerdo al análisis de frecuencia del OdV, se generan los rangos que defienen la categorías de valoración, obteniéndose que aquellas SSC con valores cercanos a 1 presentan un alto valor de este OdV, es decir, baja alteración en su régimen de conectividad de acuerdo al proxy utilizado. SSC con valores cercanos a 0 tienen baja valoración de este OdV (Figura 5.23).

Figura 5.23. Análisis de frecuencia OdV accesibilidad a la red hidrográfica por SSC



Fuente: elaboración propia

Se presenta en la Tabla 5.33 un resumen del análisis del OdV para cada una de las cuencas en estudio:

Tabla 5.33. Resumen OdV accesibilidad a la red hidrográfica

Cuenca	Cantidad de SSC			Superficie total con respecto a la cuenca principal		
	Baja	Media	Alta	Baja	Media	Alta
Valdivia	12	12	12	32,55%	39,06%	28,39%
Bueno	15	15	14	38,85%	36,09%	25,06 %
Puelo y Yelcho	8	7	7	26,01%	33,50%	40,48%

Fuente: elaboración propia

Análisis y recomendaciones

La longitud de un tramo puede representar un buen proxy para estimar la diversidad de hábitats presentes en un sitio. Incluso contando con toda la información posible respecto de los hábitats de las especies fluviales y su distribución en un sitio, cabe la posibilidad de que tal cantidad de información sea difícil de integrar en un solo indicador, por lo que se recurriría a proxys como el sugerido en el presente informe. En tal caso, identificar los tipos de tramos presentes en una sección y su probabilidad de presencia de hábitats y/o especies, podría precisar en gran medida el actual índice, valorando no solo en función de la longitud de un río, sino que también en función de los tipos de tramos presentes en él, valorados según la diversidad potencial de especies que posean. Sin embargo, el actual OdV representa un avance en la literatura disponible. El fenómeno de la fragmentación de ecosistemas fluviales ha sido ampliamente abordado, sin embargo, generalmente su estudio se enfoca en la medición del impacto sobre las especies presentes en el río o en la ribera (Morita & Yokota, 2002; Levine, 2003; Bubb *et al.,* 2004), y no se encuentran métricas en la literatura que intenten valorizar el grado de fragmentación de la red hidrográfica de una cuenca. Esto, a diferencia del estudio de la fragmentación de ecosistemas terrestres, que presenta gran cantidad de literatura respecto de métricas que cuantifican las distintas características de un parche, un tipo de parche o un área en particular (Grez *et al.,* 2006). De esta forma, el actual proxy podría representar un avance en la valorización de este fenómeno en ecosistemas fluviales.

Sin embargo, en Chile aún hay muchos desafíos respectos a estudios de fragmentación de la red hidrográfica. Por una parte, existe una fuerte escases de información a nivel biológico de la fauna íctica, como por ejemplo capacidad locomotora, migraciones, etc (Habit *et al.,* 2006; Fuster *et al.,* 2015). Mientras que también en esta parte sur del país son relativamente escasas las obras de embalses y bocatomas, por lo que no está bien estudiado el nivel de impacto.

Por último, cada vez hay una mayor presión por la construcción de obras como embalses y bocatomas en los ríos presentes en estas cuencas, que sin duda van a generar fragmentación de la red hidrográfica conllevando pérdidas en los patrones de migración entre poblaciones de peces, pérdida de diversidad genética, alteración de parámetros físico-químicos de la corriente, entre otros (Jager *et al.,* 2001). Estos impactos han llevado a que en lugares donde se ha construido una gran cantidad de represas estén hoy en un proceso de eliminación de éstas, con el fin de restauración de los ríos (Hart *et al.,* 2002). Por lo tanto, será necesario de un fuerte conocimiento científico con el fin de generar las menores alteraciones posibles sobre los recursos hidrológicos. En este sentido el presente trabajo entrega valiosa información espacial respecto al estado de conectividad actual de accesibilidad a la red hidrográfica.

En términos generales es posible mencionar que la construcción de este OdV fue exitosa, logrando capturar la conectividad en la red hidrográfica a partir de la identificación de obras civiles que la desconecten.

En términos generales es posible mencionar que la construcción de este OdV fue exitosa, logrando capturar la conectividad en la red hidrográfica a partir de la identificación de obras civiles que la desconecten.

A partir de este OdV, se puede concluir que las cuencas de Puelo y Yelcho presentan redes hidrográficas bien conectadas, mientras que la cuenca del Bueno y del Valdivia presentan un menor nivel de conectividad, no existiendo grandes diferencias entre ambas.

5.2.1.9 **OdV *F-9 Sistemas fluviales con condiciones naturales de calidad físico-química del agua***

Introducción

Las actividades productivas que se han desarrollado en torno a sistemas fluviales, como la agricultura, las plantaciones forestales y la ganadería, que aumentan la carga de nutrientes en el agua por el uso de fertilizantes, abonos y el estiércol animal (residuos líquidos agropecuarios), han influido en la calidad del agua (Oyarzo, 2006). Otras fuentes de contaminación, que también afectan la calidad del agua, son las aguas residuales urbanas o aguas servidas, y los residuos líquidos industriales.

La calidad del agua se refiere al estado en que se encuentra una cantidad definida de este recurso (Hendricks, 1984). Es necesario considerar que existe una calidad natural del agua que depende de las características propias del sistema que se estudie, donde las concentraciones de los compuestos presentes son las que existían sin la acción antrópica (DGA, 2003).

Sin embargo, no sólo actividades productivas pueden alterar la calidad del agua; las obras generadas por las centrales hidroeléctricas y su operación pueden afectar dicha calidad. De esta forma es necesario conocer la calidad de las aguas de los sistemas estudiados para así definir los sectores más propicios para la generación hidroeléctrica.

Se optó por realizar una aproximación de acuerdo a las actividades productivas que se realizan en las SSC que afectarían la calidad fisicoquímica del agua.

El objetivo de valoración es darle un mayor valor a las SSC que presentan una condición fisicoquímica más similar a la condición natural, por lo que se asume que la ausencia de fuentes de contaminación conlleva a aguas no contaminadas, y que a medida que se suman actividades antrópicas la calidad del agua disminuye.

Tabla resumen

En la Tabla 5.34 se presenta un resumen de las características más relevantes del OdV.

Tabla 5.34.Tabla resumen de características relevantes de este OdV

Número y nombre del OdV **F9 Sistemas fluviales con condiciones naturales de calidad físico-química del agua**		
Definición **Sistemas fluviales con condiciones naturales de calidad físico-química**		
Variable descriptora o Proxy	**Tipo y Fuente de información**	
Porcentaje de la superficie de la SCC cubierta por focos de contaminación difusa, y cantidad de fuentes de contaminación puntual por SSC.	Información primaria	• Ubicación de Pisciculturas.
	Fuente primaria	• Información sobre condiciones físicas y obras civiles, recabadas para cada tramo fluvial y obtenidas a través del análisis de imágenes satelitales (Google Earth) (Anexo 13.7)
	Información secundaria	• Red hidrográfica con tramos de estudio. • Fuentes contaminantes puntuales y difusas
	Fuente secundaria	• Red hidrográfica con tramos de estudio delimitados a partir de la red hidrográfica de la DGA. • Cartografía de poblados (DGA) • Superficie de zona urbana (MINVU, 2011). • Faenas mineras (Cobertura espacial elaborada en base en el Atlas de faenas mineras, 2012. SERNAGEOMIN). • Superficie agrícola, cultivos, plantaciones, praderas (catastro de recursos vegetacionales de CONAF actualización 2013).

Fuente: elaboración propia

Metodología

La metodología se divide en dos fases, la primera, consiste en la obtención de los valores de contaminación por SSC. La segunda, consiste en la propagación de la contaminación hacia aguas abajo.

Primera fase

Se consideraron como fuentes de contaminación puntual: 1) poblados, 2) faenas mineras y 3) pisciculturas, obteniéndose la cantidad de cada una de estas fuentes de contaminación por SSC.

Como fuente de contaminación difusa se consideró: 1) superficie urbana y 2) Usos de suelo: agrícola, cultivos, plantaciones forestales y praderas (asumiéndolas como uso ganadero). Para la estimación de fuentes difusas se emplearon los Catastros de Recursos Vegetacionales de la CONAF de las regiones de La Araucanía (2013), Los Ríos (2013) y Los Lagos (2013).

Las superficies de estas fuentes difusas fueron ponderadas por el inverso del área de cada SSC, obteniéndose un porcentaje de cobertura de cada fuente difusa por SSC.

Se asumió que todos los poblados presentan el mismo nivel de contaminación, que todas las faenas mineras contaminaban lo mismo, que todas las pisciculturas contaminaban lo mismo, así también, con los usos de suelo, y la superficie urbana.

Con las cantidades de fuentes puntuales por SSC y el porcentaje del área de la SCC con los usos mencionados, se procedió a categorizar los valores del 1 al 3 (menor a mayor naturalidad) según los valores mínimos y máximos presentes en las SSC de la cuenca respectiva (Valdivia, Bueno, y Puelo-Yelcho). Luego se obtuvieron los valores de alteración de las SSC usando la *Ecuación 1*. Este valor se le asignó a todos los tramos pertenecientes a la misma SSC.

$$I\_alt_{SSCi} = 1 - I\_nat_{SSCi} \qquad \textit{Ecuación 1}$$

Donde:.

I_alt_{SSCi}: índice de alteración o contaminación de la calidad fisicoquímica del agua en la SSC$_i$.

I_nat_{SSCi}: índice de naturalidad de calidad fisicoquímica del agua en la SSC$_i$.

Posteriormente, las categorías de los poblados, faenas mineras, pisciculturas, superficie urbana, y usos de suelo, se sumaron, y se reclasificaron de 0 a 1, según el valor máximo de cada cuenca.

De esta forma se obtuvieron los valores de naturalidad fisicoquímica de cada SSC asociados a sus fuentes emisoras respectivas.

Segunda fase

La propagación hacia aguas abajo se realizó a nivel de tramo de río. Fueron propagados aquellos tramos de río que pertenecen a una red hidrográfica que proviene desde una SSC hacia aguas arriba. No se propagó la alteración de la calidad fisicoquímica a aquellos tramos que nacen exclusivamente dentro de la SSC de análisis.

La propagación de la contaminación hacia aguas abajo se realizó siguiendo los siguientes criterios:

1) Cuando la SSC se ubica en la cabecera de la cuenca, todos los tramos de la SSC mantienen su valor de alteración original. Así también, con las SSC que no limitan con otra SSC aguas arriba, y con las SSC que limitan aguas arriba con una SSC en cuyo cauce principal se ubica un lago, puesto que, se asume que los lagos contribuyen al ciclaje de nutrientes y a la dilución de éstos, aumentando la calidad fisicoquímica del agua.
2) Los tramos secundarios (no principales) mantienen el valor de alteración original.
3) Cuando la subsubcuenca SSC_i se ubica aguas abajo de otra SSC_{i-1}, los tramos principales reciben la carga contaminante de la SSC_{i-1} que se ubica aguas arriba. En estos casos la determinación de la alteración tiene dos fases: 1) la primera fase (t_0) es referente a determinar la alteración de la calidad fisicoquímica sin considerar ninguna propagación, es decir, sólo la influencia de la propia SSC_i; la segunda fase (t_1) es cuando se realiza la propagación propiamente tal. Esta propagación se realiza mediante la Ecuación *2*.

$$P(Ti) = \frac{Pi*A_i+P_{i-1}*A_{i-1}}{A_i+A_{i-1}}$$ *Ecuación 2*

Donde:

$P(Ti)$: Valor de alteración del Tramo principal Ti *de la* SSC_i en fase t_1

Pi: Valor de alteración del Tramo principal *i* en fase t_0 (coincidente con el valor de la SSC_i en t_0)

A_i: Área de la SSC_i que contiene al tramo Ti

P_{i-1}: Valor de alteración de la SSC (*i-1*) en en fase t_1, es decir, SSC_{i-1} ya propagada.

A_{i-1}: Área de la SSC_{i-1}

4) Cuando confluyen dos tramos principales de la SSC_i provenientes de SSC distintas, se aplica la *Ecuación 3* para calcular el valor de los tramos que reciben las aguas de estos dos tramos.

$$P(Ti) = \frac{P(T'i)+P(T''i)}{2}$$ *Ecuación 3*

Donde:

$P(Ti)$: Valor del tramo de la SSC_i que recibe las aguas de los tramos $P(T'i)\ y\ P(T''i)$ de la SSC_i en fase t_0

$P(T'i)$: Valor del tramo de la SSC_i que recibe las aguas de la SSC_{i-1} en fase t_0

$P(T''i)$*:* Valor del tramo de la SSC_i que recibe las aguas de la SSC_{k-1} en fase t_0

5) Cuando ya se han modificado los valores de los tramos principales de la SSC_i, se calcula el valor que se propagará hacia los tramos aguas abajo, correspondiente al valor de la SSC en t_1 (P*i*). Esta operación se realiza mediante un promedio ponderado por las longitudes de los tramos (principal y secundario) dividiéndolos por el largo total de la red de tramos de la SSC, como se muestra en la Ecuación *4*.

$$Valor_{SSC} = \frac{\sum(P(Ti)*Li)}{\sum Li\_SSCi}$$ *Ecuación 4*

Donde:

$P(Ti)$: Valor de alteración de cada tramo en fase t_1

Li: Longitud del tramo respectivo

Li_SSCi: Su sumatoria corresponde a la longitud de la red de tramos de la cuenca SSC_*i*

6) Como resultado de estos procedimientos se obtienen los valores de alteración por SSC, por lo que se deben invertir los valores de tal forma que indiquen el nivel de naturalidad. Para esto se emplea la Ecuación *1*.

Finalmente, se generaron las categorías de valoración de la conectividad no alterada de cada uno de los tramos definidos y se dividió por el máximo valor de cada cuenca. De esta forma, se obtuvo un índice por cuenca y escalado con valor máximo igual a uno.

La definición de las categorías se realizó en base a un análisis de distribución del valor del índice en cada cuenca. Cabe señalar que por la cantidad de SSC en las cuencas del río Puelo y Yelcho, éstas se sumaron y se consideraron como un único grupo de cuencas. De esta forma, se obtuvo un

índice por cuenca para Valdivia, otro para la cuenca del río Bueno y otro para las dos cuencas restantes (Puelo y Yelcho).

Las categorías para cada grupo de SSC se definieron según los percentiles 33 y 66, de tal forma que la cantidad de SSC fuera homogénea.

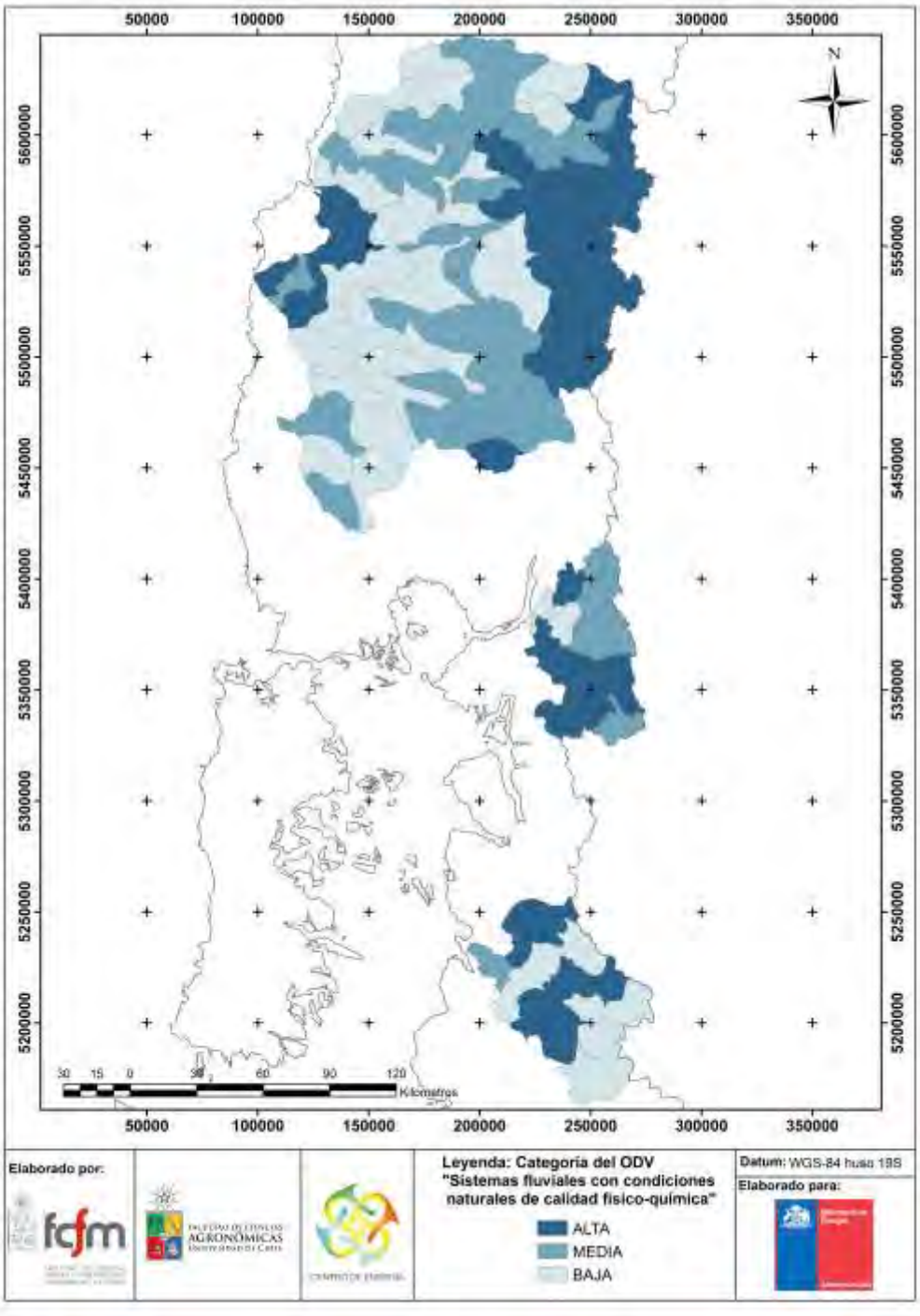
Resultados

En la Figura 5.24 se puede apreciar que las SSC de cabecera de las cuencas Valdivia y Bueno presentan una categoría de valoración Alta de naturalidad, lo que puede deberse a una menor cantidad de fuentes contaminantes. Cabe señalar que sólo es posible comparar entre SSC pertenecientes a una misma cuenca.

En la Figura 5.25 se puede observar la distribución de los valores de naturalidad por cuenca, y cómo éstos quedaron representados en las categorías definidas en la Tabla 5.35. A nivel de cuenca se observa que todas las SSC presentan valores sobre 0,6, a excepción de una SSC en Valdivia con valor 0,59, la que corresponde a la desembocadura del río Valdivia y donde se encuentra la ciudad del mismo nombre. Las categorías Media y Alta del conjunto de cuencas Puelo y Yelcho presentaron un menor nivel de definición, puesto que cerca de dos tercios de los valores se concentraron entre 0,9 y 1, quedando 13 sub-subcuencas con valor 1 de naturalidad en distintas categorías, 5 SSC en categoría Media, y 8 SSC en categoría Alta (ver Tabla 5.35).

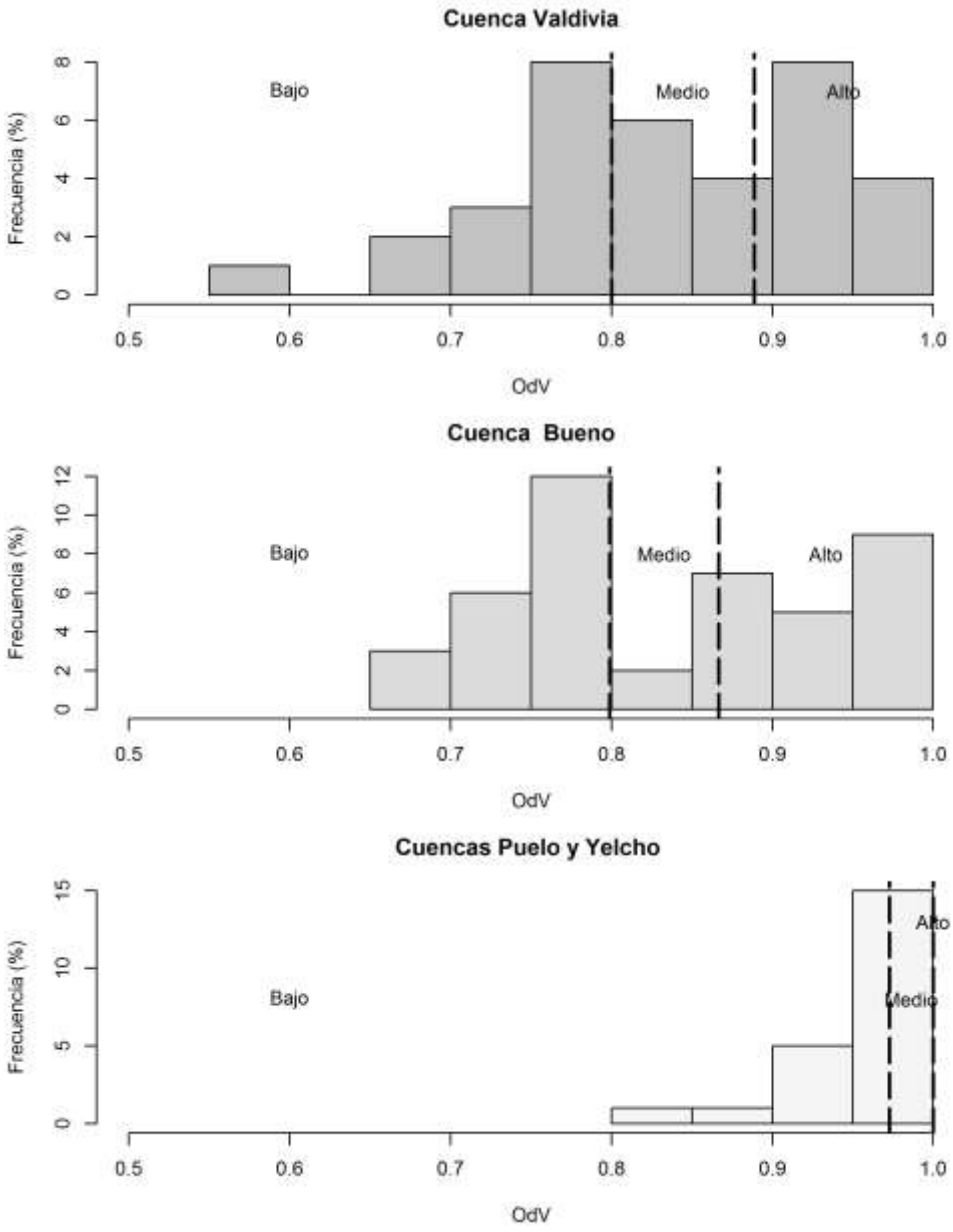
También se observa en Bueno y Valdivia que algunas SSC con los mismos valores de naturalidad se agruparon en categorías distintas, lo que se evidencia en las líneas segmentadas que atraviesan la misma columna (ver Figura 5.25).

Figura 5.24. Mapa de categorías de valoración a nivel de SSC ODV 9 Sistemas fluviales con condiciones naturales de calidad fisicoquímica.



Fuente: elaboración propia

Figura 5.25. Histogramas de frecuencia de valores del ODV por cada cuenca.



Fuente: elaboración propia

Tabla 5.35. Valores que conforman cada Categoría de valoración, a nivel de SSC

Cuencas	Categorías		
	Baja	Medio	Alto
Valdivia	0 < x ≤ 0,8	0,8 ≤ x <0,89	0,89 ≤ x ≤ 1
Bueno	0 < x < 0,8	0,8 ≤ x < 0,87	0,87≤ x ≤ 1
Yelcho-Puelo	0 < x < 0,97	0,97≤ x ≤ 1	x = 1

Fuente: elaboración propia

Finalmente, la cantidad de SCC por cada rango se muestra en la Tabla 5.36, en donde se evidencia la cantidad homogénea de SSC por rango en las 3 agrupaciones de SSC evaluadas (Valdivia, Bueno, Yelcho-Puelo).

Tabla 5.36. Resumen OdV Sistemas fluviales con condiciones naturales de calidad fisicoquímica.

Cuenca	Cantidad de SSC			Superficie total con respecto a la cuenca principal (%)		
	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja
Valdivia	12	12	12	28	36	36
Bueno	14	15	15	26	34	40
Puelo	5	6	2	52	38	10
Yelcho	3	1	5	43	5	52

Fuente: elaboración propia

Análisis y recomendaciones

En un escenario ideal para la generación de este OdV, habría sido pertinente contar con información recabada sistemáticamente en las SSC de estudio (mediciones de metales pesados, nitrógeno, fosforo, etc. en el agua), lo que se podría solucionar ampliando la red de monitoreo de calidad del agua de la DGA. Puesto que cuantificar los contaminantes por cada fuente de contaminación con datos empíricos sería aún más engorroso e incierto (falta de información).

Una complicación de este OdV fue la determinación de los rangos que definen las categorías de valoración, debido a que no se contaba con criterios ecológicos para su determinación, aún así la determinación de los rangos por percentiles y misma cantidad de SSC por rango no discriminó correctamente entre los valores del OdV, habiendo SSC con los mismos valores en rangos distintos.

Dado que este OdV se generó bajo una gran cantidad de supuestos debido a la incertidumbre de información disponible, se podría cuestionar la validez de los valores de alteración de calidad del

agua obtenidos. Esta generación de supuestos no permite evaluar situaciones puntuales de contaminación por lo que se podría estar sobreestimando o subestimando la verdadera calidad del agua. Sin embargo, cabe descartar que pese a la simplicidad para determinar este impacto de contaminación, el proxy permite tener una visión general del estado de contaminación del área de estudio, cosa que a través de muestreo en terreno tomaría una gran inversión de tiempo y dinero. Un punto importante que quedó fuera de este OdV corresponde a la variada contaminación que genera la actividad industrial en la zona. Es de suma importancia que se genere información sobre contaminación de la actividad industrial, la cual debería ser incluida en futuros estudios.

En términos generales, a través del proxy propuesto fue posible integrar las distintas fuentes de contaminación, obteniendo valores congruentes con los niveles de intervención de cada SSC. Sin embargo, la generación del proxy conlleva un gran número de supuestos dado la incertidumbre información disponible, lo que podría generar una subestimación del impacto de contaminación.

En términos del OdV, se aprecia que en la cuenca del río Valdivia y Bueno, la valoración es mayor en zonas de cabecera y la calidad va disminuyendo hacia las zonas de desembocadura. Puelo y Yelcho presentan una configuración distinta,dada principalmente por los lagos presentes en la cuenca, los cuales actúan de buffer o amortiguador de la calidad fisicoquímica

5.2.1.10 **OdV *F-10 Sistemas fluviales morfológicamente intactos***

Introducción

La biodiversidad de los cauces depende no sólo de los gradientes físicos longitudinales al cauce, sino también de los gradientes, interrelaciones y flujos que surgen en las otras dimensiones, lateral y vertical del sistema fluvial. Es por este motivo que la geomorfología supone un elemento muy importante en el desarrollo de la diversidad ecológica.

Ríos y arroyos son complejos ecosistemas donde la interacción tridimensional entre el caudal, sustrato geológico, relieve, sedimentos, madera en el cauce, y vegetación crean una formación heterogénea de formas fluviales que se encuentran en constante cambio, lo que entrega un mosaico cambiante de parches de hábitat para organismos acuáticos y riparianos (Stanford *et al.,* 2005 citado en Andreoli *et al.,* 2012). Por ejemplo, la velocidad variable, así como la profundidad y la turbulencia mantienen la diversidad de sustratos, proveen de refugio térmico y condiciones hidráulicas que son esenciales para las diferentes etapas de desarrollo de la biota acuática (Jowett, 1993 citado en Andreoli *et al.,* 2012). Los ríos proveen a los humanos una serie de recursos y servicios como son el agua de uso doméstico, agricultura, generación hidroeléctrica y uso industrial, explotación de plantas de áridos, cursos de agua para navegación, pesca, depósito de residuos, así como uso recreacional y estético (Andreoli, Mao, & Iroumé, 2012).

La degradación de estos ecosistemas ha sido tan severa que se ha requerido una gran cantidad de investigaciones en tratamientos de aguas y restauración fluvial alrededor del mundo (Bernhardt *et al.,* 2005 & Palmer *et al.* 2005 citados en Andreoli *et al.,* 2012).Por este motivo, es importante dar valor a las SSC que presenten un menor grado de alteración de su morfología, sistemas que por su condición tienden a presentar una diversidad de hábitat fluvial y por lo tanto, a tener mayor biodiversidad.

El objetivo de este OdV es dar valor a aquellas SSC que, desde un punto de vista de morfología fluvial, presenten menor grado de alteración.

Tabla resumen

En la Tabla 5.37 se presenta un resumen de las características más relevantes del OdV.

Tabla 5.37.Tabla resumen de características relevantes de este OdV

Número y nombre del OdV **F 10 Sistemas fluviales morfológicamente intactos**		
Definición **Grado de no alteración en la morfología fluvial, mediante la evaluación de obras y actividades antrópicas que la alteren.**		
Variable descriptora o Proxy	**Tipo y Fuente de información**	
Cantidad de extracciones de áridos, cortes de vegetación ripariana, remodelación de secciones, otras intervenciones por tramo fluvial, y propagación del impacto de estas aguas abajo.	Información secundaria	• Red hidrográfica DGA
	Fuente secundaria	• Cartografía Red hidrográfica DGA
	Información primaria	• Características morfológicas, fluviales y presencia de obras civiles en el área de estudio.
	Fuente primaria	• Información sobre condiciones físicas y obras civiles, recabadas para cada tramo fluvial y obtenidas a través del análisis de imágenes satelitales (Google Earth) (Anexo 13.7)

Fuente: elaboración propia

Metodología

Se identificaron atributos que modifiquen la morfología fluvial mediante fotointerpretación de imágenes Google Earth, construyéndose una base de datos de éstos para toda el área de estudio (anexo 13.7). Identificados los atributos, se realizó un análisis de las obras e intervenciones antrópicas que modifican en mayor medida la morfología fluvial del tramo, considerando el efecto acumulado generado por los dos tramos inmediatamente aguas arriba, generándose un índice de alteración de la morfología fluvial para cada tramo. Posteriormente, se analizaron los índices a

escala de tramo y se proyectó a nivel de SSC, obteniéndose un ranking de alteración morfológica a esta escala que permitió discriminar el grado de alteración por SSC.

El proxy de este OdV se construyó en base a la cantidad de obras e intervenciones antrópicas que modifican la morfología fluvial a escala de tramo fluvial. En este caso se consideraron las extracciones de árido, los cortes en la vegetación ripariana, remodelación de secciones y otras intervenciones en general a nivel de cauce. Posteriormente a la identificación de estas obras e intervenciones a escala de tramo fluvial, se generó una escala de propagación del efecto aguas abajo de ésta, obteniéndose un índice que acumula el efecto ocurrido en los tramos aguas arriba. Así, cada tramo fluvial consideró el efecto de las obras e intervenciones existentes en este tramo, más el efecto de las obras en los tramos superiores. Adicionalmente, se ponderó cada tipo de obra en función del impacto esperado a generar en este OdV. Se generó entonces un índice de alteración para cada tramo afectado por estas obras siguiendo la configuración tipo de la Figura 5.26.

Figura 5.26. Esquema tipo de tramos fluviales.



Fuente: elaboración propia

Según el esquema anterior, el índice de alteración de la morfología fluvial en el tramo "T_i" estará determinado por las obras en dicho tramo y por las que existan en los tramos "T_{i-1}" y "T_{i-2}". El índice de cada tramo queda determinado por la cantidad de obras e intervenciones en el tramo,

por el ponderador asociado a cada tipo de obra y por la distancia al tramo "T_i" de los tramos aguas arriba ("T_{i-1}" y "T_{i-2}"), según la expresión:

$$I_{i=}(I_{T_i} + I_{T_{i-1}\to T_i} + I_{T_{i-2}\to T_i}) \qquad \textit{ecuación 1}$$

Donde:

I_i: índice de alteración de la morfología fluvial del tramo "T_i" afectado por la presencia de las obras

I_{T_i}: índice de alteración del tramo "T_i" debido a las obras existentes en el tramo "T_i"

$I_{T_{i-1}\to T_i}$: índice de alteración sobre el tramo "T_i" debido a las obras existentes en el tramo "T_{i-1}"

$I_{T_{i-2}\to T_i}$: índice de alteración sobre el tramo "T_i" debido a las obras existentes en el tramo "T_{i-2}"

La expresión que determina el índice de alteración en el tramo "T_i" provocada por cada tramo se muestra a continuación:

$$I_{T_i} = \frac{(\alpha_i * n°ext\_arido_i + \beta_i * n°cortes\_veg\_rip_i + \gamma_i * n°remod\_sec_i + \delta * n°otras\_interv_i) * L_i}{L_i} \qquad \textit{ecuación 2}$$

$$I_{T_{i-1}\to T_i} = \frac{(\alpha_{i-1} * n°ext\_arido_{i-1} + \beta_{i-1} * n°cortes\_veg\_rip_{i-1} + \gamma_{i-1} * n°remod\_sec_{i-1} + \delta_{i-1} * n°otras\_interv_{i-1}) * L_i}{L_i + L_{i-1}}$$

ecuación 3

$$I_{T_{i-2}\to T_i} = \frac{(\alpha_{i-2} * n°ext\_arido_{i-2} + \beta_{i-2} * n°cortes\_veg\_rip_{i-2} + \gamma_{i-2} * n°remod\_sec_{i-2} + \delta_{i-2} * n°otras\_interv_{i-2}) * L_i}{L_i + L_{i-1} + L_{i-2}}$$

ecuación 4

Por lo cual, considerando la ecuación 1, se puede escribir en forma recursiva de la siguiente manera:

$$I_{i=}L_i * \frac{\sum_{j=0}^{2}(\alpha_{i-j} * n°ext\_arido_{i-j} + \beta_{i-j} * n°cortes\_veg\_rip_{i-j} + \gamma_{i-j} * n°remod\_sec_{i-j} + \delta_{i-j} * n°otras\_interv_{i-j})}{\sum_{k=0}^{j} L_{i-k}}$$

ecuación 5

Donde:

L_i: longitud del tramo "i".

α_{i-j}: ponderador de alteración de las extracciones de árido en la morfología fluvial del tramo "$i-j$"

β_{i-j}: ponderador de alteración de los cortes en la vegetación ripariana en la morfología fluvial del tramo "$i-j$"

γ_{i-j}: ponderador de alteración de las remodelaciones de secciones en la morfología fluvial del tramo "$i-j$"

δ_{i-j}: ponderador de alteración de otras intervenciones en la morfología fluvial del tramo "$i-j$"

$n°ext\_arido_{i-j}$: cantidad de extracciones de árido en el tramo "$i-j$"

$n°corte\_veg\_rip_{i-j}$: cantidad de cortes de vegetación ripariana en el tramo "$i-j$".

$n°remod\_sec_{i-j}$: cantidad de remodelación de secciones en el tramo "$i-j$"

$n°otras\_interv_{i-j}$: cantidad de otras intervenciones en el tramo "$i-j$".

Considerándose los atributos levantados, se adoptaron ponderadores de alteración para cada obra e intervención, como se aprecia en la Tabla 5.38:

Tabla 5.38. Grado de alteración de la morfología fluvial por tipo de obra

Obra/Intervención	**Ponderador**
Extracciones de árido	1,0
Cortes de vegetación ripariana	0,3
Remodelación de secciones	1,0
Otras intervenciones	1,0

Fuente: elaboración propia

Una vez obtenido el índice de alteración de la morfología fluvial para cada tramo de cada SSC, se desarrolló un nuevo índice que represente la presencia del valor de no alteración de la morfología fluvial para cada tramo, mediante la siguiente expresión:

$$Valor_{T_i} = 1 - \frac{I_i}{\max(I_i)} \qquad \textit{ecuación 6}$$

Donde:

$Valor_{T_i}$: Índice de no alteración de la morfología fluvial en el tramo "T_i".

I_i: Índice de alteración de la morfología fluvial del tramo "T_i" afectado por la presencia de las obras e intervenciones.

$\max(I_i)$: máximo valor del índice de alteración de la morfología fluvial del tramo "T_i" en cada cuenca

Una vez determinado el índice de no alteración de la morfología fluvial, se promedió este índice a nivel de SSC, lo que permitió discriminar la presencia o no de este OdV.

Finalmente, se generaron las categorías de clasificación de la valoración de la conectividad no alterada de cada uno de los tramos definidos y se dividió por el máximo valor de cada cuenca. De esta forma, se obtuvo un índice por cuenca y escalado con valor máximo igual a uno. La definición de los rangos se realizó en base a un análisis de distribución del valor del índice en cada cuenca. Cabe señalar que por la cantidad de SSC en las cuencas del río Puelo y Yelcho, éstas se sumaron y se consideraron como un único grupo de cuencas.

De esta forma, se obtuvo un índice por cuenca para Valdivia, otro para la cuenca del río Bueno y otro para las dos cuencas restantes (Puelo y Yelcho).

Resultados

En la Figura 5.27 se muestra el mapa con las categorías de valoración del OdV por SSC. De esta figura se aprecia que la presencia de los sistemas fluviales morfológicamente intactos es mayor en las zonas de cabecera. En las zonas media de la cuenca, las SSC muestran una presencia más baja, mejorando hacia las zonas bajas de la cuenca y/o desembocadura.

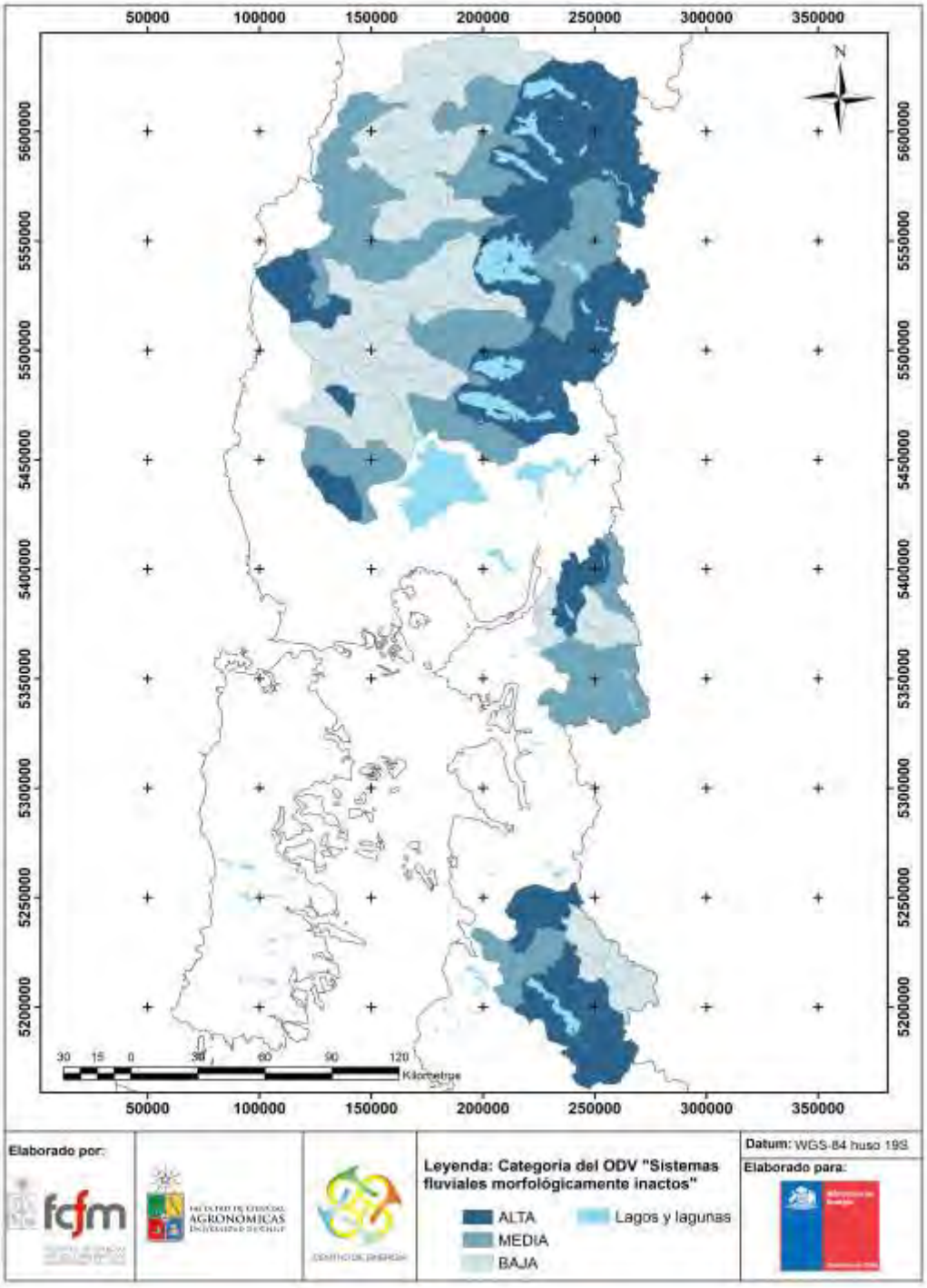
El mapa de la Figura 5.27 se construye estableciendo rangos de valores para el OdV en base al análisis de frecuencia del valor del indicador por cada cuenca en estudio. Estos rangos se muestran en la Figura 5.28 y en la Tabla 5.39. Cabe mencionar que las cuencas Puelo y Yelcho se trataron en conjunto debido a la baja cantidad de datos.

Tabla 5.39. Rangos de que definen las categorías de valoración del OdV por cuenca

Cuencas	**Categorías**		
	Baja	Media	Alta
Valdivia	0,00-0,57	0,58-0,82	0,83-1,00
Bueno	0,00-0,70	0,70-0,88	0,89-1,00
Puelo y Yelcho	0,00-0,87	0,87-0,93	0,94-1,00

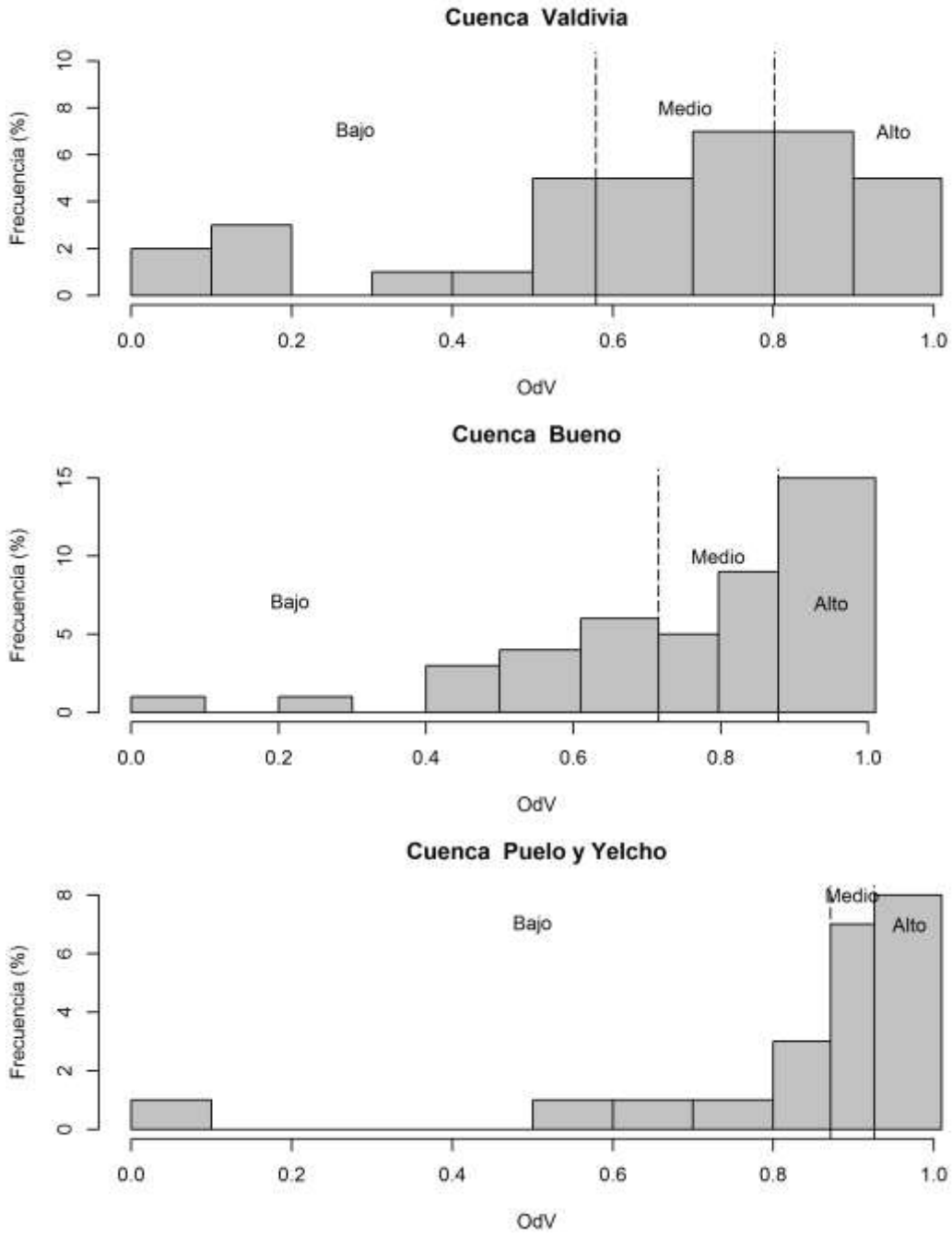
Fuente: elaboración propia

Figura 5.27. Cantidad de categorías por SSC del OdV



Fuente: elaboración propia

Figura 5.28. Análisis de frecuencia OdV sistemas fluviales morfológicamente intactos por SSC



Fuente: elaboración propia

Del análisis de frecuencia se desprende que del total de SSC del área de estudio (102 en las cuatro cuencas), 46 tienen este OdV en categoría Alta, 27 presentan categoría Media y 29 categoría Baja.

Realizando un análisis por cuenca, dividiendo la superficie total de las SSC en cada categoría por la superficie total de la cuenca a la que pertenece, la cuenca del río Valdivia presenta un 34,75% de su superficie con alta presencia de este OdV, 28,34% con niveles medios y 36,91% con bajos. La cuenca del río Bueno presenta un 36,24% de SSC con niveles altos, mientras que un 32,74% presenta niveles medios y un 31,02% niveles bajos. La cuenca del río Puelo en conjunto con la del río Yelcho presentan un 41,77% de SSC con niveles altos, mientras que un 34,32% presenta niveles medios y un 23,91% niveles bajos.

Se presenta en la Tabla 5.40 un resumen del análisis del OdV para cada una de las cuencas en estudio:

Tabla 5.40. Resumen OdV sistemas fluviales morfológicamente intactos por SSC

Cuenca	**Cantidad de SSC**			**Superficie total con respecto a la cuenca principal**		
	Baja	**Media**	**Alta**	**Baja**	**Media**	**Alta**
Valdivia	12	12	12	36,91%	28,34%	34,75%
Bueno	10	8	26	31,02%	32,74%	36,24%
Puelo y Yelcho	7	7	8	23,91%	34,32%	41,77%

Fuente: elaboración propia

Análisis y recomendaciones

Para la construcción de este OdV se consideraron las intervenciones antrópicas que modifican la morfología fluvial como cortes en la vegetación ribereña, extracciones de áridos, etc., que permiten evaluar qué tan intacta se encuentra una SSC en su sistema fluvial.

Los resultados indican que la cuenca con mayor presencia de este OdV es la cuenca del río Yelcho y Puelo las cuales presentan más de un 40% de su superficie en condiciones altas.

Las cuencas del río Bueno y Valdivia sólo tienen buenos niveles en la zona cordillerana y pequeñas zonas de cordillera de la costa, encontrándose una alta intervención en la morfología fluvial en toda la depresión intermedia.

No obstante, para mejorar la construcción de este OdV, se sugiere realizar un análisis de imágenes satelitales que permitan comparar la situación actual con la condición natural en donde sea posible, para lograr medir de mejor manera el nivel de intervención que presenta una SSC a nivel de morfología fluvial.

En términos generales es posible mencionar que la construcción de este OdV fue exitosa, logrando capturar la naturalidad morfológica a partir de la identificación de obras civiles que alteran dicha morfología en planta.

A partir de este OdV, se puede concluir que no existe ninguna cuenca principal que este completamente natural. Las cuencas del río Yelcho y del río Puelo son las que mayor grado de naturalidad presentan. Las cuencas del río Valdivia y Bueno, presentan similares grados de naturalidad entre sí.

5.2.1.11 **OdV *F-11 Comunidad acuática con baja presencia de especies exóticas***

Introducción

Las especies exóticas invasoras son una de las cinco principales causas de la pérdida de biodiversidad junto con la pérdida y fragmentación del hábitat, la sobreexplotación, la contaminación y el cambio climático. Algunas de estas especies logran naturalizarse, reproducirse y establecer poblaciones, con lo que llegan a competir, desplazar y a depredar a las especies autóctonas. Pudiendo llegar a modificar el hábitat e incluso hibridan con las especies nativas. De esta forma llegarían a alterar la estructura y composición de las comunidades, incluso los ecosistemas (Capdevila-Argüelles *et al.,* 2013).

En el caso de ecosistemas fluviales, Irma & Contreras (1999), comentan que una de las principales causas de disminución de poblaciones de especies ícticas endémicas, es la introducción de salmónidos en los ríos del sur del país, excluyendo o depredando especies locales. Ajeno a las especies ícticas, recientemente se ha introducido la plaga de la microalga llamada comúnmente Didymo (*Didymosphenia geminata*) en los ríos del sur del país. Su presencia modifica la estructura comunitaria completa al modificar la morfología del tramo invadido, cubriéndola por un manto mucilaginoso, lo que disminuye el impacto hidráulico sobre el tramo, favoreciendo solo a microalgas y ciertos macroinvertebrados, y limitando hábitats de desove de especies ícticas. De esta forma, ajeno al taxón involucrado, la presencia de especies exóticas en los ríos de Chile, presenta una gran amenaza para la biodiversidad de los ríos estudiados, debiendo ser integrado como OdV.

De forma inversa a lo ocurrido con especies endémicas, modificaciones en los tramos de ríos como la extracción de agua para riego, el vertido de residuos líquidos industriales y aguas servidas, la extracción de áridos, la canalización o semicanalización de los cauces, sustitución de bosque nativo por plantaciones forestales, contaminación difusa por pesticidas y la construcción de embalses para centrales hidroeléctricas, representan intervenciones en el cauce que podrían favorecer la llegada especies exóticas, mediante la generación de nuevos hábitats perturbados que podrían ser

ocupados por especies exóticas. Se ha documentado, por ejemplo, mayor abundancia de Didymo aguas abajo de embalses, propiciando su establecimiento (Kirkwood *et al.*, 2009). De esta forma, la generación hidroeléctrica podría propiciar la colonización de especies invasoras, perjudicando las comunidades de especies nativas.

Para lograr caracterizar la distribución de especies invasoras y nativas, pregunta clave en ecología, durante los últimos se han desarrollado diferentes modelos estadísticos que permiten generar mapas de distribución de especies, a través de una interpretación matemática de las variables ambientales, bajo las que se han registrado previamente sus presencias (Guisan & Zimmermann, 2000). Las ventajas que presentan estos modelos de distribución son diversos, por ejemplo: Presentan información sobre ocurrencias en lugares que no han sido estudiados; permiten una mejor capacidad de interpretación de patrones espaciales a nivel biogeográfico; contribuyen en la planificación de esfuerzos de conservación de especies, generando información respecto de potenciales presencias de especies con escasos registros e investigación, etc. (Cayuela *et al*., 2009). De esta forma, los modelos de distribución de especies son considerados como la principal herramienta para determinar patrones especiales de presencia/ausencia de especies dulceacuícolas en categoría de conservación, pudiendo asociar una especie a un tramo de río o SSC.

De esta forma, el objetivo de la valoración es otorgarle mayor importancia a las SSC que se encuentren con una menor cantidad de especies exóticas fluviales, en comparación con la presencia de especies nativas.

Tabla resumen

En la Tabla 5.41 se presenta un resumen de las características más relevantes del OdV.

Tabla 5.41.Tabla resumen de características relevantes de este OdV

Número y nombre del OdV **F 11 comunidades acuáticas con baja presencia de especies exóticas**		
Definición **Identificación de ecosistemas fluviales relativamente intervenidos desde la perspectiva de la presencia de especies exóticas.**		
Variable descriptora o Proxy	**Tipo y Fuente de información**	
Cantidad de especies fluviales exóticas en comparación con especies nativas. Se evalúa como resultado de una modelación dedicada.	Información secundaria	• Presencias de especies fluviales georreferenciadas
	Fuente secundaria	• Base de datos del Ministerio de Medio Ambiente con georreferencias por especie fluvial (BD_MMA 2014, Anexo 13.6) • Base de datos de SERNAPESCA (BD_SERNAPESCA, AEnxo 13.6)
	Información primaria	• Presencia de especies en endémicas georreferenciadas en el área de estudio • Características morfológicas, fluviales y presencia de obras civiles en el área de estudio para la modelación de especies •
	Fuente primaria	• Actualización realizada por el equipo profesional (Anexo 13.8) en la cual se incluye los resultados de la campaña de terreno. Fichero por tramo de río (Anexo 13.7)

Fuente: elaboración propia

Metodología

En primer lugar se definieron las especies exóticas presentes en el área de estudio de acuerdo a la BD_SERNAPESCA (Anexo 13.6). Posterior a un análisis exploratorio de la información recopilada y disponible, se realizó una campaña de muestreo para subsanar vacíos de información. Detalles sobre la metodología de terreno, criterios de selección de tramos a muestrean y los resultados de esta campaña, pueden verse en el Anexo 13.6

Se realizó una modelación de nicho ecológico para cada especie exótica identificada, así como para la totalidad de las especies nativas distribuidas en las áreas de estudio, permitiendo extrapolar registros de presencias a mapas de distribución, teniendo como objetivo la determinación más cercana a la distribución actual de cada especie. Las variables incluidas como predictores de distribución, representan condicionantes ambientales a distintas escalas espaciales que determinan los hábitats físicos de especies dulceacuícolas: A escala intercuencas, se generó un proxy del caudal anual por tramo a través de las isoyetas de precipitación nacional, y la cuenca aportante de cada tramo. A escala de cuenca, se integraron variables predictoras como el área de la cuenca aportante, el origen del flujo (variable que caracteriza el régimen hidrológico al que está

sometido el tramo de río, Peredo-Parada *et al*. 2011), y la altitud del tramo. A escala de tramo, se incluyeron variables predictoras como la pendiente del tramo, el ancho del cauce activo, la densidad de la vegetación ripariana, índice de sinuosidad y el uso del suelo en torno al tramo. Para incluir la acción antrópica directamente sobre el cauce, se incluyeron obras que intervienen la conectividad longitudinal (bocatomas, embalses y restituciones) y obras que interrumpen la conectividad transversal (puentes, vados, caminos y otras obras). Sólo en ciertos casos, se integró como variable predictora la geología del tramo estudiado. La isoyeta de precipitaciones se obtuvo desde la BD DGA. Las cuencas aportantes se determinaron a través de SIG a partir de DEM de elevación de 90x90m. El origen del flujo se obtuvo desde la BD de REC-Chile, publicada por Peredo-Parada *et al.* (2011). El resto de la información se obtuvo a través del análisis de imágenes satelitales obtenidas desde Google Earth (Ver Anexo C).

Dado que el objetivo es dar con el modelo de distribución que mejor pudiese representar el conocimiento acumulado respecto de la distribución actual de cada especie, para realizar los modelos se consideraron distintos algoritmos matemáticos, ajustando las variables y los dominios de distribución en función de la bibliografía disponible para cada especie. EL modelo final para cada especie fue seleccionado en función de métricas de ajusten (ROC-AUC), y evaluación de expertos. Se ejecutaron 5 algoritmos de modelación: Random Forest (RF) (Breiman, 2001), MAXENT (MX) (Phillips *et al.*, 2004), Artificial Neuronal Network (ANN) (Colasanti, 1991 citado en Lek & Guégan, 1999), algoritmos genéticos (AG)(D'Angelo *et al.,* 1995) y modelos de distribución gaussiana (G) (Metodología propuesta por Shaw Lacy , com. pers.).

Todos los modelos de distribución fueron llevados a modelos de distribución de presencia ausencia. Para determinar el umbral de probabilidad de ocurrencia, se estimó un umbral que maximizará el ajuste de la curva ROC a la sensibilidad óptima (valor 1) (Cantor *et al*., 1999). Luego de este proceso, se generó para cada especie evaluada un mapa distribución donde cada tramo del área de estudio, podría contar o no, con la presencia de aquella especie.

Se determinó el estado de la comunidad dulceacuícola comparando la presencia de taxones invasores versus, la presencia de taxones invadidos. En el caso de los peces, se comparó la presencia de *Salmo trutta* y *Oncorhynchus mykiss* con la del resto de especies de peces nativos. Además, se incluyo la presencia de *Didymosphenia geminata.* Cada tramo de cada SSC fue asignado con un valor 0, ante la presencia de mas especies exóticas que nativas o la presencia de *D. geminata.* De lo contrario, el valor es 1. Luego, se estimo la densidad por SSC de tramos con valor 1, representando la densidad de tramos con baja presencia de especies exóticas.

Para determinar categorías de valoración por cuenca, se escaló al valor máximo del proxy registrado en cada cuenca y se establecieron umbrales en función del percentil 33 y percentil 66, generando las categorías "Baja", "Media" y "Alta".

Resultados

De todas las especies invasoras dulceacuícolas registradas en la zona de estudio, solo se obtuvieron registros georreferenciados de 7 de estas. Luego, debido al bajo número de presencias de 4 de las especies, además de su gran rango de distribución, *Cyprinus carpio*, *Oncorhynchus kisutch*, *Oncorhynchus tshawytsha* y *Salmo salar* no pudieron ser modeladas, contando solo con distribución de las especies *Salmo trutta*, *Oncorhynchus mykiss y Didymosphenia geminata.* Estos modelos presentaron buenos indicadores de ajuste. En el caso de los salmónidos, las variables de mayor relevancia fueron: cuenca aportante y altitud del tramo. En el caso de Didymo, las variables más importantes fueron el origen de flujo y la pendiente del tramo (Tabla 5.42). Especies ícticas modeladas representan todas aquellas integradas en OdVs de especies endémicas fluviales.

Las categorías obtenidas denotan que en la cuencas Puelo y Yelcho hay menor presencia de especies exóticas que en la cuenca Valdivia o en la cuenca Bueno (

Tabla **5.43**).

Tabla 5.42. Especies exóticas modeladas.

Clase	Nombre científico	Dominio modelación	Mejor modelo	ROC-AUC	Variable de importancia
Didymo	*Didymosphenia geminata*	Área de estudio	ANN	0,95	Origen flujo, pendiente, PPA ac.
Peces exóticos	*Cyprinus carpio*	Área de estudio	<5 registros		
Peces exóticos	*Oncorhynchus kisutch*	Área de estudio	<5 registros		
Peces exóticos	*Oncorhynchus mykiss*	Área de estudio	MX	0,79	Ancho cuenca; pendiente; Cuenca ap.
Peces exóticos	*Oncorhynchus tshawytsha*	Área de estudio	<5 registros		
Peces exóticos	*Salmo salar*	Área de estudio	<5 registros		
Peces exóticos	*Salmo trutta*	Área de estudio	ANN	0,85	Altitud; Ancho cauce; Cuenca ap.

Fuente: elaboración propia

La SSC de Rio Puelo Entre Rio Manso y Desagüe Laguna Tagua Tagua, presente en la cuenca del río Puelo, presentó el máximo valor registrado, con un 73% de tramos en ausencia de Didymo y baja proporción de especies exóticas. Por otro lado, SSC en Valdivia, Bueno y Puelo no presentaron ningún tramo libre de especies exóticas. La Cuenca Yelcho representa la cuenca con menor proporción de especies exóticas, contando con un 40% de sus SSC en la categoría alta. Por otro lado, el 60% de la superficie de la cuenca Valdivia contó con al menos un 80% de tramos con presencia de especies exóticas, siendo la cuenca con menor OdVs (Ver Tabla 5.44).

Tabla 5.43. Valores de rangos para definición de categorías de valoración por SSC

Cuencas	Categoría de Valoración		
	Baja	Media	Alta
Bueno	< 0,18	0,18 ≤ x < 0,33	≥ 0,33
Valdivia	< 0,18	0,18 ≤ x < 0,46	≥ 0,46
Puelo	< 0,51	0,51 ≤ x < 0,74	≥ 0,74
Yelcho	< 0,51	0,51 ≤ x < 0,74	≥ 0,74

Fuente: elaboración propia

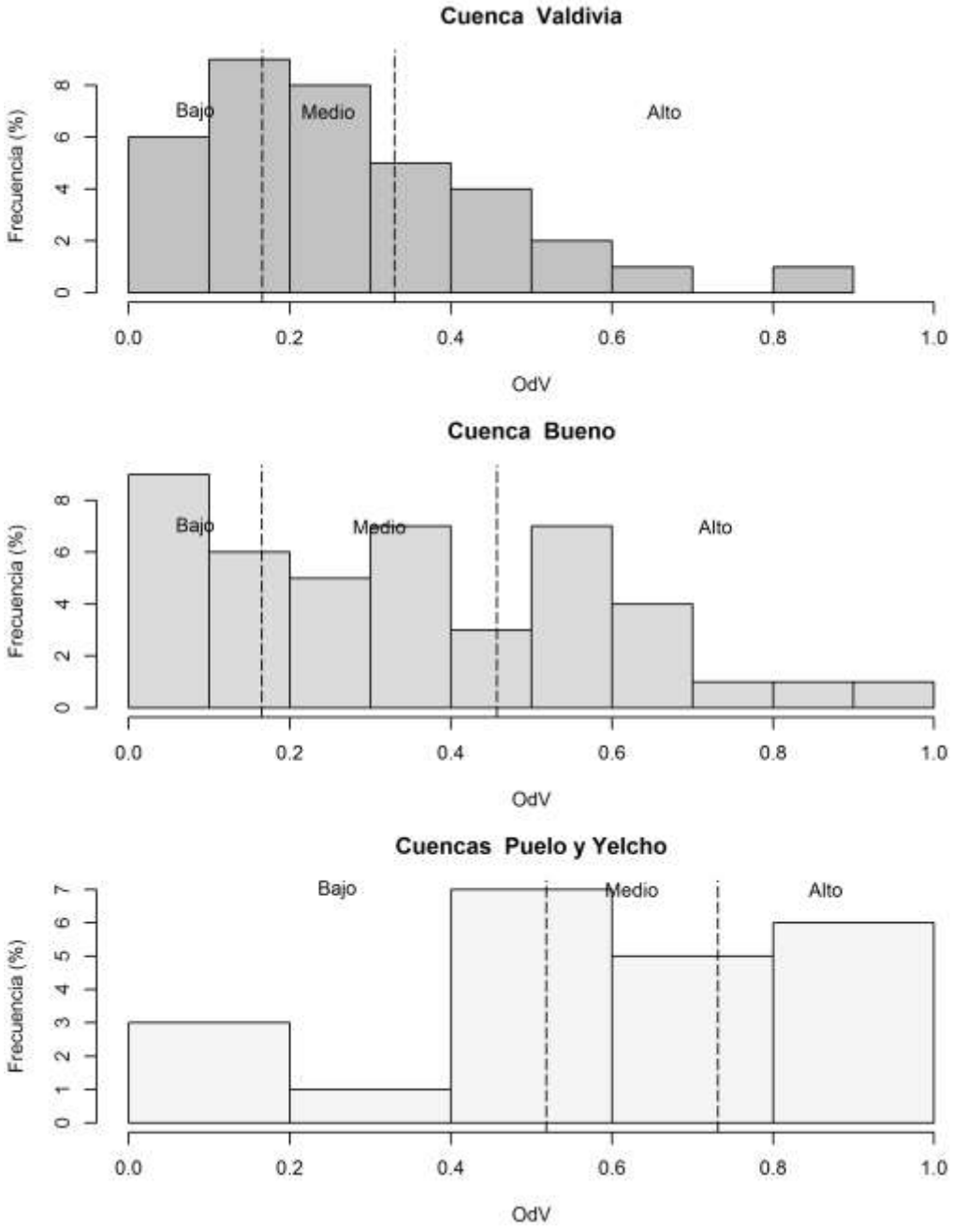
Tabla 5.44. Resumen OdV comunidades fluviales con baja presencia de especies exóticas

Cuenca	Cantidad de SSC			Superficie total con respecto a la cuenca principal (%)		
	Baja	Media	Alta	Baja	Media	Alta
Valdivia	12	12	12	34	33	33
Bueno	15	14	15	34	31	34
Puelo	4	5	4	31	38	31
Yelcho	3	2	4	22	33	45

Fuente: elaboración propia

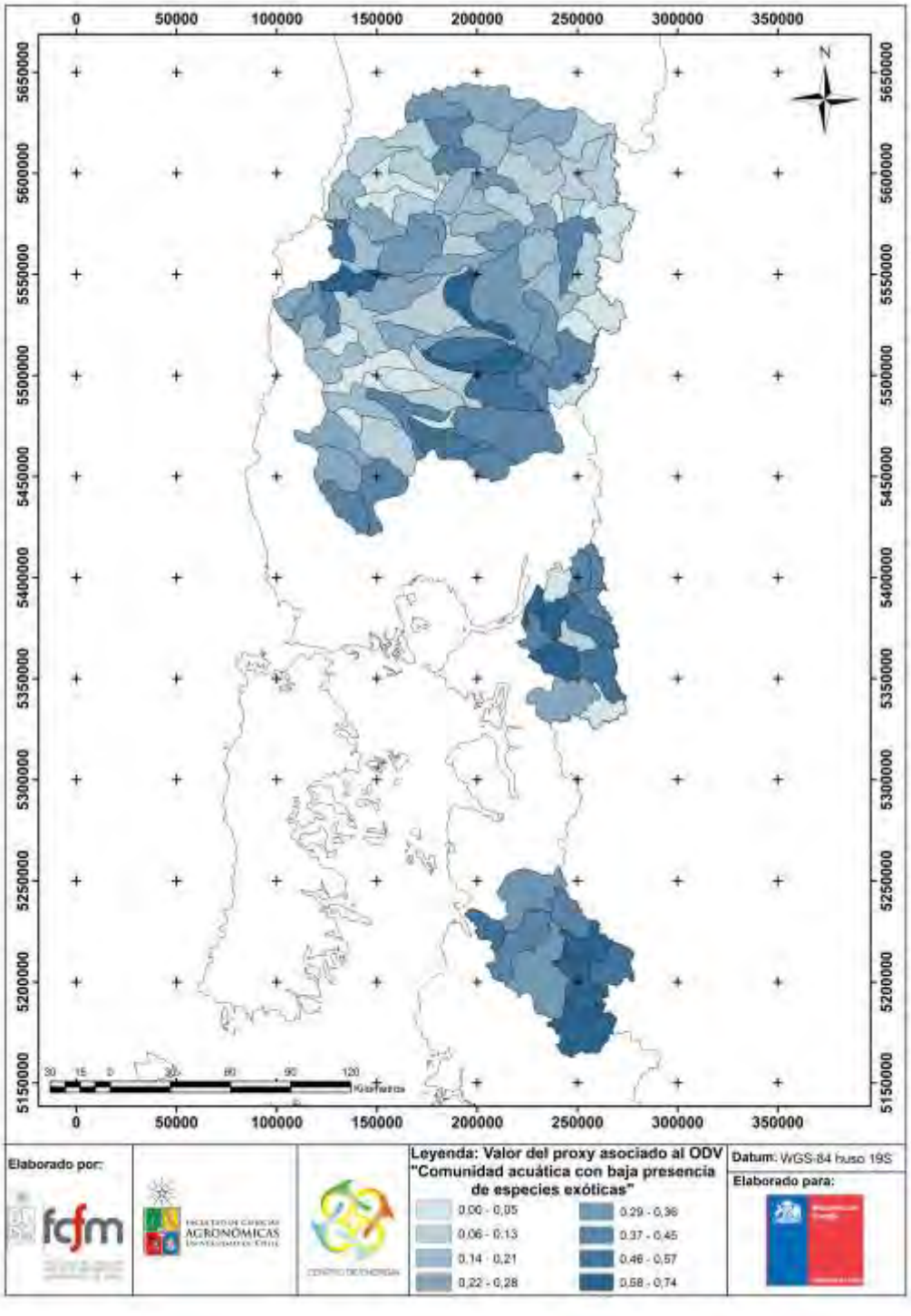
Al observar el histograma de frecuencias (Figura 5.29), observamos que en las cuencas Valdivia y Bueno, los picos de los valores se acercan al 0,2, mientras que en las cuencas de Puelo y Yelcho, valores entre 0,5 y 1 presentan similar frecuencia de datos.

Figura 5.29. Histograma de frecuencias de OdV Comunidades fluviales con baja presencia de especies exóticas.



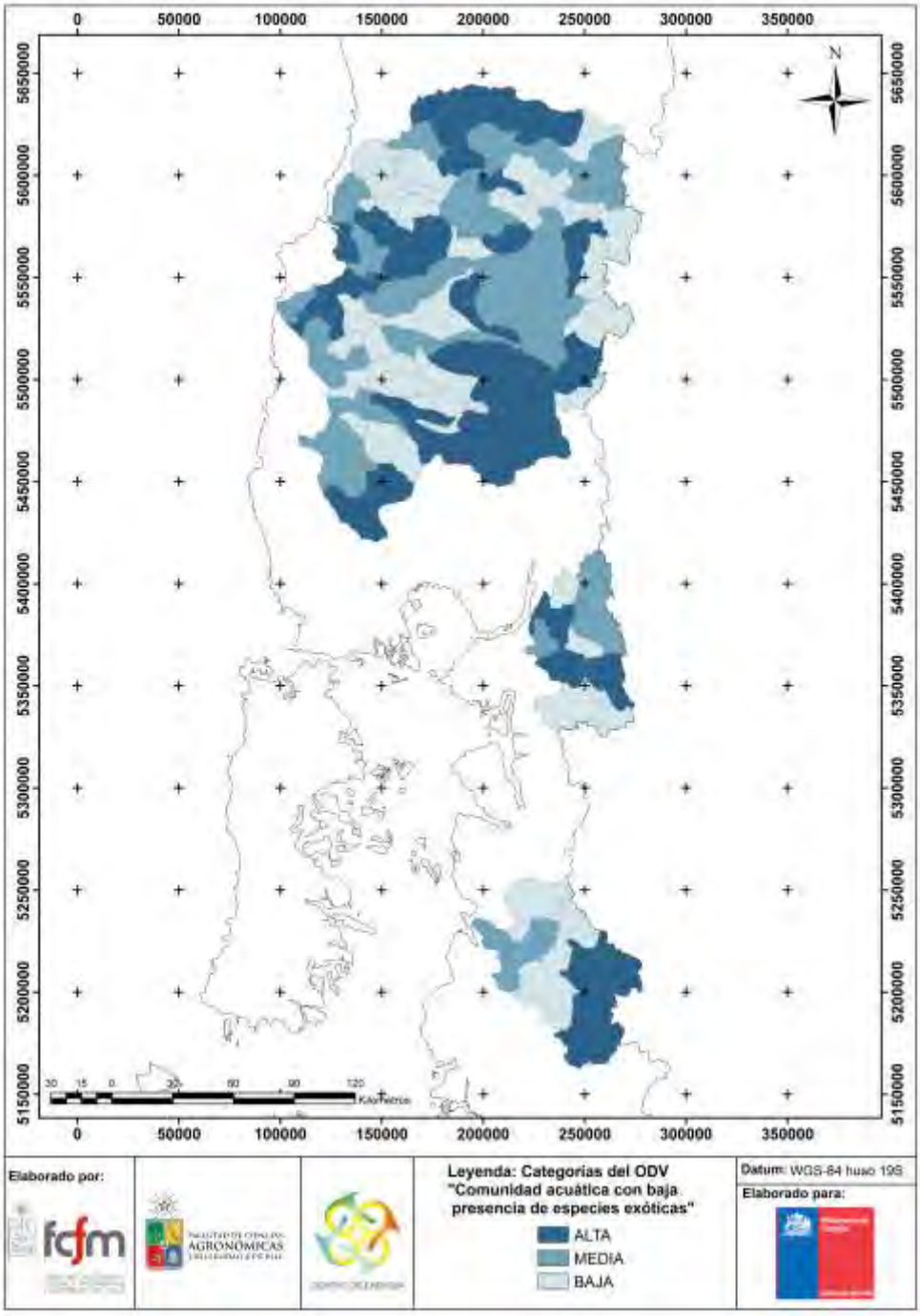
Fuente: elaboración propia

Figura 5.30. Valor del OdV Comunidades fluviales con baja presencia de especies exóticas



Fuente: elaboración propia

Figura 5.31. Categorías de valoración de OdV Comunidades fluviales con baja presencia de especies exóticas



Fuente: elaboración propia.

Análisis y recomendaciones

La modelación desarrollada para la generación del proxy, presenta varias características que destacan sus fortalezas: 1.- incluye todas las especies en categoría de amenaza presentes en el área de estudio. 2.- el algoritmo de modelación, en los 5 casos, representa modelos que consideran al tramo de río como unidad de estudio, representando modelos dedicados a especies dulceacuícolas. 3.- las variables predictoras representan el modelo jerárquico de organización de sistemas fluviales (Frissell et al., 1986), integrando variables a nivel intercuencas, intracuenca y a nivel de tramo. 4.- se incluyeron variables antrópicas al modelo, aproximándose de mejor manera a la distribución actual de la especie. Todas están características otorgan gran validez el trabajo realizado, respondiendo coherentemente ante los objetivos propuestos.

Destaca la baja cantidad de presencias registradas para especies invasoras. Generalmente, existe la idea de una gran abundancia de estas especies en los ríos del sur de Chile. Sin embargo, no se dispone de una cantidad datos que pueda validar su presencia, por lo que la potencial distribución de *Ciprinius carpio*, *Oncorhynchus kisutch*, *Oncorhynchus tshawytsha* y *Salmo salar* no pudo ser integrada al presente OdV, representando una de sus mayores falencias.

La distribución de valores en el mapa presenta diversas interpretaciones. En primer lugar, la desembocadura del río Valdivia, que en anteriores OdVs registró altos valores de endemismo y especies en categoría de amenaza, ahora presenta una gran densidad con presencia de especies exóticas, representando la gran presión y valor que existe sobre aquellos ecosistemas. La gran densidad de tramos sin presencia de exóticas en Yelcho y Puelo, es debido a que, particularmente los modelos de ambas especies arrojan valores de presencia solo en torno a cauces principales, por lo que existen gran cantidad de tramos menores sin estas especies, aumentando la valoración del OdV en estos sectores. Ciertas SSC de la cuenca bueno presentan particulares valores altos de este OdV, resultado interesante al momento de identificar SSC con alta presencia de especies endémicas y baja presencia de exóticas, en cuencas altamente intervenidas

La inclusión del presente OdV permite obtener una visión general de la distribución potencial de las especies invasoras fluviales en Chile, información que al ser evaluada en conjunto con la distribución de especies endémicas, posibilita determinar SSC con altos niveles de endemismos y bajo nivel de amenaza de especies exóticas, siendo información valiosa para la gestión de proyectos hidroeléctricos.

Del mismo modo, es necesario contar con mayor información de las especies exóticas existentes en el área de estudio que permitan realizar los modelos y tener mayor cantidad de especies en este OdV.

5.2.1.12 **OdV *F-12 Áreas fluviales críticas para la conservación de la biodiversidad***

Introducción

La pérdida de biodiversidad es uno de los principales problemas ambientales producto de la actividad antrópica (Channell y Lomito 2000). Evitar la pérdida de diversidad biológica en cada una de sus escalas geográficas, es uno de los objetivos fundamentales en el ámbito de la conservación (Kerley *et al.,* 2003).

Este OdV reúne áreas críticas fluviales para la conservación de la diversidad o singularidad de las especies. En este contexto, se reconocen distintos tipos de áreas que podrían incluirse en este OdV: áreas de uso temporal de importancia para la reproducción o refugio de especies, áreas con alta diversidad de especies en comparación al resto de la región, áreas que resguarden variedades genéticas de interés de ciertas especies.

Se ha realizado una revisión bibliográfica y consulta a distintos expertos de la comunidad científica para la identificación de posibles áreas críticas fluviales para la conservación. En este contexto, se han logrado identificar áreas que representan valores particulares dentro de un río, debido a que aumentan significativamente la diversidad de hábitats en un tramo, tal como la presencia de *oxbow lakes* e islas vegetacionales en los tramos de río.

Determinar la distribución y superficie que abarca este tipo de áreas resulta de gran importancia para la planificación de políticas y medidas que permitan proteger estas zonas de gran importancia para la biodiversidad y de distribución reducida.

Este OdV podría ser subdividido en varias categorías, pero para ello se debiese contar con diversa información espacializada, a nivel nacional y a nivel de especies, respecto de sitios de reproducción, filogeografía, conductas de forrajeo, interacción con otras especies, etc. En general, esta información existe para una reducida cantidad de especies, y ésta no siempre incluye su distribución completa, dificultando su ingreso al presente estudio.

En la literatura pertinente no es posible encontrar información para definir rangos que se ajuste al OdV realizado, tanto a nivel ecológico como legal. Es por esto que se utilizara la distribución de frecuencias de los valores del OdV para definir los rangos a utilizar.

El presente OdV pretende integrar en el trabajo, distintas áreas fluviales críticas para la conservación de especies, que resguarden de alguna forma la viabilidad de comunidades de alta diversidad, la reproducción de ciertas especies de interés o la viabilidad de ciertas poblaciones altamente singulares.

Tabla resumen

En la Tabla 5.45 se presenta un resumen de las características más relevantes del OdV.

Tabla 5.45.Tabla resumen de características relevantes de este OdV

Número y nombre del OdV **OdV F 12 Áreas fluviales críticas para la conservación de la biodiversidad**		
Definición **Áreas fluviales críticas para la conservación de especies.**		
Variable descriptora o Proxy	**Tipo y Fuente de información**	
Superficie de áreas por SSC de oxbow lakes, islas y franja ripariana por tramo de río.	Información secundaria	• Red hidrográfica DGA
	Fuente secundaria	• Cartografía Red hidrográfica DGA
	Información primaria	• Características morfológicas, fluviales y presencia de obras civiles en el área de estudio.
	Fuente primaria	• Información sobre condiciones físicas y obras civiles, recabadas para cada tramo fluvial y obtenidas a través del análisis de imágenes satelitales (Google Earth) (Anexo 13.7)

Fuente: elaboración propia

Metodología

Se obtuvo información de la presencia de Oxbow lakes e islas por tramo de río mediante el análisis de imágenes satelitales de Google Earth™ (Anexo 13.7). Para cada tramo se obtuvo información respecto de la cantidad de islas y la cantidad de oxbow lakes. Se calculó la densidad relativas por cada tramo (Número de de oxbow lakes en el tramo ponderado por la longitud del tramo, de igual forma se aplicó para las islas). Posteriormente se sumaron las densidades relativas para cada SSC y finalmente, el valor obtenido de la sumatoria se pondero por la cantidad de tramos presente en la SSC, obteniendo una densidad promedio por SSC (N° de oxbow lakes e islas por km de tramo).

$$\text{Densidad promedio} = \frac{\sum N°_{oxbow}/Long_{tramo} + N°_{islas}/Long_{tramo}}{N°_{tramos\ en\ la\ SSC}}$$

Finalmente, se generaron las categorías de valoración de la densidad de dichas áreas encada uno de los tramos definidos y se dividió por el máximo valor de cada cuenca. De esta forma, se obtuvo un índice por cuenca y escalado con valor máximo igual a uno. La definición de las categorías se realizó en base a un análisis de distribución del valor del índice en cada cuenca. Cabe señalar que por la cantidad de SSC en las cuencas del río Puelo y Yelcho, éstas se sumaron y se consideraron como un único grupo de cuencas. De esta forma, se obtuvo un índice por cuenca para Valdivia, otro para la cuenca del río Bueno y otro para las dos cuencas restantes (Puelo y Yelcho).

Resultados

El 84 % de las SSC presentaron valores para este OdV, siendo el valor máximo 0,354 en la cuenca del rio Bueno y el valor mínimo 0,003 presente en la cuenca del rio Valdivia. El valor promedio para las cuencas de estudio corresponde a 0,101. La cuenca que exhibe los mayores valores corresponde a la del río Puelo con un promedio de 0,172. Proporcionalmente, la cuenca con menores valores es la del río Valdivia con un promedio de 0,087. La definición de las categorías se muestra en la Tabla 5.46 y en la Tabla 5.47 se muestra la cantidad de SSC en cada categoría junto con el porcentaje del área de la cuenca que representa cada categoría.

Tabla 5.46. Definición de categorías de valoración por cuenca

Cuencas	Categorías			
	Nula	Baja	Media	Alta
Valdivia	OdV = 0	0<OdV≤0,223	0,223<OdV≤0,350	0,350<OdV
Bueno	OdV = 0	0<OdV≤0,056	0,056<OdV≤0,240	0,240<OdV
Yelcho-Puelo	OdV = 0	0<OdV≤0,341	0,341<OdV≤0,632	0,632<OdV

Fuente: elaboración propia

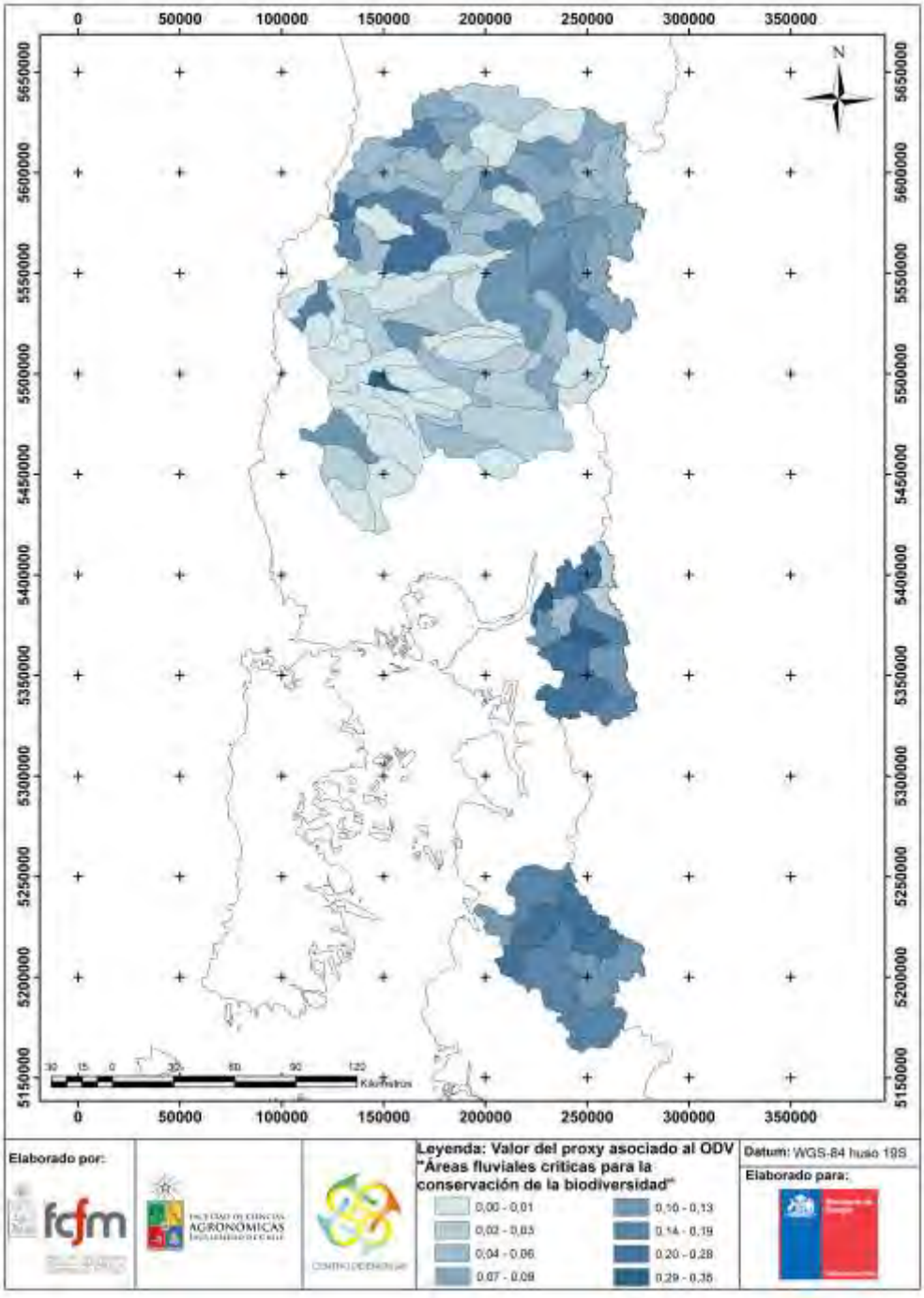
Tabla 5.47. Resumen OdV áreas fluviales críticas para la conservación de la biodiversidad

Cuenca	Cantidad de SSC				Superficie total con respecto a la cuenca principal (%)			
	Nula	Baja	Media	Alta	Nula	Baja	Media	Alta
Valdivia	3	11	11	11	10,7	35,2	29,5	24,1
Bueno	13	11	10	10	24,2	27,0	27,2	21,4
Puelo	-	4	4	5	-	21,0	48,0	31,0
Yelcho	-	3	4	2	-	23,5	56,9	19,6

Fuente: elaboración propia

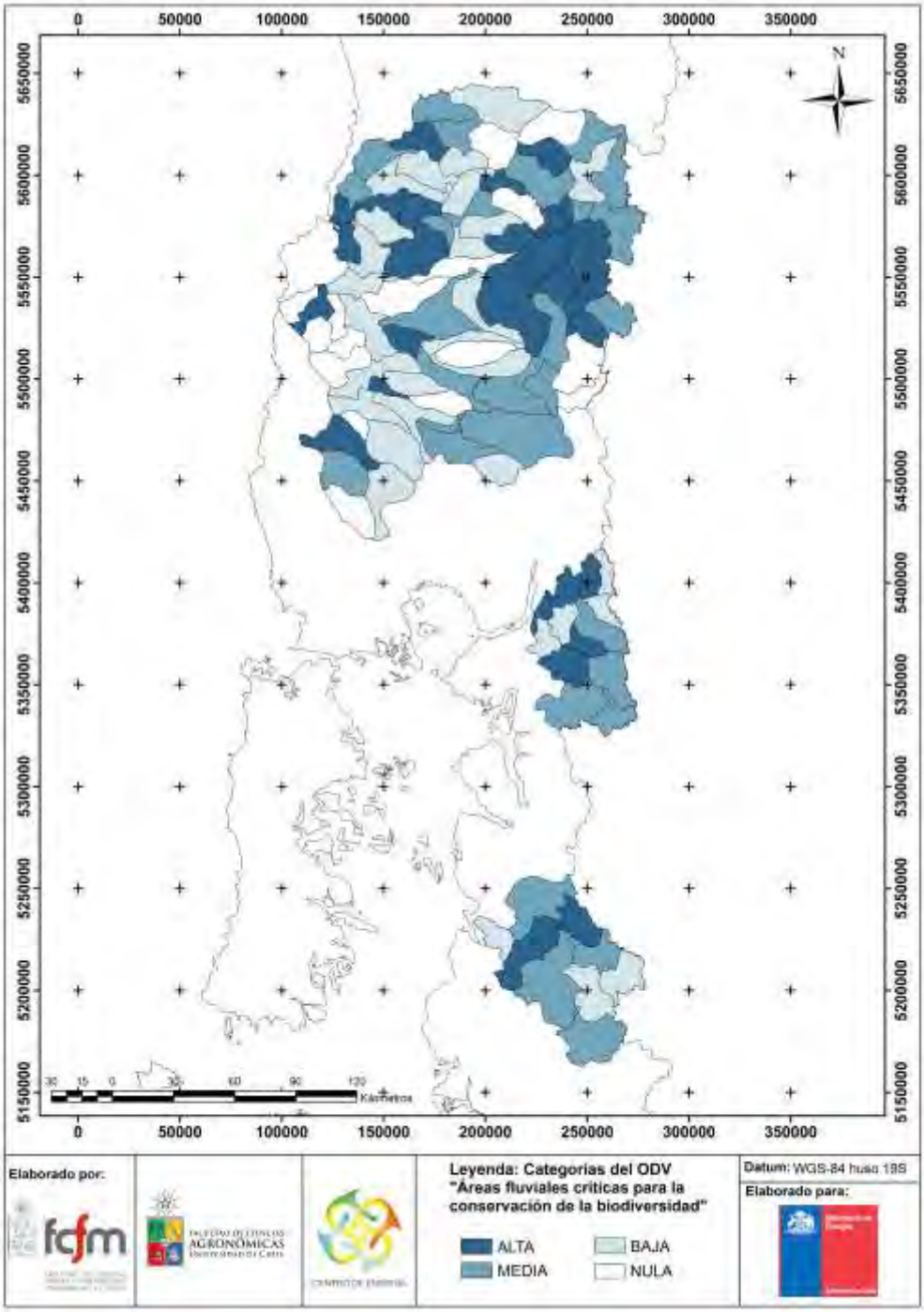
Se muestra en la Figura 5.32 el valor del proxy en cada SSC y en la Figura 5.33 las SSC pertenecientes a cada categoría.

Figura 5.32. Valor del OdV Áreas fluviales críticas para la conservación de la biodiversidad en cada SSC



Fuente: elaboración propia

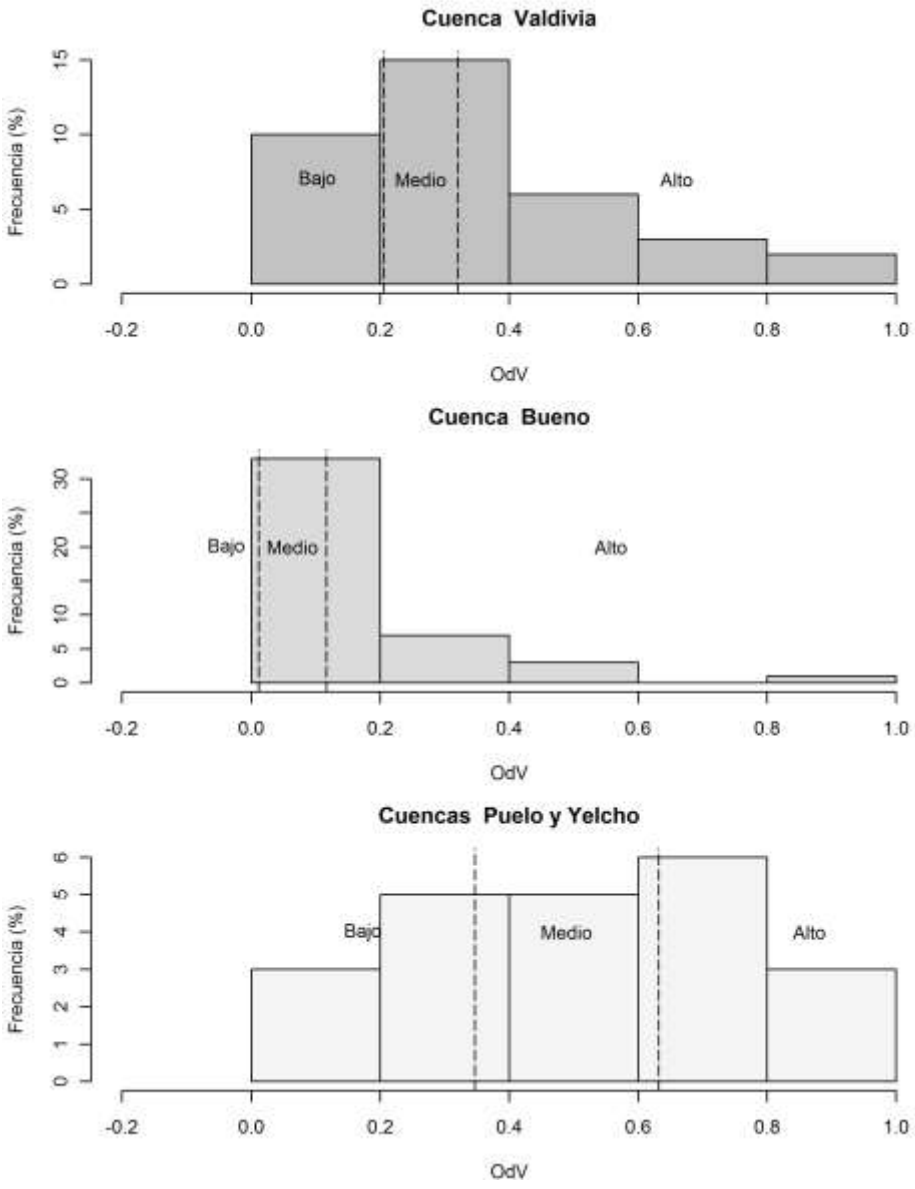
Figura 5.33. Categorías del OdV en cada SSC



Fuente: elaboración propia

En la Figura 5.34 destaca la situación de la cuenca del rio Yelcho, la cual no posee superficie en categoría Nula y además el 31 % de su superficie cae en la categoría Alta, siendo este valor el mayor dentro de las 4 cuencas. Por el contrario, la cuenca del Bueno posee el mayor porcentaje de superficie con categoría Nula (24.2 %) y tiene el segundo valor más bajo de la categoría Alta.

Figura 5.34. Distribución de frecuencia de valoración para cada SSC



Fuente: elaboración propia

Análisis y recomendaciones

Este OdV logra rescatar un valor a una escala espacial intermedia entre especies y ecosistemas, respecto de los demás OdV de tipo fluvial. A microescala, se cuenta con los OdV a nivel de especies fluviales, construidos con las presencias de especies georeferenciadas. A mesoescala (1-10 km), se dispone de los OdV que cuantifican la ausencia de fragmentación del corredor ripariano y el cauce del río por SSC. Luego, a macroescala (10-100 km) se construyeron los OdV que representan el régimen fluvial y de transporte de sedimentos a nivel de cuenca. Finalmente, el presente OdV se define a una mesoescala, del orden de 1 km, evaluando la presencia de hábitats particulares en todos los tramos de ríos presentes en las SSC. Así, se consideran en el estudio las diversas escalas espaciales que pueden representar valores para los ecosistemas fluviales.

Se debe hacer hincapié en la necesidad de obtención de mejor y mayor información para la determinación de este OdV en futuros estudios, para de esta forma agregar mayores superficies de este tipo de áreas.

En términos generales, a través del proxy propuesto, fue posible integrar los sitios puntales de concentración de biodiversidad a microescala.

A modo de resumen se destacan las cuencas de los ríos Yelcho y Puelo, las cuales presentan los mayores valores promedios del OdV, mayores números de SSC con rango alto, y altos porcentajes de cobertura de superficie por cuenca.

5.2.1.13 *OdV F-13 Ecosistemas lacustres*

Introducción

Al igual que en los ecosistemas terrestres, los lagos presentan propiedades de resiliencia y de resistencia al cambio, por lo que pueden volver a su estado original cuando se le interviene moderadamente. Sin embargo, una vez que estas propiedades se ven sobrepasadas es muy probable que el cuerpo lacustre no vuelva a su estado original, viéndose afectada la biodiversidad de especies que contiene al cambiar la calidad del hábitat (Sánchez *et al.,* 2007).

Según el volumen del lago, éste tiene un límite de dilución y de degradación de contaminantes, el cual una vez sobrepasado genera deterioros significativos en el ecosistema. En concordancia con lo anterior, los lagos pequeños son más susceptibles al deterioro que aquellos de mayor tamaño (Sánchez *et al.,* 2007).

La biodiversidad de especies que contienen los lagos aumenta con la heterogeneidad morfológica de éste, ya que así se genera una mayor variedad de hábitats disponibles para distintas especies acuáticas y riparianas. Por ejemplo, la vegetación palustre y macrófitas favorecen la presencia de

aves acuáticas que emplean este tipo de vegetación como refugio, sitio de nidificación y de alimento. Así también, los peces de ecosistemas lacustres se ven favorecidos por el aumento de la superficie somera de los lagos ya que aumenta la cantidad de alimento disponible y los sitios de refugio.

El desarrollo de centrales hidroeléctricas ya sean de paso o con embalse implica alteraciones sobre los ríos, usualmente generan un efecto barrera al cortar la continuidad del sistema fluvial para el paso de organismos, desechos leñosos, sedimentos, materia orgánica, etc. Las mayores alteraciones recaen en los tramos aguas abajo de la presa o bocatoma al alterar el régimen hidrológico, el trasporte de sedimentos, y la calidad del agua (temperatura, oxígeno, materia orgánica y turbidez). Puesto que algunos ríos desembocan en lagos, éstos también se verían afectados si se desarrollasen hidroeléctricas aguas arriba: cambio en el nivel normal del agua (horaria y estacional), cambio en los procesos erosivos producto de estas variaciones, cambio en la circulación interna del lago y en los procesos de mezcla y estratificación, entre otros.

A pesar de que los lagos tienen una capacidad amortiguadora de las crecidas, lo que es favorable para las hidroeléctricas (al disminuir los impactos aguas abajo), éstos son ecosistemas acuáticos que conllevan procesos y funciones biológicas, físicas y químicas para el desarrollo de los seres vivos, y que además proveen de servicios ecosistémicos indispensables para los seres humanos. Por ende, en este estudio se pretende identificar los sistemas lacustres con condiciones naturales que podrían ser importantes para la biodiversidad de especies.

El objetivo de este OdV es darle valor a las SSC que contienen lagos en condiciones naturales con mayor heterogeneidad de hábitat someros.

Tabla resumen

En la Tabla 5.48 se presenta un resumen de las características más relevantes del OdV.

Tabla 5.48.Tabla resumen de características relevantes de este OdV

Número y nombre del OdV **F13 Ecosistemas lacustres**		
Definición **Características ecológicas del habitat lacustre sin intervención.**		
Variable descriptora o Proxy	**Tipo y Fuente de información**	
Índice de naturalidad de cuerpos lacustres en base a la ponderación del perímetro de los cuerpos lacustres, el grado de naturalidad fisicoquímica, naturalidad del régimen hidrológico y naturalidad del régimen de sedimentos. Escalamiento a nivel de SSC.	Información secundaria	• Sistemas lacustres de la DGA.
	Fuente secundaria	• Cartografía de los cuerpos de agua de la DGA.
	Información primaria	• Nivel de alteración sobre condición natural de calidad físico-química del agua (OdV F-9) • Nivel de alteración sobre el régimen de sedimentos (OdV F-4) • Nivel de alteración sobre régimen hidrológico (OdV F-3).
	Fuente primaria	• OdV Régimen hidrológicamente no alterado (F-3) • OdV Régimen de sedimentos no alterado (F-4) • OdV Sistemas fluviales con condiciones naturales de calidad físico-química del agua (F-9)

Fuente: elaboración propia

Metodología

La diversidad de hábitats someros se asoció al perímetro del cuerpo de agua (lagos y lagunas). Éste se determinó en base a la cobertura espacial de cuerpos lacustres de la Dirección General de Aguas.

El grado de naturalidad de cada lago se estimó según el nivel de alteración sobre el régimen de sedimento y el régimen hidrológico de los afluentes del lago (de acuerdo a resultados del ODV F-3 y el ODV F-4). Así también se estimó la calidad fisicoquímica de los cuerpos de agua según las fuentes contaminantes presentes/ausentes en la cuenca aportante del lago en estudio.

Para estimar las alteraciones sobre los lagos se empleó la información elaborada en otros OdV: a) OdV régimen de sedimento no alterado (F-4), el cual considera los embalses y las extracciones de áridos; b) OdV régimen hidrológicamente no alterado (F-3), el cual considera la presencia de embalses y bocatomas; c) OdV sistemas fluviales con condiciones naturales de calidad fisicoquímica (F-9), el cual considera las fuentes de contaminación difusa y puntual.

Para estimar el efecto sinérgico de los OdV evaluados sobre cada sistema lacustre se utilizó como unidad de estudio la cuenca aportante del cuerpo de agua.

Para la construcción del proxy se aplicó un índice de naturalidad para cada lago, el cual consistió en la sumatoria de los siguientes índices: perímetro del lago, calidad fisicoquímica, régimen natural de sedimento, y régimen hidrológico natural (*Ecuación 5*).

$$I_{nat\_lago_i} = I_{perímetro_i} + I_{calidad\_fisicoq_i} + I_{nat\_sedimentos_i} + I_{nat\_hidrológico_i} \quad \textit{Ecuación 5}$$

Donde:

$I_{nat\_lago_i}$: índice de naturalidad del cuerpo lacustre "i"

$I_{perímetro_i}$: índice asociado al perímetro del cuerpo lacustre "i"

$I_{calidad\_fisicoq}$: índice de calidad fisicoquímica de los afluentes al lago, obtenido como el promedio del valor del ODV de todos los afluentes al cuerpo lacustre.

$I_{nat\_sedimentos}$: índice de naturalidad del régimen de sedimentos de los afluentes al lago, obtenido como el promedio del valor del ODV de todos los afluentes al cuerpo lacustre.

$I_{nat\_hidrológico}$: índice de naturalidad del régimen hidrológico de los afluentes al lago, obtenido como el promedio del valor del ODV de todos los afluentes al cuerpo lacustre.

Cada índice adopta valores enteros desde el 1 al 3 (de menor a mayor naturalidad), según los valores máximos y mínimos (en bruto) obtenidos en cada cuenca De esta forma, según el índice de naturalidad del cuerpo lacustre, un lago con valor 12 indicaría un lago muy natural y de gran tamaño (respecto a su cuenca aportante).

Posteriormente, los valores de los lagos se normalizaron de 0 a 1 según los máximos valores obtenidos en cada cuenca.

Para obtener el valor del OdV a nivel de SSC, se promediaron los índices de naturalidad de todos los lagos comprendidos en la misma SSC.

Finalmente, se generaron las categorías de clasificación de la valoración de la conectividad no alterada de cada uno de los tramos definidos y se dividió por el máximo valor de cada cuenca. De esta forma, se obtuvo un índice por cuenca y escalado con valor máximo igual a uno. La definición de los rangos se realizó en base a un análisis de distribución del valor del índice en cada cuenca. Cabe señalar que por la cantidad de SSC en las cuencas del río Puelo y Yelcho, éstas se sumaron y se consideraron como un único grupo de cuencas.

Con estos valores a nivel de SSC se generaron los rangos Alto, Medio y Bajo para cada cuenca (Valdivia, Bueno, y Yelcho-Puelo), de tal forma que cada rango se conformó con la misma cantidad de datos. La categoría No Aplica (N/A) se le atribuye a las SSC sin sistemas lacustres.

Resultados

En la Tabla 5.49 se muestran los valores del proxy adoptados para la definición de categorías de este OdV.

Tabla 5.49. Valores a nivel de SSC que conforman cada categoría de valoración

Cuencas	Categorías			
	NA	Bajo	Medio	Alto
Valdivia	-	$0 < x < 0{,}85$	$0{,}85 \leq x < 0{,}91$	$0{,}91 > x \leq 1$
Bueno	-	$0 < x < 0{,}90$	$0{,}90 \leq x < 0{,}91$	$0{,}91 \leq x \leq 1$
Yelcho-Puelo	-	$0 < x < 0{,}91$	$x = 0{,}91$	$0{,}91 < x \leq 1$

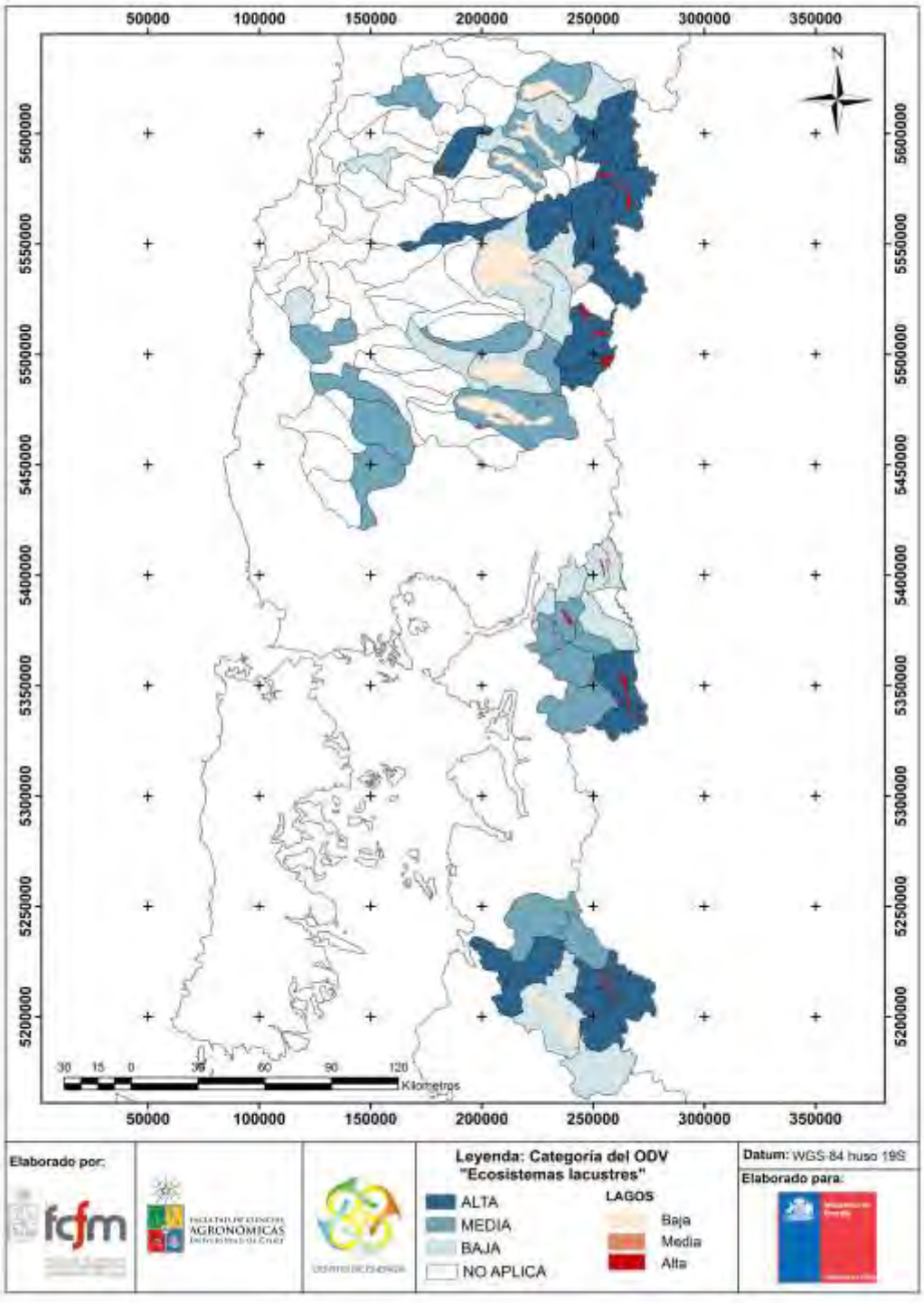
Fuente: elaboración propia

En la Figura 5.35 se puede apreciar que las SSC de cabecera poseen un valor alto de naturalidad de los lagos, lo que puede deberse a lagos con cuencas aportantes de menor tamaño y con menor cantidad de fuentes contaminantes. En la figura también se pueden apreciar las categorías obtenidas por cada lago o laguna, siendo evidente que los lagos de mayor tamaño obtuvieron menor valoración, debido posiblemente al gran tamaño de las cuencas aportantes (mayor superficie de contaminación difusa), al desarrollo urbano y de poblados en torno a los lagos y afluentes, y las alteraciones sobre el régimen hidrológico y de sedimento aguas arriba.

Cabe señalar que sólo es posible comparar SSC con otras SSC pertenecientes a la misma cuenca. En la Figura 5.36 se aprecian los valores de naturalidad de los sistemas lacustres por SSC.

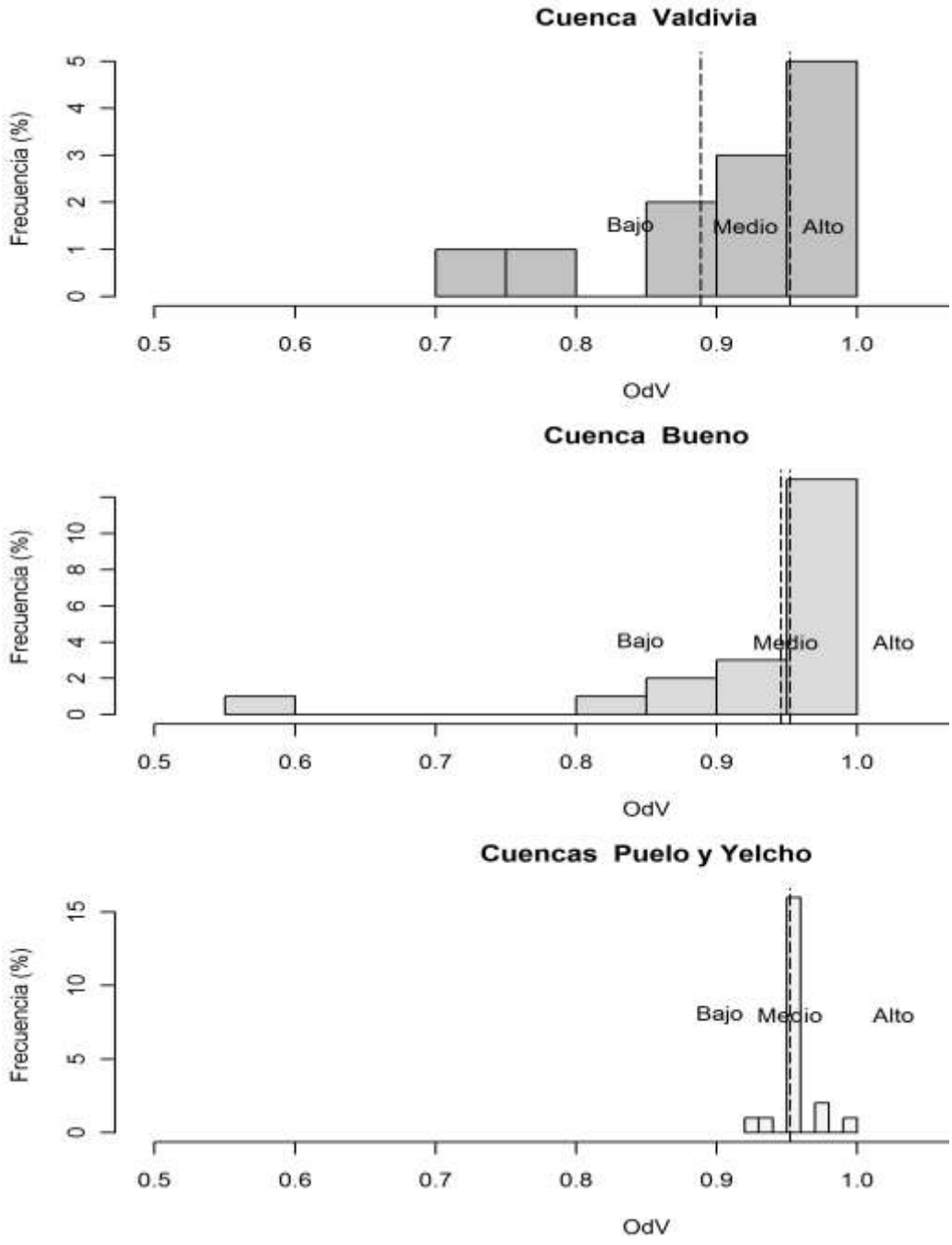
En general la mayoría de las SSC obtuvieron valores de naturalidad sobre 0,9, lo que indica un alto grado de naturalidad en todas las cuencas. Debido a esto, los rangos no son concordantes con los valores de las SSC al conformarse con la misma cantidad de datos (ver Tabla 5.50), como puede apreciarse en las categorías Media y Alta en las cuencas del Bueno y Puelo-Yelcho.

Figura 5.35. Mapa de categorías de valoración resultantes a nivel de SSC y por Lago del ODV



Fuente: elaboración propia

Figura 5.36. Histogramas de frecuencia de valores del ODV_SCC por cada cuenca.



Fuente: elaboración propia

Cabe señalar, nuevamente, que las cuencas Puelo y Yelcho se consideraron como una unidad para el desarrollo de este ODV, aun así en la Tabla 5.50 se muestra el resumen de los resultados para ambas cuencas, en donde cada rango quedó conformado por 7 SSC.

Tabla 5.50. Resumen OdV Ecosistemas lacustres.

Cuenca	Cantidad de SSC				Superficie total con respecto a la cuenca principal (%)			
	Alta	Media	Baja	NA	Alta	Media	Baja	NA
Valdivia	4	4	4	24	14	15	9	62
Bueno	7	7	6	24	16	21	18	45
Puelo	2	5	5	1	20	44	31	5
Yelcho	5	2	2	0	43	22	35	0

Fuente: Elaboración propia

Análisis y recomendaciones

En términos generales, a través del proxy propuesto fue posible integrar diferentes aspectos de los sistemas fluviales: disponibilidad de hábitat, naturalidad físico-química, y naturalidad de los regímenes hidrológicos y de sedimento. Como resultado, se obtuvieron índices congruentes con otros OdV, en donde los sectores cordilleranos mostraron un mayor grado de naturalidad, al igual que en las cuencas Puelo y Yelcho con todas las SSC con valores sobre 0.9.

Sobre la distribución de los índices por cuenca, en Puelo y Yelcho los valores se concentraron desde el valor 0,9 al 1; en la cuenca del Bueno los valores se distribuyeron desde 0,5 al 1, concentrándose entre el 0,9 y el 1; en la cuenca del Valdivia los valores se distribuyeron desde el 0,7 al 1, aunque la concentración de los valores no fue tan abrupta como en las otras cuencas, siendo la única cuenca en donde los rangos se hicieron más evidentes.

Sin embargo, la generación del proxy conlleva un gran número de supuestos dada la información disponible, lo que podría generar una subestimación o sobreestimación de la calidad del agua. Por ende, a modo de recomendación, se sugiere aumentar la cantidad de estaciones de monitoreo de la calidad del agua y del nivel del agua en los lagos y lagunas del país, así también en sus afluentes para determinar de mejor forma la fuente de los impactos.

A modo de resumen, se aprecia que las cuencas del Río Yelcho y Puelo, presentan SSC asociadas a lagos con un elevado grado de naturalidad (cercano al 60% de la superficie de la cuenca entre medio y alto). Las cuencas Bueno y Valdivia presentan menor valoración de estos ecosistemas lacustres debido al elevado grado de intervención de las cuencas ubicadas aguas arriba.

5.2.1.14 **OdV *F-14 Glaciares***

Introducción

Un sexto de la población mundial, y un cuarto de su producto interno bruto, reside en áreas que dependen del derretimiento de las nieves y glaciares para su suministro de agua (Schaner *et al.*, 2012). Además de representar importantes reservas de agua dulce, los glaciares son también relevantes pues ayudan a regular el régimen hidrológico, poseen valor cultural y paisajístico, presentan características ecosistémicas únicas, e incluso pueden ser utilizados como indicadores de cambio climático. Es por esto que se consideran de importancia para ser incluidos como un OdV.

Aparte del calentamiento global, los glaciares son afectados por desarrollos económicos ocasionales, especialmente asociados a proyectos mineros (Kronenberg, 2013). La probabilidad que una central hidroeléctrica afecte directamente un glaciar es baja, ya que probablemente se emplace aguas abajo de éste. Sin embargo, pudiese ocurrir que obras de tuberías de trasvasije o tendidos eléctricos deban remover sectores del glaciar para ser instaladas.

En consecuencia, las funciones que provee un glaciar al ecosistema y a su sociedad, en conjunto con las posibles afecciones que podrían estar sometidos productos del emplazamiento de un proyecto hidroeléctrico, justifican su inclusión como un objeto de Valor en el territorio, es decir, como un OdV.

Dada la gran diversidad de valores usados para representar un glaciar, se podría estimar este OdV a través de diversas métricas: volumen del glaciar, regulación efectiva del caudal, biodiversidad relacionada al glaciar, valoración cultural o paisajística, reducción del volumen o superficie en los últimos años, etc. Sin embargo, debido a la complejidad y diversidad de los posibles enfoques de valoración, se decide utilizar una métrica general que pueda aproximar al resto de superficies de los OdVs terrestres.

Actualmente, el Gobierno de Chile cuenta con una base de datos cartográfica de glaciares que los describe según: superficie, volumen y tipo de glaciar. Ya que esta base de datos abarca todo el territorio nacional, representa la mejor fuente de información disponible en el tema y se considera como un proxy apropiado para el presente OdV.

Dado que las principales obras que pudiesen afectar a un glaciar por parte de proyectos hidroeléctricos hacen referencia a su ubicación y extensión, ratifica la consistencia de usar de la superficie de glaciar por SSC como proxy.

Respecto a los rangos de definición de las categorías de valoración a utilizar de los glaciares como OdV, no existe información bibliográfica que indique cuanta superficie de glaciar “deba” tener un

territorio. Si bien, generalmente se asocian a reservas de agua, en este caso las SSC no dependen directamente de glaciares para obtener agua potable, por lo que no podrían utilizarse referencias respecto del agua que podrían contener. Con todo, se considera que los rangos deben ser establecidos previo análisis de sensibilidad de los datos recopilados.

Tabla resumen

En la Tabla 5.51 se presenta un resumen de las características más relevantes del OdV.

Tabla 5.51.Tabla resumen de características relevantes de este OdV

Número y nombre del OdV **F 14 Glaciares**		
Definición **Presencia de Glaciares.**		
Variables descriptora o Proxy	**Tipo y Fuente de información**	
Superficie de glaciares por SSC.	Información secundaria	• Catastro de glaciares.
	Fuente secundaria	• Cartografía de glaciares de la DGA

Fuente: elaboración propia

Metodología

Se ponderó la superficie de glaciares para cada SSC, obtenida del catastro de glaciares del MMA, en función del área de la SSC.

Se consideró el valor máximo de superficie de cobertura de glaciares por cuenca, para generar un indicador el cual fue utilizado en la definición de los rangos. Este indicador consiste en la cociente entre el valor de superficie de cobertura de glaciares de cada SSC partido por el correspondiente valor máximo de la cuenca a la cual pertenece la SSC.

Con estos valores a nivel de SSC se generaron las categorías Alta, Media y Baja para cada cuenca de tal forma que cada rango se conformó con la misma cantidad de datos. La categoría No Aplica (N/A) se le atribuye a las SSC sin presencia de glaciares.

Resultados

Cerca del 68% de las SSC no presentaron valores para este OdV. El máximo para este OdV es el 15% de la SSC cubierta por glaciares, en la cuenca de Puelo. Las cuencas de Puelo y Yelcho presentan gran representación para este OdV, debido principalmente a su geografía abrupta, historia glacial y menores temperaturas. Como era de esperarse, todas las SSC valoradas con este

OdV se encuentran en la Cordillera de los Andes. Se muestra en la Tabla 5.52 los valores del proxy adoptados para la generación de las categorías.

Tabla 5.52.Rangos que definen las categorías de Valoración para el OdV Glaciares

Cuencas	Categorías de valoración			
	N/A	Baja	Media	Alta
Valdivia	OdV = 0	0<OdV≤0,240	0,240<OdV≤0,460	0,460<OdV
Bueno	OdV = 0	0<OdV≤0,040	0,040<OdV≤0,060	0,060<OdV
Yelcho-Puelo	OdV = 0	0<OdV≤0,030	0,030<OdV≤0,160	0,160<OdV

Fuente: elaboración propia

Cabe destacar la cuenca del Yelcho ya que un 55 % de su superficie corresponde a la categoría Alta, siendo este el valor mayor registrado, además de no poseer SSC con la categoría N/A. De igual manera resulta destacable el 33% de superficie perteneciente al rango Alto en la cuenca del rio Puelo. Por el contrario la cuenca del Valdivia posee el porcentaje de superficie de la categoría Alto más bajo (0,7%) y tiene la mayor superficie de cobertura del rango N/A (89%). Estos valores se muestran en la Tabla 5.53:

Tabla 5.53. Resumen OdV Glaciares

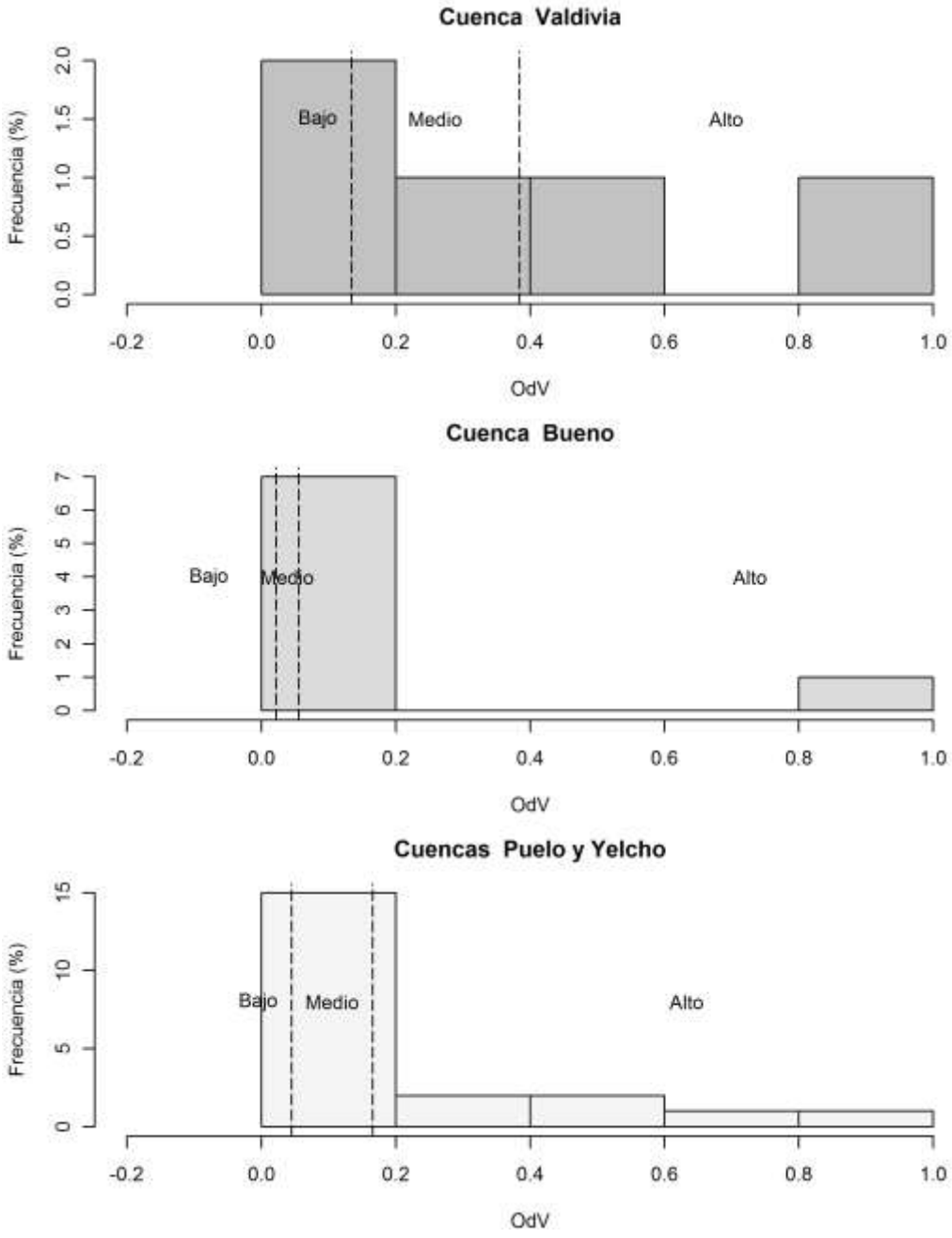
Cuenca	Cantidad de SSC				Superficie total con respecto a la cuenca principal (%)			
	N/A	Baja	Media	Alta	N/A	Baja	Media	Alta
Valdivia	31	2	2	1	89,6	2,4	7,3	0,7
Bueno	36	3	3	2	76,5	7,4	10,5	5,6
Puelo	1	5	4	3	4,6	31,3	30,5	33,6
Yelcho	-	2	3	4	-	13,4	31,4	55,2

Fuente: elaboración propia

En la Figura 5.37 se presenta el histograma con la distribución de los valores del proxy de este OdV por cuenca y la separación en categorías.

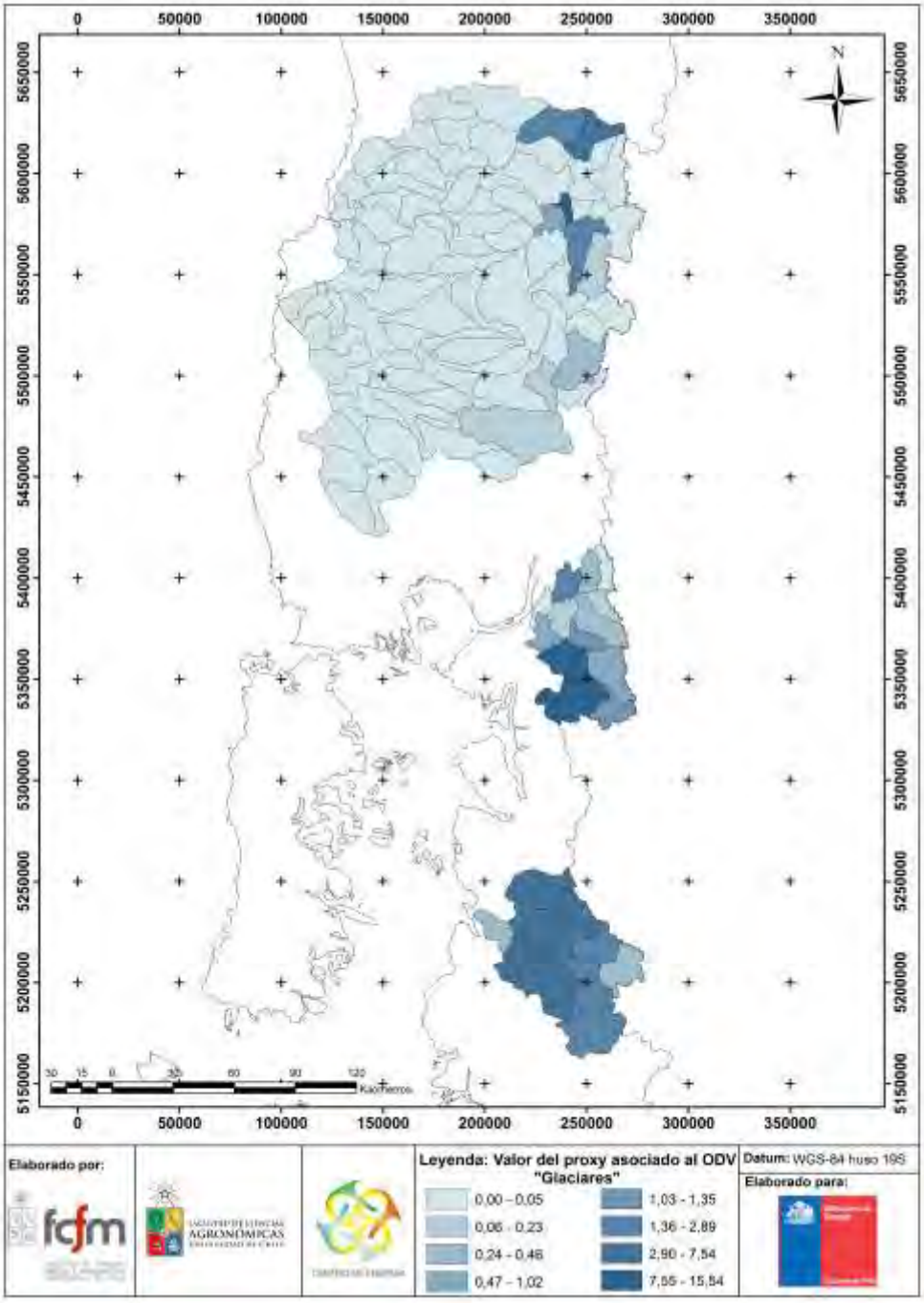
En la Figura 5.39, se muestra el mapa con las SSC que presentan glaciares y los valores del proxy asociados. En la Figura 5.40 se muestran las SSC con glaciares y las categorías a las que pertenecen.

Figura 5.38. Distribución de frecuencia de valoración para cada SSC



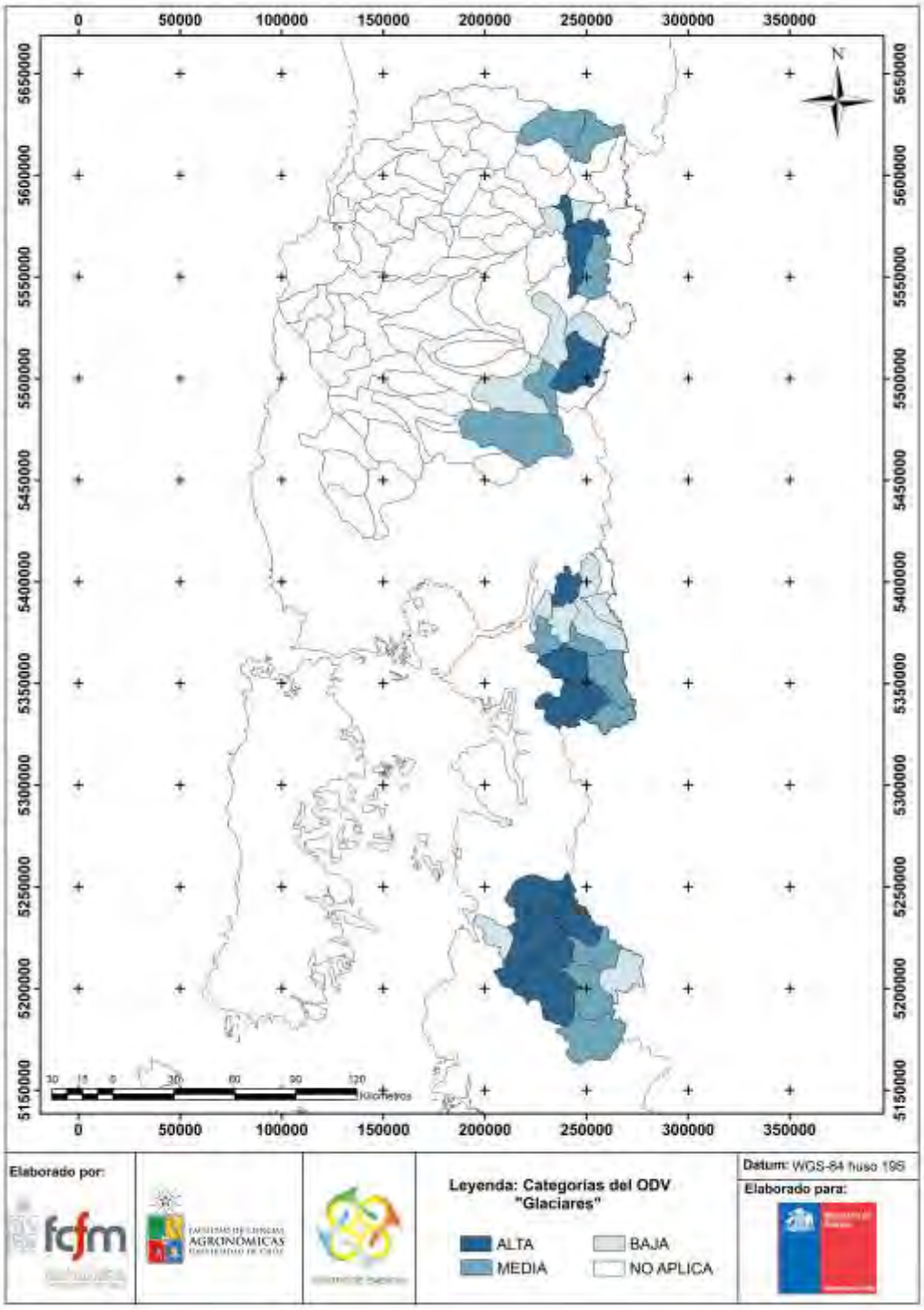
Fuente: elaboración propia

Figura 5.39. Superficie de Glaciares en cada SSC



Fuente: elaboración propia

Figura 5.40. Categorías de valoración del OdV en cada SSC



Fuente: elaboración propia

Análisis y recomendaciones

Ya que el catastro de glaciares es establecido a nivel estatal, su inclusión como proxy para este OdV presenta un muy bajo nivel de incertidumbre respecto de su certeza.

Otras posibles opciones de proxys para este OdV contrastan con lo sencillo del utilizado. Si bien, se reconoce la gran cantidad de información que queda fuera del presente OdV, al incluir sólo superficie, su utilización permite una buena discriminación entre las subcuencas, y es coherente con la geografía y con los posibles impactos que pudiesen causar centrales hidroeléctricas sobre el glaciar mismo, lo que valida su utilización.

En general, los resultados son coherentes y representan plenamente el porcentaje de la superficie de glaciares por SSC. El valor de este OdV está fuertemente asociado a la cercanía de la Cordillera de Los Andes y a la Latitud: el valor del OdV es mayor en subcuencas con cabeceras en la Cordillera de Los Andes y localizadas al sur del área de estudio.

5.2.2 **OdV Terrestres**

Dentro de esta categoría se incluyen todos los OdV que dentro de su naturaleza interactúan, se conforman o requieren para la elaboración de su proxy una componente principalmente terrestre. En algunos casos, la definición de estos proxys presenta una componente asociada a ambientes acuáticos pero que no presentan una conexión a la red hidrográfica evidente. Debido a esto, algunos OdV definidos bajo esta categoría representan hábitats mixtos que se componen tanto de ámbitos terrestres como acuáticos, como por ejemplo, los humedales, los cuales no presentan una conexión superficial evidente con la red hidrográfica.

Todos estos OdV han sido clasificados bajo esta categoría con el fin de conseguir un ordenamiento más orgánico e intuitivo.

La lista de OdV considerados en esta sección son los siguientes:

1. Especies terrestres en categoría de amenaza
2. Especies terrestres endémicas
3. Áreas terrestres críticas para la conservación de la diversidad o singularidad de especies
4. Áreas de paisaje terrestre natural
5. Paisaje natural no fragmentado
6. Comunidades terrestres sin intervención
7. Ecosistemas terrestres azonales
8. Ecosistemas terrestres en categoría de amenaza
9. Protección frente a la erosión
10. Parques Nacionales
11. Áreas oficiales de conservación excluyendo parques nacionales
12. Áreas de conservación de interés privados y sitios prioritarios

5.2.2.1 ***OdV T-1 Especies terrestres en categoría de amenaza***

Introducción

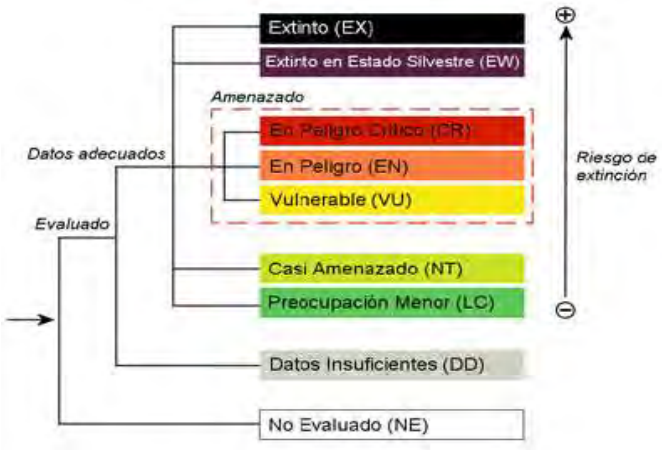
El Convenio Sobre la Diversidad Biológica de las Naciones Unidas reconoce el valor intrínseco de la biodiversidad, su importancia para la mantención de los sistemas necesarios para la vida de la biósfera, y su importancia para satisfacer las necesidades de las poblaciones humanas (Naciones Unidas, 1992). Por ende, si la biodiversidad se ve mermada, se pondrían en riesgo los sistemas que sostienen la vida y que nos proveen de servicios para satisfacer nuestras necesidades (Díaz *et al.,* 2006).

Las especies y sus poblaciones son uno de los componentes de la biodiversidad (Noss, 1990), por lo que los esfuerzos de conservar deben enfocarse en aquellas especies que tienen un mayor riesgo de extinguirse.

En Chile, el Reglamento para la Clasificación de Especies silvestres, RCE, (Decreto 29/2012, MMA) define 7 categorías de conservación (Figura 5.41) según los criterios de la IUCN (tasa de regresión, tamaño de la población, área de distribución geográfica, grado de fragmentación de la población y de la distribución) (IUCN, 2001).

1) Extinta (EX): cuando no queda ninguna duda razonable de que el último individuo de dicha especie ha muerto.
2) Extinta en Estado Silvestre (EW): cuando individuos de dicha especie solo se encuentran en cautiverio o naturalizados fuera de su distribución original.
3) En Peligro Crítico (CR): cuando la especie presenta un riesgo muy alto de extinción en estado silvestre.
4) En Peligro (EN): cuando la especie presenta un riesgo muy alto de extinción en estado silvestre, aunque menor que en Peligro Crítico.
5) Vulnerable (VU): cuando la especie presenta un riesgo alto de extinción en estado silvestre.
6) Casi Amenazada (NT): cuando la especie no satisface los criterios para ser catalogado VU, EN o CR, pero está próximo a satisfacerlos.
7) Preocupación Menor (LC): cuando la especie no cumple con ningún criterio para ser evaluado como NT, V, EN o CR, debido a que generalmente son especies abundantes y de amplia distribución.
8) Datos Insuficientes (DD): cuando no hay información adecuada para hacer una evaluación. Cabe señalar que no es una categoría de conservación.

Figura 5.41. Estructura de las categorías de la Lista Roja de IUCN



Fuente: IUCN (2010)

En 2012 se reemplazó el antiguo Reglamento de Clasificación de Especies Silvestres (vigente desde el 2005 al 2012) por el nuevo Reglamento de Clasificación de Especies Silvestres según Estado de Conservación , el que adoptó las categorías antes mencionadas y mantiene las categorías previas, estableciendo una sinonimia entre ambas: En Peligro de Extinción (sinónimo de EN y CR), Vulnerable (sinónimo de VU), Rara, Insuficientemente Conocida y Fuera de Peligro (sin sinonimia). De esta forma, las especies se pueden asignar a 10 categorías en total: En peligro crítico (CR) (clasificación actual); En peligro (EN) (clasificación actual y antigua); Vulnerable (VU) (clasificación actual y antigua); Rara (R) (clasificación antigua); Insuficientemente conocida (IC) (clasificación antigua); Casi amenazada (NT) (clasificación actual); Preocupación menor (LC) (clasificación actual); Fuera de Peligro (FP) (clasificación antigua); Datos insuficientes (DD) (clasificación actual) y No evaluada (NE).

Un proyecto hidroeléctrico podría afectar a las especies amenazadas si su lugar de emplazamiento, operación y/o construcción intervienen en el hábitat de la especie, es decir, contribuye a la pérdida y/o fragmentación del hábitat, y/o deterioro de la calidad del hábitat. Es por esto que se debe considerar la presencia actual de estas especies para la implementación o gestión de este tipo de proyectos.

Es por esto que se propone realizar modelos de distribución de especies, con los que se pueden inferir zonas potencialmente idóneas para las especies, con base en procedimientos estadísticos que emplean datos de presencias reales y datos de variables ambientales (Mateo *et al.,* 2011).

El objetivo de este tipo de OdV es dar valor a las SSC que contengan especies terrestres cuya categoría de conservación indique un elevado grado de amenaza (en peligro crítico, en peligro, vulnerable, rara e insuficientemente conocida).

Tabla resumen

En la Tabla Tabla 5.54 se puede observar un resumen de las características más relevantes del OdV.

Tabla 5.54. Resumen de características relevantes del OdV

Número y nombre del OdV **T.1. Especies terrestres en categoría de amenaza**		
Definición **Riqueza de especies terrestres en categoría de amenaza (CR, EN, V, IC o R)**		
Variable descriptora o Proxy	**Tipo y Fuente de información**	
Riqueza de especies en categoría de amenaza ponderado por su categoría de amenaza.	Información secundaria	• Presencias georreferenciadas de especies terrestres en categoría de amenaza, extraídas de fuentes oficiales de información. • Presencias georreferenciadas de especies terrestres en categoría de amenaza, extraídas de fuentes no oficiales de información.
	Fuente secundaria	• Base de datos de especies del MMA actualización noviembre 2014. • Presencias georreferencias extraídas de literatura científica y documentos técnicos de organismos del Estado. • Base de datos de GBIF. • Base de datos Proyecto Biota. • Registros facilitados por el equipo de la Pontificia Universidad Católica de Chile (Marquet *et al.,* 2010).

Fuente: elaboración propia

Metodología

Para este OdV se consideraron especies pertenecientes a las siguientes clases: mammalia, reptilia, amphibia, coniferopsida, magnoliopsida, liliopsida y filicopsida. Se excluyeron las aves, puesto que su modelación en Maxent no da resultados consistentes.

Las especies terrestres fueron modeladas por el equipo PUC-TECO a través de Maxent empleando modelos bioclimáticos, por lo que la distribución de las especies es potencial, ya que considera variables ambientales regionales junto con registros georreferenciados de las presencias de la especie.

En primer lugar, se definieron las especies presentes en el área de estudio, utilizando la "Nómina de especies según estado de conservación" del MMA, y se seleccionaron las especies presentes en la región de Los Lagos y de Los Ríos. Se eliminaron las especies no amenazadas (categorías Fuera de Peligro (FP), Datos insuficientes (DD), Preocupación menor (LC) y Casi Amenazada (NT)). Posteriormente, se clasificaron las especies animales según el medio en el que habitan: fluvial o terrestre, de acuerdo a las fichas de antecedentes presentadas para clasificar las especies.

Posteriormente, se seleccionaron los registros georreferenciados desde la Base de Datos del Ministerio del Medio Ambiente, y se complementó con registros extraídos de publicaciones científicas, GBIF, y con datos aportados por PUC-TECO (Marquet *et al.* 2010). En el Anexo 13.6 se presenta la Base de Datos compilada y sistematizada, utilizada para este estudio.

Los modelos se implementaron a escala nacional, y se acotaron al dominio del área de estudio. Los resultados de dichos modelos, corresponden a la riqueza de especies en categoría de amenaza en cada pixel de discretización del modelo (1 km^2).

Una vez obtenida la riqueza de especies amenazadas por km^2, fue estimada la moda de valores de pixeles pertenecientes a cada SSC, considerando los valores de riquezas dentro de intervalos de 10u. Posteriormente, se asignó la categoría Bajo, a aquellas SSC por debajo del percentil 0,33 de su cuenca, en categoría "Media" a las SSC entre el percentil 0,33 y 0,66, y en categoría "Alta" las SSC sobre el percentil 0,66.

Resultados

En la Figura 5.42 se muestra la riqueza de especies amenazadas por pixel, donde se puede apreciar que la riqueza máxima obtenida por km^2 fue de 101 especies y la riqueza mínima fue de 31 especies.

Las categorías quedaron definidas por los siguientes porcentajes: Categoría bajo a aquellas SSC bajo el 90% de la riqueza total de la cuenca; Categoría Medio a aquellos valores del OdV iguales al 90% del , con aquellos valores: Bajo (hasta 50 especies), Medio (entre 50 y 80 especies) y Alto (sobre 80 especies).

En la Figura 5.43, se muestran los valores del OdV asociados a cada SSC. En ella se puede apreciar que ninguna SSC presentó un valor nulo, es decir, todas las SSC contienen especies en alguna categoría de amenaza. Además, se evidencia una tendencia a aumentar la riqueza de especies amenazadas hacia el norte, concentrándose los mayores valores del OdV en la cuenca del río Valdivia, los valores medios en la cuenca del río Bueno, y los valores bajos en las cuencas del río Yelcho y Puelo. Se muestran en la Tabla 5.55 los valores de los rangos para categorías.

Tabla 5.55. Valores de rangos para asignación de categorías por SSC

Cuencas	Rangos		
	Bajo	Medio	Alto
Bueno	< 90%	= 90%	>90%
Valdivia	< 90%	= 90%	>90%
Puelo	< 90%	= 90%	>90%
Yelcho	< 90%	= 90%	>90%

Fuente: elaboración propia

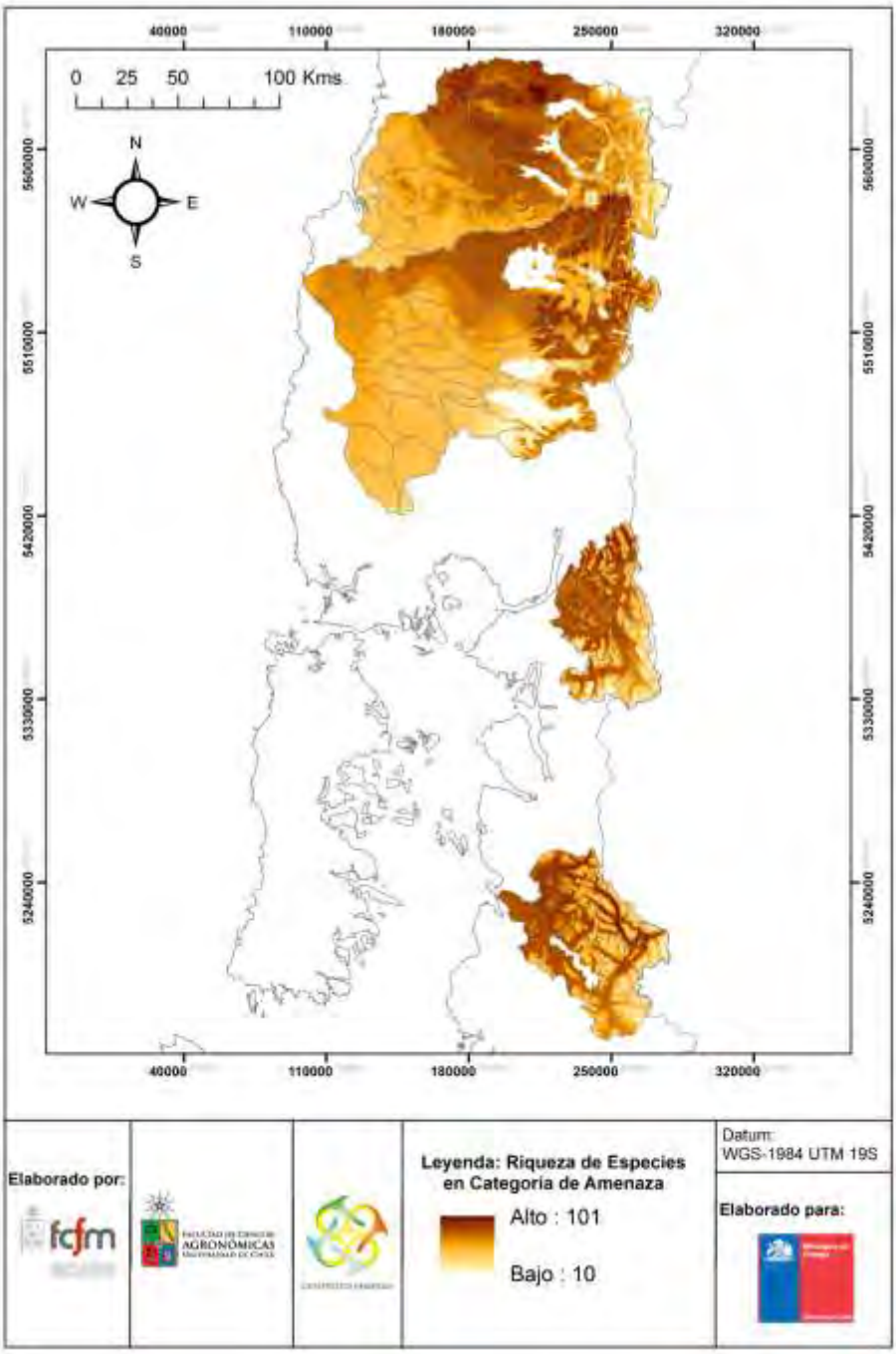
Así también se puede apreciar en la Figura 5.44, que las categorías medios son más frecuentes entre las SSC abarcando más del 70% de las SSC, le siguen las categorías altos con un 20% de las SSC, y por último, las categorías bajos con menos del 10% de las SSC. Se muestran en la Tabla 5.56 la cantidad de SSC y superficie asignada a cada categoría de OdV.

Tabla 5.56. Resumen OdV especies terrestres en categoría de amenaza

Cuenca	Cantidad de SSC			Superficie total con respecto a la cuenca principal (%)		
	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto
Valdivia	0	20	16	0	55	45
Bueno	11	22	11	25	50	25
Puelo	2	2	9	15	70	15
Yelcho	5	5	0	55	45	0

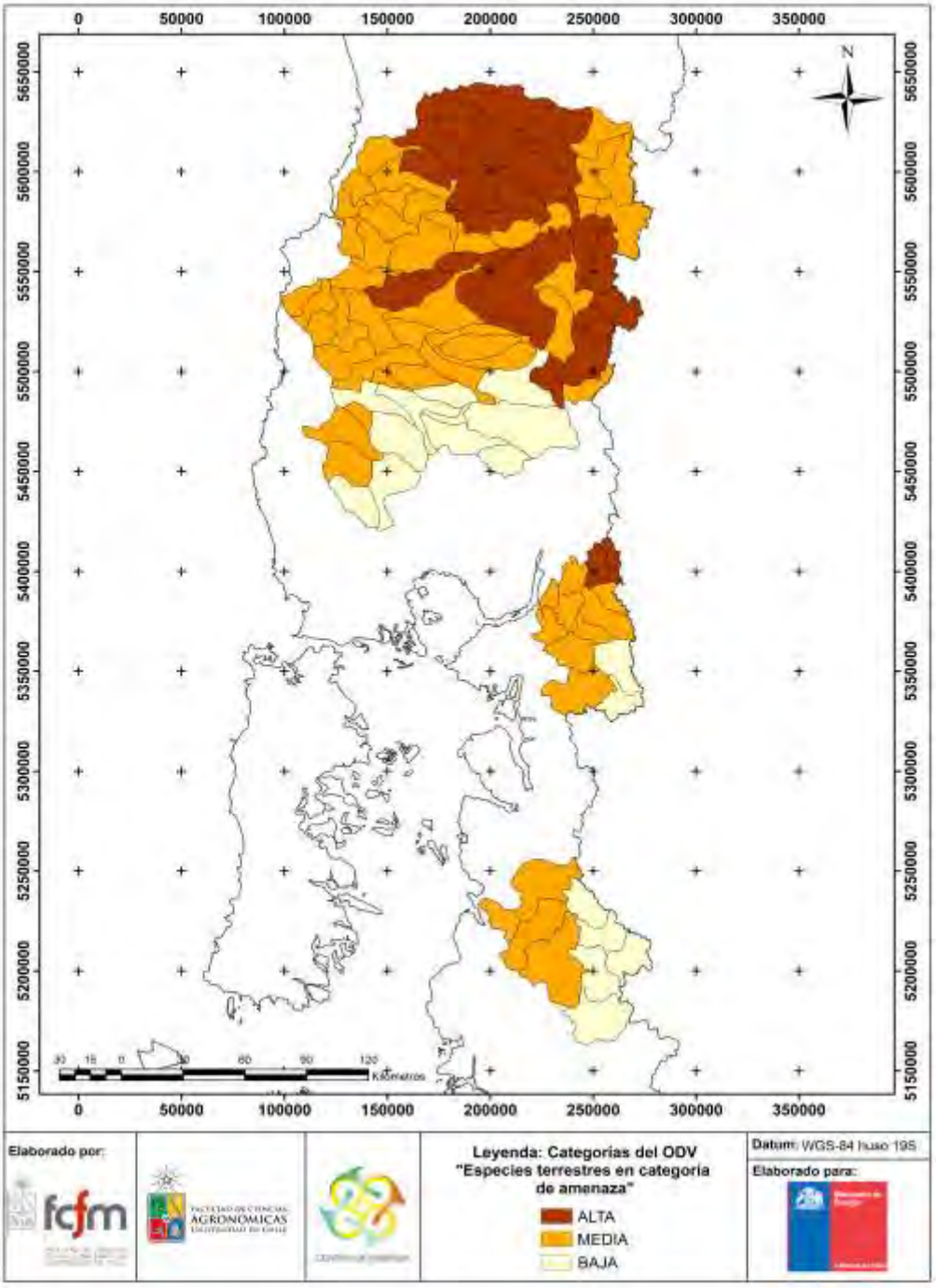
Fuente: elaboración propia

Figura 5.42. Riqueza de especies terrestres en categoría de amenaza



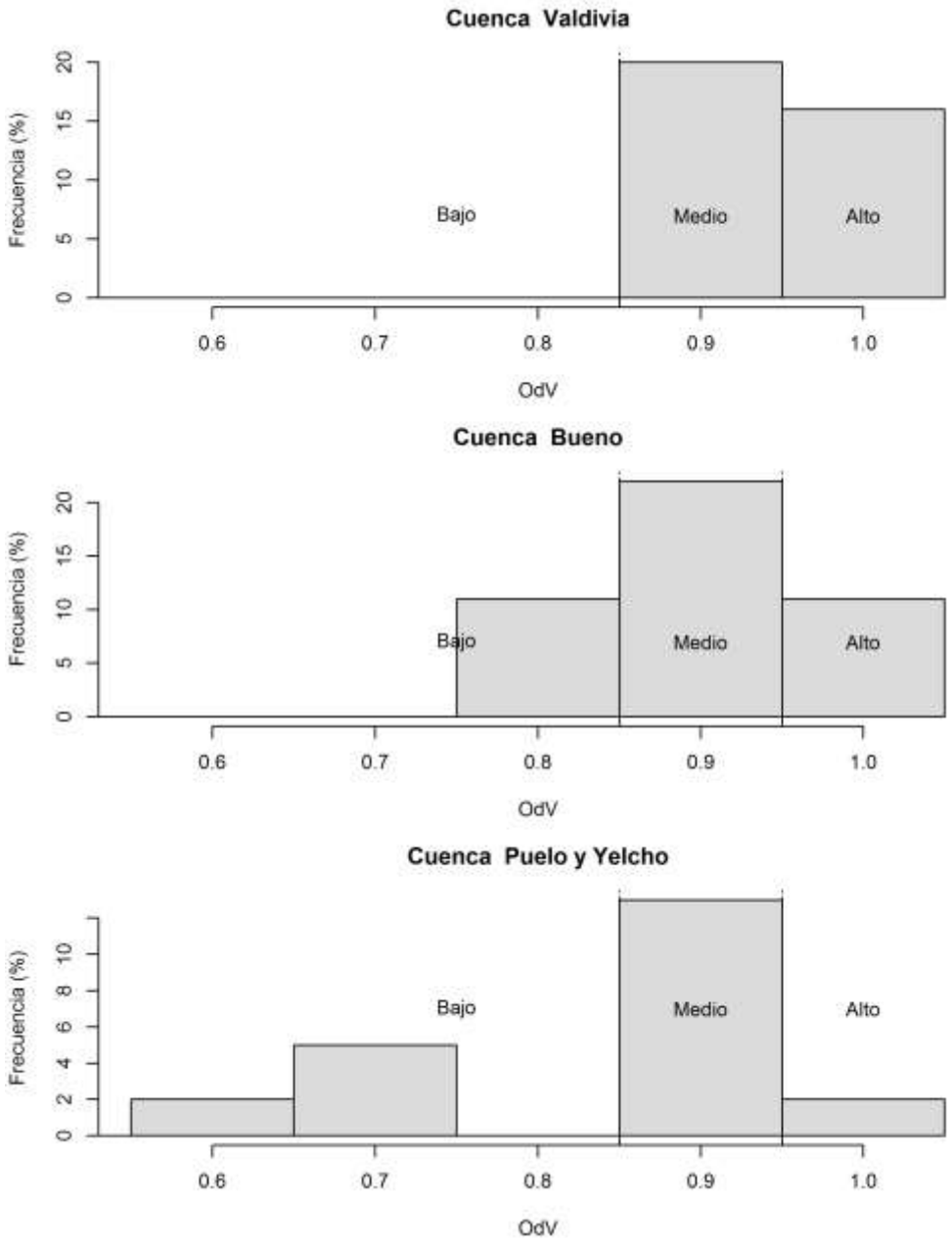
Fuente: Información facilitada por equipo PUC-TECO

Figura 5.43.Categorías del Odv de la riqueza de especies en categoría de amenaza por SSC



Fuente: elaboración propia

Figura 5.44.Gráfico de frecuencia de valores del OdV por SSC



Fuente: elaboración propia

Análisis y recomendaciones

Los resultados de este OdV incentivan a realizar una gestión más rigurosa en la cuenca del río Valdivia en cuanto a las actividades que potencialmente podrían impactar sobre las especies amenazadas. Ya que son SSC en las cuales idóneamente se distribuyen especies que presentan problemas para su conservación.

Este OdV refleja las cuencas con un mayor nivel de intervención, causa de que haya mayor número de especies en categoría de amenaza, lo que también se evidencia en otros OdV. También, podría estar evidenciando el gradiente latitudinal de biodiversidad, en donde la cantidad de especies disminuye desde línea del Ecuador hacia los polos, presentando en la cuenca del río Valdivia mejores condiciones para el desarrollo de las especies que en la cuenca del río Yelcho.

La evidencia demuestra que la riqueza de las especies sigue patrones bioclimáticos, por lo que refleja distribuciones idóneas o potenciales, por lo que no es información que se ajuste adecuadamente a la gestión de las especies en pos de enfocar esfuerzos para la conservación. Ante esto, se sugiere incorporar indicadores de influencia antrópica y aumentar la cantidad de registros de presencias y ausencias de especies.

En cuanto al proxy empleado, éste no discrimina el grado de amenaza entre un estado de conservación y otro, pues, una especie vulnerable tiene la misma importancia que una especie en peligro aunque haya diferencias importantes entre el tamaño poblacional o la distribución geográfica entre diferentes categorías. Una forma más rigurosa de asignar valor a cada categoría de amenaza, sería ponderar de forma distinta a cada una de las distintas categorías de amenazas, similar a lo realizado en el OdV F-1 Comunidades fluviales en categoría de amenaza. De esta forma se esperaría poder realizar una mejor valoración del estado de amenaza de las especies presentes.

En términos generales, el proxy utilizado, si bien incorpora las especies terrestres amenazadas en el estudio, no permite diferenciar, y por lo tanto enfatizar, en las distintas categorías de amenaza.

A nivel de cuenca, se aprecia que las cuencas con mayor presencia de especies amenazadas son las cuencas del Río Valdivia y la cuenca del río Bueno. Las cuencas del Río Puelo y Yelcho presentan niveles más bajos de riqueza de especies amenazadas. Además se aprecia que entre más cerca se encuentre la SSC de la zona norte de la cuenca, mayor presencia de especies amenazadas tiene.

5.2.2.2 *OdV T-2 Especies terrestres endémicas*

Introducción

Chile es un país que se caracteriza por su aislamiento geográfico producto de sus barreras naturales, entre otros factores, lo que sugiere una elevada diversidad de ambientes para el desarrollo de animales y plantas endémicas (CONAMA, 2008).

Las especies endémicas son aquellas que viven exclusivamente en un determinado territorio geográfico, cuenca, isla o zona particular (MMA, 2015). Por lo tanto, si una especie se extingue en dicho territorio, se extinguirá a nivel mundial, con la consecuente pérdida de la biodiversidad.

De las especies nativas descritas para Chile, el 25% son endémicas, destacándose los anfibios con un 65% de endemismo, luego los reptiles con un 63% y los peces de aguas continentales con un 55%. Los grupos de especies con un menor nivel de endemismo son los mamíferos con un 11% y las aves con un 2% (debido a su movilidad). En cuanto a las plantas, éstas presentan un 50% de endemismo (MMA, 2015).

El objetivo de este OdV es darle valor a las SSC que contengan especies terrestres endémicas. Se consideran las especies (no evaluadas en los OdV fluviales) pertenecientes a las siguientes clases: Aves, *Mammalia, Reptilia* y *Amphibia*. Y a las siguientes divisiones: *Lycopodiophyta, Magnoliophyta, Pinophyta* y *Pteridophyta*.

Tabla resumen

En la Tabla 5.57 se puede observar un resumen de las características más relevantes del OdV.

Tabla 5.57. Resumen de características relevantes del OdV

Número y nombre del OdV **T.2. Especies terrestres endémicas**		
Definición **Riqueza de especies terrestres endémicas.**		
Variable descriptora o Proxy	**Tipo y Fuente de información**	
Riqueza de especies endémicas ponderada por nivel de endemismo.	Información secundaria	• Presencias georreferenciadas de especies terrestres endémicas, extraídas de fuentes oficiales de información. • Presencias georreferenciadas de especies terrestres endémicas, extraídas de fuentes no oficiales de información.
	Fuente secundaria	• Base de datos de especies del MMA actualización 2015. • Presencias georreferencias extraídas de literatura científica y documentos técnicos de organismos del Estado. • Base de datos de GBIF • Base de datos Proyecto Biota • Registros facilitados por el equipo de la Pontificia Universidad Católica de Chile (Marquet *et al.,* 2010).

Fuente: elaboración propia

Metodología

En primer lugar se definieron las especies endémicas presentes en el área de estudio utilizando la "Nómina de especies según estado de conservación" del MMA. Posteriormente, se asociaron los registros georreferenciados de dichas especies. Actualmente se dispone de la base de datos del Ministerio de Medio Ambiente (BD_MMA, Anexo 12.6.1)

Finalmente, se realizó una modelación de nicho bioclimático, utilizando el modelo Maxent, la cual permitió extrapolar la distribución de las especies en estado de conservación. Dicha modelación fue realizada por el equipo PUC-TECO. El modelo se implementó a escala nacional, para luego acotar el dominio de los resultados al área de estudio.

Una vez obtenida la riqueza de especies endémicas por km^2 para toda el área de estudio, fue estimada la moda de valores de pixeles dentro de cada SSC, considerando los valores de riquezas dentro de intervalos de 10u. Posteriormente, se asignó la categoría Bajo, a aquellas SSC por debajo del percentil 0,33 de su cuenca, en categoría "Medio" a las SSC entre el percentil 0,33 y 0,66, y en categoría "Alto" las SSC sobre el percentil 0,66.

Resultados

En la Figura 5.46 se muestra la riqueza de especies endémicas por pixel, en ella se puede apreciar que la riqueza máxima obtenida por km^2 fue de 145 especies y la riqueza mínima fue de 10 especies.

Los mayores valores se concentran en la cuenca del río Valdivia, las categorías medio en la cuenca del río Bueno, y las bajo en las cuencas del río Yelcho y Puelo. En la Figura 5.47 se muestran las categorías del OdV asociados a cada SSC. Se evidencia una tendencia a aumentar la riqueza de especies endémicas hacia el norte y la costa de cada cuenca. En la Tabla 5.58 se muestran los valores de los rangos para asignación de categorías y en la Tabla 5.59 se aprecia la cantidad de SSC y porcentaje de superficie de la cuenca con cada rango de OdV

Tabla 5.58. Valores de rangos para asignación de categorías por SSC

Cuencas	Rangos		
	Bajo	Medio	Alto
Bueno	< 80%	80% ≤ x ≤ 90%	>90%
Valdivia	< 70%	= 70%	>70%
Puelo	< 70%	70% ≤ x ≤ 90%	>90%
Yelcho	< 70%	70% ≤ x ≤ 90%	>90%

Fuente: elaboración propia

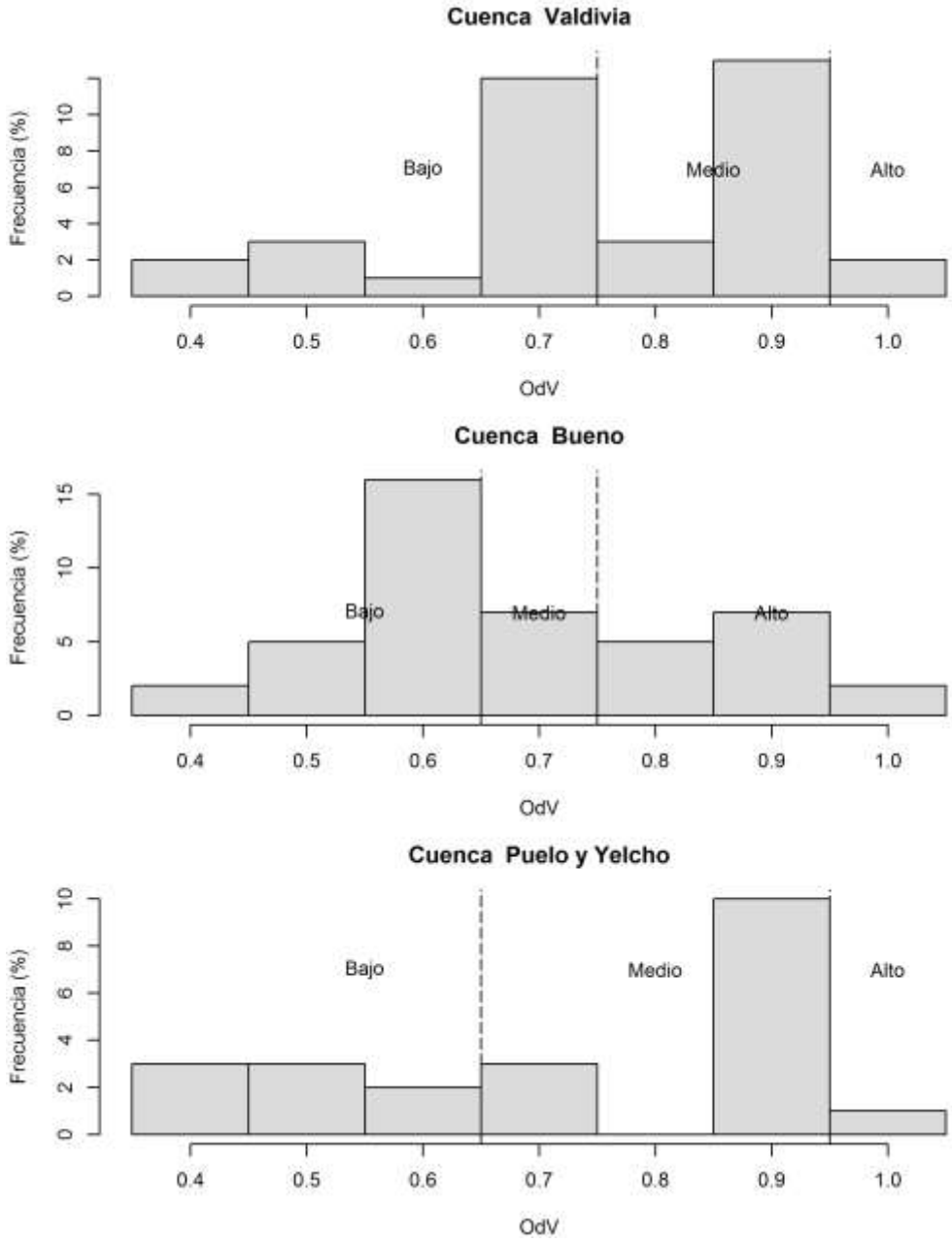
Tabla 5.59. Resumen OdV especies terrestres endémicas

Cuenca	Cantidad de SSC			Superficie total con respecto a la cuenca principal (%)		
	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto
Valdivia	15	6	15	17	42	41
Bueno	7	23	14	16	52	32
Puelo	0	12	1	0	92	8
Yelcho	6	3	0	66	34	0

Fuente: elaboración propia

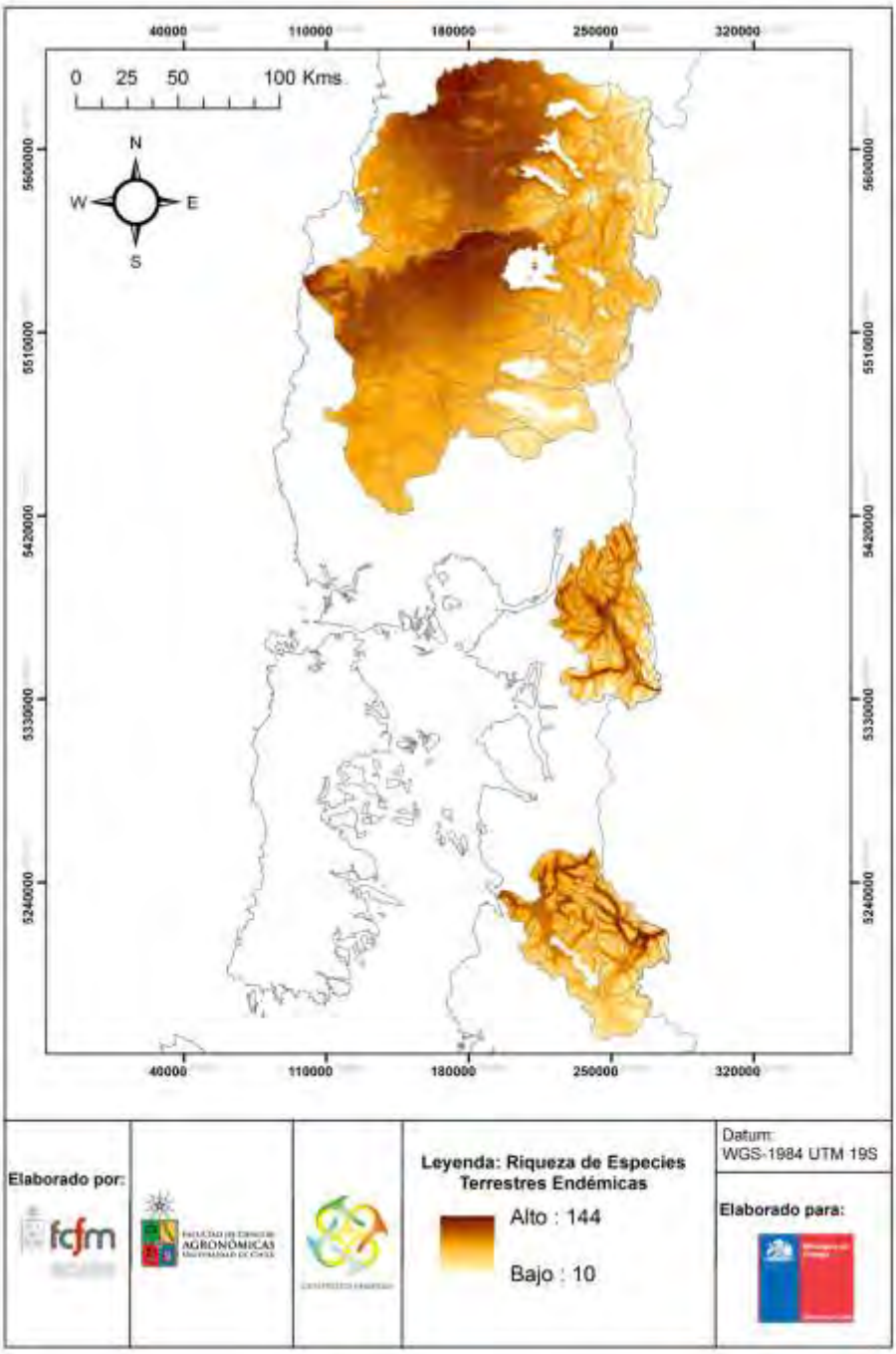
La Figura 5.44, muestra el histograma de valores del OdV para cada cuenca en estudio.

Figura 5.45.Gráfico de frecuencia de valores del OdV por SSC



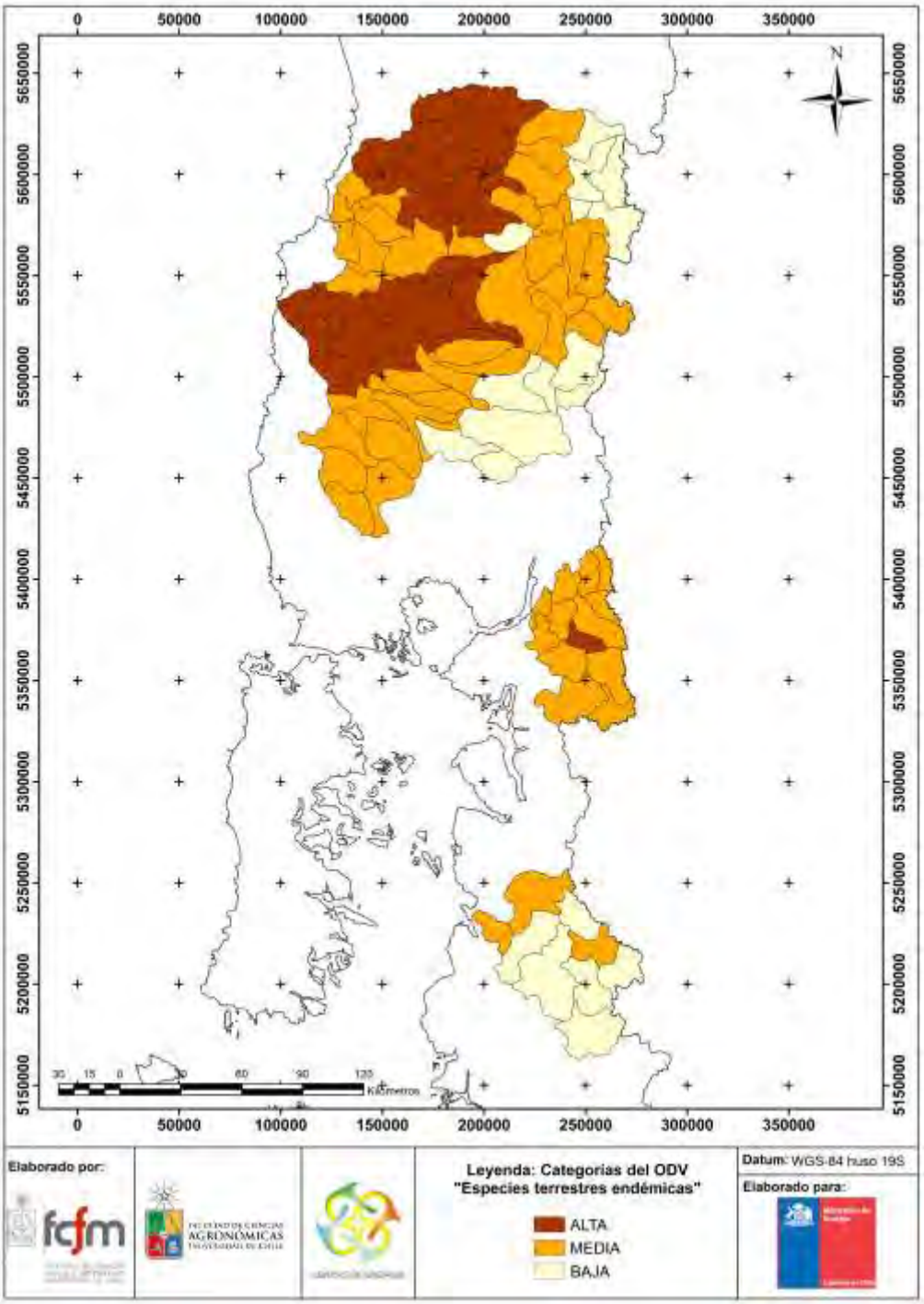
Fuente: elaboración propia

Figura 5.46. Riqueza de especies terrestres endémicas



Fuente: Información equipo PUC-TECO

Figura 5.47.Categorías del OdV riqueza de especies endémicas por SSC



Fuente: elaboración propia

Análisis y recomendaciones

Los resultados de este OdV incentivan a una gestión más rigurosa en la cuenca del río Valdivia en cuanto a las actividades que potencialmente podrían impactar a las especies endémicas, las que evidentemente se solapan con las especies amenazadas.

Este OdV podría estar evidenciando el gradiente latitudinal de biodiversidad, en donde la cantidad de especies disminuye desde línea del Ecuador hacia los polos, así también refleja el hecho de que el bosque valdiviano es reconocido por su alto nivel de endemismos (*hot spot* de biodiversidad), presentando en la cuenca del río Valdivia mejores condiciones para el desarrollo de las especies que en la cuenca del río Yelcho o Puelo.

A nivel de cuencas, en respuesta al gradiente climático, entre más cerca la SSC del norte y la costa, mayor la proporción de especies endémicas que cobijan. En las cuencas Yelcho y Puelo, el nivel de endemismo aumenta hacía los cuerpos de agua, debido a la menor pendiente que permitiría la presencia de mayor cantidad de especies.

En cuanto al proxy empleado, en términos generales pareciera representar adecuadamente el OdV. Sin embargo, los resultados muestran que el proxy no discrimina entre distintos grados de endemismo, pues una especie con distribución nacional presenta la misma importancia que una especie con distribución local. Esto implicaría que una especie con una distribución más acotada tenga la misma probabilidad de extingiuirse que aquella con una distribución más amplica, lo que pareciera no tener coherencia. Ante esto se sugiere incorporar una ponderación por nivel de endemismo de las especies y aumentar la cantidad de muestreos (registros de presencias y ausencias).

En resumen, podría decirse que el proxy utilizado si bien incorpora a las especies endémicas, no discierne entre los distintos niveles de endemismo (nacional, regional o local).

A nivel de cuenca, los endemismos siguen un patrón similar a las especies amenazadas, siendo las cuencas Bueno y Valdivia las que tienen más especies endémicas, las que aumentan hacia la cordillera de la Costa.

5.2.2.3 *OdV T-3 Áreas terrestres críticas para la conservación de la biodiversidad*

Introducción

La pérdida de biodiversidad es uno de los principales problemas ambientales producto de la actividad antrópica (Channell y Lomito 2000). Evitar la pérdida de diversidad biológica en cada una de sus escalas geográficas, es uno de los objetivos fundamentales en el ámbito de la conservación (Kerley *et al.* 2003).

Este OdV reúne áreas críticas terrestres para la conservación de la diversidad o singularidad de las especies. En este contexto, se reconocen distintos tipos de áreas que podrían incluirse en este OdV: áreas de uso temporal de importancia para la reproducción o refugio de especies, áreas con alta diversidad de especies en comparación al resto de la región, áreas que resguarden variedades genéticas de interés de ciertas especies. En este contexto, se incluirán dos áreas en la construcción de este OdV: 1) Sitios de importancia para la conservación de las aves (IBA) y 2) Sitios Ramsar, los cuales serán representados en este trabajo a través de la superficie que abarcan estas áreas en relación al tamaño de cada SSC.

Los sitios Ramsar corresponden a un tratado intergubernamental para conservar humedales de importancia internacional. Chile suscribió al tratado entregando protección legal a estos sitios. Por otra parte, los sitios IBA corresponden en un comienzo a un conjunto de sitios identificados por la Unión de Ornitólogos de Chile, muchos de estos no presentan protección formal. Un gran porcentaje de estos sitios corresponde a humedales ubicados en la región de Los Lagos.

Determinar la distribución y superficie de este tipo de áreas resulta de gran importancia para la planificación de políticas y medidas que permitan proteger estas zonas de gran importancia para la biodiversidad y de distribución reducida. Los humedales de la zona sur de Chile resulta de gran importancia para la migración y reproducción de aves marinas (Soazo *et al*. 2009). El Comité Pro Defensa de la Flora y Fauna (CODEFF) determina que un alto porcentaje de humedales que forman parte de los sitios IBA del sur de Chile presentan una alta amenaza, relacionada principalmente con la fuerte inversión industrial y energética que ocurre en la zona.

Este OdV podría ser subdividido en varias categorías, pero para ello se debiese contar con información espacializada, a nivel nacional y a nivel de especies, respecto de sitios de reproducción, filogeografía, conductas de forrajeo, interacción con otras especies, etc. En general, esta información existe para una reducida cantidad de especies, y no siempre incluye su distribución completa, dificultando su ingreso al presente estudio.

En la literatura pertinente no es posible encontrar información para definir valores esperados para condiciones buenas o malas ajustados a este OdV, tanto a nivel ecológico como legal. Es por esto

que se utilizara la distribución de frecuencias de los valores del OdV para definir los rangos de valores a utilizar.

El presente OdV pretende integrar en el trabajo, distintas áreas terrestres críticas para la conservación de especies, que resguarden de alguna forma la viabilidad de comunidades de alta diversidad, la reproducción de ciertas especies de interés o la viabilidad de ciertas poblaciones altamente singulares.

Tabla resumen

En la **Tabla 5.60** se puede observar un resumen de las características más relevantes del OdV.

Tabla 5.60. Resumen de características relevantes del OdV

Número y nombre del OdV **T.3. Áreas terrestres críticas para la conservación de la biodiversidad**		
Definición **Áreas que se pueden definir como hábitats importantes para las especies.**		
Variable descriptora o Proxy	**Tipo y Fuente de información**	
Cociente entre la suma de las superficie de sitios IBA y humedales Ramsar y el área de la SSC en la cual se ubican dichas áreas críticas.	Información secundaria	• Cartografía de sitios Ramsar • Ubicación de los sitios IBA del programa BirdLife.
	Fuente secundaria	• Mapa de sitios Ramsar de Chile entregado por el Ministerio. • Mapa de sitios IBA identificados por el programa BirdLife International, actualización 2015.

Fuente: elaboración propia

Metodología

Para la generación de este OdV se incorporaron las superficies de cada sitio IBA y cada sitio Ramsarpor SSC. Posteriormente se ponderaron estas superficies por el inverso del área total de la SSC. El área del sitio Ramsar se estimó a partir de su cobertura, y el área de cada sitio IBA se encuentra en la tabla de atributos de la cobertura otorgada por el Ministerio.

Finalmente, se generaron las categorías de clasificación de la valoración de las áreas críticas y se normalizó el indicador con el máximo valor de cada cuenca. De esta forma, se obtuvo un índice por cuenca y escalado con valor máximo igual a uno. La definición de los rangos se realizó en base a un análisis de distribución del valor del índice en cada cuenca. Cabe señalar que por la cantidad de SSC en las cuencas del río Puelo y Yelcho, éstas se sumaron y se consideraron como un único grupo de cuencas.

Resultados

Todas las cuencas de estudio presentaron gran cantidad de SSC sin presencia del OdV. Consecuentemente, el porcentaje de superficie de cobertura en categoría Nula varía entre 56% y 85%, en Puelo y Yelcho, respectivamente. La cuenca con mayor porcentaje de cobertura de superficie corresponde a la del Yelcho con un 15% seguida por la del Bueno con 8%. Cabe destacar la cuenca del Puelo que alcanzaría un 33% de cobertera de superficie al considerar juntos los rangos Medio y Alto. Estos valores se aprecian en la Tabla 5.61 que muestra la cantidad de SSC y el porcentaje de superficie en cada rango de valor y la Tabla 5.62 que muestra los valores para la clasificación de los rangos.

Tabla 5.61. Resumen OdV áreas terrestres críticas para la conservación de la biodiversidad

Cuenca	Cantidad de SSC				Superficie total con respecto a la cuenca principal (%)			
	Nula	Baja	Media	Alta	Nula	Baja	Media	Alta
Valdivia	29	2	3	2	79,5	7,2	8,5	4,8
Bueno	32	4	4	4	65,7	12,6	13,4	8,3
Puelo	8	2	2	1	56,4	10,4	27,5	5,7
Yelcho	8	-	-	1	85,0	-	-	15,0

Fuente: elaboración propia

Tabla 5.62. Rangos que definen las categorías de valoración para el OdV Áreas terrestres críticas para la conservación de la biodiversidad

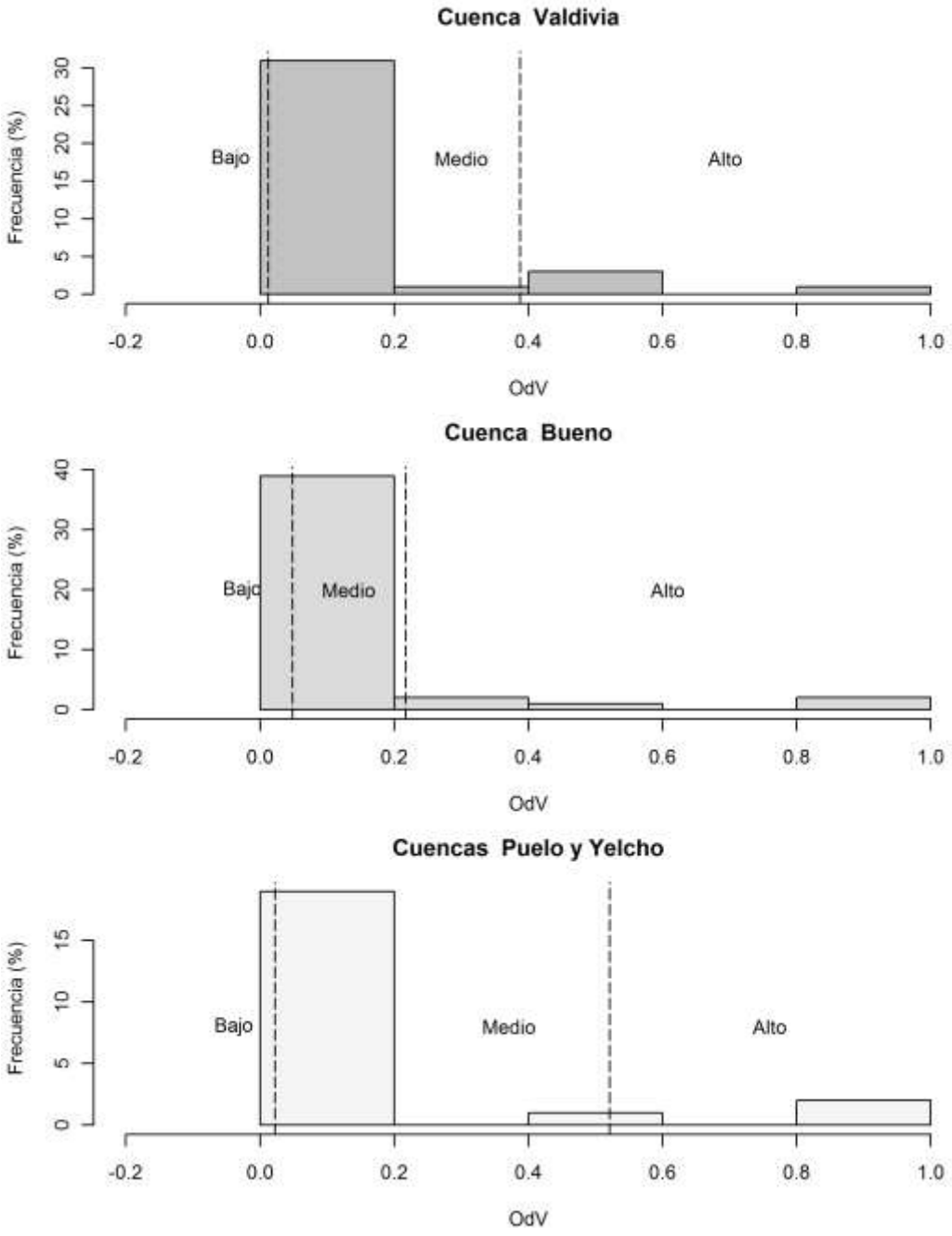
Cuencas	Categorías de valoración			
	Nula	Bajo	Medio	Alto
Valdivia	OdV = 0	0<OdV≤0,30	0,30<OdV≤0,55	0,55<OdV
Bueno	OdV = 0	0<OdV≤0,06	0,060<OdV≤0,25	0,25<OdV
Yelcho-Puelo	OdV = 0	0<OdV≤0,06	0,06<OdV≤0,60	0,60<OdV

Fuente: elaboración propia

En la Figura 5.48 se presenta el histograma de frecuencias de la cantidad de SSC en cada rango de valor. En la Figura 5.49, se observa la distribución de los valores que otorgan el nivel de presencia del OdV en cada SSC y en la

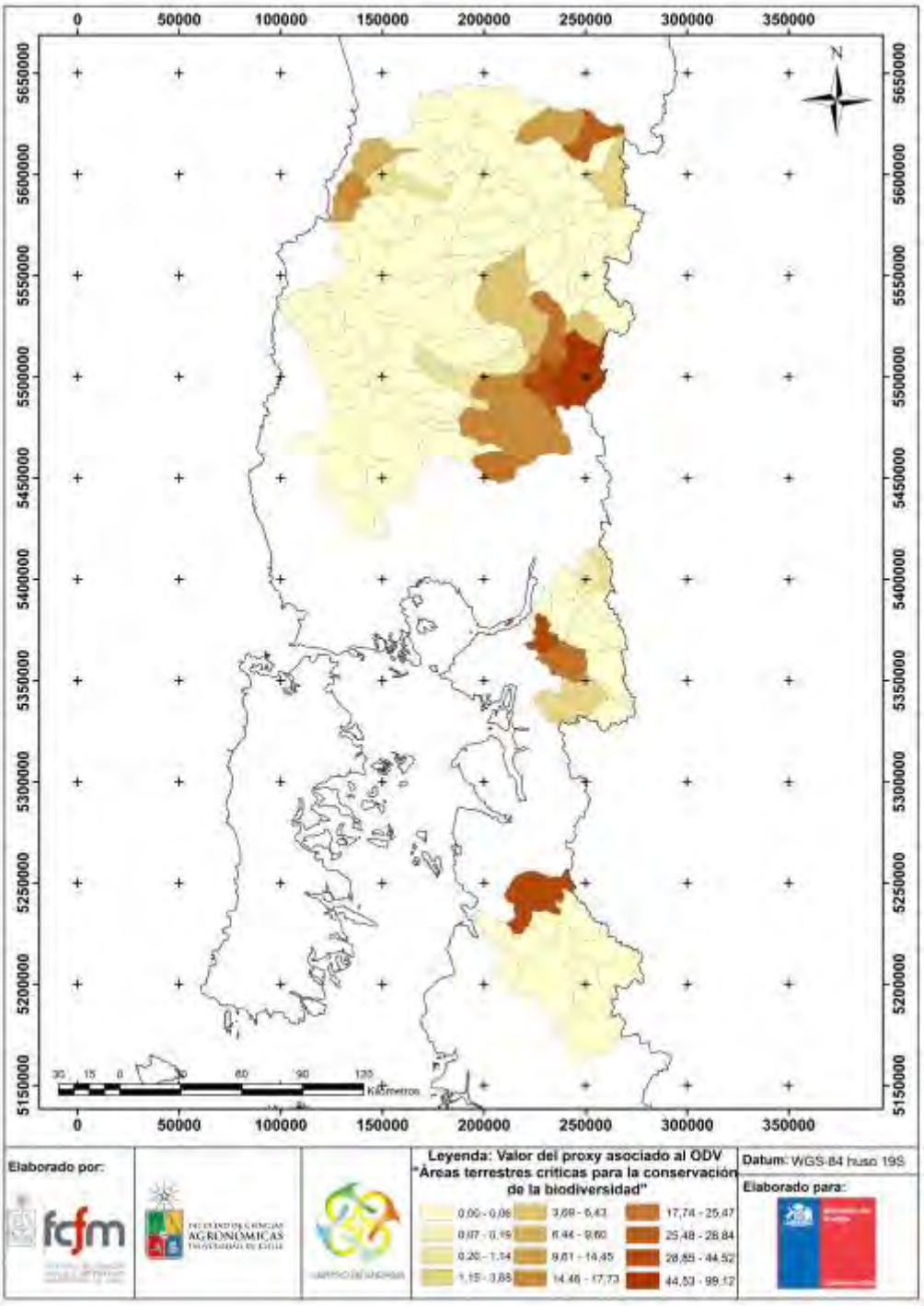
Figura **5.50** se aprecia los rangos del OdV por cada SSC.

Figura 5.48. Distribución de frecuencia de valoración para cada SSC



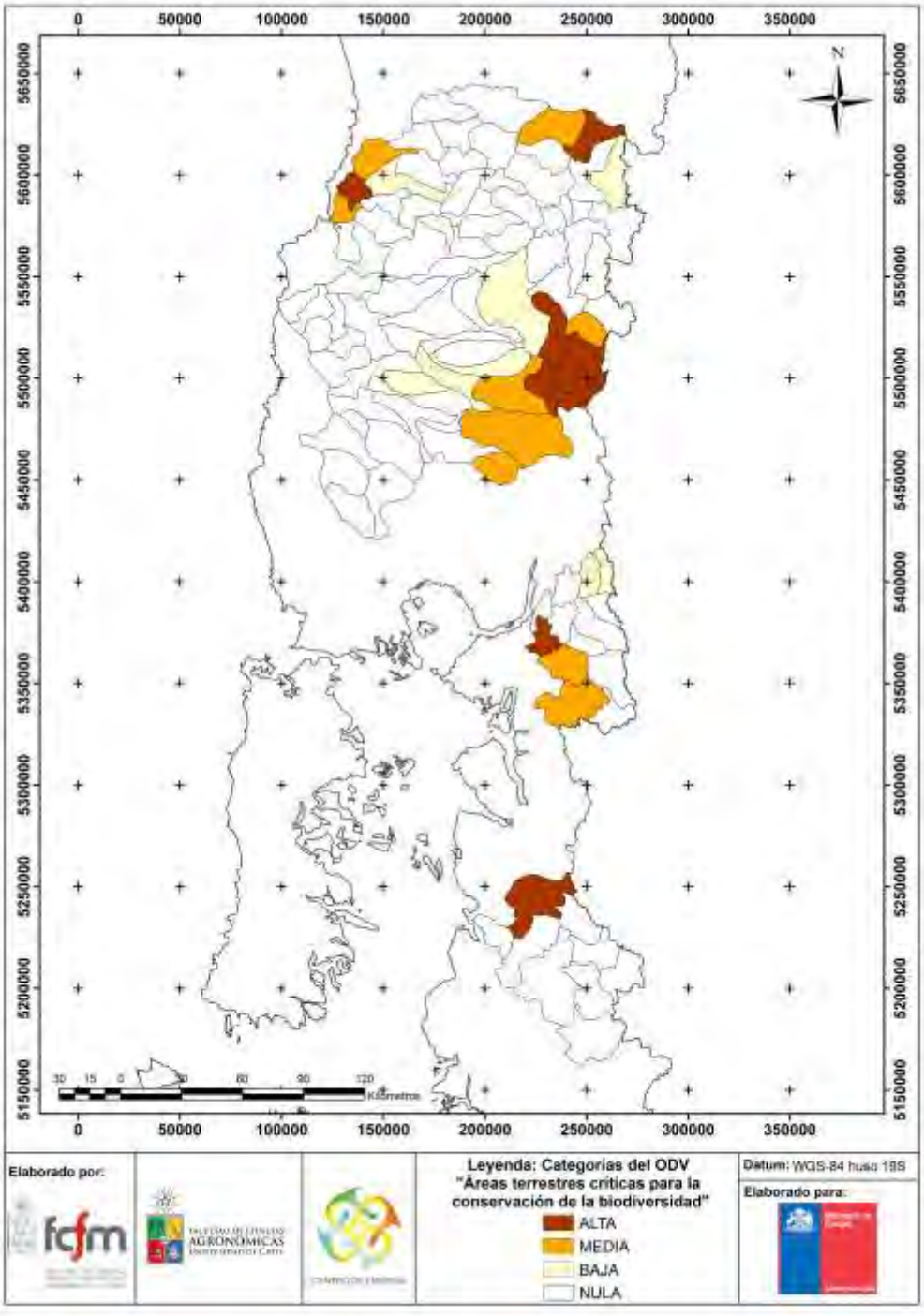
Fuente: elaboración propia

Figura 5.49. Porcentaje de cobertura de sitios IBA y Ramsar en cada SSC



Fuente: elaboración propia

Figura 5.50. Categorías del OdV Áreas terrestres críticas para la conservación de la biodiversidad en cada SSC



Fuente: elaboración propia

Análisis y recomendaciones

En términos generales, a través del proxy propuesto, fue posible integrar los sitios IBA y Ramsar, resultando de gran importancia para la protección y conservación de aves. Sin embargo, debido a la información disponible no fue posible abarcar sitios de importancia para la conservación del resto de los grupos de especies.

En un comienzo la idea de este OdV consistía en abarcar sitios de importancia para el ciclo reproductivo tanto de aves como mamíferos, sin embargo, debido a la escasa información disponible se procedió a utilizar sólo los sitios IBA y Ramsar, excluyendo a las especies de mamíferos. Sin embargo, al integrar estos sititos al OdV fue posible abarcar áreas de gran importancia biológica debido a su alta biodiversidad.

A pesar de haber utilizado solo los sitios IBA y Ramsar, este OdV permite integrar de manera importante la valoración de la conservación de aves en el trabajo, ya que los sitios Ramsar cumplen funciones ecológicas fundamentales como hábitat de especies particulares de aves acuáticas (Soazo *et al.* 2009). Se debe hacer hincapié en la necesidad de obtención de mejor y mayor información para la determinación de este OdV en futuros estudios y de esta forma poder agregar mayores superficies de este tipo de áreas.

Como conclusión, el utilizar las superficies los sitios IBA y Ramsar, y luego ponderarlos por el inverso al área de la SSC permite tener una visión de lo singulares que son estos sitios, lo anterior queda reflejado en la gran cantidad de SSC con bajos porcentajes de cobertura en comparación al resto de los OdVs de ecosistemas terrestres.

5.2.2.4 *OdV T-4 Áreas de paisaje natural terrestre*

Introducción

Determinar las áreas que han sido poco intervenidas resulta de gran importancia en el ámbito de conservación (Simonetti, 2004). Esto se debe a que uno de los efectos antrópicos de mayor preocupación sobre la biodiversidad es la perdida de hábitat de las áreas naturales y sus problemas derivados (Santos & Telleria, 2006). El presente OdV busca identificar remanentes de áreas naturales de unidades boscosas los cuales han sido poco intervenidas y donde habiten las especies nativas. El poder reconocer estas áreas afectadas resulta de gran utilidad para las estrategias de conservación, ya que al ser consideradas se puede mejorar la conectividad entre las áreas protegidas (Simonetti, 2004). Esta identificación de remantes naturales, serviría como una medida indirecta del nivel de impacto humano que han sufrido los hábitats en el área de estudio.

Las obras civiles de las centrales hidroeléctricas tienden a fragmentar el paisaje terrestre, ya que son obras principalmente longitudinales: canal de aducción, canal de restitución, caminos asociados, tendidos eléctricos, etc. De esta forma, la probabilidad que centrales hidroélectricas presenten algún nivel de impacto sobre ecosistemas terrestres es alta. Por tanto, lograr identificar aquellos ecosistemas terrestres que han sido históricamente poco intervenidos, permitiría discriminar sectores que debiesen ser considerados de gran importancia ecológica, pudiendo planificar de mejor manera la generación hidroeléctrica.

La definición de impacto es amplia, pudiendo evaluarse a nivel de especie, poblaciones, comunitario, ecosistémico, etc. Esto implica una gran cantidad de información científica, que actualmente no se encuentra disponible. Otra opción para estimar este OdV, es identificar las áreas del terriotrio que han sufrido modificaciones significativas en los últimos años, a través del análisis de imágenes satelitales. Esta opción limita el rango de tiempo para el que se estimaría el impacto, ya que sólo es posible contar con imágenes hasta hace 60 años atrás, lo que implicaría obviar modificaciones en el paisaje previas a la década del 50, como por ejemplo, los incendios forestales provocados por los colonos en la región de Aysén.

Respecto de los valores esperados del OdV, la información es escasa referente al porcentaje idóneo de cobertura natural en una SSC, con lo cual, la definición de estos valores de categorización resulta ser una tarea compleja y con un alto grado de subjetividad. Ante esto, varios son los enfoques que pueden considerarse: en función de una especie, de una comunidad, de los servicios ecosistémicos, etc.

Dada la incertidumbre, subjetividad y complejidad existente para la determinación de los rangos de categorización, se propuso que una forma de establecer estos valores es a través de un análisis de distribución del valor del índice en cada cuenca.

En este OdV se pretende identificar las áreas terrestres que se mantienen relativamente intactas dentro de las SSC de estudios, estimando cobertura vegetal natural.

Tabla resumen

En la Tabla 5.63 se puede observar un resumen de las características más relevantes del OdV.

Tabla 5.63. Resumen de características relevantes del OdV

Número y nombre del OdV **T.4. Áreas de paisaje natural terrestre**		
Definición **Áreas con cobertura vegetal natural.**		
Variable descriptora o Proxy	**Tipo y Fuente de información**	
Cociente entre la superficie de áreas de ecosistemas terrestres relativamente intactos y el área de la respectiva SSC.	Información secundaria	• Sub-usos de suelo que indiquen una baja intervención antrópica según la vegetación potencial de la zona de estudio.
	Fuente secundaria	• Catastro de bosque nativo de CONAF para las regiones de la Araucanía, Los Lagos y Los Ríos, actualización 2013. • Pisos vegetacionales de Leubert y Pliscoff (2006).

Fuente: elaboración propia

Metodología

Para identificar las áreas que se mantienen con baja intervención antrópica se comparó la cobertura espacial de modelación de pisos vegetacionales (Leubert y Pliscoff, 2006) con la cobertura del catastro de bosques de CONAF. El catastro de bosque de CONAF representa el estado actual de la vegetación, mientras que los pisos vegetacionales de Luebert y Pliscoff (2006) representan la vegetación potencial natural. Contrastando ambos se obtuvo una medida de la superficie de hábitat natural actual.

La presencia (o ausencia) de naturalidad de cada superficie se realizó mediante la superposición de la situación actual (Catastro de CONAF) con la situación hipotética natural (Pisos vegetacionales). Para evaluar esto se generó un atributo en el que 1 significa que ambos polígonos coinciden en clasificación y corresponde a un área natural; análogamente, 0 significa que no existe coincidencia, asumiéndose como área intervenida.

El proxy se construyó calculando el área total sin intervención por SSC, y se dividió por el área total de la SSC. Existieron áreas que no pudieron ser clasificados según su naturalidad. En primer lugar, todos los ecosistemas azonales presentes en el catastro de bosques CONAF, no fueron modelados en los pisos vegetacionales de Leubert y Pliscoff (2006), como vegas, turberas, ñadis, además de glaciares y escoriales de roca. Sin embargo, estas categorías fueron asumidas como naturales, asignándoles valor 1. En segundo lugar, se registraron áreas del territorio sin información o para el catastro de bosques de CONAF (fronteras entre regiones, áreas sin información fotográfica) o para los pisos vegetales (sectores sin información asignada), estos sitios fueron excluidos de los análisis.

Para estimar el OdV, a diferencia de otros casos, el área total de superficie natural fue ponderada por la superficie total de la SSC excluyendo la superficie de cuerpos de agua. Esto permitió no

perjudicar las cuencas con mayor superficie cubierta por cuerpos de agua, las que no podrían contar con un 100% de superficie cubierta debido a la presencia de grandes lagos en su interior.

Finalmente, se generaron las categorías de clasificación de la valoración de la conectividad no alterada de cada uno de los tramos definidos y se dividió por el máximo valor de cada cuenca. De esta forma, se obtuvo un índice por cuenca y escalado con valor máximo igual a uno. La definición de los rangos se realizó en base a un análisis de distribución del valor del índice en cada cuenca. Cabe señalar que por la cantidad de SSC en las cuencas del río Puelo y Yelcho, éstas se sumaron y se consideraron como un único grupo de cuencas.

Resultados

En la Tabla 5.64 , se ppresentan los valores del OdV en rangos bajo, medio y alto.

Tabla 5.64. Defínción de las categorías por cuenca para el OdV

Cuencas	Rangos		
	Bajo	Medio	Alto
Valdivia	0<OdV≤0,42	0,42<OdV≤0,72	0,72<OdV
Bueno	0<OdV≤0,21	0,21<OdV≤0,69	0,69<OdV
Yelcho-Puelo	0<OdV≤0,88	0,88<OdV≤0,97	0,97<OdV

Fuente: elaboración propia

La cuenca del Yelcho posee el mayor porcentaje de cobertura de superficie del rango Alto con un 52 % seguida por la cuenca del Valdivia con un 31 %, sin embargo esta última posee la mayor superficie de cobertura del rango Bajo con 37 %. A pesar de esto es posible apreciar, en las cuatro cuencas, coberturas de superficie que se distribuyen equitativamente en las categorías. Un patrón importante a destacar es la concentración de SSC con categoría Alta en el sector de la Cordillera de los Andes en las cuencas del Valdivia y Bueno, y una concentración de SSC con categoría Baja en la depresión intermedia de estas mismas cuencas. En la Tabla 5.65 se muestran los valores de cantidad y porcentaje de superficie de cada rango del OdV en cada cuenca en estudio.

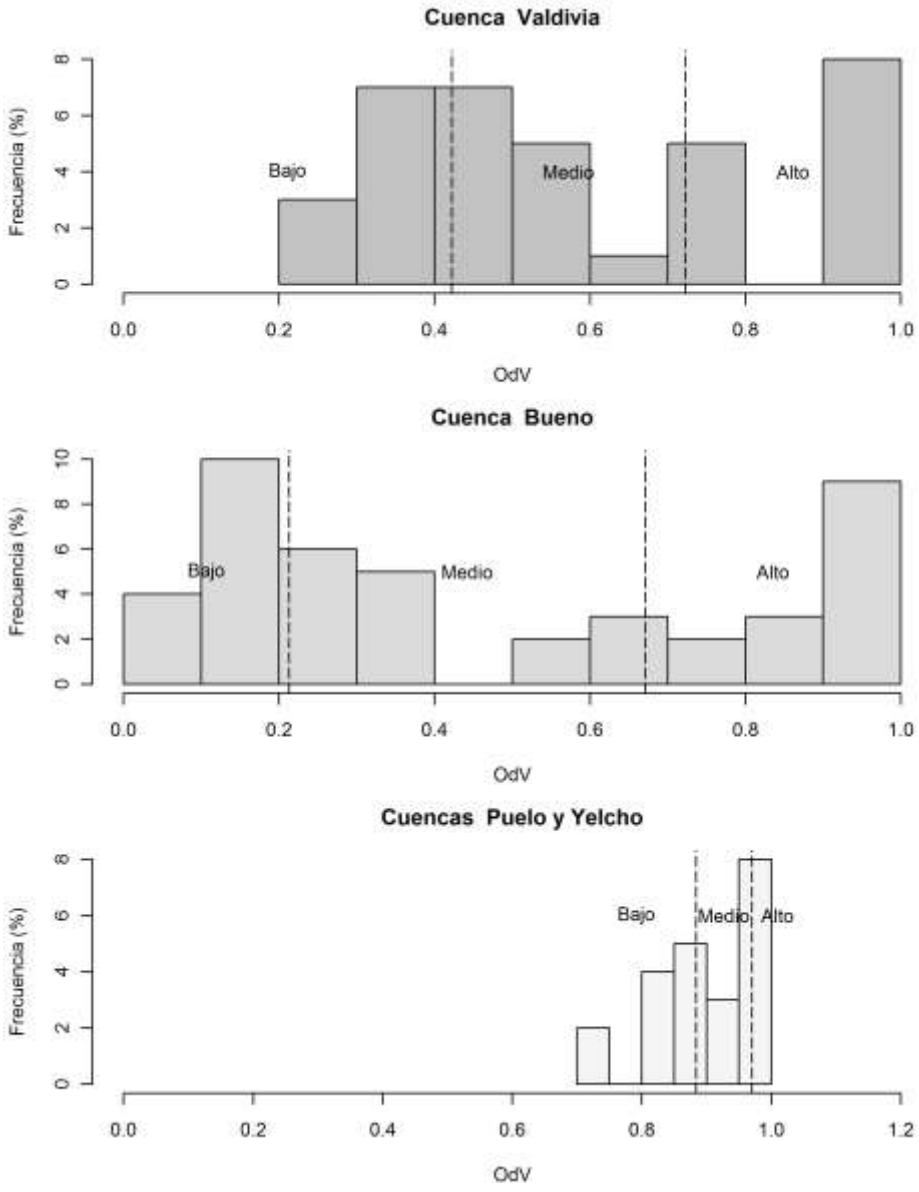
Tabla 5.65. Resumen OdV áreas de paisaje natural terrestre

Cuenca	Cantidad de SSC			Superficie total con respecto a la cuenca principal (%)		
	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto
Valdivia	12	12	12	37,1	31,6	31,3
Bueno	15	15	14	33,9	39,5	26,6
Puelo	4	5	4	25,5	46,2	28,3
Yelcho	3	2	4	23,1	24,0	52,9

Fuente: elaboración propia

En la Figura 5.51, se presenta el histograma de frecuencias para cada categoría del OdV

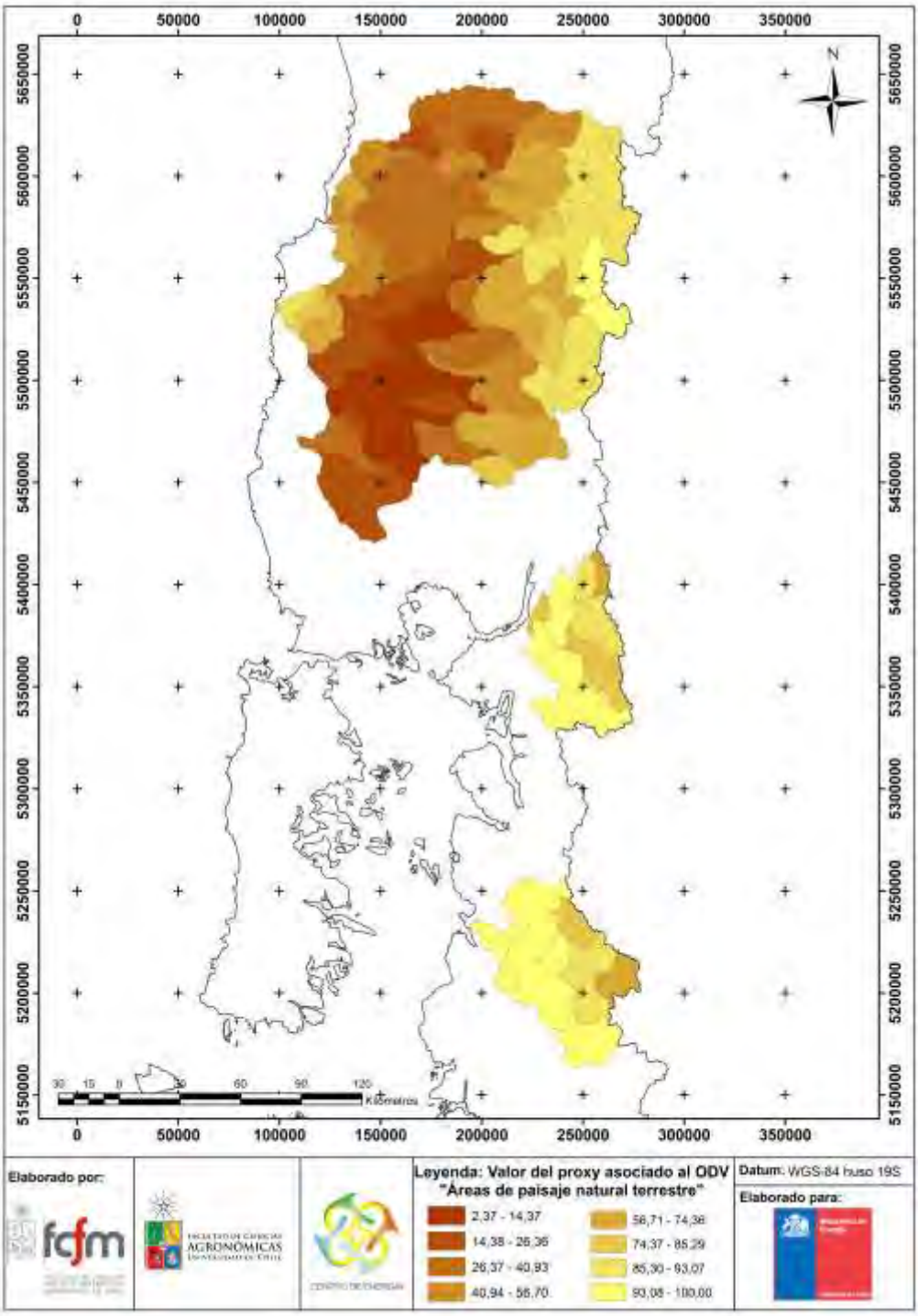
Figura 5.51 Distribución de frecuencia de valoración para cada SSC



Fuente: elaboración propia

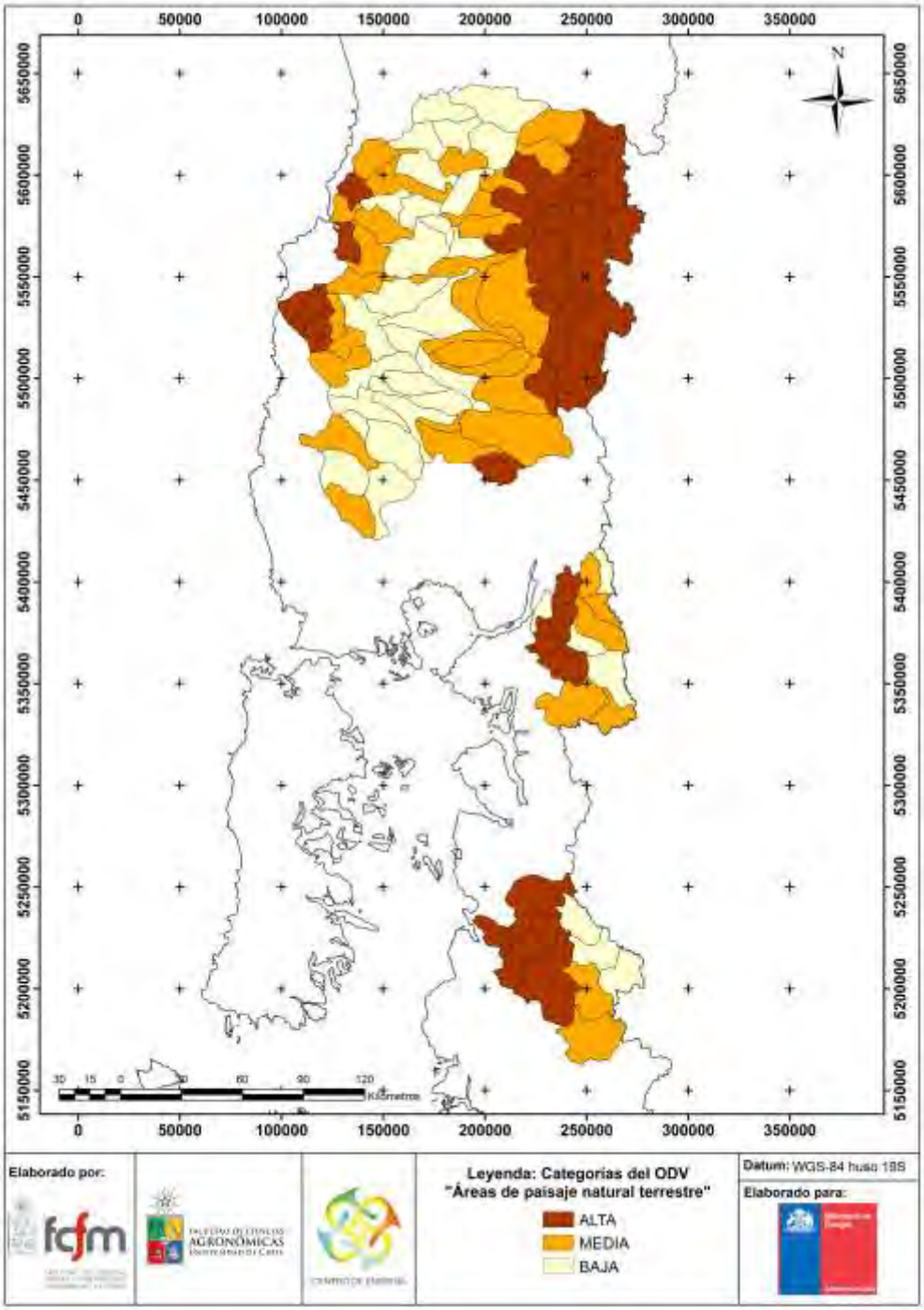
La Figura 5.52 muestra la superficie relativa de paisaje relativamente intacto para cada SSC y la Figura **5.53** muestra la presencia de este OdV en cada rango.

Figura 5.52 superficie relativa (%) de paisaje relativamente intacto con respecto a su respectiva SSC



Fuente: elaboración propia

Figura 5.53 Categorías del OdV en cada SSC



Fuente: elaboración propia

No se observaron SSC sin valor del OdV, el valor mínimo obtenido es de un 2% de superficie vegetal terrestre en la SSC del Río Rahue entre Estero Negro y Río Damas, ubicada en la cuenca del río Bueno. Existieron 2 SSC completamente naturales, la primera SSC, Río Puelo Chico presente en la cuenca del río Puelo, y la segunda SSC, Río Yelcho entre desagüe Lago Yelcho y Río Amarillo, en la cuenca del río Yelcho. En general, las cuencas más naturales son las de Puelo y Yelcho, dado que sus SSC presentan valores mayores a 70%, por otro lado, la cuenca de Bueno es la más intervenida, con SSC con coberturas menores al 10%.

El sector de la depresión intermedia del área de estudio presentó menores valores para este OdV, lo que coincide con el lugar de mayor intervención antrópica. Las zonas de la cordillera de la costa y de los andes presentaron mayor valoración.

Análisis y recomendaciones

La inclusión de este OdV permite registrar de manera general, uno de los principales problemas de conservación en ecosistemas terrestres: la pérdida de hábitats. Este OdV otorga una imagen general del estado de los ecosistemas terrestres en el área de estudio, por lo tanto, otorgan de forma práctica, gran cantidad de información respecto del estado de conservación de estos ecosistemas.

Teóricamente, el proxy utilizado permite analizar en profundidad los cambios a nivel de paisaje. Frente a la falta de información a menor escala, y al límite temporal que implica el uso de imágenes satelitales, la modelación de pisos vegetacionales otorga una visión histórica de lo que debiesen ser los ecosistemas naturales. Sin embargo, el principal problema es la ausencia de información de modelación para ecosistemas azonales, los cuales no pudieron ser corregidos por el presente OdV, debiendo considerarse prístinos.

La ausencia de información entre las fronteras regionales del catastro CONAF, representa el mayor factor de incertidumbre, y perjudica puntualmente a ciertas SSC. Lamentablemente, estos problemas no han podido ser soslayados. Sin embargo, se estima que el área sin información es menor, representando un margen de error marginal.

En términos generales, se aprecia que la construcción de este OdV fue exitosa con la consideración del proxy señalado, pudiendo incluir ecosistemas de grandes extensiones que mantienen un alto grado de naturalidad.

A nivel de cuencas, Bueno y Valdivia concentran SSC con altos niveles de naturalidad en la Cordillera de Los Andes, y bajos niveles de naturalidad hacia la depresión intermedia, acorde a los niveles de antropización del país. En cambio en las cuencas Puelo y Yelcho, hay bajos niveles de intervención antrópica, pero dada la definición de rangos, las SSC con bajos niveles de naturalidad se concentraron en las cercanías de Argentina.

5.2.2.5 *OdV T-5 Paisaje natural terrestre no fragmentado*

Introducción

La fragmentación es el proceso por el que los hábitats se subdividen en dos o más fragmentos (parches) de menor tamaño. Este proceso se encuentra inherentemente relacionado con la pérdida de hábitats, sin poder ocurrir el primero sin el segundo. Se ha documentado ampliamente los problemas de conservación que conlleva la fragmentación: mayor tasa de mortalidad de especies, menor reclutamiento, modificación de las interacciones comunitarias, etc. (Grez *et al*., 2006), volviendo necesaria su inclusión como OdV.

Con el fin de cuantificar las características de un paisaje fragmentado, se han identificado diversos rasgos de los parches que se pueden relacionar directamente con procesos perjudiciales para la viabilidad de las especies, por ejemplo: tamaño del parche, distribución de parches, distancia entre parches, forma de parches, diversidad de parches, entre otros (Harrison & Bruna, 1999). En este aspecto, dado que el tamaño de los parches por SSC es evaluado en el OdV T-4 de Áreas de Paisaje Natural Terrestre, los aspectos que serán incluidos en el presente OdV serán aquellos relacionados a la forma y distribución de los parches en el área de estudio.

Las investigaciones asociadas a fragmentación, dada las distintas aristas que emergen del tema, son realizadas a nivel de especie. Esto debido principalmente a que las preguntas que deben ser resueltas sólo son abordables en un contexto especie-específico: ¿Qué se considera como un parche habitable? ¿Qué tan distanciados deben estar dos parches para estar aislados? ¿Qué tamaño debe tener un parche para albergar una población viable? Entre otras. De esta forma, evaluaciones del estado de la fragmentación de un paisaje a nivel nacional, debido a la enorme cantidad de información que significarían, no son encontradas en la literatura disponible. Frente a este contexto, para lograr abordar esta problemática, y asumiendo que no existe información disponible sobre fragmentación para todas las especies de interés, se considerarán las unidades de hábitats identificados en el OdV T-4 como parches naturales con las que se evaluará el estado de fragmentación por SSC, las que representaran secciones en el territorio de baja intervención al que las especies podrían tener acceso.

Para generar un proxy que represente este OdV, se realizó una revisión bibliográfica para identificar las métricas disponibles, y evaluar la distribución de parches en el espacio. Sin embargo, todas las métricas asumen que el paisaje se encuentra fragmentado, lo que no se aplica en el contexto nacional en el que será aplicado el índice, ya que existe gran cantidad de SSC que no presentan intervención. Así, para integrar estos casos a la métrica, se generó una adaptación de la métrica conocida como “índice de proximidad” (Gustafson & Parker, 1992) para ser utilizada como proxy del presente OdV.

Las obras generadas por centrales hidroeléctricas relacionadas con ambientes terrestres, tienden a fragmentar el paisaje, ya que su estructura generalmente representa una gran longitud: canales de aducción, canales de restitución, caminos asociados, tendidos eléctricos, etc. De esta forma, la probabilidad de que centrales hidroélectricas impacten sobre ecosistemas terrestres a través de la fragmentación del paisaje, es alta. Lograr identificar aquellos ecosistemas terrestres históricamente poco intervenidos, permitirá discriminar sectores que debiesen ser considerados de mayor importancia ecológica, pudiendo planificar de mejor manera la generación hidroeléctrica.

El propósito de este OdV es otorgar valor a las SSC que tengan un nulo o bajo grado de fragmentación, producto de la acción antrópica, por lo que se asume que son un remanente en buen estado del ecosistema original, y que debiese tener una mayor valorización.

Tabla resumen

En la Tabla 5.66 se puede observar un resumen de las características más relevantes del OdV.

Tabla 5.66. Resumen de características relevantes del OdV

Número y nombre del OdV **T-5. Paisaje natural terrestre no fragmentado**		
Definición **Ausencia o baja fragmentación del paisaje natural por SSC.**		
Variable descriptora o Proxy	**Tipo y Fuente de información**	
Índice de proximidad por pixel por SSC, que relaciona distancia entre unidades espaciales homogéneas.	Información secundaria	• Sub-usos de suelo que indiquen una baja intervención antrópica según la vegetación potencial de la zona de estudio.
	Fuente secundaria	• Catastro de bosque nativo de CONAF para las regiones de la Araucanía, Los Lagos y Los Ríos, actualización 2013. • Pisos vegetacionales de Leubert y Pliscoff (2006).

Fuente: elaboración propia

Metodología

A partir del OdV T-4 “Áreas de Paisaje Natural Terrestre”, se obtuvo un mapa que diferencia superficies de baja intervención de aquellas superficies intervenidas, mediante la comparación del Catastro de Bosque Nativo de CONAF y los pisos vegetacionales proyectados por Leubert y Pliscoff (2006). Cada polígono de paisaje natural fue considerado como un parche natural, y el resto de los polígonos fueron considerados como la matriz intervenida.

Según Hargis *et al.* (1998), el indicador de fragmentación que responde de mejor manera a la distribución de parches en el espacio es el índice de proximidad (Gustafson & Parker, 1994), cuya

ecuación estima la proximidad de un parche focal, respecto del resto de los parches del vecindario, a través del área del parche cercano y el inverso de la distancia que los separa. El principal problema de este índice, es que requiere fragmentación para su uso, y en este caso, un enorme parche prístino completamente aislado, no contaría con proximidad, ya que no cuenta con parches en el vecindario. Dada la amplia diversidad de paisajes que son evaluados en el estudio, es muy probable que se detecten SSC sin fragmentación, las que serían valiosas en sí mismas. Para resolver este problema, se propone una modificación del índice de proximidad: el índice de proximidad por pixel (IPP).

El índice de proximidad por píxel se generó a partir del supuesto de que, un parche de gran tamaño, a pesar de que se encuentra aislado, es valioso en sí mismo. De esta forma, cada unidad definida como parche, fue subdividida en pixeles de 100x100m. Luego, para cada uno de estos pixeles se calculó el índice de proximidad, asumiendo a sus pixeles colindantes como otros parches. Finalmente, el índice se estima a través de la sumatoria de todos los índices de proximidad por pixel, ponderando por el número de pixeles total en la SSC. De esta forma, un gran parche aislado tendrá un alto valor dada la no fragmentación de sus pixeles interiores. Por otro lado, para casos de gran fragmentación, el índice responderá de manera similar al índice de proximidad.

Para definir un radio de búsqueda mediante el cual estimar el índice de proximidad por pixel, se consideraron las siguientes especies en estado de conservación vulnerable, cuyos hábitats son bosques y matorrales, poseen una baja densidad poblacional, y pertenecen a los niveles tróficos superiores, estas son: Leopardus güiña (3,7 km^2 de ámbito de hogar) y Lycalopex fulvipes (5km^2 de ámbito de hogar) (Celis-Diez *et al.*, 2011). Se realizó una aproximación para obtener la distancia lineal a través del promedio de la raíz cuadrada de los ámbitos de hogar, obteniéndose 2,05 km. Esta distancia parece ser suficiente para agrupar entre un 60 y 100% los fragmentos de Bosque caducifolio del Sur de las regiones de la Araucanía, Los Ríos y Los Lagos (García, 2011). De esta forma, el índice de proximidad por pixel asume como parches conectados solo aquellos que se encuentras a menos de 2 km de distancia.

Para comparar los resultados, se estimaron otras 2 métricas de fragmentación: tamaño de parche promedio por SSC, y la distancia mínima de parche promedio por SSC. Además, el proxy estimado fue comparado con el proxy del OdV T-4, superficie de paisaje natural ponderado por el área de la SSC. Se obtuvieron las categorías “Alta”, “Media” y “Baja” por cuenca a través de un análisis de sensibilidad, dividiendo el rango de datos de cada cuenca por percentiles y separando las SSC dentro de estos intervalos. Así, las SSC bajo el percentil 0,33 se catalogaron como “Baja”, entre el percentil 0,33 y 0,66 se catalogaron como “Media”, y sobre el percentil 0,66 se catalogó como “Alta”.

Resultados

En general, La cuenca con mayor grado de fragmentación (menor índice de proximidad por pixel) fue la del río Bueno, cuyo promedio de índice de proximidad fue de 2,32, seguido por la cuenca del río Valdivia con un promedio de 2,86. Contrariamente, el promedio del índice de proximidad de las cuencas Puelo y Yelcho fue de 4,9. La SSC con mayor grado de fragmentación fue la de Río Rahue entre Estero Negro y Río Damas, ubicada en la cuenca Bueno, indicando un 0,9 de proximidad por pixel. La SSC con menor grado de fragmentación es el Desagüe Lago Pirehueico, ubicado en la cuenca Valdivia, indicando un 5,32 de índice de proximidad. La Tabla 5.67 muestra los valores del índice de proximidad para los cuales se crearon las categorías, y la Tabla 5.68 muestra la cantidad de SSC y el porcentaje de área de cada cuenca perteneciente a cada categoría.

Tabla 5.67. Valores de rangos para asignación de categorías por SSC

Cuencas	Categorías		
	Bajo	Medio	Alto
Bueno	< 0,38	0,38 ≤ x < 0,7	≥ 0,7
Valdivia	< 0,12	0,12 ≤ x < 0,72	≥ 0,72
Puelo	< 0,96	0,96 ≤ x < 0,99	≥ 0,99
Yelcho	< 0,96	0,96 ≤ x < 0,99	≥ 0,99

Fuente. elaboración propia

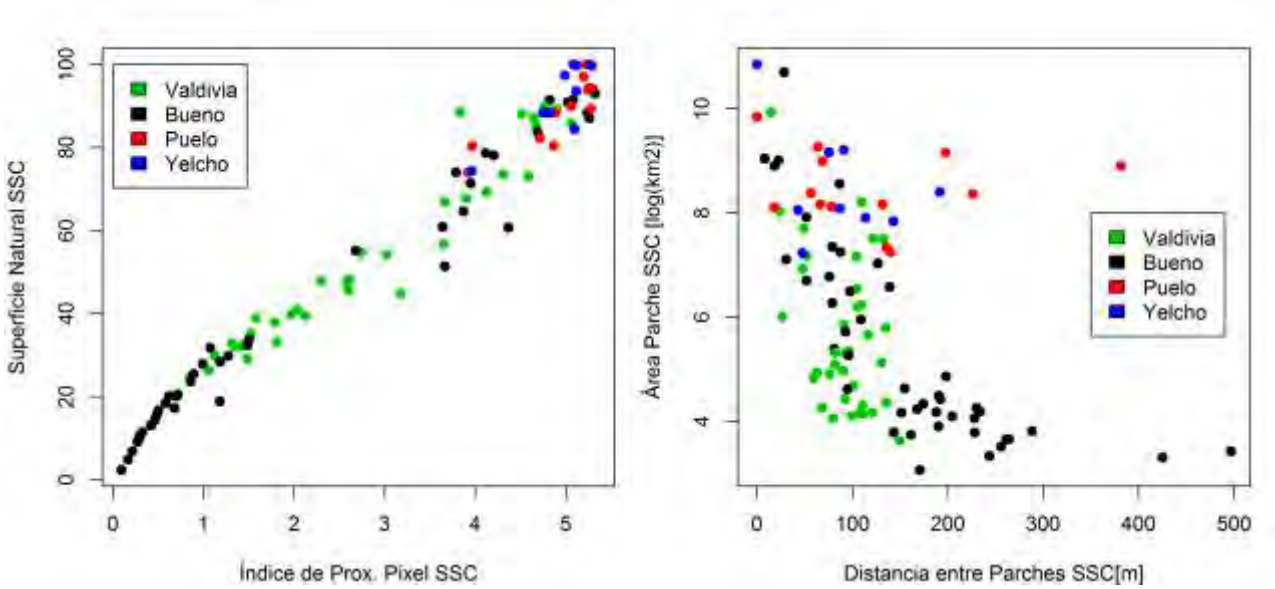
Tabla 5.68. Resumen OdV paisaje natural terrestre no fragmentado

Cuenca	Cantidad de SSC			Superficie total con respecto a la cuenca principal (%)		
	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto
Valdivia	12	12	12	33	33	34
Bueno	15	14	15	34	32	34
Puelo	4	2	7	31	15	54
Yelcho	3	5	1	56	33	11

Fuente. elaboración propia

La **Figura 5.54** muestra una comparación entre otras métricas de fragmentación.

Figura 5.54. Comparación de otras métricas de fragmentación de paisaje. Izquierda. Comparación entre proxys de OdV T-4 y T-5, superficie de paisaje natural por SSC (área natural/área SSC) en función del índice de proximidad por pixel. Derecha. Área promedio de los parches por SSC en función de la distancia mínima entre parches promedio por SSC. En cada gráfico se señala la cuenca de la SSC a la que pertenece el dato.



Fuente. elaboración propia

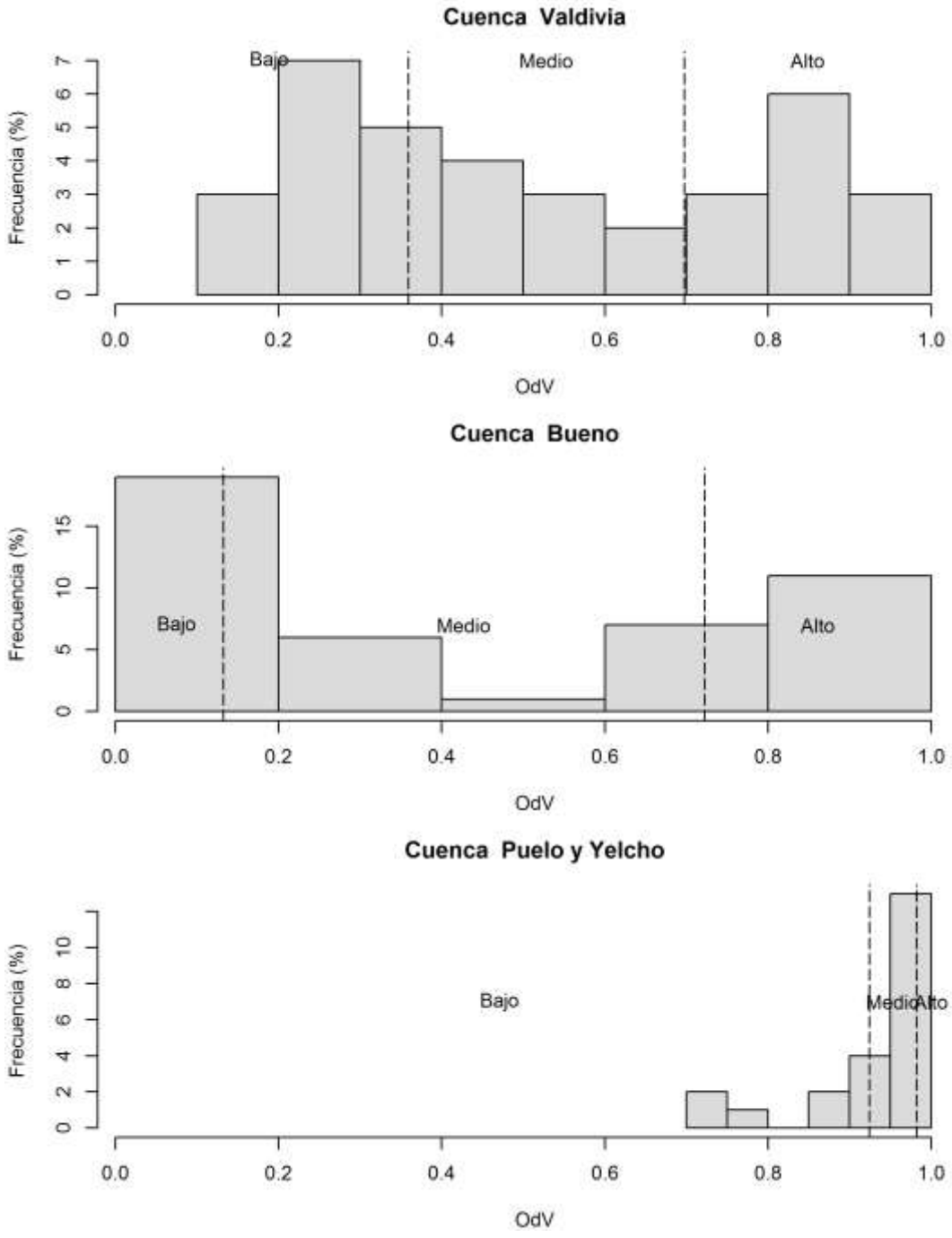
En la Figura 5.55, se observa la distribución bimodal de los índices de proximidad registrados en las cuencas Valdivia y Bueno. Al comparar los histogramas, vemos como la cuenca de Bueno y Valdivia presentan mayor fragmentación que las cuencas Puelo y Yelcho.

Al ver la distribución de los datos, se puede observar como la depresión intermedia del área de estudio presentó menores índices de proximidad por pixel, por lo contrario, las zonas de las cordillera de la costa y cordillera de los andes presentaron mayores índices de proximidad por pixel, como se aprecia en la Figura 5.56.

Cuando se compara el proxy estimado con el obtenido para el OdV de áreas de paisaje natural, cuyo proxy representa la superficie de paisaje natural por SSC, se observa la fuerte correlación entre ambos indicadores. Por otro lado, cuando se compara el tamaño promedio de parche por SSC con la distancia mínima promedio entre parches por SSC, se observa una relación inversa, presentándose solo 3 escenarios posibles de fragmentación en el área de estudio: parches grandes unidos, parches medianos medianamente unidos, y parches pequeños distantes, como se aprecia en la

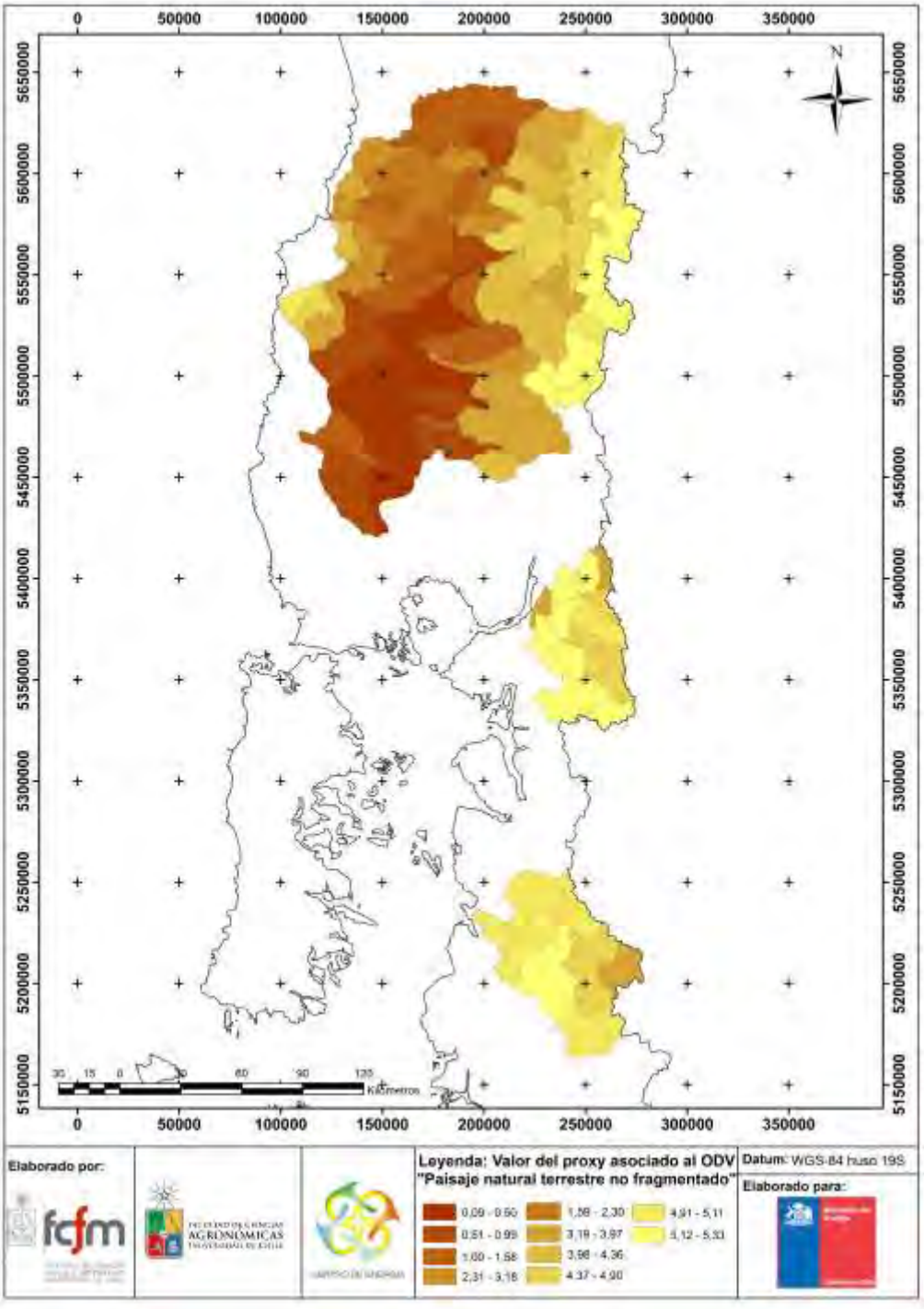
Figura **5.57**

Figura 5.55.Distribución de frecuencia de valoración para paisaje natural terrestre no fragmentado en cada SSC



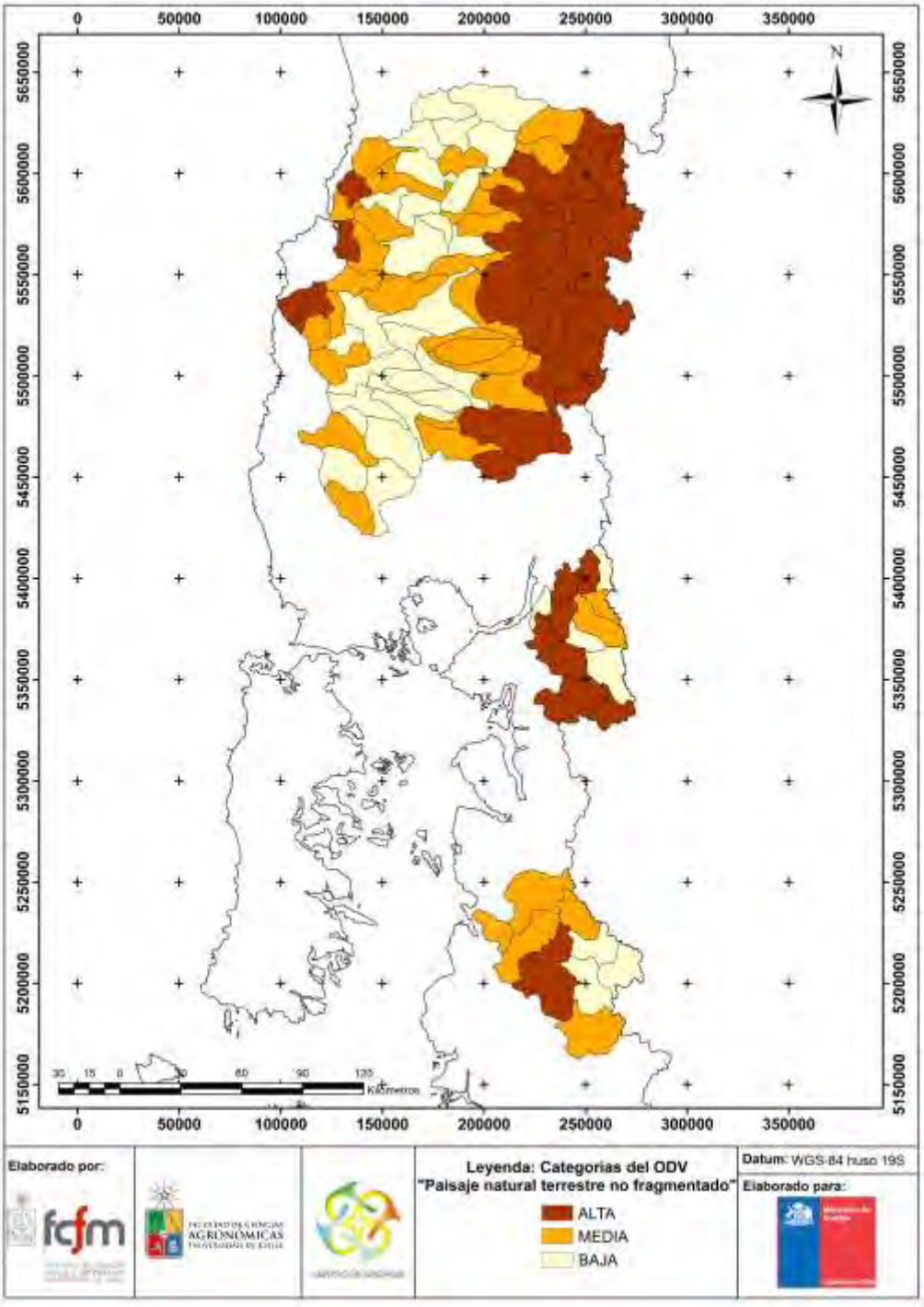
Fuente: elaboración propia

Figura 5.56. Índice de fragmentación (proximidad por pixel) en cada SSC



Fuente. elaboración propia

Figura 5.57.Categorías del OdV paisaje terrestre natural no fragmentado en cada SSC



Fuente. elaboración propia

Análisis y recomendaciones

Generalmente, las métricas de fragmentación son utilizadas a menor escala espacial, y se encuentran focalizadas sólo a nivel de una especie. Sin embargo, para lograr establecer una métrica que compare la fragmentación a nivel nacional, es necesario determinar la distribución espacial del paisaje natural en la SSC, alejándose del foco especie-específico. Esto posibilita determinar una medida general de la fragmentación, que permita la comparación entre distintas SSC, cuencas o regiones. La evaluación del presente OdV, permitió obtener una visión general, no sólo del potencial impacto del proceso de fragmentación sobre la viabilidad de las poblaciones de especies (Grez *et al.*, 2006), sino que también para estimar de qué manera la reducción del hábitat, debido a la intervención antrópica, ha modificado el paisaje en el área de estudio.

Al analizar la distribución de tamaños y distancias de parches por SSC, se observa que en el área de estudio existen dos escenarios potenciales de fragmentación: parches de gran tamaño separados y parches de pequeño tamaño cercanos. Este resultado otorga evidencia del proceso de fragmentación del hábitat en el área de estudio, sugiriendo ausencia de un patrón coherente en la forma que una SSC es intervenida.

Dada que la distribución de la intervención es azarosa, el paisaje natural disminuye, formando parches que se alejan en la misma medida en que se reducen. En el caso de que existiría alguna forma de regulación (legal o natural), existirían SSC con parches de pequeño tamaño que permanecieren cercanos, o parches de gran tamaños distribuidos en los extremos de una SSC. Frente a la ausencia de estos escenarios, los patrones detectados por el índice de proximidad por pixel son similares a los detectados por la pérdida de hábitat, dada la menor cantidad de escenarios de fragmentación identificables. Frente a estos antecedentes, si bien el proxy fue integrado consistentemente, el contexto actual del área del proyecto determina que la información que otorga es similar a la observada con la superficie de paisaje natural terrestre.

En futuros proyectos, y continuando con el enfoque de la fragmentación a nivel de paisaje, se podría mejorar el proxy presente integrando tres elementos: un mayor radio de detección de proximidad, considerar secciones de los parches extendidos fuera de la SSC y una mejor identificación del pixel considerado como parche natural. Al aumentar el radio de detección, permitiría que el modelo detectase parches próximos más lejanos, volviendo al índice más sensible a la configuración del paisaje. Por otro lado, si bien, delimitar el paisaje por SSC permite una mejor organización de la información, subestima el tamaño real de un parche de paisaje natural, lo que podría afectar en la interpretación de los resultados. Finalmente, el determinar el tamaño de un paisaje que se considerará como un parche apto para la conservación, debe representar un ejercicio de política pública a desarrollar en posteriores estudios.

La distribución espacial de los datos, nuevamente apunta a la gran intervención antrópica presente en la depresión intermedia de las cuencas Valdivia y Bueno, lo que debiese representar un foco de interés para acciones de preservación de pequeños remanentes de paisaje natural en la zona.

Finalmente, la selección de los intervalos responde al rango de datos dentro de los otorgados por el índice de proximidad por pixel, y representa de buena manera lo observado en los resultados del proxy, por lo que se considera su determinación como consistente.

En términos generales, la elección del proxy fue adecuada, ya que permite determinar la cohesion (o no fragmentación) del hábitat mediante un pixel de 100m x 100m. Lo que permitió abordar este OdV sin estar restringido a la escala de una especie en particular.

A nivel de cuencas, se aprecia que, en las cuencas de los ríos Yelcho y Puelo, las zonas menos intervenidas se encuentran en la costa, y no en las SSC cercanas a la cordillera. La cuenca del río Valdivia y del río Bueno presentan valores de cohesión mayores en las zonas cordilleranas, alejados de la depresión intermedia.

5.2.2.6 *OdV T-6 Comunidades terrestres con baja presencia de especies exóticas*

Introducción

Las especies exóticas invasoras son una de las 5 principales causas de la pérdida de biodiversidad junto con la pérdida y fragmentación del hábitat, la sobreexplotación, la contaminación y el cambio climático. Estas especies son introducidas por el hombre en lugares donde no se encuentran naturalmente. Algunas de estas especies logran naturalizarse, reproducirse y establecer poblaciones. Entonces llegan a competir, desplazar y a depredar a las especies autóctonas, pudiendo llegar a modificar el hábitat e incluso hibridan con las especies nativas. De esta forma llegarían a alterar la estructura y composición de las comunidades, incluso los ecosistemas (Capdevila-Argüelles *et al.,* 2013).

Determinar la distribución y abundancia de este tipo de especies resulta de gran importancia para la planificación de políticas y medidas que permitan controlar aumentos en sus rangos de distribución o evitar su arribo y posterior colonización en zonas con gran valor ecosistémico. En este sentido, proyectos de generación hidroeléctrica podrían contribuir al desplazamiento de estas especies debido a que su introducción está fuertemente relacionada con la actividad antrópica. A modo de ejemplo, el desplazamiento de maquinaria en zonas prístinas podría favorecer la colonización de especies vegetales exóticas, o el deterioro ecosistémico generado por la instalación de las obras.

La situación ideal para la construcción de este OdV, sería disponer de información detallada de cuáles son las especies exóticas presentes en las SSC de estudio, además de un registro de su distribución actual e histórica para poder evaluar los cambios de distribución que ha experimentado y de esta manera determinar cuáles son las que están colonizando de manera más rápida.

En la literatura pertinente no es posible encontrar información para definir los valores aceptados que se ajusten al OdV realizado, tanto a nivel ecológico como legal. Es por esto, que se utilizará la distribución de frecuencias de los valores del OdV para definir los rangos a utilizar.

Este OdV abarca los ecosistemas que han experimentado mayor grado de intervención antrópica desde el punto de vista de la introducción de especies exóticas.

Tabla resumen

En la **Tabla 5.69** se puede observar un resumen de las características más relevantes del OdV.

Tabla 5.69. Resumen de características relevantes del OdV

Número y nombre del OdV **T.6. Comunidades terrestres con baja presencia de especies exóticas**		
Definición **Identificación de ecosistemas terrestres relativamente intervenidos desde la perspectiva de la presencia de especies exóticas.**		
Variable descriptora o Proxy	**Tipo y Fuente de información**	
Riqueza de especies exóticas por piso vegetacional.	Información primaria	• Cantidad de especies exóticas por piso vegetacional.
	Fuente primaria	• Cobertura espacial del número de especies exóticas por piso vegetacional desarrollada para este estudio (facilitada por el equipo PUC-TECO).

Fuente: elaboración propia

Metodología

Para la generación del proxy de este OdV, se utilizaron los resultados de una modelación de distribución espacial de especies vegetales exóticas y la densidad relativa de especies exóticas por piso vegetacional. Dicha distribución potencial fue facilitada por el equipo PUC-TECO que están desarrollando para este mismo estudio en las cuencas de los río Maule, Biobío y Toltén.

Se generó una nueva cobertura espacial de los pisos vegetacionales por SSC, cada piso vegetacional está asociado al número de especies exóticas presentes en él. Posteriormente se sumaron las densidades relativas de los pisos vegetacionales presentes en cada SSC. Luego, se ponderó por el área total de pisos vegetacionales presentes en cada SSC. Una vez obtenidas las

densidades relativas se procedió a valorizar la ausencia de especies exóticas de la siguiente manera:

Valor del OdV SSC = 1-(Densidad relativa/Densidad relativa máxima de las cuencas)

Finalmente, se generaron las categorías de clasificación de la valoración de la conectividad no alterada de cada uno de los tramos definidos y se dividió por el máximo valor de cada cuenca. De esta forma, se obtuvo un índice por cuenca, escalado con valor máximo igual a uno. La definición de los rangos se realizó en base a un análisis de distribución del valor del índice en cada cuenca. Cabe señalar que por la baja cantidad de SSC en las cuencas del río Puelo y Yelcho, éstas se sumaron y se consideraron como un único grupo de cuencas.

Resultados

Con respecto a la distribución de las categorías de valoración, cabe destacar la cuenca del Puelo la cual posee el mayor porcentaje de cobertura de superficie de la categoría Alta con un 65,4 % y el menor porcentaje de cobertura de la categoríaBaja con un 4,6%. Por el contrario, la cuenca del Yelcho posee el más bajo porcentaje de la categoría Alta con 0 % de cobertura y el más alto porcentaje de la categoría Baja con un 67,7 %. Además, es posible observar una concentración de SSC con categoría Alta en el sector de la cordillera de la Costa y la cordillera de los Andes en las cuencas del Valdivia y Bueno. La definición de las categorías se muestra en la Tabla 5.70 y la cantidad de SSC junto con el porcentaje de área de cada categoría se muestra en la Tabla 5.71. El histograma de las categorías se muestra en la Figura 5.58.

Tabla 5.70. Valores del OdV Comunidades terrestres con baja presencia de especies exóticas para generación de categorías por cuenca

Cuencas	Rangos		
	Bajo	Medio	Alto
Valdivia	0<OdV≤0,489	0,489<OdV≤0,900	0,900<OdV
Bueno	0<OdV≤0,500	0,500<OdV≤0,780	0,780<OdV
Yelcho-Puelo	0<OdV≤0,870	0,870<OdV≤0,945	0,945<OdV

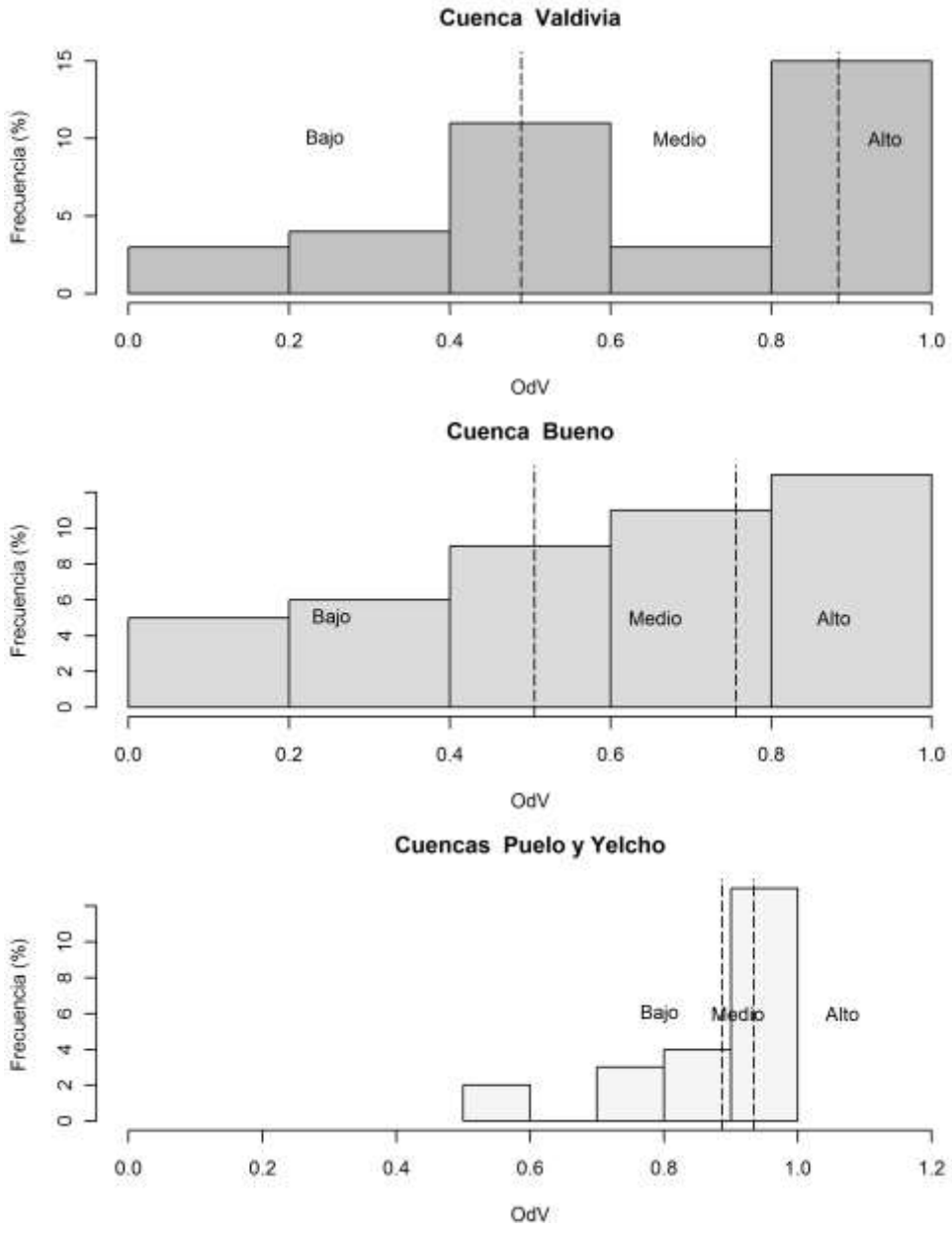
Fuente: elaboración propia

Tabla 5.71. Resumen OdV Comunidades terrestres con baja presencia de especies exóticas

Cuenca	Cantidad de SSC			Superficie total con respecto a la cuenca principal (%)		
	Baja	Media	Alta	Baja	Media	Alta
Valdivia	12	12	12	28,0	30,4	41,6
Bueno	15	15	14	26,4	44,1	29,5
Puelo	1	5	7	4,6	30,0	65,4
Yelcho	6	3	0	67,7	32,3	0

Fuente: elaboración propia

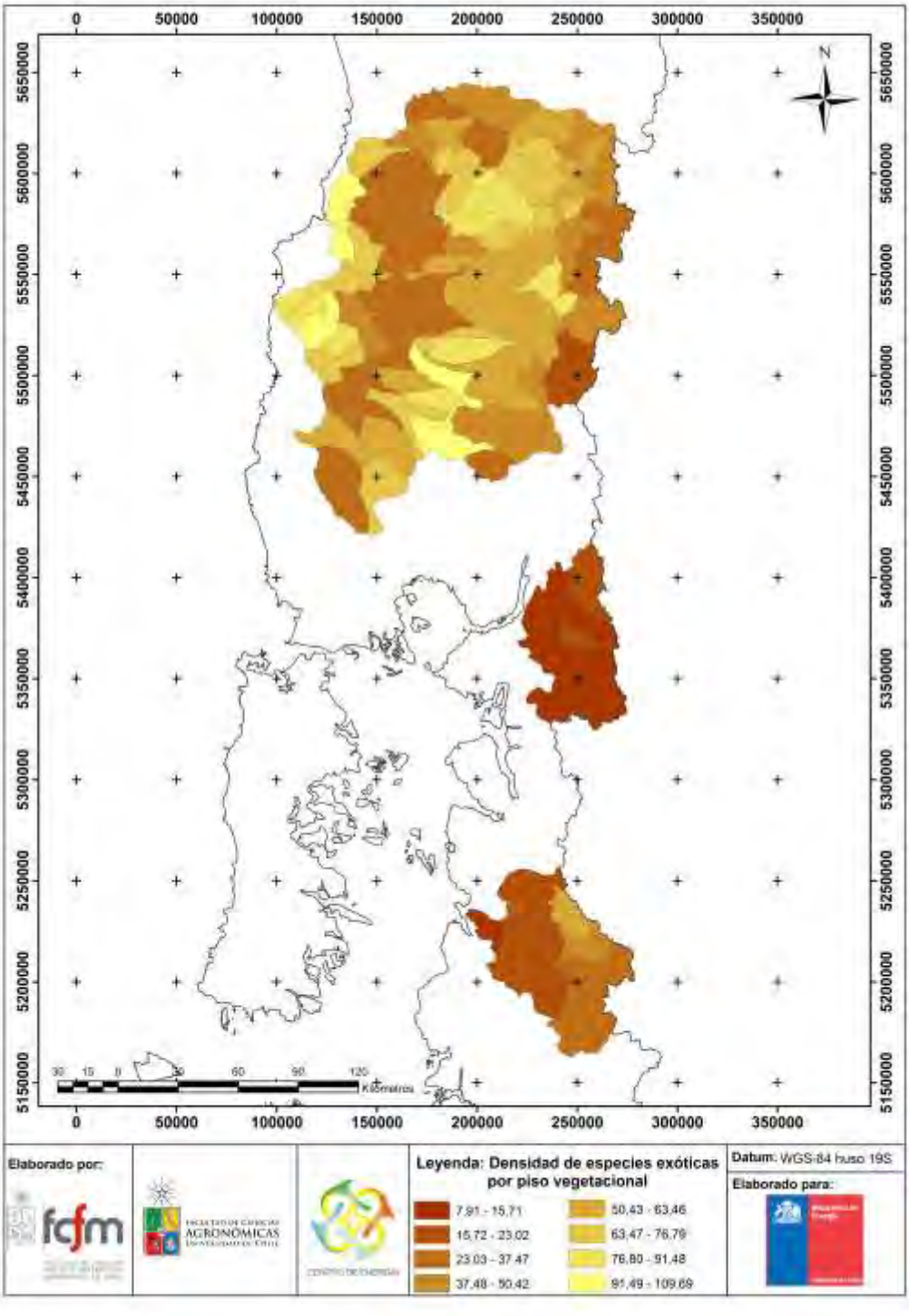
Figura 5.58. Distribución de frecuencia de valoración para cada SSC



Fuente: elaboración propia

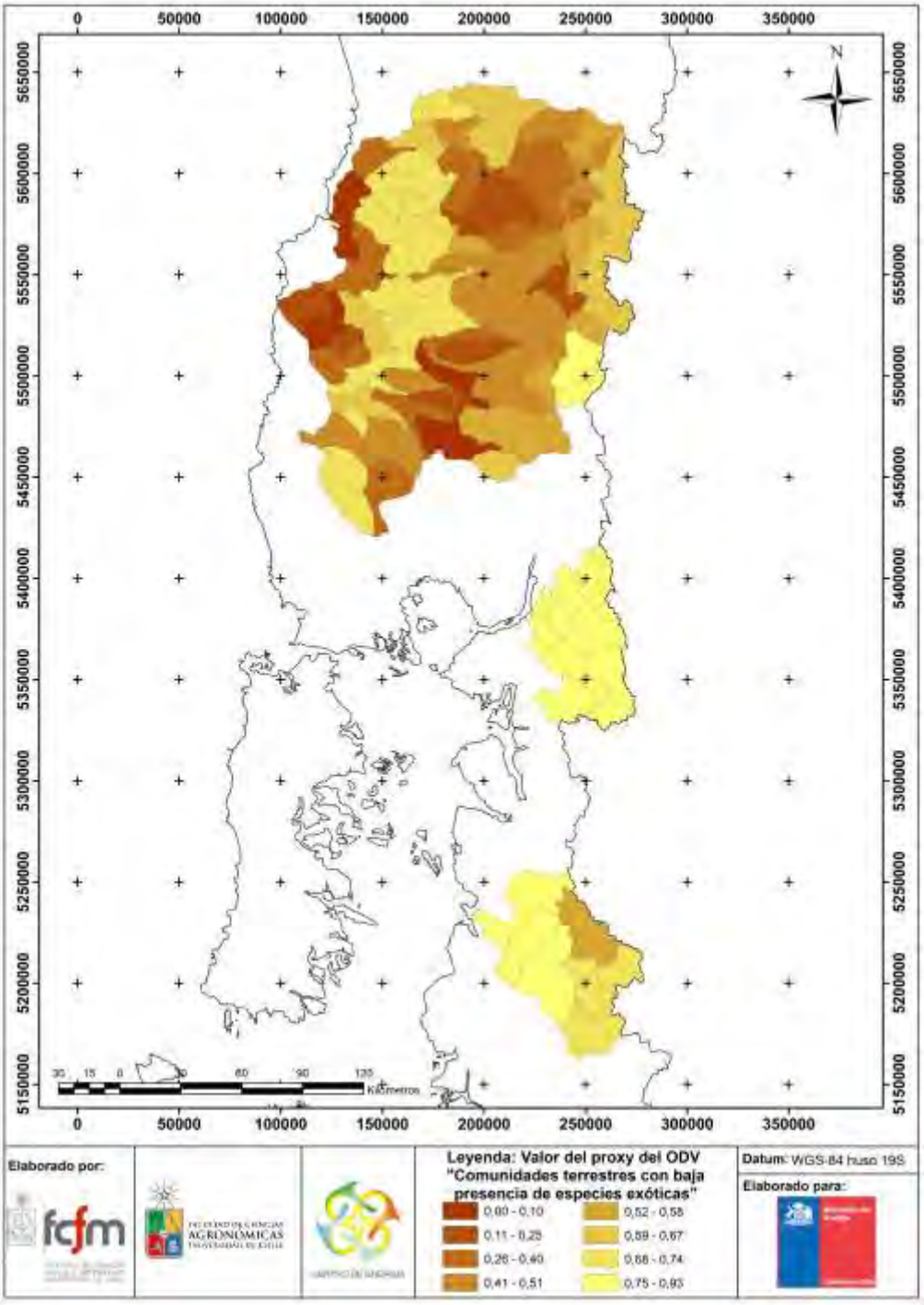
Se muestra en la Figura 5.59 la densidad de especies exóticas para cada SSC, en la Figura 5.60 el índice de valoración de ausencia de especies exóticas en cada SSC y en la Figura 5.61 el rango del OdV para cada SSC.

Figura 5.59 Densidad de especies exóticas terrestres por piso vegetacional en cada SSC



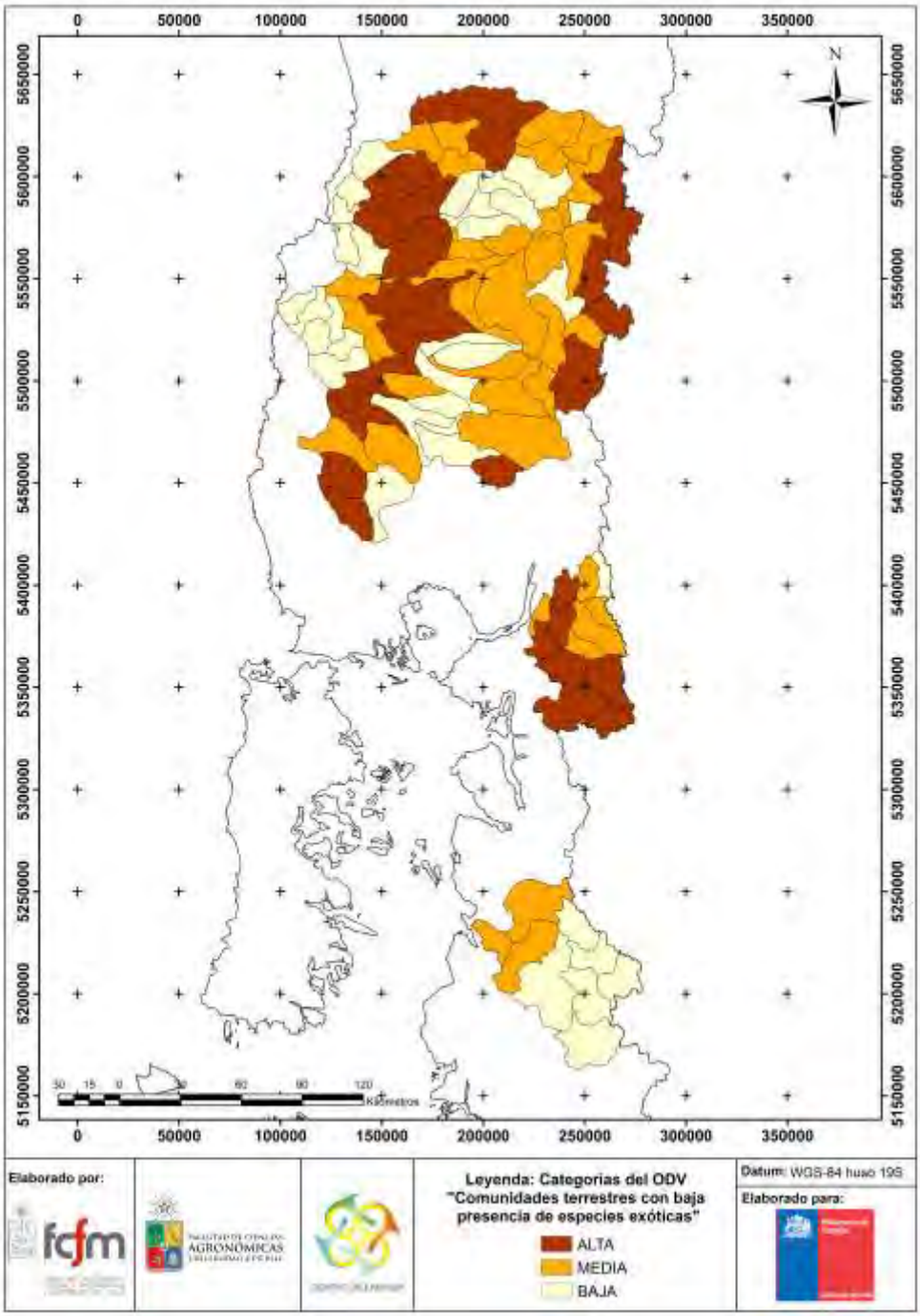
Fuente: elaboración propia

Figura 5.60 Valoración de ausencia de especies exóticas en cada SSC



Fuente: elaboración propia

Figura 5.61 Categorías de valoración del OdV Comunidades terrestres con baja presencia de especies exóticas en cada SSC



Fuente: elaboración propia

El 100 % de las SSC tienen presencia de especies exóticas. La mayor ausencia relativa de especies exóticas corresponde al valor 0,928, el cual corresponde a una densidad relativa de 7,91, en la cuenca del rio Puelo. Por el contrario, la menor ausencia relativa corresponde al valor nulo, el cual corresponde a una densidad relativa de 109,69 registrada en la cuenca del rio Puelo. El valor promedio de especies exóticas para las cuatro cuencas de estudio corresponde a 50, el 44 % de las SSC posee valores que variante entre las 30 y 60 especies exóticas.

La cuenca con mayores riquezas relativas corresponde la del rio Valdivia, le sigue proporcionalmente la del rio Bueno, mientras que la cuenca con menor cantidad de especies exóticas es la del Puelo. Es posible observar una concentración de altos valores de riqueza de especies en la zona de la depresión intermedio y de la Cordillera de la Costa de las cuencas de estudio.

Análisis y recomendaciones

El utilizar la densidad relativa de especies exóticas por piso vegetacional, permitió obtener un valor de OdV distinto de cero para cada SSC. Representando de mejor manera lo que realmente se está viviendo actualmente con las especies exóticas.

Un punto importante que no fue considerado en el proxy utilizado es el de analizar cuáles son las especies exóticas y cómo se distribuyen sobre el territorio. El haber dispuesto de un registro histórico habría permitido identificar cuáles son las especies que han experimentado mayores aumentos en sus rangos de distribución, lo que habría permitido determinar categorías de amenaza en las especies exóticas, con el fin de identificar áreas críticas.

A pesar de lo comentado anteriormente, cabe destacar que a través de su simplicidad fue posible determinar claramente los sectores que presenta menor intervención. Cabe destacar que al utilizar el total de especies exóticas por piso vegetacional puede producirse en una sobre estimación de la riqueza final, debido a que la misma especie puede estar presente en dos o más pisos vegetacionales.

En términos generales, a través del propuesto proxy fue posible integrar las especies exóticas al estudio, identificando este tipo de especies en todas las SSC de estudio. Entregando de manera indirecta información sobre las áreas que se han visto mayormente afectadas por la intervención antrópica.

A modo de resumen, cabe destacar las cuencas de los ríos Yelcho y Puelo por sus altos porcentajes de cobertura de superficie del rango bajo, lo cual indica una menor intervención antrópica en esas cuencas.

5.2.2.7 *OdV T-7 Ecosistemas terrestres azonales*

Introducción

Las comunidades vegetales son clasificadas, generalmente, en dos tipos: zonales y azonales. La vegetación zonal es aquella cuya distribución está asociada a biotopos donde las condiciones climáticas regionales se encuentran plenamente expresadas. Por otro lado, la vegetación azonal se caracteriza por presentar una distribución restringida, asociada a condiciones edáficas locales (Luebert & Pliscoff, 2006).

La vegetación zonal es representada en este trabajo a través del OdV de áreas de paisaje natural terrestre (de manera indirecta), y el OdV de Ecosistemas Amenazados (de manera directa). Sin embargo, debido a su restringida distribución, la extensión de la vegetación azonal no puede ser comparada con la de vegetación zonal, siendo necesaria la generación de un OdV que los considere de manera independiente. Este OdV se enfoca a una escala espacial menor en comparación a otros OdVs terrestres, como lo son Parques Nacionales (T-10) o Ecosistemas Terrestres en categoría de amenaza (T-8).

Si bien, debido a su relación con episodios de inundaciones constantes o periódicas, ciertos tipos de vegetación azonal pueden ser clasificados como humedales según Ramsar, existen otros tipos de vegetación azonal cuya ubicación puede estar desconectada de la red hidrográfica, ya que su dependencia está asociada a condiciones edáficas locales, y no a la cercanía de un río o lago. De esta forma, a pesar de la directa relación entre la presencia de cuerpos de agua y la vegetación azonal, esta debe ser asociada a ecosistemas terrestres.

Según Schlatter & Schlatter (2004), los tipos de vegetación azonal presentes en la zona de estudio son vegas, ñadis, turberas y maullines. Además, debe ser considerada la vegetación entorno a humedales costeros como un tipo de vegetación azonal. Otro ecosistema que no debiese ser dejado fuera de este análisis es el de vegetación ripariana.

Los humedales son considerados dentro de los ecosistemas más importantes del planeta (Mitsch & Gosselink, 2000). Estos sistemas tienen diversas funciones, tales como el ciclaje de nutrientes, la retención de sedimentos, control de inundaciones, y proveer hábitat para vida silvestre. Muchas de estas funciones son importantes para los humanos, por lo tanto son valoradas como servicios ecosistémicos. Las actividades antrópicas que amenazan estas funciones incluyen, entre otras, la extracción de agua para usos mineros, la contaminación por vertido de residuos domiciliarios e industriales, y el drenaje para la agricultura, todas las cuáles han hecho desaparecer los humedales, en altas tazas, en todo el mundo.

Finalmente, se asume la presencia de comunidades vegetales como representantes de unidades ecosistémicas independientes.

Determinar la distribución y superficie que abarca este tipo de vegetación azonal resulta de gran importancia para la planificación de políticas y medidas que permitan proteger esta vegetación de distribución reducida. En este sentido, proyectos de generación hidroeléctrica podrían contribuir a la reducción o deterioro de este tipo de ecosistemas debido a las instalaciones propias del proyecto.

La situación ideal para la construcción de este OdV, seria disponer de un registro de su distribución actual e histórica para poder evaluar cuáles son los ecosistemas que han experimentado mayores reducciones de superficie en el tiempo, para apuntar la protección en ellos.

Debido a su alta singularidad determinada por su acotada distribución y particular diversidad biológica, se busca estimar la superficie de ecosistemas azonales terrestres presentes por SSC.

Tabla resumen

En la **Tabla 5.72** se puede observar un resumen de las características más relevantes del OdV.

Tabla 5.72. Resumen de características relevantes del OdV

Número y nombre del OdV **T.7. Ecosistemas terrestres azonales**		
Definición **Identificación de ecosistemas particulares con extensión espacial reducida o restringida, asociada a condiciones edáficas particulares.**		
Variables descriptoras o Proxy	**Tipo y Fuente de información**	
Superficie (%) de ñadis, turberas, hualves, vegas, humedales costeros y vegetación ripariana.	Información primaria	• Cartografía oficial de ñadis, turberas, hualves, vegas, humedales costeros y vegetación ripariana. • Cartografía no oficial de hualves.
	Fuente primaria	• Catastro de Bosque nativo de CONAF, para obtener la superficie de vegas, turberas y ñadis por SSC (2013). • Inventario Nacional de Humedales MMA (2012). • Mapa de la ubicación de Hualves en la cuenca de Valdivia y Bueno, investigación científica (Larraín, 2011).

Fuente: elaboración propia

Metodología

Para obtener la distribución cartográfica de los ecosistemas azonales se utilizaron 3 bases de datos:

1) A partir del Catastro de Bosques se obtuvo información respecto de la presencia de vegas, ñadis y turberas en el área de estudio.

2) A partir del inventario de Humedales del Ministerio del Medio Ambiente (MMA, se obtuvo información respecto de la ubicación de humedales costeros y de la ubicación de vegetación asociada a ambientes ribereños.
3) Finalmente, la información sobre la ubicación de hualves se obtuvo a través de una cartografía (Larraín, F. 2011. Evaluación y propuesta de clasificación de los bosques pantanosos de mirtáceas (hualves), presentes en la XIV región de Los Ríos, Chile. Tesis de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables, Universidad de Chile. Financiamiento División de Protección de Recursos Naturales Renovables (DIPROREN), Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), Chile).

Se asumió como humedal costero todo humedal del inventario presente a 5 km. de la línea de costa (Marquet *et al.*, 2012). Luego, para obtener información de la vegetación asociada a ambientes ribereños, el inventario de humedales completo fue corregido, excluyendo lagos y ríos de la red hidrográfica de la DGA, quedando solo con la vegetación cercana al río asociada a cuerpos de agua.

La construcción del OdV se realizó mediante el cociente entre la superficie total de los ecosistemas azonales pertenecientes a una SSC y el área asociada a dicha SSC.

Finalmente, se generaron las categorías de clasificación de la valoración de índice definido y se dividió por el máximo valor de cada cuenca. De esta forma, se obtuvo un índice por cuenca y escalado con valor máximo igual a uno. La definición de los rangos se realizó en base a un análisis de distribución del valor del índice en cada cuenca. Cabe señalar que por la cantidad de SSC en las cuencas del río Puelo y Yelcho, éstas se sumaron y se consideraron como un único grupo de cuencas.

Resultados

Con respecto a los valores máximos por cuenca del OdV, es decir, el porcentaje de superficie de estos ecosistemas con respecto al total de cada SSC, la cuenca del río Valdivia presenta la SSC con mayor superficie presentando el máximo valor determinado (10%), debido a la presencia de Hualves. Lo anterior se ve reflejado en la concentración de valores altos ubicados en las zonas baja de la cuenca. La segunda cuenca con mayor valor máximo es la cuenca del rio Puelo, seguido por la cuenca del rio Bueno. Por otra parte, la cuenca con menor presencia de este OdV en sus SSC es la cuenca del río Yelcho. La distribución observada en la figura anterior es congruente con las condiciones de episodios de inundaciones constantes o periódicas que experimenta este tipo de ecosistemas y que se relacionan con las desembocaduras de los ríos. La **Tabla 5.74** muestra los rangos que definen cada categoría y la **Tabla 5.73** muestra la cantidad de SSC y el porcentaje del área total de la cuenca en cada una.

Tabla 5.73. Rangos que definen las categorías de valoración (Bajo, Medio y Alto) para el OdV Ecosistemas terrestres azonales

Cuencas	Categorías de valoración		
	Bajo	Medio	Alto
Valdivia	0<OdV≤0,,025	0,025<OdV≤0,100	0,100<OdV
Bueno	0<OdV≤0,050	0,050<OdV≤0,360	0,360<OdV
Yelcho-Puelo	0<OdV≤0,150	0,150<OdV≤0,850	0,850<OdV

Fuente: elaboración propia

Tabla 5.74. Resumen OdV Áreas terrestres críticas para la conservación de la biodiversidad

Cuenca	Cantidad de SSC				Superficie total con respecto a la cuenca principal (%)			
	Nula	Baja	Media	Alta	Nula	Baja	Media	Alta
Valdivia	16	7	7	6	43,0	21,0	21,7	14,3
Bueno	18	9	9	8	36,9	27,5	20,0	15,6
Puelo	9	2	1	1	68,7	23,0	4,9	3,4
Yelcho	4	1	2	2	33,2	13,9	32,9	20,0

Fuente: elaboración propia

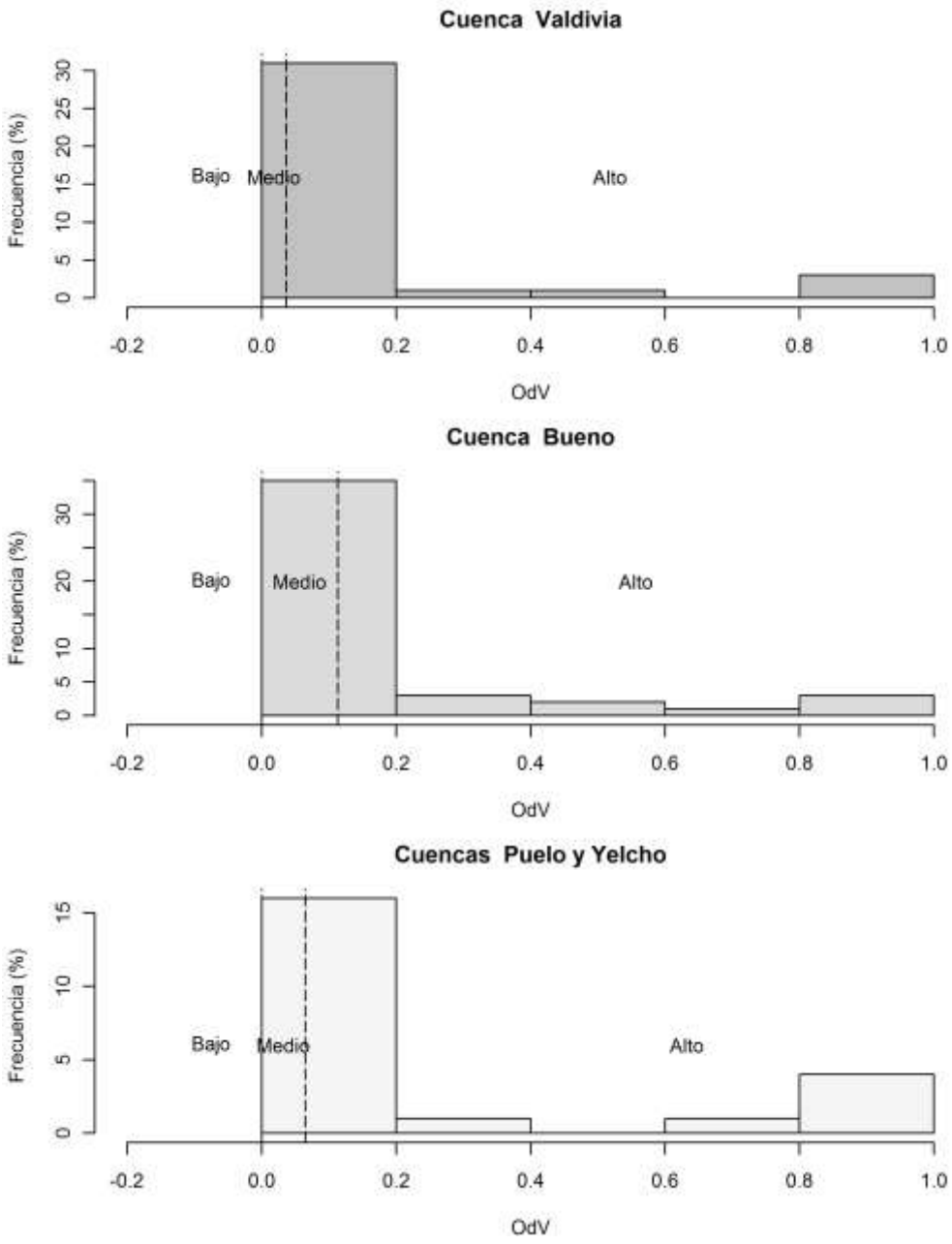
La Figura 5.62, presenta el histograma de cada categoría del OdV en cada una de las cuencas.

Los resultados muestran que el 54% (55 de 102) de las SSC del estudio presentó algún tipo de ecosistema azonal, siendo la cuenca del río Puelo la que posee una menor cantidad de SSC con presencia este OdV (4 de 13, ó 30%). Por otra parte, la cuenca del río Bueno presenta la mayor cantidad y proporción de SSC (26 de 44) con presencia de sistemas azonales. El promedio de cobertura de superficie en las cuatro cuencas de estudio es de 1,31%, el 63% de las SCC que posee este OdV tiene valores inferiores al 1 % de cobertura.

Es posible apreciar una concentración de SSC de categoría Alta en la desembocadura del Valdivia y el Bueno, lo cual es congruente con las características de este tipo de ecosistemas.

En relación a los rangos que definen las categorías para este OdV, las cuatro cuencas presentan valores mayores al 30% de cobertura de superficie de la categoría Nula. El mayor porcentaje de cobertura de superficie de la categoría Alta corresponde a la cuenca del Yelcho, con un 20%; mientras que la cuenca del río Puelo tiene el menor porcentaje de la categoría Alta, con un 3,4%. Cabe destacar el 52% de cobertura que se logra en la cuenca del Yelcho entre las categorías Media y Alta.

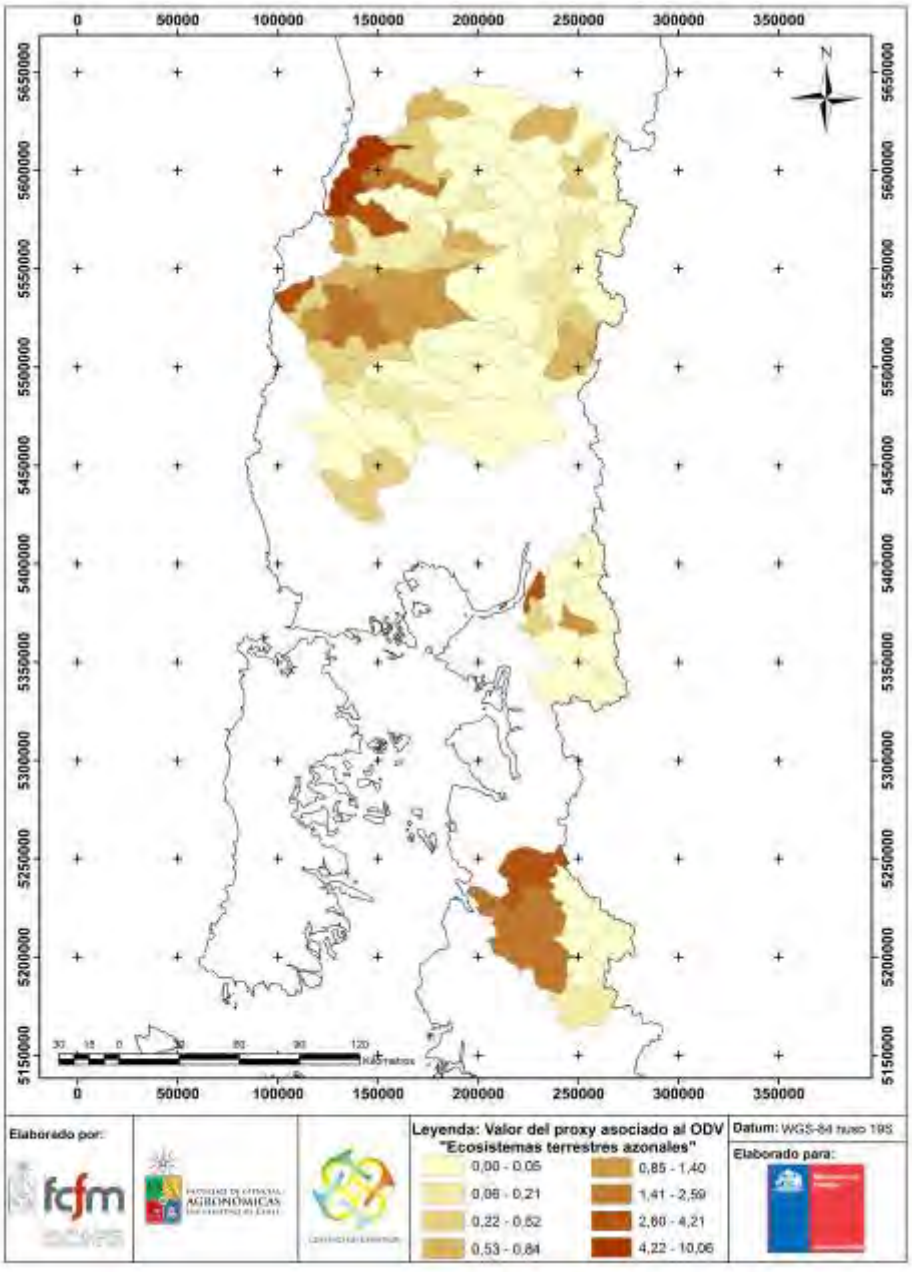
Figura 5.62. Distribución de frecuencia del valor del Odv para cada cuenca



Fuente: elaboración propia

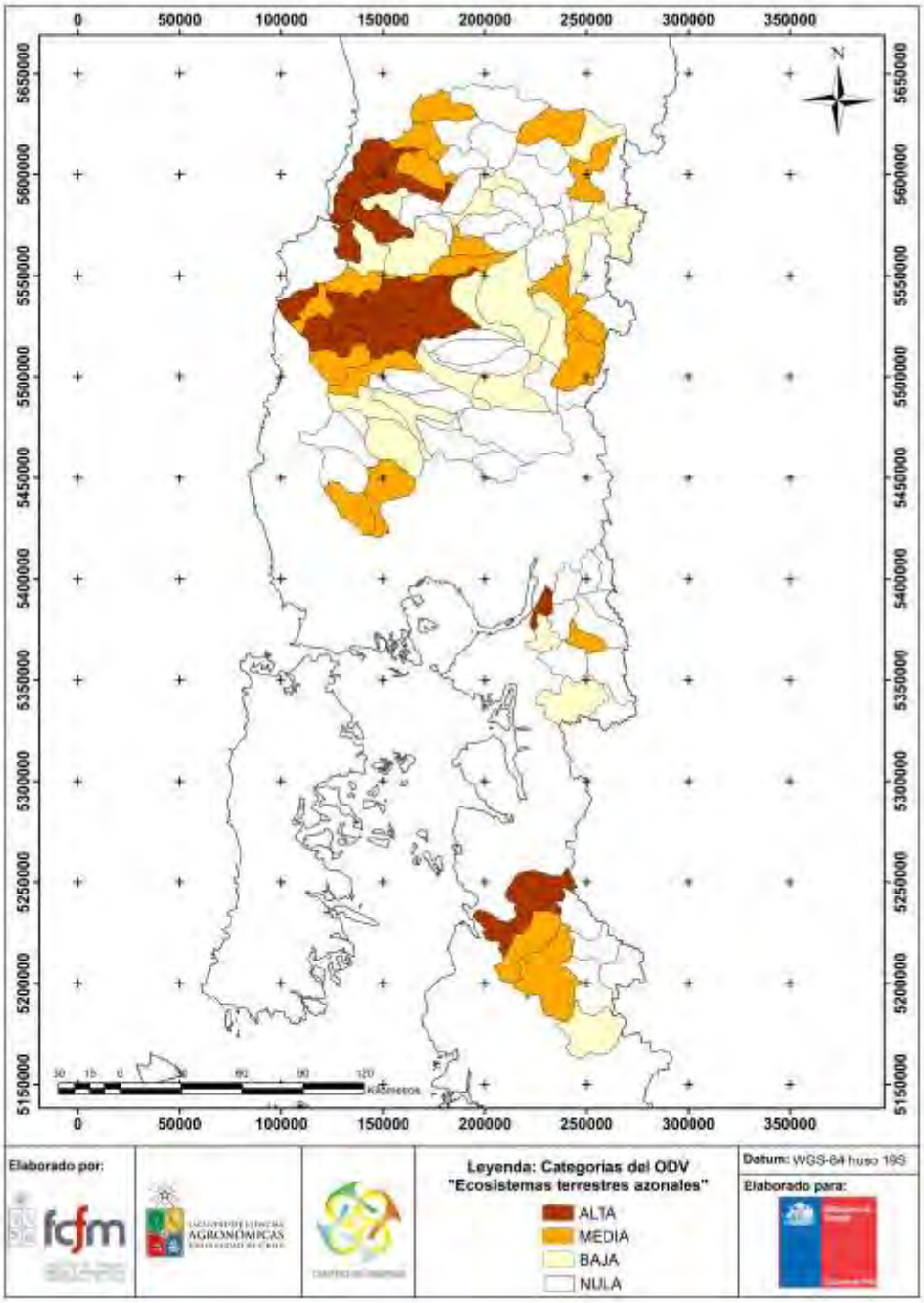
La Figura 5.63, muestra el porcentaje de cobertura de cada SSC por ecosistemas azonales y la Figura 5.64 muestra a qué categoría de valoración pertenece cada SSC.

Figura 5.63 porcentaje de cobertura de los ecosistemas terrestres azonales en cada SSC



Fuente: elaboración propia

Figura 5.64 Categorías de valoración del OdV Ecosistemas terrestres azonales en cada SSC



Fuente: elaboración propia

Análisis y recomendaciones

El utilizar el cociente entre la superficies de estos ecosistemas azonales y la respectiva área de la SSC en la cual se ubican los ecosistemas, permite tener una visión de lo singulares que resultan ser dichos ecosistemas. Lo anterior queda reflejado en los bajos porcentajes de cobertura que presenta este OdV en comparación al resto de los OdV de ecosistemas terrestres.

Un punto importante que no fue posible incorporar en el proxy utilizado es el haber dispuesto de un registro histórico de las superficies de ecosistemas azonales. Esto habría permitido identificar cuáles son los ecosistemas que han experimentado un mayor deterior, tanto a través del tiempo como en superficie.

Dada la importancia de la vegetación zonal, y a su asociación directa a variables climáticas, existe esfuerzo científico que ha permitido su modelación y la obtención de su distribución potencial (Luebert & Pliscoff, 2006). A partir de estos modelos se ha logrado determinar la distribución del paisaje terrestre natural, y el estado de conservación de cada ecosistema zonal. Sin embargo, para ecosistemas azonales no existe tal grado de información, y muchas veces su clasificación es confusa (Schlatter & Schlatter, 2004), por lo que no existe claridad respecto del estado de conservación de cada uno de los ecosistemas azonales, pudiendo ser valorados solamente por su extensión.

La vegetación azonal que se integra al análisis de este estudio abarca gran parte de lo establecido por literatura, e incluso cubre posibles excepciones, a través de la corrección del inventario nacional de humedales (MMA, sin embargo, no se encontró cartografía que representara a sectores tipo mallín, por lo cual tuvo que ser excluidas del análisis.

En términos generales, a través del proxy propuesto fue posible integrar los ecosistemas terrestres de alta singularidad y distribución restringida que quedaban fuera del resto de los OdV asociados a ecosistemas terrestres.

A modo de resumen, las SSC con altos valores se concentraron en las cercanías de las desembocaduras del río principal de cada cuenca.

5.2.2.8 *OdV T-8 Ecosistemas terrestres en categoría de amenaza*

Introducción

La protección de la biodiversidad en cada uno de sus niveles de organización resulta primordial para la aplicación de políticas ambientales eficientes (Noss, 1990). En este OdV se pretende abordar el nivel ecosistémico. Los ecosistemas que se encuentran en algún grado de amenaza corresponde aquellos que han sufrido reducciones significativas en su rango de distribución (Keith *et al.,* 2013). La identificación de estos ecosistemas en alguna de las categorías de conservación resulta de gran relevancia a la hora de identificar áreas de interés para la protección o conservación, debido a la creciente presión antrópica que intensifica la fragmentación de las áreas silvestres y la pérdida de biodiversidad (Santos & Telleria, 2006).

El poder cuantificar la superficie que abarcan estos ecosistemas en algún grado de amenaza permitiría identificar de manera indirecta las áreas con mayores presiones antrópicas. En este sentido, proyectos de generación hidroeléctrica podrían intensificar el grado de amenaza de estos ecosistemas, aumentando el deterioro y reducción del área de estos ecosistemas producto del emplazamiento de obras civiles como el tendido eléctrico, caminos de acceso, canales de aducción, entre otros.

La situación ideal para la construcción de este OdV, sería disponer de información detallada de cuáles son los ecosistemas que se encuentran en algún grado de amenaza, para, de esta manera, determinar cuáles grupos de ecosistemas se ven más afectados por la acción antrópica. Lo anterior requeriría contar con la información sobre la superficie que estos abarcan y un registro histórico para identificar cuales están experimentando una mayor pérdida de área en el tiempo.

En la literatura pertinente no fue posible encontrar información para definir rangos que se ajusten al OdV realizado, tanto a nivel ecológico como legal. Es por esto que se utilizara la distribución de frecuencias de los valores para definir los rangos a utilizar.

Este OdV abarca los ecosistemas que se consideran con cierto grado de amenaza ya sea porque han experimentado intervención antrópica, o considerables reducciones en su superficie.

Tabla resumen

En la Tabla 5.75, se puede observar un resumen de las características más relevantes del OdV.

Tabla 5.75. resumen de características relevantes del OdV

Número y nombre del OdV **T.8. Ecosistemas terrestres en categoría de amenaza**		
Definición **Identificación de ecosistemas terrestres que están categorizados como amenazados según la evaluación de la Lista Roja de Ecosistemas de Chile.**		
Variable descriptora o Proxy	**Tipo y Fuente de información**	
Superficie de ecosistemas en categoría de amenaza ponderada por su categoría de amenaza.	Información secundaria	• Cartografía de pisos vegetacionales bajo categoría de amenaza.
	Fuente secundaria	• Mapa-Evaluación de riesgo de los ecosistemas terrestres de Chile (Pliscoff, 2015).

Fuente: elaboración propia

Metodología

Como proxy de este OdV, se utilizó la cobertura espacial de ecosistemas amenazados de la base de datos del ministerio del Medio Ambiente de Chile. Se generó una nueva cobertura espacial en donde se determinó el área de cada categoría por cada SSC: “EN” en peligro, “VU” vulnerable, “NT” casi amenazado y “LC” preocupación menor. Posteriormente se realizó una ponderación de estas áreas dependiendo del grado de amenaza de cada categoría. Esta ponderación se basa en el criterio utilizado para la categorización de especies amenazadas según la reducción de hábitat que experimenta. Este criterio consiste en ponderar por 0,5 todas aquellas especies catalogadas como “EN”, multiplicar por 0,1 aquellas especies catalogadas como “VU”, y por 0,05 aquellas catalogadas como “NT”. Las especies catalogadas como “LC” se ponderan por cero, no contribuyendo a la superficie ponderada.

Finalmente, se generaron las categorías de clasificación de la valoración de la conectividad no alterada de cada uno de los tramos definidos y se dividió por el máximo valor de cada cuenca. De esta forma, se obtuvo un índice para cada cuenca y escalado con valor máximo igual a uno. La definición de los rangos se realizó en base a un análisis de distribución del valor del índice en cada cuenca. Cabe señalar que, por la baja cantidad de SSC en las cuencas del río Puelo y Yelcho, éstas se consideraron como un único grupo de cuencas.

Resultados

Con respecto a las categorías obtenidas, cabe destacar, en primer lugar, la situación de la cuenca del Yelcho, la cual no presenta SSC con categoría Baja y posee el mayor valor de cobertura de superficie de la categoría Alta, con un 53%. En segundo lugar, que la cuenca del Puelo presenta el mayor porcentaje de cobertura de la categoría Baja con un 49%y el menor porcentaje de cobertura de la categoría Alta con 15 %. En tercer lugar, es interesante destacar la concentración de SSC con categoría Alta que se ubican en la zona de la cordillera de los Andes en las cuencas del Valdivia y el Bueno. De igual forma, destaca la concentración de SSC de categoría Baja en la

depresión intermedia de la cuenca del Bueno. En la Tabla 5.76 se muestran los valores que delimitan cada categoría y en la Tabla 5.77, para cada categoría, la cantidad de SSC y el correspondiente porcentaje de superficie de cada cuenca.

Tabla 5.76. Rangos que definen las categorías de Valoración (Bajo, Medio y Alto) para el OdV Ecosistemas terrestres en categoría de amenaza

Cuencas	Categorías de valoración		
	Bajo	Medio	Alto
Valdivia	0<OdV≤0,540	0,540<OdV≤0,730	0,730<OdV
Bueno	0<OdV≤0,220	0,220<OdV≤0,405	0,405<OdV
Yelcho-Puelo	0<OdV≤0,540	0,540<OdV≤0,690	0,690<OdV

Fuente: elaboración propia

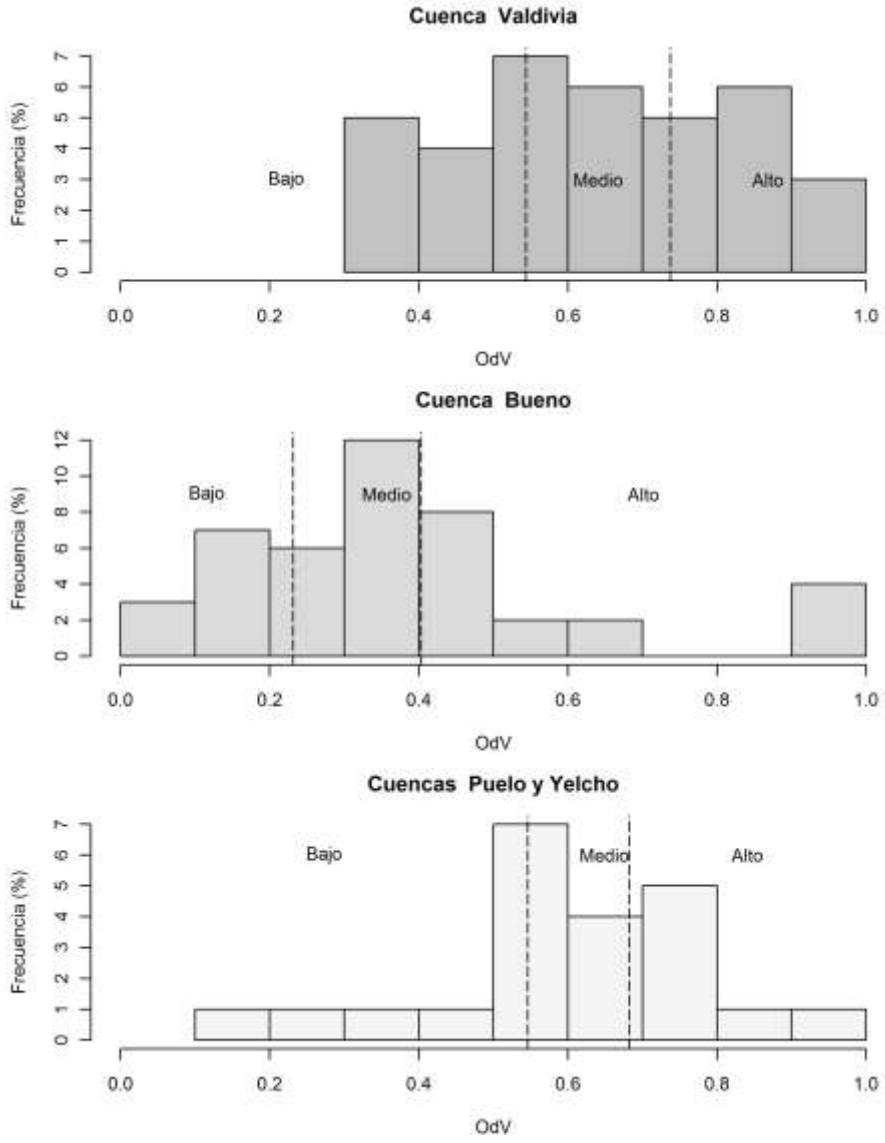
Tabla 5.77. Resumen OdV Ecosistemas terrestres en categoría de amenaza

Cuenca	Cantidad de SSC			Superficie total con respecto a la cuenca principal (%)		
	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto
Valdivia	12	12	12	28,4	36,7	34,9
Bueno	15	15	14	30,4	37,3	32,3
Puelo	7	3	3	49,2	35,5	15,3
Yelcho	0	5	4	0,0	47,0	53,0

Fuente: elaboración propia

La **Figura 5.65** muestra el histograma de las clases generadas en este OdV.

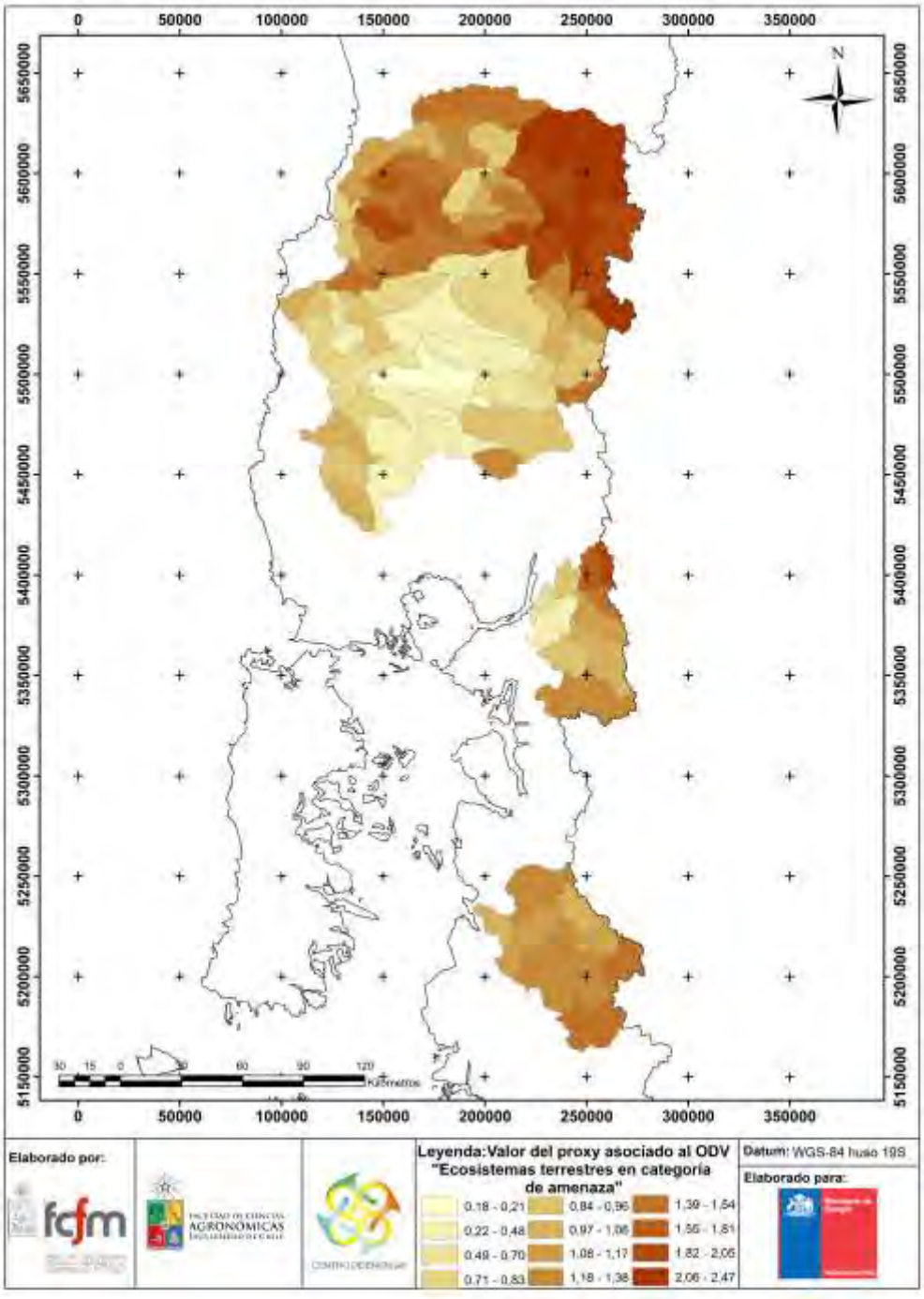
Figura 5.65 Distribución de frecuencia de valoración para cada SSC



Fuente: elaboración propia

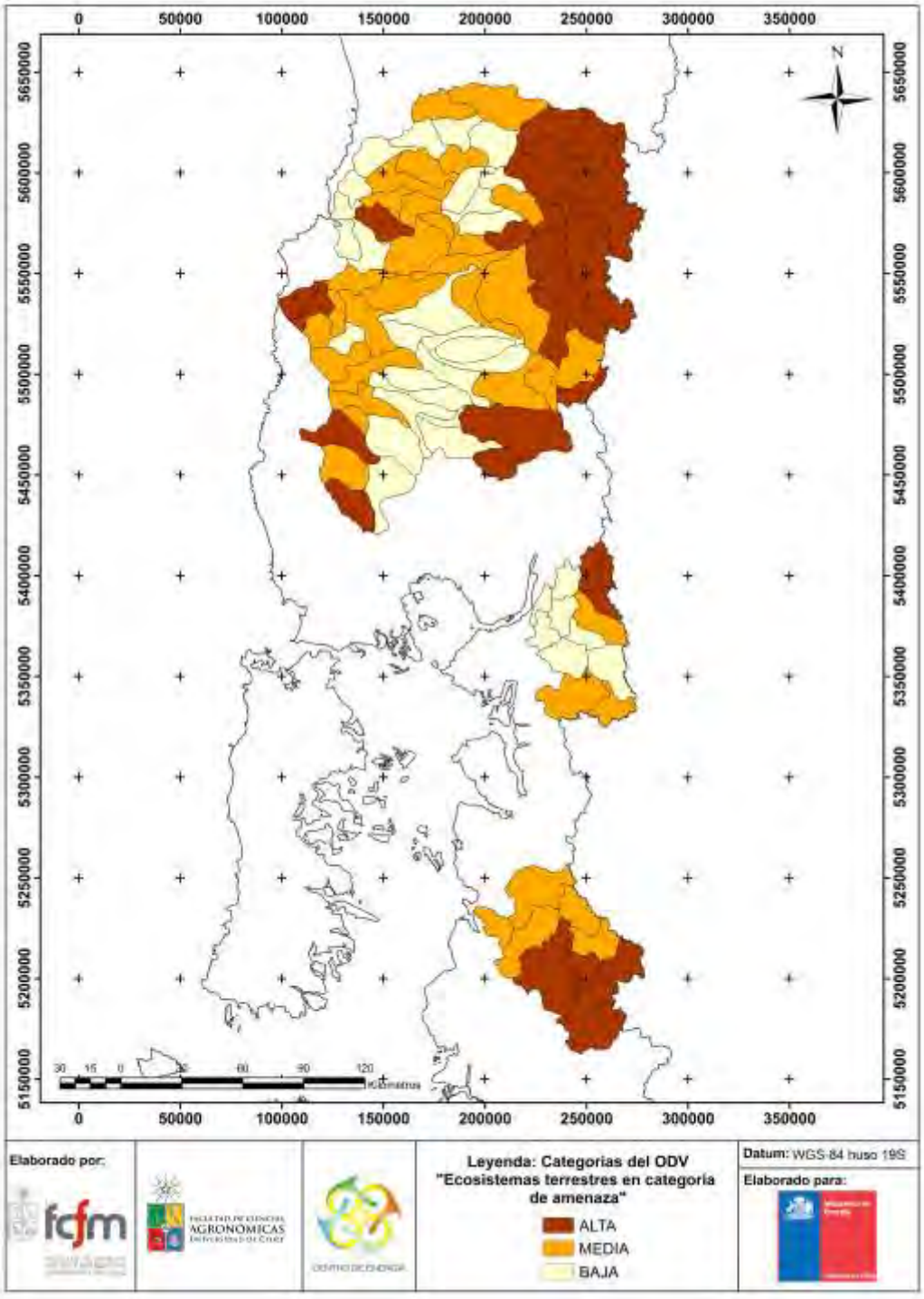
La Figura 5.66 muestra el índice de amenaza de cada SSC y la Figura 5.67 muestra la categoría del OdV en cada SSC.

Figura 5.66 Valor del OdV Ecosistemas terrestres en categoría de amenaza en cada SSC



Fuente: elaboración propia

Figura 5.67 Categorías del OdV Ecosistemas terrestres en categoría de amenaza en cada SSC



Fuente: elaboración propia

De las figuras anteriores, se desprende que el 100% de las SSC presenta ecosistemas con algún grado de amenaza, por lo que todas disponen de un valor del OdV asociado. El máximo valor corresponde a la SSC del río Coñaripe en la desembocadura del lago Calafquén, en la cuenca del rio Valdivia. Por el contrario, el menor valor de grado de amenaza registrado es en la cuenca del río Bueno.

La cuenca con mayores valores de amenaza por SSC corresponde a la del rio Valdivia. Proporcionalmente, cabe destacar los bajos valores que presenta la cuenca del río Bueno. En las cuatro cuencas de estudio los mayores valores de grado de amenaza se concentran en el sector de la Cordillera de los Andes.

Análisis y recomendaciones

El ponderar las áreas amenazadas según su grado de amenaza, permitió determinar de mejor manera las áreas en estado más crítico. Por ejemplo, la cuenca del río Bueno presenta altos valores de superficie total de áreas amenazadas. Sin embargo, dado que éstas pertenecen en su mayoría a las categorías casi amenazada y de preocupación menor, al ponderar se aprecia cómo estas áreas pierden importancia en el proxy. Por el contrario, las SSC de la cuenca del río Valdivia, que poseen más áreas en la categoría en peligro y vulnerable, toman mayor importancia en el proxy.

Un punto importante que no fue posible incorporar en el proxy es analizar cuáles y cuantos son los ecosistemas que se encuentran en mayor amenaza. El haber dispuesto de un registro histórico habría permitido identificar cuáles son los ecosistemas que han experimentado un deterioro más rápido en el tiempo.

A pesar de los puntos que quedaron fuera en la construcción del presente OdV, cabe destacar que a través de su simplicidad fue posible determinar claramente las áreas con mayor grado de amenaza. Adicionalmente, a través de la ponderación de áreas, fue posible dar un mayor énfasis a las zonas con mayor grado de amenaza.

En términos generales, se aprecia que la construcción de este OdV fue exitosa. En particular, la utilización de ponderadores por categoría de amenaza, permitió distinguir entre los distintos ecosistemas terrestres en estas categorías.

A nivel de cuenca, las cuencas del río Valdivia y Bueno concentran altos niveles de ecosistemas amenazados hacia la cordillera de Los Andes, y la cuenca del río Puelo las concentra hacia el sur.

5.2.2.9 *OdV T-9 Protección Frente a la Erosión*

Introducción

La cobertura vegetal cumple un rol importante para aminorar los efectos erosivos que genera la escorrentía directa. Esto porque diversos estudios han evidenciado que la vegetación aumenta la estabilidad del suelo, ya que hay un efecto de "paraguas" que protege al mismo de las gotas de agua, aumentando la capacidad de infiltración en el suelo y además deteniendo la escorrentía superficial que se produce en los terrenos (García-Fayos, 2004). Por otro lado la cobertura vegetal, al retrasar y disminuir la escorrentía directa, permite que los caudales de los ríos se mantengan en niveles adecuados para disminuir el riesgo de inundación (Bruijnzeel, 1990; Congreso Mundial Forestal, 1997).

Este OdV busca identificar las zonas que están más propensas a sufrir erosión, considerando entre los factores relevantes la cobertura vegetal presente en cada sector. Lo anterior debido a que se considera que para la generación hidroeléctrica la erosión de ladera puede generar un aumento en el sedimento disponible para ser transportado por el flujo, con el potencial empeoramiento de la calidad de las aguas, que puede resultar en limitaciones operacionales y daño a las turbinas (Grupo agua y ecosistemas, 2012).

Este Objeto de Valoración no sufrió cambios sustanciales respecto a la primera etapa de este estudio (Ministerio de Energía, 2015). Se basa en el servicio ecosistémico de protección frente a la erosión, a través de la identificación de áreas críticas para mantener y regular el régimen fluvial, la calidad del agua (sedimentos), controlar la erosión y la estabilidad del terreno en las SSC. La presencia de coberturas naturales, en contraste con un potencial mayor de procesos erosivos, puede dar cuenta de áreas relevantes para la mantención de este servicio.

Definición

Protección frente a la erosión. Se identifican las áreas en las que se podrían producir procesos erosivos.

Tabla resumen

En la

Tabla **5.78** se puede observar un resumen de las características más relevantes del OdV.

Tabla 5.78. resumen de características relevantes del OdV

Número y nombre del OdV **T.9. Protección frente a la erosión**		
Definición **Servicio ecosistémico de protección de la erosión. Identificación de áreas críticas para mantener y regular el regimen fluvial o calidad de agua y controlar la erosión y estabilidad del terreno.**		
Variable descriptora o Proxy	**Tipo y Fuente de información**	
Porcentaje de la superficie de la SSC que no tiene potencial para sufrir procesos erosivos.	Información secundaria	• Cartografía de los sitios altamente susceptible a la erosión.
	Fuente secundaria	• Catastro de los recursos vegetacionales nativos (CONAF-CONAMA-BIRF, 1997). • Mapa de potencial de erosión a nivel nacional (CIREN, 2010).

Fuente: elaboración propia

Metodología

Para identificar las áreas con un alto riesgo de ser erosionadas, se seleccionaron las coberturas boscosas del Catastro de los recursos vegetacionales nativos, las cuales se intersectaron con el potencial a la erosión, el cual se calculó combinando las categorías de alta y muy alta erosividad y erodabilidad de CIREN (Ministerio de Energía, 2015).

Se obtuvo el porcentaje de la superficie de cada SSC sin áreas con un alto potencial de erosión. Posteriormente, se normalizaron los valores según el valor (%) máximo obtenido por cuenca (Valdivia, Bueno, Puelo y Yelcho). De esta forma, se obtuvo un índice por cuenca y escalado con valor máximo igual a uno. La definición de los rangos se realizó en base a un análisis de distribución del valor del índice en cada cuenca. Cabe señalar que por la baja cantidad de SSC en las cuencas del río Puelo y Yelcho, éstas se consideraron como un único grupo de cuencas.

Resultados

Los porcentajes de la superficie de las SSC, que no fueron susceptibles a grandes procesos erosivos variaron entre 90,28 y 100%, demostrando que el área de estudio posee áreas reducidas susceptibles a grandes procesos erosivos.

En la Tabla 5.79 se muestran los rangos de valores que definieron a cada categoría de valoración del OdV (Baja, Media y Alta).

En la Tabla 5.80 se presenta, para cada categoría, la cantidad de SSC y el correspondiente porcentaje de superficie de cada cuenca. En la Figura 5.68 se muestra el histograma de los valores obtenidos y la categoría a la cual pertenece cada intervalo.

Tabla 5.79. Generación de categorías para cada rango

Cuencas	Categorías de valoración		
	Baja	Media	Alta
Valdivia	0<ODV≤0,964	0,964<ODV≤0,985	0,985<ODV
Bueno	0<ODV≤0,995	0,995<ODV<1,00	1,00≤ODV
Yelcho-Puelo	-	-	0,999≤ODV

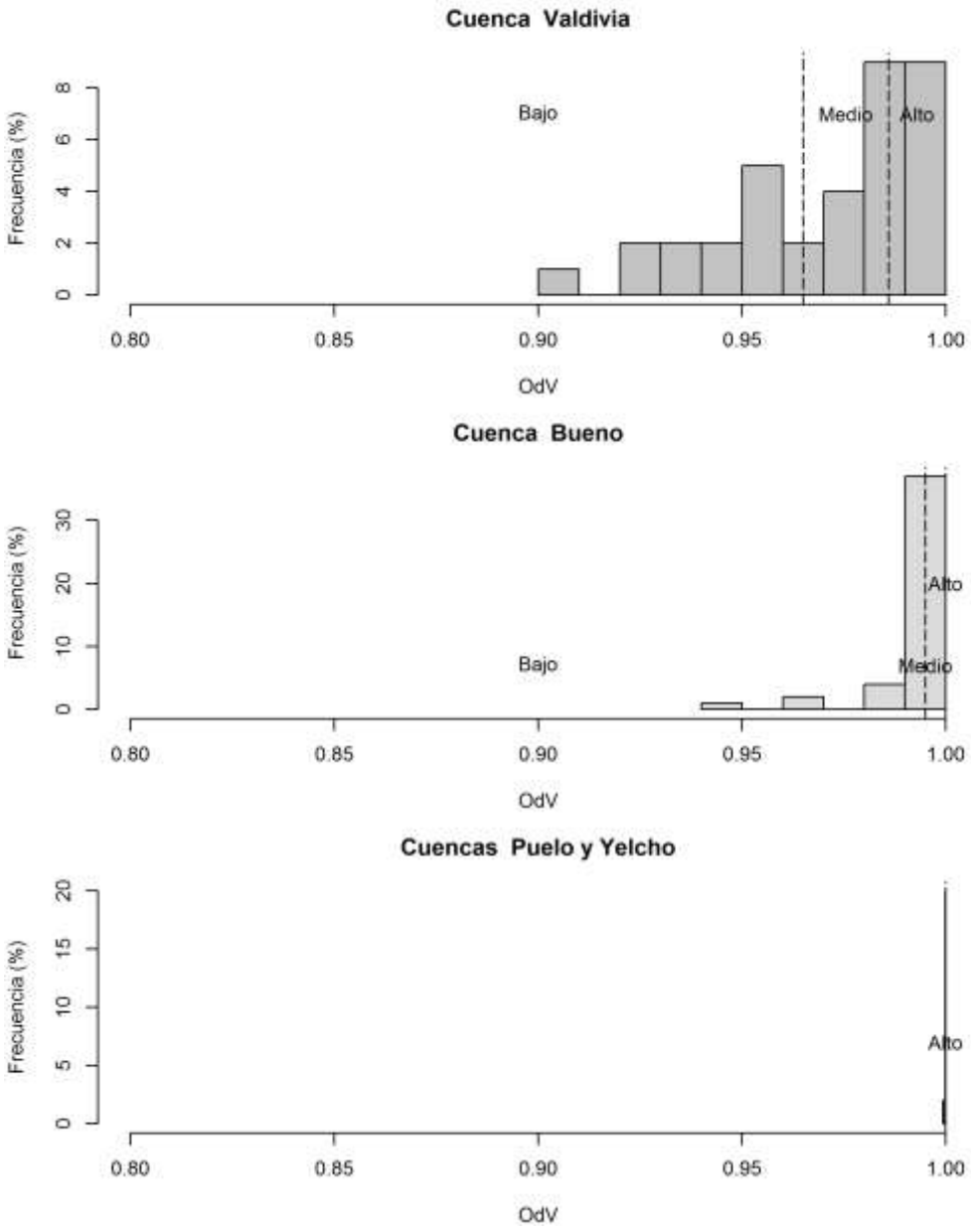
Fuente: elaboración propia

Tabla 5.80. Resumen OdV Protección frente a la erosión

Cuenca	Cantidad de SSC			Superficie total con respecto a la cuenca principal (%)		
	Baja	Media	Alta	Baja	Media	Alta
Valdivia	12	12	12	31,58	30,23	35,23
Bueno	12	11	21	26,74	25,08	47,72
Puelo	0	0	13	0	0	100
Yelcho	0	0	9	0	0	99,98

Fuente: elaboración propia

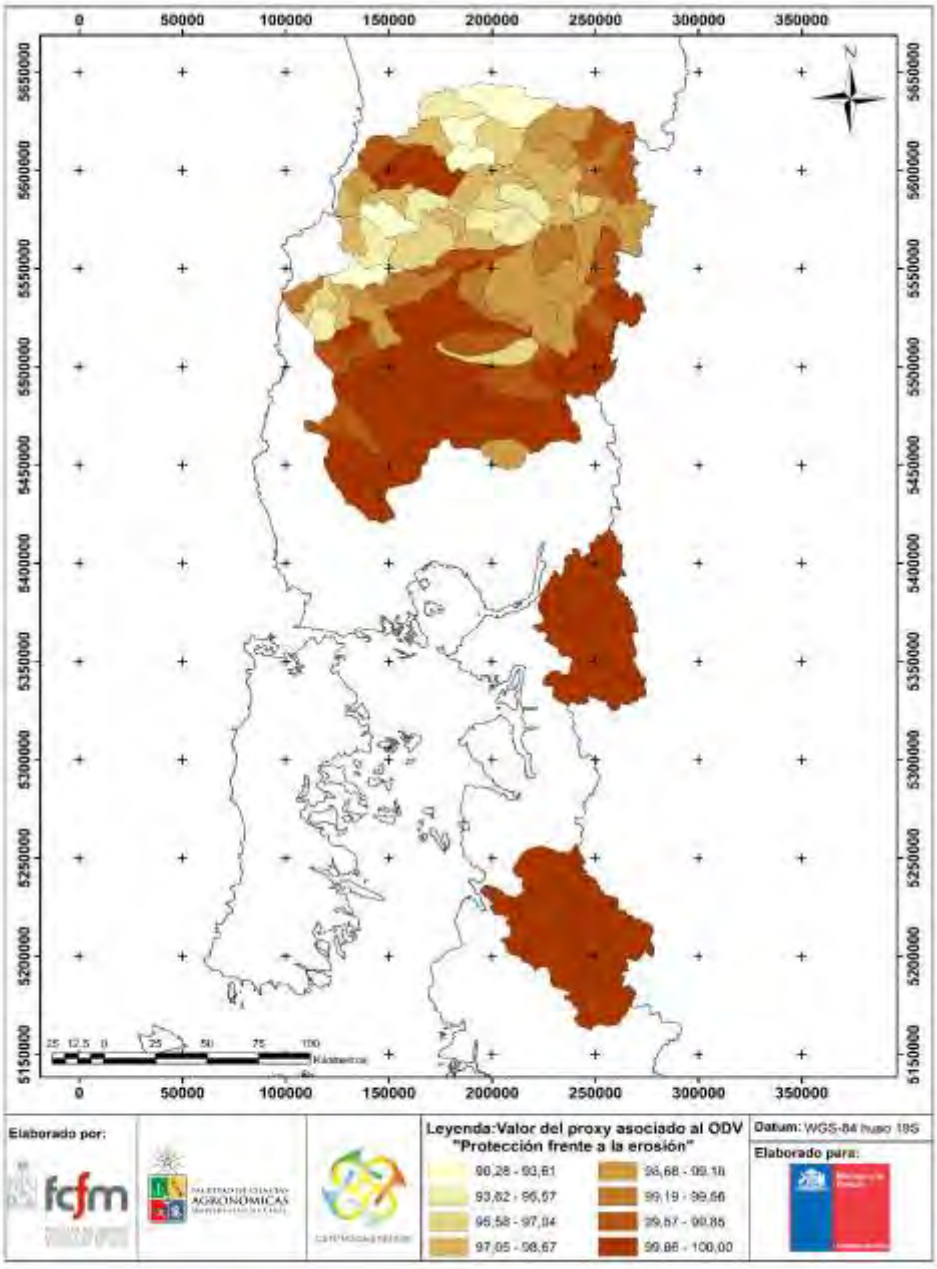
Figura 5.68. Distribución de frecuencia de valoración para cada SSC



Fuente: elaboración propia

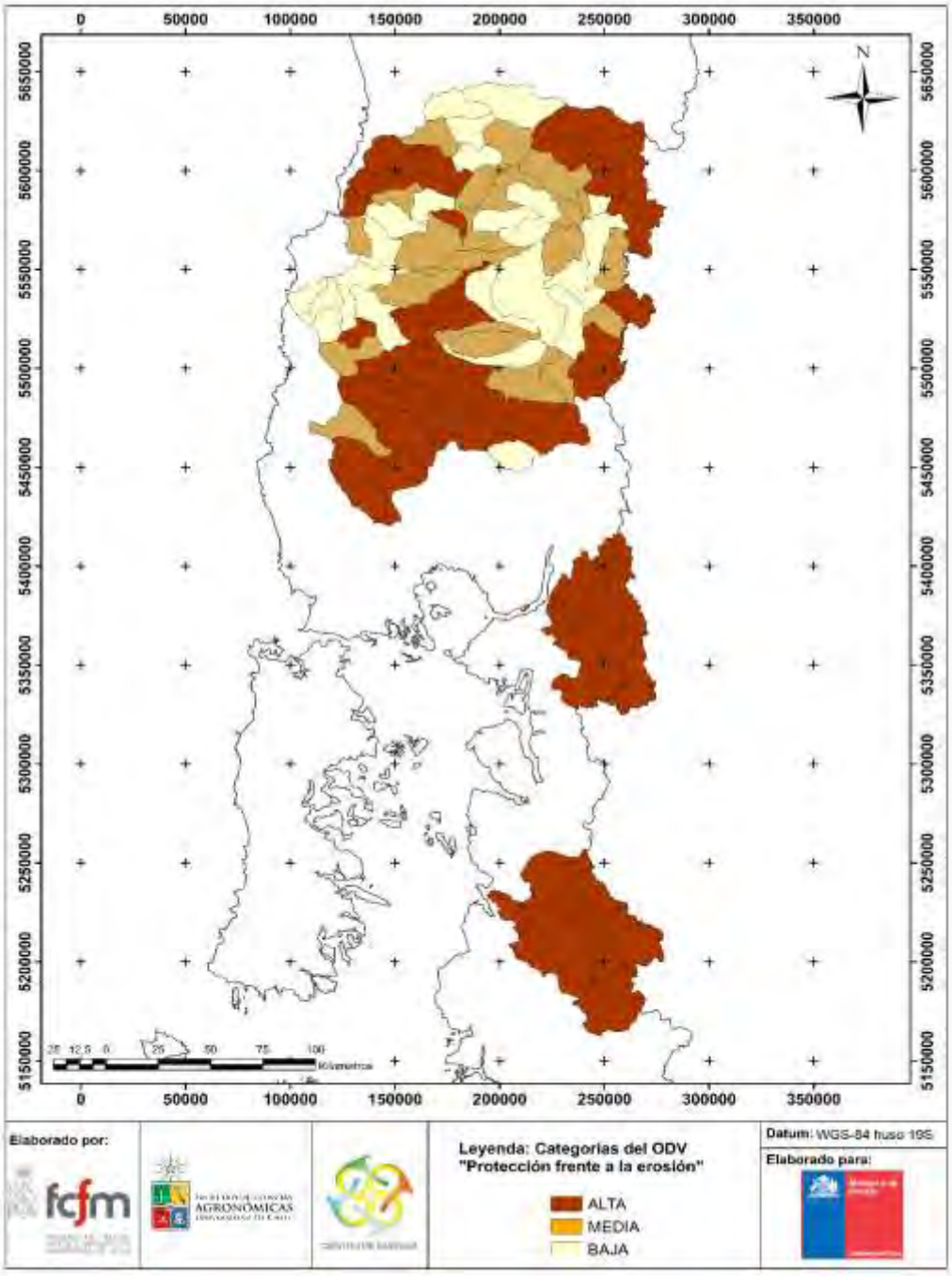
La Figura 5.69 muestra la distribución de los porcentajes de la superficie, por SSC, sin problemas de erosión y la Figura 5.70 muestra los valores del rango de OdV para cada SSC.

Figura 5.69. Porcentaje de la superficie sin riego de erosión por SSC



Fuente: elaboración propia

Figura 5.70. Categorías del OdV por SSC



Fuente: elaboración propia

Análisis y recomendaciones

Este OdV permite tener una visión general de la distribución del potencial de erosión en cada una de las cuencas de estudio. Esta valoración entrega directrices para saber cuáles son las SSC en las cuales se podría ver perjudicado de alguna forma el desarrollo hidroeléctrico futuro.

A pesar de que la metodología propuesta posee ciertos supuestos (como que todas las coberturas boscosas cumplen la misma función frente a la erosión) la simplicidad de la metodología permitió estimar la distribución del potencial de erosión en todas las cuencas del estudio.

A modo de resumen, cabe destacar la cuenca del río Valdivia posee más zonas con una baja protección a la erosión que las cuencas restantes. Proporcionalmente, destacan las cuencas del Yelcho y Puelo al no poseer zonas con baja protección frente a la erosión. Aun así, cabe señalar la importancia de las zonas susceptibles a la erosión puesto que son resultado de altos niveles de erosividad y erodabilidad, que están siendo amortiguados por la cobertura vegetal.

5.2.2.10 *OdV T-10 Parques Nacionales*

Introducción

Las áreas protegidas corresponden a uno de los principales instrumentos para la conservación en nuestro país (MMA, 2015), logrando albergar muestras representativas de la flora y fauna (Lagos *et al.* 2001). Dentro de sus objetivos se encuentran la preservación de muestras de ambientes naturales, de rasgos culturales y escénicos asociados a ellos; la continuidad de los procesos evolutivos, y en la medida compatible con lo anterior, la realización de actividades de educación, investigación y recreación (MMA, 2015). Los parques nacionales destacan del resto de las áreas protegidas debido a sus objetivos, los que incluyen: abarcar grandes extensiones de territorio, representar diversos ambientes únicos de la diversidad biológica natural del país, y proteger sitios de baja alteración por la acción humana. En este aspecto, proteger grandes extensiones de territorio de baja intervención, evita que las poblaciones de especies sufran oscilaciones demográficas estocásticas, las que podrían causar extinciones (Mella & Simonetti 1994). Este antecedente ecológico destaca la importancia de valorar los parques nacionales, y diferenciarlos del resto de las herramientas de conservación, los que no deben ser de gran tamaño y en ciertos casos pueden ser intervenidos. De esta forma, los parques nacionales representan la herramienta legal de conservación más ambiciosa en Chile.

Actualmente, proyectos de generación hidroeléctrica podrían potencialmente deteriorar la calidad de un parque nacional en dos instancias: i) instalando un proyecto en la frontera del parque implicaría un potencial impacto sobre ecosistemas riparianos protegidos; o ii) trazando el tendido eléctrico de la hidroeléctrica a través de él. La primera instancia es más probable que la segunda y

dificultaría el cumplimiento del objetivo del Parque Nacional. La segunda instancia, pareciera ser muy poco probable, ya que legalmente parques nacionales no debiesen ser intervenidos.

La situación ideal presumible para este OdV, sería la existencia de información ecológica detallada de cada parque, pudiéndolos ponderar no sólo por superficie, sino también por las especies presentes, trama trófica y procesos evolutivos, entre otros. Si bien, existen ciertas investigaciones científicas detalladas por parque, generalmente los tópicos no son comparables a nivel nacional. De esta forma, su ponderación por superficie representa la mejor estimación del proxy por SSC.

Al realizar una revisión bibliográfica respecto de los posibles valores de rangos para clasificar las SSC en este OdV, no se registraron argumentos ecológicos para justificar una clasificación. Ante la ausencia de dichos argumentos, se optó por considerar compromisos legales adquiridos por Chile con la suscripción del convenio sobre la Diversidad Biológica, el cual impulsa las Metas de Aichi, cuyo objetivo principal es: "tomar medidas efectivas y urgentes para detener la pérdida de diversidad biológica a fin de asegurar que, para 2020, los ecosistemas sean resilientes y sigan suministrando servicios esenciales, asegurando de este modo la variedad de la vida del planeta y contribuyendo al bienestar humano y a la erradicación de la pobreza". En este contexto, se impulsa como objetivo estratégico, que cada país proteja al menos el 17% de sus ecosistemas terrestres. Este umbral representa un compromiso del Estado chileno, y puede ser extrapolado a escala de SSC, buscando que cada territorio conserve al menos un 17% de su superficie con estos ecosistemas.

Tabla resumen

En la Figura 5.83 se puede observar un resumen de las características más relevantes del OdV.

Tabla 5.81. Resumen de características relevantes del OdV

Número y nombre del ODV **T.10. Parques Nacionales**		
Definción **Áreas definidas oficialmente como parques nacionales.**		
Variables descriptoras o Proxy	**Tipo y Fuente de información**	
Superficie total de Parques Nacionales con respecto a la superficie de la SSC asociada.	Información secundaria	• Cartografía de los Parques Nacionales del SNASPE.
	Fuente secundaria	• Mapa del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE) del MMA (2013).

Fuente: elaboración propia

Metodología

Como proxy de este OdV, se utilizó la cobertura espacial de áreas protegidas del Ministerio del Medio Ambiente. Posteriormente, se generó una nueva cobertura espacial en donde se determinó el área de cada parque nacional oficial por SSC.

Debido a la gran cantidad de SSC que presentaron un valor 0 para este OdV, y considerando además la Meta de Aichi comentada en la introducción, se sugieren tres categorías: Baja (OdV=0%); Media (0% < OdV ≤ 20%); y Alta (OdV>20).

Resultados

Dentro de las SSC contenidas en el área de estudio se encuentran seis parques nacionales: Alerce Costero, Corcovado, Hornopirén, Puyehue, Villarrica y Vicente Pérez Rosales. Siendo el Corcovado aquel con mayor superficie (209.623 ha). Estos parques cubren áreas que durante periodos glaciares fueron refugios para muchas especies, resultando de gran importancia desde el punto de vista biogeográfico y filogeográfico. Otro punto importante que abarcan estos parques son las importantes y grandes extensiones de vegetación nativa presente en ellos, por ejemplo los bosques de alerces milenarios. Por otra parte estas áreas forman parte de la iniciativa binacional para crear un corredor faunístico entre Chile y Argentina. En la Tabla 5.82 se muestran los valores que determinan las categorías por cada cuenca. En la tabla, se observa que alrededor del 77% de las SSC estudiadas no tienen presencia de este OdV, mientras que un 33% presenta entre un 1% y un 99% de superficie ocupada por parques nacionales. La SSC con mayor valor de este OdV es la SSC de Río Pajarito, ubicada al sur-este de la cuenca Bueno y asociada al parque nacional Puyehue. La cuenca Bueno es la más representada con 13 de 22 SSC (50,1%) con presencia de este OdV, por otro lado, la cuenca Valdivia es la menos representada, contando con sólo 5 de 36 SSC (13,9%) con presencia de Parques Nacionales en su interior.

Tabla 5.82 Valores de definición de categorías

Cuenca	Categorías de valoración		
	Baja	Media	Alta
Valdivia	OdV = 0 %	0 % < OdV ≤ 20 %	OdV> 20 %
Bueno	OdV = 0 %	0 % < OdV ≤ 20 %	OdV> 20 %
Yelcho-Puelo	OdV = 0 %	0 % < OdV ≤ 20 %	OdV> 20 %

Fuente: elaboración propia

Según el criterio de clasificación estimado, se observa que un 77% se encontraría en la categoría Baja, un 17% de las SSC se encontraría en la categoría Medio, y finalmente, solo un 6% de las SSC contaría con una categoría Alto. En la Tabla 5.83 se muestra, para cada categoría, la cantidad de SSC y el correspondiente porcentaje de superficie de cada cuenca.

Tabla 5.83. Resumen OdV Parques Nacionales

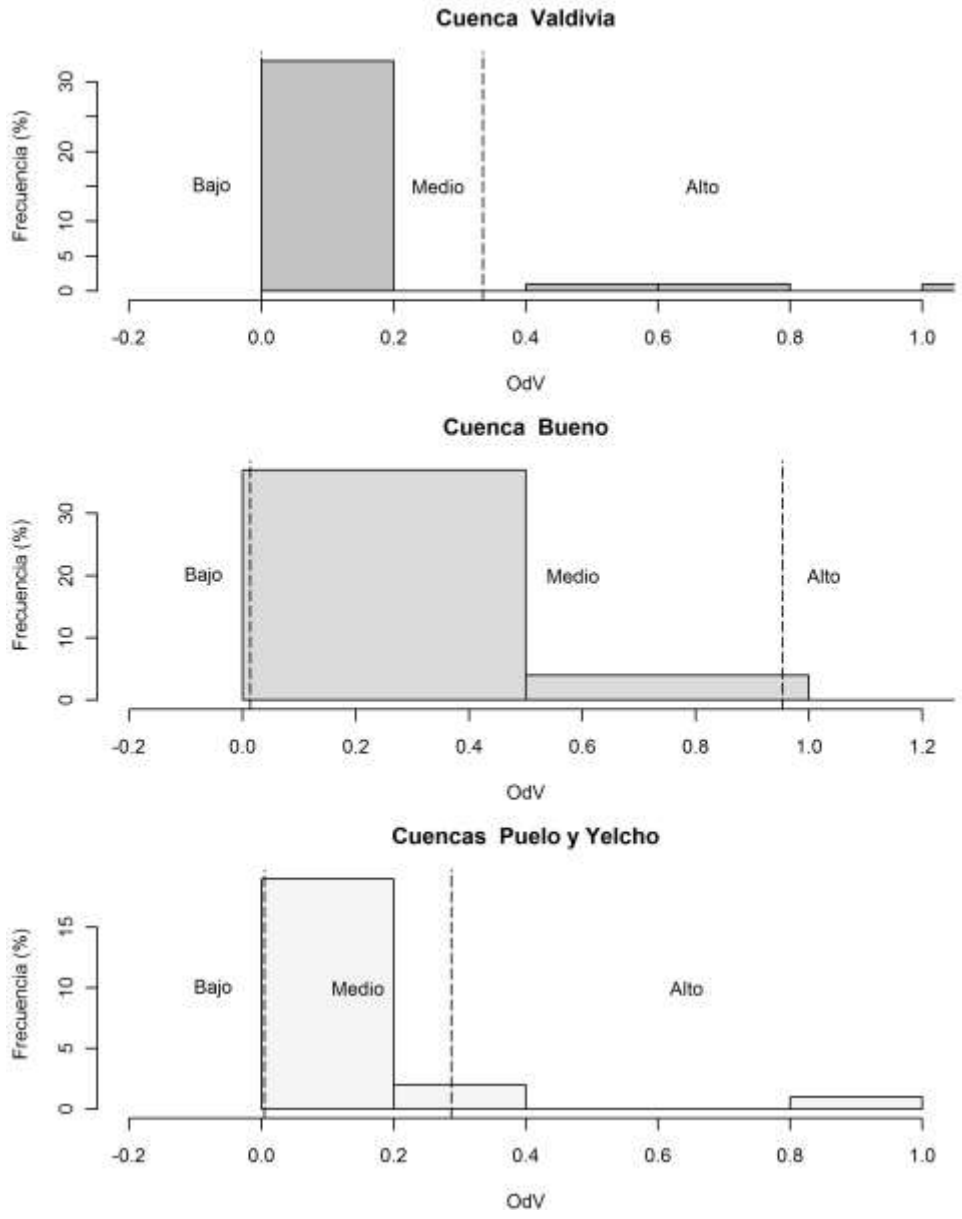
Cuenca	Cantidad de SSC			Superficie total con respecto a la cuenca principal (%)		
	Baja	Media	Alta	Baja	Media	Alta
Valdivia	31	4	1	86	11	3
Bueno	35	5	4	72	20	8
Puelo	11	0	2	84	0	16
Yelcho	8	0	1	85	0	15

Fuente: elaboración propia

Esto se aprecia en la Figura 5.71, que corresponde al histograma de la distribución de las categorías en cada cuenca. La Tabla 5.84 muestra los Parques Nacionales en el área de estudio, junto a sus principales características.

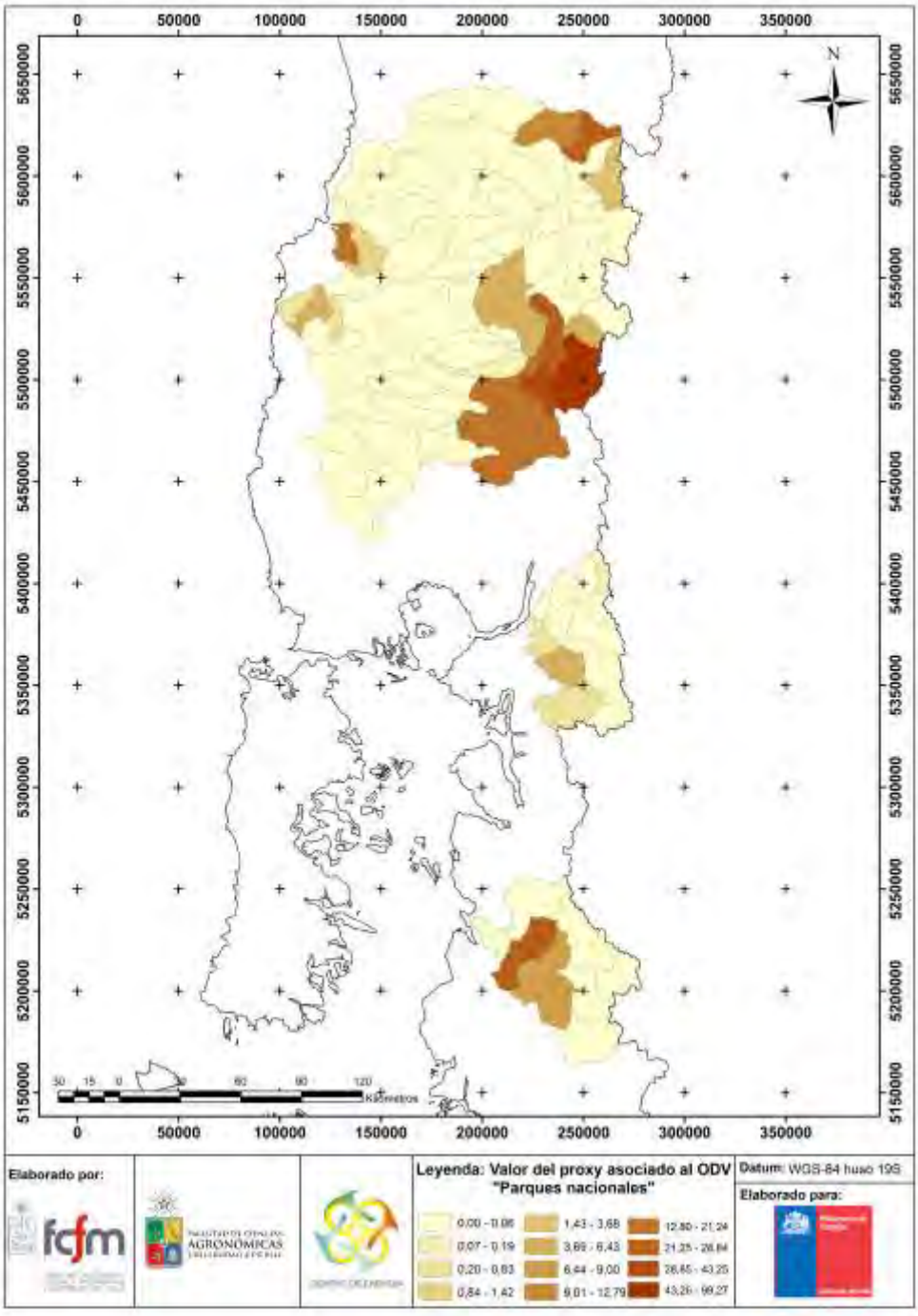
Respecto a los mapas, la Figura 5.72 muestra la superficie relativa total en porcentaje de parques nacionales en cada SSC, y la Figura 5.73 muestra los rangos de OdV en cada SSC.

Figura 5.71 Distribución de frecuencia de valoración para cada SSC



Fuente: elaboración propia

Figura 5.72 Superficie relativa total (%) de Parques Nacionales en cada SSC



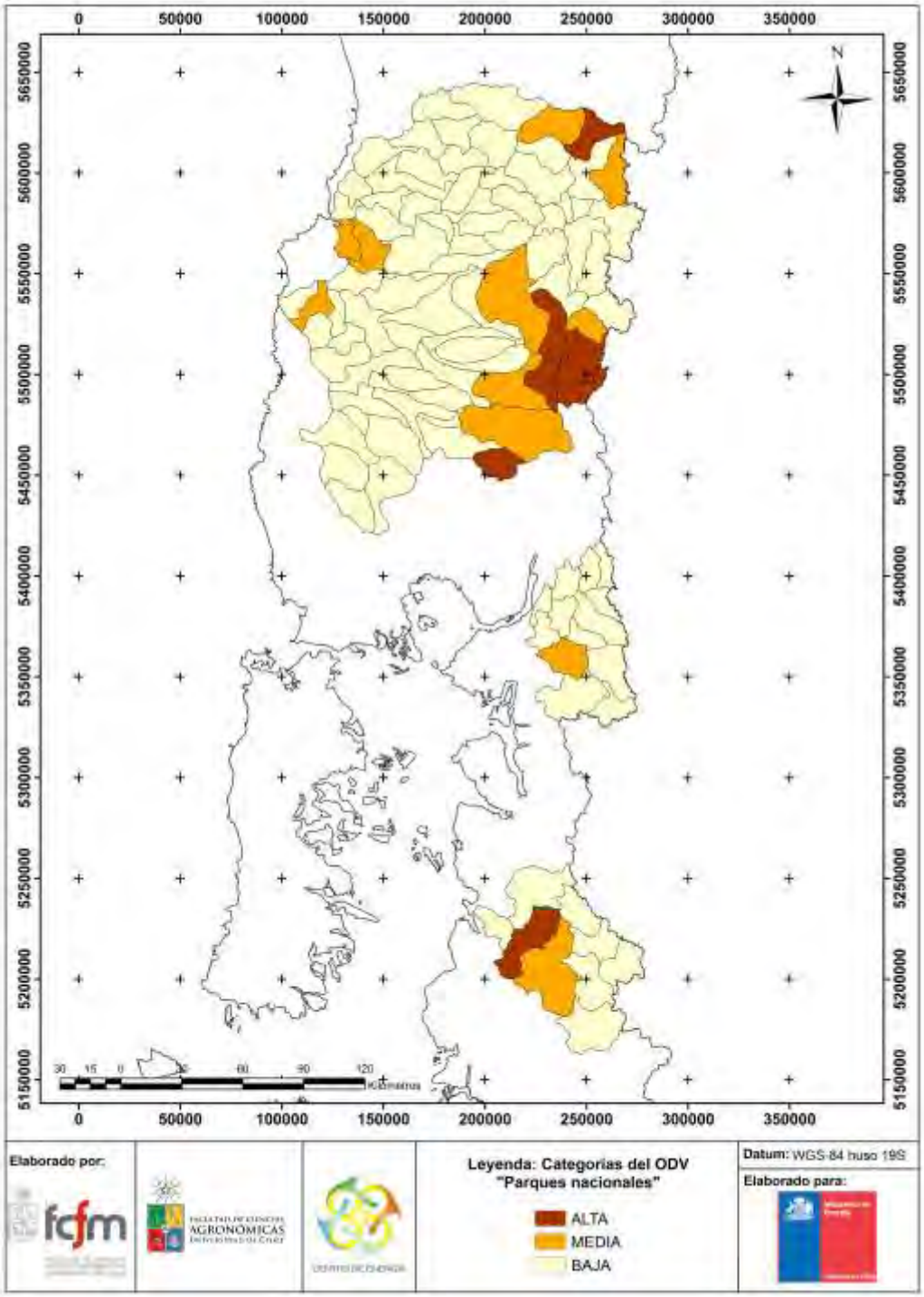
Fuente: elaboración propia

Tabla 5.84 Parques Nacionales en el área de estudio.

Parque Nacional	Ubicación	Características
Alerce Costero	XIV región, Cuenca Valdivia	Destaca por la protección de las especies de flora y fauna endémica, debido a que en épocas glaciares sirvió de refugio a la vida silvestre, pudiendo encontrar especies únicas de la zona.
Villarrica	XIV región, Cuenca Valdivia	Habitan en su interior especies de fauna como el degú de Bridges, el halcón peregrino, el lagarto matuasto, la ranita de Darwin y la perca trucha. En cuanto a flora destaca la araucaria.
Puyehue	X región, Cuenca Bueno	La unidad destaca por la protección de las especies de fauna como el puma, el zorro gris, el quique y el coipo. En lo que a vegetación se refiere, la formación dominante es el bosque húmedo siempreverde, compuesto por varios estratos y una rica composición de especies. Como el ulmo y coihue, acompañado de olivillo y tineo. El sotobosque es muy abundante en arbustos, lianas, helechos, musgos, líquenes y en zonas altas hay grandes coihues.
Vicente Pérez Rosales	X región, Cuenca Bueno	El parque contiene extensiones de selva valdiviana virgen con grandes extensiones cubiertas de árboles nativos como coigues, ulmos, olivillos y arrayanes.
Hornopiren	X región, Cuenca Puelo	La unidad destaca por la protección de las especies de fauna como el puma, la güiña y el quique. Las aves: quetru volador, cóndor y el carpintero negro. En cuanto a flora, el parque está cubierto de vegetación de tipos forestales, como el alerce, siempreverde, coigüe de Magallanes y lenga.

Fuente: elaboración propia

Figura 5.73 Categorías de valoración del OdV Parques Nacionales en cada SSC



Fuente: elaboración propia

Análisis y recomendaciones

En general, dada la naturaleza del OdV definido, el proxy fue integrado exitosamente al trabajo, e identifica las áreas que cuentan con mayor protección legal respecto del resto de las áreas silvestres protegidas, siendo una situación mandante al momento de decidir el lugar de emplazamiento de un proyecto de generación hidroeléctrica. Dado que la clasificación de Parques Nacionales es establecida a nivel estatal, este OdV presenta un muy bajo nivel de incertidumbre respecto de lo certero del proxy utilizado.

La depresión intermedia del área de estudio es la que presenta mayor intervención antrópica, dificultando la presencia de grandes extensiones de bosque para la afectación de parques nacionales. Es por esto que se espera que estos sectores sean representados por el OdV de áreas protegidas que no son parques, las que consideran situaciones puntales de conservación presentes en sectores de alta intervención.

Si bien, el criterio establecido para la definición de las categorías de valoración no cuenta con argumentación ecológica, éste es ampliamente aceptado a nivel legal e internacional, y coincide con la ausencia de información ecológica por parque, siendo el mejor indicador su propia superficie. De esta forma, la información disponible y la documentación legal con la que se establecen los rangos, concuerdan y permiten una valoración consistente.

En términos generales, se aprecia que el proxy utilizado para la representación de este OdV fue adecuado, permitiendo la incorporación de los parques Nacionales en el presente estudio. Los resultados muestran que estos sitios se distribuyen en la cordillera de los Andes y en la cordillera de la Costa.

A nivel de cuenca, la cuenca del río Bueno es la que presenta mayor cantidad de SSC con alta superficie de Parques Nacionales, seguido por la cuenca del río Valdivia y la cuenca del río Yelcho. La cuenca del río Puelo no presenta SSC con alta superficie de Parques Nacionales.

5.2.2.11 OdV *T-11 Áreas oficiales de conservación excluyendo parques nacionales*

Introducción

Dada la gran diversidad de ecosistemas en Chile, y el alto endemismo de sus especies, seguido por la alta presión antrópica que sufren, propicia que gran parte de los ecosistemas de interés para la conservación no cumplan con el requisito de ser “grandes extensiones de territorio con baja

intervención". De esta forma, es necesario valorizar de manera independiente lugares protegidos por el estado que se refieran a pequeños ecosistemas con alto nivel de intervención.

En este contexto, y a diferencia de los parques nacionales, las áreas protegidas como las reservas nacionales, monumentos naturales, santuarios de la naturaleza y bienes nacionales protegidos, cuentan con objetivos que se alejan de la protección de grandes territorios con bajo nivel de intervención, en cambio, sus objetivos incluyen el proteger extensiones de territorio de menor tamaño.

Las reservas nacionales apuntan a áreas cuyos recursos naturales es necesario conservar y utilizar con especial cuidado. Los monumentos naturales, son áreas generalmente de reducida extensión, y se caracterizan por proteger sitios de relevancia para especies nativas, pudiendo desarrollarse actividades recreativas en su interior (MMA, 2015). Los bienes nacionales protegidos apuntan a la generación de proyectos de conservación y desarrollo sustentable ejecutados a través de la concesión a privados. Finalmente, los santuarios de la naturaleza protegen ambientes valiosos que contienen elementos de carácter patrimonial. De esta forma, estas áreas se presentan como instrumentos de conservación cuyo objetivo principal es la preservación de los recursos naturales.

La situación ideal presumible para este OdV, sería la existencia de información ecológica detallada de cada área protegida, pudiendo no solo considerar su superficie, sino otros aspectos relevantes. Si bien, existen ciertas investigaciones científicas detalladas por área protegida, generalmente los tópicos no son comparables a nivel nacional. De esta forma, su ponderación por superficie representa la mejor estimación del proxy por SSC.

Al realizar una revisión bibliográfica respecto de los posibles valores de rangos para clasificar las SSC en este OdV, no se registraron argumentos ecológicos que justificar una clasificación. Ante la ausencia de dichos argumentos, se optó por considerar compromisos legales adquiridos por Chile con la suscripción del convenio sobre la Diversidad Biológica, el cual impulsa las Metas de Aichi, cuyo objetivo principal es: "tomar medidas efectivas y urgentes para detener la pérdida de diversidad biológica a fin de asegurar que, para 2020, los ecosistemas sean resilientes y sigan suministrando servicios esenciales, asegurando de este modo la variedad de la vida del planeta y contribuyendo al bienestar humano y a la erradicación de la pobreza". En este contexto, se impulsa como objetivo estratégico, que cada país proteja al menos el 17% de sus ecosistemas terrestres. Este umbral representa un compromiso del estado chileno, y puede ser extrapolado a escala de SSC, buscando que cada territorio conserve al menos un 17% de su superficie con estos ecosistemas.

Tabla resumen

En la

Tabla **5.85** se presenta un resumen de las características más relevantes del OdV.

Tabla 5.85. Resumen de características relevantes del OdV

Número y nombre del OdV **T.11. Áreas oficiales de conservación excluyendo parques nacionales**		
Definición **Áreas protegidas con carácter oficial y público: reservas nacionales, monumentos nacionales, bienes nacionales protegidos y santuarios de la naturaleza.**		
Variable descriptora o Proxy	**Tipo y Fuente de información**	
Superficie de áreas de reservas nacionales, bienes nacionales, santuarios de la naturaleza y monumentos nacionales.	Información secundaria	• Cartografía de las áreas del SNASPE (sin los parques nacionales), Bienes Nacionales, Monumentos Nacionales y Santuarios de la Naturaleza.
	Fuente secundaria	• Mapa del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE) del MMA (2013). • Mapa de Santuarios de la Naturaleza del Consejo de Monumentos Nacionales. • Mapa de Bienes Nacionales Protegidos del Ministerio de Bienes Nacionales (2013).

Fuente: elaboración propia

Metodología

Como proxy de este OdV, se utilizó la cobertura espacial de áreas protegidas del ministerio del Medio Ambiente, del ministerio de Bienes Nacionales y del Consejo de Monumentos Nacionales. Con esto, se generó una nueva cobertura espacial en donde se determinó el área por SSC de cada Reserva Nacional, Bien Nacional Protegido, Monumento Nacional y Santuario de la Naturaleza.

Para soslayar los problemas que surgen de la superposición espacial de Monumentos Naturales y Santuarios de la Naturaleza, se valorizó cada superficie solo una vez, siendo el máximo posible para este OdV el 100% de superficie de la SSC cubierta.

Debido a la gran cantidad de SSC que presentaron un valor 0 para este OdV, y considerando además la Meta 11 de Aichi comentada en la introducción, se sugieren tres categorías: Baja (OdV=0%) ; Media (0% < OdV ≤ 20%) y Alta (OdV>20).

Resultados

En las SSC de estudio se encuentran las reserva nacional Mocho-Choshuenco y Futaleufú; los bienes nacionales protegidos Cerro Illi, Llancahue, El Ventisquero y Pellaifa; los santuarios de la naturaleza Carlos Anwandter y Parque Pumalín. Dada la diversidad de funciones ecológicas que cumplen estas áreas protegidas es posible identificar variadas zonas de interés por SSC. Destacan los remanentes de bosque valdiviano y siempreverde periurbanos, prístinas porciones de bosque valdiviano en las Cordillera de los Andes, lagos de origen glaciar, los humedales río Cruces y

Chorocomayo, los cuales son de gran importancia para la alimentación y reproducción de aves acuáticas residentes y visitantes, además de poseer importantes poblaciones de Huillín (*Lontra provocax*). No se registraron Monumentos Naturales en el área de estudio (ver Tabla 5.88).

En la Tabla 5.86 se muestra la definición de las categorías de valoración para cada cuenca, mientras que en la Tabla 5.87 se muestra, para cada categoría, la cantidad de SSC y el correspondiente porcentaje de superficie de cada cuenca.

De la Tabla 5.87, se observa que en el 87% de las SSC no se presenta este tipo de áreas de interés de protección. El máximo valor registrado es de un 38% de superficie cubierta por áreas de conservación, en la SSC de Rio Futaleufú entre frontera y Rio Azulado, cuenca del río Yelcho. Proporcionalmente, la cuenca con menor valor es la cuenca del río Bueno, presentando áreas de conservación en sólo 2 de 44 SSC, mientras que la cuenca con mayor valor es la cuenca del río Yelcho, con 3 de 9 SSC.

Tabla 5.86 definición de categorías de valoración del OdV por cuenca

Cuenca	**Categorías de valoración**		
	Baja	**Media**	**Alta**
Valdivia	OdV = 0 %	0 % < OdV ≤ 20 %	OdV> 20 %
Bueno	OdV = 0 %	0 % < OdV ≤ 20 %	OdV> 20 %
Yelcho-Puelo	OdV = 0 %	0 % < OdV ≤ 20 %	OdV> 20 %

Fuente: elaboración propia

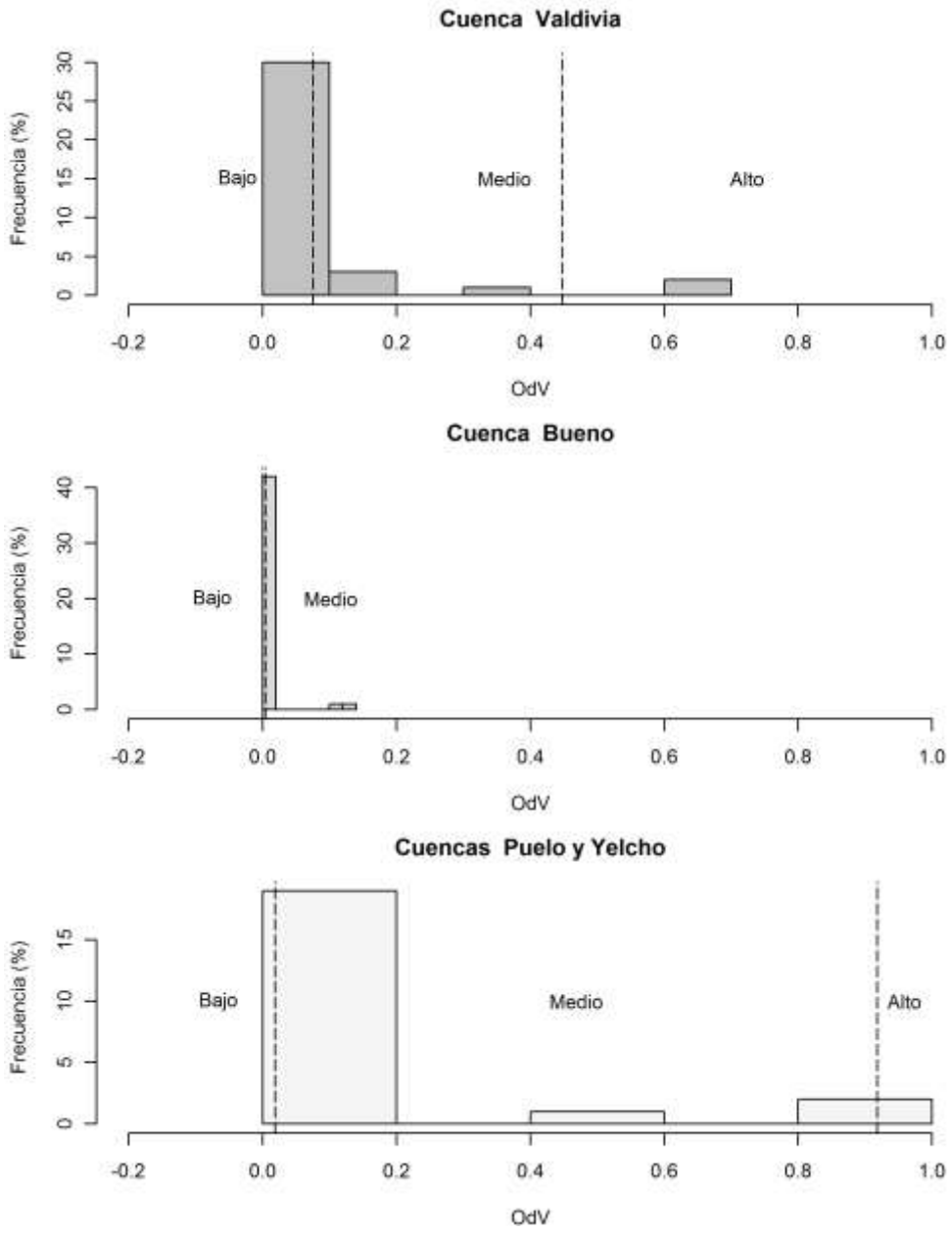
Tabla 5.87. Resumen OdV Áreas oficiales de conservación excluyendo parques nacionales

Cuenca	**Cantidad de SSC**			**Superficie total con respecto a la cuenca principal (%)**		
	Baja	**Media**	**Alta**	**Baja**	**Media**	**Alta**
Valdivia	29	5	2	86	12	2
Bueno	42	2	0	96	4	0
Puelo	12	0	1	83	0	17
Yelcho	6	1	2	56	21	23

Fuente: elaboración propia

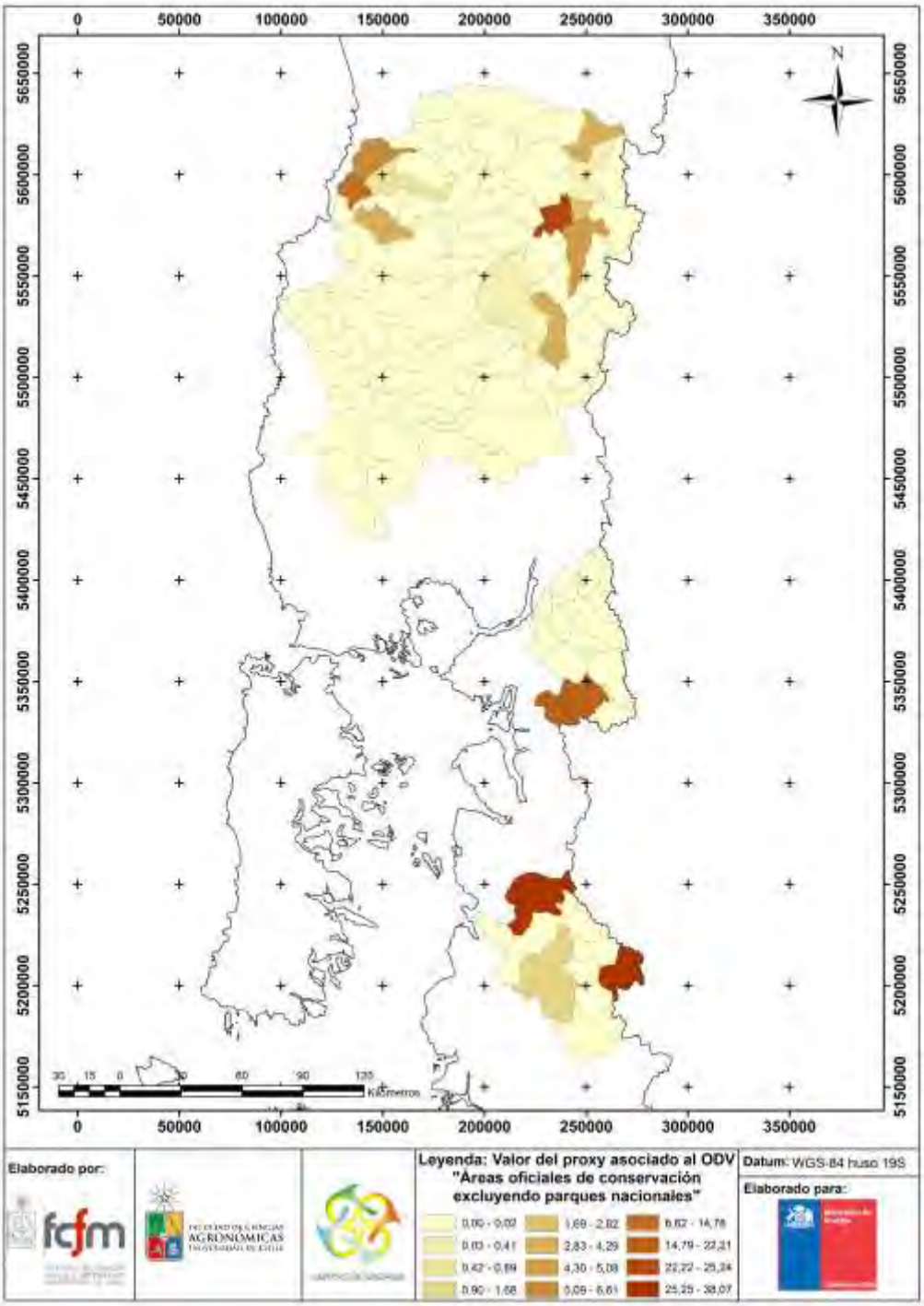
La Figura 5.74, muestra el histograma que define las categorías consideradas en este OdV.

Figura 5.74 Distribución de frecuencia de valoración para cada SSC



Fuente: elaboración propia

La Figura 5.75 muestra la superficie total de áreas de Reservas Nacionales, Monumentos Nacionales y Santuarios de la Naturaleza en cada SSC, expresadas como porcentaje del total de la SSC, mientras que la Figura 5.76 muestra las corresponidentes categorías del OdV en cada SSC.**Figura 5.75 Superficie total de áreas de reservas nacionales, monumentos nacionales y santuarios de la naturaleza en cada SSC.**



Fuente: elaboración propia

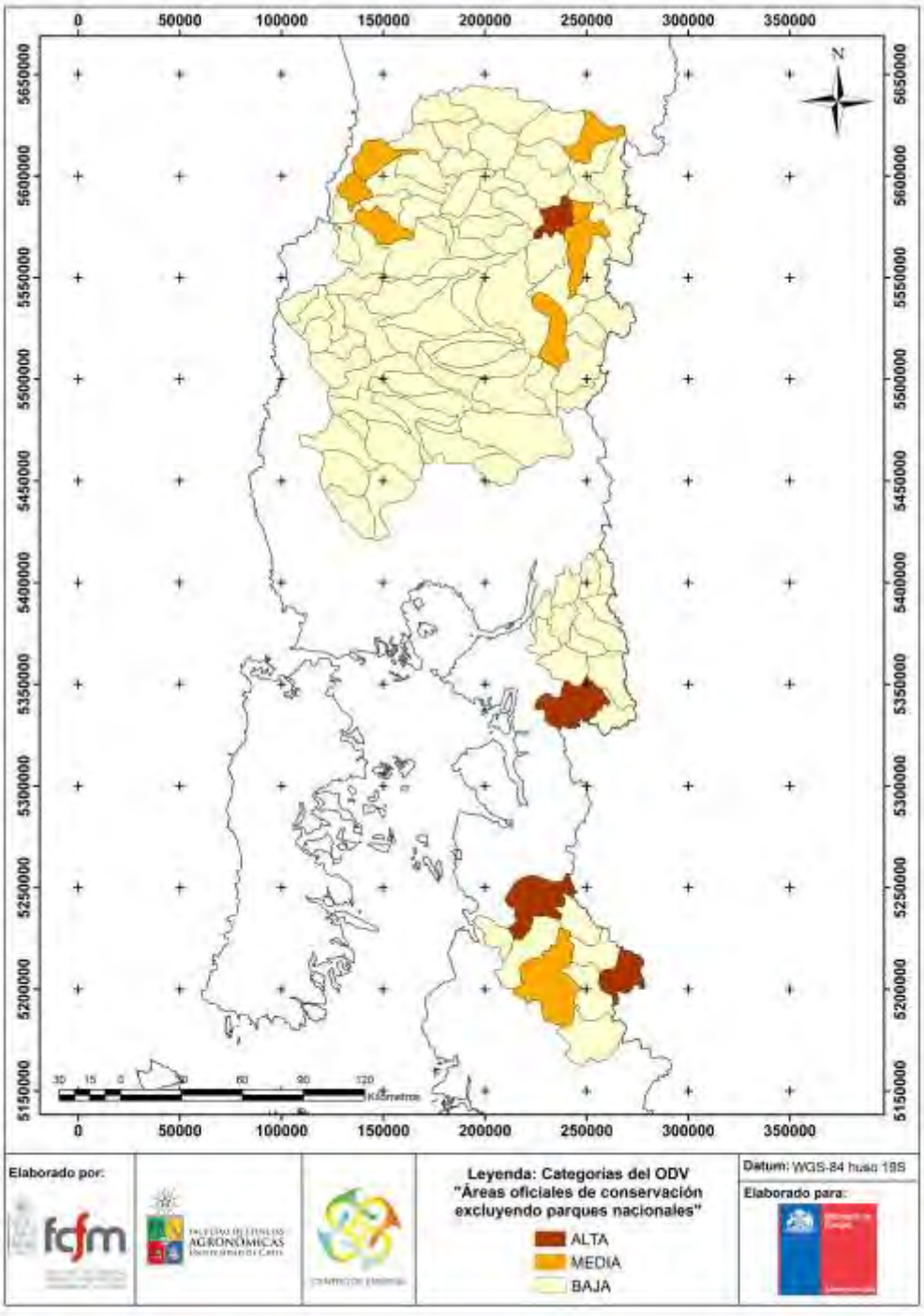
Tabla 5.88 Reservas Nacionales, santuarios de la naturaleza y bienes nacionales protegidos registrados al interior del área de estudio

Área	**Categoría**	**Ubicación**	**Características**
Mocho-Choshuenco	Reserva Nacional	XIV región, cuenca Valdivia	La unidad destaca por la protección de las especies de fauna andino, como los mamíferos; puma, zorro chilla, pudú. En aves; el águila mora y el carpintero negro. En cuanto a flora, al ser bosque laurifolio valdiviano, se pueden encontrar en las zonas altas, plantas inferiores y colonizadoras tales como: musgos, líquenes, helechos, algas azules y hepáticas. En zonas un poco más bajas hay lenga y ñirre.
Llancahue	Bien Nacional Protegido	XIV región, cuenca Valdivia	Bosque laurifolio de Valdivia. Cuenca hidrográfica estero llancahue
Pellaifa	Bien Nacional Protegido	XIV región, cuenca Valdivia	Habitat de especies con problemas de conservación: Güiña, Monito del Monte, Puma. Especies arboreas en límite de distribución: Lingue y Boldo.
Carlos Anwandter	Santuario de la Naturaleza	XIV región, cuenca Valdivia	El santuario pertenece a la ecorregión bosque valdiviano y posee vegetación nativa de tipo acuática, templada y siempreverde. También alberga una gran cantidad y variedad de aves.
Cerro Illi	Bien Nacional Protegido	XIV región, cuenca Bueno	Hábitat de especies con problemas de conservación: Pudú y Monito del Monte. Especies vegetales: Lingue y Boldo.

Área	**Categoría**	**Ubicación**	**Características**
Parque Pumalín	Santuario de la Naturaleza	X región, cuenca Puelo y Yelcho	Se caracteriza principalmente por su gran extensión, conservando gran diversidad de especies: Alerce, Lenga, Coigüe, Huemul, Pudú, Güiña, entre otros.
El Ventisquero	Bien Nacional Protegido	X región, cuenca Yelcho	Matorral caducifolio Alto Montano; Glaciar Yelcho Chico
Futaleufú	Reserva Nacional	X región, cuenca Yelcho	La unidad destaca por la protección de las especies de fauna como el huemul, güiñas, zorros culpeo, martín pescador y cóndor. En cuanto a flora, está el coihue, tepa, mañío, radal y los tipos forestal siempreverde, lenga y ciprés de la cordillera.

Fuente: elaboración propia

Figura 5.76 Categorías de valoración del OdV en cada SSC



Fuente: elaboración propia

Las cuencas con presencia de este OdV se distribuyen exclusivamente en las zonas precordilleranas y el sector costero de la cuenca de Valdivia, mientras que la zona de la depresión intermedia del área de estudio y la zona costera de la cuenca del río Bueno no presentan el tipo de áreas de conservación considerados por este OdV.

Cabe destacar la situación de la reserva nacional Mocho-Choshuenco la cual a pesar de no poseer una gran extensión queda dividida en 2 SSC, siendo poco relevante en cada una de las SSC que abarca. Sin embargo es altamente relevante desde el punto de vista de la biodiversidad.

Análisis y recomendaciones

En general, dada la naturaleza del OdV definido, el proxy fue integrado exitosamente al trabajo, e identifica las áreas de menor extensión que cuentan con protección legal, siendo una situación mandante al momento de decidir el lugar de emplazamiento de un proyecto de generación hidroeléctrica. Ya que la clasificación de estas áreas es establecida a nivel estatal, este OdV presenta un muy bajo nivel de incertidumbre.

Respecto del porcentaje de área cubierta por SSC, se aprecian valores mucho menores en comparación a los obtenidos en el OdV de Parques Nacionales, lo cual resulta intuitivo debido a que se abarcan áreas de menor extensión.

Por otra parte, si bien la definición de las categorías no cuenta con argumentación ecológica, el criterio utilizado es ampliamente aceptado a nivel legal e internacional, y permite subsanar la ausencia de información ecológica por cada área protegida, siendo el mejor indicador su propia superficie. De esta forma, la información disponible y la documentación legal con la que se establecen las categorías de valoración, concuerdan y permiten una valoración consistente.

En términos generales, se aprecia que la construcción de este OdV fue exitosa de acuerdo al proxy señalado, pudiendo incorporar las distintas formas de conservación en Chile.

A nivel de cuenca, las cuencas de los ríos Valdivia y Yelcho son las que presentan mayor cantidad de SSC con áreas oficiales de conservación. El caso contrario es la cuenca del río Bueno, que no presenta ninguna cuenca con una SSC con elevada superficie de áreas oficiales de conservación.

5.2.2.12 *OdV T-12 Áreas de conservación de interés privado y sitios prioritarios*

Introducción

Luego de valorar las iniciativas estatales de conservación, se debe dar paso a valorar aquellas iniciativas privadas o comunitarias, las que por variados motivos y de diversas formas, expresan su voluntad de conservar ciertos ecosistemas o paisajes, representando así las inquietudes del resto de los actores sociales.

En este aspecto, dentro de las áreas de interés para la conservación sin protección legal y asignadas por actores privados y comunitarios, destacan los Sitios Prioritarios para la conservación y los Parques Privados. Los Sitios Prioritarios para la conservación, han sido asignado luego de consultas a especialistas, científicos, y comunidades locales. Estos sitios representan una oportunidad de emprender acciones de protección, privilegiándose aquellos que reúnen características ecosistémicas relevantes junto con consideraciones sociales y culturales (MMA, 2015). Por otra parte, los Parques Privados abarcan distintos fines, que van desde la conservación de especies y ecosistemas, educación ambiental hasta el manejo de recursos naturales, fomentadas por iniciativa privada. A pesar de que las áreas privadas poseen superficies muy inferiores en comparación a las del SNASPE, estas áreas contribuyen a la representatividad de la biodiversidad, a contrarrestar la fragmentación y a mejorar la conectividad entre áreas protegidas (Simonetti & Acosta, 2002). De esta forma, dado que los Sitios Prioritarios y Parques Privados cuentan con información geográfica sistemática y representativa a nivel nacional, su superficie se incluirá como proxy para la estimación del presente OdV.

Actualmente, proyectos de generación hidroeléctrica enfrentan distintas restricciones para emplazarse en Sitios Prioritarios o Parques Privados. Sin embargo, en ambos casos, el potencial de intervenir en estos sitios está presente, ya que no cuentan con protección legal. Así, la decisión de uso sólo depende del propietario del terreno, s y de la aprobación de los permisos sectoriales correspondientes. En el caso de sitios prioritarios estatales, el emplazamiento de estos proyectos dependerá de la compra de terreno y de la aprobación de los permisos correspondientes. La mayor dificultad para el emplazamiento de estos proyectos, en ambos casos, sería la oposición de la comunidad, dependiendo su efectividad exclusivamente de factores políticos. De esta forma, la probabilidad de impacto y de conflicto social ante el emplazamiento de un proyecto de hidroelectricidad en sitios prioritarios y parques privados, es relativamente alta.

La situación ideal presumible para este OdV, sería la existencia de información ecológica detallada de cada sitio prioritario o parque privado. De esta forma, no sólo se podría ponderar por su superficie, sino también por criterios ecológicos. Si bien, existen investigaciones científicas detalladas en distintos sitios prioritarios, generalmente los tópicos no son comparables a nivel nacional. Dada la escasez y heterogeneidad de la información existente, la ponderación por superficie representa la mejor alternativa de construcción del proxy por SSC.

Al realizar una revisión bibliográfica respecto de los posibles rangos para clasificar las SSC en este OdV, no se registraron argumentos ecológicos que permitan justificar una clasificación. Ante la ausencia de dichos argumentos, se optó por considerar compromisos legales adquiridos por Chile con la suscripción del convenio sobre la Diversidad Biológica, el cual impulsa las Metas de Aichi, cuyo objetivo principal es: "tomar medidas efectivas y urgentes para detener la pérdida de diversidad biológica a fin de asegurar que, para el año 2020, los ecosistemas sean resilientes y sigan suministrando servicios esenciales, asegurando de este modo la variedad de la vida del planeta y contribuyendo al bienestar humano y a la erradicación de la pobreza". En este contexto, se impulsa como objetivo estratégico, que cada país proteja al menos el 17% de sus ecosistemas terrestres. Este umbral representa un compromiso del Estado de Chile, y puede ser extrapolado a escala de SSC, buscando que cada territorio conserve al menos un 17% de su superficie con estos ecosistemas.

El objetivo de este OdV es principalmente incorporar áreas de interés para la conservación, determinadas por la comunidad en general, pero que no poseen instrumentos legales que les permitan ser protegidas estatalmente.

Tabla resumen

En la Tabla 5.89 se puede observar un resumen de las características más relevantes del OdV.

Tabla 5.89. Resumen de características relevantes del OdV

Número y nombre del OdV **T.12. Áreas de conservación de interés privado y sitios prioritarios**		
Definición **Áreas consideradas como sitios prioritarios para la conservación por el ministerio del Medio Ambiente y todas las áreas protegidas de interés privado.**		
Variable descriptora o Proxy	**Tipo y Fuente de información**	
Superficie de sitios prioritarios para la conservación y parques privados por SSC.	Información secundaria	• Cartografía de los Sitios Prioritarios para la Biodiversidad y Parques Protegidos de Propiedad Privada.
	Fuente secundaria	• Mapa de las Áreas Protegidas Privadas (2011). • Mapa de Sitios Prioritarios para la Biodiversidad del Ministerio del Medio Ambiente (2010).

Fuente: elaboración propia

Metodología

Utilizando la base de datos del ministerio del Medio Ambiente se generó una cobertura espacial con las áreas de sitios prioritarios y parques privados, las que fueron utilizadas para construir el proxy.

Para soslayar el problema de la superposición de parques privados con sitios prioritarios de conservación, se cuantificó cada superficie solo una vez, siendo el máximo posible para este OdV el 100% de superficie de la SSC cubierta por parques privados o sitios prioritarios. Debido a la gran cantidad de SSC que presentaron un valor 0 para este OdV, y considerando además la Meta 11 de Aichi comentada en la introducción, se sugieren tres categorías: Baja (OdV=0%); Media (0% <OdV ≤ 20%);y Alta (OdV>20%), como se muestra en la Tabla 5.90.

Resultados

Dentro de las finalidades de los sitios prioritarios para la conservación registrados en el área de estudio, destaca la conservación de los escasos bosques de olivillo costero, zonas de corredores en ecosistemas fragmentados, zonas con alta riqueza de especies con micro-endemismo y endemismo, proteger remanente de bosque laurifolios y de alerce costero de la cordillera de la costa. No existen referencias claras sobre las razones que determinan la presencia de los parques privados en el área de estudio. En la Tabla 5.90 se muestra la definición de las categorías de este OdV.

Tabla 5.90 Definición de categorías de valoración del OdV por SSC

Cuenca	Categorías de valoración		
	Baja	**Media**	**Alta**
Valdivia	OdV = 0 %	0 % < OdV ≤ 20 %	OdV> 20 %
Bueno	OdV = 0 %	0 % < OdV ≤ 20 %	OdV> 20 %
Yelcho-Puelo	OdV = 0 %	0 % < OdV ≤ 20 %	OdV> 20 %

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 5.91 se muestra, para cada categoría de la Tabla 5.90, la cantidad de SSC y el correspondiente porcentaje de superficie de cada cuenca. Se encontró que cerca del 45% de las SSC se encuentra en la categoría Baja (0% OdV), el 22.5% de las SSC se encuentra en la categoría Media (0% < OdV ≤ 20%), y un 32.5% de las SSC se encuentra en la categoría Alta (OdV > 20%).

La Figura 5.77 muestra el histograma con las categorías definidas en este OdV.

Los mapas con la distribución de este OdV por SSC, en términos del valor del proxy y de categorías, se presentan en las Figura 5.78 y Figura **5.79**, respectivamente. Se observa que la distribución de sitios prioritarios y parques privados es bastante homogénea en la zona norte del área de estudio,

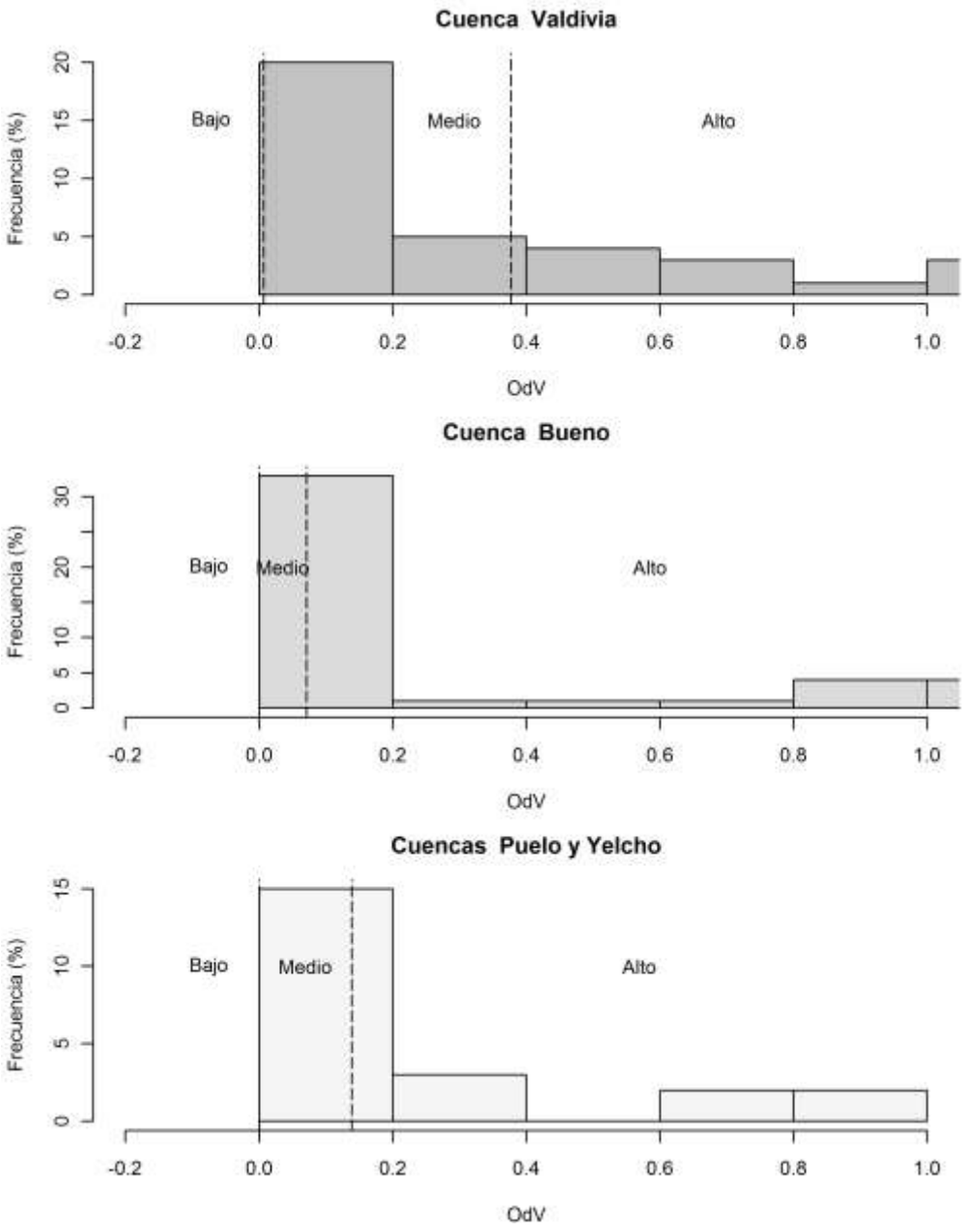
destacando las SSCs en torno a los principales ríos de cada cuenca. Por el contrario, en la cuenca del río Yelcho se observa una baa presencia de este OdV.

Tabla 5.91. Resumen OdV Áreas de conservación de interés privado y sitios prioritarios

Cuenca	Cantidad de SSC			Superficie total con respecto a la cuenca principal (%)		
	Baja	Media	Alta	Baja	Media	Alta
Valdivia	13	7	16	43	17	40
Bueno	21	13	10	48	29	23
Puelo	4	3	6	26	22	52
Yelcho	8	0	1	85	0	15

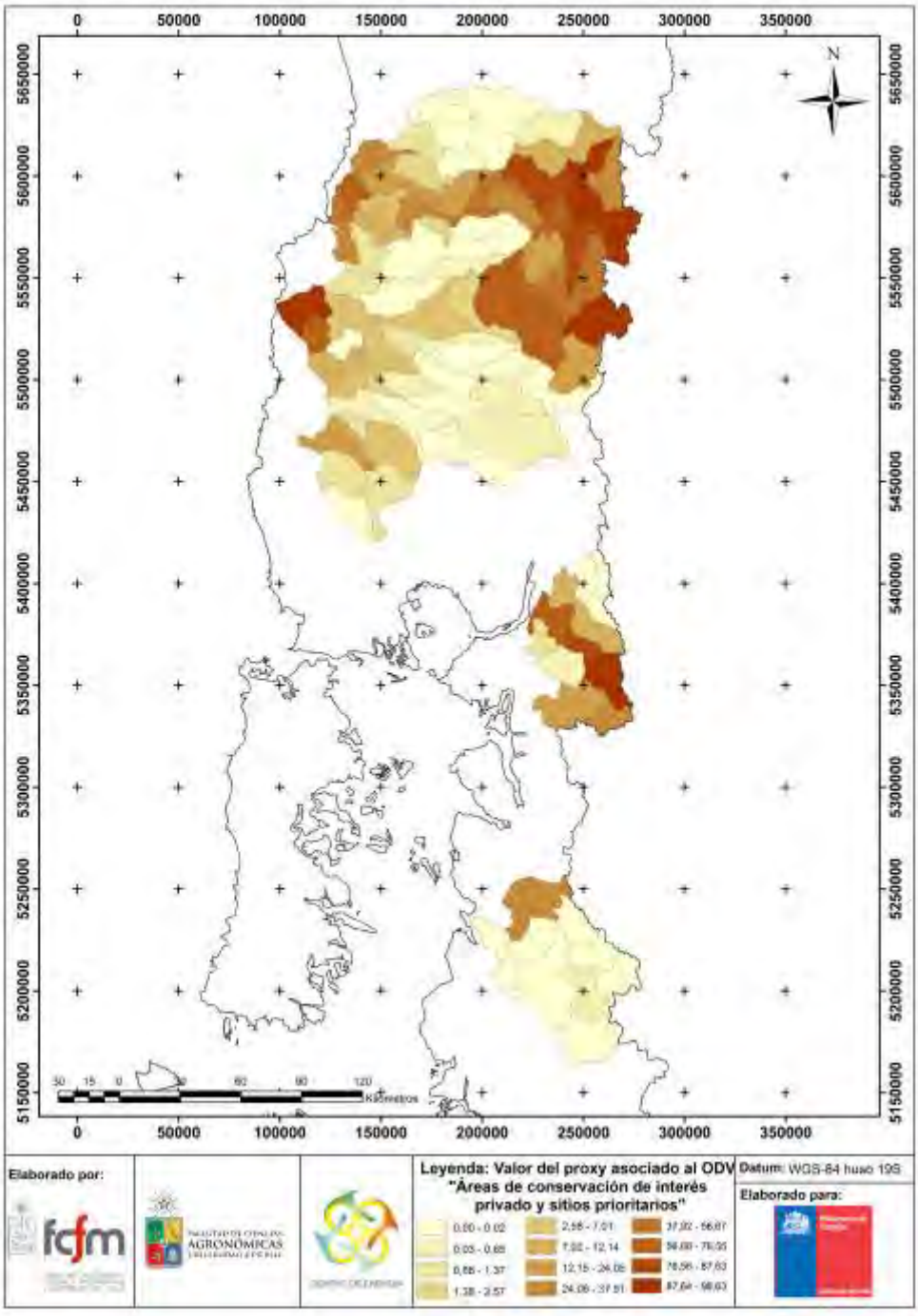
Fuente: elaboración propia

Figura 5.77. Distribución de frecuencia de valoración para cada SSC



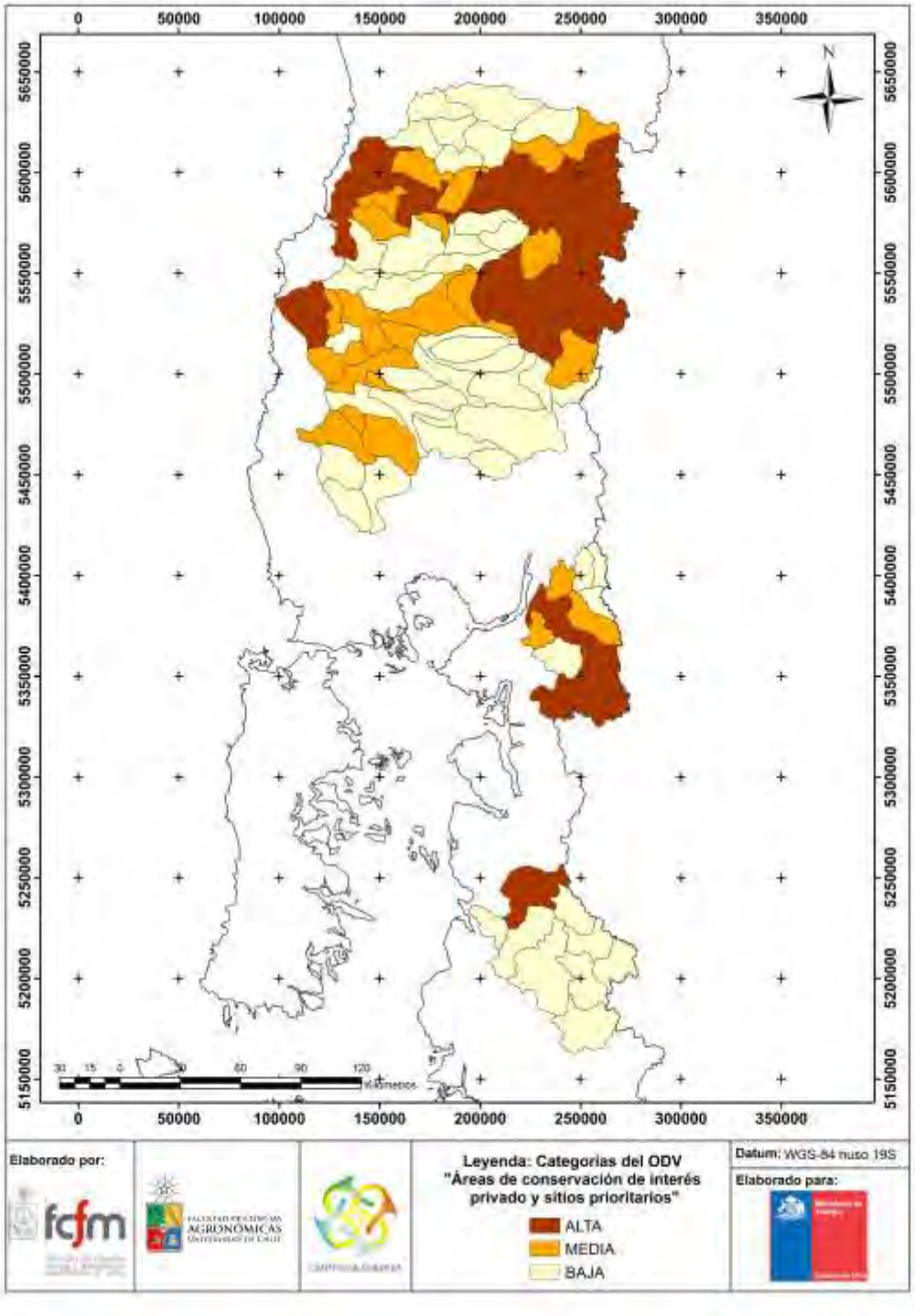
Fuente: elaboración propia

Figura 5.78. Superficie total de sitios prioritarios y parques privados en cada SSC



Fuente: elaboración propia

Figura 5.79. Categorías de valoración del OdV en cada SSC



Fuente: elaboración propia

Análisis y recomendaciones

Obtener información respecto de todas las áreas de interés para la conservación según todos los actores sociales, es una tarea de alta complejidad. Sin embargo, durante varios gobiernos se realizó la tarea sistemática de aunar criterios y lograr que distintos actores, como científicos, políticos y comunidades locales, señalaran aquello que les parecía importante conservar, generando como producto final la cartografía de los sitios prioritarios para la conservación de Chile. Al mismo tiempo, el gobierno ha sistematizado información cartográfica de iniciativas privadas, que asignan a sus propiedades la condición de parque con objetivos de conservación. De esta forma, la calidad de este proxy recae en la tarea sistemática del gobierno de reunir información sobre territorios que son de interés para la conservación, y debiesen contar con mayor atención. Ante estos antecedentes, se considera que la integración de esta información como proxy al presente OdV es consistente con el objetivo propuesto.

Ya que la clasificación de Sitios Prioritarios es oficializada a nivel estatal, su implementación en este OdV presenta un muy bajo nivel de incertidumbre. Una limitación es que existen parques privados expresados a través de círculos perfectos, ya que no se contaba con su cartografía exacta. A pesar que esto crea incertidumbre al proxy estas áreas representan solo una pequeña parte de las representadas por sitios prioritarios.

Al observar el porcentaje de área cubierta por SSC, se aprecian valores considerablemente altos, incluso superando al OdV “otras superficies oficiales de interés para la conservación” y al OdV “Parques Nacionales”. Esto demuestra el interés por proteger sectores del área de estudio sin resguardo legal, lo que destaca en una zona que además se encuentra altamente desprotegida por instrumentos oficiales. Esto se refleja en la gran cantidad de SSC con valor 0 en los OdV T-10 y T-11 debido a la ausencia de resguardo legal.

Destaca, además, el valor de SSC que contarían con parches que conectan ambas cordilleras en la depresión intermedia del área de estudio, lo que no fue considerado en los OdV T-10 y OdV T-11, debido a la ausencia de áreas legales de conservación. Sin embargo, dado que la zona presenta alta intervención antrópica, su representación será siempre baja para estos OdVs, ya que el área de vegetación prístina remanente en donde se pudiesen ubicar parques privados y sitios prioritarios es mucho menor al área total de la SSC, representando un posible sesgo para este OdV.

Si bien, el rango establecido para la definición de categorías de valoración para este OdV no cuenta con argumentación ecológica, si es ampliamente aceptado a nivel legal e internacional, y coincide con la ausencia de información ecológica por parque, siendo el mejor indicador su propia superficie. De esta forma, la información disponible y la documentación legal con la que se establecen los rangos, concuerdan y permiten una valoración consistente.

A modo de resumen cabe indicar que la cuenca del río Valdivia destaca por sus altos valores de este OdV, al tener el mayor número de SSC con rango alto (16 SSC) y poseer el segundo mayor porcentaje de cobertura (40%).

En términos generales, se aprecia que la construcción de este OdV mediante el proxy escogido, permitió incorporar en el análisis estos sitios de interés para conservación.

En general, se aprecia que estos sitios se distribuyen en la cordillera de los Andes y en la cordillera de la Costa. A nivel de cuenca, la cuenca del río Puelo es la que presenta mayor proporción de la superficie (%) con interés privado o sitios prioritarios para conservación, seguido por la cuenca del río Valdivia. Destaca la cuenca del río Yelcho que sólo presenta una SSC con un alto porcentaje de superficie con presencia de este OdV.

5.2.3 OdV Sociales

Se definen como OdV Sociales todos aquellos que tienen relación con sitios y recursos fundamentales que cumplen funciones para satisfacer las necesidades básicas de las comunidades locales o grupos indígenas (para sus medios de vida, la salud, la nutrición, el agua, etc.), identificados mediante el diálogo con dichas comunidades o pueblos indígenas (Ministerio de Energía, 2015).

El levantamiento de este OdV busca identificar lugares donde hayan comunidades que pudiesen ver afectadas sus actividades de subsistencia, como el consumo de agua potable y sus producciones agrícolas para auto consumo debido al desarrollo de algún proyecto hidroeléctrico que pudiese afectar la disponibilidad de recursos hídricos superficiales, a través de dos OdV que se desarrollan a continuación.

5.2.3.1 *ODV S.1. Necesidades sociales de subsistencia: sanidad y agua potable*

Introducción

Garantizar el acceso a agua potable a la comunidad es un valor clave en la sociedad, por lo que este OdV requiere, para ser definido, un indicador de su presencia e intensidad que pueda ser localizado en el espacio.

Tabla resumen

En la Tabla 5.92 se presenta un resumen de las características más relevantes del OdV.

Tabla 5.92. ODV S.1.Necesidades sociales de subsistencia: sanidad y agua potable

Número y nombre del OdV S.1. Necesidades sociales de subsistencia: sanidad y agua potable		
Definición Presencia de localidades locales con requerimiento relevante de agua potable		
Variable descriptora N° estimado de beneficiarios de las APR en las respectivas sub subcuencas (SSC) por superficie de área de influencia de red hídrica (km^2). Área de influencia dada por un buffer de 500 metros desde la red hídrica, hacia ambos lados.	**Tipo y fuente de información**	
	Información secundaria:	Ubicación de los APR, n° de arranques por APR (MOP estima un promedio de 4 beneficiarios por arranque)
	Fuente secundaria:	DOH,MOP
	Información primaria	No requiere
	Fuente primaria:	No requiere

Fuente: elaboración propia

Metodología

Para obtener el número de beneficiarios de los respectivos sistemas de agua potable rural (APR) se utilizó la base de datos actualizada al año 2015 de la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH) del Ministerio de Obras Públicas (MOP), que lo estima a partir del número de arranques de agua (DOH asume un promedio de cuatro beneficiarios por arranque) asociados a cada APR. Al respecto, solo se consideraron los APR que estuvieron localizados dentro del área de influencia directa de la red hídrica de cada cuenca[44]. Para efectos de este estudio se consideró como área de influencia directa al área comprendida por un buffer de 500 metros establecidos desde la red hídrica hacia ambos lados. Se asume que fuera de este buffer la probabilidad de afectación de un APR por un proyecto hidroeléctrico es, en promedio, baja.

Luego se atributaron las sub -subcuencas (SSC) con los beneficiarios asociados a cada APR según la ubicación de estas últimas dentro del área de influencia directa de la red hídrica. Cabe destacar que se utilizó la ubicación de las APR, y no de los beneficiarios, ya que es en los puntos de captación asociados a las APR en donde se podría ver afectado el recurso hídrico consumido por los beneficiarios.

El número de beneficiarios asociados a cada APR se relacionó con la superficie del área de influencia directa de la red hídrica por SSC (km^2), obteniendo así la variable descriptora para el OdV por SSC. La estandarización por el área de influencia directa de la red hídrica por SSC (km^2) tuvo como objetivo el que todas las SSC de una misma cuenca fueran comparables.

[44]Se utilizó la red hídrica del Instituto Geográfico Militar (IGM)

Para representar espacialmente el OdV se estableció su nivel de relevancia categorizando la variable descriptora en tres clases (Alta, Media o Baja) mediante la metodología de *Natural Breaks* descrita por Jenks (1967). Este método se basa en la distribución de los datos y se caracteriza por agrupar los valores similares maximizando las diferencias entre las clases. Por lo tanto los límites o umbrales para separar las clases son aquellos en donde hay diferencias considerables entre los valores de los datos. Es importante señalar que este método permite comparar entre cuencas las categorías (del OdV) relativas a cada una de éstas, pero no es adecuado para comparar sus valores absolutos ya que los umbrales para las clases serán distintos.

Resultados

En función de la distribución de los datos y aplicando la metodología *Natural Breaks* se categorizó la variable descriptora de acuerdo a Tabla 5.93

Tabla 5.93. Clases que categorizan al OdV S.1. mediante el método *Natural Breaks* (Jenks 1967)

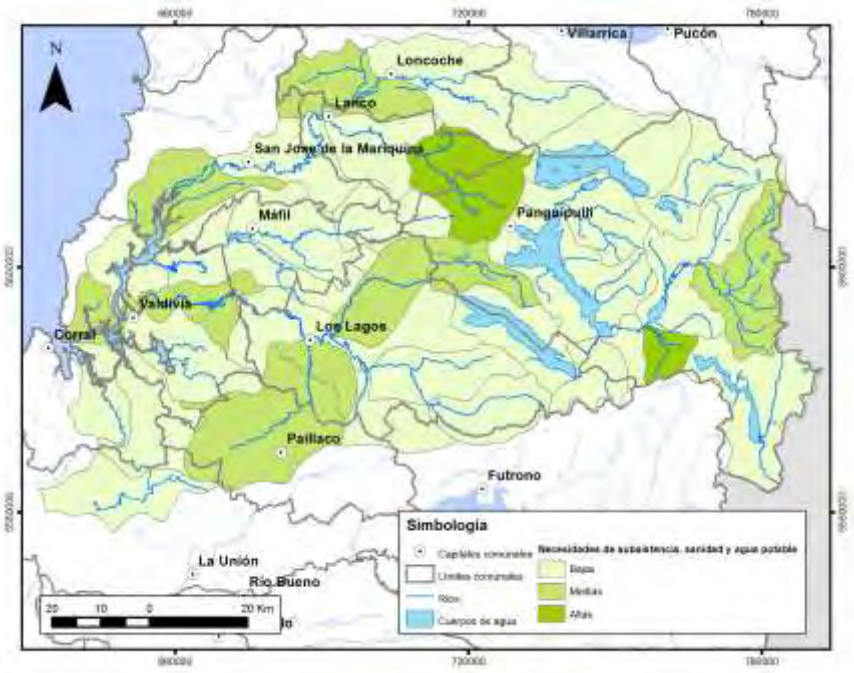
Clase	Cuencas			
	Valdivia	Bueno	Puelo	Yelcho
	Nº de beneficiarios por superficie de área de influencia de red hídrica (km^2) por SSC			
Baja	0,000 - 2,754	0,000 - 3,702	---	0
Media	2,754 - 10,832	3,702 - 9,655	---	---
Alta	10,832 - 49,572	9,655 - 30,831	---	0,000 - 0,945

Fuente: elaboración propia

En la Figura 5.80, Figura 5.81 y Figura 5.82 se muestran las diferentes categorías de la variable descriptora para las distintas SSC del área de estudio en las cuencas de los ríos Valdivia, Bueno, y Yelcho, respectivamente. Cabe destacar que los registros en la cuenca del río Yelcho corresponden a sólo un APR en la cuenca, y por lo tanto los beneficiarios se concentran en una sola SSC (en la zona del río Amarillo). En las cuencas de los ríos Valdivia y Bueno se puede apreciar que la mayor relevancia para este OdV está, en general, ampliamente distribuida y se asocia a zonas habitadas. Las zonas menos pobladas como el sector poniente y suroriente de la cuenca del Bueno, y algunas SSC en zonas cordilleranas, costeras o andinas, en la cuenca del Valdivia son las menos relevantes desde el punto de vista de este OdV.

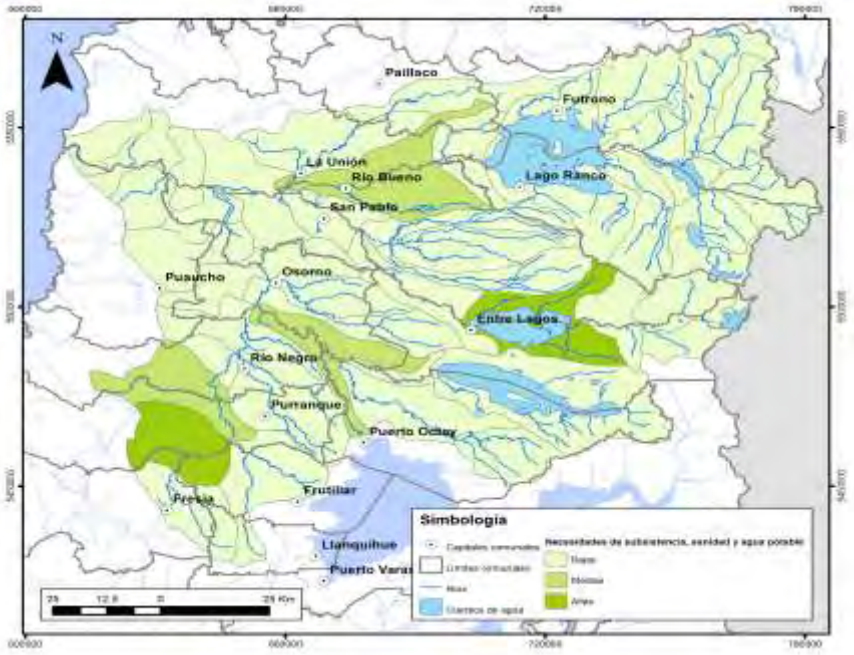
Este OdV no se encuentra presente en la cuenca del río Puelo. A pesar de que existe una APR registrada oficialmente en la cuenca, aquella está ubicada en la SSC del desagüe del río Puelo fuera del área de influencia directa de la red hídrica.

Figura 5.80. S.1. Necesidades de subsistencia: sanidad y agua potable en la cuenca del río Valdivia. La variable n° de beneficiarios/km^2 está categorizada como Alta, Media y Baja



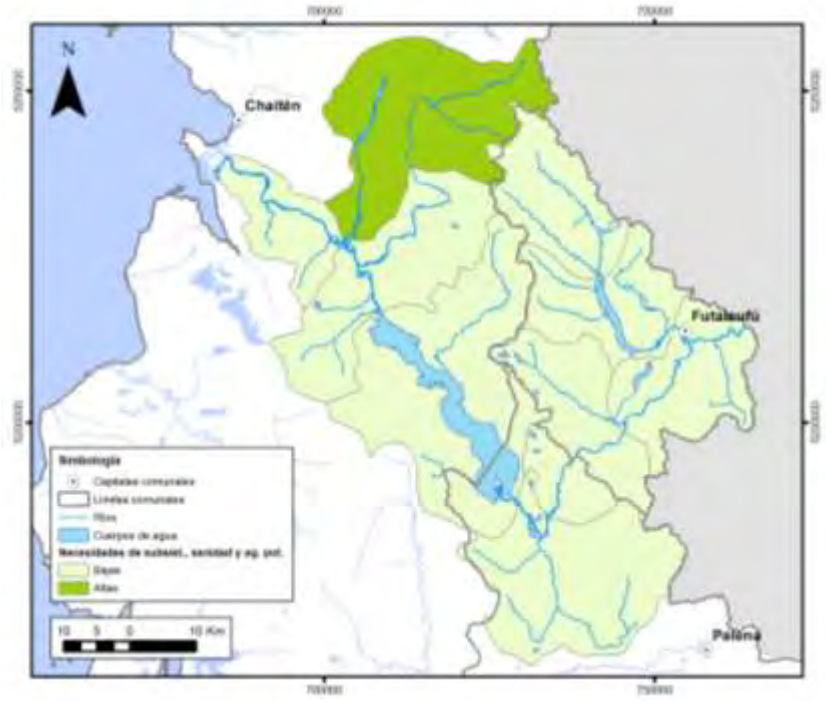
Fuente: elaboración propia

Figura 5.81. S.1. Necesidades de subsistencia: sanidad y agua potable en la cuenca del río Bueno. La variable n° de beneficiarios/km^2 está categorizada como Alta, Media y Baja



Fuente: elaboración propia

Figura 5.82. S.1. Necesidades de subsistencia: sanidad y agua potable en la cuenca del río Yelcho. La variable n° de beneficiarios/km^2 está categorizada como Alta y Baja



Fuente: elaboración propia

Análisis y recomendaciones

Para evitar una malinterpretación de la información mostrada es importante tener en cuenta los siguientes puntos:

- Las clases Baja, Media y Alta sólo indican la relevancia del OdV. La categoría Baja no indica, necesariamente ausencia del OdV, sino que sólo expresa una menor presencia relativa de éste en relación a su presencia en otras SSC categorizadas como relevancia Media y Alta.

- La normalización por la superficie del área de influencia directa de la red hídrica por SSC (expresado en km^2) de la variable original no permite estimar la probabilidad de afectación de un APR en particular en una SSC.

- La sola consideración de los APR contenidos dentro del área de influencia, impide hacer inferencia de cualquier tipo respecto a potenciales probabilidades de afectación en APR localizadas fuera de dicha área. Esto resulta importante al momento de evaluar los impactos de proyectos de embalse, los cuales pueden suponer áreas de inundación superiores al área de influencia directa de la red hídrica.

- Los resultados obtenidos para este OdV se basan en el registro público actualmente vigente. Estos registros no hacen mención a la fuente de recursos hídricos (superficial/subterránea) que cada APR tiene. Al respecto, resulta importante señalar que con el objeto de inferir la probabilidad de afectación que un potencial desarrollo hidroeléctrico puede tener sobre la fuente de agua utilizada por beneficiarios APR, es relevante reconocer los procesos que condicionan la oferta de los recursos hídricos, por lo que la discriminación de la fuente de agua resulta clave.

- Es importante mencionar que la elección del método utilizado para describir el OdV respondió principalmente al hecho de que no se se conocen con exactitud los puntos de captación de agua de los APR, y no se sabe con exactitud el número de usuarios asociados a cada partida de agua de las APR. El método de estimación ideal debe considerar la identificación en el espacio de los puntos de captación de agua de las APR, y la obtención de información exacta sobre el número de beneficiarios asociados a cada APR. De esta manera se podrá atributar cada una de las SSC con los beneficiarios según la ubicación de los puntos de captación respectivos.

A manera de conclusión, la variable descriptora fue levantada con información secundaria adecuada para la descripción del OdV: el número estimado de beneficiarios de servicios de APR susceptibles de verse afectadas.

Este OdV no representa ningún cambio metodológico respecto del descrito en la primera etapa de este estudio, por lo que la información entregada en el presente estudio sólo corresponde a una actualización con la última base de datos dispuesta por la DOH. Cabe destacar que tal como se señala en la primera fase del presente estudio, no se discrimina la fuente de agua superficial o subterránea de las respectivas APR por las razones expuestas en esa instancia.

5.2.3.2 *ODV S.2. Necesidades sociales de subsistencia alimentaria*

Introducción

De acuerdo al estudio base, la agricultura de subsistencia es entendida como aquella actividad agrícola orientada a satisfacer las necesidades básicas de las familias. El bienestar de éstas es, por lo tanto, precario, caracterizándose la actividad productiva que desarrollan por su vulnerabilidad a cambios externos como, por ejemplo, una disminución o alteración en patrones de disponibilidad hídrica.

Tabla resumen

En la Tabla 5.94 se puede observar un resumen de las características más relevantes del OdV.

Tabla 5.94. ODV S.2.Necesidades sociales de subsistencia alimentaria

Número y nombre del OdV S.2. Necesidades sociales de subsistencia alimentaria		
Definición Existencia de unidades sociales de subsistencia que utilicen aguas superficiales para riego		
Variable descriptora N° de beneficiarios de INDAP que realizan actividades de subsistencia y riegan con aguas superficiales (Nº de beneficiarios por km^2)	**Tipo y fuente de información**	
	Información secundaria:	N° de beneficiarios de INDAP que realizan actividades de subsistencia y riegan con aguas superficiales
	Fuente secundaria:	Beneficiarios programas INDAP ubicados en espacio
	Información primaria	INDAP, PRODESAL
	Fuente primaria:	Resultados entrevista con apoyo cartográfico: Beneficiarios programas INDAP que riegan con aguas superficiales ubicados en el espacio

Fuente: elaboración propia

Metodología

La variable descriptora que mide la presencia de este OdV correspondió al número de pequeños agricultores (asociados a INDAP) usuarios de aguas superficiales por km^2 en cada SSC. La estandarización por tamaño de SSC, expresada ésta en unidades de área (km^2), tuvo como objetivo que todas las SSC de una cuenca fueran comparables.

El INDAP (Instituto de Desarrollo Agropecuario), a través de sus programas de fomento productivo, beneficia a pequeños productores agrícolas indígenas y no indígenas, campesinos y sus familias en gran parte del país. Para levantar el número existente de pequeños agricultores por SSC se requirió, inicialmente, de la identificación y ubicación de agricultores de subsistencia beneficiarios de los programas de INDAP que se encuentran en sus bases de datos. Según lo que consta en la Fase 1 del presente estudio (Ministerio de Energía, 2015) se pudo identificar a los beneficiarios de INDAP, pero hubo dificultades para discriminar el tipo de fuente de riego y la ubicación espacial de éstos.

Para solucionar este problema, en el presente estudio, se realizó una entrevista con apoyo cartográfico a informantes claves a una escala local, de acuerdo a lo descrito en el Anexo Digital 10.0. Esta metodología se basó en el uso de fuentes primarias, pero además requirió del uso de información secundaria para la preparación de los instrumentos de apoyo de la entrevista. Para la creación del material de apoyo cartográfico, en primer lugar, se espacializó sobre una cartografía base los puntos de captación de derechos de aguas superficiales (DGA, 2015) usados para riego

para entregar al entrevistado una idea del potencial uso de estos recursos hídricos por parte de pequeños agricultores. Por otra parte, se espacializaron los beneficiarios de INDAP con registros disponibles, de modo que los informantes clave pudiesen validar y completar dichos registros y distinguir entre éstos a aquellos que utilizan o no aguas superficiales en sus producciones. Como criterio para la selección de estos informantes, fue importante que ellos tuviesen conocimiento de la realidad de la pequeña agricultura a una escala local: en general estos correspondieron a profesionales de INDAP a cargo del Programa de Desarrollo Local (PRODESAL) y Programa de Desarrollo Territorial Indígena (PDTI). Con la información que estos actores entregaron luego de ser visitados, se identificaron a los agricultores de subsistencia usuarios aguas superficiales para riego ubicados en el área de estudio, unidades que posteriormente fueron utilizadas para atributar las respectivas SSC, obteniendo así la variable descriptora por SSC para este OdV.

Las entrevistas con apoyo cartográfico se llevaron a cabo en las capitales comunales de las comunas de Los Lagos, Panguipulli, Río Bueno, Futrono, Puyehue, Puerto Octay, Palena, Chaitén y Futaleufú. Estas comunas fueron seleccionadas debido a que se emplazaban en zonas de las cuencas caracterizadas por poseer una alto potencial hidroeléctrico (minutas en Anexo digital 10.2). Por lo tanto, es importante tomar en cuenta, al analizar el alcance de la información recabada, que las comunas con un bajo potencial hidroeléctrico asignado no fueron consideradas como fuentes de información primaria. Además, es importante señalar que debido a la contingencia social que caracteriza actualmente a la cuenca del río Puelo, no se planificó ninguna reunión de trabajo en dicho territorio, por lo que no se levantó información de carácter primario en esa cuenca.

En las comunas entrevistadas, la información obtenida difirió en relación a la calidad y cantidad de ésta entre ellas. Estas diferencias se explican por dos razones:

1. La imposibilidad de recoger la información desde los encargados de PRODESAL. Esta imposibilidad se generó, por una parte, por la ausencia de los encargados de algunos módulos PRODESAL al momento de visitar la comuna[45]; otra causa fue que los encargados comprometieron el envío de información de manera electrónica y esto no ocurrió durante los plazos del estudio[46], y por último debido a que los encargados de PRODESAL no manejaban la información suficiente para plasmar en la cartografía la existencia de agricultores demandantes de aguas superficiales.
2. La falta de bases de datos consistentes que relacionen a cada beneficiario PRODESAL con la fuente de recursos hídricos utilizada para riego.

[45] En muchos casos las reuniones de trabajo se realizaron con los encargados de Fomento Productivo, quienes no tuvieron el detalle de la información que manejan los encargados de cada módulo PRODESAL. Al respecto, es también importante señalar que cada comuna posee, al menos, tres a cuatro módulos PRODESALES, por lo que la factibilidad de reunirse con los encargados de cada uno de ellos fue baja.

[46] Luego de los contactos iniciales con estos encargados, se ha insistido en la solicitud hecha vía telefónica y vía correo electrónico sin tener resultados favorables a la fecha de término del estudio.

Pese a lo anterior, en las tres cuencas se identificaron zonas en las cuales, en su mayoría, los beneficiarios PRODESAL extraen agua para riego desde cuerpos superficiales. En relación a lo anterior, resulta de importancia mencionar que muchos de los beneficiarios que ocupan agua para riego no poseerían infraestructura de riego asociada ni derechos de aprovechamiento de aguas, sino que extraerían agua directamente desde vertientes, arroyos y otros cuerpos de agua para regar superficies agrícolas menores (ej. chacras, invernaderos, etc.).

Debido a la heterogeneidad respecto a la información recabada[47] no se pudo describir a cada beneficiario en relación a si utilizaba o no recursos hídricos superficiales para riego. Sin embargo, se decidió atributar cada SSC en función de la información que se recogió en cada reunión de trabajo (mapas en Anexo digital 10.3). Por ejemplo, en algunos casos (San Pablo, Entre Lagos, Panguipulli, Puerto Octay) los informantes claves ubicaron en la cartografía grupos de beneficiarios que podrían regar, en su mayoría, con aguas superficiales o subterráneas. Si la información se refería a que "en su mayoría riega con agua de pozo o no utiliza riego" entonces esa SSC se atributó como "riego superficial escaso o inexistente". En otras comunas la misma información fue entregada pero sin utilizar la cartografía[48] (ej. Río Bueno, Futaleufú, Palena) y en algunas no se pudo obtener la información, ya sea por no contar con datos actualizados (ej. Chaitén) o porque no se pudo concertar la reunión (Lago Ranco).

Por lo anteriormente expuesto, es importante señalar que este OdV no pudo ser levantado en su totalidad respecto al número de beneficiarios que utiliza recursos hídricos superficiales para riego y que la información utilizada para atributar cada sub-subcuenca no tiene, necesariamente, un respaldo con bases de datos oficial. Por lo tanto, la utilidad que se le puede dar a los resultados mostrados en la cartografía correspondiente (ver Anexo digital 10.3) es la de entregar una visión general y referencial y no debe ser utilizada como una herramienta objetiva para tomar decisiones respecto al uso del territorio.

Explicadas las razones por las cuales la variable descriptora "N° de beneficiarios de INDAP por km^2 que realizan actividades de subsistencia y riegan con aguas superficiales" no pudo ser levantada en la totalidad de las comunas visitadas, se tomó la decisión de construir el OdV a partir del "N° de

[47] Para algunos módulos se obtuvo una base de datos con beneficiarios PRODESAL actualizada e información asociada referente al tipo de riego utilizado en sus predios (ej. Panguipulli).Sin embargo, en la mayoría de los casos esta información no estuvo disponible al momento de la entrevista o no contenía el tipo de riego asociado a cada beneficiario.

[48] Por ejemplo el entrevistado de Río Bueno (ver minuta en Anexo 10.2) decidió no usar cartografía, ya que prefiere hablar de la comuna como un todo y no sectorizado. En Futaleufú y Palena ambos entrevistados se comprometieron a enviar las bases de datos actualizadas de los beneficiarios con información de riego asociada. Al respecto, únicamente el entrevistado de Palena envió dicha lista pero sólo de los beneficiarios, sin indicar si estos extraían agua de riego desde fuentes superficiales.

beneficiarios de INDAP por km^2 que realizan actividades de subsistencia"[49] (beneficiarios del Programa de Desarrollo Local (PRODESAL), Programa de Desarrollo Territorial Indígena (PDTI), Programa de Riego y Drenaje Intrapredial (PRI) y Servicio de Asesoría técnica (SAT)). Para efectos de su representación espacial se estableció el nivel de relevancia de esta variable categorizándola en tres clases (Alta, Media o Baja) mediante la metodología de *Natural Breaks* descrita por Jenks (1967). Este método se basa en la distribución de los datos y se caracteriza por agrupar los valores similares maximizando las diferencias entre las clases. Por lo tanto los límites o umbrales para separar las clases son aquellos en donde hay diferencias considerables entre los valores de los datos. Es importante señalar que este método permite comparar entre cuencas las categorías (del OdV) relativas a cada una de éstas, sin embargo no es adecuado para comparar sus valores absolutos ya que los umbrales para las clases serán distintos.

Resultados

En función de la distribución de los datos y aplicando la metodología *Natural Breaks* se categorizó la variable descriptora de acuerdo a la Tabla 5.95.

Tabla 5.95. Clases que categorizan al OdV S.2. mediante el método *Natural Breaks* (Jenks 1967)

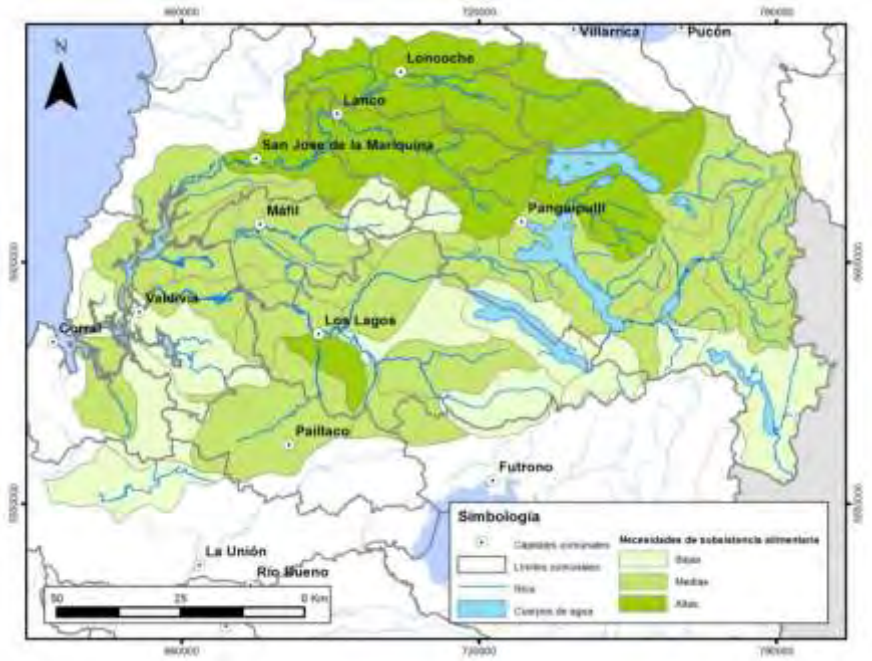
Clase	Cuencas			
	Valdivia	Bueno	Puelo	Yelcho
	Nº de beneficiarios por km^2			
Baja	0,000 - 0,246	0,000 - 0,472	0,000 - 0,0709	0,008 - 0,016
Media	0,246 - 0,727	0,472 - 1,019	0,0709 - 0,2037	0,016 - 0,106
Alta	0,727 - 1,470	1,019 - 2,808	0,2037 - 0,4034	0,106 - 0,258

Fuente: elaboración propia

En la Figura 5.83, Figura 5.84, Figura 5.85 y Figura 5.86 se muestra la densidad de beneficiarios por km^{2}categorizados como Alta, Media y Baja mediante el método estadístico *Natural Breaks* (Jenks, 1967). Dichas figuras muestran que no existen un patrón de distribución general entre las cuencas. En la cuenca del río Valdivia la mayoría de las SSC tienen una densidad media/alta de beneficiarios INDAP concentrándose las mayores densidades en la zona norte de la cuenca. Por otra parte, en las cuencas de los ríos Bueno y Puelo las mayores densidades de beneficiarios se localizan en los sectores medios/bajos. En contraposición al patrón de distribución de las cuencas anteriores, en la cuenca del río Yelcho la expresión de este OdV es mayor en su sección alta.

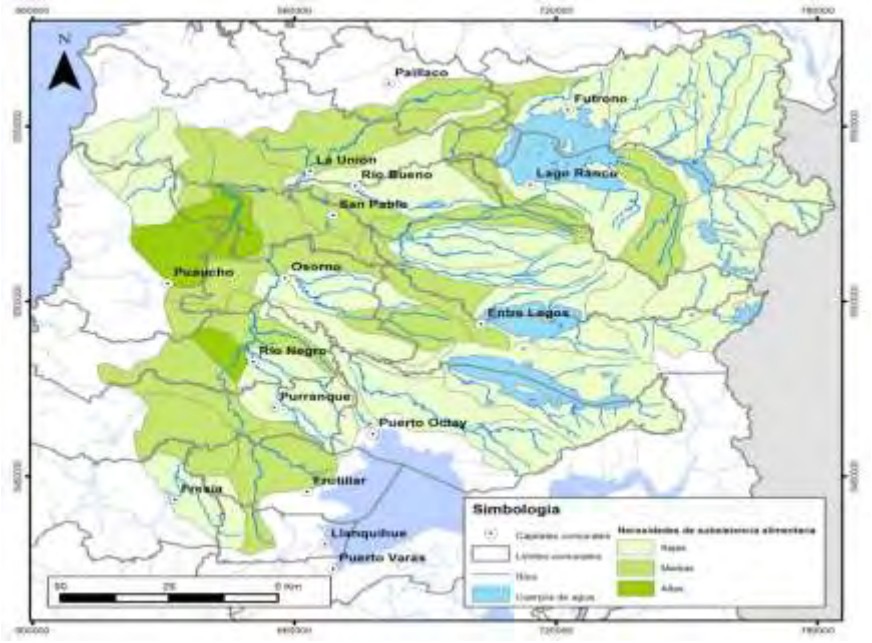
Figura 5.83. S.2. Necesidades sociales de subsistencia alimentaria en la cuenca del río Valdivia. La variable n° de beneficiarios/km^2 está categorizada como Alta, Media y Baja

[49]La utilización del "N° de beneficiarios de INDAP por km^2 que realizan actividades de subsistencia" sin hacer referencia al uso de agua para riego como variable descriptora del OdV corresponde a un acuerdo tomado con el equipo PUC-TECO.



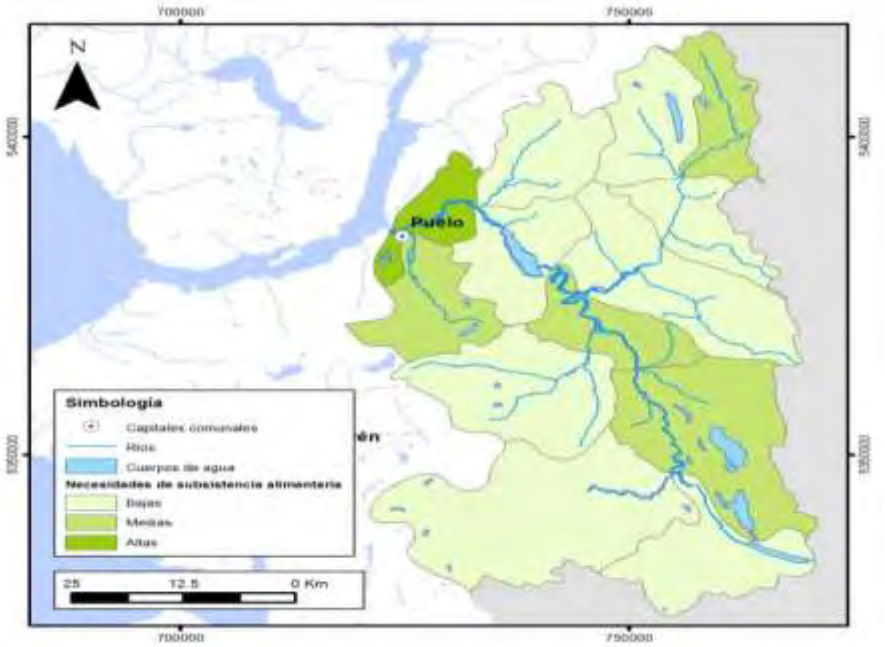
Fuente: elaboración propia

Figura 5.84. S.2. Necesidades sociales de subsistencia alimentaria en la cuenca del río Bueno. La variable n° de beneficiarios/km^2 está categorizada como Alta, Media y Baja



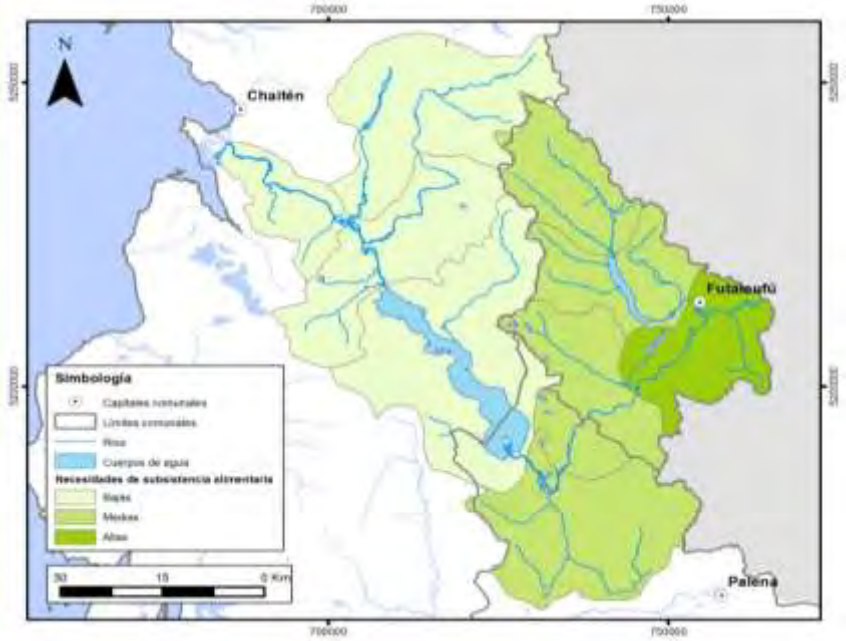
Fuente: elaboración propia

Figura 5.85. S.2. Necesidades sociales de subsistencia alimentaria en la cuenca del río Puelo. La variable n° de beneficiarios/km^2 está categorizada como Alta, Media y Baja



Fuente: elaboración propia

Figura 5.86. S.2. Necesidades sociales de subsistencia alimentaria en la cuenca del río Yelcho. La variable n° de beneficiarios/km^2 está categorizada como Alta, Media y Baja



Fuente: elaboración propia

Análisis y recomendaciones

Para evitar una malinterpretación de la información mostrada es importante tener en cuenta los siguientes puntos:

- Las clases Baja, Media y Alta solo indican la relevancia del OdV, en términos de densidad de beneficiarios por SSC expresado en n°/km^2. La categoría Baja no indica, necesariamente, ausencia del OdV, sino que sólo expresa una menor presencia relativa de éste en relación a su presencia en otras SSC categorizadas como relevancia Media y Alta.

- La normalización por tamaño de SSC (expresado en km^2) de la variable original permite inferir la probabilidad de afectar beneficiarios INDAP dentro de la SSC. Sin embargo, no permite estimar la probabilidad de afectación de una comunidad particular dentro de una SSC.

- Debido a que los resultados antes mostrados no hacen mención alguna a la fuente de recursos hídricos que cada beneficiario utiliza para satisfacer sus necesidades de riego, éstos deberán ser entendidos como un resultado intermedio susceptible de ser perfeccionado conforme se obtenga información que permita discriminar las fuentes de agua por cada beneficiario INDAP.

  Por otra parte, y bajo el escenario de que dicha información permita construir este OdV en su totalidad, no será menos importante el reconocer los procesos que condicionan la oferta de los recursos hídricos a utilizar por los beneficiarios INDAP. Esto último con el objeto de inferir la probabilidad de afectación que un potencial desarrollo hidroeléctrico puede tener sobre la fuente de agua utilizada por dichos beneficiarios.

- Por lo anterior, se considera que el OdV no se encuentra completo, pero se entregan sugerencias para su levantamiento, cuando existan los medios necesarios para ello. Como método de estimación del OdV se recomienda la realización de un censo a pequeños agricultores identificando las características de su producción: su magnitud para discriminar si sus actividades son de subsistencia, y su fuente de agua para riego para determinar si utilizan aguas superficiales como insumo para sus actividades. Al respecto, es importante señalar que el método ideal no fue viable ni pertinente considerando el tiempo, recursos y objetivos del presente estudio.Dentro de las razones principales está la dificultad de acceso o la no existencia de bases de datos, en donde se describan tanto la ubicación geográfica de los beneficiarios INDAP como la fuente de agua de riego utilizada por ellos.

5.2.4 **OdV Culturales**

Esta categoría reúne todos los OdV que tienen relación con sitios, recursos, hábitats y paisajes significativos por razones culturales, históricas o arqueológicas a escala global o nacional, o de importancia cultural, ecológica, económica, o religiosa o sagrada crítica para la cultura tradicional de las comunidades locales o pueblos indígenas (Ministerio de Energía, 2015).

En esta categoría se definen ocho OdV, cinco relacionados con los valores de los pueblos originarios y tres relacionados con los valores de las comunidades no indígenas:

C.1.1 Sitios de significación cultural y de manifestaciones o actividades culturales indígenas .

C.1.2 Relevancia de tierra indígena.

C.1.3 Relevancia de Áreas de Desarrollo Indígena.

C.1.4 Relevancia de demandas de tierra indígena.

C.1.5 Presencia de comunidades indígenas.

C.2.1. Sitios de significación cultural y de manifestaciones o actividades culturales.

C.2.2 Sitios arqueológicos.

C.2.3 Sitios de alto valor paisajístico.

5.2.4.1 ***ODV C.1.1. Sitios de significación cultural y de manifestaciones o actividades culturales indígenas***

Introducción

Parte fundamental de este estudio consiste en identificar sitios de significación cultural de carácter indígena que podrían verse afectados en cuanto a su naturaleza, y por lo tanto en su valor, ante algún tipo de desarrollo hidroeléctrico. La importancia de estos sitios radica en el hecho de que forman parte del patrimonio cultural e histórico de las comunidades indígenas que habitan el territorio y, por lo tanto, son pilares esenciales para el mantenimiento de su cultura.

Además de los sitios de significación cultural, es relevante identificar los sitios de realización de actividades o manifestaciones culturales de carácter indígena, en tanto estos pudieran verse alterados por el desarrollo hidroeléctrico como soportes de estas prácticas, que son esenciales en

la generación del vínculo con el territorio que, a su vez, es fundamental en la configuración y mantenimiento de una identidad cultural particular.

Tabla resumen

En la Taba 5.96, se puede observar un resumen de las características más relevantes de este OdV.

Tabla 5.96. ODV C.1.1. Sitios de significación cultural y de manifestaciones o actividades culturales indígenas

Número y nombre del OdV C.1.1. Sitios de significación cultural y de manifestaciones o actividades culturales indígenas		
Definición Existencia de espacios sagrados o de significación cultural donde se desarrollan y recrean ámbitos de la cultura, los cuales tienen un valor histórico y/o sagrado, ya que están ligados a aspectos de carácter social, espiritual, económico y político; lo conforman elementos que forman parte de la cosmovisión, constituyendo parte del patrimonio arquitectónico, cultural e histórico de los pueblos indígenas, por lo que su mantenimiento y resguardo tiene directa relación con la sobrevivencia de la cultura; y de sitios donde se realizan manifestaciones o actividades culturales propias o identitarias de una comunidad indígena, y que responden a sus intereses, tienen un carácter tradicional y generan en ésta sentimientos de arraigo.		
Variable descriptora N° de sitios de significación o actividades culturales de carácter indígena	**Tipo y fuente de información**	
	Información secundaria:	Sitios de significación o actividades culturales según registros disponibles
	Fuente secundaria:	CMN - GORE Los Ríos – SERNATUR
	Información primaria	Resultados mesas de trabajo con apoyo cartográfico: sitios de significación o actividades culturales de carácter indígena espacializados a la escala correspondiente.
	Fuente primaria:	Conocedores de la dinámica sociocultural indígena local a nivel municipal.

Fuente: elaboración propia

Metodología

Para el levantamiento de este OdV se utilizaron dos aproximaciones metodológicas complementarias: en primer lugar, se hizo un levantamiento preliminar de sitios de significación cultural y de manifestaciones o actividades culturales de carácter indígena a partir de fuentes secundarias; y en segundo lugar se llevaron a cabo reuniones de trabajo con apoyo cartográfico con informantes clave para la validación y actualización del levantamiento descrito anteriormente. (Ver Anexos 10.0 y Anexo 10.1, digitales, para consideraciones metodológicas y lista de asistencia respectivamente).

Para la recopilación de información secundaria se consultaron registros oficiales de organismos de gobierno y estudios académicos (ver Anexo digital 10.3) sobre sitios de significación cultural y de

manifestaciones o actividades culturales, de modo que estos pudiesen ser identificados y ubicados en el área de estudio. Esta primera aproximación tuvo como resultado un catastro preliminar de potenciales sitios de significación y de manifestaciones o actividades culturales, y a partir de este material se crearon los instrumentos de apoyo cartográfico para el desarrollo de la recopilación de información a partir de fuentes primarias.

El levantamiento con fuentes primarias se realizó en reuniones de trabajo con apoyo cartográfico de acuerdo a la guía del Anexo digital 10.0. Esta actividad tenía como objetivo validar el levantamiento preliminar realizado a partir de fuentes secundarias y complementarlo con información adicional de sitios de significación y de manifestaciones o actividades culturales proporcionada por los informantes clave que participaron de las reuniones. Cabe destacar que en esta actividad el levantamiento, tanto de los sitios de manifestaciones y actividades culturales como de los sitios de significación cultural, se realizó con los mismos informantes clave.

Luego de contar con el catastro final de sitios significación cultural y de manifestaciones o actividades culturales indígenas identificados y ubicados en el área de estudio, estos se utilizaron para atribuir las SSC, obteniéndose así la variable que describe este OdV.

Resultados

Para efectos de este informe, no se presenta cartografía que describa la presencia de este OdV en cada SSC del área de estudio (en Anexo digital 10.0 se muestra la cartografía (*layout*) utilizada para levantar la información). Esto responde principalmente a que los informantes clave pertenecientes a las comunidades mapuches, con los que el equipo de trabajo se reunió, no estuvieron dispuestos a entregar información alguna.

Algunas consideraciones de importancia respecto al levantamiento de estos OdV son:

- En la cuenca del río Yelcho no existen reportados sitios de significación cultural y de manifestaciones culturales de índole indígena. La no existencia de sitios de significación cultural reportados se explicaría, principalmente, porque no existen registros oficiales de presencia de comunidades indígenas en el territorio (ver OdV C.1.2; C.1.4; C.1.5)[50].

- Por razones relacionadas con la contingencia social de la cuenca del río Puelo, se decidió no llevar a cabo visitas a terreno a dicho territorio. Por lo tanto, no se realizó

[50] Es importante señalar que la no existencia de comunidades indígenas, tanto para la cuenca del río Puelo como para la cuenca del río Yelcho, es solo una inferencia basada en la información contenida en bases de datos pública (ej. CONADI). Al respecto, es importante mencionar que las secciones altas de dichas cuencas, pudieron formar parte de territorios que fueron habitados por Tehuelches (Aonikenk y Poyas) los cuales corresponden a un grupo de etnias amerindias que, en Chile, se consideran extintas (Museo de Arte Precolombino, 2016; http://www.precolombino.cl/culturas-americanas/pueblos-originarios-de-chile/tehuelche/). Al considerarse esta etnia extinta, el descubrimiento de sitios de significación cultural asociados a Tehuelches deberán incluirse en la descripción del OdV "Sitios Arqueológicos".

levantamiento alguno de información primaria dentro de esta cuenca. Por otra parte, no se identificó ningún sitio de significación cultural y de manifestaciones culturales de índole indígena al revisar información secundaria. Al igual que para la cuenca del río Yelcho, la nula presencia de comunidades indígenas en registros oficiales (ver OdV 6.1.2; 6.1.4; 6.1.5) supone una situación en la cual la probabilidad de identificar un sitio de significación cultural o de manifestaciones culturales sea extremadamente baja.

- La reticencia a entregar información respecto a este OdV, en general, por los dirigentes mapuches en las comunas de Panguipulli, Futrono, Puyehue, Lago Ranco y San Pablo, responde principalmente al rechazo que estas comunidades tienen a la construcción de proyectos hidroeléctricos (una de las frases que algunos dirigentes utilizaron para decir que los proyectos hidroeléctricos no son bienvenidos por las comunidades fue "El agua es nuestra riqueza") y una desconfianza absoluta en las instituciones del Estado. Respecto a la falta de confianza en el Estado, un dirigente recalca que los procesos participativos se hacen a "oscuras" o a "espaldas de la sociedad", recalcando que el Estado se "juntó primero con los privados y ahora recién trabaja con la comunidad". Se desprende un sentimiento de que todo está decidido de antemano y que las consultas o procesos participativos fomentados por el Estado, ya sea por ley o no, no tienen mucho valor o impacto sobre los procesos de toma de decisiones.

  Dentro de la desconfianza también está el sentimiento de que el Estado aún no comprende el significado que el territorio habitado históricamente por las comunidades tiene para ellas. En este sentido, otro dirigente indica que "en todo el río Bueno, desde su origen a la desembocadura, existió presencia indígena y nadie nos garantiza que van a entender la concepción que tienen las comunidades con respecto al territorio, y la forma en que se relacionan éstas con el medio ambiente".

  Otra razón que explica la renuencia por parte de las comunidades a entregar información, es la percepción que tienen sobre el real impacto que los resultados del presente estudio tendrán sobre su territorio. Al respecto, en una de las reuniones de trabajo se pone en discusión que este tipo de estudios se debió haber hecho en el pasado por que "ahora ya está todo construido". Además, se indica que la actual construcción de una central dentro del Parque Nacional Puyehue[51], los hace pensar que "si un parque no pudo detener un proyecto hidroeléctrico nosotros menos podremos hacerlo".

  Finalmente, también se recalca el potencial uso que se le pueda dar a la información generada. Al respecto, un dirigente sugiere que el presente estudio puede ser utilizado a

[51] Central Palmar-Correntoso cuya RCA (n°380) se encuentra aprobada desde 3 de julio de 2008.

"favor o en contra" por lo que las comunidades podrían tener desconfianza en éste. Este mismo dirigente recalca que "no hay dudas en creer en el estudio, sino que la lectura que le da el Ministerio al estudio, en eso hay dudas"

Análisis y recomendaciones

Debido a la imposibilidad de completar este OdV se discutió con el equipo PUC-TECO la posibilidad de trabajar en una metodología común la cual involucraría la modelación como herramienta principal. En general, esta aproximación metodológica tenía el objetivo de predecir, en función de ciertas variables físicas (ej. unión de tributarios, longitud de tramo de ríos, etc.) y/o demográficas (ej. presencia de comunidades, presencia asentamientos humanos, etc.), la probabilidad de existencia de sitios de significación cultural y de actividades culturales de carácter indígena en las cuencas de estudio. Sin embargo, debido a que no reconoce la *identidad* propia del territorio a simular, esta metodología supondría la obtención de un alto número de falsos positivos (simulación de un sitio en un lugar determinado, cuando en la realidad no existe) y falsos negativos (la no simulación de un sitio en un lugar determinado, cuando en la realidad existe) lo que llevó a tomar finalmente, por parte del equipo de la Universidad de Chile, la decisión de no llevar a cabo dicho ejercicio metodológico.

La estrategia para describir este OdV debe considerar tanto el reconocimiento de la existencia de territorios (*Mapu*[52]) como de las identidades asociadas a éstos (*Füta Mapu* o *Füta El Mapu*[53]). Al respecto, se reconocen varias identidades territoriales las cuales están arraigadas, principalmente, en las características de la geografía local (COTAM, 2003; Skewes *et al*., 2012). Así, se reconocen, por ejemplo, el *Lafken Mapu* ("tierra marina") habitado por Mapuche-Lafkenches, el *Pewen Mapu* ("tierra de los pewen o araucaria") habitado por los Mapuche-Pewenches, el *Lelfun Mapu* habitado por los Mapuches y el *Füta Willi Mapu* ("gran tierra del sur") habitado, por Mapuche-Huilliches. Esta última identidad territorial es la que se reconoce mayoritariamente en el área de estudio que comprende las cuencas de los río Valdivia y Bueno (COTAM, 2003; Alcamán, 1993).

Reconocido lo anterior, la identificación de sitios de significación y de actividades culturales debe tomar en cuenta que, pese haber elementos en común entre los diversos grupos mapuches en relación a su cosmovisión, en cada identidad territorial hay elementos particulares que describen la relación existente entre las comunidades y el entorno. Por ejemplo, y a nivel de identidad

[52] De acuerdo a COTAM (2003) "*Mapu*, se define como tierras y se utiliza para definir los diferentes espacios en el Mundo Mapuche. A partir de este concepto se construyen otras categorías territoriales como *Lof Mapu*, *Bafkeh Mapu* o *Fütal Mapu*. Al mismo tiempo, el *Mapu* no solo refiere a lo tangible, a lo material, sino que tiene una dimensión espacial que permite situar todas las dimensiones de la vida en el universo".

[53] De acuerdo a COTAM (2003) "*Füta Mapu* o *Füta El Mapu*, corresponde a las identidades territoriales, integradas por los conglomerados menores como son los *ayjarewe*, los que a su vez están constituidos por *rewe* y estos últimos por *Lof.* A partir del *Füta El Mapu,* se hace referencia a la idea de territorialidad que posee el Pueblo Mapuche"

territorial, los Mapuche-Pewenches, quienes habitan el *Pewen Mapu* ("tierra de los pewen o araucaria"; identidad territorial localizada fuera de la zona de estudio), tienen una relación espiritual con los volcanes, araucarias y otros elementos vinculados con la cordillera, los cuales no necesariamente son valorados del mismo modo, por ejemplo, por las comunidades Mapuche-Huilliches que habitan el territorio mapuche (*Wall Mapu*[54]) en los sectores medios bajos de las cuencas de estudio. Es importante mencionar, también, que la existencia de una única identidad territorial no garantiza la existencia de elementos comunes de significación cultural a todos los *Lof*[55] que conforman dicha identidad[56].

Por otra parte, dentro de los elementos transversales o comunes a estas identidades territoriales, que deben ser tomados en cuenta en el contexto de un potencial desarrollo hidroeléctrico en la zona de estudio (ej. cuenca de los ríos Valdivia y Bueno), está la relación que los diferentes grupos mapuches tienen con el agua. Al respecto, son los cursos y cuerpos de agua los rasgos prominentes y de carácter estratégico de la geografía local que han determinado, desde el periodo prehispánico, la organización del territorio y la cultura a nivel de la cosmovisión, de la vida ritual y de las prácticas técnicas e instrumentales (Bengoa, 2003; Skewes *et al*., 2012).

En particular, esta relación, que difiere sustancialmente con la existente entre el recurso hídrico y la población chilena no mapuche, se funda sobre la base de un respeto recíproco entre las comunidades y el agua, entendiéndose que el comportamiento de las aguas retruca el comportamiento humano (Skewes *et al*., 2012). Así, para el mundo indígena, esta relación adquiere un sentido religioso el cual se expresa en los rituales y actividades sagradas (ej. *Wetripantu*), que propician la existencia de las aguas en sus respectivas comunidades y territorios habitados[57]. A partir de la relación espiritual que las comunidades tienen con el agua, es posible

[54] Wall Mapu (territorio mapuche) es un concepto que intrínsecamente integra el agua, los bosques, animales, y subsuelo. Desde esta perspectiva el mapuche se concibe a sí mismo como parte de un todo, no existiendo en la cosmovisión Mapuche el concepto de división del suelo, y el subsuelo, las plantas, los animales y sus productos (Sánchez Curihuentro, 2001)

[55] Para el Consejo de Todas las Tierras, el *Lof*, desde el punto de vista social, es la unidad fundamental básica conformado por un conjunto de familias que están asentadas en un espacio de tierras muy bien definido, a partir del cual se funda su identidad individual y colectiva. Esta unidad social reconoce la autoridad de un *logko*(Comisión Verdad Histórica y Nuevo Trato con los Pueblos Indígenas, 2003).

[56] Opinión vertida del taller de expertos en la cual asistieron representantes del mundo mapuche (Sr. Mauricio Huenchulaf (Dirigente Mapuche) y Sr. Víctor Caniullán (Machi Mapuche).

[57] Desde la visión mapuche el agua tiene carácter sagrado y es considerada una corriente que lleva energía. El agua "no es solo un elemento vital para el consumo humano, de los animales, el riego de las plantas, además como productora y dadora de recursos y/o la generadora de otros servicios productivos y energéticos" sino que el agua "es vida en sí, tiene esencia o espíritu, el *Ngenko,* por tanto es un *Newen* o energía" (Rumián Lemuy, Comunidad Williche Kiyemtuain. "Desde la cosmovisión mapuche: el agua de la Mapu está en grave peligro". http://www.futawillimapu.org/pub/NgenKo.pdf).

distinguir los siguientes sitios de significación y de actividades culturales (Ceballos *et al*., 2012), los cuales deberán ser abordados en estudios futuros donde se describa este OdV:

a. ***Menoko*** (ojo de agua, vertiente o sitio pantanoso con abundante vegetación), desde la perspectiva ecológica el *menoko* presenta un alto grado de humedad con una abundante cantidad de vegetación herbácea. Este corresponde a un lugar sagrado ya que en él se desarrollan y crecen las plantas medicinales. El *menoko* también puede ser el lugar en donde el machi experimenta el llamado divino a ejercer su rol sanador.

b. ***Trayenko*** (Agua que corre, cascada o chorrillo), es un espacio donde el agua emerge de la tierra o un espacio en donde confluyen esteros: "donde nace el agua y nunca se seca". Estos sitios son de gran significancia cultural debido a que en ellos se realizan rogativas relacionadas con las sequías o las inundaciones.

c. ***Chayako*** (lugar de rocas donde nace una vertiente), este espacio se caracteriza porque en ella surgen las vertientes y donde el agua se caracteriza por ser pura, la valoración de este tipo de espacio dice relación son su utilización desde la perspectiva sociocultural, pues ella es un lugar de encuentro para las mujeres (ej. lavan ropa o lana, hacen fuego para cocinar, planifican actividades para la comunidad).

d. ***Mallin*** (terreno que se caracteriza por ser bajo y fértil, también se le conoce como vega), es un terreno anegable por las lluvias invernales y que durante el periodo estival se seca, se le suele encontrar a las orillas de los cerros. Su importancia dentro de la cosmovisión mapuche es de carácter espiritual debido a que éste se encuentra poblado de seres que cuidan o mantienen el agua.

e. ***Lewfu*** (río) desde la perspectiva cultural, el río es habitado por diversos seres espirituales, los que pueden incluso llegar a causar la muerte (por inmersión) cuando la persona no respeta las normas culturales de ingreso al río.

f. ***Fotrako*** (pantano) al ser un terreno hundido de fondo más o menos cenagoso y abundante vegetación y en donde naturalmente las aguas se estancan, siempre es posible encontrar aguas superficiales, de igual forma presenta un protector espiritual el que puede adoptar diversas formas.

g. ***Wiñoco*** (río que cambia de curso). Corresponde a un lugar donde un estero o río desvía su curso y donde es posible encontrar plantas medicinales de gran importancia para la medicina mapuche. Existen en él fuerzas espirituales.

Finalmente, y tomando en cuenta que en la cosmovisión mapuche el concepto de división del suelo, el subsuelo, las aguas, animales y plantas no existe (*Wall Mapu* (territorio mapuche) es un concepto que intrínsecamente integra todos los elementos de la naturaleza), no será suficiente la sola identificación de sitios de significación y actividades culturales relacionados con los cursos y cuerpos de agua. El reconocimiento de la existencia de diferentes identidades territoriales implica identificar todos los elementos de relevancia cultural tanto material como espiritual. Por lo tanto, para efectos de describir adecuadamente este OdV deberá ser mandatorio el reconocimiento de *todos* los sitios o elementos asociados al *Futa Willi Mapu* (identidad característica de la zona de estudio), estén estos o no relacionados con el agua.

El OdV no pudo ser levantado ni con información secundaria ni a través de reuniones de trabajo con dirigentes indígenas.

La identificación del paisaje físico no es suficiente para inferir la existencia tanto de sitios de significación cultural como de manifestaciones o actividades culturales por lo que la utilización de herramientas de modelación que utilizan variables físicas de entrada puede arrojar como resultado un alto número de falsos positivos y negativos.

La estrategia para describir este OdV debería considerar:

1. El reconocimiento de la existencia de territorio mapuche (*Wall Mapu*) y sus identidades asociadas (*Füta Willi Mapu* en el caso de la zona que incluye las cuencas de los ríos Valdivia y Bueno).

2. La identificación de los elementos de importancia cultural (ej. sitios de significación y actividades culturales) asociados a la identidad territorial *Füta Willi Mapu.* La identificación de estos elementos puede hacerse mediante la realización de cartografías participativas locales con organizaciones indígenas que representen a todas las comunidades presentes en el territorio y generar, a partir de esto, un catastro de sitios de significación cultural y de manifestaciones o actividades culturales.

5.2.4.2 *ODV C.1.2. Relevancia de tierra indígena*

Introducción

De acuerdo al estudio base “la Ley Indígena del Estado reconoce las comunidades indígenas de Chile como descendientes legítimos de los pueblos originarios del territorio y, por lo tanto, como transmisores de tradiciones y manifestaciones culturales propias”. Éstas se desarrollan en un

territorio particular con características que son susceptibles de verse afectadas ante un potencial desarrollo hidroeléctrico, de modo que en el contexto del presente estudio se vuelve necesario considerar las tierras indígenas como un objeto de valoración que da cuenta de este territorio.

Las tierras indígenas hacen referencia a la "ocupación histórica del territorio por parte de los pueblos originarios según lo dispuesto por la Ley Indígena: presencia de títulos históricos donde el Estado asigna tierras a personas indígenas; presencia de predios adquiridos o en proceso de adquisición a través de subsidios o por vía judicial; y presencia de predios transferidos a comunidades indígenas por parte del Ministerio de Bienes Nacionales".

Tabla resumen

En la Tabla 5.97 se puede observar un resumen de las características más relevantes del OdV

Tabla 5.97. ODV C.1.2: Relevancia de tierra indígena

<table>
<tr><td colspan="3">Número y nombre del OdV
C.1.2 Relevancia de tierra de indígena</td></tr>
<tr><td colspan="3">Definición
Existencia de tierras que cumplan con algunas de las características establecidas en el artículo 12 y 20 de la Ley Indígena.</td></tr>
<tr><td rowspan="5">Variable descriptora
Superficie de tierras indígenas (km^2) en Registro Público de Tierras Indígenas en relación a superficie sub-subcuenca (km^2) expresado en %.</td><td colspan="2">Tipo y fuente de información</td></tr>
<tr><td>Información secundaria:</td><td>Registro Público de Tierras Indígenas</td></tr>
<tr><td>Fuente secundaria:</td><td>CONADI</td></tr>
<tr><td>Información primaria</td><td>No requiere</td></tr>
<tr><td>Fuente primaria:</td><td>No aplica</td></tr>
</table>

Fuente: elaboración propia

Metodología

La Ley Indígena establece que la Corporación Nacional de Desarrollo Indígena (CONADI) debe contar con un registro público de tierras indígenas con el objetivo de proteger y acreditar la calidad indígena de estas tierras. No obstante, este registro presenta un carácter dinámico dada la posible adquisición de nuevas tierras a través los distintos medios que establece la ley, o bien ante la posible permutación de tierras. A pesar de estas limitaciones, el producto de mejor calidad que da cuenta de estas tierras sigue siendo el registro público de CONADI, especialmente considerando que recabar información adicional o profundizar en la información disponible no es viable ni pertinente para el presente estudio de acuerdo a lo discutido en las reuniones de coordinación con el Ministerio de Energía.

Considerando lo anterior, para el levantamiento del OdV se solicitó a CONADI el registro oficial espacial actualizado de las tierras indígenas al momento de la realización de este levantamiento.

En particular, se obtuvo el registro de tierras indígenas descargable desde internet[58] y dos coberturas cartográficas de compras de CONADI, las cuales incorporaban información ausente en el registro. La información cartográfica cubre las regiones del área de estudio, es decir, Región de la Araucanía, Región de Los Ríos y Región de Los Lagos.

La información recopilada se relacionó con la superficie de cada sub-subcuenca (SSC), obteniendo así la variable descriptora para el OdV por SSC. La estandarización por tamaño de SSC, expresada ésta en unidades de área (km^2), tuvo como objetivo el que todas las SSC de una cuenca fueran comparables.

Para representar espacialmente el OdV se estableció su nivel de relevancia categorizando la variable descriptora en tres clases (Alta, Media o Baja) mediante la metodología de *Natural Breaks* descrita por Jenks (1967). Este método se basa en la distribución de los datos y se caracteriza por agrupar los valores similares maximizando las diferencias entre las clases. Por lo tanto los límites o umbrales para separar las clases son aquellos en donde hay diferencias considerables entre los valores de los datos. Es importante señalar que este método permite comparar entre cuencas las categorías (del OdV) relativas a cada una de estas, pero no sería adecuado para comparar sus valores absolutos ya que los umbrales para las clases serán distintos.

En relación a la naturaleza de los datos brutos, éstos están descritos en unidades de superficie (hectáreas) e indican que dentro de las cuatro cuencas que conforman el área de estudio, sólo la cuenca del río Valdivia y la cuenca del río Bueno presentan la existencia de registros de tierras indígenas. Al respecto, en la cuenca del río Valdivia existen 93.830 hectáreas catalogadas como Tierra Indígena distribuidas en 24 SSC. En la cuenca del río Bueno las Tierras Indígenas ascienden a 25.189 hectáreas las cuales se encuentran distribuidas en 32 SSC. Como fue señalado anteriormente estos datos fueron estandarizados por tamaño de SSC (en unidades de área km^2) quedando la variable descriptora expresada como la proporción de superficie de tierra indígena (km^2) en relación a la superficie de SSC (km^2) en unidades de % .

Resultados

Los mapas mostrados en la Figura 5.86 y Figura 5.87, reflejan la relevancia de las tierras indígenas en las cuencas del río Valdivia y Bueno respectivamente categorizada como Alta, Media y Baja mediante el método estadístico *Natural Breaks* (Tabla 5.98; Jenks, 1967).

[58] Disponible en http://www.conadi-siti.cl/

Tabla 5.98. Clases que categorizan al OdV C1.3 mediante el método *Natural Breaks* (Jenks 1967)

Clase	Cuencas			
	Valdivia	**Bueno**	**Puelo**	**Yelcho**
	Superficie de tierras indígenas (km^2) en relación a superficie SSC (km2) expresado en %			
Baja	0,0000 - 0,0578	0,0000 - 0,0262	---	---
Media	0,0578 - 0,2124	0,0262 - 0,0659	---	---
Alta	0,2124 - 0,3831	0,0659 - 0,2902	---	---

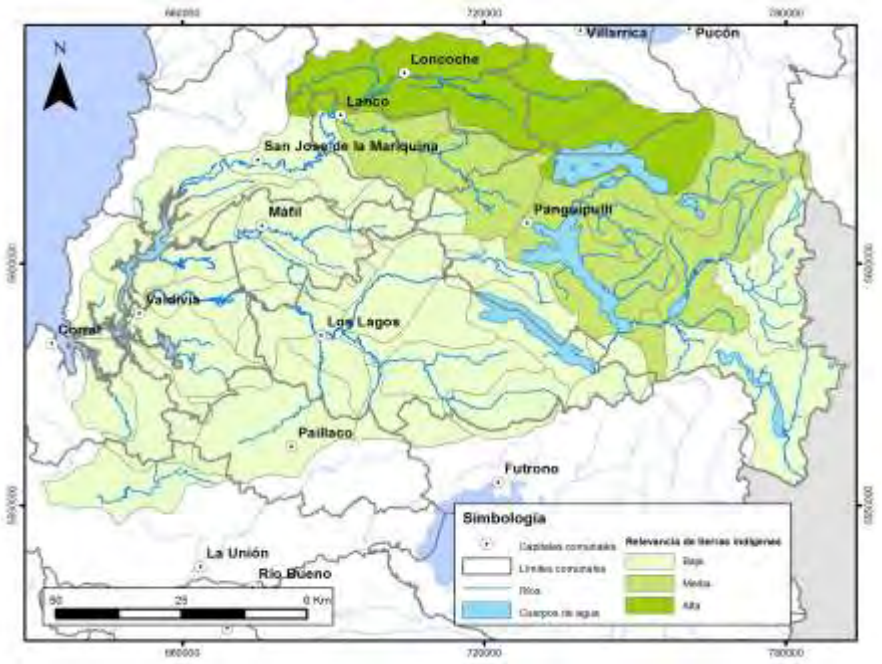
Fuente: elaboración propia

Cabe destacar que de acuerdo a lo observado en las respectivas figuras, la importancia de las tierras indígenas tiende a ser mayor en torno a tres focos principales dentro del área de estudio: en el sector nororiente de la cuenca del Valdivia, en todo el entorno del lago Ranco, en la cuenca del río Bueno, y en el sector de la cordillera de la costa en general, especialmente en la cuenca del río Bueno.

Es relevante mencionar que las cuencas del río Puelo y río Yelcho no presentan atributación porque no existe presencia del OdV en el territorio según las bases de datos disponibles. Las únicas comunidades indígenas existentes en la zona se localizan en el sector costero, alejadas del territorio correspondiente a las cuencas en estudio.

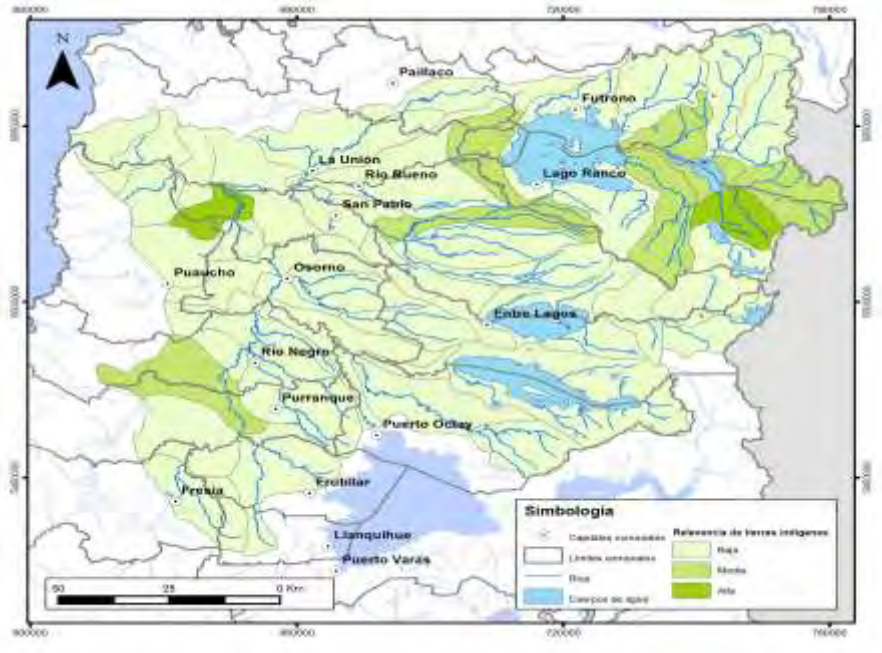
En el proyecto SIG adjunto en digital al presente informe se expone, en la tabla de atributos, el listado de sub-subcuencas y sus respectivos valores para la variable descriptora.

Figura 5.87. C.1.2. Relevancia de tierra indígena la cuenca del río Valdivia. La variable superficie tierra indígena/superficie sub subcuenca (%) está categorizada como Alta, Media y Baja



Fuente: elaboración propia

Figura 5.88. C.1.2. Relevancia de tierra indígena la cuenca del río Bueno. La variable superficie tierra indígena/superficie sub subcuenca (%) está categorizada como Alta, Media y Baja



Fuente: elaboración propia

Análisis y recomendaciones

Para efectos de evitar una malinterpretación de la información mostrada es importante tener en cuenta los siguientes puntos:

- Las clases Baja, Media y Alta solo indican la relevancia del OdV, en términos de proporción de tierra indígena por SSC expresado en %. La categoría Baja no indica, necesariamente ausencia del OdV, sino que sólo expresa una menor presencia relativa de éste en relación a su presencia en otras SSC categorizadas como relevancia Media y Alta.

- La normalización por tamaño de SSC (expresado en km^2) de la variable original permite inferir la probabilidad de afectar una determinada superficie catalogada como tierra indígena dentro de la SSC. Sin embargo, no permite estimar la probabilidad de afectación de una tierra indígena particular en una SSC.

- Los resultados obtenidos para este OdV se basan en el registro público actualmente vigente. Sin embargo es importante señalar que esta información presenta un carácter dinámico dada la posible adquisición de nuevas tierras a través de los distintos medios que establece la ley, o bien ante la posible permutación de tierras. Por lo tanto, estos resultados solo deben ser interpretados como una descripción de la realidad al momento de construirse este OdV. En relación a esto último, para obtener una estimación ideal habría que realizar un estudio de las tierras que cumplen las condiciones y no estén en el registro de CONADI, de modo que este pueda completarse. Al respecto este método ideal no fue viable ni pertinente aplicarlo considerando el tiempo, recursos y objetivos del presente estudio, y dadas las dificultades asociadas a la realización de un catastro exhaustivo de propiedades del área de estudio para establecer si cumplen históricamente alguna de las condiciones para la inscripción de tierras indígenas en el registro. Este tema fue abordado en las reuniones iniciales de coordinación con la contraparte.

En síntesis, el OdV se actualizó para las cuencas de los ríos Valdivia y Bueno. Las cuencas del río Puelo y río Yelcho no presentaron superficie en categoría de Tierras Indígenas.

5.2.4.3 *ODV C.1.3. Relevancia de áreas de desarrollo indígena*

Introducción

En el estudio base, las Áreas de Desarrollo Indígena (ADI) se definen como “territorios geográficos delimitados con alta densidad de población indígena donde se busca la focalización de políticas coordinadas de los órganos del Estado para mejorar la calidad de vida de las personas que habitan en dichos territorios”. Esto se realiza “sobre la base de las formas particulares de estos pueblos,

sus culturas y su háitat ecológico y social", de modo que las mejoras en la calidad de vida de los pueblos y la solución de sus problemas de tierras y aguas se desenvuelva de acuerdo a su propia identidad y formas de organización y, por lo tanto, poniendo especial atención en el equilibrio ambiental de los territorios considerando la dependencia de las comunidades respecto de los recursos naturales presentes en estos. Teniendo en cuenta esto último, queda de manifiesto la importancia de las ADI como un objeto de valoración en el contexto de la evaluación del potencial hidroeléctrico desde el punto de vista cultural.

Tabla resumen

En la Tabla 5.99, se puede observar un resumen de las características más relevantes del OdV.

Tabla 5.99. ODV C.1.3: Relevancia de Áreas de Desarrollo Indígena

<table>
<tr><td colspan="3">Número y nombre del OdV
C.1.3: Relevancia de Áreas de Desarrollo Indígena</td></tr>
<tr><td colspan="3">Definición
Existencia de territorios geográficos delimitados con alta densidad de población indígena surgidos a partir de la aplicación del Art. 26 de la Ley Indígena donde se busca la focalización de políticas coordinadas de los órganos del Estado, para mejorar la calidad de vida de las personas que habitan en dichos territorios.</td></tr>
<tr><td rowspan="5">Variable descriptora
Superficie de tierras asociadas a ADI en relación a superficie de sub-subcuenca</td><td colspan="2">Tipo y fuente de información</td></tr>
<tr><td>Información secundaria:</td><td>Registro de ADI</td></tr>
<tr><td>Fuente secundaria:</td><td>CONADI</td></tr>
<tr><td>Información primaria</td><td>No requiere</td></tr>
<tr><td>Fuente primaria:</td><td>No aplica</td></tr>
</table>

Fuente: elaboración propia

Metodología

Para el levantamiento del OdV se solicitó a CONADI el registro oficial espacial actualizado de las ADI existentes al momento de realización del levantamiento. De acuerdo a este registro no existen ADI en las cuatro cuencas incluidas en el área de estudio.

No obstante, este OdV debe ser revisado conforme dicho registro sea actualizado. Al respecto, el OdV deberá construirse de manera similar al OdV C.1.2. Así, para obtener la variable descriptora se debe relacionar la superficie de la potencial ADI con la superficie de las respectivas SSC en que éstas quedan contenidas. De esta manera las SSC de una misma cuenca pueden ser comparadas. Para efectos de su representación espacial, se deberá establecer el nivel de relevancia categorizando la variable descriptora en tres clases (Alta, Media y Baja) mediante la metodología de *Natural Breaks* descrita por Jenks (1967).

Resultados

De acuerdo al registro oficial (CONADI s.a.) actualizado a la fecha de entrega del presente informe, no existen ADI en las cuatro cuencas incluidas en el área de estudio.

Como conclusión, este OdV no fue levantado para ninguna de las cuencas en estudio debido a la inexistencia de ADI.

5.2.4.4 *ODV C.1.4. Relevancia de demandas de tierra indígena*

Introducción

De acuerdo al estudio base, los pueblos indígenas "han vivido la ocupación y desplazamiento territorial de manera histórica, siendo afectados sus patrones de uso colectivo de la tierra y control sobre los recursos naturales". Además, se señala que "el territorio y sus recursos son elementos básicos de la cosmovisión de las poblaciones indígenas" que habitan el territorio de estudio. Así, sobre la base de esto último, surge un proceso de recuperación de este territorio por parte de las poblaciones indígenas, lo que en la práctica se traduce en diversos "conflictos en torno a las reivindicaciones y demandas" que se realizan en este contexto.

Considerando que este territorio ancestral es un elemento básico de la cosmovisión de las poblaciones indígenas, es que las demandas de tierras se vuelven un objeto a valorar desde el punto de vista del presente estudio, en tanto sus características son susceptibles de verse afectadas ante un potencial desarrollo hidroeléctrico, amenazándose de este modo la integridad del desarrollo de la cultura y cosmovisión de estas poblaciones.

Tabla resumen

En la Tabla 5.100 se muestra un resumen de las características más relevantes del OdV.

Tabla 5.100.ODV C.1.4.Relevancia de demandas de tierra indígena

<table>
<tr><td colspan="3">Número y nombre del OdV
C.1.4: Relevancia de demandas de tierra indígena</td></tr>
<tr><td colspan="3">Definición
Existencia de tierras en situación de conflicto por su ocupación y posesión en el marco de un proceso de reivindicación territorial de pueblos indígenas que han sido desplazados, siendo estas tierras sujeto de demandas sobre la base de la recuperación de tierras que pertenecen ancestralmente a estos pueblos indígenas.</td></tr>
<tr><td rowspan="5">Variable descriptora
Superficie de tierra indígena (km^2) demandada en relación a superficie sub-subcuenca (km^2) expresado como %</td><td colspan="2">Tipo y fuente de información</td></tr>
<tr><td>Información secundaria:</td><td>Catastro de reivindicaciones territoriales indígenas</td></tr>
<tr><td>Fuente secundaria:</td><td>CONADI</td></tr>
<tr><td>Información primaria</td><td>No requiere</td></tr>
<tr><td>Fuente primaria:</td><td>No aplica</td></tr>
</table>

Fuente: elaboración propia

Metodología

El artículo 23 de la Ley Indígena crea un Fondo de Desarrollo Indígena para el financiamiento, entre otras cosas, de las demandas de tierra de las comunidades indígenas o indígenas particulares. Considerando lo anterior, CONADI cuenta con información sobre predios en situación de conflicto en su catastro de reivindicaciones.

Para el levantamiento de este OdV se utilizó como principal fuente de información, el catastro de reivindicaciones indígenas proporcionado por CONADI cuya última actualización corresponde al año 2013. Para obtener la variable descriptora se relacionó la superficie de demandas de tierras (km^2) con la superficie de las respectivas SSC (km^2) en que estas están contenidas. La estandarización por tamaño de SSC expresada ésta en unidades de área tiene como objetivo el que todas las SSC de una cuenca sean comparables.

Para representar espacialmente el OdV se estableció su nivel de relevancia categorizando la variable descriptora en tres clases (Alta, Media o Baja) mediante la metodología de *Natural Breaks* descrita por Jenks (1967). Este método se basa en la distribución de los datos y se caracteriza por agrupar los valores similares maximizando las diferencias entre las clases. Por lo tanto los límites o umbrales para separar las clases son aquellos en donde hay diferencias considerables entre los valores de los datos. Es importante señalar que este método permite comparar entre cuencas las categorías (del OdV) relativas a cada una de éstas, pero no sería adecuado para comparar sus valores absolutos ya que los umbrales para las clases serán distintos.

En relación a la naturaleza de los datos brutos recopilados, están descritos en unidades de superficie (hectáreas) e indican que solamente dentro de la cuenca del río Valdivia se observan procesos de reivindicación de tierras indígenas. Al respecto, en dicha cuenca existen 27.593,5 hectáreas catalogadas como demandas de tierra indígena distribuidas en 12 SSC.

Como fue señalado anteriormente los datos fueron estandarizados por tamaño de SSC (en unidades de área; km^2) quedando la variable descriptora expresada como la proporción de superficie de tierra indígena (km^2) en relación a la superficie de SSC (km^2) en unidades de % .

Resultados

De acuerdo a la información revisada, solamente dentro de la cuenca del río Valdivia se observan procesos de reivindicación de tierras indígenas. En la Figura 5.89 se observa que la relevancia de demandas de tierras es más alta en la parte noreste de la cuenca, lo cual se relaciona con una mayor proporción de tierra indígena demandada en relación a la superficie de la SSC. La categorización de la variable descriptora se muestra en la

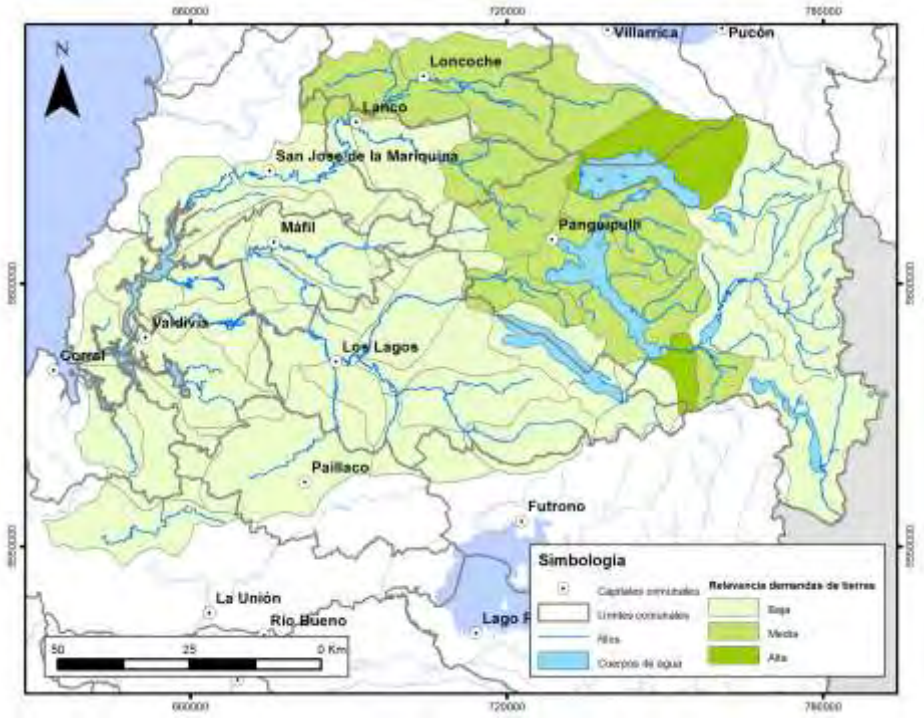
Tabla **5.101**.

Tabla 5.101. Clases que categorizan al OdV C.1.4 mediante el método *Natural Breaks* (Jenks 1967)

Clase	Cuencas			
	Valdivia	**Bueno**	**Puelo**	**Yelcho**
	Superficie de tierra indígena demandada (km^2) en relación a superficie SSC (km^2) expresado en %			
Baja	0,0000 - 0,0253	---	---	---
Media	0,0253 - 0,0902	---	---	---
Alta	0,0902 - 0,1808	---	---	---

Fuente: elaboración propia

Figura 5.89. C.1.4. Relevancia de demandas de tierras de la cuenca del río Valdivia. La variable superficie de tierra indígena demandada/superficie sub subcuenca (%) está categorizada como Alta, Media y Baja



Fuente: elaboración propia

En el proyecto SIG adjunto en digital al presente informe se expone, en la tabla de atributos, el listado de SSC y sus respectivos valores para la variable descriptora.

Análisis y recomendaciones

Para evitar una malinterpretación de la información mostrada en la Figura 5.89es importante tener en cuenta los siguientes puntos:

- Las clases Baja, Media y Alta solo indican la relevancia del OdV, en términos de proporción de tierra indígena por SSC expresado en porcentaje (%). La categoría Baja no indica, necesariamente, ausencia del OdV, sino que sólo expresa una menor presencia relativa de éste en relación a su presencia en otras SSC categorizadas como relevancia Media y Alta.

- La normalización por tamaño de SSC (expresado en km^2) de la variable original permite inferir la probabilidad de afectar la superficie catalogada como tierra indígena dentro de la SSC. Sin embargo, no permite estimar la probabilidad de que las tierras demandadas efectivamente vayan a recibir la denominación de tierra indígena.

- Los resultados obtenidos para este OdV se basan en el registro público actualmente vigente, por lo que la ausencia de información en el resto de las cuencas hace referencia a la inexistencia de demanda de tierras en dichas zonas. Sin embargo, es importante señalar que esta información presenta un carácter dinámico dado el posible surgimiento de nuevas demandas en las zonas en donde se localizan comunidades indígenas (cuencas de los ríos Valdivia y Bueno). Por lo tanto, estos resultados solo deben ser interpretados como una descripción de la realidad al momento de construirse este OdV.

- A pesar de que el catastro de CONADI es el insumo clave para describir el OdV, éste podría enriquecerse con información sobre conflictos que no sean abordados por dicho catastro y con información de predios que cumplan las condiciones dadas por la Ley Indígena para ser objeto de demandas de tierras, aunque actualmente no hayan sido solicitadas. Esto último no fue viable ni pertinente considerando el tiempo, recursos y objetivos del presente estudio, dadas las dificultades asociadas a la realización de un catastro exhaustivo de conflictos de tierras en área de estudio, o para establecer si estas tierras cumplen históricamente alguna de las condiciones para que puedan ser objeto de demandas de tierras. Este tema fue abordado en las reuniones iniciales de coordinación con la contraparte.

5.2.4.5 *ODV C.1.5. Presencia de comunidades indígenas*

Introducción

De acuerdo al artículo 9 de la Ley Indígena, una comunidad indígena se define como “toda agrupación de personas pertenecientes a una misma etnia indígena y que se encuentren en una o más de las siguientes situaciones: provengan de un mismo tronco familiar; reconozcan una

jefatura tradicional; y/o posean o hayan poseído tierras indígenas en común y provengan de un mismo poblado antiguo; y que tramiten la obtención de su personalidad jurídica en conformidad a la ley".

Estas comunidades están estrechamente vinculadas a un territorio en el que habitan y respecto del cual desarrollan relaciones de interdependencia, tanto desde el punto de vista de su cosmovisión y cultura como desde la perspectiva de la subsistencia económica. Considerando lo anterior, la presencia de comunidades indígenas en un territorio es un elemento que tiene valor social, y que pueden representar una condicionante al desarrollo de potencial hidroeléctrico, ya que las características del territorio asociado a dichas comunidades son susceptibles de verse afectadas por el desarrollo hidroeléctrico, por los motivos que han sido explicados en OdV precedentes y, ampliamente, en el capítulo de diagnóstico.

Tabla resumen:

En la Tabla 5.102 se puede observar un resumen de las características más relevantes del OdV.

Tabla 5.102. ODV C.1.5: Presencia de comunidades indígenas

<table>
<tr><td colspan="3">Número y nombre del OdV
C.1.5: Presencia de comunidades indígenas</td></tr>
<tr><td colspan="3">Definición
Existencia de "agrupaciones de personas pertenecientes a una misma etnia indígena y que se encuentren en una o más de las siguientes situaciones: provengan de un mismo tronco familiar; reconozcan una jefatura tradicional; y/o posean o hayan poseído tierras indígenas en común y provengan de un mismo poblado antiguo; y que tramiten la obtención de su personalidad jurídica en conformidad a la ley".</td></tr>
<tr><td rowspan="5">Variable descriptora
N° de comunidades indígenas por km^2</td><td colspan="2">Tipo y fuente de información</td></tr>
<tr><td>Información secundaria:</td><td>Registro de comunidades indígenas</td></tr>
<tr><td>Fuente secundaria:</td><td>CONADI</td></tr>
<tr><td>Información primaria</td><td>No requiere</td></tr>
<tr><td>Fuente primaria:</td><td>No aplica</td></tr>
</table>

Fuente: elaboración propia

Metodología

Al obtener personalidad jurídica las comunidades indígenas deben quedar registradas en la CONADI, por lo que la información oficial de esta corporación debiese ser una fuente de información adecuada para el levantamiento del OdV.

Considerando lo anterior, para el levantamiento de este OdV se solicitó a CONADI el registro oficial (CONADI, s.a.) espacial actualizado de comunidades indígenas al momento de la realización del presente estudio, y se utilizó esta información para atributar las SSC.

Adicionalmente, se complementó la información antes mencionada con una segunda base de datos, también compartida por CONADI, la cual posee un mayor nivel de actualización respecto al número de comunidades indígenas para las regiones de la Araucanía y Los Ríos.

Para obtener la variable descriptora del OdV se relacionó el número de comunidades de cada SSC con la superficie asociada a ésta última, obteniendo así una medida de densidad de comunidades (n°/km^2), que debiera dar cuenta de la magnitud que tiene la presencia de éstas en la respectiva SSC y hacer comparables todas las SSC dentro de una cuenca determinada.

Para representar espacialmente el OdV se estableció su nivel de relevancia en función de su presencia relativa (n°/km^2), categorizando la variable descriptora en tres clases (Alta, Media o Baja) mediante la metodología de *Natural Breaks* descrita por Jenks (1967). Este método se basa en la distribución de los datos y se caracteriza por agrupar los valores similares maximizando las diferencias entre las clases. Por lo tanto los límites o umbrales para separar las clases son aquellos en donde hay diferencias considerables entre los valores de los datos. Es importante señalar que este método permite comparar entre cuencas las categorías (del OdV) relativas a cada una de estas, pero no sería adecuado para comparar sus valores absolutos ya que los umbrales para las clases serán distintos.

En relación a la naturaleza de los datos brutos recopilados, éstos están descritos como número de comunidades y están espacializados como puntos. Estos puntos indican que solo las cuencas de los ríos Valdivia y Bueno presentaron información oficial en relación a este OdV.

Resultados

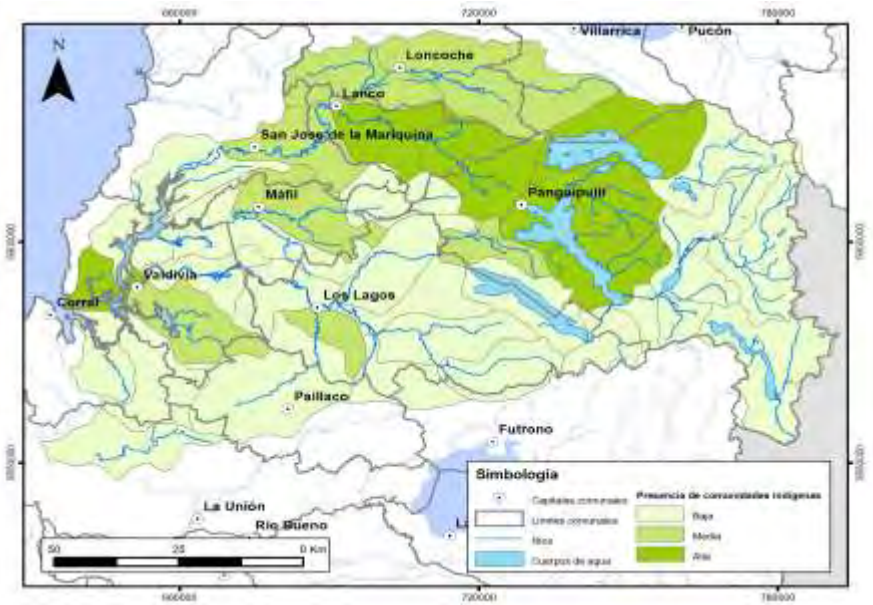
La relevancia de este OdV en las cuencas de los ríos Valdivia y Bueno, se muestra en la Figura 5.90 y Figura 5.91, respectivamente (la categorización de la variable descriptora se muestra en la Tabla 5.103). En ambas figuras se observa que dicha distribución no es homogénea en el espacio. En el caso de la cuenca de Valdivia la ubicación espacial de las comunidades concuerda con las tierras indígenas identificadas en los ODV C.1.2 y C.1.4. Al respecto se destaca que la relevancia de las comunidades indígenas es más alta en la parte nororiental de la cuenca del río Valdivia, el perímetro del lago Ranco, y el sector de la Cordillera de la Costa, sobre todo en la cuenca del río Bueno. En el proyecto SIG adjunto en Anexo digital al presente informe se expone, en su tabla de atributos, el listado de SSC con el listado de comunidades indígenas de cada una de las cuencas según las bases de datos utilizadas.

Tabla 5.103. Clases que categorizan al OdV C.1.5. mediante el método *Natural Breaks* (Jenks 1967).

Clase	Cuencas			
	Valdivia	Bueno	Puelo	Yelcho
	N° de comunidades indígenas por km^2			
Baja	0,0000 - 0,0105	0,0000 - 0,0118	---	---
Media	0,0105 - 0,0355	0,0118 - 0,0294	---	---
Alta	0,0355 - 0,0807	0,0294 - 0,1328	---	---

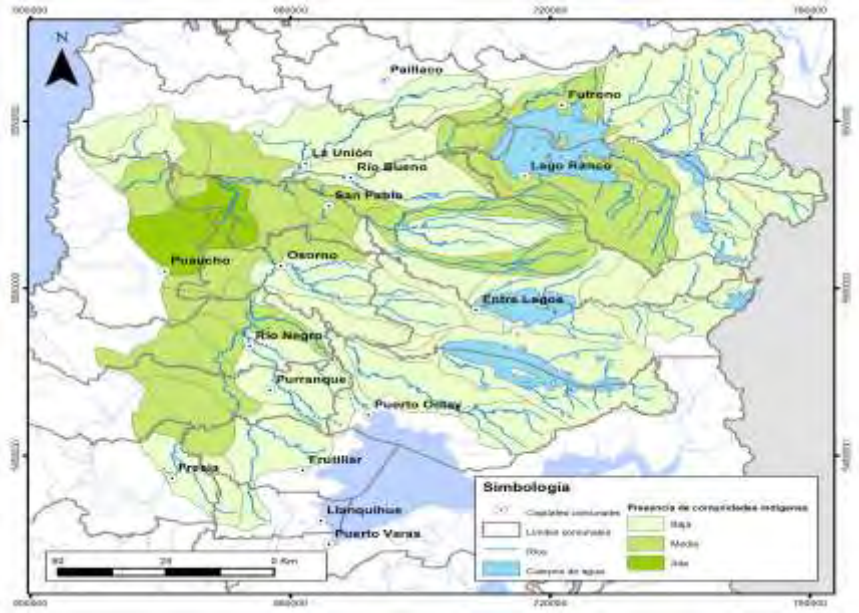
Fuente: elaboración propia

Figura 5.90. C.1.5. Presencia de comunidades indígenas en la cuenca del río Valdivia. La variable N° de comunidades indígenas por km^2 está categorizada como Alta, Media y Baja



Fuente: elaboración propia

Figura 5.91. C.1.5. Presencia de comunidades indígenas en la cuenca del río Bueno. La variable N° de comunidades indígenas por km^2 está categorizada como Alta, Media y Baja



Fuente: elaboración propia

Análisis y recomendaciones

Para evitar una malinterpretación de la información mostradaes importante tener en cuenta los siguientes puntos:

- Las clases Baja, Media y Alta solo indican la relevancia del OdV, en términos de densidad de comunidades por SSC expresado en n°/km^2. La categoría Baja no indica, necesariamente, ausencia del OdV, sino que sólo expresa una menor presencia relativa de éste en relación a su presencia en otras SSC categorizadas como relevancia Media y Alta.

- La normalización por tamaño de SSC (expresado en km^2) de la variable original permite inferir la probabilidad de afectar comunidades indígenas dentro de la SSC. Sin embargo, no permite estimar la probabilidad de afectación[59] de una comunidad particular dentro de una SSC.

- Como se comentó en la metodología, la información respecto a este OdV proviene de dos bases de datos diferentes, una más actual que la otra. Debido a que la información actualizada describe solamente la situación de las regiones de la Araucanía y Los Ríos, la información de las SSC de la cuenca del río Bueno que se ubican en la Región de Los Lagos no se encuentran actualizadas, punto a tener presente en el momento de interpretar el OdV.

5.2.4.6 *ODV C.2.1. Sitios de significación cultural y de manifestaciones o actividades culturales*

Introducción

Parte fundamental de este estudio consiste en identificar sitios de significación cultural que podrían verse afectados en cuanto a su naturaleza y, por lo tanto, en su valor, ante algún tipo de desarrollo hidroeléctrico. La importancia de estos sitios radica en el hecho de que forman parte del patrimonio cultural e histórico de la población que habita el territorio y, por lo tanto, son pilares esenciales para el mantenimiento de su cultura. Además de los sitios de significación, es relevante identificar los sitios de realización de actividades o manifestaciones culturales, en tanto

[59] Referido a la probabilidad de afectar una comunidad en particular dentro de una SSC.

estos pudieran verse alterados como soporte de estas prácticas, esenciales en la generación del vínculo con el territorio y que a su vez es fundamental en la configuración y mantenimiento de una identidad cultural particular.

Tabla resumen

En la Tabla 5.104 se presenta un resumen de las características más relevantes del OdV.

Tabla 5.104. ODV C.2.1. Sitios de significación cultural y de manifestaciones o actividades culturales

Número y nombre del OdV C.2.1 Sitios de significación cultural y de manifestaciones o actividades culturales		
Definición 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.		
Variable descriptora N° de sitios de significación o actividades culturales	**Tipo y fuente de información**	
	Información secundaria:	Sitios de significación o actividades culturales según registros disponibles.
	Fuente secundaria:	CMN - GORE Los Ríos – SERNATUR
	Información primaria	Resultados taller con apoyo cartográfico: Sitios de significación o actividades culturales no indígenas espacializados.
	Fuente primaria:	Conocedores de la dinámica sociocultural local no indígena a nivel municipal.

Fuente: elaboración propia

Metodología

Para el levantamiento de este OdV se utilizaron dos aproximaciones metodológicas complementarias: en primer lugar se hizo un levantamiento preliminar de sitios de significación cultural no indígena a partir de fuentes secundarias; y en segundo lugar se llevaron a cabo reuniones de trabajo con apoyo cartográfico con informantes clave para la validación y actualización del levantamiento anteriormente descrito.

Para la recopilación de información secundaria se consultaron registros oficiales de organismos públicos (CMN, GORE Los Ríos, SERNATUR) y estudios académicos (ver Anexo digital 10.3) sobre sitios de significación cultural y manifestaciones culturales, de modo que éstos pudieran ser

identificados y ubicados en el área de estudio. Esta primera aproximación tuvo como resultado un catastro preliminar de potenciales sitios de significación cultural y manifestaciones culturales. A partir de este material se crearon los instrumentos de apoyo cartográfico para el desarrollo de la recopilación de información a partir de fuentes primarias.

El levantamiento con fuentes primarias se realizó en reuniones de trabajo con apoyo cartográfico de acuerdo a la guía del Anexo digital 10.0. Esta actividad permitió validar el levantamiento preliminar realizado a partir de fuentes secundarias y complementarlo con información adicional de sitios de significación cultural proporcionada por los informantes clave[60] que participaron de la actividad. Cabe destacar que en estas reuniones se realizó el levantamiento tanto de los sitios de significación cultural como de los sitios de manifestaciones y actividades culturales, y por lo tanto ambos tipos de sitios se levantan a partir de los mismos informantes.

Respecto a las locaciones en donde se llevaron a cabo las respectivas reuniones de trabajo estas correspondieron a las capitales comunales de las comunas de Los Lagos, Panguipulli, Río Bueno, Lago Ranco, Futrono, Puyehue, Puerto Octay, Palena, Chaitén y Futaleufú. Estas comunas fueron seleccionadas debido a que se emplazaban en zonas de las cuencas caracterizadas por poseer un alto potencial hidroeléctrico. Por lo tanto, es importante tomar en cuenta, al analizar el alcance de la información recabada, que las comunas con un bajo potencial hidroeléctrico no fueron consideradas como fuentes de información primaria. Las minutas de las reuniones se adjuntan en Anexo digital 10.2.

Es importante señalar que, debido a la contingencia social que caracteriza actualmente a la cuenca del río Puelo, no se planificó ninguna reunión de trabajo en dicho territorio, por lo que no se levantó información de carácter primario en esa cuenca.

Luego de contar con el catastro final de sitios de significación cultural y manifestaciones culturales no indígenas identificados y ubicados en el área de estudio, éste fue utilizado para atributar las SSC.

Resultados

Mediante revisión de información secundaria no se pudieron identificar sitios que pudiesen ser válidos para completar este OdV. Al respecto, solo se encontró información secundaria de patrimonio intangible y arquitectónico en la Región de Los Ríos (http://www.idelosrios.cl/), la cual sólo fue utilizada como apoyo cartográfico (solo patrimonio intangible) durante las reuniones de trabajo con informantes clave para obtener información primaria.

[60] Para informantes claves asistentes a las reuniones de trabajo ver minutas respectivas en Anexo 10.2.

Respecto al levantamiento de información primaria, dentro de los sitios identificados se cuentan refugios de barco de vapor, veranadas, estaciones de trenes, muelles, rutas históricas, líneas de tren, cementerios, entre otros.

Es relevante mencionar que la convocatoria a las reuniones de trabajo se realizó en base a la identificación de informantes clave por parte de funcionarios municipales (ej. Lago Ranco, Entre Lagos, Futrono, entre otras) y asistentes a los seminarios de inicio del estudio (ej. comunas de Futalefú y Chaitén), lo cuales recomendaron a las personas indicadas según su conocimiento para entregarnos esta información. Esta selección de informantes fue variada en las comunas visitadas por lo que en todas las reuniones se obtuvieron diferencias en cuanto al nivel de conocimiento de la realidad local, y el foco de ésta, pudiendo ser histórica, reciente o centrada en los asentamientos urbanos.

En cuanto a la cantidad de información recopilada, se realizaron los esfuerzos para levantar la mayor cantidad de información relativa al OdV, sin embargo, en algunos casos la actividad resultó en una baja identificación local de estos hitos o manifestaciones culturales. Por ejemplo, en el sector de Lago Ranco se comenta que las manifestaciones y sitios culturales pertenecen en gran medida a las comunidades indígenas, siendo menos las celebraciones no indígenas que generan arraigo o sentido de pertenencia.

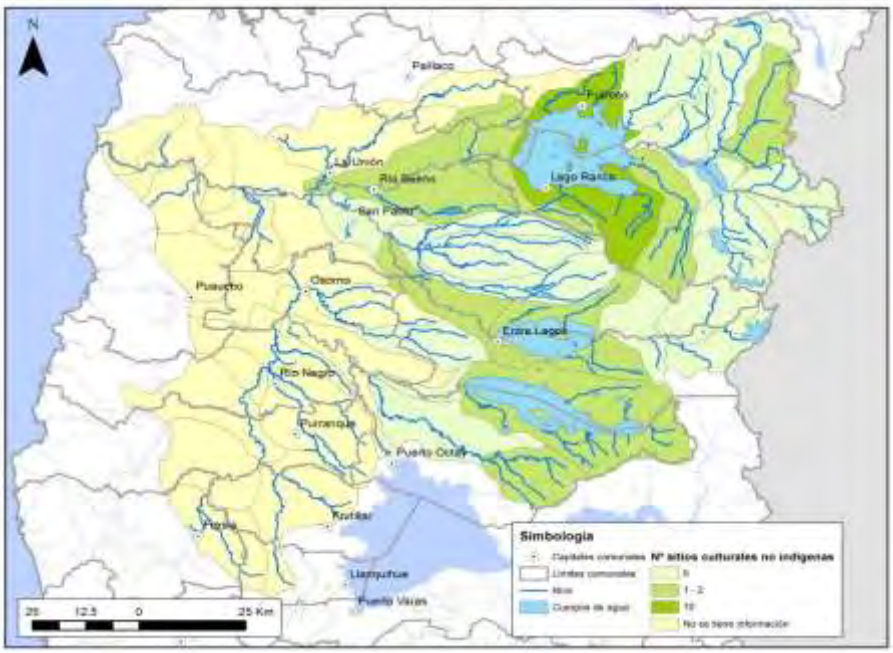
En la Figura 5.91, Figura 5.92 y figura 5.93, se exponen, los mapas y la distribución de los sitios de significación cultural y manifestaciones culturales en las cuencas de los ríos Valdivia, Bueno y Yelcho. La distribución de los sitios no presenta ningún patrón aparente, sin embargo, se infiere una posible relación entre este OdV y los asentamientos urbanos en las cuencas de los ríos Valdivia y Bueno. Respecto a la cuenca del río Yelcho, la distribución del OdV podría tener relación con las rutas turísticas, antiguas rutas troperas y los asentamientos urbanos.

Figura 5.92. C.2.1 Número de sitios de significación cultural y de manifestaciones o actividades culturales (no indígenas) en la cuenca del río Valdivia



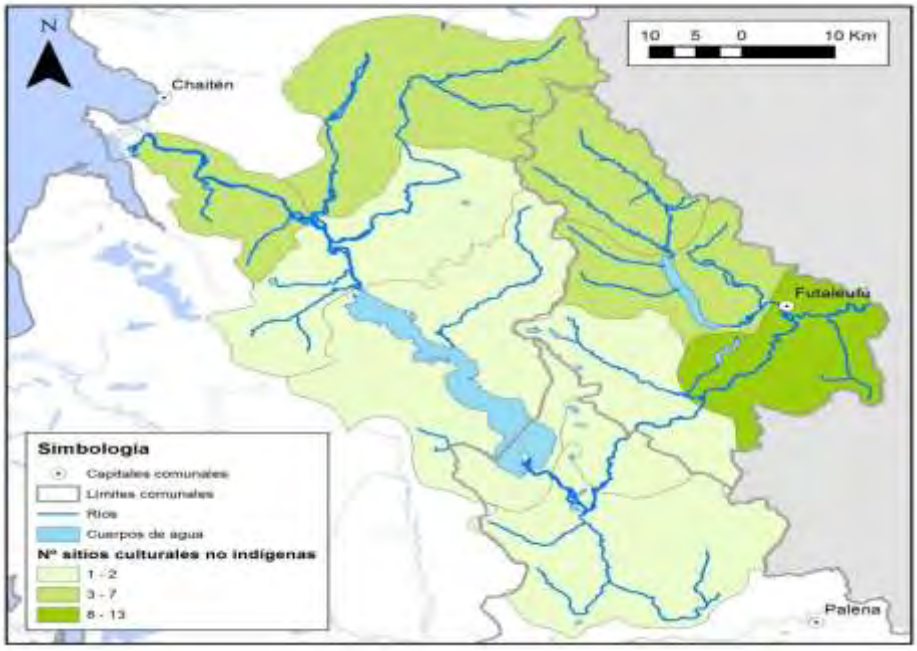
Fuente: elaboración propia

Figura 5.93. C.2.1 Número de sitios de significación cultural y de manifestaciones o actividades culturales (no indígenas) en la cuenca del río Bueno



Fuente: elaboración propia

Figura 5.94. C.2.1 Número de sitios de significación cultural y de manifestaciones o actividades culturales (no indígenas) en la cuenca del río Yelcho



Fuente: elaboración propia

Respecto a la variable descriptora de este OdV es importante recalcar que su expresión en "número de sitios" corresponde a una aproximación que tiene como una de sus principales desventajas el no tomar en cuenta la importancia que cada sitio tiene en relación a otro o a un conjunto de estos. En otras palabras la variable actualmente utilizada para describir este OdV da cuenta de la existencia, pero no de la importancia, de un sitio o de un conjunto de sitios en relación a otros.

Este OdV no está completo. Por lo tanto, la información levantada sólo debe ser utilizada como un resultado intermedio que debe ser enriquecido en futuros estudios a través, por ejemplo, de la identificación de nuevos informantes clave.

En el proyecto SIG adjunto en Anexo digital al presente informe se expone, en su tabla de atributos, el listado de SSC y el número de sitios de significación y manifestaciones culturales en cada una de ellas.

Análisis y recomendaciones

Es importante señalar que en algunas comunas (ej. Futaleufú y Chaitén) el marco metodológico seguido para levantar la información de carácter primaria mediante reuniones de trabajo con informantes clave no fue compartido. Al respecto, los asistentes indicaron que la metodología propuesta no permite contar con una convocatoria representativa y legitimada por la misma comunidad, lo que podría sesgar la cantidad y calidad de la información levantada. Al respecto, se explicó que las actividades no consideraban talleres abiertos con la comunidad sino que con

informantes clave, entendiéndose éstos últimos como personas con un amplio conocimiento del territorio y del OdV a levantar.

Por lo anterior, resulta importante indicar que el enriquecimiento de la información recabada durante el presente estudio dependerá de los futuros esfuerzos para convocar nuevos informantes clave. Al respecto, resulta importante nuevamente señalar que la información primaria levantada debe ser interpretada como información referencial, siendo su espacialización (Figura 5.92, Figura **5.93** y Figura 5.94) un resultado intermedio que puede ser utilizado como base para un posterior levantamiento más exhaustivo. De acuerdo a la definición del presente OdV, este futuro levantamiento no deberá focalizarse en la sola identificación de lugares en donde se llevan a cabo celebraciones y/o fiestas costumbristas y religiosas locales, sino que deberá incluir todo el patrimonio intangible[61] que caracteriza los territorios de estudio, tomando cuidado de que "todo territorio habitado se encuentra culturalmente significado"[62] lo que redunda en que toda actividad realizada por personas corresponde a una "manifestación cultural", independiente del momento histórico en que ésta surge. Parte de la metodología a aplicar debería considerar la realización de cartografías participativas locales con organizaciones comunitarias (no indígenas), que representen a todos los grupos sociales presentes en el territorio y generar, a partir de esto, un catastro de sitios de significación cultural y de manifestaciones o actividades culturales.

Finalmente, en función de los atributos que este OdV presenta, se puede afirmar, con gran seguridad, que éste no presenta relación con patrones físicos ni ambientales por lo cual no puede predecirse ni modelarse.

En conclusión, este OdV no está completo. Por lo tanto, la información levantada sólo debe ser utilizada como un resultado intermedio que debe ser enriquecido en futuros estudios a través, por ejemplo, de la identificación de nuevos informantes clave.

Adicionalmente, en la cuenca del río Puelo no se realizó levantamiento de información, decisión tomada por el Ministerio de Energía dada la contingencia local.

[61]La Convención para la Salvaguardia del Patrimonio Inmaterial convocada por la UNESCO y celebrada en París en 2003, señala que el Patrimonio Cultural Inmaterial o Intangible está compuesto básicamente de "prácticas y procesos que han venido a establecer una relación de complementariedad con el denominado patrimonio material" y "se transmite de generación en generación; es recreado constantemente por las comunidades y grupos en función de su entorno, su interacción con la naturaleza y su historia; infunde a las comunidades y los grupos un sentimiento de identidad y de continuidad; promueve el respeto de la diversidad cultural y la creatividad humana; es compatible con los instrumentos internacionales de derechos humanos existentes; cumple los imperativos de respeto mutuo entre comunidades, grupos e individuos y de desarrollo sostenible".

[62]Dra. Anahí Urquiza, experta convocada al taller de experto planificado en el contexto del presente estudio.

5.2.4.7 *ODV C.2.2. Sitios arqueológicos*

Introducción

Los sitios arqueológicos "dan cuenta de un patrimonio o herencia que se traspasa a través de las generaciones y que opera como testimonio de los antepasados, prácticas y formas de vida de un pueblo". Dichos sitios, por lo tanto, constituyen un elemento esencial para la comprensión y mantención de la cultura de estos pueblos. Su levantamiento es relevante en tanto la calidad de estos sitios es susceptible de verse afectada con el desarrollo de ciertas actividades asociadas a un potencial desarrollo hidroeléctrico.

Tabla resumen

En la Tabla 5.105, se puede observar un resumen de las características más relevantes del OdV.

Tabla 5.105. ODV C.2.2: Sitios arqueológicos

Número y nombre del OdV C.2.2: Sitios Arqueológicos		
Definición Presencia de "bienes muebles e inmuebles tales como ruinas, construcciones, y objetos, ya sean de propiedad fiscal, municipal, o particular que 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".		
Variable descriptora N° de sitios arqueológicos por km^2	**Tipo y fuente de información**	
	Información secundaria:	Registro de monumentos arqueológicos
	Fuente secundaria:	CMN - GORE Los Ríos
	Información primaria	No requiere
	Fuente primaria:	No aplica

Fuente: elaboración propia

Metodología

Este OdV fue levantado a partir de fuentes secundarias proveedoras de registros oficiales obtenidas del gobierno o del sector académico, ya que, como se describe en el informe final de la primera fase del estudio de cuencas, "el trabajo de identificación de sitios arqueológicos requiere de una metodología, procedimientos y técnicas de trabajo propias de la disciplina arqueológica […] el catastro final debe incorporar la metodología adecuada para ser validado".

De acuerdo al mismo informe, es el Consejo de Monumentos Nacionales (CMN) a través de la Comisión de Patrimonio Arqueológico, el encargado de realizar este tipo de levantamientos a nivel nacional. Considerando esto se pidió información actualizada de patrimonio arqueológico al CMN a través de Dirección de Bibliotecas, Archivos y Museos (DIBAM), y se revisó otras fuentes de información oficial relacionada (ej. IDE Los Ríos, s.a.). La información recopilada para cubrir el OdV fue utilizada para atributar las SSC.

Para que la variable descriptora permita llevar a cabo comparaciones entre SSC dentro de una misma cuenca el número de sitios arqueológicos se dividió por la superficie de la respectiva SSC, expresada esta última en km^2. De esta manera, para la unidad territorial (SSC) se expone la densidad de sitios arqueológicos ($n°/km^2$) que posee cada una según las bases de datos comentadas.

Para representar espacialmente el OdV se estableció su nivel de relevancia, en función de su presencia ($n°/km^2$), categorizando la variable descriptora en tres clases (Alta, Media o Baja) mediante la metodología de *Natural Breaks* descrita por Jenks (1967). Este método se basa en la distribución de los datos y se caracteriza por agrupar los valores similares maximizando las diferencias entre las clases. Por lo tanto los límites o umbrales para separar las clases son aquellos en donde hay diferencias considerables entre los valores de los datos. Es importante señalar que este método permite comparar entre cuencas las categorías (del OdV) relativas a cada una de estas, pero no sería adecuado para comparar sus valores absolutos ya que los umbrales para las clases serán distintos.

En relación a la naturaleza de los datos brutos recopilados, están descritos como número de sitios arqueológicos y están espacializados como puntos. Estos puntos indican que las cuatro cuencas en estudio presentaron información oficial en relación a este OdV. Al respecto, las cuencas de los ríos Valdivia y Bueno, presentan 169 sitios distribuidos en 20 SSC y 50 sitios distribuidos en 11 SSC, respectivamente. Por otra parte, la cuenca del río Puelo presenta dos sitios distribuidos en una SSC y la cuenca del río Yelcho, nueve sitios distribuidos en dos SSC.

Resultados

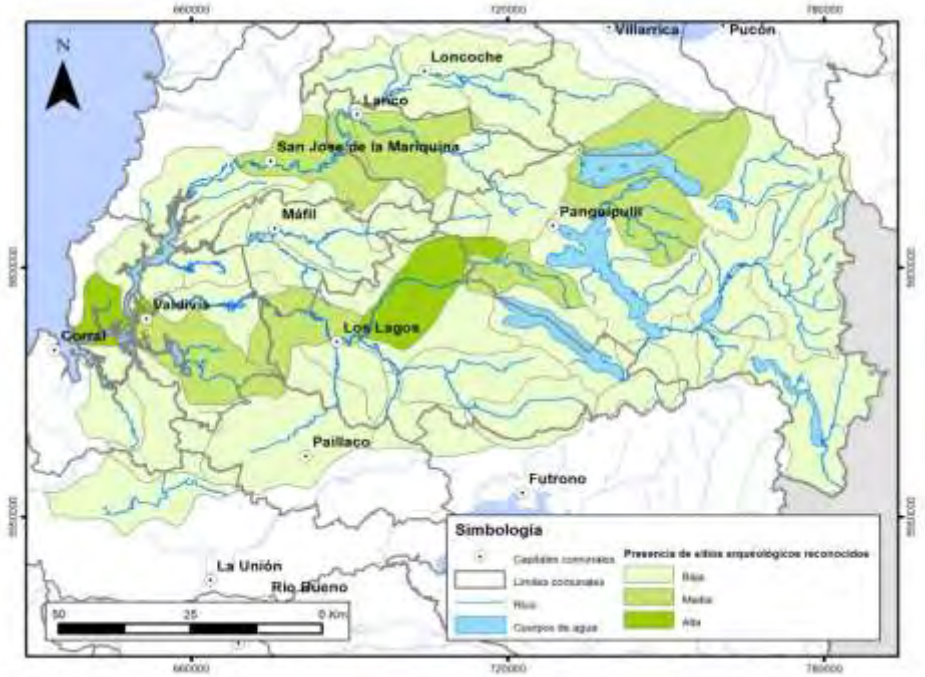
Los resultados del OdV se visualizan para las cuencas de los ríos Valdivia, Bueno, Puelo y Yelcho en la Figura 5.94, figura 5.95, Figura 5.96 y en la Figura 5.97, respectivamente (la categorización de la variable descriptora se muestra en la Tabla 5.106). Al respecto, en la cuenca del río Valdivia las SSC con un relevancia Media y Alta para este OdV están localizadas dentro de las comunas de Panguipulli, San José de la Mariquina, Corral, Lanco y Valdivia y no se encuentran distribuidas homogéneamente en la cuenca. En la cuenca del río Bueno las SSC con una alta presencia relativa de sitios arqueológicos están en las comunas de Lago Ranco, Futrono, La Unión, Río Bueno y Osorno. Por otro lado, en las cuencas de los ríos Puelo y Yelcho, las SSC con una alta relevancia respecto a este OdV son Cochamó y Futaleufú, respectivamente.

Tabla 5.106. Clases que categorizan al OdV C.2.2 mediante el método *Natural Breaks* (Jenks 1967)

Clase	Cuencas			
	Valdivia	Bueno	Puelo	Yelcho
	N° de sitios arqueológicos por km^2			
Baja	0,0000 - 0,0220	0,0000 - 0,0032	0	0
Media	0,0220 - 0,0783	0,0032 - 0,0082	---	0,0000-0,0066
Alta	0,0783 - 0,1310	0,0082 - 0,0254	0,0000-0,0110	0,0066-0,017

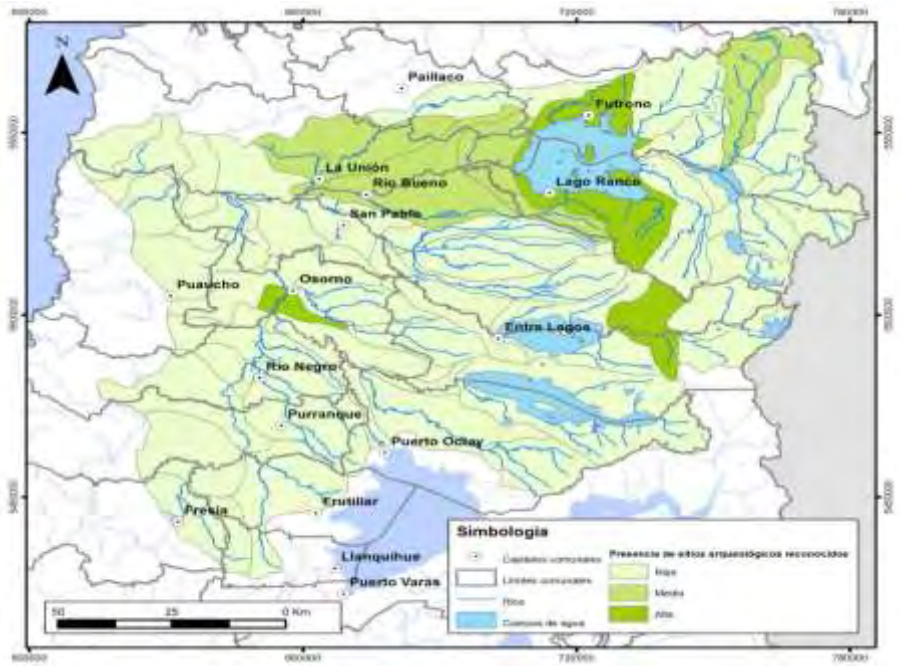
Fuente: elaboración propia

Figura 5.95. C.2.2. Sitios arqueológicos en la cuenca del río Valdivia. La variable n° de sitios/km^2 está categorizada como Alta, Media y Baja



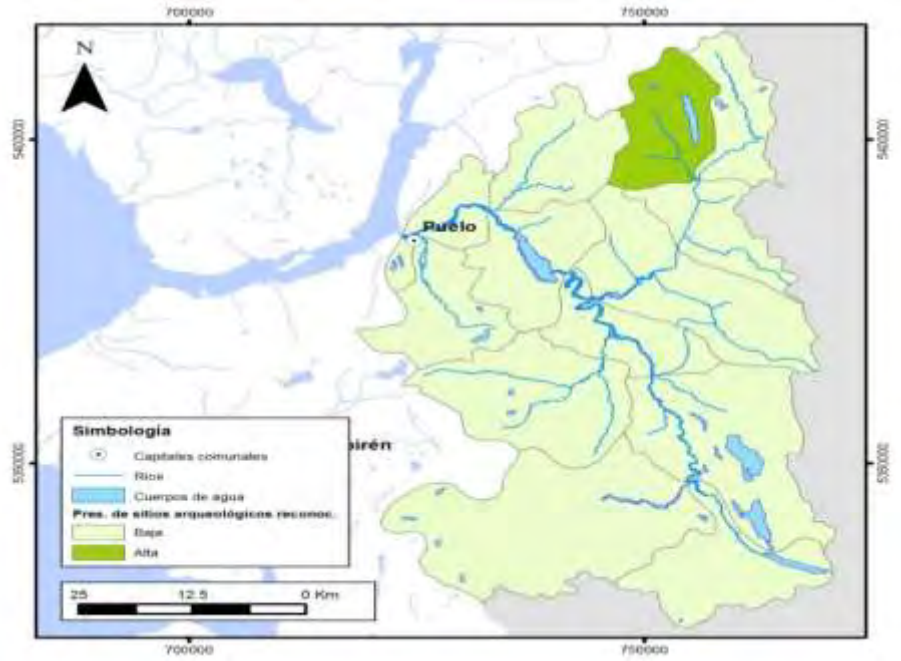
Fuente: elaboración propia

Figura 5.96. C.2.2. Sitios arqueológicos en la cuenca del río Bueno. La variable n° de sitios/km^2 está categorizada como Alta, Media y Baja



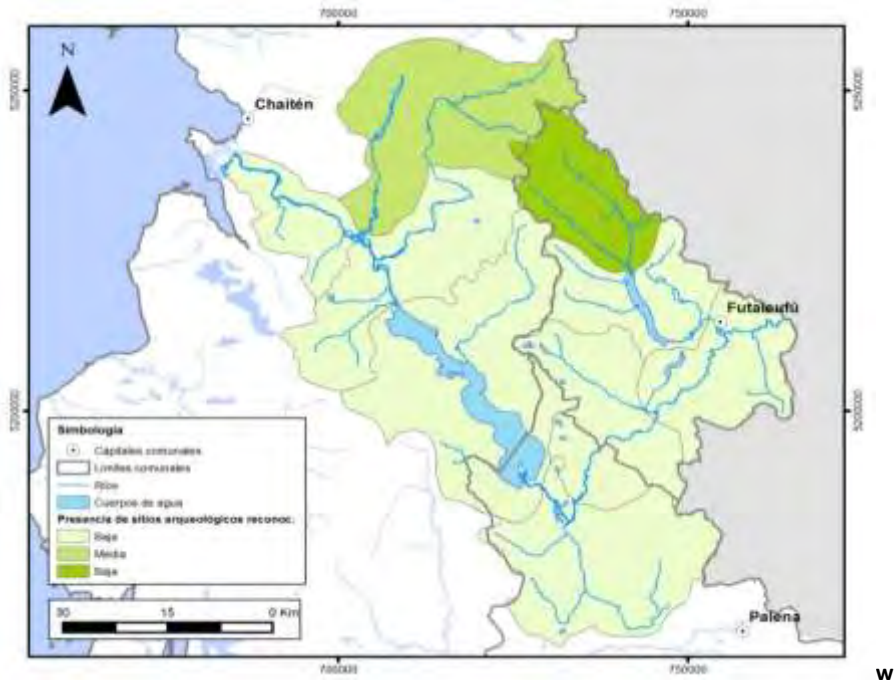
Fuente: elaboración propia

Figura 5.97. C.2.2. Sitios arqueológicos en la cuenca del río Puelo. La variable n° de sitios/km^2 está categorizada como Alta y Baja



Fuente: elaboración propia.

Figura 5.98. C.2.2. Sitios arqueológicos en la cuenca del río Yelcho. La variable n° de sitios/km^2 está categorizada como Alta, Media y Baja.



Fuente: elaboración propia

En el proyecto SIG adjunto en Anexo digital al presente informe se expone, en la tabla de atributos, el listado de sub-subcuencas y sus respectivos valores para la variable descriptora.

Análisis y recomendaciones

Para evitar una malinterpretación de la información mostrada en la Figura 5.94, Figura 5.95, figura 5.96 y figura 5.97, es importante tener en cuenta los siguientes puntos:

- Las clases Baja, Media y Alta solo indican la relevancia del OdV, en términos de densidad de sitios arqueológicos por SSC expresado en n°/km^2. La categoría Baja no indica, necesariamente, ausencia del OdV, sino que sólo expresa una menor presencia relativa de éste en relación a su presencia en otras SSC categorizadas como relevancia Media y Alta.

- La normalización por tamaño de SSC (expresado en km^2) de la variable original permite inferir la probabilidad de afectar sitios arqueológicos dentro de la SSC. Sin embargo, no permite estimar la probabilidad de afectación de un sitio particular dentro de una SSC determinada.

- En cuanto a la calidad de la información, es relevante destacar que las bases de datos del CMN no exponen una denominación ni descripción clara de los sitios arqueológicos registrados, por lo que no se pudo realizar un análisis de los sitios. En cuanto a la denominación oficial, algunos sitios presentan códigos que no son explicados en la información entregada. Además, existen sitios identificados por un nombre, el cual no

permite diferenciar entre uno y otro como, por ejemplo, “Mar Brava 1” y “Mar brava 2” o “Sitio 9” y “Sitio 3”. Esta condición de la información impide discriminar información y seleccionar la idónea para la construcción del OdV.

- Como se comentó en la sección anterior, se solicitó información actualizada de patrimonio arqueológico al CMN. Al respecto, se recibió la información oficial de sitios arqueológicos de la Región de Los Lagos, sin embargo, se advierte que el Consejo está realizando un proceso de ajuste cartográfico de los sitios, por lo que la información entregada podría sufrir rectificaciones. El CMN señala que la información entregada es toda la información recabada a la fecha, sin embargo puntualiza “que podrían existir sitios arqueológicos y/o paleontológicos por descubrir y registrar”, con lo cual se entiende que el OdV indicaría la condición actual y sólo podrá ser utilizada de manera referencial, teniendo presente que para estudios de mayor escala se deberán realizar mayores indagaciones y las prospecciones arqueológicas respectivas.

- Debido a que la información del CMN no cubría toda el área de estudio, se obtuvo desde el sistema de información espacial del Gobierno Regional de Los Ríos, el cual puso a disposición el catastro de patrimonio arqueológico de su sistema de información territorial (IDE Los Ríos s.a.). Al respecto, esa información fue utilizada para atributar todas las SSC de la cuenca del río Valdivia y un conjunto de SSC pertenecientes a la cuenca del río Bueno (SSC que están incluidas en la Región de Los Ríos). En vista de lo expuesto, la cuenca del río Bueno está atributada con información proveniente de dos bases de datos diferentes, por lo que se recomienda analizarla tomando en cuenta las potenciales diferencias que pudiesen existir en términos de calidad y suficiencia de información.

- Al igual que para el OdV C.2.1 es importante señalar que la expresión de la variable descriptora de este OdV como “número de sitios” corresponde a una aproximación que tiene como una de sus principales desventajas el no tomar en cuenta la importancia que cada sitio tiene en relación a otro o a un conjunto de estos. En otras palabras la variable actualmente utilizada para describir este OdV da cuenta de la existencia pero no de la importancia de un sitio o de un conjunto de sitios en relación a otros.

A modo de conclusión, el OdV se considera completo, pero presenta falencias de información determinadas por la disponibilidad y actualización de las bases de datos georreferenciadas presentes en el organismo encargado, en este caso el CMN. El perfeccionamiento de este OdV implicaría revisión bibliográfica de sitios sin georreferenciación y prospecciones arqueológicas, metodología que implicaría mayores costos y tiempos de ejecución.

En términos generales, se requieren estudios más profundos a nivel nacional que permitan conocer el patrimonio arqueológico del país, ya que las actuales bases de datos podrían

enriquecerse con los Estudios de Evaluación de Impacto Ambiental, nuevas prospecciones arqueológicas y el trabajo conjunto con comunidades locales. Al respecto, son relevantes dos aspectos, el primero tiene relación con la priorización de sectores para la realización de estudios más profundos y el segundo aspecto tiene relación con la identificación de sectores con mayor probabilidad de hallazgos arqueológicos extraídos del conocimiento popular e indígena sobre la historia de la comunidad y los patrones de uso y distribución de ésta.

5.2.4.8 *ODV C.2.3. Sitios de alto valor paisajístico*

Introducción

En otros OdV de este grupo (culturales) se han considerado aquellos sitios cuyo valor surge de significaciones, actividades o de su uso directo en relación a la cultura de los habitantes del territorio. No obstante, hasta ahora no se ha considerado el valor otorgado al paisaje visual de este territorio, que aunque no sea un soporte directo de significados o prácticas culturales, puede representar un aspecto esencial de la interacción entre la población y el territorio que habita.

El valor paisajístico se refiere al valor otorgado por los habitantes de un territorio a la percepción visual que tienen de su paisaje. Este valor en general está asociado a su belleza natural y al carácter único y representativo que se le asigne. Considerando lo anterior, el OdV quedaría definido por la presencia de sitios que tienen un alto valor paisajístico desde el punto de vista de los habitantes del correspondiente territorio.

Tabla resumen

En la Tabla 5.107 se puede observar un resumen de las características más relevantes del OdV.

Tabla 5.107.ODV C.2.3. Sitios de alto valor paisajístico

<table>
<tr><td colspan="3">Número y nombre del OdV
C.2.3: Sitios de alto de valor paisajístico</td></tr>
<tr><td colspan="3">Definición
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.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Variable descriptora
N° de sitios de alto valor paisajístico
Variable proxy[63]</td><td colspan="2">Tipo y fuente de información</td></tr>
<tr><td>Información secundaria:</td><td>Información cartográfica de base, fotografías satelitales y la “Guía de</td></tr>
</table>

[63] Esta variable proxy se utilize como indicador de la precensia de sitios de alto valor paisajístico cuando no pudo obtenerse información respecto a la variable descriptora (ver sección metodología)

Alto valor paisajístico		evaluación de impacto ambiental: Valor paisajístico en el SEIA"
	Fuente secundaria:	SEA - Google Earth (imágenes satelitales de alta resolución espacial) - Secretaría Ejecutiva SNIT - Servicio de Información Territorial Biblioteca del Congreso Nacional - Catastro de uso de suelo de CONAF
	Información primaria	Resultados de entrevista con apoyo cartográfico: Sitios de alto valor paisajístico identificados y espacializados
	Fuente primaria:	Informantes clave con alto grado de conocimiento del territorio desde el punto de vista de su paisaje visual, posiblemente encargados de turismo.

Fuente: elaboración propia

Metodología

Para obtener la información que describe este OdV se utilizó una combinación de dos aproximaciones metodológicas. En primera instancia se realizaron reuniones de trabajo con apoyo cartográfico, a nivel comunal, a informantes clave con un alto grado de conocimiento del correspondiente territorio. Considerando la escala local asociada a la realización de estas actividades, parte del área de estudio quedó sin información sobre sitios de alto valor paisajístico por no contar con la presencia de informantes clave con alto grado de conocimiento del territorio. Para aquellas SSC que estuvieron en esta situación, se utilizó una segunda aproximación metodológica, que consistió en la aplicación de una adaptación de la "Guía de evaluación de impacto ambiental: Valor paisajístico en el SEIA" (SEA, 2013). Esta adaptación de la guía funcionó como sustituto para la valoración que tienen los propios habitantes del territorio respecto de su paisaje visual, y también fue aplicada en el caso en que se consideró que algún entrevistado no fue representativo de las diferentes visiones de los habitantes el territorio, o en caso de que hubiese existido otro sesgo importante asociado a las reuniones de trabajo grupales.

Reuniones de trabajo con apoyo cartográfico.

Las reuniones de trabajo se llevaron a cabo en las capitales comunales de las comunas de Los Lagos, Panguipulli, Río Bueno, Lago Ranco, Futrono, Puyehue, Puerto Octay, Palena, Chaitén y Futaleufú. Estas comunas fueron seleccionadas debido a que se emplazaban en zonas de las cuencas caracterizadas por poseer una alto potencial hidroeléctrico. Por lo tanto, es importante tomar en cuenta, al analizar el alcance de la información recabada, que las comunas con un bajo potencial hidroeléctrico identificado no fueron consideradas como fuentes de información primaria. En la cuenca del río Puelo no se realizó levantamiento de información, decisión tomada por el Ministerio de Energía dada la contingencia social del territorio.

La información asignada a este OdV se levantó con encargados de turismo de las municipalidades, operadores del rubro turístico y/o informantes clave que presentaban un alto conocimiento respecto al OdV y del territorio en el que habitaban. Para cada reunión de trabajo se utilizó un mapa a escala de la comuna que permitiese visualizar los hitos paisajísticos importantes dentro de ésta. Al respecto, a cada uno de los participantes se les indicó que identificaran en los mapas todos aquellos lugares que tuviesen un alto valor paisajístico. Es importante tener en cuenta que, en estricto rigor, las preguntas se plantearon de otra manera, de modo de disminuir el sesgo asociado a la forma en que el entrevistado interpretó lo preguntado. Las características que tuvieron estas instancias son detalladas en el Anexo digital 10.0, donde también se explica la forma en que se estructuró y sistematizó el proceso de recopilación de información primaria asociada a este OdV.

Como resultado de esta actividad se obtuvo una cartografía del área de estudio con la cobertura de los distintos sitios de alto valor paisajístico y del "área conocida", además de los criterios utilizados por los entrevistados para elegir estos sitios. Estos criterios describieron de qué atributos visuales del paisaje proviene su “belleza natural” y su carácter único y representativo y, por lo tanto, permitieron validar los resultados obtenidos y asegurar su coherencia con la aplicación de la segunda aproximación metodológica. Además, esta información permitió establecer independientemente las "unidades o sitios de alto valor paisajístico", y por lo tanto es esencial para determinar el número de sitios diferentes por SSC. Así, finalmente, las SSC fueron atributadas con el número de sitios de alto valor paisajístico que les fueron identificados.

Sobre la adaptación de la “Guía de evaluación de impacto ambiental: valor paisajístico en el SEIA”

Como resultado de la aplicación de esta guía se obtuvo, para efectos de completar este OdV, por SSC, una categorización de la calidad paisajística (destacada, alta, media o baja) a partir de un análisis y valoración de sus atributos biofísicos y de su grado de naturalidad. A continuación se describe con mayor detalle la metodología establecida a partir de la adaptación de esta guía.

Según la guía, “una zona con valor paisajístico es aquella que, siendo perceptible visualmente, posee atributos naturales que le otorgan una calidad que la hace única y representativa”. Esta calidad única y representativa proviene de una determinada combinación de atributos que define el carácter del paisaje. La calidad visual del paisaje se define como el grado de excelencia que éste tiene y se mide a partir de la valoración de sus atributos.

La metodología para determinar si la SSC tiene alto valor paisajístico se basó en una selección y combinación de las distintas etapas de la guía para finalmente determinar si la SSC poseía o no un alto valor paisajístico. Durante el desarrollo de este proceso se eliminó la consideración de ciertos atributos y características de la metodología del SEA que no fueron pertinentes o representaron un nivel de detalle que no era el requerido de acuerdo a los objetivos que planteaba el desarrollo del OdV.

Como primer paso se definió el carácter del paisaje de la SSC. Este dependió de la macrozona en la que se encontraba y fue definido por los supuestos respectivos de cada una de ellas, que son descritos en el Anexo 3 de la guía (páginas 76-80). La distribución espacial de las distintas macrozonas pueden revisarse en la Figura 3 de la guía (página 19).

En segundo lugar, se llevó a cabo la descripción de los atributos del paisaje de la SSC. Estos fueron identificados y descritos a partir del análisis de cartografías de uso de suelo, imágenes satelitales, fotografías de terreno y/o bibliografía. Luego, éstos fueron valorados en términos de si otorgaban a la SSC una calidad única y representativa, en coherencia con los supuestos asociados a la macrozona correspondiente. Para esto se utilizó la Tabla 5.108, que entrega criterios más precisos para valorar los atributos de acuerdo a los supuestos de la macrozona. Finalmente, los atributos del paisaje de cada SSC quedaron clasificados según su calidad visual como Destacada, Alta, Media o Baja.

En relación con la disponibilidad de información secundaria, con la escala del estudio y con la magnitud del área de trabajo, los atributos biofísicos evaluados fueron relieve, agua, vegetación y nieve, y además se agregó el atributo estructural naturalidad. A continuación se describen brevemente estos atributos y la forma en que fueron levantados.

De acuerdo a la guía del SEA, los atributos deben evaluarse para unidades de paisaje presentes en el área de influencia de un proyecto, que para este caso está representada por la unión de cuencas visuales en las que se observa esta intervención. Considerando que en el presente estudio debe hacerse una evaluación del paisaje en un área completa, y no sólo asociada a la visión de elementos puntuales, es que la unidad de análisis debió cambiarse. La unidad de análisis utilizada fueron pequeñas cuencas hidrográficas (en adelante micro-cuencas) asociadas a tramos de la red hídrica, de modo que se diera cuenta de una condición más homogénea que en la SSC y de una escala más cercana a las cuencas visuales, teniendo además la ventaja de cubrir toda la superficie de las cuencas de estudio. Estas unidades fueron construidas a partir de la red de drenaje entregada para este estudio por el IGM, y del modelo digital de elevación ASTER de 30 metros de resolución espacial.

El relieve se define como la "percepción visual de las variaciones geomorfológicas del paisaje en función de su tipo, pendiente y orientación". Para describir este atributo se usó el "*multiresolution index of valley bottom flatness*" (MRVBF) (Gallant y Dowling, 2003)[64] para evitar la sub-valoración de cumbres de baja pendiente, y para poder abordar de mejor forma el carácter cualitativo del tipo de rasgo geomorfológico, que ofrecía dificultades para la automatización del proceso. El resultado de este método fue comparado con el uso de una combinación de altitud (para dar cuenta del tipo de rasgo) y pendiente, y se determinó que el primero era más adecuado para

[64] Gallant, J. C., y T. I. Dowling (2003), A multiresolution index of valley bottom flatness for mapping depositional areas, Water Resour. Res., 39, 1347, doi:10.1029/2002WR001426, 12.

describir las categorías de la guía. Considerando esto se definieron umbrales para los valores del índice de acuerdo a la interpretación de imágenes satelitales y conocimiento del área, incluyendo además en la clase Calidad Destacada aquellas altitudes de más de 1000 metros, y usando una función logarítmica del valor del índice para desconcentrar sus valores más altos. Así, cada micro-cuenca quedó atributada con una "calidad paisajística del relieve" según la categoría a la que corresponda la mayor parte de su superficie, como se describe en la adaptación de la guía de la Tabla 5.108

El agua se describió como la "percepción visual de cuerpos y cursos de agua en función de su tipo, ribera, movimiento, abundancia y calidad". La descripción de este atributo se basó en la abundancia de cuerpo de aguas y a las características de la ribera de éstos. Con la cartografía de uso de suelo (inferido del Catastro del Bosque Nativo) y de la red hídrica entregada por IGM para este estudio, se estableció el porcentaje de la superficie de las micro-cuencas con cobertura de aguas, y la proporción de las riberas que tiene vegetación en cada una de éstas. Luego estos valores fueron evaluados para clasificar la micro-cuenca en alguna categoría de calidad paisajística según se describe en la Tabla 5.108.

La "percepción visual de la vegetación es reconocible en función de su cobertura, temporalidad, diversidad, calidad, estrato y follaje." En este caso la evaluación se basó en estas características, especialmente considerando la cobertura, estratos y diversidad, características que son descritas de acuerdo al uso del suelo de la cartografía del Catastro del Bosque Nativo (CBN). De esta manera, a cada uso de suelo se le asigna una calidad paisajística según lo establecido en la Tabla 5.108. Finalmente, cada micro-cuenca es atributada con la calidad paisajística que tenga la mayoría de su superficie.

De acuerdo a la misma guía la nieve es descrita por su cobertura y temporalidad. En este caso, su caracterización se basó especialmente en la cobertura, determinada también a partir de la cartografía de uso de suelo. Luego de calcular el porcentaje de la superficie de cada micro-cuenca con nieve, estas fueron clasificadas según las categorías descritas en la Tabla 5.108.

La naturalidad valora la “percepción visual de la condición natural del paisaje, en oposición a la presencia humana, actual o pasada, que se puede apreciar en el paisaje”. Este atributo también fue descrito a partir de la cartografía de uso de suelo, asignando a cada uso de la tierra una calidad de naturalidad de acuerdo a lo descrito en la Tabla 5.108 considerando el carácter del paisaje en el área de estudio. Posteriormente a cada micro-cuenca se le asigna una calidad visual de acuerdo al nivel de naturalidad en la mayoría de su superficie.

Tabla 5.108. Calidad visual del paisaje por atributo de acuerdo a los supuestos asociados a la macrozona del área de estudio

Atributo	Destacada	Alta	Media	Baja
Relieve	Cuando en la mayor parte de la micro-cuenca hay altitudes mayores a 1000 m o valores bajos del MRVBF[1].	Cuando en la mayor parte de la micro-cuenca hay valores intermedios de MRVBF y la segunda mayor superficie es de calidad destacada.	Cuando en la mayor parte de la micro-cuenca hay valores intermedios de MRVBF y la segunda mayor superficie es de calidad baja.	Cuando en la mayor parte de la micro-cuenca hay valores altos del MRVBF.
Agua	Presencia de agua, abundancia alta y ribera con mucha vegetación	Presencia de agua, abundancia media y ribera con vegetación	Presencia de agua, abundancia baja y ribera sin vegetación	Presencia de agua, abundancia baja, ribera sin vegetación y calidad sucia o turbia
Vegetación	Cobertura permanente sobre el 75%, estrato arbóreo y diversidad alta	Cobertura permanente sobre el 50%, estrato arbóreo y diversidad alta	Cobertura permanente sobre el 25%, estrato arbustivo y diversidad media	Cobertura ocasional o estacional sobre el 25%, estrato herbáceo y diversidad baja
Nieve	Cobertura sobre 75%	Cobertura bajo 75%	Cobertura menor a 25%	Sin nieve

Naturalidad	Cualidad antrópica nula. Prácticamente no existen elementos que den cuenta de presencia antrópica: zonas agrestes, bosques nativos maduros, etc.	Cualidad antrópica baja Ciertos elementos dan cuenta de influencia antrópica: Presencia de especies exóticas, menor cobertura, síntomas de uso forestal pasado, renovales, etc.	Cualidad antrópica media. Abundancia de elementos que dan cuenta de influencia antrópica: alta presencia de especies exóticas, realización de actividades pastoriles, síntomas de erosión, paisajes despejados de vegetación, etc.	Cualidad antrópica alta. Paisaje dominado por obras de cualidad antrópica: ciudades, plantaciones, cultivos, praderas, etc.

[1]MRVBF corresponde a multiresolution index of valley bottom flatness. **Fuente: SEA (2013).**

Luego de clasificar el valor de cada atributo en las micro-cuencas, se evaluó la coherencia de este resultado con la interpretación del carácter del paisaje, y con las entrevistas de paisaje realizadas en terreno, ajustando de ser necesario ciertos aspectos metodológicos, parámetros o umbrales.

Luego, basándose en el punto 3.2.3 c de la guía (páginas 38-39), cada micro-cuenca fue clasificada como "de calidad paisajística destacada, alta, media o baja" según las categorías en que quedaron sus atributos. Cabe destacar que en la guía no se cubren todas las posibles combinaciones de atributos, por lo que se debieron modificar las reglas ahí establecidas, tomando el resguardo de que los resultados obtenidos fuesen coherentes con dicha guía, verificando, también, que estos estuviesen ajustados al carácter del paisaje para el área de estudio, y a la información levantada en el levantamiento de información primaria para este OdV.

Finalmente, las clases de las micro-cuencas son traspasadas a las SSC según la superficie que éstas cubren, de modo que se le asigna la clase que tiene la mayor cobertura. Este resultado es evaluado nuevamente de acuerdo al carácter del paisaje y la información de las entrevistas, admitiendo ciertas pérdidas de información que son evidentes en los cambios de escala (de la escala de uso de suelo a la de las micro-cuencas, y a la de las SSC). De este modo se obtiene el resultado de valor paisajístico para cada SSC.

Resultados

A partir de la información levantada en las respectivas reuniones de trabajo se obtuvo que, en general, la mayor cantidad de sitios de alto valor paisajístico identificados se concentraron en los sectores altos de las cuencas de los ríos Valdivia, Bueno y Yelcho (Figuras en Anexo digital 10.3). Al respecto, la cuenca del río Yelcho fue la que presentó el mayor número de sitios por sub-subcuenca.

Pese a que la información levantada en las respectivas reuniones de trabajo permitió caracterizar gran parte de las cuencas en estudio (a excepción de la cuenca del río Puelo), diferentes aspectos

derivados de su análisis podrían inducir a una mala interpretación de los resultados, por lo cual se decidió no utilizar dicha información para describir el OdV, quedando ésta catalogada como un resultado intermedio. Los aspectos antes mencionados son:

1. La cuantificación de la cantidad de sitios por SSC omite la valoración, en términos de importancia o relevancia, que pudiese tener un sitio en particular en relación a otro sitio o conjunto de éstos. Por ejemplo, la sección baja de la cuenca del río Yelcho está caracterizada por un número considerablemente menor de sitios de alto valor paisajístico por SSC que la zona alta de ésta misma, siendo una interpretación errónea el afirmar que la sección baja de la cuenca, al tener un menor número de sitios reconocidos, tiene menor relevancia que la sección alta.

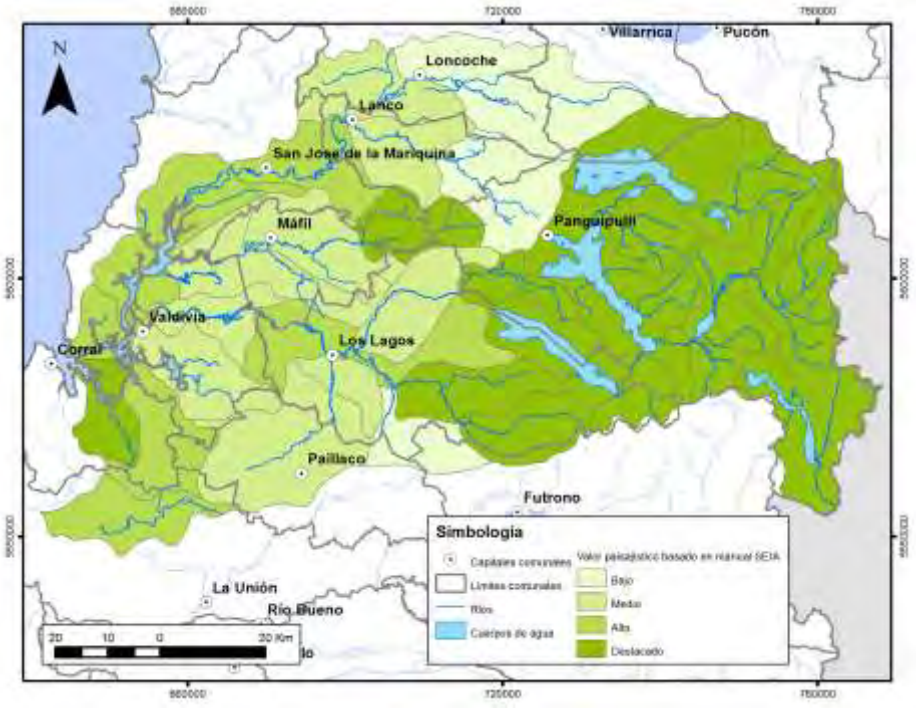
2. El número y tamaño de los sitios de alto valor paisajístico identificados en la cartografía fue función del conocimiento que los informantes clave tuvieron del territorio y del nivel de particularización que ellos hicieron de los diferentes elementos incluidos en el paisaje a valorar. Este último elemento es netamente subjetivo y sus consecuencias pueden llevar a errores de interpretación de la información contenida en el mapa.

   Por ejemplo, los informantes clave de la sección alta de la cuenca del río Yelcho (Futaleufú) representaron con gran detalle los diferentes sitios de alto valor paisajístico que identificaron en su territorio, lo que es ilustrado por el gran número de sitios con bajos tamaños de área. Al respecto, se infiere que la estrategia seguida por este grupo (o la forma que ellos tienen de identificar sitios de alto valor) fue identificar hitos particulares y de tamaño pequeño en cuanto a su área o superficie, en vez de delimitar una gran área de alto valor que incluyese un conjunto de aquellos hitos reconocidos. Por el contrario, los informantes clave de la sección baja (Chaitén) representaron grandes áreas como sitios de alto valor paisajístico lo que redundó en un bajo número de elementos por sub subcuenca. La delimitación de grandes áreas podría suponer, a opinión del presente equipo de trabajo, una estrategia en la cual se intenta representar un conjunto amplio de hitos particulares de alto valor paisajístico en una unidad única de paisaje. Por ejemplo, la selección de un tramo completo de río responde al hecho de que en dicha sección se identifican diferentes hitos o elementos de alto valor como rápidos, cascadas, diferentes formaciones de rocas y vegetación, etc. los cuales, en el caso de Futaleufú, hubiesen sido identificados y delimitados en la cartografía como sitios únicos[65].

[65]Es importante mencionar que, si se hubiese considerado como variable descriptora el área cubierta por un sitio en particular, se hubiese tenido el mismo problema pero esta vez de forma opuesta. Por ejemplo, una zona en la cual se delimitaron grandes áreas como sitios de alto valor paisajístico podría ser interpretada como una zona altamente relevante respecto a este OdV en relación a otra zona en la cual se delimitaron muchos sitios con áreas pequeñas.

Para subsanar los sesgos antes mencionados producto de la metodología utilizada y los vacíos de información, se aplicó la segunda aproximación metodológica la cual correspondió a una simulación tomando como referencia la "Guía de evaluación de impacto ambiental: Valor paisajístico en el SEIA" tal como se explicó en la sección de metodología. Al respecto, pese a que esta alternativa metodológica no incluye la participación de informantes clave, se asume una mayor objetividad en los resultados al ser éstos consecuencia de la aplicación de algoritmos únicos a todos los territorios, así de esta manera, se reduce el riesgo de que los resultados sean mal interpretados. De este modo los valores modelados fueron utilizados para describir el OdV en la totalidad de las cuencas en estudio. En las Figura 5.99, Figura 5.100, Figura 5.101 y Figura 5.102, se visualizan las SSC de los ríos Valdivia, Bueno y Yelcho, respectivamente.

Figura 5.99. C.2.3. Sitios de alto de valor paisajístico en la cuenca del río Valdivia



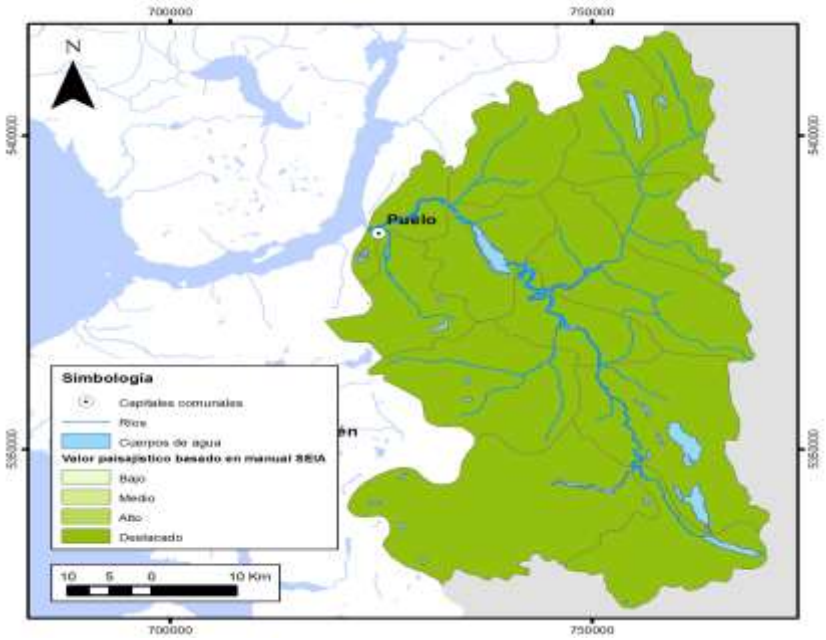
Fuente: elaboración propia

Figura 5.100. C.2.3. Sitios de alto de valor paisajístico en la cuenca del río Bueno



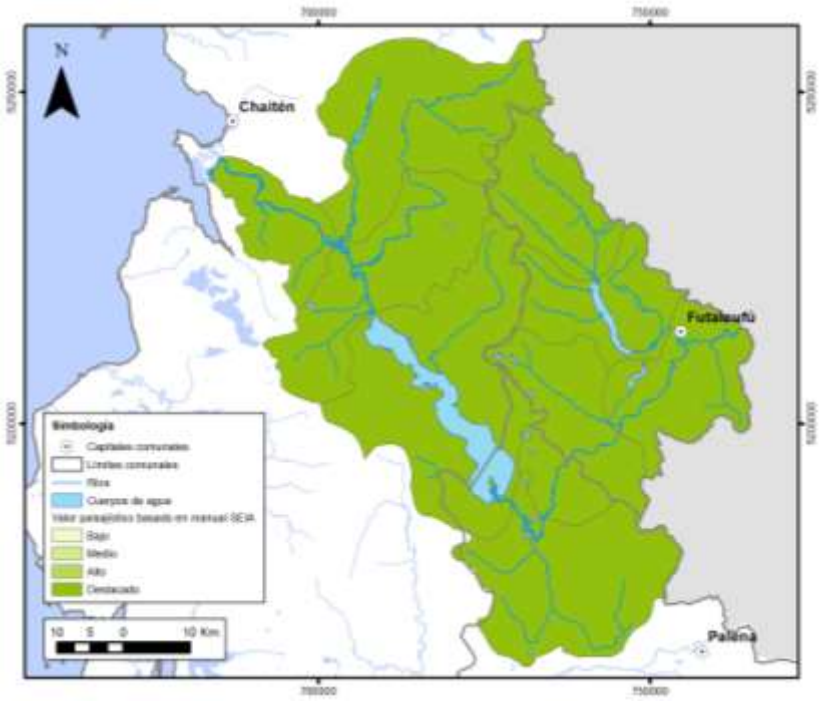
Fuente: elaboración propia

Figura 5.101. C.2.3. Sitios de alto de valor paisajístico en la cuenca del río Puelo



Fuente: elaboración propia

Figura 5.102. C.2.3. Sitios de alto de valor paisajístico en la cuenca del río Yelcho



Fuente: elaboración propia

Análisis y recomendaciones

Como fue descrito en párrafos anteriores la construcción del OdV mediante modelación cartográfica se justificó como una alternativa que supuso la obtención de resultados más "objetivos" al considerar supuestos únicos para todas las cuencas bajo estudio. Sin embargo, la valoración del paisaje obtenida mediante esta metodología está hecha desde una mirada externa al territorio analizado y no corresponde a la valoración propia que un habitante o comunidad pudiese dar a los paisajes que caracterizan al territorio habitado por éste o éstas.

Al respecto, el resultado obtenido puede interpretarse sólo como valor escénico "neutro", basado en supuestos objetivos y pragmáticos (ej. presencia de agua, cubierta vegetal prístina, etc.), obviando el anclaje cultural que este tiene con las comunidades que habitan el territorio en donde el paisaje fue valorado.

En adición a lo anterior, es importante mencionar que la "Guía de evaluación de impacto ambiental: Valor paisajístico en el SEIA" posee una orientación relativamente pragmática basada en un conjunto de criterios *a priori* que responde a una visión conservacionista de la naturaleza. En este sentido la valoración del paisaje, resultante de la aplicación del modelo antes descrito, tiene la gran limitante de invisibilizar el reconocimiento, por ejemplo, de paisajes indígenas, rurales, y urbanos

Dicho lo anterior, para el perfeccionamiento de este OdV será clave el levantar nuevamente información primaria con representantes de la comunidad que posean un alto grado de vinculación y conocimiento del territorio que habitan. Para esto puede ser utilizada como información base aquella que fue levantada con la comunidad durante el desarrollo del presente estudio y que encuentra disponible en la sección de Anexo digital 10.3.

Bajo este escenario es importante señalar que la expresión de la variable descriptora de este OdV como "número de sitios con alto valor paisajístico" corresponde a una aproximación que tiene como una de sus principales desventajas el no tomar en cuenta la importancia que cada sitio tiene en relación a otro o a un conjunto de estos. En otras palabras la variable actualmente utilizada para describir este OdV da cuenta de la existencia pero no de la importancia de un sitio o de un conjunto de sitios en relación a otros, lo que para el caso del presente OdV condicionó la no utilización de la información primaria levantada para describirlo.

En síntesis, este OdV se encuentra caracterizado de forma completa con información secundaria derivada de la aplicación de un ejercicio de modelación cartográfica, tomando como referencia la "Guía de evaluación de impacto ambiental: Valor paisajístico en el SEIA".

Pese a que la información recabada desde informantes clave en las cuencas permitió caracterizar gran parte del territorio incluido en las cuencas de Valdivia, Bueno y Yelcho, la descripción del OdV mediante la cuantificación del número de sitios de alto valor paisajístico por SSC no es suficiente para caracterizar el valor paisajístico de las SSC y puede fácilmente llevar a una mala interpretación de la información contenida en los mapas, catalogando por ejemplo, como "zonas

de baja relevancia" en términos de valor paisajístico a aquellas que están conformadas por SSC atributadas con un bajo número de sitios en relación a otras caracterizadas por poseer un alto número de sitios.

Es importante señalar que, metodológicamente, se puede perfeccionar el resultado obtenido, mediante la realización de entrevistas y reuniones de trabajo con apoyo cartográfico a una amplia muestra que represente los distintos grupos sociales presentes en el área de estudio. Esto permitirá mejorar la precisión para evaluar el valor de las distintas unidades de paisaje, y así establecer las unidades territoriales que tienen un alto valor paisajístico desde el punto de vista de la comunidad residente en el territorio estudiado.

5.2.5 **OdV Productivos**

Esta clase de objetos corresponden a actividades que utilizan recursos escasos (bienes económicos), como son el suelo y los recursos hídricos, para un desarrollo productivo o generar un servicio con retribución económica. A diferencia de las categorías anteriores, estos objetos, típicamente, no necesitan de la tutela o protección del estado, pero, igualmente, entregan un valor (servicio, bien) a la sociedad. (Ministerio de Energía, 2015).

Para el caso del presente estudio no se considera la Actividad Minera. Al respecto, si bien esta actividad económica es relevante a nivel nacional, se debe considerar que la importancia de este sector económico en el área de estudio (regiones de Los ríos y Los Lagos) es nula. En efecto, de acuerdo a las estadísticas del Banco Central de Chile (2015), para el periodo 2008-2013, el aporte que el sector minero hizo al PIB regional fue igual a 0. Respaldando lo anterior, los catastros mineros publicados por SERNAGEOMIN para los años 2012 y 2013 muestran que tanto la Región de Los Ríos como la Región de Los Lagos no poseen explotaciones mineras activas.

No obstante lo anterior, si se considera la relevancia del sector a nivel nacional, y el hecho de que el Atlas de Faenas Mineras (SERNAGEOMIN, 2012) identifica un acotado número de pequeñas explotaciones, que dependiendo de la condiciones de mercado, podrían reactivarse, no deja de ser importante considerar este OdV para futuras actualizaciones del presente estudio.

En esta categoría se definen cinco OdV:

P.1 Producción agrícola

P.2 Producción forestal

P.3 Servicios sanitarios

P.4 Actividad turística

P.5 Actividad acuícola

5.2.5.1 ***ODV P.1. Producción agrícola***

Introducción

A nivel nacional, el año 2013, el sector agropecuario silvícola representó un 2,59% del PIB (INE, 2014). Si bien parte importante de este sector productivo es representado por la agricultura de riego con aguas superficiales, en el área de estudio esta pierde importancia relativa ante el secano.

No obstante lo anterior, la actividad sigue siendo un objeto a valorar, desde el punto de vista productivo, en el contexto del presente trabajo, en tanto es una actividad susceptible de verse afectada por un potencial desarrollo hidroeléctrico, si se considera la competencia que podría existir por los recursos hídricos superficiales que ambos sectores requieren para su funcionamiento. Así, este OdV es representa la relevancia del sector agrícola que riega con aguas superficiales, desde el punto de vista productivo.

Tabla resumen

En la Tabla 5.109 se puede observar un resumen de las características más relevantes del OdV.

Tabla 5.109. ODV P.1: Producción agrícola

<table>
<tr><td colspan="3">Número y nombre del OdV
P.1 Producción agrícola</td></tr>
<tr><td colspan="3">Definición
Relevancia productiva del sector agrícola, específicamente en cuanto a la producción que es generada a partir de riego con aguas superficiales.</td></tr>
<tr><td rowspan="5">Proxy
Valor económico (anual bruto) estimado de la producción agrícola regada con agua superficial por sub-subcuenca</td><td colspan="2">Tipo y fuente de información</td></tr>
<tr><td>Información secundaria:</td><td>Información de superficies de cada cultivo a nivel de distrito censal, información de rendimientos de cada cultivo disponibles a nivel de distrito censal, información de rendimientos medios de los cultivos sin rendimiento disponible en el censo para el área de estudio, información de precios de cada producto agrícola a partir de estadísticas, información de uso de riego a nivel de distrito censal e información de fuente de aguas para riego según derechos de agua espacializados en sus puntos de captación.</td></tr>
<tr><td>Fuente secundaria:</td><td>ODEPA - DGA - Bibliografía agronómica- Catastro de Bosque Nativo de CONAF</td></tr>
<tr><td>Información primaria</td><td>No requiere</td></tr>
<tr><td>Fuente primaria:</td><td>No aplica</td></tr>
</table>

Fuente: elaboración propia

Metodología

Para obtener la información de valor económico de la producción agrícola por SSC que utiliza riego con aguas superficiales se recopiló información secundaria, la cual se relacionó bajo ciertos supuestos para poder generar el proxy que es requerido.

En primer lugar se recopiló información referente a los precios y la producción de cada uno de productos cultivados en el área de estudio, a una escala que permitió atribuir cada una de las SSC. Los precios de cada producto agrícola fueron obtenidos a partir de registros estadísticos realizados por distintos organismos oficiales vinculados al área (especialmente de la Oficina de

Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA); (ODEPA, s.a.(a)). La producción de los cultivos fue estimada a partir del área destinada a cada uno, estableciendo la relación que existe entre ambas variables a través de información del rendimiento medio de los respectivos cultivos para el área de estudio (ODEPA, s.a.(b)).

Para llevar a cabo lo anteriormente propuesto, se obtuvo la superficie asociada a cada cultivo que estuviese regada con aguas superficiales. Al respecto, la información más detallada sobre superficies de cada cultivo proviene del Censo Agropecuario de 2007, disponible a través de ODEPA, y está a nivel de distrito censal (DC), sin embargo, no discrimina si los cultivos son regados o no (ODEPA, 2007). No obstante , el Censo Agropecuario sí entrega información sobre la superficie total de riego por DC, independientemente del cultivo. Considerando lo anterior, se determinó la superficie regada de los cultivos que no tienen esta información mediante la Ecuación 1, bajo el supuesto de que la zona regada mantiene la misma proporción en los cultivos del DC cuya parte regada es desconocida.

$$\mathbf{R_i} = \frac{\mathbf{r_i}}{\mathbf{T_i}} \qquad \textit{Ecuación 1}$$

Donde:
R_i es el factor asociado a la aplicación de riego en el distrito *i*. Su valor es 1 si se cuenta con información de superficie de riego para el cultivo.
r_i es la superficie agrícola regada en el distrito *i* (ha).
T_i es la superficie agrícola total del distrito *i* (ha).

Esta ecuación permite establecer la superficie regada de cada cultivo por DC, pero no permite distinguir qué proporción de aquellos cultivos son regados con aguas superficiales y qué proporción es regada con aguas subterráneas. Al respecto, en el registro de derechos de agua de la DGA (DGA, 2015) existe la información de los derechos de agua superficiales y subterráneos con la ubicación de sus respectivos puntos de captación. Considerando esto, se estimó la superficie regada con aguas superficiales de cada cultivo según el factor descrito en la Ecuación 2, basándose en un nuevo supuesto: que la proporción entre la superficie regada con aguas superficiales y subterráneas de un DC es igual a la proporción existente entre la cantidad de derechos sobre aguas superficiales y subterráneas que existen para un mismo DC. Así, por ejemplo, si un DC tiene 15 ha de riego, 5 l/s de derechos de aguas subterráneas y 10 l/s de derechos de aguas superficiales, se asume que de las 15 ha de riego, 5 son regadas con aguas subterráneas y 10 con aguas superficiales.

$$\mathbf{F_i} = \frac{\mathbf{v_i}}{\mathbf{V_i}} \qquad \textit{Ecuación 2}$$

Donde:
F_i es el factor asociado al uso de aguas superficiales en el distrito *i*.
v_i es el volumen de derechos de aguas para riego principalmetne agrícola de fuentes superficiales captados en el distrito *i* (l/s).
V_i es el volumen de derechos de aguas para riego principalmente agrícola captados en el distrito *i* (l/s).

Respecto a esto último, cabe destacar que el registro de la DGA no siempre detalla el uso del agua, y por lo tanto se tuvo que descartar aquellos titulares que no fuese probable que usaran sus derechos para riego agrícola (empresas sanitarias, hidroeléctricas, etc.). No obstante lo anterior, no se podría aplicar este criterio sobre titulares particulares, sesgándose de este modo el resultado que se obtiene de este factor.

Aunque mediante el procedimiento anterior se puede inferir la superficie asociada a cada cultivo regado con aguas superficiales a nivel de DC, esta información debe ser traspasada a las SSC para determinar el proxy asociado a este OdV. Para atributar las SSC con la información de los DC, se asignaron las superficies agrícolas de los DC a las respectivas SSC según la proporción establecida por las "superficies agrícolamente productivas" de intersección entre estos, como describe la Ecuación 3 y 4, basándose en un tercer supuesto: los distintos cultivos se distribuyen homogéneamente en estas "superficies agrícolamente productivas". Aunque esto, en la práctica no sucede, es necesario asumirlo para poder realizar la reasignación de los cultivos agrícolas.

$$\mathbf{A_{jk}} = \sum_{\mathbf{i=1}}^{\mathbf{m}} \mathbf{D_{ij}} \cdot \mathbf{R_i} \cdot \mathbf{F_i} \cdot \mathbf{S_{ik}} \qquad \textit{Ecuación 3}$$

Donde:
A_{ik} es el área estimada del cultuvo *j* en la sub-subcuenca *k* (ha).
R_i es el factor asociado a la aplicación de riego en el distrito *i*. Su valor es 1 si se cuenta con información de superficie de riego para el cultivo *j*.
F_i es el factor asociado al uso de aguas superficiales en el distrito *i*.
S_{ik} es el factor asociado al porcentaje de la superficie agrícolamente productiva del distrito i que es parte de la sub-subcuenca k.
D_{ij} es la superficie del cultivo *j* en el distrito *i* según describe el censo agropecuario (ha).

$$\mathbf{S_{ik}} = \frac{\mathbf{s_{ik}}}{\mathbf{sap_i}} \qquad \textit{Ecuación 4}$$

Donde:
S_{ik} es el factor asociado al porcentaje de la superficie agrícolamente productiva del distrito *i* que es parte de la sub-subcuenca *k*.
s_{ik} es la superficie agrícolamente productiva del distrito *i* que intersecta la sub-subcuenca *k* (ha).
sap_i es el total de superficie agrícolamente productiva en el distrito *i* (ha).

Las "superficies agrícolamente productivas" correspondieron a aquellas zonas que podrían albergar usos agrícolas de acuerdo al Catastro de Bosque Nativo (CBN) de CONAF (estos usos de suelo en el área de estudio, generalmente, son catalogados en el CBN como *tierras agrícolas* o como algún tipo de *praderas*). De este modo se descartó que los cultivos del censo estuviesen ubicados en superficies que en la práctica tienen bosques nativos, plantaciones forestales, matorrales, usos urbanos, rocas, humedales, zonas ribereñas, etc. De manera particular los usos de suelo seleccionados fueron los siguientes: terrenos de uso agrícola, rotación cultivo-pradera, praderas perennes, praderas anuales, matorral pradera semidenso, matorral pradera denso, matorral pradera abierto, estepa patagónica y estepa andina central.

La consideración de los distintos cultivos se realizó de acuerdo a los grupos establecidos en el censo: cereales, semilleros, forrajeras anuales, forrajeras permanentes, frutales mayores, frutales menores, leguminosas y tubérculos, industriales principales, industriales anuales, industriales permanentes, hortalizas y flores. Al respecto, se calculó qué especies tenían una mayor presencia en la zona (al menos 10 ha por SSC) para seleccionar aquellos cultivos que definirían los parámetros de sus grupos respectivos. Es decir, los rendimientos y precios de cada tipo de cultivo correspondieron al promedio de estos parámetros para los cultivos de ese grupo que tienen al menos cierta superficie en el área de estudio.

Finalmente, para obtener el proxy se relacionaron las superficies de cada cultivo con sus respectivos rendimientos para obtener las producciones mediante la Ecuación 5. Luego, se relacionaron estas producciones por SSC con los precios establecidos para los respectivos productos agrícolas utilizando la Ecuación 6.

$$\mathbf{C_{jk} = Q_j \cdot A_{jk}} \qquad \textit{Ecuación 5}$$

Donde:
C_{jk} es la producción que hay del cultivo *j* en la sub-subcuenca *k*.
Q_j es el rendimiento anual del cultivo *j* por unidad de superficie.
A_{jk} es el área estimada del cultuvo *j* en la sub-subcuenca *k* (ha). Esta se obtiene como la sumatoria del área del cultivo j los m distritos que intersectan la sub-subcuenca *k*.

$$\mathbf{I_k = \sum_{j=1}^{n} P_j \cdot C_{jk}} \qquad \textit{Ecuación 6}$$

Donde:
I_k es el ingreso económico (pesos) total de la sub-subcuenca *k* asociado a la producción de los n cultivos que se desarrollan en esta.
P_j es el precio en pesos por unidad de producción (usualmente masa) del cultivo *j*.
C_{jk} es la producción que hay del cultivo *j* en la sub-subcuenca *k*.

Para efectos de su representación espacial, se estableció el nivel de relevancia de esta variable, categorizándola en tres clases (Alta, Media o Baja) mediante la metodología de *Natural Breaks* descrita por Jenks (1967). Este método se basa en la distribución de los datos y se caracteriza por agrupar los valores similares maximizando las diferencias entre las clases. Por lo tanto, los límites o umbrales para separar las clases son aquellos en donde hay diferencias considerables entre los valores de los datos. Es importante señalar que este método permite comparar entre cuencas las categorías (del OdV) relativas a cada una de estas, pero no sería adecuado para comparar sus valores absolutos, ya que los umbrales para las clases serán distintos.

Resultados

La Figura 5.103, Figura 5.104 y Figura 5.105 presentan los resultados del levantamiento de información para el OdV en las cuencas de los ríos Valdivia, Bueno y Yelcho, respectivamente (la

categorización del proxy se muestra en la Tabla 5.110. En relación a la cuenca del río Puelo, ésta no presentó agricultura que se abasteciera de agua de riego desde fuentes superficiales.

Tabla 5.110. Clases que categorizan al OdV P.1 mediante el método *Natural Breaks* (Jenks 1967)

Clase	Cuencas			
	Valdivia	**Bueno**	**Puelo**	**Yelcho**
	Millones de pesos[1]			
Baja	0 - 90	0- 367	---	0
Media	90 - 237	367- 1,107	---	0- 13
Alta	237- 618	1,107- 2,544	---	13- 22

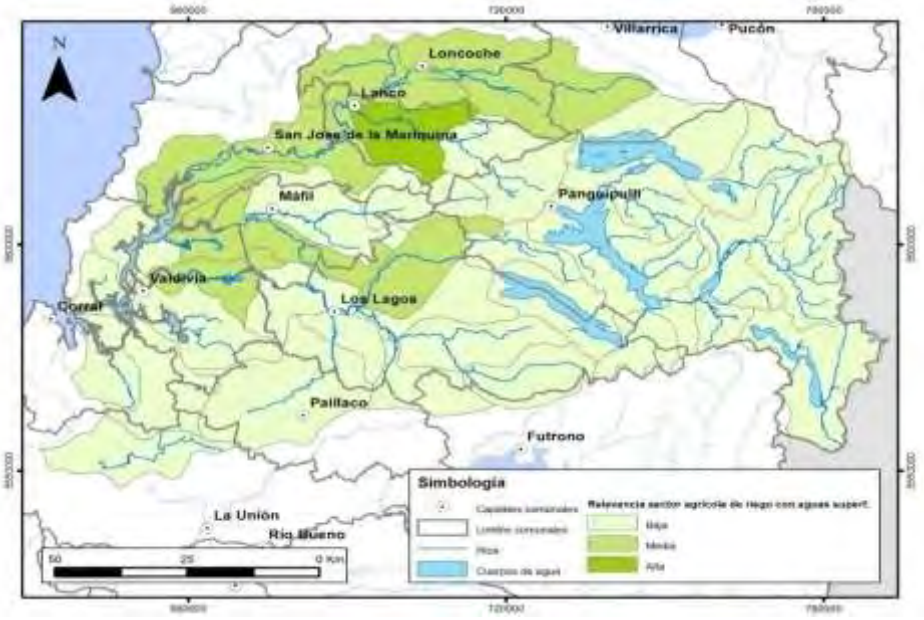
[1] Debido a que la inferencia del valor económico involucró la aplicación de una serie de supuestos (ver metodología), éstos solo deben ser interpretados de manera referencial por que pudiesen no representar de manera exacta la realidad.

Fuente: elaboración propia

La relevancia de la actividad agrícola en términos de su valor económico en las cuencas de los ríos Valdivia y Bueno es mayor en la sección media-baja de ambas cuencas en relación a las SSC de cabecera. De manera particular, las SSC localizadas en la zona norte de la cuenca del río Valdivia son las que muestran la mayor relevancia económica de esta actividad en la cuenca. Similar patrón describe la cuenca del río Bueno, sin embargo, en esta cuenca es posible distinguir una mayor área cubierta por SSC en la cual la actividad agrícola es regada con agua superficial, en términos económicos, tiene una relevancia baja. Respecto a la cuenca del río Yelcho, la sección alta de la cuenca, en la cual se emplaza la localidad de Futaleufú, es la que presenta la mayor relevancia económica en relación a este OdV.

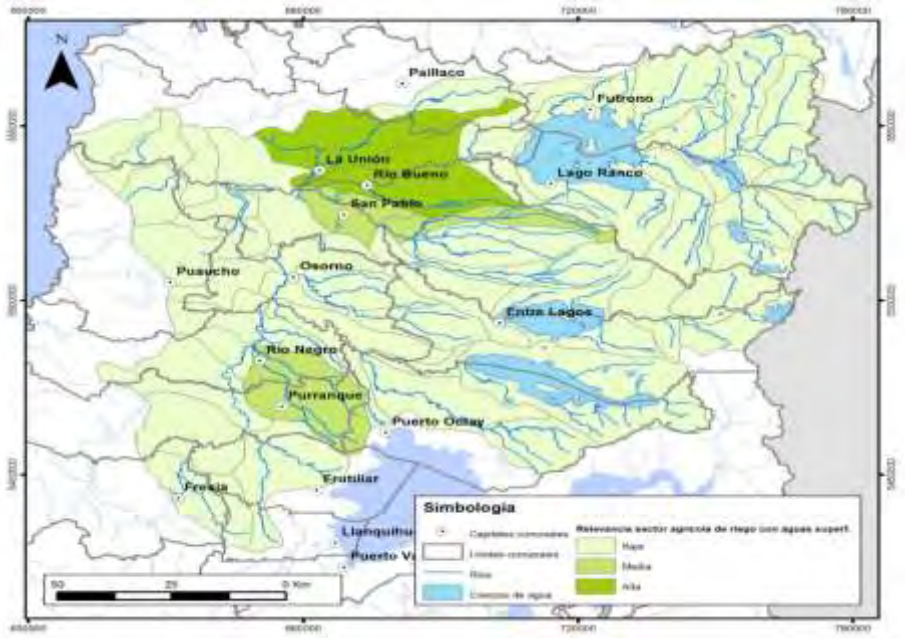
Un mayor detalle respecto a la información atributada a cada SSC se muestra en la tabla de atributos del proyecto SIG entregado junto al presente informe.

Figura 5.103. P.1. Producción Agrícola. El proxy corresponde a relevancia económica de la actividad agrícola regada con aguas superficiales en la cuenca del río Valdivia. La relevancia económica (expresada en ingresos brutos) está categorizada como Alta, Media y Baja



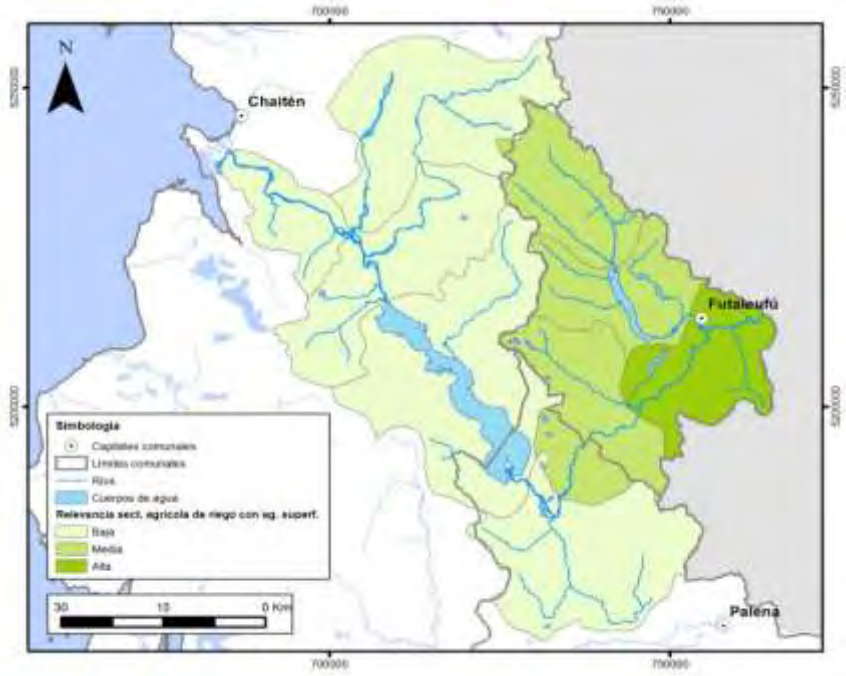
Fuente: elaboración propia

Figura 5.104. P.1. Producción Agrícola. El proxy corresponde a relevancia económica de la actividad agrícola regada con aguas superficiales en la cuenca del río Bueno La relevancia económica (expresada en ingresos brutos) está categorizada como Alta, Media y Baja



Fuente: elaboración propia

Figura 5.105. P.1. Producción Agrícola. El proxy corresponde a relevancia económica de la actividad agrícola regada con aguas superficiales en la cuenca del río Yelcho. La relevancia económica (expresada en ingresos brutos) está categorizada como Alta, Media y Baja



Fuente: elaboración propia

Análisis y recomendaciones

Es importante señalar que la información entregada respecto a este componente del OdV debe ser tomada sólo como una referencia general de la relevancia económica que caracteriza a esta actividad en el área de estudio. Los supuestos por los cuales se estimaron los ingresos a nivel de SSC son lo suficientemente arbitrarios y generales como para entregar una estimación gruesa en función de estadísticas, relativamente desactualizadas (ej. Censo Agropecuario de 2007), en combinación con variables de rendimiento promedio y superficies de cultivos regadas con aguas superficiales.

Con el objeto de mejorar la descripción de este OdV, es importante el reconocer su variabilidad tanto espacial como temporal, especialmente, en lo relacionado con los precios asignados a cada producto agrícola, los cuales repercuten, tanto en los ingresos que la actividad puede generar anualmente, como en las superficies, sembradas o plantadas, derivadas de este incentivo económico. En adición a lo anterior, es clave tener acceso a información que permita cuantificar, tanto la superficie, como el rendimiento de cada cultivo a nivel de predio y discriminar la fuente de agua para riego asociada a esta unidad de producción. Cabe señalar que, esta información involucra la realización de un nuevo censo agropecuario, tarea que escapa a los objetivos del presente estudio y de las atribuciones que posee el Ministerio de Energía.

Para efectos de evitar una malinterpretación de la información mostrada, es importante, también, tener en cuenta los siguientes puntos:

- Las clases Baja, Media y Alta solo indican la relevancia económica del OdV, en términos de ingresos valorados en pesos. La categoría Baja no indica, necesariamente, ausencia del OdV, sino que sólo expresa una menor importancia relativa de éste en relación a su relevancia en otras SSC categorizadas como relevancia Media y Alta.

- El proxy utilizado para describir este OdV no permite estimar la probabilidad de afectación de una explotación agrícola dentro de una SSC.

- La metodología utilizada para construir el OdV es diferente a la utilizada por el equipo PUC-TECO en las cuencas de los ríos Maule, Biobío y Toltén. En dichas cuencas la existencia de una gran red de infraestructura de riego extrapredial, permite, a través de la identificación de bocatomas, discriminar de forma más objetiva la fuente de recursos hídricos para riego. Debido a la carencia de este tipo de infraestructura, la cual responde al desarrollo de un tipo diferente de agricultura (de secano), condicionaron la elección de supuestos arbitrarios para discriminar el tipo de riego por cultivo en las cuencas de estudio.

Como conclusión, el OdV fue valorado económicamente tomando en cuenta información extraída del Censo Agropecuario de 2007, información sobre derechos de agua consuntivos de la DGA, información económica desde ODEPA y Catastro del Bosque Nativo de CONAF. Al respecto, la relevancia de la actividad agrícola, en términos de su valor económico en las cuencas de los ríos Valdivia y Bueno, es mayor en la sección media-baja de ambas cuencas en relación a su sección alta. En la cuenca del río Puelo no se logró identificar agricultura bajo riego con fuentes superficiales de recursos hídricos. En la cuenca del río Yelcho, las sub subcuencas localizadas en la sección alta de la cuenca se caracterizaron por poseer una actividad agrícola más relevante, en términos económicos, en relación a la sección media-baja. Es importante mencionar que, la valoración económica hecha en el presente estudio debe ser utilizada como información referencial de carácter general y no debe interpretarse de otra manera.

5.2.5.2 *ODV P.2. Producción forestal*

Introducción

La relevancia de la actividad forestal desde el punto de vista productivo surge como un objeto de valoración en el contexto del presente estudio, ya que, este sector productivo presenta gran dominio del territorio en el área de estudio, por lo que podría verse afectado ante un potencial desarrollo hidroeléctrico, ya sea desde el punto de vista de competencias por uso de suelo o como parte del sistema productivo territorial. En este sentido, se busca identificar la importancia de una actividad forestal económicamente productiva que es valorada por la sociedad. Para identificar la

relevancia del sector forestal desde el punto de vista productivo, se desarrolló una aproximación metodológica, que si bien, no considera el uso de bosque nativo (ya que no están disponibles las estadísticas de producción requeridas), usa como proxy el valor económico asociado a la producción forestal.

Tabla resumen

En la Tabla 5.111, se puede observar un resumen de las características más relevantes del OdV.

Tabla 5.111. ODV P.2.Producción forestal

Número y nombre del OdV P.2. Producción forestal		
Definición Relevancia económica del sector forestal		
Proxy Valor económico (anual bruto) estimado de la producción de plantaciones forestales.	**Tipo y fuente de información**	
	Información secundaria:	Catastro de bosque nativo actualizado, registro de CONAF sobre planes de manejo forestal, tablas de rendimiento de eucaliptus (Corvalán y Hernández, 2012) y pino insigne (Corvalán y Hernández, 2011) para Chile, información de la producción forestal de las regiones de la Araucanía, Los Ríos y Los Lagos de acuerdo al Anuario Forestal 2015 (INFOR, 2015), precios de los principales productos forestales al año 2015 de acuerdo a INFOR.
	Fuente secundaria:	CONAF
	Información primaria	No requiere
	Fuente primaria:	No aplica

Fuente: elaboración propia

Metodología

Para estimar el valor económico anual bruto de la actividad forestal, se multiplicó el volumen de producción de la plantación por el precio del producto derivado de ese producto. Para obtener dichas estimaciones se utilizaron como fuentes de información:

1. Tablas de rendimiento de eucaliptus (Corvalán y Hernández, 2012) y pino insigne (Corvalán y Hernández, 2011) para Chile, con el objeto de estimar el rendimiento por hectárea en el área de estudio. Tanto el eucaliptus como el pino insigne corresponden a aquellas especies forestales con mayor superficie plantada en las cuencas de estudio.

2. Superficie de bosque plantada de acuerdo al Catastro del Bosque Nativo de CONAF (Actualización 2013).

3. Información de la producción forestal de las regiones de la Araucanía, Los Ríos y Los Lagos de acuerdo al Anuario Forestal 2015 (INFOR, 2015)

4. Precios de los principales productos forestales al año 2015 de acuerdo al Instituto Forestal de Chile (INFOR) y disponibles en http://wef.infor.cl/precios/precios.php.

Los supuestos tomados en cuenta para el cálculo de valor económico bruto anual fueron:

1. Rotación de cultivos. Para producción de pulpa: 10-12 años (Eucaliptus) y 12-14 años (Pino). Para producción de madera: 15-18 años (Eucaliptus) y 20-25 años (Pino). De acuerdo al periodo de rotación considerado se estimó el rendimiento potencial por hectárea (m^3 ha^{-1}) de acuerdo a Corvalán y Hernández (2011) y Corvalán y Hernández (2012).

2. Precios de mercado promedio al año 2015 para los productos pulpa química y mecánica, madera aserrada, tableros y chapas, madera trozos de exportación y madera astillas. Estos corresponden a los principales productos producidos en el área de estudio.

3. Para estimar qué cantidad del volumen total de madera (m^3) cosechado por SSC se utiliza en la producción de los diferentes productos forestales antes mencionados, se calculó la proporción de madera por hectárea que demanda la elaboración de los diferentes productos (ej. pulpa, madera aserrada, etc.), tomando en cuenta los rendimientos promedio de los diferentes cultivos, de acuerdo a su objetivo de producción (pulpa versus madera) y la proporción de productos generados en el área de estudio el año 2015, de acuerdo al Anuario Forestal 2015.

4. Se asumió que sólo una proporción de la superficie total de bosque plantado por SSC se cosecha anualmente. Por ejemplo, para el caso de eucaliptus para pulpa, el cual tiene una rotación entre 10 a 12 años, se consideró que anualmente se cosecha entre 1/10 y 1/12 de la superficie total de la sub-subcuenca plantada con el propósito de producir pulpa.

5. En el cálculo solo se consideraron los productos madereros provenientes del bosque.Para estimar la producción forestal por SSC se usaron los productos descritos y basándose en los supuestos señalados. Las superficies forestales se obtuvieron del CBN[66] (Figura 5.105 a Figura 5.109). Las plantaciones del CBN fueron reagrupadas en 4 clases de acuerdo al Anuario Forestal: eucaliptus, pino insigne, nativas y otras exóticas.

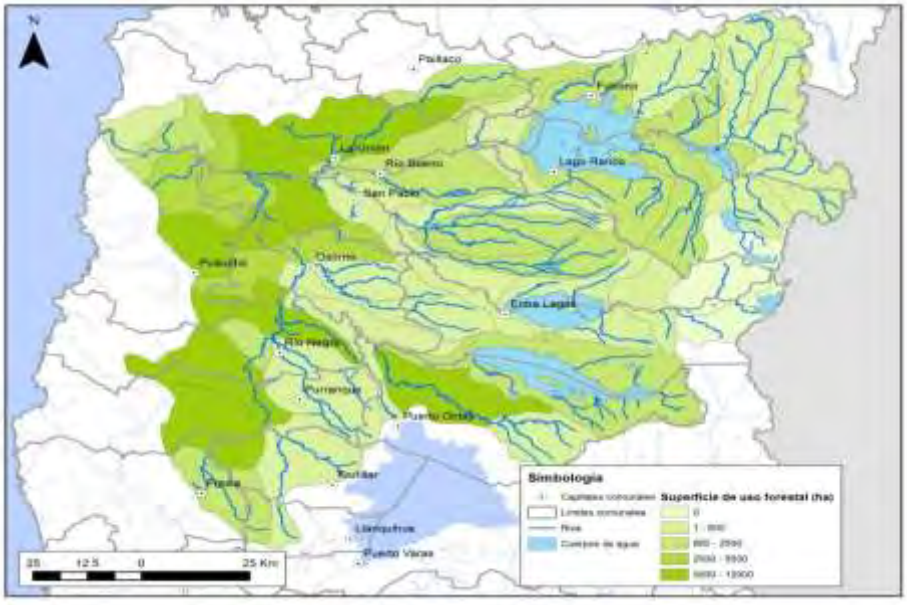
[66] El Catastro de Bosque Nativo de CONAF. si bien identifica plantaciones forestales y bosque nativo, no discrimina aquellas superficies de bosque nativo que son sujeto de manejo o explotación de productos madereros o no madereros. Considerando lo anterior se solicitó a CONAF la información de la ubicación y superficies asociadas a los planes de manejo registrados. En Anexo digital 10.3 se muestra el detalle de la estimación de superficie de bosque nativo manejado con fines productivos.

Figura 5.106. Superficie forestal de la cuenca del río Valdivia.



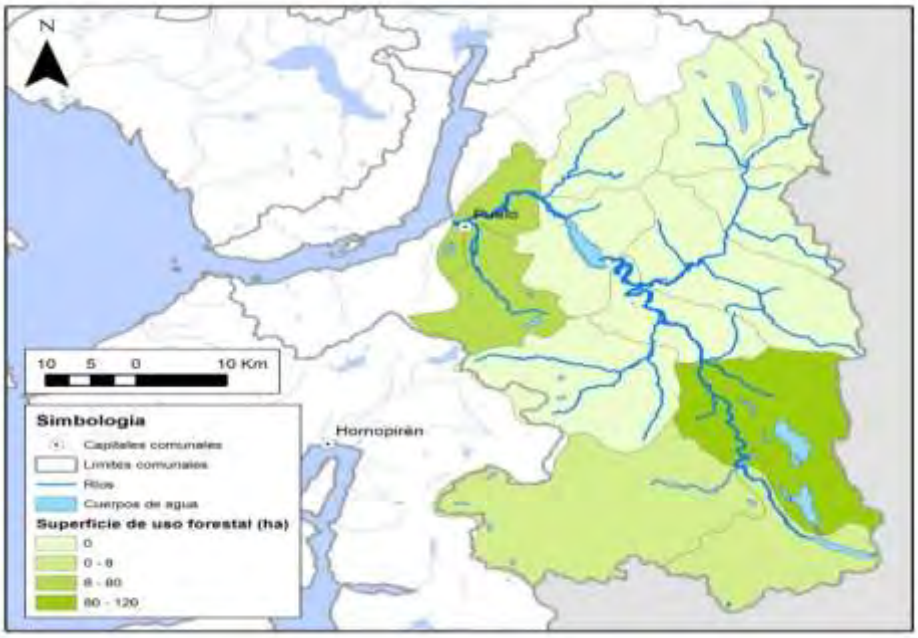
Fuente: elaboración propia

Figura 5.107. Superficie forestal de la cuenca del río Bueno



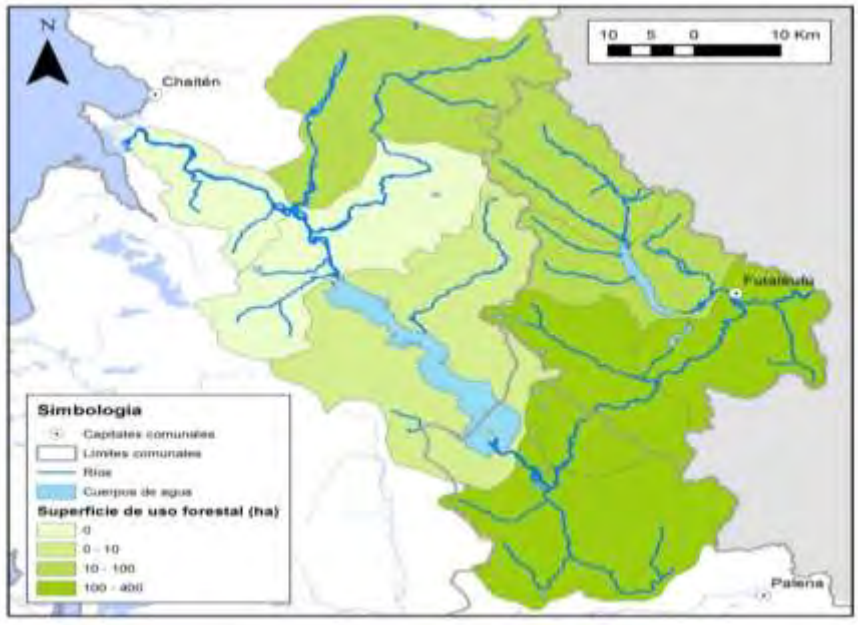
Fuente: elaboración propia

Figura 5.108. Superficie forestal de la cuenca del río Puelo



Fuente: elaboración propia

Figura 5.109. Superficie forestal de la cuenca del río Yelcho



Fuente: elaboración propia

Para estimar las proporciones de la superficie plantada, dedicadas a pulpa o madera, se usó la información de volúmenes que son destinados a la producción de cada uno de estos productos por región, de las superficies plantadas con cada especie por región y de los rendimientos particulares de cada especie, según describe la Ecuación 1. Este ejercicio fue realizado sólo para pino radiata y eucaliptus, ya que en el Anuario Forestal se considera el 100% de la producción de las otras clases como destinadas a madera.

Para determinar la proporción de la superficie de pino radiata y eucaliptus que es destinada a la producción de pulpa (el porcentaje restante es destinado a madera, o bien se puede invertir los subíndices "p" y "m"):

$$P_{per} = \frac{\frac{V_{per}}{R_{pe}}}{\frac{V_{per}}{R_{pe}} + \frac{V_{mer}}{R_{me}}} \qquad \textit{Ecuación 1}$$

Dónde,

P_{per}: Proporción de la superficie de plantaciones de especie "e" que son destinadas a pulpa en la región "r" (%).

V_{per}: Volumen de producción destinada a pulpa de la especie "e" en la región "r" de acuerdo al Anuario Forestal (m^3).

R_{pe}: Rendimiento estimado en la rotación de pulpa de la especie "e" en la región "r" $\left(\frac{m^3}{ha\ año}\right)$.

V_{mer}: Volumen de producción destinada a madera de la especie "e" en la región "r" de acuerdo al Anuario Forestal (m^3).

R_{pe}: Rendimiento estimado en la rotación de madera de la especie "e" en la región "r" $\left(\frac{m^3}{ha\ año}\right)$.

Luego de agrupar los usos de suelo, se obtuvo la superficie de cada una de las cuatro clases de plantaciones en cada SSC. En el caso del pino radiata y eucaliptus, se obtuvo además la superficie que es dedicada a pulpa y madera. Luego, con las tablas de rendimiento se calculó el volumen de producción de cada especie que es destinada a pulpa o madera para cada SSC. Estos productos son utilizados para distintos subproductos de la industria: pulpa química y pulpa mecánica en caso de la pulpa, y la madera de forma aserrada, en tableros y chapas, en trozos, en astillas, en postes y polines y en otros formatos. A partir del Anuario Forestal, se obtuvieron los porcentajes del volumen de madera y pulpa que va a cada uno de estos subproductos. Estos valores cambian para las 4 clases de plantaciones.

Con esta información se obtuvo el volumen de producción forestal, destinado a la obtención de cada subproducto, en cada SSC. No obstante, en la conversión de la materia prima cosechada a cada subproducto hay una relación que determina los cambios de masa y o volumen implícitos en

este proceso. Para considerar esto último se aplico un factor de conversión del "metro ruma" a cada subproducto obtenido de INFOR[67].

Luego de aplicar este factor, se contó con la información de la cantidad estimada de cada subproducto que es producida en cada SSC. Posteriormente se obtuvo, para cada subproducto, y para cada tipo de plantación, el porcentaje de su producción que era destinada al mercado nacional e internacional. Además, se obtuvo de las fuentes descritas, un valor estadístico estimado para el valor económico de cada subproducto en ambos mercados. Así, luego de ajustar las unidades de producción de los subproductos con las unidades a las que se asociaba su precio, se obtuvo el valor económico asociado a cada subproducto, en cada SSC.

Finalmente, se agrega, por SSC, el valor económico, estimado, asociado a los distintos subproductos y tipos de cultivos. El valor estimado de la producción anual del sector forestal en una SSC "i" fue calculado por intermedio de la Ecuación .

$$VSSC_i = \sum_{e=1}^{4}\sum_{m=1}^{2}\left(\sum_{sp=1}^{2} S_{ie}\cdot P_{per}\cdot R_{pe}\cdot P_{esp}\cdot F_s\cdot M_{esp}\cdot V_{espm} + \sum_{sm=1}^{6} S_{ie}\cdot P_{per}\cdot R_{pe}\cdot P_{esm}\cdot F_s\cdot M_{esm}\cdot V_{esmm}\right) \quad \textit{Ecuación 2}$$

Dónde,

$VSSC_i$: Valor estimado de la producción anual del sector forestal en la SSC "i" (pesos).

S_{ie}: Superficie de la clase de plantación "e" en la SSC "i" (ha).

P_{per}: Proporción de la superficie de plantaciones de especie "e" que son destinadas a pulpa en la región "r" (%).

R_{pe}: Rendimiento estimado en la rotación de pulpa de la especie "e" en la región "r" $\left(\frac{m^3}{ha\ año}\right)$.

sp: Subproductos asociados a la pulpa.

sm: Subproductos asociados a la madera.

m: Mercado (interno y externo).

P_{esp}: Proporción de la producción destinada a pulpa que es destinada a cada subproducto de la pulpa (%), para la especie "e".

P_{esm}: Proporción de la producción destinada a madera que es destinada a cada subproducto de la madera, para la especie "e" (%).

F_s: Factor de conversión del metro ruma (m^3) al respectivo subproducto (cambia la unidad de medida dependiendo del subproducto).

M_{esp}: Proporción de la producción del subproducto "sp" asociado a plantaciones de la especie "e" que es destinada al mercado "m"(%).

M_{esm}: Proporción de la producción del subproducto "sm" asociado a plantaciones de la especie "e" que es destinada al mercado "m"(%).

[67] http://wef.infor.cl/herramientas/herramientas.php

V_{espm}: Precio asociado a la unidad del sub producto "sp" asociado a plantaciones de la especie "e" en el mercado "m" (las unidades deben quedar como pesos chilenos y ser coherentes con la unidad de medida del respectivo subproducto).
V_{esmm}: Precio asociado a la unidad del sub producto "sm" asociado a plantaciones de la especie "e" en el mercado "m" (las unidades deben quedar como pesos chilenos y ser coherentes con la unidad de medida del respectivo subproducto).

Importante es tener en cuenta, que la valoración económica de la actividad forestal relacionada con la explotación del bosque nativo, no se pudo llevar a cabo debido a la ausencia de información, principalmente relacionada a los rendimientos por unidad de superficie.

Para efectos de su representación espacial se estableció el nivel de relevancia de esta variable, categorizándola en tres clases (Alta, Media o Baja) mediante la metodología de *Natural breaks* descrita por Jenks (1967). Este método se basa en la distribución de los datos y se caracteriza por agrupar los valores similares maximizando las diferencias entre las clases. Por lo tanto los límites o umbrales para separar las clases son aquellos en donde hay diferencias considerables entre los valores de los datos. Es importante señalar que este método permite comparar entre cuencas las categorías (del OdV) relativas a cada una de estas, pero no sería adecuado para comparar sus valores absolutos, ya que los umbrales para las clases serán distintos.

Resultados

En la Figura 5.110, Figura 5.111, Figura 5.112 y Figura 5.113 se muestra la relevancia económica de la actividad forestal en cada cuenca. La categorización del proxy se muestra en la Tabla 5.112.

Tabla 5.112. Clases que categorizan al OdV P.2 mediante el método *Natural Breaks* (Jenks 1967)

Clase	**Cuencas**			
	Valdivia	**Bueno**	**Puelo**	**Yelcho**
	Millones de pesos[1]			
Baja	28 - 999	0 - 604	0	0
Media	999 - 2,684	604 - 1,911	---	0 - 8,4
Alta	2,684 - 5,266	1,911 - 4,268	0 - 1,9	8,4 – 20

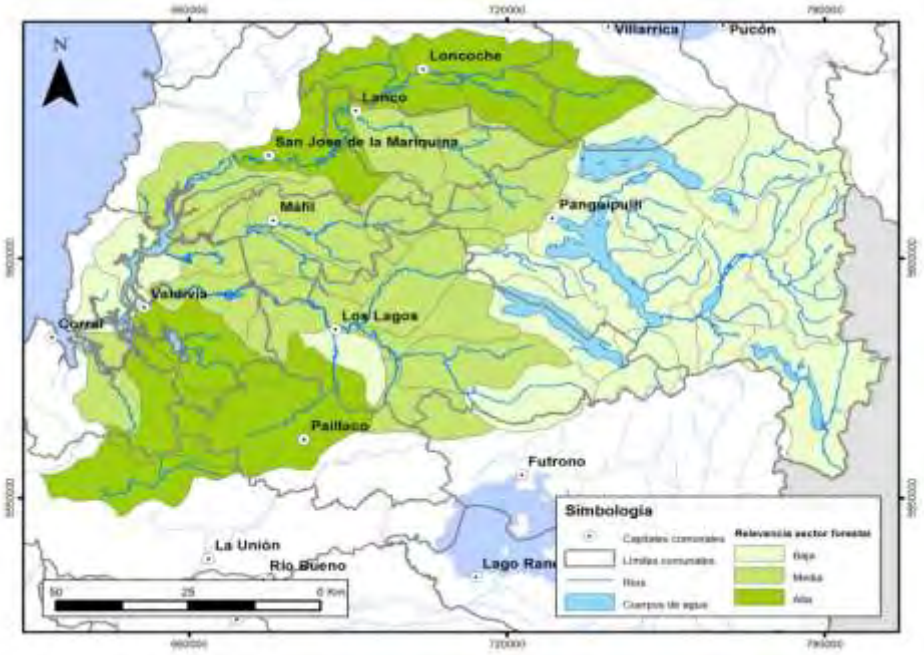
[1] Debido a que la inferencia del valor económico involucró la aplicación de una serie de supuestos (ver metodología), éstos solo deben ser interpretados de manera referencial por que pudiesen no representar de manera exacta la realidad. **Fuente: elaboración propia**

En relación a las cuencas de los ríos Valdivia y Bueno, las SSC más relevantes, en términos económicos y en relación a la actividad forestal, son las localizadas en la sección media-baja de ambas cuencas. Esto se condice con la mayor actividad forestal asociada a la explotación de plantaciones de pino y eucaliptus que caracteriza a dichas SSC.

Respecto a la relevancia del valor económico obtenido para la actividad forestal en la cuenca del río Puelo, resultó ser relativamente baja en términos del total de superficie de la cuenca. Solo la sección de desembocadura se caracteriza por tener una mayor importancia económica dentro de la cuenca.

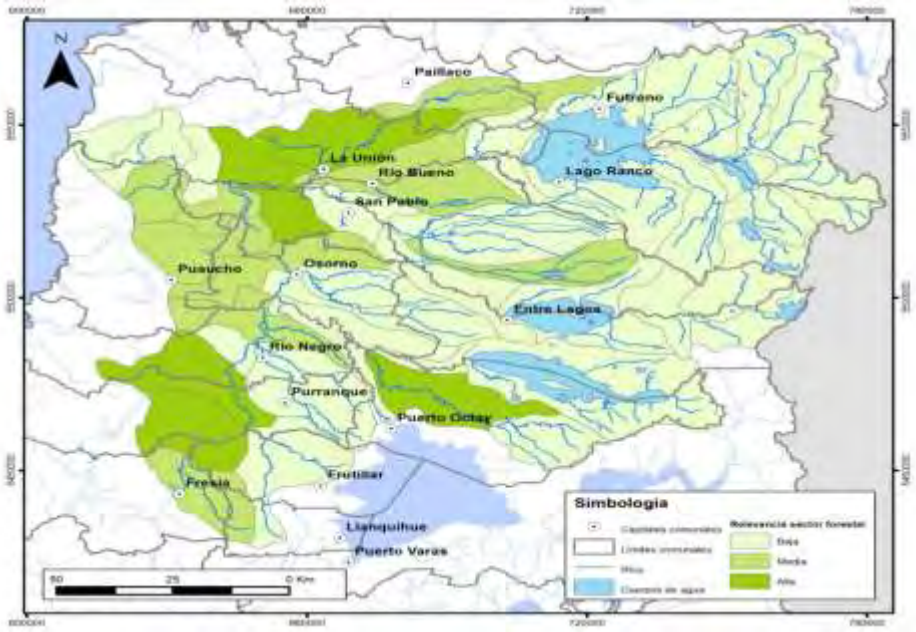
Finalmente, y en relación a la cuenca del río Yelcho, la sección media-alta se caracteriza por poseer una actividad forestal relativamente importante desde el punto de vista económico en relación a su sección baja.

Figura 5.110. P.2 Producción forestal. El proxy corresponde a relevancia económica de la actividad forestal en la cuenca del río Valdivia. La relevancia económica (expresada en ingresos brutos) está categorizada como Alta, Media y Baja



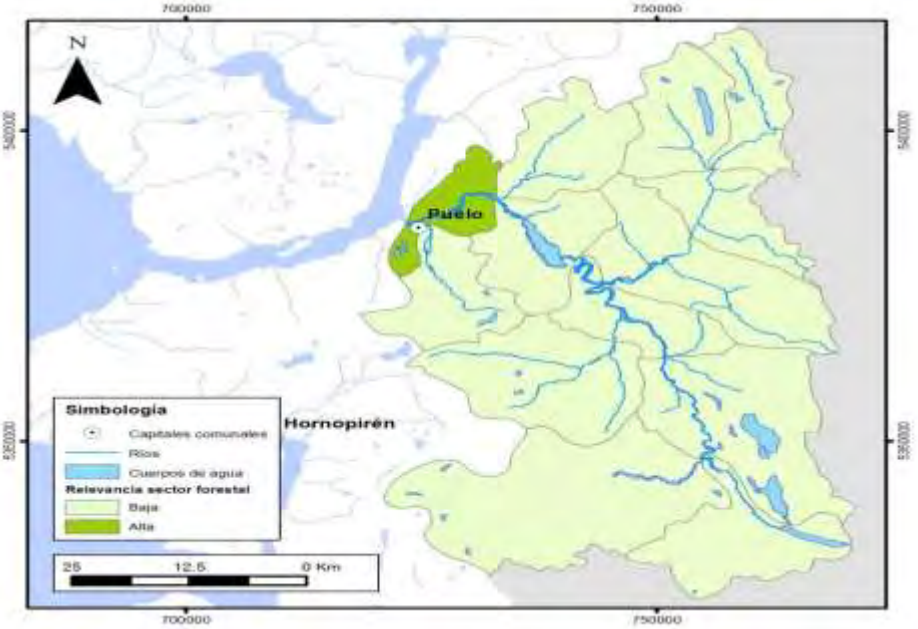
Fuente: elaboración propia

Figura 5.111. P.2 Producción forestal. El proxy corresponde a relevancia económica de la actividad forestal en la cuenca del río Bueno. La relevancia económica (expresada en ingresos brutos) está categorizada como Alta, Media y Baja



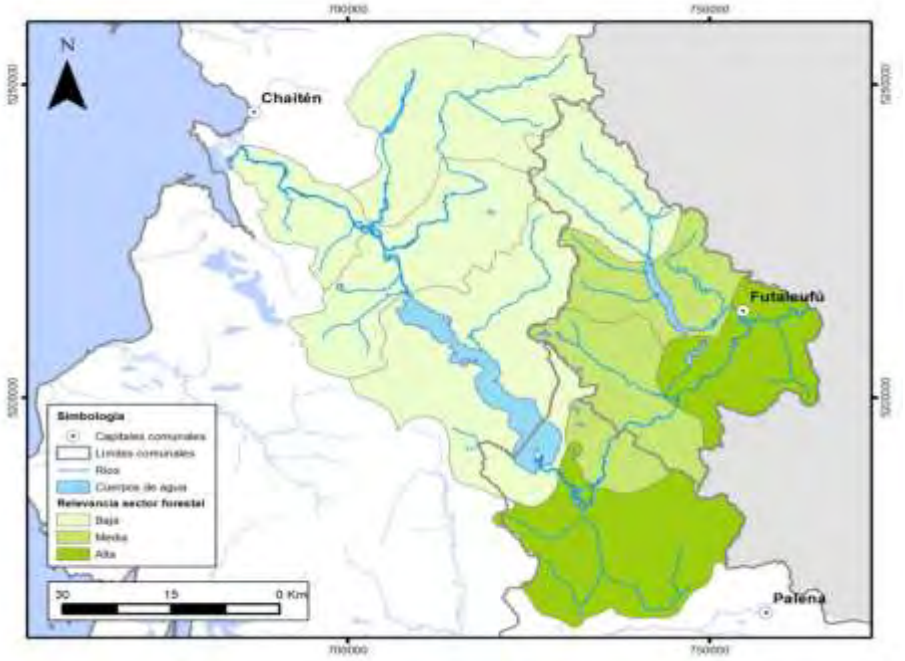
Fuente: elaboración propia

Figura 5.112. P.2 Producción forestal. El proxy corresponde a relevancia económica de la actividad forestal en la cuenca del río Puelo. La relevancia económica (expresada en ingresos brutos) está categorizada como Alta y Baja



Fuente: elaboración propia

Figura 5.113. P.2 Producción forestal. El proxy corresponde a relevancia económica de la actividad forestal en la cuenca del río Yelcho. La relevancia económica (expresada en ingresos brutos) está categorizada como Alta, Media y Baja



Fuente: elaboración propia

Análisis y recomendaciones

Es importante señalar, que la información entregada respecto a este componente del OdV debe ser tomada sólo como una referencia general del valor económico que caracteriza a esta actividad en el área de estudio. Los supuestos con los cuales se estimaron los ingresos anuales brutos a nivel de SSC son lo suficientemente arbitrarios y generales por lo que la estimación resultante es solo referencial aún cuando éstas están en función de estadísticas actuales en combinación con variables de rendimiento teórico y ciclos rotación promedio para las especies consideradas, las cuales fueron aplicadas de manera homogénea en toda la superficie forestal plantada. Además, se recalca nuevamente que esta valoración no incluyó los productos no madereros, ni la superficie manejada con fines productivos de bosque nativo, que aunque supone una explotación económica de muy baja escala, si se compara con la explotación de bosques plantados, podría alterar los valores obtenidos, especialmente en SSC con baja o nula superficie de eucaliptus y pinos plantados.

Dicho lo anterior, con el objeto de mejorar la descripción de este OdV, será clave la inclusión de información sistematizada y uniforme, a una escala adecuada que permita describir las explotaciones de productos forestales no madereros, así como información que describa la superficie y rendimientos asociados a la explotación de bosque nativo en cada una de las cuencas estudiadas.

Para efectos de evitar una malinterpretación de la información mostrada, es importante también, tener en cuenta los siguientes puntos:

- Las clases Baja, Media y Alta solo indican la relevancia económica del OdV, en términos de ingresos valorados en pesos. La categoría Baja no indica, necesariamente, ausencia del OdV, sino que sólo expresa una menor importancia relativa de éste, en relación a su relevancia en otras SSC categorizadas como relevancia Media y Alta.

- El proxy utilizado para describir este OdV no permite estimar la probabilidad de afectación de una explotación forestal dentro de una SSC.

A modo de síntesis, el OdV se considera finalizado, pero presenta falencias atribuibles a dos razones: 1) falta de información de actividades económicas no madereras que se realizan en superficies forestales y, 2) falta del rendimiento y de certeza respecto a la vigencia de los planes de manejo presentados por CONAF, respecto al bosque nativo.

A pesar de que es posible dar mayor exactitud a los resultados si se contara con una base de datos completa de los planes de manejo que incluya sus rendimientos y periodos de vigencia, se considera que, para efectos del alcance de este estudio, la información utilizada para levantar este OdV describe de manera satisfactoria la situación actual.

El OdV fue valorado económicamente, tomando en cuenta sólo la superficie plantada con especies exóticas (principalmente *Pinus radiata* y *Eucaliptus spp*).

Aunque la información base ocupada para el cálculo de los ingresos brutos es de buena calidad, tanto en su nivel de actualización como en el detalle de los indicadores sistematizados, es importante mencionar que la valoración económica hecha en el presente estudio debe ser utilizada como información referencial de carácter general y no debe interpretarse de otra manera.

5.2.5.3 *ODV P.3. Servicios sanitarios*

Introducción

Si bien en los OdV sociales (S.1) ya se valoró la importancia de los servicios sanitarios desde el punto de vista social, también existe un componente productivo de este sector que genera un beneficio económico a partir del uso de recursos hídricos, principalmente, en las zonas urbanas. Considerando que esta actividad es susceptible de verse afectada ante algún cambio en la calidad o cantidad de estas aguas, es que se vuelve un objeto de valoración en el contexto del presente estudio.

Al respecto, los servicios sanitarios incluyen el suministro de agua potable, el servicio de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales, y están ligados al suministro y posterior tratamiento de aguas de consumo urbano (domiciliario, comercial, institucional, industrial, etc.).

Tabla resumen

En la Tabla 5.113 se presenta un resumen de las características más relevantes del OdV.

Tabla 5.113. ODV P.3. Servicios sanitarios

<table>
<tr><td colspan="3">Número y nombre del OdV
P.3. Servicios sanitarios</td></tr>
<tr><td colspan="3">Definición
Relevancia económica de los servicios sanitarios</td></tr>
<tr><td rowspan="5">Proxy
Ingresos operacionales estimados por servicios sanitarios</td><td colspan="2">Tipo y fuente de información</td></tr>
<tr><td>Información secundaria:</td><td>Información financiera y operacional SISS y territorios operacionales de las empresas proveedoras de servicios sanitarios.</td></tr>
<tr><td>Fuente secundaria:</td><td>SISS</td></tr>
<tr><td>Información primaria</td><td>No requiere</td></tr>
<tr><td>Fuente primaria:</td><td>No aplica</td></tr>
</table>

Fuente: elaboración propia

Metodología

Para el levantamiento del OdV se realizó una estimación del valor económico asociado a la operación de las empresas de servicios sanitarios. Para la realización de este procedimiento se obtuvo información respecto a los ingresos (SISS, 2014a.) y territorios operacionales (SISS, 2014b) de estas empresas. El primer insumo permitió asignar un valor económico a los servicios sanitarios dados por cada empresa y el segundo permitió distribuir estos ingresos en el espacio, de modo que se puediesen atributar las SSC. Lo anterior se hace bajo el supuesto de que la densidad de clientes es homogénea, y por lo tanto, las superficies de operación de cada empresa pueden entregar una idea de la forma en la que se distribuye la prestación de servicios sanitarios en el espacio. Así, por ejemplo, si una empresa proveedora de servicios sanitarios tiene $1.000.000 por ingresos operacionales al año, 10 ha de territorio operacional en la ciudad A y 90 ha en la ciudad B, $100.000 serían asignados al territorio de la ciudad A y $900.000 a la ciudad B.

Considerando lo anterior, para determinar el OdV en las SSC, en primer lugar, se distribuyeron los ingresos de cada empresaen sus respectivos territorios operacionales de manera proporcional a la superficie ocupada por cada uno de éstos. Luego, estos ingresos fueron reasignados a las respectivas SSC en que se encontraban dichos territorios operacionales. Así, finalmente, contando con el proxy a nivel de SSC, se pudo establecer la existencia del OdV.

Las empresas que proveen de servicios sanitarios en el área de estudio son tres: Aguas Araucanía, ESSAL S.A. y Aguas Décimas. En la Tabla 5.114 se exponen las comunas provistas de servicios sanitarios y las empresas que entregan el servicio.

Tabla 5.114. Comunas con abastecimiento por empresas sanitarias

Comuna	Empresa
Villarrica	Aguas Araucanía
Loncoche	Aguas Araucanía
Panguipulli	ESSAL
Paillaco	ESSAL
Los Lagos	ESSAL
Valdivia	Aguas Decima
Lanco	ESSAL
Mariquina	ESSAL
Máfil	ESSAL
Futrono	ESSAL
Lago Ranco	ESSAL
La Unión	ESSAL
Río Bueno	ESSAL
San Pablo	ESSAL
Fresia	ESSAL
Frutillar	ESSAL
Purranque	ESSAL
Río Negro	ESSAL
Osorno	ESSAL
Futaleufú	ESSAL

Fuente: SISS (2014)

Como se observa en la Tabla 5.114 sólo 20 comunas son abastecidas por empresas sanitarias en sus sectores urbanos. El resto del territorio es abastecido por medio de comités o cooperativas de agua potable rural (APR), aguas superficiales y/o subterráneas.

En las cuatro cuencas en estudio 77 SSC no son provistas por las empresas sanitarias, ascendiendo a 25 las unidades que sí son abastecidas por estas empresas, por ende, su valor de ingresos operacionales es estimativo. Para efectos de su representación espacial, se estableció el nivel de relevancia de esta variable categorizándola en tres clases (Alta, Media o Baja) mediante la metodología de *Natural breaks* descrita por Jenks (1967). Este método se basa en la distribución de los datos y se caracteriza por agrupar los valores similares, maximizando las diferencias entre las clases. Por lo tanto, los límites o umbrales para separar las clases son aquellos en donde hay diferencias considerables entre los valores de los datos. Es importante señalar que este método permite comparar entre cuencas las categorías (del OdV) relativas a cada una de estas, pero no sería adecuado para comparar sus valores absolutos ya que los umbrales para las clases serán distintos.

Resultados

Las SSC atributadas se visualizan en la Figura 5.114, Figura 5.115 y Figura 5.116, en donde es posible observar que las unidades de mayor relevancia, en relación a los ingresos operacionales, concuerdan con las SSC con presencia de ciudades mayores, es decir, sectores con mayor número de clientes (la categorización del proxy se muestra en la Tabla 5.115). En la Figura 5.114 (cuenca del río Valdivia) y Figura 5.115 (cuenca del río Bueno) se observan en tonos más marcados los sectores de mayor relevancia respecto a los mayores ingresos operacionales, existiendo en la cuenca del Río Valdivia 14 SSC con prestación de servicios (38%) y 10 SSC en la cuenca del Río Bueno (22%).

Tabla 5.115. Clases que categorizan al OdV P.3 mediante el método *Natural Breaks* (Jenks 1967)

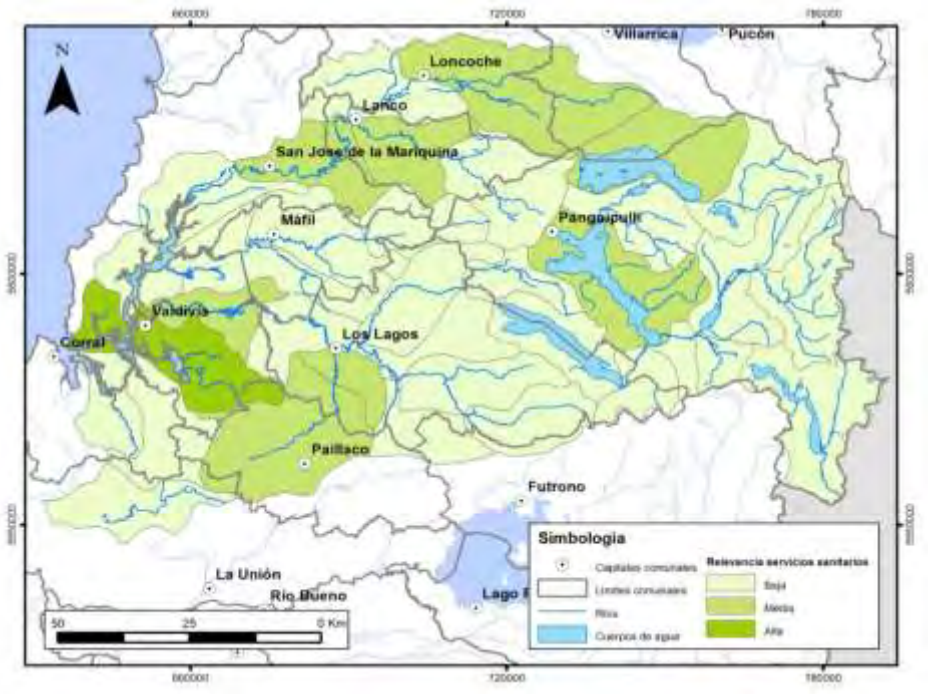
Clase	**Cuencas**			
	Valdivia	**Bueno**	**Puelo**	**Yelcho**
	Millones de pesos[1]			
Baja	0 - 356	0- 644	---	0
Media	356 - 1,402	644 - 1,889	---	---
Alta	1,402 - 4,425	1,889 - 3,858	---	0 – 169

[1] Debido a que la inferencia del valor económico involucró la aplicación de una serie de supuestos (ver metodología), éstos solo deben ser interpretados de manera referencial por que pudiesen no representar de manera exacta la realidad.

Fuente: elaboración propia

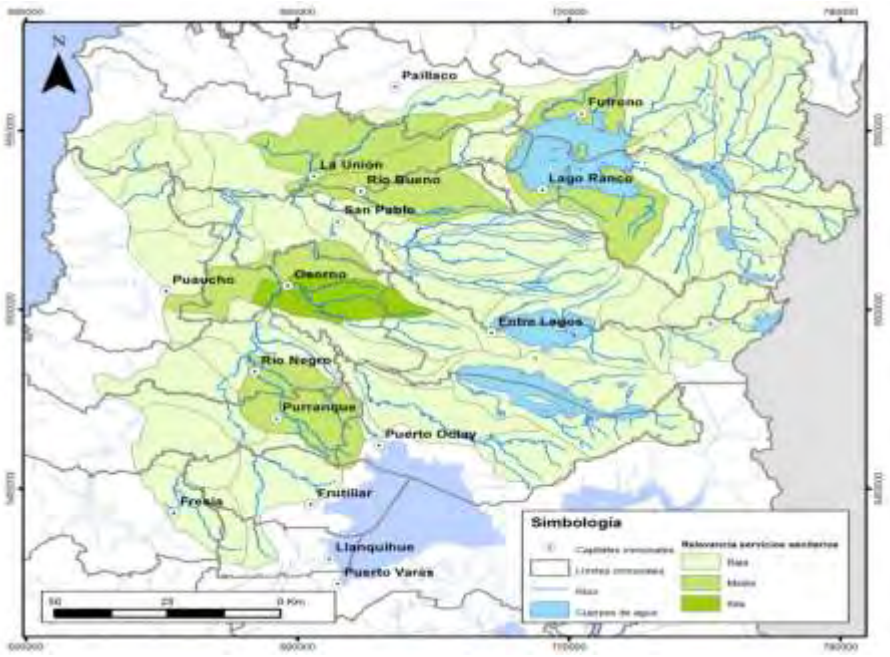
En la cuenca del río Puelo no existen unidades territoriales con registro de ingresos operacionales, debido a que sus asentamientos no son abastecidos por las empresas sanitarias. En el caso de la cuenca del río Yelcho, sólo la SSC en la que se ubica la ciudad de Futaleufú, presenta ingresos operacionales (Figura 5.116).

Figura 5.114. P.3 Servicios sanitarios. El proxy corresponde a relevancia económica del sector sanitario en la cuenca del río Valdivia. La relevancia económica (expresada en ingresos brutos) está categorizada como Alta, Media y Baja



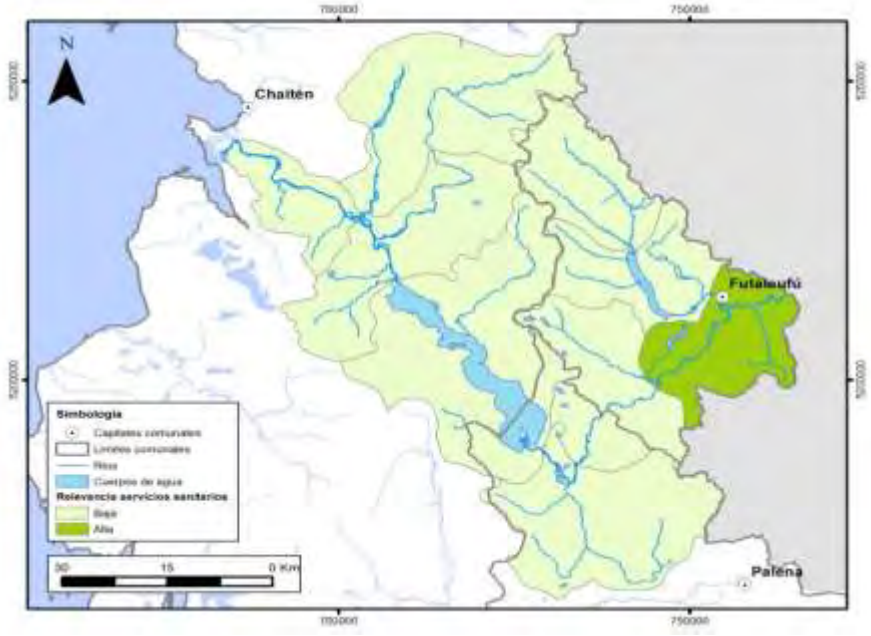
Fuente: elaboración propia

Figura 5.115. P.3 Servicios sanitarios. El proxy corresponde a relevancia económica del sector sanitario en la cuenca del río Bueno. La relevancia económica (expresada en ingresos brutos) está categorizada como Alta, Media y Baja



Fuente: elaboración propia

Figura 5.116. P.3 Servicios sanitarios. El proxy corresponde a relevancia económica del sector sanitario en la cuenca del río Yelcho. La relevancia económica (expresada en ingresos brutos) está categorizada como Alta y Baja



Fuente: elaboración propia

Análisis y recomendaciones

Para efectos de evitar una malinterpretación de la información mostrada, es importante, también, tener en cuenta los siguientes puntos:

- Las clases Baja, Media y Alta solo indican la relevancia económica del OdV, en términos de ingresos valorados en pesos. La categoría Baja no indica, necesariamente, ausencia del OdV, sino que sólo expresa una menor importancia relativa de éste, en relación a su relevancia en otras SSC categorizadas con relevancia Media y Alta.

- Los valores mostrados respecto a este OdV son estimados y consideran como supuesto la distribución homogénea de los clientes dentro de las unidades territoriales. Por lo tanto, se debe utilizar la información de manera referencial sólo para efectos del presente estudio, desestimándose su utilidad para estudios de mayor escala en las regiones involucradas.

La descripción de este OdV puede ser perfeccionada, modelando el valor económico anual generado por sector de servicios sanitarios, a partir de la información de ingresos de las empresas de servicios sanitarios asociados a cada cliente, y de la ubicación de estos clientes de modo que estas informaciones sean relacionadas, espacialmente, para atribuir cada SCC. Actualmente, tal como fue descrito en secciones anteriores, no se cuenta con la información de la ubicación de los

clientes de las empresas proveedoras de servicios sanitarios, ni se cuenta con información de los ingresos de las empresas asociados a cada cliente.

En conclusión el OdV se construyó en base a la información idónea y oficial, por lo cual se considera completo.

5.2.5.4 *ODV P.4 Actividad turística*

Introducción

La "actividad turística" se entenderá, en este caso, como una industria o sector económico que tiene la capacidad de generar riqueza mediante la provisión de servicios a personas que visitan un territorio determinado. Según la Organización Mundial de Turismo (OMT), este sector corresponde al conjunto de unidades de producción en diferentes industrias, que producen bienes y servicios de consumo demandados por los visitantes a un determinado lugar y cuya producción se vería, significativamente, reducida en ausencia de los mismos (OMT, s.a.)

En Chile el sector de turismo es considerado una actividad estratégica para el desarrollo del país y es, actualmente, sujeto de planificación y de políticas públicas. Para estos efectos, la Ley 20.423 del 2010, crea el "sistema institucional para el desarrollo del turismo", compuesto fundamentalmente por el Comité de Ministros del Turismo y la Subsecretaría de Turismo, esta última dependiente del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo.

Según consta en las definiciones estratégicas de la Subsecretaría de Turismo, su misión estratégica es "consolidar el Sistema Institucional para el desarrollo del turismo en Chile, mediante la coordinación de los actores involucrados y el diseño de los lineamientos de política pública que deberán seguir los órganos de la administración del Estado, para el fomento y desarrollo sustentable de la actividad turística en pro del mejoramiento de la calidad de vida de los chilenos y chilenas." Dentro de los objetivos estratégicos para el periodo 2014-2018, se encuentran el establecimiento de un Plan de Desarrollo Turístico Sustentable y la creación de Instrumentos para el desarrollo turístico de Zonas de Interés Turístico (ZOIT) y Áreas Silvestres Protegidas del Estado (ASPE), ambos vigentes actualmente. Se encuentra vigente además, el Fondo para el Desarrollo Turístico, con un presupuesto de US$ 100 M para el período 2014-2018 (Subsecretaría de Turismo, s.a.(a)).

Considerando la relevancia del sector, tanto desde el punto de vista económico como político, la actividad turística se vuelve un objeto de valoración en el contexto del presente estudio, considerando la posible afectación de las características del territorio, que representan atractivos desde el punto de vista del turismo, ante un potencial desarrollo hidroeléctrico. Por esto, para

tener una idea de la actividad turística desde el punto de vista productivo, se intentó cuantificar la importancia económica de esta actividad.

Tabla resumen

En la Tabla 5.116, se puede observar un resumen de las características más relevantes del OdV.

Tabla 5.116. ODV P.4. Actividad turística

<table>
<tr><td colspan="3">Número y nombre del OdV
P.4. Actividad turística</td></tr>
<tr><td colspan="3">Definición
Relevancia económica de la actividad turística</td></tr>
<tr><td rowspan="5">Proxy
• Valor económico de la inversión pública asociada a las ZOIT
• Valor económico estimado generado por la actividad turística
• Nº de atractivos turísticos
• Longitud de circuitos turísticos
• Superficie de destinos turísticos o ZOIT
• Superficie de ASPE</td><td colspan="2">Tipo y fuente de información</td></tr>
<tr><td>Información secundaria:</td><td>Ubicación de ZOIT, ASPE, destinos, circuitos y atractivos turísticos, planes de acción de las ZOIT</td></tr>
<tr><td>Fuente secundaria:</td><td>SERNATUR, corporaciones asociadas a las ZOIT</td></tr>
<tr><td>Información primaria</td><td>Entrevista con apoyo cartográfico respecto a atractivos turísticos</td></tr>
<tr><td>Fuente primaria:</td><td>Informantes clave asociados al sector turístico a nivel municipal</td></tr>
</table>

Fuente: elaboración propia

Metodología

Por su naturaleza, el sector turístico involucra una relación compleja entre los atractivos que movilizan a los visitantes a una zona determinada y la inversión pública y privada que se destina a generar servicios a esos visitantes. Por consiguiente, para aproximarse a una valoración económica de la actividad en un territorio determinado, se debe tomar en consideración ambos aspectos. En este sentido, el levantamiento del OdV que se realizó en la Primera Fase de este estudio sigue la dirección correcta al identificar los atractivos (expresados como atractivos propiamente tal, circuitos y destinos turísticos) y las zonas de interés turístico (ZOIT), entendidas estas últimas como zonas prioritarias para la inversión pública y el fomento a la inversión privada. Sin embargo, a la luz de las primeras indagaciones, en relación a las posibles fuentes de información a un nivel más específico, se identificó la necesidad de perfeccionar levemente la forma de aproximarse a la valoración de la actividad turística.

En primer lugar, puesto que uno de los objetivos estratégicos de la Subsecretaría de Turismo es la creación de instrumentos para el desarrollo de las ZOIT y de las ASPE, estás últimas deben incluirse

y valorase como un OdV asociado a la actividad turística. Aunque, la presencia de ASPE ya está considerada en OdV biológicos, en esta instancia deben interpretarse como medio para la productividad económica.

En relación a la cuantificación del valor económico de la actividad a nivel de SSC, no fue posible encontrar ninguna cuenta nacional o base de datos que pueda servir como fuente directa a esta escala de percepción. Para hacer frente a este problema, se buscó recopilar información de terreno a nivel municipal, preguntando a los encargados de los respectivos departamentos de turismo, una cifra agregada comunal que diera cuenta del valor generado por este sector. Esta información, conforme se obtuvo, se desagregó para poder atribuir las SSC a través de una entrevista con apoyo cartográfico, según se describe en el Anexo digital 10.0. Este procedimiento buscó una priorización de los atractivos en cuanto al número de visitas e ingresos generados por cada uno, de modo que el ingreso comunal por turismo pudiese distribuirse en el territorio en función de estos. Las comunas visitadas correspondieron a aquellas emplazadas en territorios que se caracterizaron por presentar un mayor potencial hidroeléctrico por cuenca (Tabla 5.117)[68].

Tabla 5.117. Comunas en donde se recabó información respecto atractivos turísticos

Cuenca	Comuna
Río Valdivia	Los Lagos Panguipulli
Río Bueno	Futrono Lago Ranco Río Bueno La Unión San Pablo Puyehue Puerto Octay
Río Yelcho	Chaitén Palena Futaleufú

Ya que el valor económico generado por servicios turísticos se mide con el levantamiento de los atractivos turísticos, resultó redundante utilizar la misma aproximación en las ZOIT, ASPE, circuitos y destinos turísticos, ya que los atractivos son parte de estas zonas y por lo tanto el valor se estaría midiendo dos veces. Por esto, los destinos turísticos, circuitos turísticos y ASPE se midieron por su presencia, del mismo modo que se hizo en el informe base: kilómetros de circuito turístico, superficie de destinos turísticos y superficie de ASPE, respectivamente, variables que fueron medidas y atribuidas a las correspondientes SSC según sus superficies de intersección, quedando así levantados estos proxy.

[68] En la cuenca del Río Puelo no se realizó levantamiento de información; decisión tomada por el Ministerio de Energía, dada la contingencia social del territorio al momento de la realización del presente estudio.

En cuanto a las ZOIT se utilizó una aproximación diferente dada la naturaleza de estas áreas, en que existe una intención por parte del Estado de incentivar su desarrollo, lo que en parte se expresa como la destinación de una inversión pública en estas zonas, lo que no estaría siendo considerado en la medición de los atractivos turísticos a través de la entrevista. En consecuencia, el valor económico asociado a las ZOIT se estimó mediante la inversión pública asociada a estas áreas, lo que corresponde a un monto definido en la planificación pública asociada a la misma. Finalmente, esta inversión de las ZOIT fue distribuida en su superficie y asignada a las SSC según las proporciones entre las superficies de intersección entre ambas capas.

A continuación se describen los principales resultados intermedios para cada uno de los proxy antes mencionados (Particularidades por cuenca y mapas asociados a cada proxy se muestran en el Anexo digital 10.3):

1. ZOIT: Desde la promulgación de la ley 20.423 en el año 2010, sólo 4 ZOIT han sido declaradas: Casablanca, Lago Rapel, Panguipulli y Lago Ranco-Futrono. De éstas, las 2 últimas pertenecen a las cuencas de los ríos Valdivia y Bueno, respectivamente. Además, existen otras tres ZOIT en el área de estudio: Valdivia-Corral (comuna de Valdivia y Corral, Región de Los Lagos), Cuencas río Cochamó-río Puelo (comuna de Cochamó y Hualaihue, Región de los Lagos) y Cuenca río Futalefú (comuna de Futaleufú y Palena, Región de los Lagos). Estas ZOIT no se consideraron en el presente estudio debido a que aún se encuentran en proceso de actualización a la nueva ley.

   La información relacionada con las inversiones destinadas a cada ZOIT fue obtenida de los Planes de Acción respectivos. En estos, las inversión de encontraban divididas en diferentes ámbitos, tales como Asociatividad entre actores relevantes, Inteligencia de mercado, Promoción y desarrollo de productos turísticos, Inversión e infraestructura, entre otros. Para dejar las inversiones a escala anual se utilizó la fecha límite establecida en su Misión/Visión (2025 para la ZOIT Lago Ranco y 2020 para Panguipulli).

2. *Atractivos turísticos:* El proxy se levantó con los encargados de turismo municipal, o bien informantes clave del sector público y comunidad, que manejaban la información requerida. En cada entrevista y/o reunión de trabajo se buscó validar los atractivos identificados por el SERNATUR (base de datos actualmente vigente), priorizarlos y recopilar los ingresos comunales por concepto de turismo. La recopilación de los ingresos comunales, oferta hotelera, y visitantes fue escasa , y en su mayoría representó entre el 30 y 40 % del turismo global de la comuna (bases de datos, en muchos casos, en formulación), esto debido a que, aproximadamente, el 70% del turismo es informal. En consideración a la baja cantidad y calidad de la información económica respecto a este proxy, se decidió no estimar su valor económico.

Respecto a la identificación de atractivos y su priorización, la actividad se llevó a cabo en todas las comunas visitadas, sin embargo, en algunas de ellas, no fue factible realizar la actividad según lo dispuesto, debido a que los entrevistados presentaban una visión territorial particular, por la que se negaron a sectorizar el territorio e identificar puntos con interés turístico. Esta situación ocurrió en algunas comunas de la cuenca del Río Bueno (ej. Lago Ranco, Futrono) en las cuales el(la) encargado(a) expuso su visión del turismo, la cual se centraba en la creación de destinos y en el posicionamiento de la cuenca (5 comunas) como atractivo turístico.

3. *Circuitos turísticos:* Los circuitos turísticos considerados aquí, corresponden a las Rutas Chile de SERNATUR, las cuales corresponden a recorridos turísticos que muestran el patrimonio natural y cultural más importante de Chile. Estas rutas trabajan con el concepto de rutas con belleza escénica en su desarrollo, y para este efecto han incorporado códigos arquitectónicos locales en obras complementarias, tales como miradores, ciclovías, zonas de servicios entre otros. (SERNATURa, s.a.).

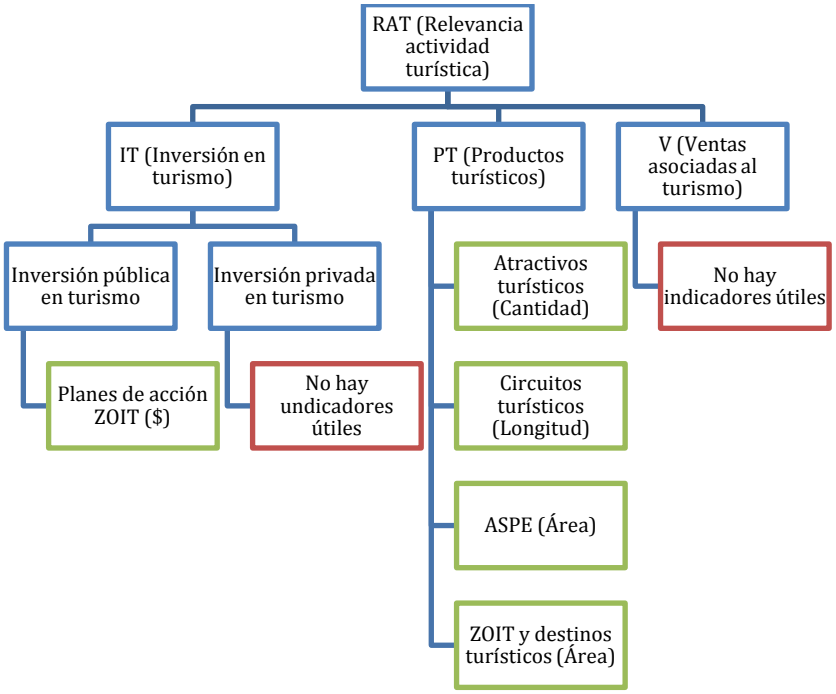
4. *Destinos turísticos:* El SERNATUR utilizó el Reglamento para la declaración de ZOIT (Decreto 172 de 2011) para definir un destino turístico. Un destino turístico es entonces un "*espacio geográfico conformado por un conjunto de atractivos turísticos naturales, culturales; servicios turísticos; equipamiento e infraestructura complementarios; condiciones de accesibilidad; imagen; recursos humanos e identidad local, que motivan el desplazamiento de turistas y el desarrollo de actividades turísticas asociadas*". Al respecto, las 4 cuencas analizadas en este estudio tienen un alto potencial turístico, ya que más de la mitad de las SSC que las componen cuentan con la presencia de alguno de los destinos turísticos establecidos por SERNATUR, siendo la cuenca del rio Yelcho, la que tiene la mayor parte de su superficie cubierta por el destino turístico Carretera Austral: Tramo Caleta Gonzalo - Futaleufú -PN Corcovado. Importante es señalar que gran parte de los atractivos turísticos en las cuencas de los ríos Bueno y Valdivia están asociados a grandes lagos como Puyehue, Rupanco, Ranco, Panguipulli, Neltume, Calafquén, Riñihue y Pirihueico.

5. *ASPES (Áreas Silvestres Protegidas del Estado):* En cuanto a la superficie de ASPES, estas se encuentran presentes en todas las cuencas de estudio. Como en los anteriores proxy turísticos, las mayores superficies se concentran en la zona media alta de la cuencas de los ríos Valdivia y Bueno, especialmente alrededor de los lagos. En la cuenca del río Puelo las mayores superficies se encuentran en el sector sur de la cuenca, así como también en la zona circúndante al lago Tagua-Tagua. Por último, en la cuenca del río Yelcho las SSC que tienen una mayor superficie de ASPEs asociada son las que rodean al lago Yelcho y el sector alto de la cuenca, en donde se emplaza la localidad de Futaleufú.

Luego de atributada cada SSC con información relacionada con los proxy atractivos, circuitos y destinos turísticos, ZOIT y ASPE, se estimó la relevancia económica de la actividad turística por SSC a través de la evaluación multicriterio (EMC). Al respecto, la EMC consideró la integración de la información de todos los proxy en tres variables que dieron cuenta de la importancia económica del OdV: la inversión en turismo, los productos turísticos, y las ventas asociadas a los productos de servicios turísticos. En cuanto a la inversión en turismo, son relevantes las ZOIT como instrumentos para que ésta se desarrolle. Respecto a los productos turísticos estos consideraron: los circuitos turísticos, atractivos turísticos, ASPE, destinos turísticos y las mismas ZOIT, aunque estas últimas, en tanto son consideradas como productos turísticos, funcionan de manera similar a los destinos.

Para describir la variable de ventas se complejizó la obtención de información útil, ya que no existen estudios estadísticos lo suficientemente detallados para la escala requerida en este trabajo. A las escalas que sí existe (ej. escala regional), esta información presentó sesgos importantes, dada el alto nivel de informalidad que caracteriza a gran parte de los servicios turísticos, lo que dificultó la realización de un levantamiento, suficientemente, completo de la información requerida. Lo descrito se esquematiza en la Figura 5.117. Entonces, tomando en consideración esto, se tiene información para dar cuenta de la inversión y de los productos turísticos, de modo que la EMC se constituye basándose en el supuesto asociado a la relación directa existente entre la relevancia de la actividad turística y la cantidad de productos turísticos e inversión en turismo por cuenca, como explica la Ecuación 1.

Figura 5.117. Variables consideradas en evaluación multicriterio para el cálculo de la relevancia de la actividad turística.



Fuente: elaboración propia

$$\boldsymbol{RAT = 0.5 \cdot IPUB + 0.5 \cdot PT} \qquad \textit{Ecuación 1}$$

Donde:

RAT= Relevancia de actividad turística en la SSC

IPUB= Inversión pública en la SSC

PT= Importancia de los productos turísticos en la SSC

Para incluir variables de características distintas en la misma ecuación, fue necesario normalizar sus valores entre 0 y 1 respecto del mínimo y máximo valor de cada variable **por cuenca** (IPUB y PT). Sin embargo, para describir PT, también se requiere utilizar una EMC, que construye la variable a partir de los productos: n° de atractivos, longitud de circuitos, superficie de ZOIT o destinos turísticos y superficie de ASPE. Esta relación asume el supuesto de la existencia de relaciones directas entre la importancia de los productos turísticos y el n° de atractivos, longitud de circuitos, superficie de ZOIT o destinos turísticos y superficie de ASPE.

$$\boldsymbol{PT = 0.25 \cdot A + 0.25 \cdot C + 0.25 \cdot ZD + 0.25 \cdot ASPE} \qquad \textit{Ecuación 2}$$

Donde:

PT= Importancia de productos turísticos en la SSC

A= N° de atractivos turísticos de la SSC, normalizado por cuenca entre 0 y 1

C= Longitud de circuitos de la SSC (km), normalizada por cuenca entre 0 y 1

ZD= Superficie de la unión de las ZOIT con destinos turísticos (ha), normalizada por cuenca entre 0 y 1

ASPE= Superficie de ASPE (ha), normalizada por cuenca entre 0 y 1

Finalmente, el valor de RAT fue normalizado entre 0 y 1 por SSC y categorizado en tres clases (Alta, Media y Baja) mediante la metodología de *Natural breaks* (Jenks 1967) para establecer la presencia del OdV en las distintas SSC del área de estudio. Este método se basa en la distribución de los datos y se caracteriza por agrupar los valores similares, maximizando las diferencias entre las clases. Por lo tanto, los límites o umbrales para separar las clases, son aquellos en donde hay diferencias considerables entre los valores de los datos. Es importante señalar que, este método permite comparar las categorías del OdV entre cuencas , pero no sería adecuado para comparar sus valores absolutos ya que los umbrales para las clases serán distintos.

Resultados

Tal como fue descrito en la sección de metodología, la relevancia de la actividad turística fue estimada mediante un análisis multicriterio, utilizando como variables proxy el valor económico de la inversión asociada a las ZOIT, el número de atractivos turísticos, la longitud de circuitos turísticos, la superficie de destinos turísticos y ZOIT y las superficies de ASPES. La Tabla 5.118 muestra la categorización de la actividad turística en tres clases.

Tabla 5.118. Clases que categorizan al OdV P.4 mediante el método *Natural Breaks* (Jenks 1967)

Clase	**Cuencas**			
	Valdivia	**Bueno**	**Puelo**	**Yelcho**
	Adimensional			
Baja	0 – 0,129	0 – 0,130	0 – 0,179	0 – 0,047
Media	0,129 – 0,336	0,130 – 0,433	0,179 – 0,626	0,047 – 0,460
Alta	0,336 – 1	0,435- 1	0,626 - 1	0,460 - 1

[1] Debido a que la inferencia la relevancia económica involucró la aplicación de una serie de supuestos (ver metodología), ésta solo debe ser interpretada de manera referencial por que pudiesen no representar de manera exacta la realidad.

Fuente: elaboración propia

Si se observa la Figura 5.117, Figura5.118, Figura 5.119, Figura 5.120, se puede ver que las SSC con mayor relevancia, respecto a la actividad turística tienden a concentrarse en las cercanías de lagos,

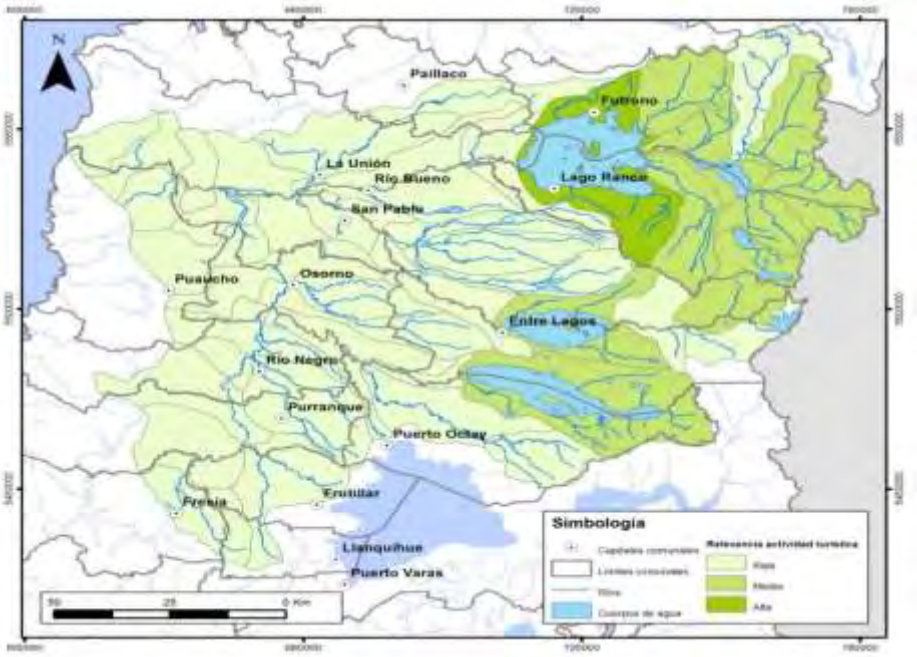
como los lagos Calafquén, Panguipulli, Riñihue y Pirihueico en la cuenca del río Valdivia; lagos Ranco, Puyehue, Rupanco y Maihue en la cuenca del río Bueno y el lago Yelcho en la cuenca del mismo nombre. En el caso de la cuenca del río Puelo, desataca en relevancia la sección media y baja de la cuenca del río Puelo (desembocadura del río en el estuario de Reloncaví).

Figura 5.118. P.4. Actividad turística en la cuenca del río Valdivia



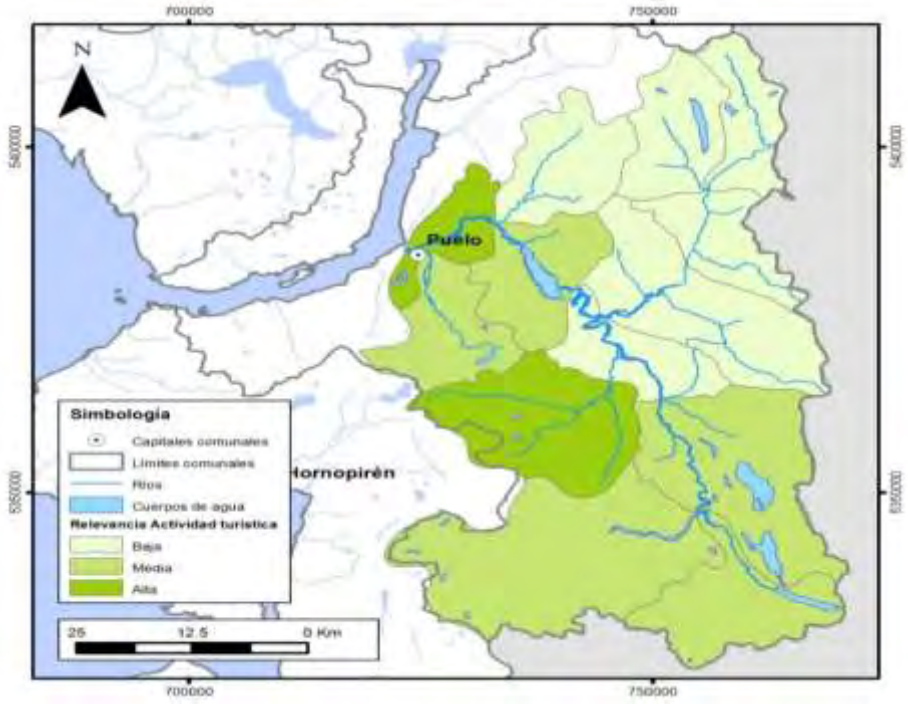
Fuente: elaboración propia

Figura 5.119. P.4. Actividad turística en la cuenca del río Bueno



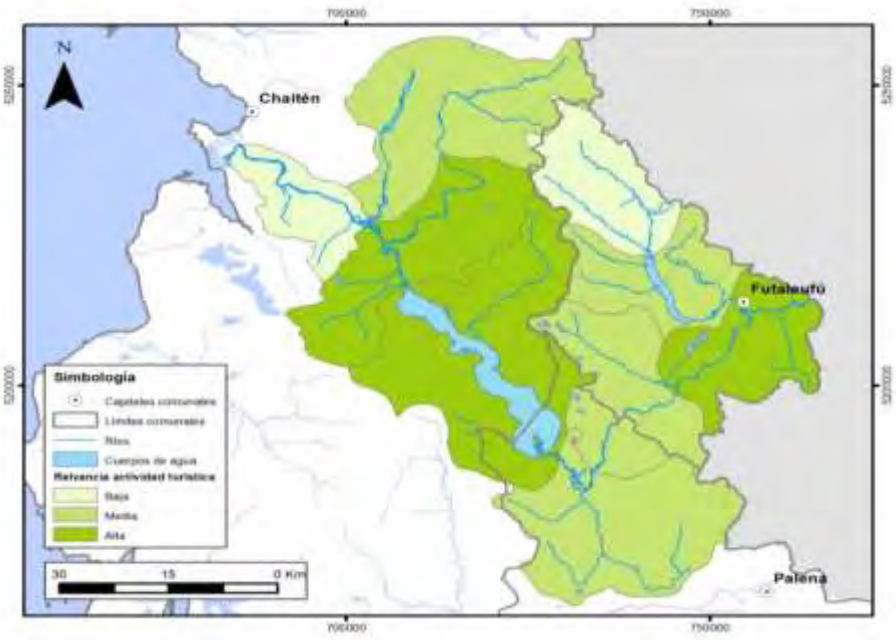
Fuente: elaboración propia

Figura 5.120. P.4. Actividad turística en la cuenca del río Puelo



Fuente: elaboración propia

Figura 5.121. P.4. Actividad turística en la cuenca del río Yelcho



Fuente: elaboración propia

Análisis y recomendaciones

Para efectos de no malinterpretar la información presentada respecto a este OdV, es importante tener en consideración los siguientes puntos:

- La información levantada es de carácter primario, proviene de informantes claves, los cuales aportaron al estudio en base a su conocimiento y experiencia. Debido a lo anterior, es importante tomar en cuenta que esta condición podría direccionar o sesgar la información hacia un foco o algún sector particular del territorio. En este sentido, la información proveniente de las diferentes comunas presenta distintos niveles de profundización, lo cual está determinado por la disposición del entrevistado, las condiciones ambientales (lugar, tiempo, etc.) y el conocimiento de éste. En consideración a lo expuesto, la información recopilada puede continuar enriqueciéndose con otros informantes claves, por ejemplo, de aquellos que provengan de las comunas no visitadas.

- Es importante destacar que, la presente valoración de cada SSC, en relación a la relevancia económica de la actividad turística que ocurre en éstas, debe ser interpretada solo como una descripción de la condición de la actividad turística actual, cuya representación, en términos de la calidad y cantidad de información, está sesgada, principalmente, por la disponibilidad real de información contenida en las bases de datos públicas y por el conocimiento de los informantes clave que participaron en las reuniones de trabajo.

- Las clases Baja, Media y Alta solo indican la relevancia económica del OdV. La categoría Baja no indica, necesariamente, ausencia del OdV, sino que sólo expresa una menor importancia relativa de éste en relación a su relevancia en otras SSC categorizadas con relevancia Media y Alta.

Una descripción acabada del OdV, debería involucrar la aplicación de un censo a proveedores de servicios turísticos, preguntando sobre el valor económico anual generado por los servicios turísticos entregados y sobre el punto en el espacio al que se asocia cada servicio. Así, la primera información sería usada para atributar las SSC con el valor económico asociado a la actividad turística, basándose en la información espacial entregada por la segunda información censada. Este método ideal, no fue viable ni pertinente, considerando el tiempo, recursos y objetivos del presente estudio, y que escapa de las atribuciones que el Ministerio de Energía posee.

Como conclusión, el OdV se considera completo. Sin embargo, se debe tener presente, que el enriquecimiento de la información que describe este OdV, será función, principalmente, del mejoramiento de las bases de datos públicas a escala comunal, específicamente, en lo relacionado a la estimación de la inversión privada y a la valoración monetaria de cada producto turístico, e idealmente censar a proveedores de servicios turísticos sobre el valor económico anual generado por los servicios turísticos entregados en cada SSC.

5.2.5.5 *ODV P.5 Actividad acuícola*

Introducción

El sector pesquero y acuícola representó el año 2013 un 0,34% (INE, 2014) del PIB nacional. Parte relevante de este sector es representado por la actividad acuícola, que ha ganado relevancia en el último tiempo, sobre todo en la zona sur y austral del país. Específicamente, la actividad acuícola que es relevante para este estudio, consiste en aquella que se basa en el desarrollo de cultivos, o etapas de éstos, sobre cuerpos de agua dulce superficial o sobre infraestructura (pisciculturas) alimentada con recursos hídricos superficiales. La producción, en los contextos descritos, es considerada un objeto de valoración en este estudio, porque podría verse afectada ante algún cambio en la calidad o cantidad de aguas superficiales.

Si bien, la actividad acuícola es relevante en las regiones en que se inserta el área de estudio, en gran medida las concesiones están ligadas a aguas de mar, lo que acota bastante el sector productivo para efectos del levantamiento del OdV.

Considerando lo anterior, este OdV busca describir la importancia que tiene, desde el punto de vista económico, la actividad acuícola que requiere del uso de aguas superficiales. Como medida

de esta relevancia, se utiliza el valor bruto de la producción que desarrolla la actividad acuícola de estas características, que sería el proxy para este OdV.

Tabla resumen

En la Tabla 5.119 se puede observar un resumen de las características más relevantes del OdV.

Tabla 5.119. ODV P.5. Actividad acuícola

Número y nombre del OdV P.5. Actividad Acuícola		
Definición Relevancia económica de la actividad acuícola		
Proxy Valor económico bruto estimado para la producción del sector acuícola	**Tipo y fuente de información**	
	Información secundaria:	Nómina de pisciculturas, información de concesiones acuícolas, información de producción de centros de actividad acuícola según proyectos técnicos.
	Fuente secundaria:	SERNAPESCA – SUBPESCA
	Información primaria	No requiere
	Fuente primaria:	No aplica

Fuente: elaboración propia

Metodología

Para obtener el valor bruto de la producción de la actividad acuícola por SSC, en primer lugar se localizaron las concesiones acuícolas en el área de estudio, de acuerdo con la información de concesiones de acuicultura (SUBPESCA, 2013). Luego se descartaron aquellas concesiones otorgadas fuera del área de estudio. En cuanto a las pisciculturas, estas también fueron localizadas y filtradas según sus respectivos puntos de captación de aguas superficiales, de acuerdo a lo señalado en la nómina de pisciculturas (SERNAPESCA, 2014).

La información de producción asociada a las pisciculturas o concesiones acuícolas, fue obtenida a partir de un registro de proyectos técnicos proporcionado por SERNAPESCA. Las pisciculturas sin proyecto técnico fueron atributadas con valores medios asociados a centros con información disponible.

En cuanto a la información de precios, esta se obtuvo a partir de la información dispuesta en la base de datos estadísticos de organismos sectoriales asociados al sector de pesca y acuicultura (ODEPA), y partir de información de precios publicada por organismos privados.

Respecto a la valoración de la producción de salmónidos (salmón del atlántico, salmón coho y trucha arcoíris), se tomó en cuenta el precio promedio de los salmónidos en los principales

mercados internacionales de destino (Estados Unidos, Japón y Brasil)[69]. Al respecto, se asumió el supuesto de que gran parte de la producción de salmónidos se exporta a mercados internacionales.

Para valorar la producción de ovas, alevines y smolt, en las psiculturas que no tienen como fin último la engorda de salmónidos, se utilizó el valor correspondiente al costo promedio por kilogramo de salmónidos, que significa la producción de smolt en la cadena productiva de la industria. De acuerdo al *Salmon Farming Industry handbook* 2015 publicado por Marine Harvest, el valor de la producción de smolt en Chile corresponde al 10% de los costos totales de la industria, igual a $USD 0,48/kg.

Para determinar el valor económico asociado a las producciones, se relacionó la masa de producción con el precio de cada producto. Ya que la nómina de pisciculturas no entrega información sobre los productos cultivados, esta información fue recopilada a través de fuentes secundarias.

Pese a los esfuerzos puestos en levantar la totalidad de la información requerida, de acuerdo al marco metodológico propuesto, la valoración económica no pudo ser llevada a cabo, debido a la mala calidad del registro de datos de producción. Al respecto, dicho registro está incompleto para el área de estudio y sólo para algunos centros productivos se muestran los respectivos niveles de producción potencial (inferidos por el presente equipo de trabajo y no explicitado en dicha fuente), los cuales no se ajustan a los niveles de explotación actual (ver Tabla 5.120).

Tabla 5.120.Diferencia en producción reportada por base de datos suministrada por SERNAPESCA y Catastro de Acuicultura en Chile

Pisicultura Entre Ríos Limitada	SERNAPESCA[1] [kg]	Catastro de Acuicultura en Chile[kg]
Llallalca y Río Fuy	44.000	3.994
Pichico	400.000	3.063

[1] Producción potencial de acuerdo a RCA o Proyecto técnico Vigente.
Fuente: Elaboración propia

Debido a la imposibilidad de estimar el valor económico bruto de la producción acuícola, la relevancia económica de este OdV se asoció al número de concesiones acuícolas y pisciculturas al año 2015, siendo el n° de faenas el proxy que describe al OdV. Para efectos de su representación espacial, se estableció el nivel de relevancia de esta variable, categorizándola en tres clases (Alta, Media o Baja) mediante la metodología de *Natural breaks* descrita por Jenks (1967). Este método

[69] Las fuentes de las cuales se obtuvo el precio promedio internacional de salmónidos fueron para http://www.salmonex.com/salmonex-index.php, http://www.seafoodsource.com/market-reports/market-reports-salmon, y https://www.undercurrentnews.com/prices/#/salmonex_brazil&yearview=true&selectedyears=all.

se basa en la distribución de los datos y se caracteriza por agrupar los valores similares, maximizando las diferencias entre las clases. Por lo tanto, los límites o umbrales para separar las clases son aquellos en donde hay diferencias considerables entre los valores de los datos. Es importante señalar que, este método permite comparar entre cuencas las categorías (del OdV) relativas a cada una de estas, pero no sería adecuado para comparar sus valores absolutos ya que los umbrales para las clases serán distintos.

Resultados

La Figura 5.122, Figura 5.123, Figura 5.124 y Figura 5.125 muestran la relevancia de la actividad acuícola asociada a concesiones acuícolas y pisciculturas al año 2015 (la categorización de OdV se muestran en la Tabla 5.121). En general, las secciones altas de las cuencas de los ríos Valdivia y Bueno son las que revelan mayor importancia en relación a la a la sección media. Sin embargo, en la cuenca del río Valdivia, la zona de desembocadura también destaca en importancia. Por otra parte, mientras en la cuenca del río Puelo, la actividad acuícola resalta sólo en la zona de desembocadura, en relación al total de la cuenca, en la cuenca del río Yelcho es su sección media en la que se destaca.

Tabla 5.121.Clases que categorizan al OdV P.3 mediante el método *Natural Breaks* (Jenks 1967)

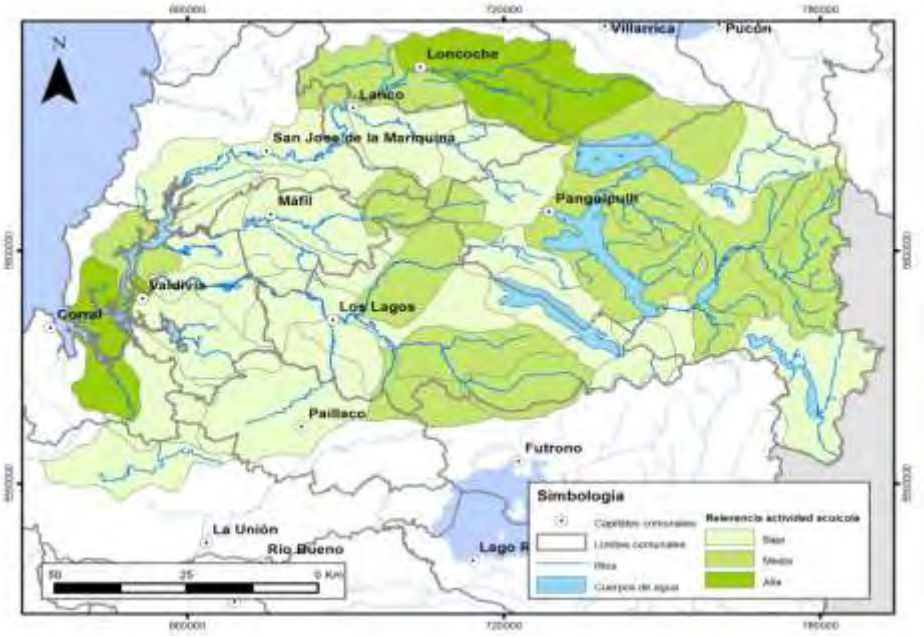
Clase	**Cuencas**			
	Valdivia	**Bueno**	**Puelo**	**Yelcho**
	Número de faenas			
Baja	0	0 – 2	0	0
Media	1 – 2	3 – 6	---	---
Alta	3 – 9	7 – 13	1	1 - 3

Fuente: elaboración propia

En general, los centros productivos asociados a concesiones acuícolas se localizan en las desembocaduras de los ríos Valdivia y Bueno; y en los lagos Ranco y Rupanco. Las pisciculturas, que explican la mayor parte de las explotaciones acuícolas de agua dulce en el área de estudio, se encuentran en su mayoría en los sectores medios-altos de las cuencas de los ríos Valdivia y Bueno.

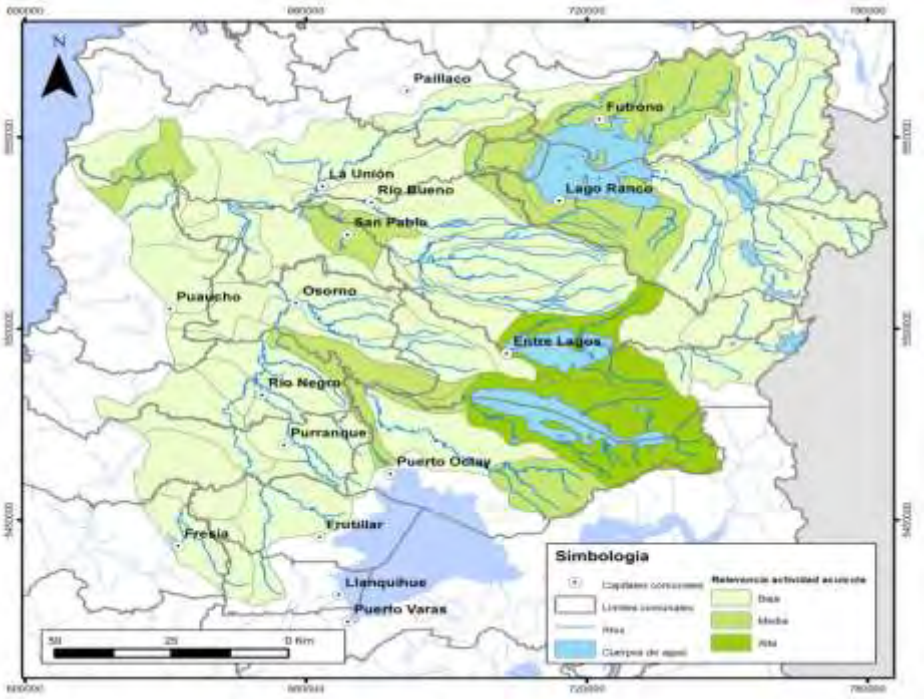
Mayor detalle de la información atributada a cada SSC, respecto a este OdV, se encuentra en tabla de atributos del proyecto SIG adjunto con el presente informe.

Figura 5.122. P.5. Actividad acuícola en la cuenca del río Valdivia. La relevancia (n° de faenas) está categorizada como Alta, Media y Baja



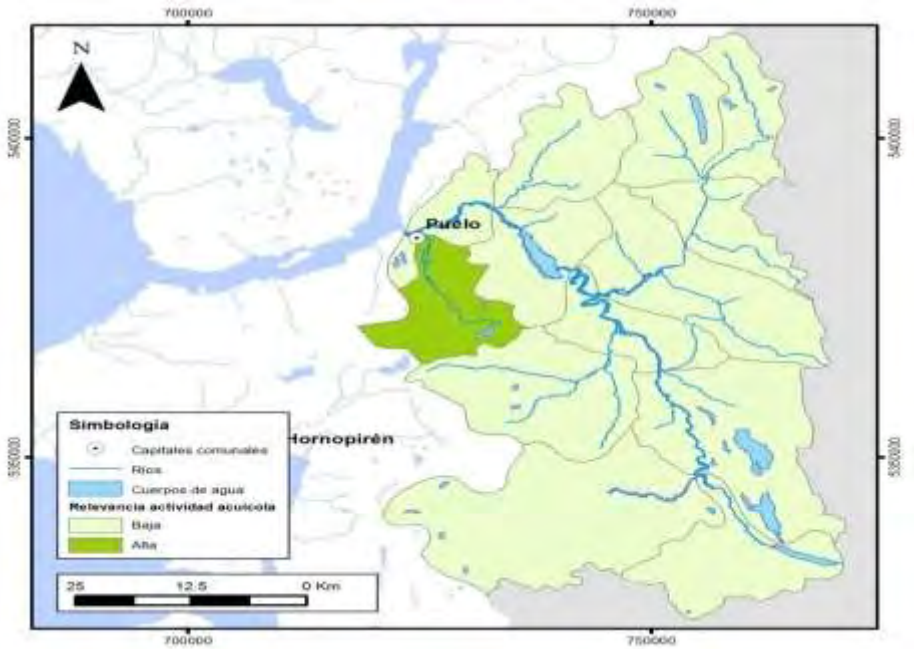
Fuente: elaboración propia

Figura 5.123. P.5. Actividad acuícola en la cuenca del río Bueno. La relevancia (n° de faenas) está categorizada como Alta, Media y Baja



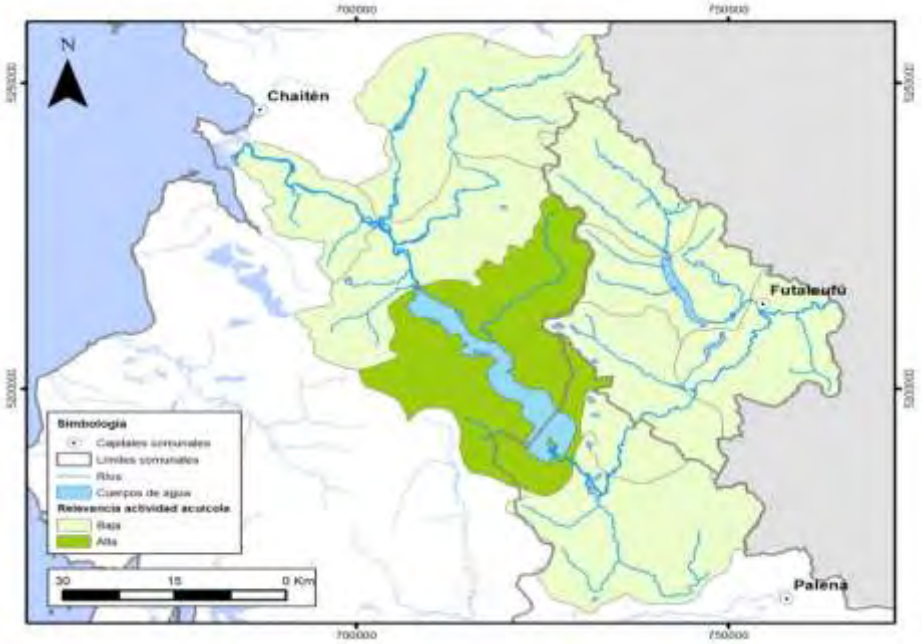
Fuente: elaboración propia

Figura 5.124. P.5. Actividad acuícola en la cuenca del río Puelo. La relevancia (n° de faenas) está categorizada como Bajo y Alto



Fuente: elaboración propia

Figura 5.125. P.5. Actividad acuícola en la cuenca del río Yelcho. La relevancia (n° de faenas) está categorizada como Alta y Baja



Fuente: elaboración propia

Análisis y recomendaciones

Para efectos de no malinterpretar la información presentada respecto a este OdV, es importante tener en consideración los siguientes puntos:

- Es importante destacar que la presente valoración de cada SSC, en relación a la relevancia económica de la actividad turística que ocurre en éstas, debe ser interpretada solo como una descripción de la condición de la actividad acuícola actual, cuya representación, en el caso del presente estudio, solo pudo ser inferida con el número de faenas.

- La no existencia de un catastro oficial, accesible y de carácter público, que relacione las diferentes pisciculturas y concesiones con sus productos producidos (smolt, engorda de peces, etc.) y sus rendimientos asociados, limitó la estimación del valor económico del presente OdV. El único catastro acuícola existente es de carácter privado[70] y fue utilizado para contrastar la información entregada por SERNAPESCA. Dicha comparación mostró diferencias significativas entre una fuente y otra. Esto pone de manifiesto la existencia de una ventana de información respecto a los datos requeridos para construir satisfactoriamente el OdV, por tanto, la descripción acabada de éste, será función de la generación futura de dicha base de datos.

- Las clases Baja, Media y Alta solo indican la relevancia económica del OdV. La categoría Baja no indica, necesariamente, ausencia del OdV, sino que sólo expresa una menor importancia relativa de éste, en relación a su relevancia en otras SSC categorizadas con relevancia Media y Alta.

Como conclusión el OdV fue actualizado en relación al número de concesiones y pisciculturas. Sin embargo, debido a dudas sobre la calidad de la información, respecto al tipo de producción por centro y rendimientos asociados, el valor económico bruto no fue calculado.

[70] Catastro de Acuicultura en Chile 2014/2015. www.aqua.cl/catastros/catastro-de-acuicultura-2014-15/#

5.3 Metodologías para el levantamiento de información

En términos generales, la información necesaria para la construcción de los OdV fluviales y terrestres se basa en los siguientes aspectos: 1) Utilización de base de datos de presencia o ausencia de especies, 2) Modelos de distribución geográfica de especies, 3) Recopilación de información gubernamental espacializada, 4) Identificación de obras civiles y actividades fluviales, 5) Campañas de terreno.

Para el caso de los OdV socioculturales y productivos se levanta tanto información primaria como secundaria. En relación al tipo de información secundaria utilizada, esta correspondió principalmente a base de datos gubernamentales, documentos e informes técnicos. Respecto a la información de carácter primario, ésta fue levantada mediante entrevista y reuniones de trabajo con informantes clave.

5.3.1 Base de datos

El análisis de bases de datos (BD) será utilizado en la construcción de los OdV asociados a la presencia de especies, tanto acuáticas como terrestres.

En caso que no sea posible contar con dicha BD se propone generar una base de datos de presencias de especies. Dicha BD se construirá a partir de dos fuentes de información: La primera incluye obtención de puntos georreferenciados de presencia directamente de la fuente (artículos científicos, libros, tesis, informes técnicos realizados para organismos del Estado), mientras que la segunda, corresponde a la inclusión de BD ya desarrolladas.

La inclusión de puntos georreferenciados deben cumplir con los siguientes criterios para su inclusión: 1) Puntos de muestreo georreferenciados, 2) Metodología de muestreo y 3) fecha de muestreo.

Por otra parte, la BD a incluir deben cumplir con los siguientes criterios para su inclusión: 1) Puntos georreferenciados, 2) metodología de muestreo, 3) fecha de muestreo, 4) fuente de información confiable.

En caso que la información recopilada sea escasa para una o más especies, se discute con la contraparte técnica la posibilidad de incorporar polígonos de distribución, en desmedro de los puntos georreferenciados.

En otras palabras, se da prioridad a la recopilación de información georreferenciadas, pero también se tiene en cuenta información señalada en bibliografía sobre localidad de distribución,

generando de este modo niveles de calidad de información, tal como lo señalado en la base de datos eco-hidrológica desarrollada por Peredo-Parada y colaboradores (2009).

En relación a la utilización de bases de datos gubernamentales, como fuentes de información secundaria para levantar los OdV de índole sociocultural y productivo, estás fueron de carácter espacial y no espacial, con datos actualizados durante los últimos 5 años.

La información de carácter espacial recopilada, corresponde a puntos y a información atributada a polígonos. Para efectos de atributar cada subsubcuenca, el requisito fundamental fue que la información espacializada estuviese representada a una escala menor a dicha unidad territorial, y que tuviese una relación con los proxys que describen los OdV. Respecto a las bases de datos no espacializadas, éstas correspondieron, en su mayoría, a series estadísticas de precios, producción y rendimientos, tanto de cultivos agrícolas como forestales y acuícolas, e información de índole económico sobre servicios sanitarios y turismo. Para efectos de atributar las subsubcuencas con este tipo de información, ésta se relacionó con la información espacializada correspondiente. Por ejemplo, para caracterizar económicamente la actividad forestal a nivel de subsubcuenca los datos no espaciales de rendimientos y precios se relacionaron con las superficies correspondientes a bosques plantados (información de carácter espacial). Es importante señalar, que todas las bases de datos utilizadas en el presente estudio se caracterizaron por tener información recopilada de los últimos cincos años

Un mayor detalle de la información secundaria utilizada para describir cada OdV, a nivel de subsubcuenca, se muestra en la sección "consideraciones metodológicas" en el capítulo de OdV.

5.3.2 Modelos de distribución geográfica de especies

Para minimizar vacíos de información geográfica sobre la presencia y ausencia de especies, se propone realizar una extrapolación de las presencias basado en la implementación de modelos de ecología de nichos.

Es amplia la experiencia en la utilización de este tipo de modelos, ya sea para especies terrestres, acuáticas y flora. Particularmente en Chile, destaca los estudios realizados por Peredo-Parada (2010) para la modelación de especies nativas.

La implementación de este tipo de modelos queda limitada a la cantidad de información: datos de presencia y ausencia de especies y la cantidad de presencias con respecto a las consideradas como ausencias.

Ante la eventual carencia de información, se propone generar 3 escenarios de modelación: 1) Especies con registros suficientes para implementar modelos de distribución, 2) Especies con pocos registros y 3) Especies con distribución puntual.

En el primer caso, se implementarán modelos según lo mencionado anteriormente. Para el segundo y tercer caso la distribución espacial se realiza mediante la opinión de expertos.

5.3.3 Recopilación de información espacializada

Para la construcción de algunos OdV, se utiliza información gubernamental espacializada, como la ubicación de las áreas pertenecientes al Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado, catastro de uso del suelo realizado por CONAF, cobertura pisos vegetacionales (Leubert y Pliscoff 2009), etc.

Para la construcción de algunos OdV, se utiliza información gubernamental espacializada, como la ubicación de las áreas pertenecientes al Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado, catastro de uso del suelo realizado por CONAF, cobertura pisos vegetacionales (Leubert y Pliscoff 2009), etc.

5.3.4 Identificación de obras civiles y actividades fluviales

La construcción de los OdV fluviales requiere, en su mayoría, información proveniente de imágenes satelitales, las que permiten tener mayor certeza de las singularidades existentes en diferentes zonas. Dada la dificultad de recabar una gran cantidad de información por cada río, se determina armar una ficha que incluya todas las variables asociadas a todos los OdV fluviales. Previo a la incorporación de la ficha se realiza una discretización de los ríos, subdividiéndolos en tramos. La definición de estos tramos se realiza adoptando los siguientes criterios:

1. Sólo se segmentó en tramos aquellos ríos disponibles en la red hidrográfica generada por el Instituto Geográfico Militar.
2. Cada tramo generado puede pertenecer a sólo una SSC.
3. Se sugiere una longitud de tramo promedio de 5 km., pudiendo extenderse hasta 10 km. en caso de no haber cambios significativos en el tramo.
4. Se genera un punto de división en tramos en caso de existir diferencias visuales en la morfología, vegetación lateral, cantidad de obras o cualquier cambio relevante que pueda alterar la representatividad de la información levantada en el tramo.
5. Sólo se considera un tramo si el largo de esta es superior a 10 veces su ancho.

Una vez definidos los tramos de río, se realiza una revisión exhaustiva del mismo mediante imágenes satelitales proporcionadas por Google Earth™. Para cada tramo se llena una ficha que recopila la información requerida para la evaluación de los OdV fluviales. Las principales características de la ficha de llenado son las siguientes:

- Datos generales: incorpora nombre del operador, nombre del río, nivel de accesibilidad (alto, medio, bajo) y código único del tramo.
- Referencia geográfica y morfología: se incorporan en este tópico las coordenadas de los puntos extremos del tramo, sus elevaciones, pendiente promedio, longitud del tramo, longitud lineal del tramo, índice de sinuosidad, grado de confinamiento del canal, ancho de la planicie de inundación, ancho del cauce activo, ancho de cauce completo, grado de entrelazamiento, índice de confinamiento, confinamiento, morfología dominante, presencia de lagos naturales y superficie de los lagos naturales.
- Obras civiles: aquí se recaban las obras civiles que sirven de proxy para diferentes OdV. Se cuantifican los embalses artificiales y su superficie, centrales de pasada, bocatomas, puentes, canales, defensas longitudinales (espigones, muros), muros laterales, carreteras de borde, etc.
- Intervenciones en el cauce: se incorporan las extracciones de áridos, remodelación de secciones, limpieza de cauce, cortes en la vegetación ripariana, entre otras.
- Vegetación ripariana: Se considera el ancho promedio de la vegetación ripariana por cada ladera del río, junto al largo total por ribera que tiene continuidad en la vegetación. También, se añade el uso de suelo de cada costado del cauce.
- Unidades morfológicas: a modo de complementar información, se han añadido parámetros que no necesariamente son incluidos en algún OdV pero que de igual manera se consideran relevantes para análisis posteriores. Se incluyen singularidades morfológicas como humedales, oxbow lakes, zonas con macrófitas e islas vegetadas.
- SIG: se ha incluido también aspectos de importancia, donde se incluye el área drenada, elevación máxima y mínima de la cuenca, porcentaje de cubierta forestal nativa, porcentaje de cubierta vegetal de plantaciones, porcentaje de uso agrícola y porcentaje de otros usos.

5.3.5 **Campañas de terreno**

Se realizan campañas de terreno para complementar la base de datos generada. La elección de los puntos de muestreo se basa principalmente en dar énfasis en aquellas subsubcuencas con mayor potencial hidroeléctrico.

Las campañas de terreno contemplan el muestreo de flora, fauna ícticas y macroinvertebrados. La diversidad florística ribereña se registra mediante un exhaustivo recorrido de los cursos de agua. En cada estación de muestreo se establece un transecto lineal de 50 m ubicado de manera paralela a la ribera del río el cual será recorrido completamente en un ancho de 2 m. Se registra la totalidad de especies de plantas vasculares presentes, las que no puedan ser identificadas en terreno son colectadas en bolsas plásticas, etiquetadas y prensadas para su posterior manipulación e identificación en trabajo de gabinete. Para lo anterior se utiliza literatura especializada, tales como los trabajos de Matthei (1995), Riedemann & Aldunate (2004), Hoffmann (2005). Para cada sitio de muestreo se registra su posición geográfica con un GPS y se toma un registro fotográfico.

El muestreo de ictiofauna se lleva a cabo mediante un equipo de pesca eléctrica portátil, modelo SAMUS - 725G. Dicha técnica se efectua teniendo en consideración la normativa vigente en relación al D.S. 40 de 2013, del Ministerio del Medio Ambiente.

Se recolectan todos los individuos en transectos de 100 m. por cada estación de monitoreo, por un tiempo de 45 a 60 minutos aprox., dependiendo de las condiciones morfológicas de cada estación (profundidad, cubierta vegetacional y velocidad del cauce, entre otros). Todos los ejemplares recolectados, se identifican in situ hasta el nivel taxonómico de especie siguiendo las referencias indicadas por Habit *et al.* (2006). Además, se procede a determinar la longitud total (LT) y peso total (PT) de los individuos capturados, para posteriormente liberarlos en la misma estación donde fueron capturados. Las medidas de longitud total y peso total, permiten además, la estimación del Factor de Condición (K) o robustez de los peces de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$K = (PT/LT^3)*1000 \text{ (Lagler 1956).} \qquad \textit{Ecuación 1}$$

El estado de conservación de las especies de fauna acuática presente en el área de influencia, se determina de acuerdo a las listas oficiales de especies con problemas de conservación para la zona sur de Chile (CONAMA 2009; D.S: N° 5/98), Informe técnico (R. PESQ.) N° 48/2011 Veda extractiva para fauna íctica nativa amenazada de aguas continentales y los D.S. Número 151/07, D.S. N° 50/08, D.S.N°51/08, D.S. N°23/09, D.S N° 33/11, D.S. N°41/12, D.S. N°42/12, todos del MINSEGPRES, y D.S. N°19/12 y D.S. N°13/2013, todos del Ministerio del Medio Ambiente; que oficializan del primer al noveno proceso de clasificación de especies respectivamente, dictados según lo establecido en el Reglamento de Clasificación de Especies Silvestres (D.S. N° 75 del MINSEGPRES 2006, reemplazado por el D.S. N° 29 del MMA de 2011).

A partir de la información obtenida, se determinan los siguientes índices ecológicos:

Índice de Diversidad (H')

$$H' = -\Sigma (pi \times \text{Log}_2\ pi) \qquad \textit{Ecuación 2}$$

i=1

Donde,
pi: es la proporción del número de individuos de la especie i con respecto al total de individuos de todas las especies (ni/N)

N: Total de especies

ni: número de Individuos de la especie i

S: número de especies

Índice de Riqueza Específica (S)

S = número de especies observadas

Índice de Uniformidad (J')

J' = H' /H' máx ***Ecuación 3***

Donde,

H': índice de diversidad de Shannon

H' máx: máxima diversidad

Índice de Dominancia (D)

$D = \sum n N_i (N_i - 1)/N (N - 1)$ ***Ecuación 4***

Donde,

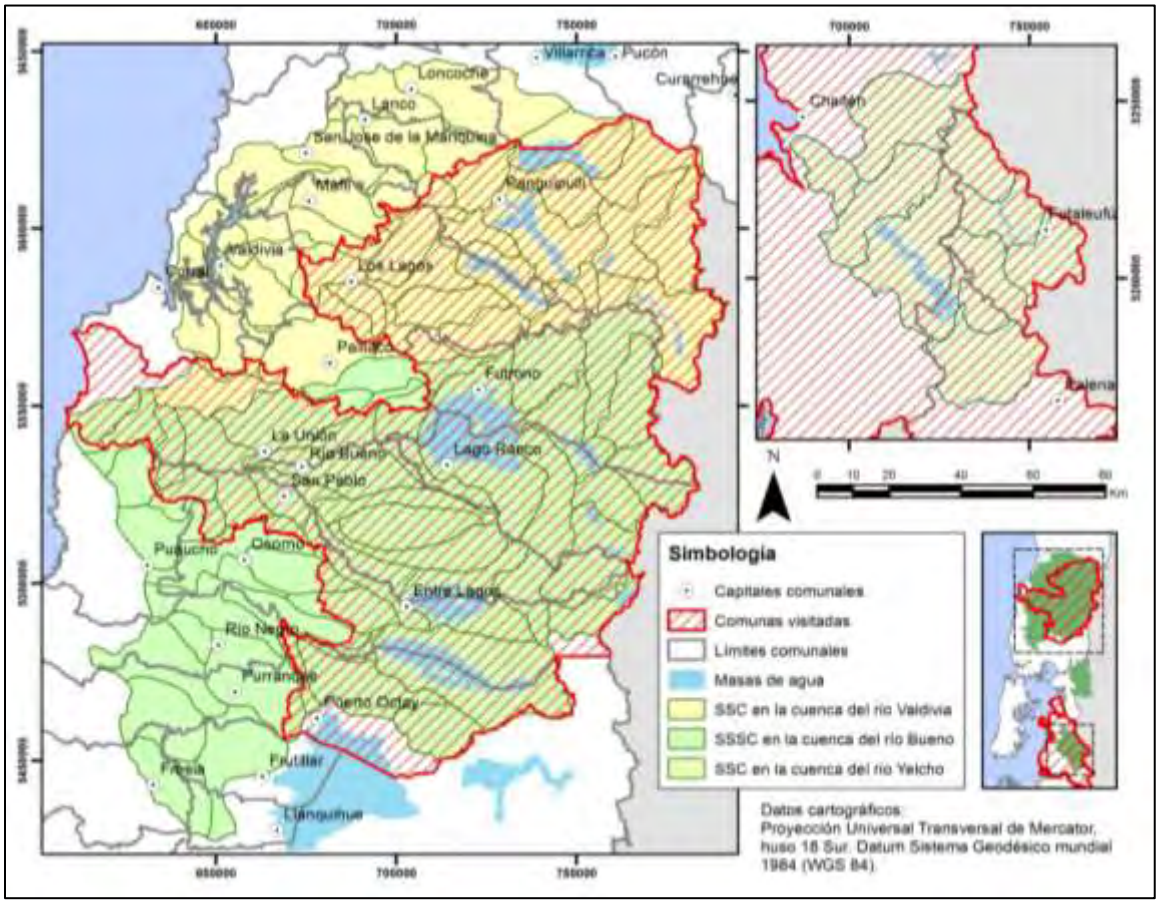
Ni: abundancia de individuos de la especie i.

La estimación de la fauna bentónica se realiza mediante el recuento directo por grupo de organismos. Esto se mide en 4 muestras aleatorias obtenidas con una red Surber de 0.09 m2. Cada muestra obtenida se fija en una solución de Alcohol al 70%, para su posterior identificación en el laboratorio mediante recuento directo con claves especializadas. Las muestras son analizadas

cualitativa y cuantitativamente. El método de análisis consiste en examinar la muestra bajo lupa, separando la totalidad de los organismos, clasificándolos y contándolos.

Respecto a la información de carácter primario recopilada para describir a algunos OdV, ésta se levantó mediante reuniones de trabajo con informantes clave en las capitales comunales de las comunas de Los Lagos, Panguipulli, Río Bueno, Futrono, Puyehue, Puerto Octay, Palena, Chaitén y Futaleufú (Figura 5.126). Estas comunas fueron seleccionadas debido a que se emplazaban en zonas de las cuencas caracterizadas por poseer una alto potencial hidroeléctrico. Importante es señalar que un informante clave correspondió a una persona (actor o no actor dentro del contexto del desarrollo hidroeléctrico) poseedora de un amplio conocimiento del territorio en que habita y del OdV a levantar.

Figura 5.126. Comunas visitadas para efectos de levantar información primaria durante el desarrollo del presente estudio



Fuente: elaboración Propia

En dichas campañas se llevaron a cabo entrevistas con apoyo cartográfico tanto a funcionarios municipales como encargados de turismo, fomento productivo y encargados de módulos PRODESAL. Además, se realizaron reuniones de trabajo con cartografía participativa con informantes claves locales, en cada comuna visitada. Al respecto, el proceso de selección de estos informantes fue a través de la técnica de “bola de nieve” utilizando como fuente principal de información las municipalidades y los asistentes a los seminarios de inicio del presente estudio. Un mayor detalle respecto a la obtención de información primaria y de los informantes clave participantes de las reuniones de trabajo se muestra en la sección "consideraciones metodológicas" en el capítulo de OdV y en los anexos digitales (metodologías y listas de asistencia Anexo 10.0 y Anexo 10.1, respectivamente).

6 Modelación para la toma de decisiones

La selección de alternativas de desarrollo hidroeléctrico puede entenderse como un problema de decisión con dos objetivos: maximizar el potencial hidroeléctrico desarrollado y minimizar los factores condicionantes (ODV) involucrados en dicho desarrollo. Es fácil anticipar que estos dos objetivos presentan algún grado de conflicto entre sí. Esto es, algunas alternativas que tienen un muy buen desempeño respecto del potencial, pueden tener un pobre desempeño respecto de los ODV. Así, el presente ejercicio de modelación debiera contribuir a entender y cuantificar el grado de interferencia entre ambos objetivos, esto es, identificar los *trade-offs* dentro de cada cuenca.

En base a la información generada y procesada en los Capítulos 3 (Potencial) y 5 (ODV), se desarrolló una herramienta computacional que permite explicitar a nivel espacial los *tradeoffs* entre estos dos objetivos, a fin de informar y apoyar el proceso de toma de decisiones. Dado que el punto de partida de cualquier proceso de toma de decisiones es formular la pregunta adecuada, ese paso es previo a la utilización de esta herramienta.

La herramienta desarrollada cuenta con la flexibilidad necesaria para abordar diversas preguntas y escenarios. Por ejemplo, es posible identificar configuraciones óptimas de desarrollo de potencial, que afecten mínimamente algún tipo de ODV en particular (por ejemplo, fluviales y terrestres, o bien sociales, culturales y productivos) . Asimismo, es posible incorporar limitaciones espaciales y de tamaño de los proyectos a desarrollar.

Ante la pregunta y contexto adecuados, esta herramienta permite identificar, para cada cuenca, la alternativa asociada a un determinado nivel de desarrollo hidroeléctrico involucrando el mínimo posible de factores condicionantes. En este sentido, el modelo permite, con las limitaciones propias de cualquier herramienta de modelación, encontrar las alternativas de desarrollo hidroeléctrico más eficientes en términos del *tradeoff* entre potencial y ODV.

Por otra parte, debido a los diferentes perfiles que presentan las cuencas en estudio, y la gran heterogeneidad que se da entre ellas, se determinó que una comparación de todas bajo un mismo modelo no responde apropiadamente al objetivo del estudio. Considerando esto, se ha determinado que el dominio del modelo queda definido por cada cuenca independientemente, y que la evaluación se realizara comparando sólo entre las SSC contenidas al interior de cada una de ellas.

Es importante reconocer las principales limitaciones de cualquier herramienta de modelación. La primera, es que todo modelo constituye una representación aproximada de la realidad. La segunda, es que el proceso de toma de decisiones siempre opera en un contexto mucho más complejo, dinámico e incierto que el contexto de modelación (por ejemplo, conversaciones con actores importantes que dan una orientación dinámica y evolutiva a la consideración de *tradeoffs*; una orientación que es muy difícil de modelar). Así, la modelación identifica alternativas

interesantes en base a su aproximación a la realidad y los responsables de la toma de decisiones, conociendo bien esta limitación, interpretan dichas indicaciones de una manera que les ayude en la ejecución de sus responsabilidades. En ningún caso las indicaciones de la modelación constituyen en sí mismas decisiones finales.

Como todo modelo de optimización, los elementos clave de la herramienta desarrollada son alternativas, objetivos y restricciones. Las alternativas en este caso corresponden a diferentes configuraciones espaciales del desarrollo del potencial hidroeléctrico disponible en cada cuenca. Los objetivos son indicadores de desempeño de las distintas soluciones alternativas del problema, en este caso el potencial total a desarrollar y los factores condicionantes involucrados. Finalmente, las restricciones definen cuáles alternativas pueden ser consideradas en la selección. Estas restricciones pueden ser de diversa naturaleza, pudiendo por ejemplo representar limitaciones explícitas espaciales (por ejemplo excluyendo ciertas zonas del desarrollo hidroeléctrico) o de tipo de desarrollo hidroeléctrico (por ejemplo minihidro). Tanto los objetivos como las restricciones se representan con fórmulas matemáticas que incorporan información externa representada a través de parámetros. Es importante destacar que para el caso de objetivos mútliples, no existe una única solución óptima, sino un conjunto soluciones Pareto-eficientes. En este caso, la herramienta permite identificar combinaciones eficientes de potencial a desarrollar y factores condicionantes involucrados.

Este capítulo describe en forma detallada el proceso de modelación y las aproximaciones realizadas, dando cuenta de los supuestos adoptados, la manera en que se plantea el proceso y los resultados de éste.

6.1 Metodología

El desafío de identificar alternativas eficientes de desarrollo hidroeléctrico para cada cuenca se puede asimilar al clásico problema de optimización de “la mochila” o “*Knapsack*”. Este problema consiste en realizar una selección óptima para maximizar el beneficio obtenido de un conjunto de elementos, los cuales tienen un costo individual asociado y donde el costo agregado permisible tiene un valor fijo.

En este caso, el problema que se busca solucionar corresponde a la maximización del potencial hidroeléctrico a desarrollar, dado un nivel máximo admisible de factores condicionantes involucrados. Los elementos a seleccionar entonces corresponden a las Potenciales Centrales Hidroeléctricas (PCH) identificadas. Una alternativa de desarrollo hidroeléctrico de una cuenca corresponde a un conjunto de PCH del total de las PCH de la cuenca. Una PCH contribuye al objetivo de potencial mediante su potencia instalable, y además el valor de su indicador de factores condicionantes involucrados.

Considerando este planteamiento, el problema de optimización se traduce en la maximización de la potencia generada por un conjunto de PCH de la cuenca, restringiendo la magnitud máxima de factores condicionantes que se puedan comprometer. Tanto esta magnitud máxima como el tipo de factores condicionantes que se limitan son un parámetro del modelo, que puede ser definido a discreción del tomador de decisiones para evaluar distintos contextos de decisión o escenarios de políticas. Entonces, es posible plantear distintos escenarios que permitan al tomador de decisiones evaluar distintas soluciones considerando distintas prioridades. Se plantean, para ejemplificar las capacidades del modelo, los siguientes escenarios a analizar en cada una de las cuencas:

1. Límite máximo de 1%, 5% y 10% del total de factores condicionantes asociados al desarrollo hidroeléctrico de la cuenca.
2. Límite máximo de 5% y 10% de los factores condicionantes fluviales asociados al desarrollo hidroeléctrico de la cuenca.
3. Límite máximo de 5% y 10% del conjunto de factores condicionantes fluviales y terrestres asociados al desarrollo hidroeléctrico de la cuenca.
4. Límite máximo de 5% y 10% del conjunto de factores condicionantes sociales, culturales y productivos asociados al desarrollo hidroeléctrico de la cuenca.

6.1.1 Definición de escala de modelación

El primer paso del proceso lo constituye la definición adecuada de las alternativas y cómo éstas se construyen a partir de la información disponible. En el presente estudio, una alternativa puede definirse como una configuración espacial del desarrollo hidroeléctrico en una cuenca, o más claramente, un conjunto de potenciales centrales hidroeléctricas (PCH) dentro de una cuenca. Como ya se indicó, los análisis efectuados no comparan conjuntos de proyectos entre cuencas, sino que al interior de cada una de las cuatro cuencas del estudio. Así definida, cualquier combinación de PCH dentro de una cuenca es una alternativa de desarrollo hidroeléctrico.

Una vez identificadas las alternativas, es necesario definir los indicadores de desempeño de cada alternativa según los objetivos. En este caso es necesario definir un indicador de desempeño asociado al potencial hidroeléctrico, y otro asociado a los factores condicionantes asociados a los ODV. Esta definición requiere considerar la disponibilidad de información y a qué escala espacial está representada, apuntando a su vez a obtener una adecuada representación del traslape espacial entre potencial hidroeléctrico y factores condicionantes.

Si bien en los capítulos precedentes, tanto los resultados relativos al potencial hidroeléctrico como a los ODV están presentados a escala de SSC, la construcción de tales resultados en muchos casos involucró una escala mucho más fina. Por ejemplo, la estimación de potencial se construyó a partir de la identificación de PCH, mientras que los ODV fluviales se construyeron a partir de un levantamiento de atributos a escala de tramos de río de entre 1 y 10 km de extensión.

Considerando lo anterior y tras un proceso de discusión tanto con el equipo de trabajo de PUC-TECO como con la contraparte técnica, se determinó que el ejercicio de modelación se vería altamente beneficiado al trabajar a una escala más fina que la de sub-subcuenca. En particular, se estimó que el cruce de potencial hidroeléctrico con ODV a escala de SSC no permitía identificar adecuadamente oportunidades de desarrollo hidroeléctrico que tuviesen poca interferencia con ODV al interior de una SSC. En consecuencia, se definió que para el ejercicio de modelación los factores condicionantes asociados a cada ODV serían representados por los atributos que los definen a escala de tramo de río. Lo anterior se basa en la mejor resolución de información de la que se dispone, debidamente levantada y espacializada. Por otra parte, la escala más pequeña identificada para el potencial hidroeléctrico es la PCH, que puede involucrar uno o más tramos de ríos, dependiendo de la localización de sus puntos de captación y restitución. Típicamente, una PCH involucra más de un tramo río, y por lo tanto a cada PCH se asocian el total de atributos identificados en el conjunto de tramos involucrados. Finalmente, al conjunto de PCH que conforman cada alternativa se asocia el total de atributos identificados en cada PCH.

Lo anterior corresponde a una resolución más fina que aquella en que se presentan los resultados de los ODV y por tanto, representan una mejora en la precisión de la representación de los ODV involucrados en el desarrollo hidroeléctrico. Estos factores condicionantes constituyen una representación de atributos asociados a los ODV, que se pueden traslapar espacialmente con el desarrollo de una PCH a escala de tramo de río.

El tramo fluvial como unidad de modelación para los ODV tiene varias ventajas:

1. Permite en forma directa incorporar factores condicionantes asociados a ODV fluviales, que precisamente fueron levantados a esta escala.

2. A cada PHC se puede asociar un conjunto de tramos involucrados, en base a la ubicación de los puntos de captación y restitución. Este conjunto de tramos puede interpretarse como una aproximación al área de influencia de cada PHC en el sistema fluvial. Además, es posible identificar un conjunto de tramos ubicados aguas abajo del punto de restitución, donde pudiesen propagarse efectos de la influencia de la PCH.

3. A través de la definición de buffers para el conjunto de tramos asociados a cada PCH, es posible observar la interacción espacial con factores condicionantes con representación en forma de puntos o áreas terrestres. Esto incluye tanto factores condicionantes de ODV terrestres como también de índole social, cultural y productiva.Sin embargo, esta definición también presenta algunas desventajas:

1. Es necesario realizar una reinterpretación de los atributos levantados para cada ODV de tipo no fluvial de forma tal que sean consecuentes con la unidad de modelación. En caso de no ser posible, se debe realizar alguna aproximación aceptable.

2. La definición de tramos podría eventualmente llegar a condicionar los resultados del proceso de modelación, debido a que en base a esta información se desarrollan los factores condicionantes o pesos de las unidades de selección (las PCH).

Se reconoce que con este procesamiento de información a nivel más fino, se logra una perspectiva con mayores matices y más realista de las interacciones que existen al interior de las cuencas de interés y que resultan más congruentes con la realidad. Sin embargo, es importante destacar que la adopción de esta unidad de modelación con mayor precisión no apunta en ningún caso a evaluar el impacto socioambiental de una PCH, sino que solamente a mejorar la representación de la interacción a nivel espacial entre el desarrollo de una PCH y aquelllos atributos relevantes para la sociedad que se encuentran presentes en el territorio, en la situación base, esto es, sin PCH.

Como ya se mencionó, el cruce entre ODV no fluviales y PCH requiere una definición de buffers o área de influencia de los tramos (AIT). Este buffer debiera incluir, por ejemplo, la zona ribereña que define una "interfaz" entre la tierra y el río, caracterizada por presencia de vegetación hidrofílica y un alto grado de biodiversidad.

Un *buffer* de tamaño razonable alrededor de los tramos del río aproxima el área ribereña. La existencia de vegetación nativa detectada en el catastro nacional de recursos vegetacionales y dentro este buffer, indica la presencia de vegetación ribereña y tiene implicaciones para un desarrollo del tramo fluvial respectivo. Se determinó que un buffer de 500 metros comprende adecuadamente los efectos que pudiese tener la incorporación de una PCH sobre los factores condicionantes no fluviales. Con este planteamiento, es posible asociar factores condicionantes a cada uno de los tramos involucrados en una PCH, no sólo en el ámbito fluvial, sino que también en las otras categorías. Adicionalmente, este *buffer* representa un área de interacción entre elementos de otra naturaleza, como por ejemplo un sistema de agua potable rural. La precisión de la ubicación espacial de estos elementos no siempre es de buena calidad, por lo que esta área ayuda a salvaguardar esta deficiencia.

6.1.2 **Identificación de tramos asociados a cada PCH**

Una vez definidas las escalas de modelación, el siguiente desafío lo constituye la identificación de los tramos involucrados en cada PCH de la cuenca. Como se describió en el capítulo 3, cada PCH presenta uno o más puntos de captación y uno de restitución. En base a esto, se pueden presentar diferentes configuraciones, que se describen a continuación:

1. Un solo punto de captación y uno de restitución, donde el punto de captación se encuentra aguas arriba del punto de restitución. En este caso, quedan asociados a la PCH todos los tramos ubicados entre ambos puntos (Figura 6.1).
2. Un solo punto de captación y uno de restitución, donde el punto de restitución se ubica en otra hoya hidrográfica, esto es, a cierta escala la PCH involucra un trasvase de agua. En dicho caso, se consideran dentro de la unidad de la selección todos los tramos involucrados hasta el punto de confluencia de ambas redes de drenaje, aguas abajo de ambos puntos (Figura 6.2).
3. Un solo punto de captación y uno de restitución, donde el punto de restitución se ubica en otra hoya hidrográfica debido a un trasvase de agua, pero cuyas redes aguas abajo correspondientes a ambos puntos desembocan en un cuerpo de agua mayor, sin confluir directamente. En estos casos, al reconocerle un efecto regulador al cuerpo de agua, se considera dentro de la unidad de modelación sólo los tramos comprendidos hasta la desembocadura aguas abajo de ambos puntos (Figura 6.3).
4. Un solo punto de captación y un punto de restitución ubicado directamente en un cuerpo de agua. En este caso, se considera que la unidad de modelación queda comprendida por todos los tramos ubicados aguas abajo del punto de captación hasta llegar a dicho cuerpo de agua (Figura 6.4).
5. En el caso de presentarse más de un punto de captación, las situaciones descritas anteriormente se aplican a cada uno de los distintos puntos. Se define como unidad de selección en este caso el conjunto final todos los tramos involucrados (Figura 6.5).

El conjunto de tramos identificado según el procedimiento antes descrito constituye lo que se ha denominado el **núcleo** de cada PCH, es decir, el conjunto de tramos básico que define el condicionamiento de los ODV sobre el desarrollo de una PCH. Sin embargo, algunos ODV podrían condicionar el desarrollo de una PCH incluso si estos ODV se encuentran aguas abajo del punto de restitución. Lo anterior equivale a considerar que la interferencia entre una PCH y algunos ODV se propaga más allá de la restitución del agua al curso respectivo. Al incorporar estos tramos adicionales,y agregarlos al núcleo, se configura la denominada **huella** de la PCH**.** Para la identificación de estos tramos adicionales, se ha considerado que la propagación se extiende por una distancia tal que se se duplique el caudal que se tenía en el tramo de restitución. Alternativamente, en el caso de que el río fluya a un cuerpo de agua con capacidad de regulación, como un lago de magnitud considerable, se considera que este último funciona de atenuante de los efectos y la alteración no se transmite más allá, por lo que se diluye el efecto de la alteración y llega solo hasta ahí.

Figura 6.1. Ejemplo de la configuración 1



Figura 6.2. Ejemplo de la configuración 2



Figura 6.3. Ejemplo de la configuración 3



Figura 6.4. Ejemplo de la configuración 4



Figura 6.5. Ejemplo de la configuración 5



La Figura 6.1 muestra un ejemplo de la configuración 1. En ella se verían afectados los tramos a, b y c.

La Figura 6.2muestra un ejemplo de la configuración 2. En ella se verían afectados los tramos e, f y g.

La Figura 6.3muestra un ejemplo de la configuración 3. En ella se verían afectados los tramos c, d, f y g.

La Figura 6.4 muestra un ejemplo de la configuración 4. En ella se verían afectados los tramos d y e.

La Figura 6.5. muestra un ejemplo de la configuración 5. En ella se verían afectados los tramos a, b, c, d, f y g.

6.1.3 Procesamiento de información base

Una vez definida la escala de modelación e identificados los tramos fluviales asociados a cada PCH, es necesario procesar la información base, de forma tal que se represente adecuadamente los OVD a evaluar dentro del espectro de preguntas que se busca responder a través del uso del modelo.

En primer término, se debe lograr la representación de cada ODV a escala de tramos fluviales y no de SSC. Esto se realiza analizando la interacción entre los tramos y los atributos representativos de cada ODV. Posteriormente, es necesario uniformar la escala de cuantificación de los distintos atributos, de manera que sean compatibles y comparables entre ellos. Finalmente, es necesario desarrollar una evaluación del nivel de condicionamiento que ejerce cada uno de los ODV sobre el potencial desarrollo de proyectos hidroeléctricos. En base a esto, se genera un factor de condicionamiento que le da una mayor o menor ponderación a cada ODV. A continuación se describen en detalle cada uno de los pasos recién mencionados.

a. Adaptación de los ODV a escala de tramo

Una resolución espacial más detallada en la modelación trae consigo beneficios en la calidad de los resultados. Sin embargo, dado el planteamiento original de los ODV, cuya definición original se orientaba a una representación a escala de SSC, la información levantada no es en general directamente transferible a escala de tramos fluviales. Más aún, algunos de los atributos asociados a algunos ODV ni siquiera presentan un traslape espacial directo con el área de *buffer* definida para los tramos fluviales. En el caso de aquellos que sí presenten tal interacción, es posible utilizar la información levantada de los atributos para determinar la presencia o ausencia de alguno de los factores condicionantes.

Reconociendo que el río no sólo incluye el curso fluvial sino también el sector ripariano, y considerando la incertidumbre asociada a la ubicación de algunos de los atributos, se determina la utilización de un buffer de 500 metros de ancho en cada tramo fluvial como área representativa para las interacciones del mismo con los atributos que representan a los ODV.

Considerando lo anterior, se debe realizar un procedimiento de adaptación del ODV, definiendo una interacción entre los atributos, cuantificados a partir de *proxies*, y el área de influencia de un tramo, analizando donde se presenta un traslape espacial evidente.

Se presenta en la Tabla 6.1 una breve descripción de cada una de las adaptaciones realizadas para cada ODV, para representarlos a escala de tramo de río. Información detallada sobre el proceso de construcción de los indicadores y/o la fuente de información de las capas espaciales de información se puede revisar en Los el capítulo 4, el cual detalla el proceso de generación de los ODV en este mismo informe.

Tabla 6.1. Proceso de adaptación de los ODV a escala de tramo fluvial

Código ODV	Objeto de Valoración	Construcción del proxy	Valor obtenido
F.1	Especies fluviales en categoría de amenaza	Sumatoria de presencia de especies ponderada por el nivel de categoría de amenaza (presencia obtenida desde la modelación de especies). Calculado directamente sobre el tramo. Ponderacion: FP=0.001, NT o LC=0.05, VU=0.1, EN=0.5, y CR=1. Valor umbral: 0.5	Puntaje de ponderación
F.2	Especies fluviales endémicas	Sumatoria de presencia de especies ponderada por el nivel de endemismo (presencia obtenida desde la modelación de especies). Calculado directamente sobre el tramo. Ponderación: especie local 1, regional 0.5 o nacional 0.1. Valor umbral: 0.5	Puntaje de ponderación
F.3	Régimen hidrológicamente no alterado	Indicadores respectivos calculados para cada ODV, en función de los elementos identificados en el tramo, como por ejemplo: bocatomas, embalses, obras transversales, extracciones de áridos, cortes de vegetación ripariana, entre otros. Ver más detalle de la construcción en el capítulo de ODV Estos indicadores se calculan directamente sobre el tramo.	Indicador numérico
F.4	Régimen de sedimentos no alterado		
F.5	Sistemas de agua dulce con conectividad longitudinal a nivel de cauce		
F.6	Sistemas fluviales con conectividad longitudinal del corredor ripariano		
F.7	Sistemas fluviales con conectividad lateral		
F.8	Accesibilidad de la red hidrográfica	Largo de la red hidrográfica a la cual pertenece.	Valor númerico en metros de largo de red
F.9	Sistemas fluviales con condiciones naturales de calidad físico-química del agua	Indicador de calidad físico-química del agua calculado para la SSC en que se encuentra (*).	Indicador numérico de calidad
F.10	Sistemas fluviales morfológicamente intactos	Indicador respectivo calculado para el ODV. Indicador calculado directamente sobre el tramo.	Indicador numérico

F.11	Comunidades fluviales con baja presencia de especies exóticas	Puntaje por tramo, según las condiciones que cumpla: a. Ausencia de Didymosphenia geminata **o** número de especies nativas mayor al de exóticas – 1 punto. b. Ausencia de Didymosphenia geminata **y** número de especies nativas mayor al de exóticas – 2 puntos.	Indicador númerico discreto
F.12	Áreas fluviales críticas para la conservación de la biodiversidad	Indicador respectivo calculado para el ODV. Se calcula directamente sobre el tramo.	Indicador numérico
F.13	Ecosistemas lacustres	Presencia de alguna de las siguientes condiciones: a. Tengan un cuerpo de agua en la definición de tramo. b. Sean afluentes o efluentes de uno de los grandes lagos.	Indicador binario de presencia o ausencia
F.14	Glaciares	Traslape espacial entre el área buffer del tramo y la información del catastro de glaciares de la DGA.	Indicador binario de presencia o ausencia
T.1	Especies terrestres en categoria de amenaza	Riqueza promedio de especies en categoría de amenza contenida al interior del buffer del tramo de río, obtenidos desde modelos de nicho de especies desarrollados para este proyecto.	Valor promedio de especies
T.2	Especies terrestres endémicas	Riqueza promedio de especies endémicas contenida al interior del buffer del tramo de río, obtenidos desde modelos de nicho de especies desarrollados para este proyecto.	Valor promedio de especies
T.3	Áreas terrestres críticas para la conservación de la biodiversidad	Traslape espacial de sitios IBA y Ramsar, con el buffer de cada tramo de río.	Indicador binario de presencia o ausencia
T.4	Áreas de paisaje terrestre natural	Traslape espacial entre la superficie de áreas intactas por sub-subcuenca (información desarrollada para este la evaluación de este ODV), con el buffer de cada tramo de río.	Área de traslape espacial
T.5	Paisaje natural no fragmentado	Indicador de fragmentación de la SSC a la que pertenece (**)	Indicador numérico de fragmentación
T.6	Comunidades terrestres con baja presencia de especies exóticas	Presencia promedio de exóticas al interior del área de cada buffer de tramo de río.	Indicador numérico de especies
T.7	Ecosistemas terrestres azonales	Traslape espacial entre mapa de ecosistemas terrestres azonales (información desarrollada para este la evaluación de este ODV) con el buffer de cada tramo de río.	Indicador binario de presencia o ausencia
T.8	Ecosistemas terrestres en categoría de amenaza	Promedio ponderado de áreas de pisos vegetacionales presentes en cada tramo, según su categoria de amenaza.	Indicador numérico
T.9	Protección frente a la erosión	Traslape espacial de áreas con zonas de potencial erodabilidad con el buffer de cada tramo de río. Si	Indicador binario

		la intersección es distinta de cero se considera presente el ODV.	de presencia o ausencia
T.10	Parques Nacionales	Traslape espacial de las áreas de Parques Nacionales con los buffers de los tramos de ríos.	Indicador binario de presencia o ausencia
T.11	Áreas oficiales de conservación excluyendo parques nacionales	Traslape espacial de las áreas de Áres Oficiales de Conservación, excluyendo PP.NN., con los buffers de los tramos de ríos.	Indicador binario de presencia o ausencia
T.12	Áreas de conservación de interés privados y sitios prioritarios	Traslape espacial de las áreas de Áres de conservación de interés privados y sitios prioritarios, con los buffers de los tramos de ríos.	Indicador binario de presencia o ausencia
S.1	Necesidades sociales de subsistencia: sanidad y agua potable	Población total servida por tramo por medio de sistemas APR.	Población servida total
S.2	Necesidades sociales de subsistencia alimentaria	Número de benefiiciarios INDAP por tramo.	Número de beneficiarios
C.1.1	Sitios de siginificación cultural y de manifestaciones o actividades culturales indígenas	Traslape espacial entre la presencia e sitios de significación identificados con un buffer 5.000 metros en torno a ellos, y los buffers de tramos de río.	Indicador binario de presencia o ausencia
C.1.2	Relevancia de tierra indígena	Traslape espacial entre las áreas de tierra indígena, y los buffers de tramos de río.	Indicador binario de presencia o ausencia
C.1.3	Relevancia de Áreas de Desarrollo Indígena	Traslape espacial entre las Áreas de Desarrollo Indígena, y los buffers de tramos de río.	Indicador binario de presencia o ausencia
C.1.4	Relevancia de demandas de tierra indígena	Traslape espacial entre las áreas de Demandas de Tierra Indígena, y los buffers de tramos de río.	Indicador binario de presencia o ausencia
C.1.5	Presencia de comunidades indígenas	Número de comunidades indígenas (considerando un buffer de 5.000 metros para ellas) en traslape espacial con el buffer de cada tramo.	Número de comunidades
C.2.1	Sitios de significación cultural y de manifestaciones o actividades culturales	Traslape espacial entre los sitios de significación identificados, con un buffer 5.000 metros en torno a ellos, y los buffers de tramos de río.	Indicador binario de presencia o ausencia
C.2.2	Sitios arqueológicos	Traslape espacial entre los sitios arqueológicos identificados, con un buffer 5.000 metros en torno a	Indicador binario

		ellos, y los buffers de tramos de río.	de presencia o ausencia
C.2.3	Sitios de alto valor paisajístico	Valor paisajístico determinado según el procedimiento de la guía del SEIA para la evaluación del paisaje, evaluado a escala de microcuencas. Esta información es atributada luego a cada tramo. (***)	Valores de paisajismo: bajo (1), medio (2), alto (3), destacado (4)
P.1	Producción agrícola	Traslape espacial entre las superficies de producción agrícola (del mapa generado para el desarrollo de este ODV), y los buffers de tramos de río.	Superficie de traslape espacial
P.2	Producción forestal	Traslape espacial entre las superficies de producción forestal (del mapa generado para el desarrollo de este ODV), y los buffers de tramos de río. Adicionalmente, traslape espacial entre las superficies de áreas de manejo de bosque nativo (del mapa generado para el desarrollo de este ODV), y los buffers de tramo de río.	Superficie de traslape espacial
P.3	Servicios sanitarios	Traslape espacial entre las bocatomas con finalidad de servicios sanitarios, identificadas a través del catastro de derechos de agua, y los buffers de tramos de río.	Indicador binario de presencia o ausencia
P.4	Actividad minera	Traslape espacial entre las bocatomas asociados a este tipo de actividad, y los buffers de tramos de río.	Indicador binario de presencia o ausencia
P.5	Actividad turística	Indicagor generado utilizando un método de Evaluación Multi Criterio análogo al utilizado para la evaluación del ODV, pero a escala de tramo de ríos.	Índice de valuación
P.6	Actividad acuícola	Traslape espacial entre los puntos asociados a este tipo de actividad (identificados en el proceso de generación de este ODV), y los buffers de tramos de río.	Indicador binario de presencia o ausencia

(*) Casos donde se adapta el valor de la SSC es por falta de información que permita un análisis a escala de tramo.

(**) Caso donde una adaptación a escala de tramo no es razonable dada la naturaleza y la definición del ODV en cuestión.

(***) La escala de microcuencas resulta una adaptación intermedia entre el tramo y la SSC, y en muchos casos coincide con la escala de tramo, dada la definición de estos.

b. Normalización

Dadas las distintas naturalezas y magnitudes de los valores obtenidos a partir del punto anterior, es necesario realizar un proceso de normalización que haga comparables sus valores, de manera que puedan ser ingresados como datos de entrada al modelo.

Algunos ODV se manifiestan de manera binaria en los tramos: 0 o 1 (ausente o presente), mientras otros cuentan con una representación continua que denota la abundancia relativa de estos objetos. En el caso de los ODV continuos, se realiza una clasificación por cuartiles a nivel de cuenca, donde cada tramo es un dato para este análisis, analizado separadamente por cuenca de estudio. Gráficamente, se muestra un ejemplo de la clasificación por cuartiles en la Figura 6.6. En este ejemplo se incluyen los puntajes de cada tramo del ODV F.1 "Especies fluviales en categoría de amenaza", para la cuenca del río Valdivia, ordenados en orden creciente.

Figura 6.6. Ejemplo de clasificación por cuartiles



Fuente:elaboración propia

Considerando la distinta naturaleza de ODV (binario, discreto y continuo), se determinó un mecanismo de normalización, en una escala de 1 a 8, para expresar cada ODV en una base similar y de esta manera no sesgar el proceso posterior de optimización. Este mecanismo consiste en lo siguiente:

- los ODV binarios reciben un valor de 0 con input de 0 y un valor de 8 con input de 1;
- los ODV continuos reciben un valor de:
    - 0 con input de 0;
    - 1 si su valor se encuentra en el primer cuartil de distribución de datos;
    - 2 si su valor se encuentra en el segundo cuartil;
    - 4 si su valor se encuentra en el tercer cuartil;
    - 8 si su valor se encuentra en el cuartil final.
- En el caso del ODV F.11 cuyos valores posibles son 0, 1 y 2, se les asignaron los valores 1, 4

y 8, respectivamente.

- En el caso del ODV C2.3 cuyos posibles valores son 1, 2, 3 y 4, se les asignaron los valores 1, 2, 4 y 8, respectivamente.

El detalle de la naturaleza de cada ODV se presenta en la tercera columna de la Tabla 6.2.

Tabla 6.2. Detalle de las naturalezas, factores de ponderación y área de afectación de los ODV

Código ODV	Objeto de Valoración	Naturaleza	Factor de ponderación	Área de condicionamiento
F.1	Especies fluviales en categoría de amenaza	Continuo	4	Huella
F.2	Especies fluviales endémicas	Continuo	4	Huella
F.3	Régimen hidrológicamente no alterado	Continuo	2	Huella
F.4	Régimen de sedimentos no alterado	Continuo	2	Huella
F.5	Sistemas de agua dulce con conectividad longitudinal a nivel de cauce	Continuo	2	Núcleo
F.6	Sistemas fluviales con conectividad longitudinal del corredor ripariano	Continuo	2	PP.CC. y P.R.(*)
F.7	Sistemas fluviales con conectividad lateral	Continuo	2	PP.CC. y P.R.
F.8	Accesibilidad de la red hidrográfica	Continuo	2	PP.CC.
F.9	Sistemas fluviales con condiciones naturales de calidad físico-química del agua	Continuo	1	Núcleo
F.10	Sistemas fluviales morfológicamente intactos	Continuo	2	Huella
F.11	Comunidad fluviales con baja presencia de especies exóticas	0,1,2	2	Huella
F.12	Áreas fluviales críticas para la conservación de la biodiversidad	Continuo	4	Huella
F.13	Ecosistemas lacustres	Binario	1	Núcleo
F.14	Glaciares	Binario	1	Núcleo
T.1	Especies terrestres en categoria de amenaza	Continuo	2	Núcleo
T.2	Especies terrestres endémicas	Continuo	1	Núcleo
T.3	Áreas terrestres críticas para la conservación de la biodiversidad	Binario	2	Núcleo
T.4	Áreas de paisaje terrestre natural	Continuo	1	Núcleo
T.5	Paisaje natural no fragmentado	Continuo	1	Núcleo
T.6	Comunidades terrestres con baja presencia de especies exóticas	Continuo	1	Núcleo

Código ODV	Objeto de Valoración	Naturaleza	Factor de ponderación	Área de condicionamiento
T.7	Ecosistemas terrestres azonales	Binario	4	Núcleo
T.8	Ecosistemas terrestres en categoría de amenaza	Continuo	1	Núcleo
T.9	Protección frente a la erosión	Binario	1	Núcleo
T.10	Parques Nacionales	Binario	10000000	PP.CC. y P.R.
T.11	Áreas oficiales de conservación excluyendo parques nacionales	Binario	2	Núcleo
T.12	Áreas de conservación de interés privados y sitios prioritarios	Binario	2	Núcleo
S.1	Necesidades sociales de subsistencia: sanidad y agua potable	Continuo	1	Núcleo
S.2	Necesidades sociales de subsistencia alimentaria	Continuo	1	Núcleo
C.1.1	Sitios de siginificación cultural y de manifestaciones o actividades culturales indígenas	Binario	4	Huella
C.1.2	Relevancia de tierra indígena	Binario	2	Núcleo
C.1.3	Relevancia de Áreas de Desarrollo Indígena	Binario	1	Núcleo
C.1.4	Relevancia de demandas de tierra indígena	Binario	4	Núcleo
C.1.5	Presencia de comunidades indígenas	Continuo	4	Núcleo
C.2.1	Sitios de significación cultural y de manifestaciones o actividades culturales no indígena	Binario	4	Núcleo
C.2.2	Sitios arqueológicos	Binario	2	Núcleo
C.2.3	Sitios de alto valor paisajístico	Valores discretos 1,2,3,4	2	Núcleo
P.1	Producción agrícola	Continuo	1	Huella
P.2	Producción forestal	Continuo	1	Núcleo
P.3	Servicios sanitarios	Binario	2	Huella
P.4	Actividad minera	Binario	1	Núcleo
P.5	Actividad turística	Graduado y continuo	4	Huella
P.6	Actividad acuícola	Binario	2	Huella

(*) PP.CC. = tramo donde se ubica el o los puntos de captación;
P.R. = tramo donde se ubica el punto de restitución.

c. Ponderación según nivel de condicionamiento

Como se mencionó anteriormente, se definió un mecanismo de ponderación de cada categoría de ODV por relevancia en función del grado de condicionamiento que impondría ese ODV respecto del desarrollo hidroeléctrico. Este grado de relevancia fue discutido al interior del equipo de trabajo y con la Contraparte, adoptando los siguientes criterios:

- un ODV de baja relevancia se pondera por un factor de 1;
- un ODV de mediana relevancia se pondera por un factor de 2;
- un ODV de alta relevancia se pondera por un factor de 4.

Por su consideración especial, en el caso del ODV T.10 "Parques nacionales" se aplica una ponderación de 10.000.000 a su presencia en un tramo. Usando el concepto de condicionamiento el mensaje que se quiere dar es que hoy es prácticamente imposible desarrollar un proyecto hidroeléctrico al interior de un parque nacional. En la práctica, esta ponderación resulta en que el modelo nunca selecciona una PCH que se traslape con un parque nacional.

Para la evaluación y generación de estos factores, se realizaron sesiones de trabajo con paneles de expertos, como una primera aproximación. Como ya se ha indicado anteriormente, estos valores representan parámetros del modelo y pueden ser ajustados dependiendo de las condiciones y el contexto de decisión, o bien pueden actualizarse a partir de información adicional.

d. Integración de la información

La información representativa de ODV a escala de tramos fluviales, normalizada y ponderada apropiadamente da lugar a puntajes que representan los ODV para cada tramo. En la Tabla 6.3 se muestra esquemáticamente, para cada tramo, el puntaje asociado a cada ODV, ya normalizado y ponderado.

Tabla 6.3. Puntaje de factores condicionantes por cada tramo

Tramo	ODV F.1	ODV F.2	ODV F.3	...
10101001	1	8	0	…
10101002	16	32	2	…
10101003	8	1	2	…
…	…	…	…	…

Fuente: elaboración propia

El siguiente paso consiste en asignar a cada PCH los puntajes de ODV asociados a cada uno de los tramos involucrados. Los tramos involucrados para cada ODV y PCH se identifican en base a la extensión (puntos de captación y restitución, núcleo o huella) definida en la Tabla 6.2. En la Tabla 6.4 se presenta un ejemplo de cómo se clasifica cada tramo, para cada PCH, según sea parte del núcleo o huella, y si representa un punto de captación o restitución.

Tabla 6.4. Ejemplo de tramos asociados a una PCH

PCH	**10101001**	**10101002**	**10101003**	**10101004**	**...**
Potencial 1	No involucrado	PC / Núcleo	PR / Núcleo	Huella	…
Potencial 2	No involucrado	PC / Núcleo	PR / Núcleo	No involucrado	…
Potencial 3	No involucrado	No involucrado	PC / Núcleo / PR	No involucrado	…
…	…	…	…		…

Fuente: elaboración propia

En base a las Tabla 6.3 y Tabla 6.4 se constituye la información de entrada para la implementación del modelo según distintas configuraciones de tipo y cantidad de ODV condicionantes. A cada PCH se le atribuyen el puntaje de ODV de los tramos asociados, en función de las definiciones de núcleo, huella, puntos de captación y restitución. Se obtiene así para cada PCH, según el tipo de factores condicionantes involucrados totales y por tipo, según la estructura que se presenta en la Tabla 6.5:

Tabla 6.5. Ejemplo de asociación de factores condicionantes a PCH.

PCH	Potencia [MW]	Factores Condicionantes (totales)	Factores Condicionantes (tipo fluvial)	…
Potencial 1	50	100	16	…
Potencial 2	15	200	64	…
Potencial 3	6	132	64	…
…	…	….	…	

Fuente: elaboración propia

La Tabla 6.5 es la base para la optimización, que identifica y selecciona un conjunto de PCH, en base a los beneficios y costos que involucran, representados por la potencia instalable y el puntaje total de factores condicionantes involucrados, respectivamente.

6.2 Análisis de la información de entrada

Previo a la presentación de los resultados, se realiza un breve análisis de la información de entrada para el modelo, obtenida a partir del procesamiento de la información base presentada en los capítulos X y Y. Luego de efectuar el procesamiento descrito en el punto 6.1.4, se obtiene una proporción de los factores condicionantes que representan a los ODV a escala de tramo para cada cuenca. La distribución de estos se presenta en la Figura 6.7, Figura 6.8, Figura 6.9 y Figura 6.10, para las cuencas de Valdivia, Bueno, Puelo, y Yelcho, respectivamente. El detalle de los puntajes totales por tipo de ODV para cada cuenca se muestra en la Tabla 6.6.

Tabla 6.6. Resumen de puntajes de ODV obtenidos por tipo, separado por cuenca.

Cuenca	Fluviales	%	Terrestres	%	Sociales	%	Cultural	%	Productivo	%	Total
Valdivia	133.140	54,0	38.875	15,8	3.264	1,3	49.342	20,0	22.051	8,9	246.672
Bueno	151.626	58,0	32.923	12,6	11.532	4,4	39.476	15,1	25.799	9,9	261.356
Puelo	12.332	63,9	4.230	21,6	240	1,2	496	2,5	2.312	11,8	19.610
Yelcho	35.116	58,3	10.710	17,8	576	1,0	7772	12,9	6.034	10,0	60.208

Fuente: elaboración propia

En términos generales, las cuatro cuencas presentan una distribución similar de puntaje ODV, con algunas pequeñas variaciones en función de características más especificas de cada cuenca. Se observa que en los cuatro casos los ODV fluviales representan más del 50% del puntaje total de la cuenca, variando entre un 54% en la cuenca del río Valdivia y un 62.9% en la cuenca del río Puelo. Una de las diferencias más notorias corresponde a la participación que tiene la componente cultural en la distribución: en las cuencas de los ríos Valdivia y Bueno llega a tener valores superiores al 15%, mientras que en Puelo representa solamente un 2.5%. Esto se explica por la presencia de comunidades indígenas en las primeras dos cuencas, y su ausencia en la última, dado que más de la mitad de los ODV culturales,presentan algún tipo de relación con la presencia de elementos indígenas.

En esta misma línea, cabe destacar que las diferentes categorías involucran distinto número de ODV. teniéndose algunas donde se llegan a tener catorce ODV distintos (fluvial) mientras que en otras se tienen solamente dos ODV (social). Esto también explica en parte los distintos puntajes totales entre categorías.

Figura 6.7. Proporción de puntaje de ODV según tipo, en la cuenca del río Valdivia.

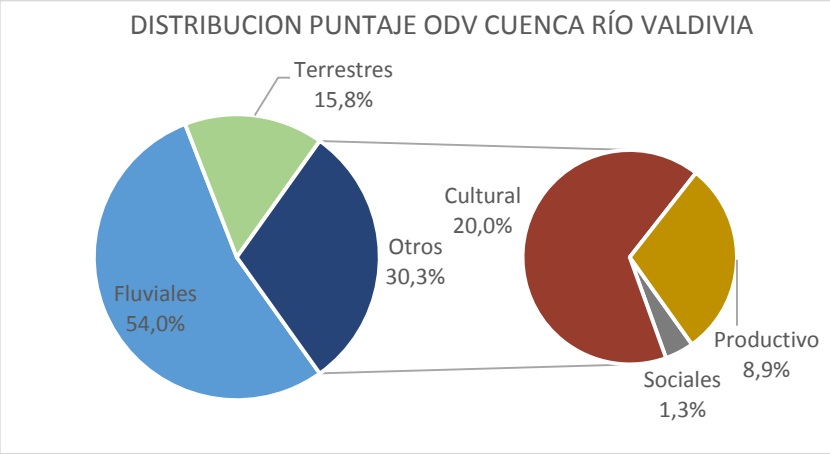


Figura 6.8. Proporción de puntaje de ODV según tipo, en la cuenca del río Bueno.

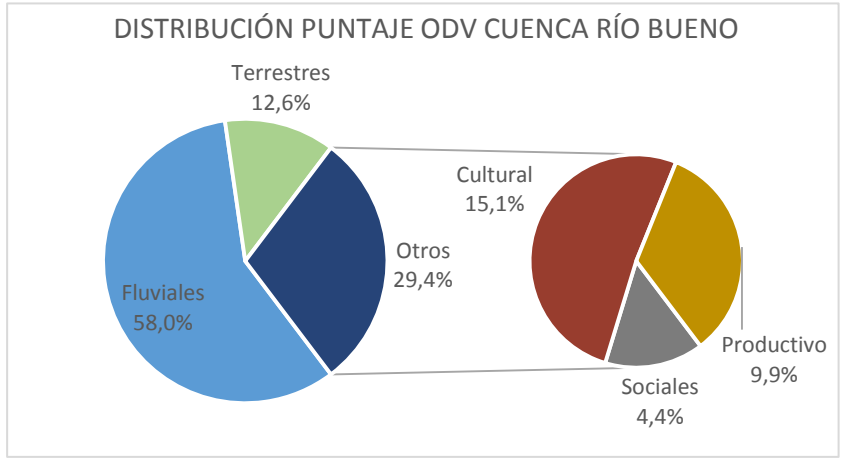


Figura 6.9. Proporción de puntaje de ODV según tipo, en la cuenca del río Puelo.

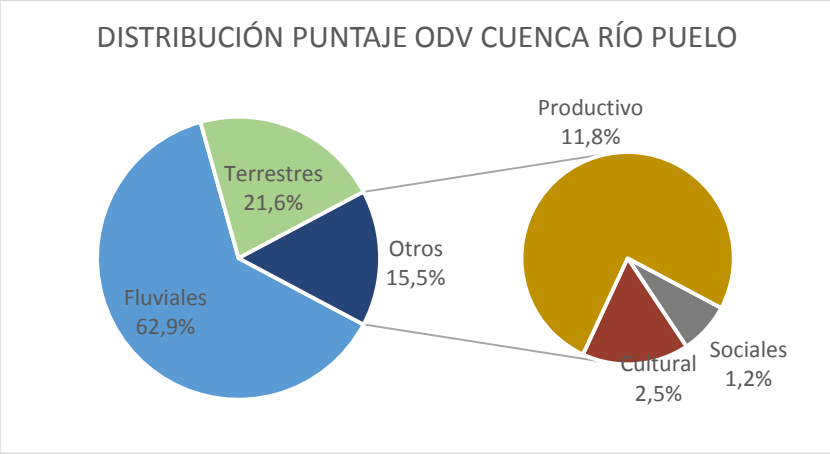
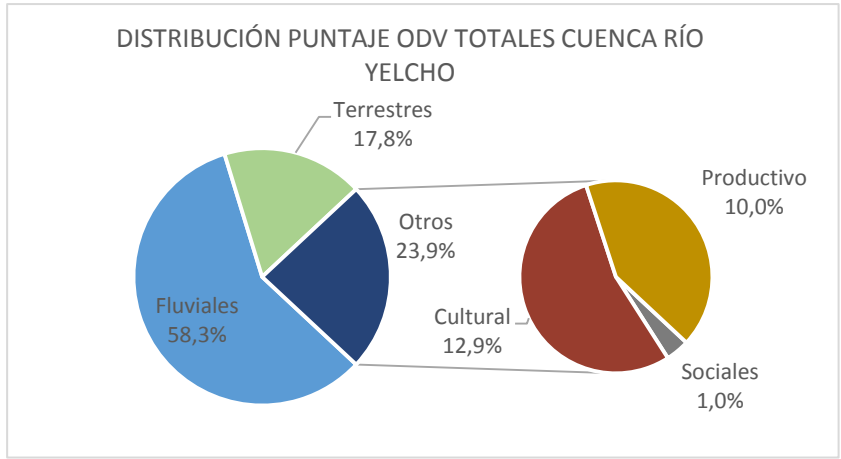


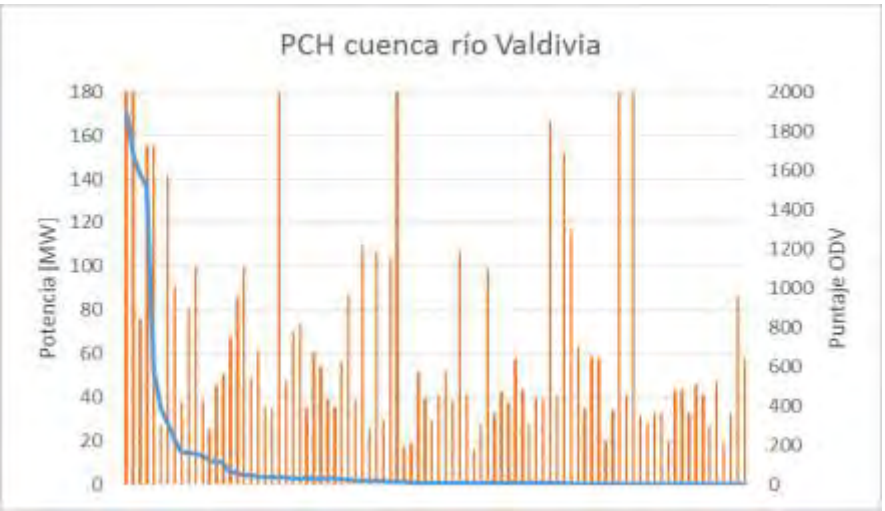
Figura 6.10. Proporción de puntaje de ODV según tipo, en la cuenca del río Yelcho.



Fuente: elaboración propia

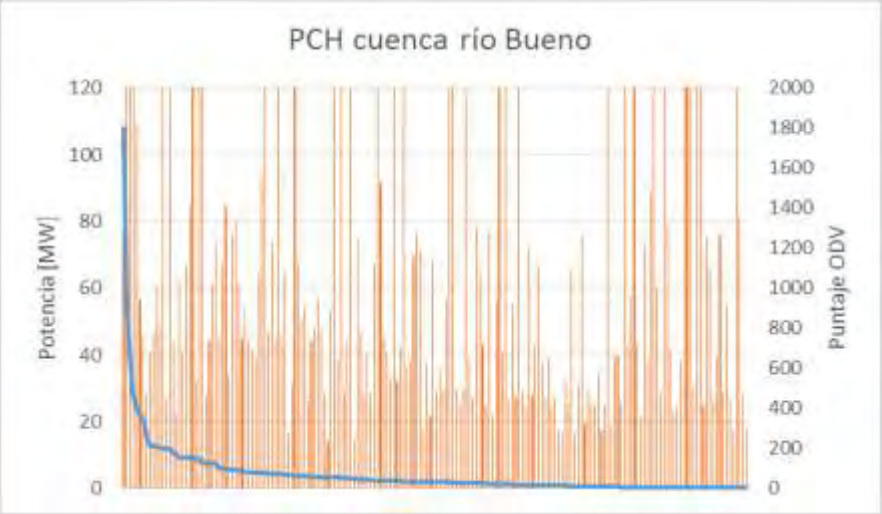
Adicionalmente, es posible tener una primera noción de los *tradeoffs* a nivel de PCH a partir de la razón entre Potencia/Puntaje Total de Factores Condicionantes involucrados de cada PCH. Esto se ejemplifica en las Figura 6.11, Figura 6.12, Figura 6.13 y Figura 6.14, para cada una de las cuencas del presente estudio. El eje primario corresponde a la potencia de las PCH en orden decreciente (línea azul) y el eje secundario (barras rojas), al indicador de puntaje de ODV involucrado en cada proyecto, respectivamente. Estas figuras permiten comprender la distribución de capacidades instalables en cada una de las cuencas. Por ejemplo, en la cuenca de Valdivia aproximadamente un 8% de las PCH tienen capacidades instalables superiores a 20 MW. Este valor es un 4% en la cuenca de Bueno, un 20% en Puelo, y sobre 50% (5 de 9) en Yelcho.

Figura 6.11. Distribución de potencial hidroeléctrico y puntaje de ODV involucrado por PCH, cuenca río Valdivia.



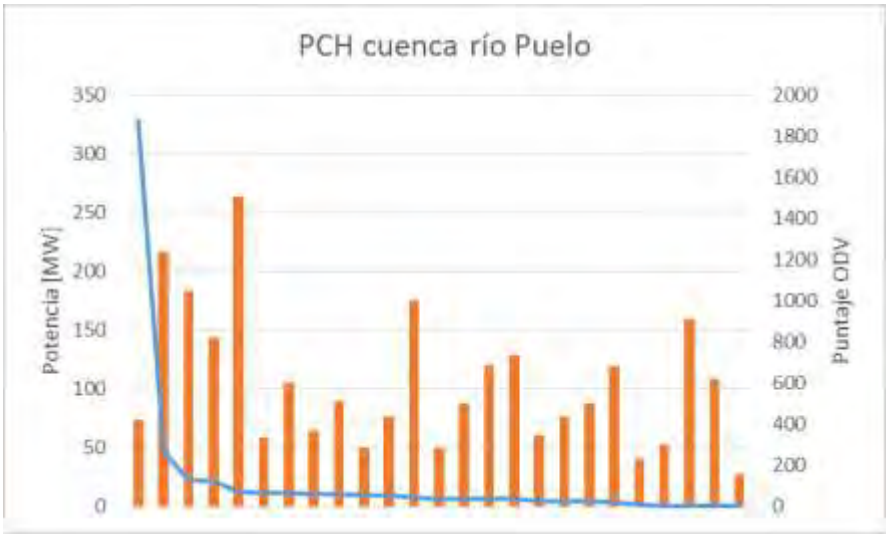
Fuente: elaboración propia

Figura 6.12. Distribución de potencial hidroeléctrico y puntaje de ODV involucrado por PCH, cuenca río Bueno.



Fuente: elaboración propia

Figura 6.13. Distribución de potencial hidroeléctrico y puntaje de ODV involucrado por PCH, cuenca río Puelo.



Fuente: elaboración propia

Figura 6.14. Distribución de potencial hidroeléctrico y puntaje de ODV involucrado por PCH, cuenca río Yelcho.



Fuente: elaboración propia

En las Figura 6.11 y Figura 6.12 se observa que en algunos casos las barras asociadas al puntaje ODV de un proyecto exceden el rango del eje respectivo. En esos casos, la PCH presenta un traslape espacial con un Parque Nacional, por lo cual se le atribuye un peso que se traduzca en determinar al proyecto como infactible debido al nivel de condicionamiento asociado. Adicionalmente, es posible observar que la distribución de puntajes de ODV asociados a cada PCH no parece estar relacionada con el tamaño de ésta. La distribución de valores resulta relativamente homogénea, independiente del tamaño del proyecto asociado. Esto significa que

puede llegar a darse que, una PCH que representa un bajo aporte de potencia instalable, involucre una magnitud de factores condicionantes similar a una PCH que aporte mayor potencial.

Finalmente, se presenta la distribución espacial a escala de SSC de los potenciales totales identificados en cada cuenca en las **Figura** 6.15, Figura 6.16, Figura 6.17 y Figura 6.18.

En estas figuras se puede ver que las cuencas de los ríos Valdivia y Bueno presentan una cierta similitud entre ellas en lo que se refiere a la distribución de potencial; por otro lado, las cuencas de los ríos Puelo y Yelcho presentan mayores similitudes entre ellas.

Las cuencas de los ríos Valdivia y Bueno, presentan zonas com mayores potenciales asociadas a las zonas cordilleranas y menores en el sector del valle central, lo cual se podría inferir tiene relación.con mayores alturas de caídas. Otro elemento en común de estas zonas de mayor potencial tiene relación con la presencia de grandes lagos. Las pocas zonas que presentan potencial en las zonas del valle cebtral presentan en general valores menores significativamente, con solo un par de excepciones.

Las cuencas de los ríos Puelo y Yelcho por otro lado presentan una distribución más uniforme del potencial, no siguiendo un patrón asociado al relieve ni a otros factores identificables.

Figura 6.15. Potencial total desarrollable en la cuenca del río Valdivia, distribuido espacialmente por SSC.

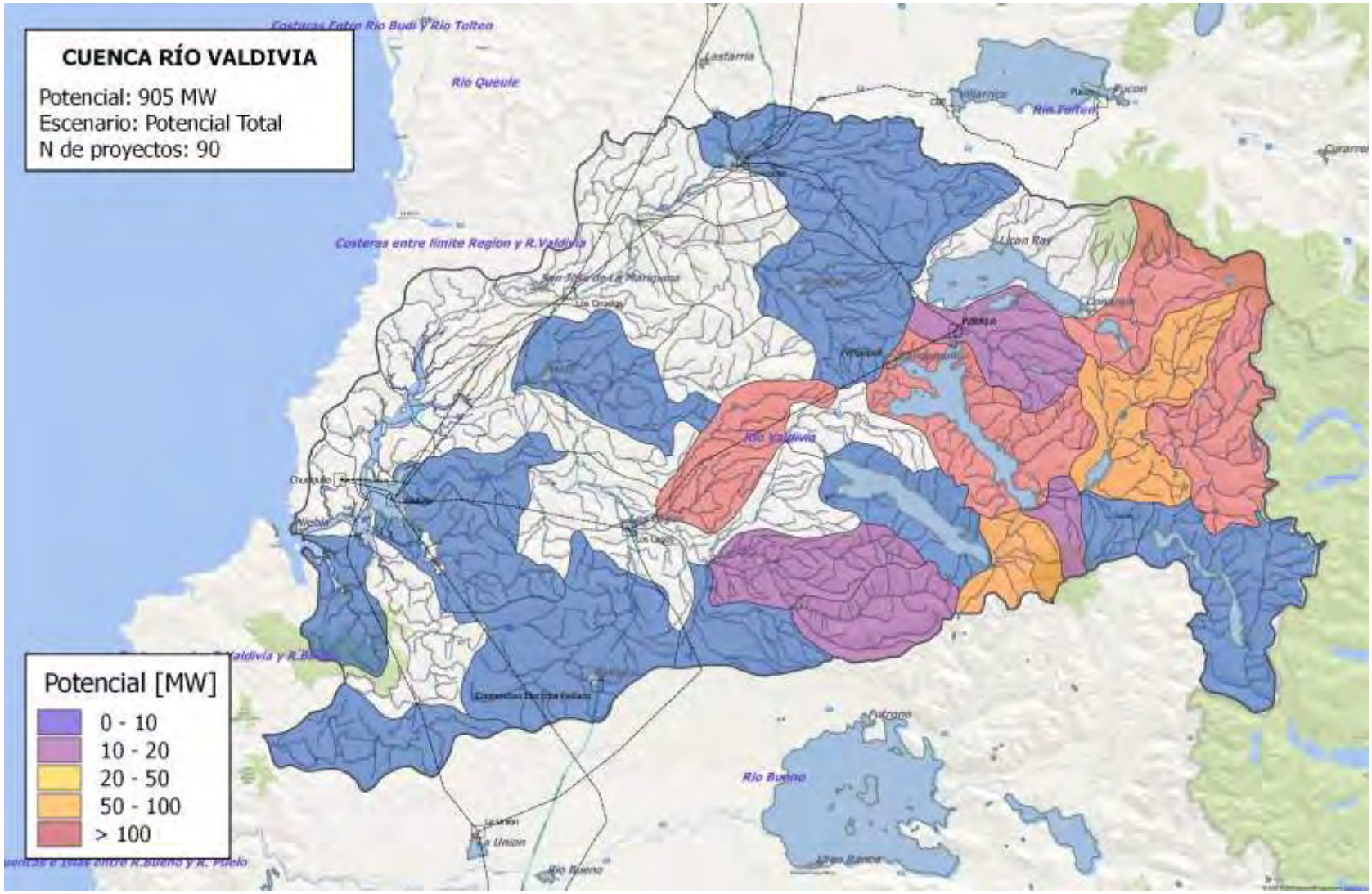


Figura 6.16. Potencial total desarrollable en la cuenca del río Bueno, distribuido espacialmente por SSC

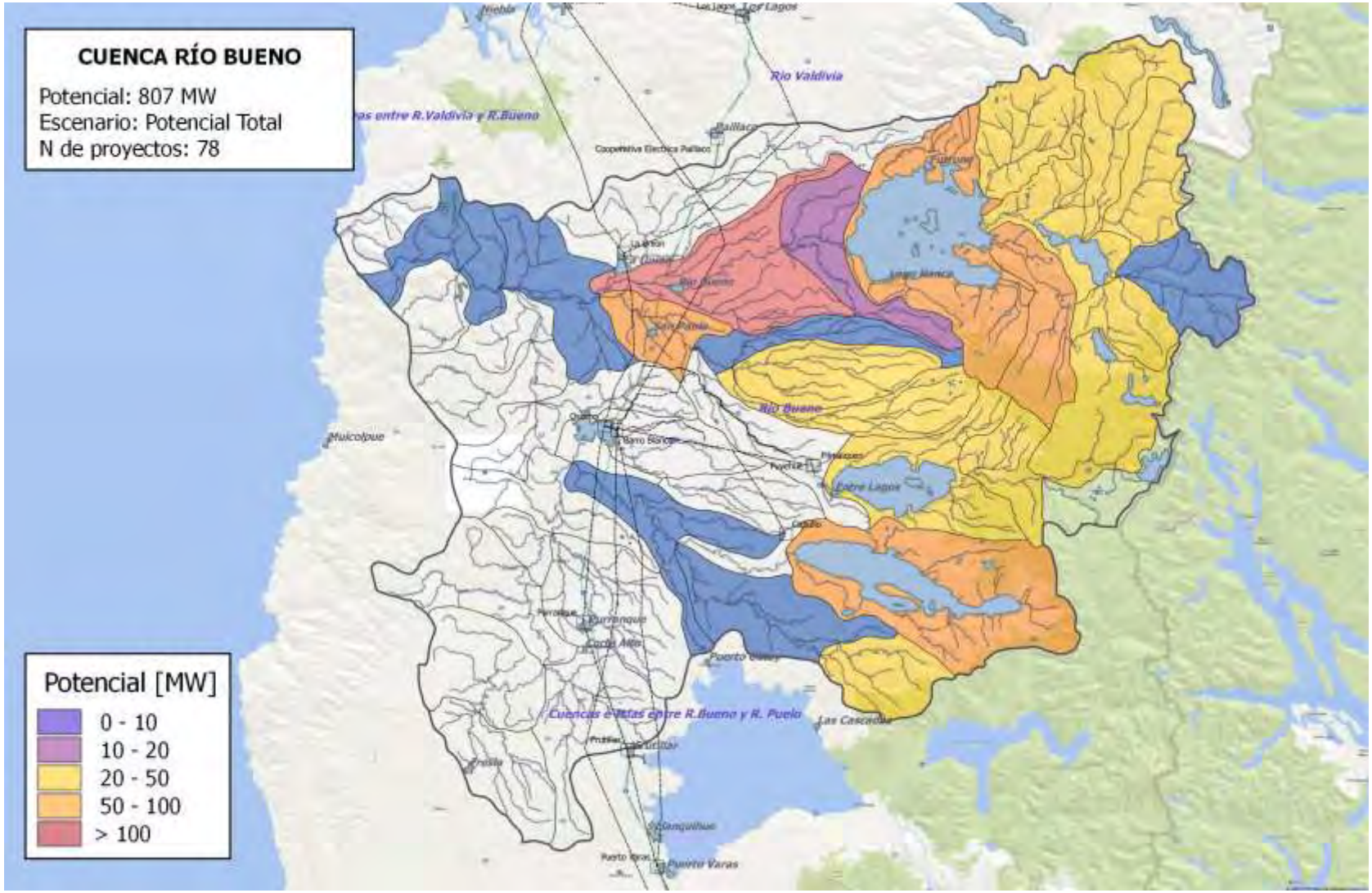


Figura 6.17. Potencial total desarrollable en la cuenca del río Puelo, distribuido espacialmente por SSC

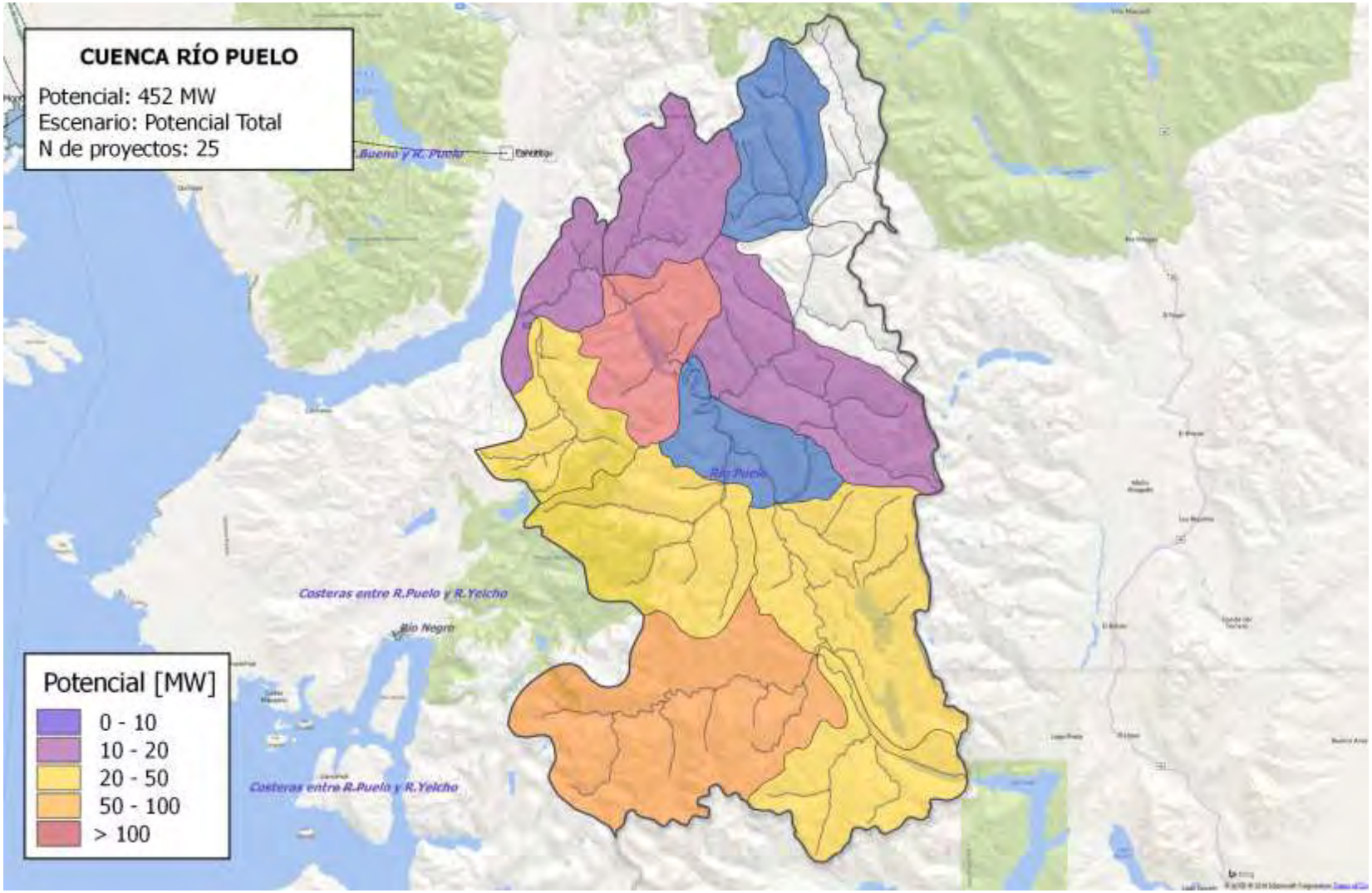
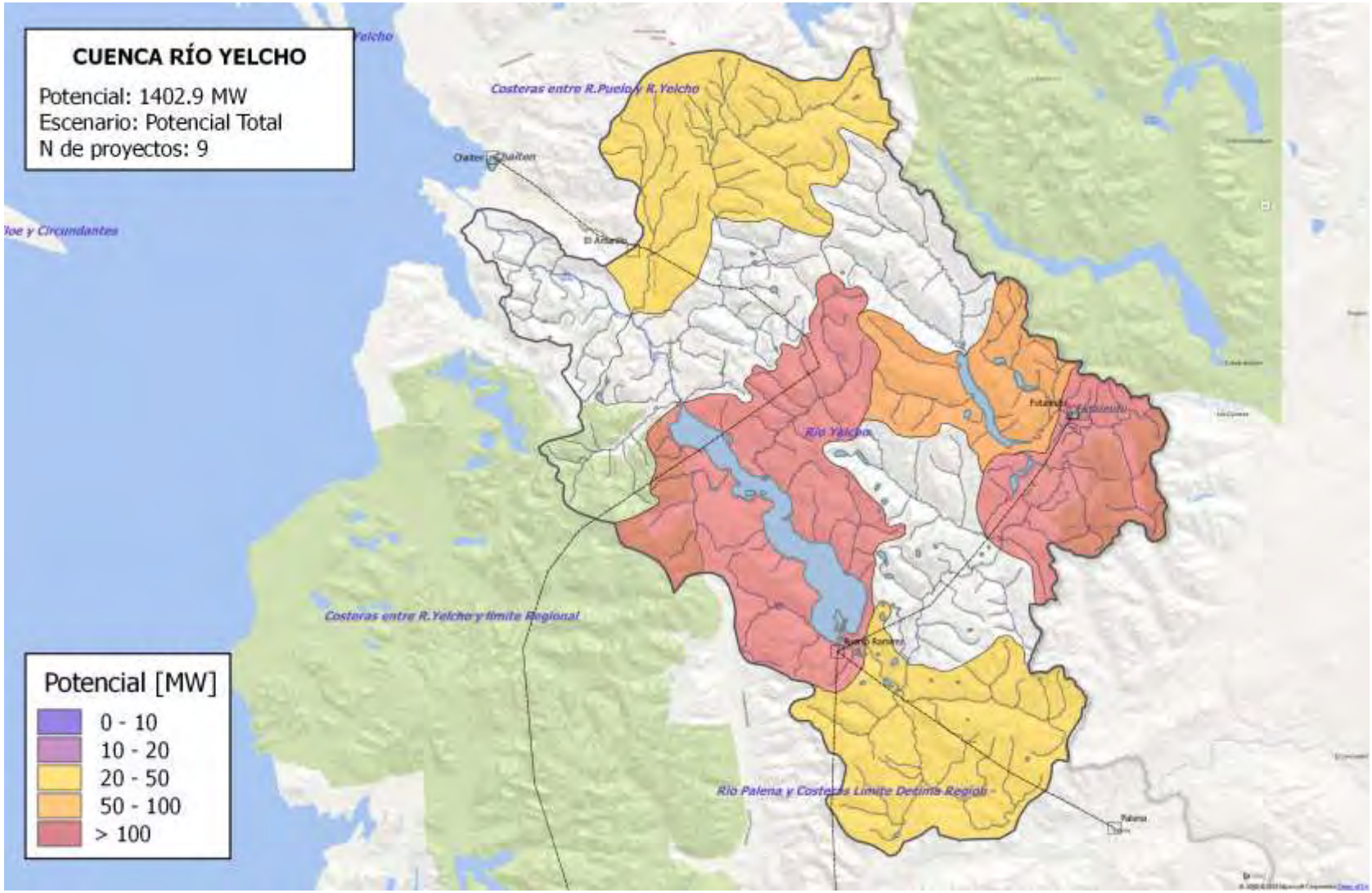


Figura 6.18. Potencial total desarrollable en la cuenca del río Yelcho, distribuido espacialmente por SSC



6.3 Resultados

A continuación se presentan resultados obtenidos a partir del modelo de optimización para cada una de las cuencas del presente estudio. Estos resultados pretenden ilustrar los análisis que pueden ser efectuados mediante la utilización de esta herramienta. En este caso, se seleccionan alternativas (conjuntos de PCH) que maximicen el potencial total a desarrollar para distintos niveles máximos admisibles de puntajes totales de factores condicionantes. Alternativamente, se replica el procedimiento pero limitando tipos específicos de factores condicionantes. La comparación de soluciones óptimas bajo distintos escenarios permite identificar los *tradeoffs* entre el desarrollo de potencial y el involucramiento de factores condicionantes. Esto es, bajo escenarios más restrictivos en términos puntaje total admisible, se espera que sea posible desarrollar óptimamente menores potenciales totales que bajo escenrios menos restrictivos. La cuantificación de estas diferencias entre escenarios constituye los *tradeoffs*. Como resultados principales, para cada escenario de análisis - tipo de categorías de ODV que se limitan y su límite máximo admisible - se obtiene un conjunto de PCH óptimo (con su configuración espacial respectiva). Este conjunto de PCH representa la potencia máxima total instalable a desarrollar en la cuenca para el nivel admisible de factores condicionantes del escenario respectivo. Asimismo, se obtiene el puntaje total de factores condicionantes involucrados en la alternativa óptima, que puede expresarse como proporción del puntaje total de factores condicionantes de la cuenca. y la distribución por tipo de factor.

6.3.1 Cuenca río Valdivia

La cuenca del río Valdivia presenta el potencial hidroeléctrico descrito en la Tabla 6.7. Debido a que se tienen proyectos en áreas protegidas, no se considera posible desarrollar el 100% del potencial de la cuenca bajo ningún escenario de análisis, sino que solamente el 99.5% del total.

Tabla 6.7.Resumen del potencial presente en la cuenca del río Valdivia.

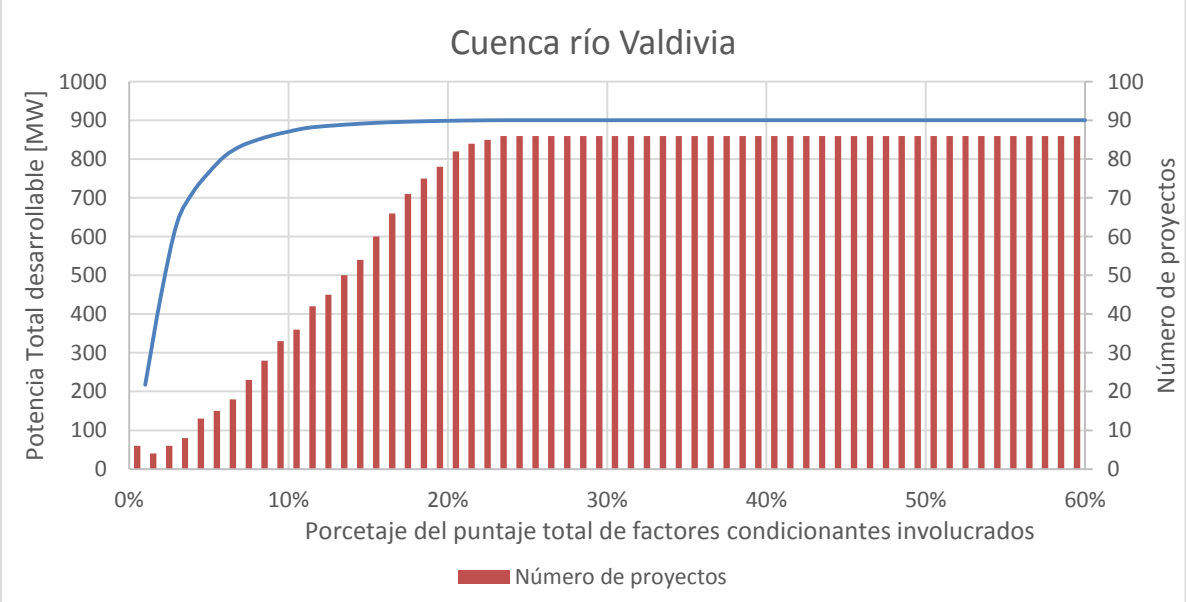
Potencial Total	905 MW
Número de PCH	90
Potencial en Áreas protegidas	4,5 MW
PCH en Áreas Protegidas	4
Potencial Desarrollable	**900,5 MW**

Fuente: elaboración propia

En la Figura 6.19, que muestra los resultados obtenidos usando el modelo para escenarios que involucran entre 0 y 60% de puntaje d efactores condicionantes, se presenta la relación entre la

potencia total máxima instalable y el porcentaje de ODV relativo al total de la cuenca involucrado en la alternativa óptima. Esta relación define los *tradeoffs* entre ambos objetivos. Se observa que el total del potencial desarrollable de la cuenca (esto es, sin considerar el potencial que involucra Parques Nacionales) puede lograrse afectando un 24% del puntaje de ODV total de la cuenca.

Figura 6.19. Gráfico de potencia obtenida y número de proyectos asociados, en función de la afectación de ODV. Cuenca río Valdivia.



Fuente: elaboración propia

Por otra parte, respecto del potencial máximo desarrollable se distinguen en la curva tres zonas bien marcadas. La primera corresponde al intervalo entre 1% y 4% de puntaje total de factores condicionantes, donde la pendiente es máxima y constante, indicando que el potencial adicional obtenido al admitir puntajes crecientes de factores condicionantes en este rango genera un aumento de la potencia desarrollable considerable. A partir del 4% de puntaje total se observa una pendiente decreciente, que indica que el potencial adicional que puede obtenerse al aceptar puntajes crecientes de ODV (esto es, al relajar la restricción de puntaje total involucrado) disminuye a medida que se va desarrollando más y más potencial.Este comportamiento tiene sentido, pues al admitir valores crecientes de puntaje total de ODV se van encontrando soluciones que contienen algunas PCH con peor relación entre potencial y puntaje de ODV involucrados. Finalmente, a partir de 24% se observa una línea horizontal, indicando que no se obtiene potencial adicional al admitir mayor involucramiento de factores condicionantes a nivel de cuenca. Esto significa, que en ese punto ya es posible desarrollar la totalidad del potencial hidroeléctrico de la cuenca.

A pesar de las diferencias de comportamiento de la potencia máxima desarrollable en los tres rangos anteriores, es posible observar que el número de proyectos involucrados en cada solución va aumentando casi de manera uniforme a medida que se relaja la restricción de factores condicionantes. Esto indica que a medida que se van admitiendo mayores niveles de involucramiento de los OVD de la cuenca, la alternativa óptima de desarrollo hidroeléctrico incorpora en forma gradual las PCH menos eficientes en términos de la relación potencial/puntaje de factores condicionantes. Asimismo, cuando se admiten un bajo nivel de involucramiento de ODV, la alternativa óptima contiene exclusivamente las PCH con muy alta eficiencia potencial/puntaje de ODV. La Tabla 6.8 muestra en detalle los resultados para la cuenca del río Valdivia al limitar el total de factores condicionantes.

Tabla 6.8. Resultados del proceso de optimización, limitando todos los factores condicionantes, en la cuenca del río Valdivia.

Puntaje ODV total límite [%]	Puntaje ODV involucrados del total en solución [%]	Potencia [MW]	Potencial de cuenca desarrollado	Proporción de ODV fluviales involucrados	Proporción de ODV terrestres involucrados	Proporción de ODV SCP involucrados
1%	1%	217,5	24%	60%	10%	30%
2%	2%	450,2	50%	59%	9%	32%
3%	3%	635,4	70%	59%	9%	32%
4%	4%	714,6	79%	63%	8%	29%
5%	5%	765,9	85%	63%	8%	28%
6%	6%	808,0	89%	61%	10%	29%
7%	7%	833,6	92%	60%	10%	31%
8%	8%	849,2	94%	60%	10%	30%
9%	9%	861,5	95%	60%	10%	30%
10%	10%	871,0	96%	61%	10%	29%
15%	15%	892,6	99%	59%	10%	30%
20%	20%	898,9	99%	60%	10%	30%
24%	23%	900,5	99%	61%	10%	29%

Fuente: elaboración propia

En las Figura 6.20, , Figura 6.22 y Figura 6.23 se presenta la distribución espacial del potencial seleccionado en la cuenca del río Valdivia, a nivel de sub-subcuenca para los casos en que se limitan el total de factores involucrados en un 1%, 5%, 10% y 20%, respectivamente. En esta serie de imágenes se observa que para valores bajos admisibles de involucramiendo de ODV, las soluciones incluyen PCH que se encuentran en el sector suroriente de la cuenca. A medida que se relaja la restricción, se van incorporando más SSC hacia el norte y hacia la costa. Este comportamiento es consecuente en el sentido de que se seleccionan primero aquellas SSC que presentan un mayor potencial, que aquellas en el rango 0 – 10 MW, que son las últimas en entrar.

Figura 6.20. Resultados modelación por SSC, limitando con 1% del total de FC, cuenca del río Valdivia

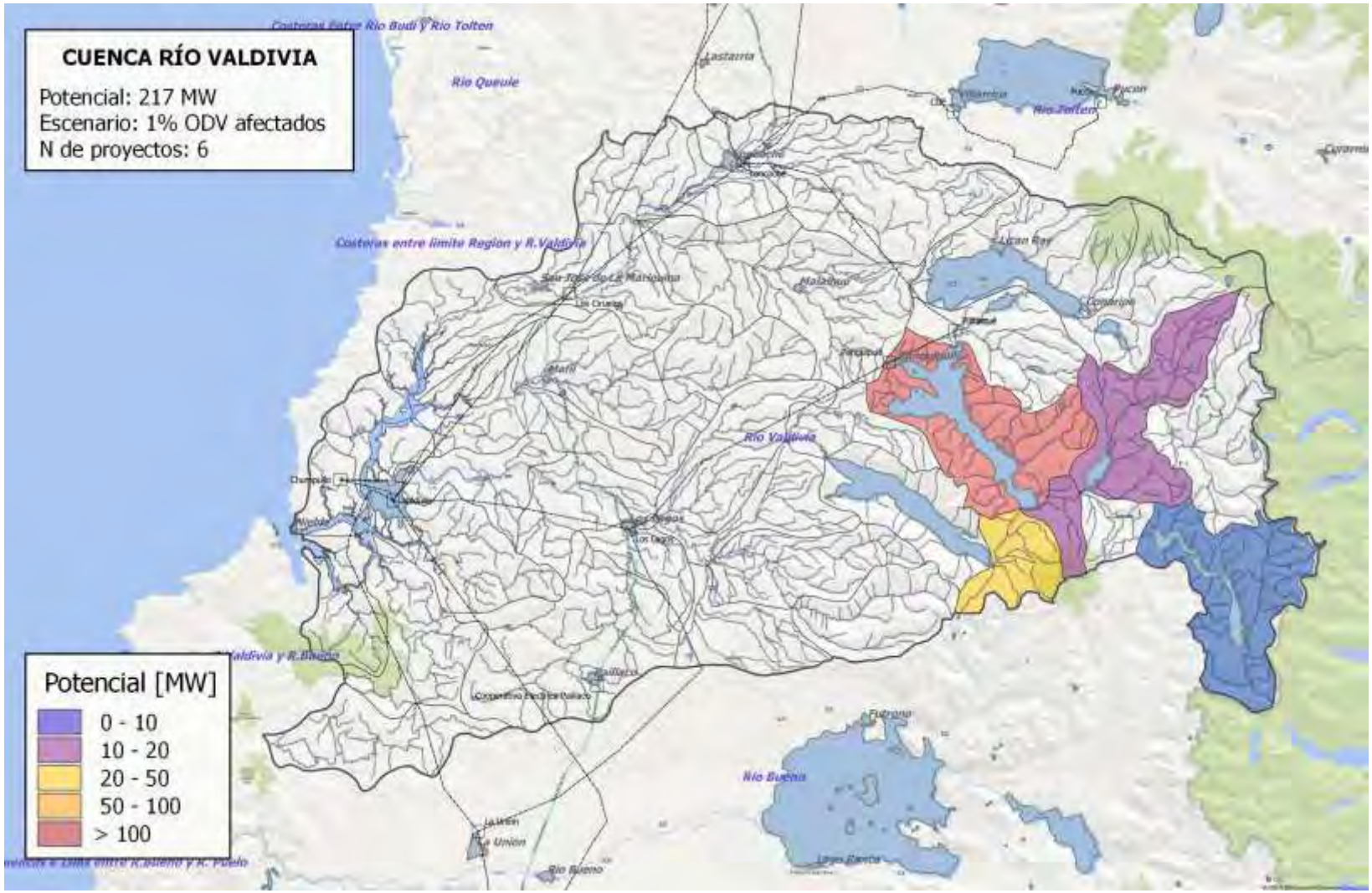


Figura 6.21. Resultados modelación por SSC, limitando con 5% del total de ODV, cuenca del río Valdivia

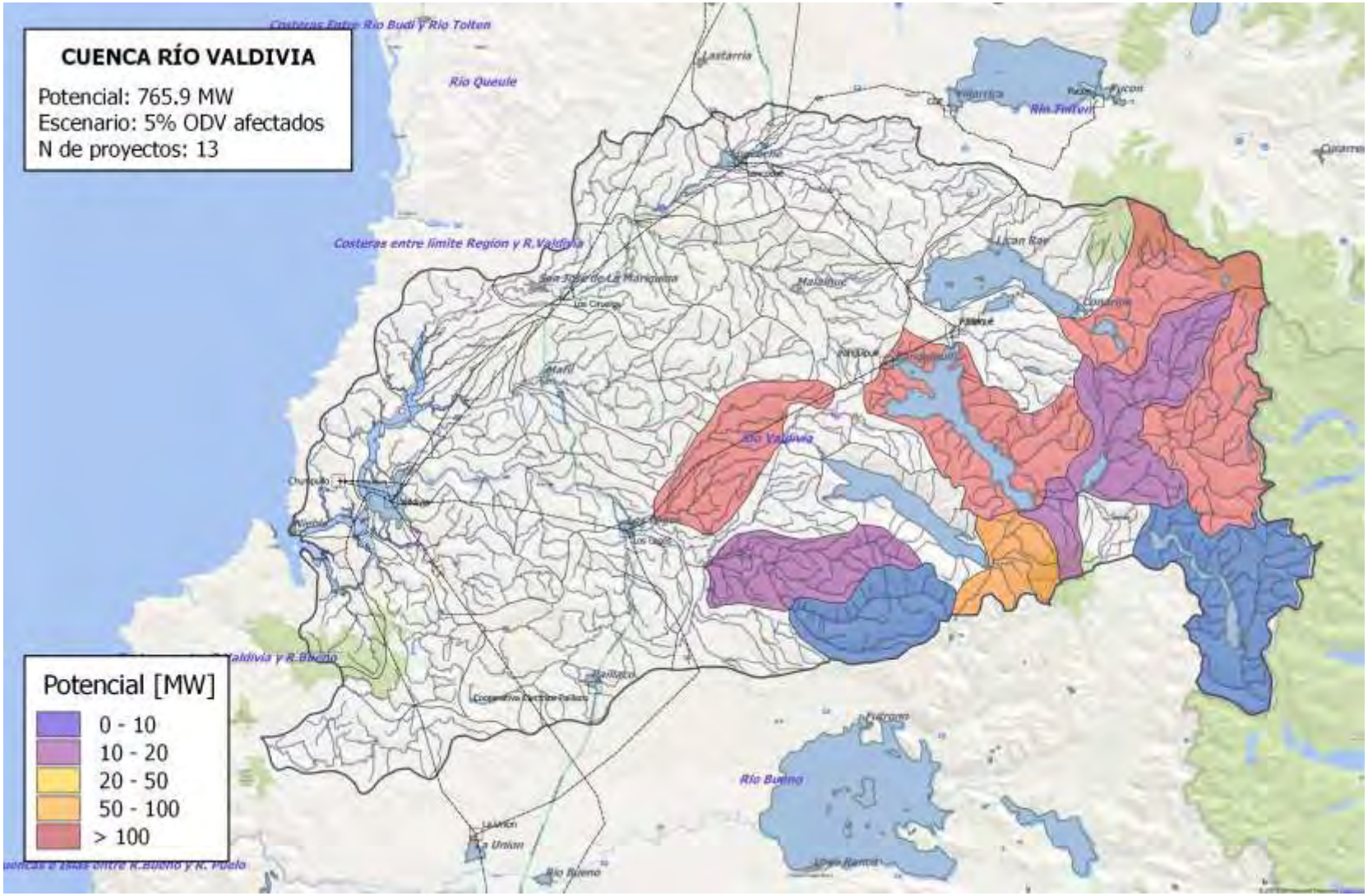


Figura 6.22. Resultados modelación por SSC, limitando con 10% del total de ODV, cuenca del río Valdivia

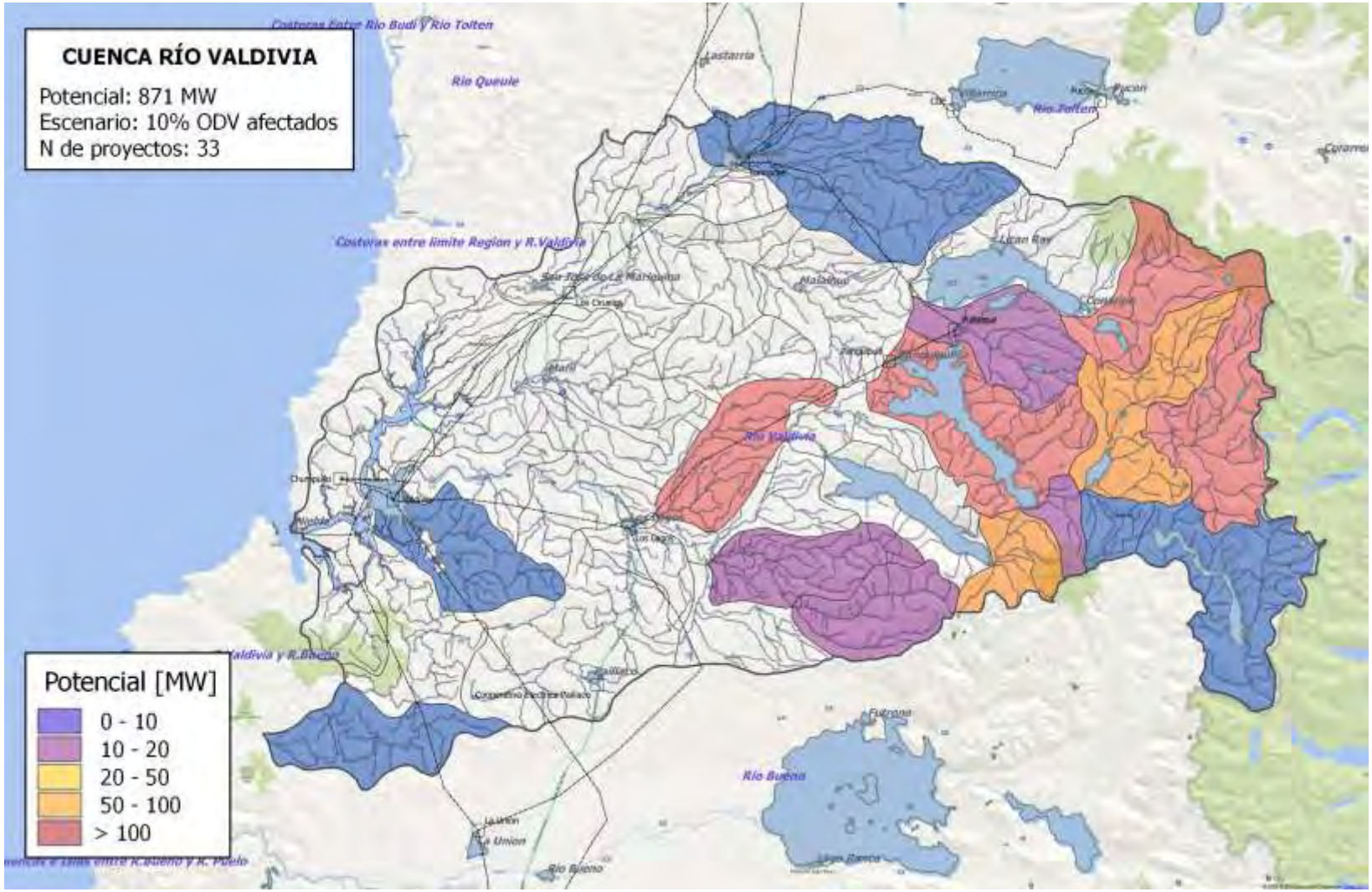
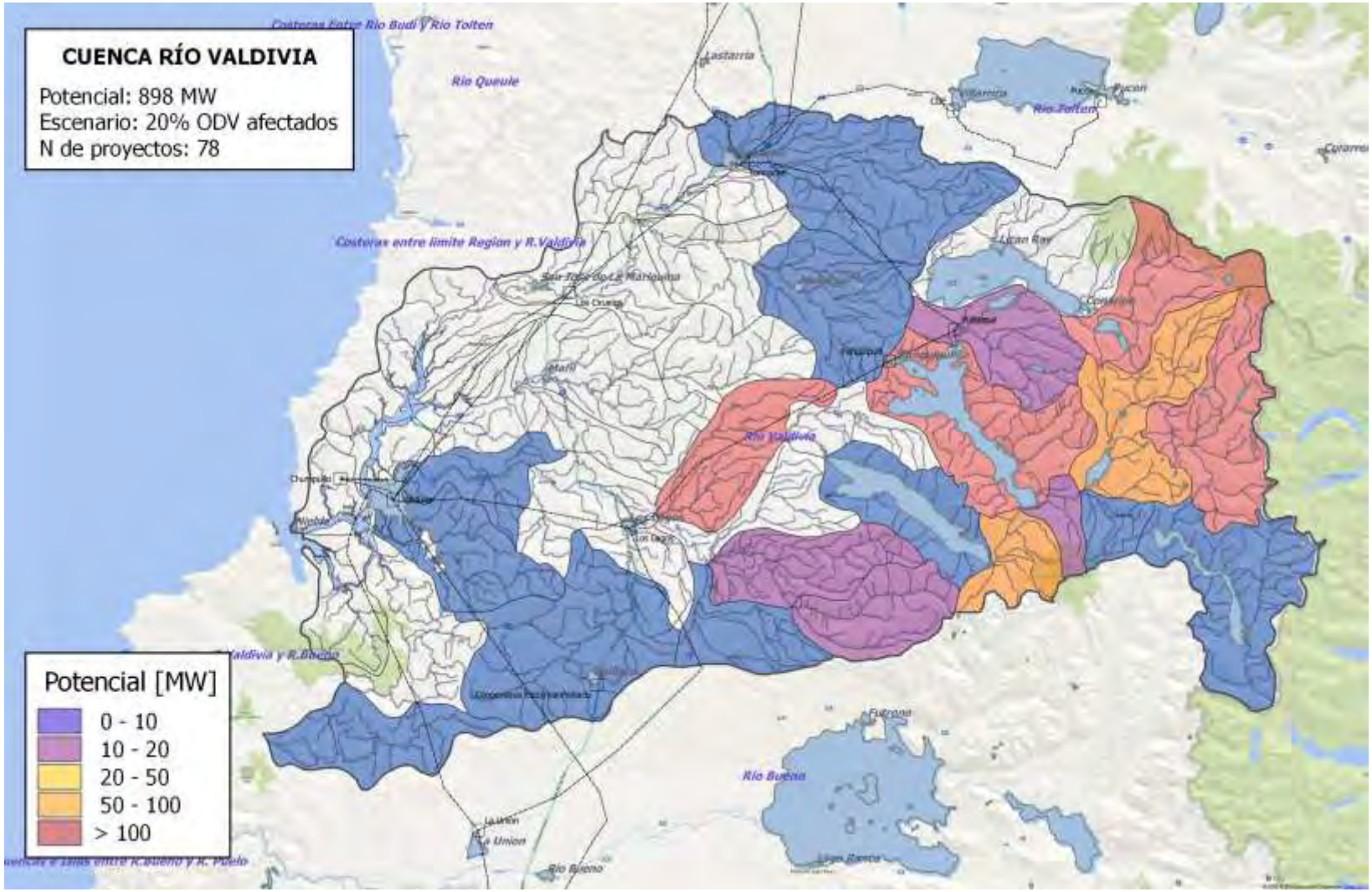


Figura 6.23. Resultados modelación por SSC, limitando con 20% del total de ODV, cuenca del río Valdivia



Otras alternativas interesantes de desarrollo hidroeléctrico son aquellas que se obtienen al limitar el involucramiento de categorías específicas de factores condicionantes. En las Tabla 6.9, Tabla 6.10 y Tabla 6.11 se muestran los resultados obtenidos al limitar solamente las condicionantes fluviales, las condicionantes terrestres y fluviales, y las condicionantes sociales, culturales y económicas, respectivamente. En estos caso, a pesar de que las soluciones óptimas se obtienen restringiendo ciertos tipos de factores condicionantes, una vez identificada la alternativa óptima se puede contabilizar el puntaje total de factores condicionantes asociados a esta, incluyendo todas las categorías.

Tabla 6.9. Resultados modelo de optimización. Factores condicionantes fluviales como limitante. Cuenca del río Valdivia.

Puntaje ODV fluvial límite [%]	Puntaje ODV involucrados del total en solución [%]	Potencia [MW]	Potencial de cuenca desarrollado	Proporción de ODV fluviales involucrados	Proporción de ODV terrestres involucrados	Proporción de ODV SCP involucrados
1%	1%	206,9	23%	58%	11%	31%
2%	2%	393,5	43%	53%	13%	34%
3%	3%	546,6	60%	56%	11%	33%
4%	4%	687,2	76%	58%	9%	33%
5%	4%	735,6	81%	63%	8%	29%
6%	5%	778,2	86%	61%	9%	30%
7%	6%	816,1	90%	59%	10%	31%
8%	7%	837,9	93%	58%	10%	32%
9%	8%	852,0	94%	59%	10%	31%
10%	9%	862,4	95%	59%	10%	31%
15%	14%	889,3	98%	59%	10%	30%
20%	18%	897,4	99%	59%	11%	30%
24%	22%	899,8	99%	60%	10%	30%

Fuente: elaboración propia

Tabla 6.10. Resultados modelo de optimización. Factores condicionantes fluviales y terrestres como limitantes. Cuenca del río Valdivia.

Puntaje ODV FyT límite [%]	Puntaje ODV involucrados del total en solución [%]	Potencia [MW]	Potencial de cuenca desarrollado	Proporción de ODV fluviales involucrados	Proporción de ODV terrestres involucrados	Proporción de ODV SCP involucrados
1%	1%	217,3	24%	59%	10%	31%
2%	2%	484,4	54%	59%	9%	32%
3%	3%	647,4	72%	59%	9%	32%
4%	4%	714,6	79%	63%	8%	29%
5%	5%	763,8	84%	60%	8%	31%
6%	6%	807,0	89%	61%	9%	30%
7%	7%	833,7	92%	59%	10%	31%
8%	8%	850,1	94%	58%	10%	32%
9%	9%	861,6	95%	59%	10%	31%
10%	10%	871,7	96%	59%	10%	31%
15%	15%	892,6	99%	59%	10%	30%
20%	20%	898,9	99%	60%	10%	30%
24%	23%	900,5	99%	61%	10%	29%

Fuente: elaboración propia

Tabla 6.11. Resultados modelo de optimización. Factores condicionantes sociales, culturales y productivos como limitantes. Cuenca del río Valdivia.

Puntaje ODV SCP límite [%]	Puntaje ODV involucrados del total en solución [%]	Potencia [MW]	Potencial de cuenca desarrollado	Proporción de ODV fluviales involucrados	Proporción de ODV terrestres involucrados	Proporción de ODV SCP involucrados
1%	1%	283,2	31%	71%	5%	24%
2%	2%	442,6	49%	67%	7%	26%
3%	4%	578,9	64%	67%	8%	25%
4%	5%	736,0	81%	65%	8%	27%
5%	6%	783,2	87%	65%	9%	25%
6%	7%	818,1	90%	64%	10%	26%
7%	8%	840,7	93%	63%	10%	28%
8%	9%	855,9	95%	63%	10%	27%
9%	10%	866,1	96%	62%	10%	28%
10%	10%	873,8	97%	61%	10%	29%
15%	15%	893,1	99%	60%	11%	30%
20%	21%	899,3	99%	61%	10%	29%
24%	23%	900,5	99%	61%	10%	29%

Fuente: elaboración propia

De las tablas anteriores es posible concluir que no existen diferencias significativas en la proporción del tipo de ODV afectados, sin importar la categoría que se esté limitando. Los resultados de potencial desarrollable según grado de afectación tampoco presentan diferencias significativas y se presenta el mismo comportamiento por secciones que en el caso de limitación de todos los tipos de ODV. Esto indica que en términos generales, las alternativas óptimas identificadas al limitar categorías específicas de ODV resultan en potenciales totales e involucramiento de ODV similares al caso entre sí, y similares al caso en que se limita el total de ODV, sin distinguir por categorías.

6.3.2 **Cuenca río Bueno**

La cuenca del río Bueno presenta el potencial hidroeléctrico descrito en la Tabla 6.12. Debido a que se tienen proyectos en áreas protegidas, no se es posible desarrollar el 100% del potencial de la cuenca bajo ningún escenario de análisis, sino que solamente un valor cercano al 82% del total.

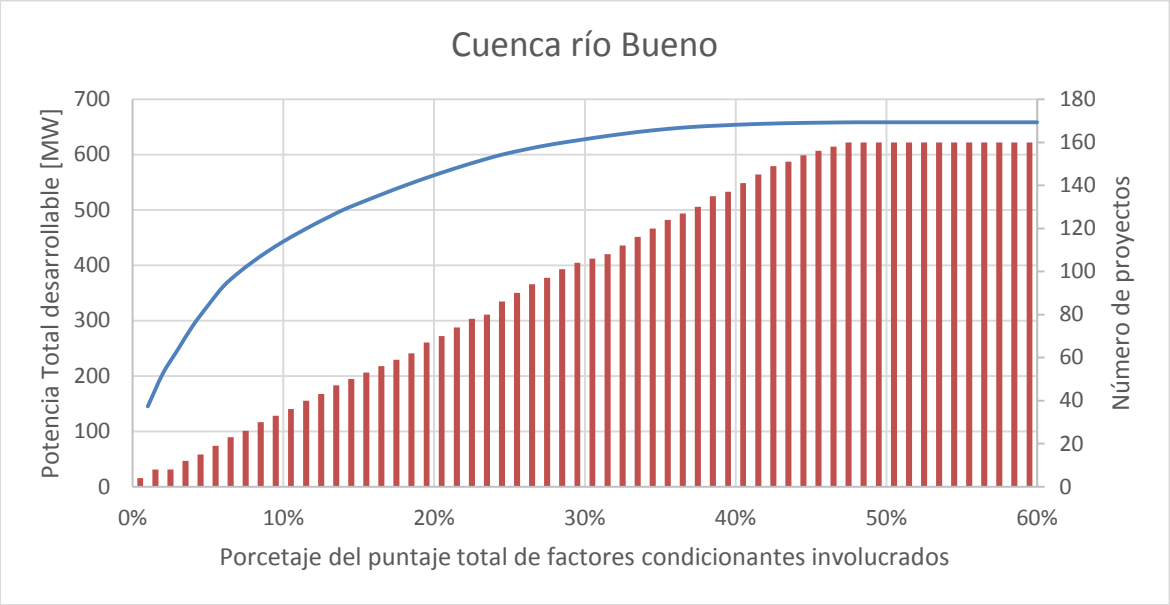
Tabla 6.12. Resumen del potencial presente en la cuenca del río Bueno.

Potencial Total	807 MW
PCH	190
Potencial en Áreas protegidas	148.6 MW
PCH en Áreas Protegidas	30
Potencial Desarrollable	**658.4 MW**

Fuente: elaboración propia

En la Figura 6.24 se presenta la relación entre la potencia total obtenible y el porcentaje de ODV relativo al total de la cuenca que se debe afectar para obtenerlo. Se observa que el total del potencial desarrollable de la cuenca (esto es, sin considerar el potencial involucrado con Parques Nacionales) puede lograrse afectando un 48% del puntaje de ODV total de la cuenca.

Figura 6.24. Gráfico de potencia obtenida y número de proyectos asociados, en función de la afectación de ODV. Cuenca río Bueno.



Fuente: elaboración propia

Por otra parte, respecto del potencial máximo desarrollable se distinguen en la curva tres zonas bien marcadas. La primera corresponde al intervalo entre 1% y 6% de puntaje total de factores condicionantes, donde la pendiente es máxima y constante, indicando que el potencial adicional obtenido al admitir puntajes crecientes de factores condicionantes en este rango genera un aumento de la potencia desarrollable considerable. A partir del 6% de puntaje total se observa una pendiente decreciente, que indica que el potencial adicional que puede obtenerse al aceptar puntajes crecientes de ODV (esto es, al relajar la restricción de puntaje total involucrado) disminuye a medida que se va desarrollando más y más potencial.Este comportamiento tiene sentido, pues al admitir valores crecientes de puntaje total de ODV se van encontrando soluciones que contienen algunas PCH con peor relación entre potencial y puntaje de ODV involucrados. Finalmente, a partir de 48% se observa una línea horizontal, indicando que no se obtiene potencial adicional al admitir mayor involucramiento de factores condicionantes a nivel de cuenca. Esto significa, que en ese punto ya es posible desarrollar la totalidad del potencial hidroeléctrico de la cuenca.

Al igual que en el caso de la cuenca anterior, el número de proyectos involucrados en que cada alternativa parece aumentar casi de forma uniforme y constante, a medida que se relaja la restricción.

Sin embargo, a pesar de las diferencias de potencia obtenida en las tres secciones de pendientes identificadas, es posible ver que el número de proyectos involucrados en cada solución va

aumentando casi de forma monótona y uniforme, a medida que se relaja la restricción. Nuevamente, los últimos proyectos en ser considerados parte de la alternativa óptima son aquellos de menor potencia. Esto tiene sentido, si es que se considera lo planteado en la Figura 6.12, donde se puede ver que la distribución de los ODV por proyecto es relativamente uniforme e independiente de su potencia asociada.

Las Figura 6.25, Figura 6.26, Figura 6.27 y

Figura 6.28 muestran la distribución de potencia por SSC para los casos de 1%, 5%, 10% y 20% máximo de factores totales involucrados, respectivamente. Al admitir el involucramiento de un 1% del puntaje total de ODV de la cuenca, el potencial desarrollable de 145 MW se distribuye en cuatro SSC, sin ningún orden en particular. Al permitir que se involcre hasta un 5% del puntaje, el desarrollo de los 327.6 MW de potencial se concentra principalmente en el sector norte de la cuenca. Para un 10% y un 20% de traslape con ODV, la distribución espacial pasa a ser más uniforme y empieza a parecerse más a la distribución del potencial total de la cuenca.

Figura 6.25. Resultados modelación por SSC, limitando con 1% del total de FC, cuenca del río Bueno.

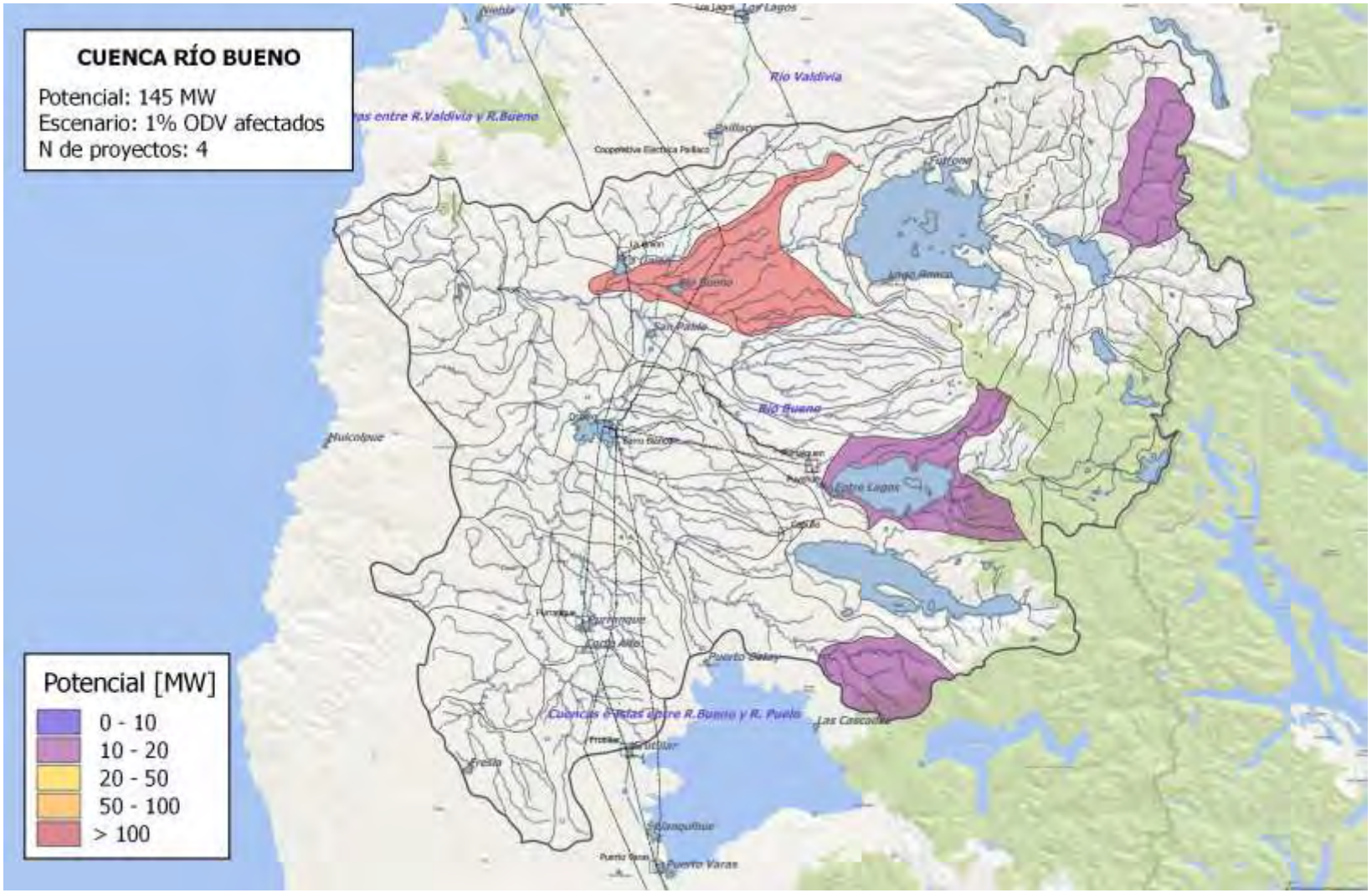


Figura 6.26. Resultados modelación por SSC, limitando con 5% del total de FC, cuenca del río Bueno

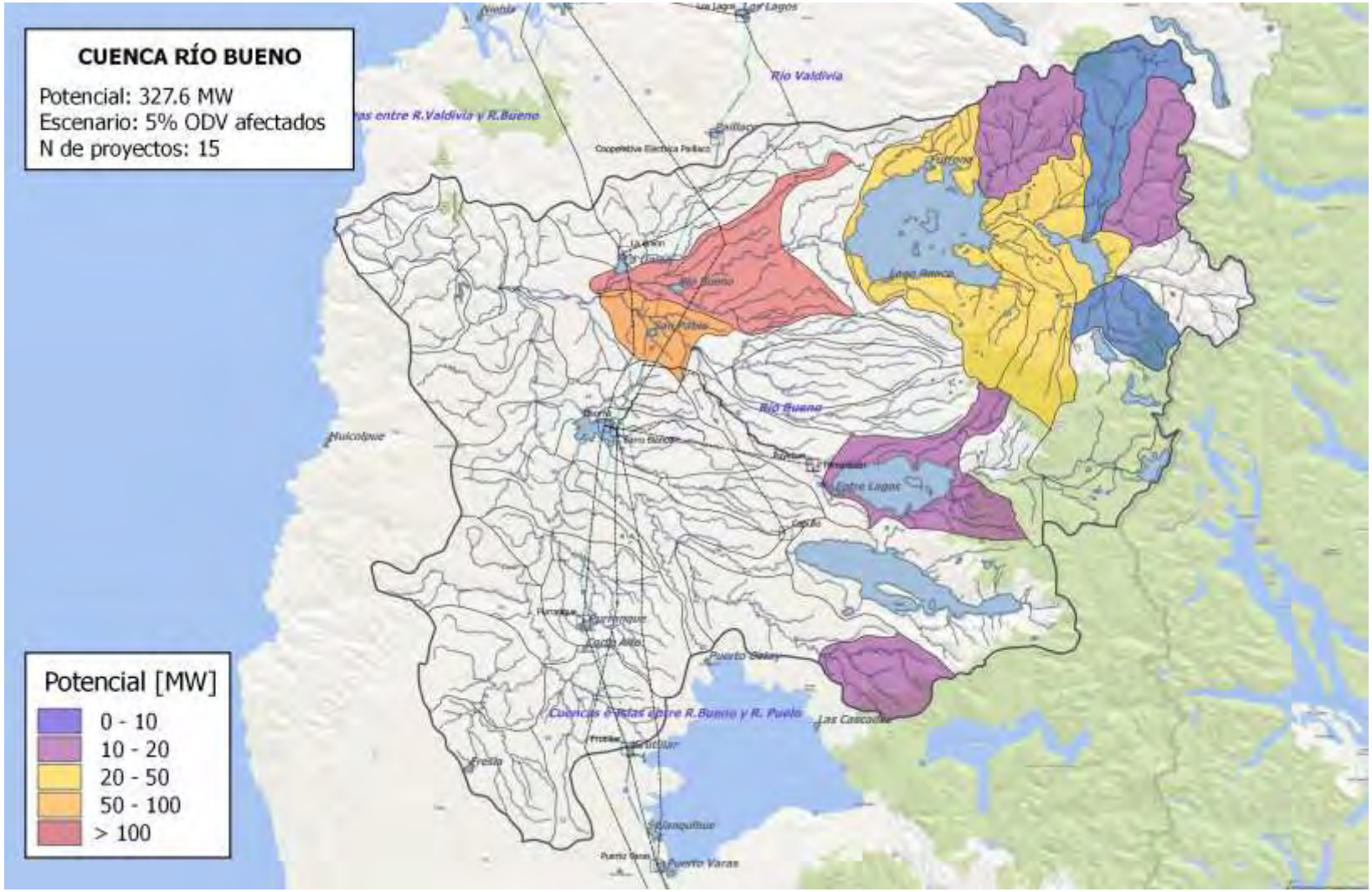


Figura 6.27. Resultados modelación por SSC, limitando con 10% del total de FC, cuenca del río Bueno

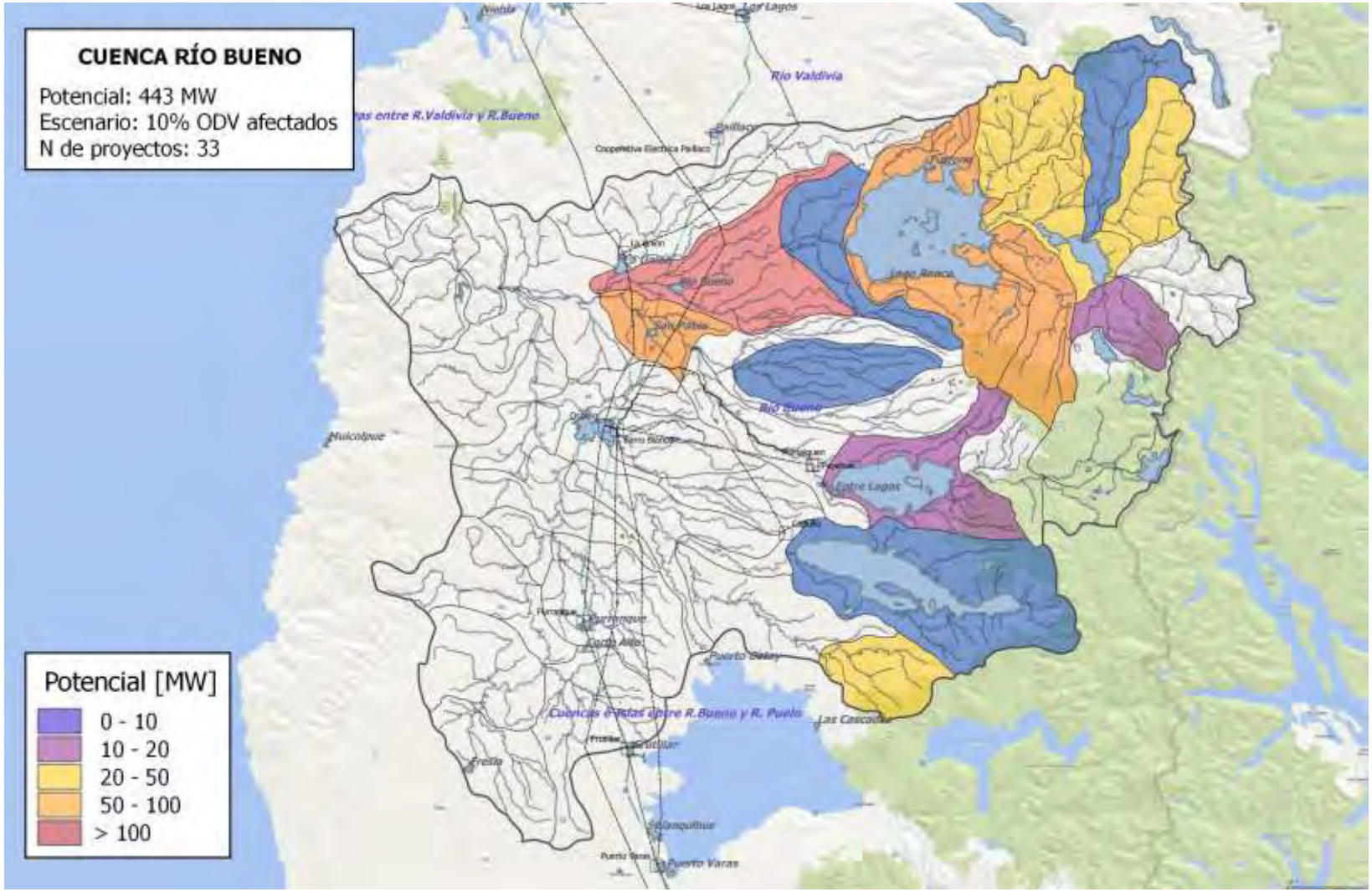
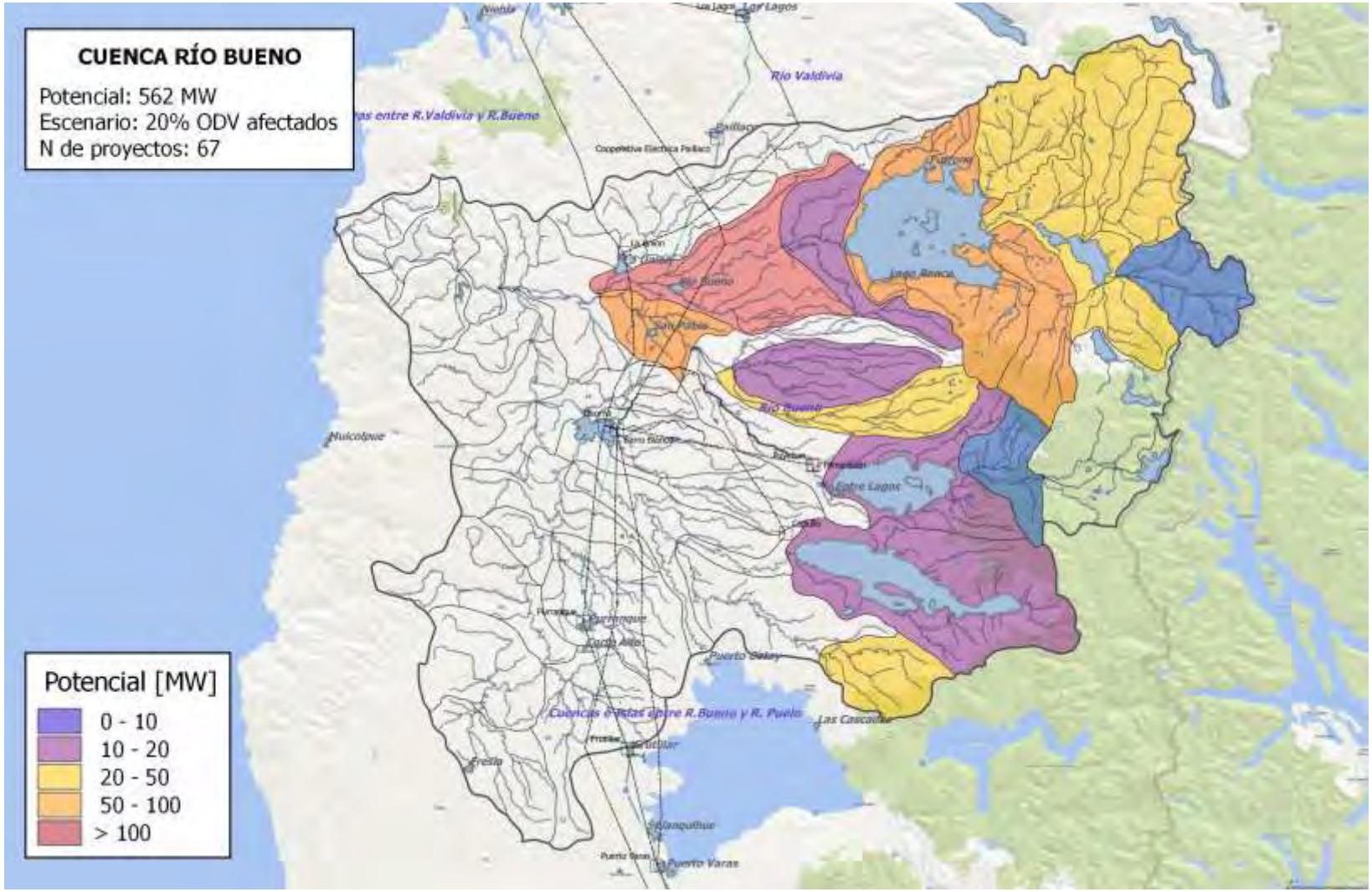


Figura 6.28. Resultados modelación por SSC, limitando con 20% del total de FC, cuenca del río Bueno.



La Tabla 6.13 muestra en detalle los resultados para la cuenca del río Bueno, al limitar el total de factores condicionantes, sin distinguir por tipo. Se observa que la afectación por tipo de ODV presenta una variación, a medida que se aumenta el límite de ODV afectable. La sección comprendida en el intervalo 5% a 20% de la restricción activa presenta una mayor participación de proyectos con puntaje de ODV del tipo social-cultural-productivo (SCP), tras lo cual vuelve a descender. Esto se puede interpretar como que aquellos proyectos que presentan un buen valor de potencial pero que tienen asociados mayores costes de ODV del tipo SCP, son relegados al segundo intervalo de selección, tras aquellos que presentan un menor valor comparativo de estos.

Tabla 6.13. Resultados modelo de optimización. Todos los factores condicionantes. Cuenca del río Bueno.

Puntaje ODV total límite [%]	Puntaje ODV involucrados del total en solución [%]	Potencia [MW]	Potencial de cuenca desarrollado	Proporción de ODV fluviales involucrados	Proporción de ODV terrestres involucrados	Proporción de ODV SCP involucrados
1%	1%	145.1	18%	71%	5%	23%
2%	2%	204.3	25%	64%	9%	26%
3%	3%	247.9	31%	63%	9%	28%
4%	4%	291.2	36%	62%	10%	28%
5%	5%	327.6	41%	59%	11%	30%
6%	6%	361.6	45%	59%	11%	30%
7%	7%	386.1	48%	59%	11%	30%
8%	8%	407.0	50%	59%	11%	29%
9%	9%	426.0	53%	60%	11%	29%
10%	10%	443.1	55%	61%	11%	28%
15%	15%	511.8	63%	62%	10%	28%
20%	20%	562.8	70%	63%	10%	27%
25%	25%	603.2	75%	64%	9%	26%
30%	30%	627.8	78%	65%	9%	26%
35%	35%	645.2	80%	65%	9%	26%
40%	40%	653.9	81%	65%	9%	26%
45%	45%	657.6	81%	66%	9%	26%
48%	48%	658.4	82%	66%	8%	26%

Fuente: elaboración propia

En las

Tabla 6.14, Tabla 6.15 y Tabla 6.16 se muestran los resultados obtenidos para la cuenca del río Bueno, al limitar la afectación sobre solo las condicionantes fluviales, sobre las condicionantes terrestres y fluviales y sobre las restricción sociales, culturales y económicas.

Tabla 6.14. Resultados modelo de optimización. Factores condicionantes fluviales, Cuenca del río Bueno.

Puntaje ODV fluvial límite [%]	Puntaje ODV involucrados del total en solución [%]	Potencia [MW]	Potencial de cuenca desarrollado	Proporción de ODV fluviales involucrados	Proporción de ODV terrestres involucrados	Proporción de ODV SCP involucrados
1%	1%	132.3	16%	62%	7%	31%
2%	2%	193.3	24%	60%	11%	29%
3%	3%	241.9	30%	59%	11%	30%
4%	4%	286.4	35%	58%	10%	31%
5%	5%	324.6	40%	59%	11%	30%
6%	6%	359.2	45%	58%	11%	30%
7%	7%	385.9	48%	57%	12%	32%
8%	8%	405.9	50%	58%	12%	30%
9%	9%	424.0	53%	58%	11%	30%
10%	10%	439.0	54%	59%	11%	30%
15%	14%	502.8	62%	61%	11%	29%
20%	19%	550.2	68%	62%	10%	28%
25%	23%	587.1	73%	64%	10%	27%
30%	27%	614.6	76%	64%	9%	26%
35%	32%	633.8	79%	64%	9%	27%
40%	36%	646.9	80%	65%	9%	26%
45%	40%	653.8	81%	65%	9%	26%
48%	42%	656.2	81%	66%	9%	26%

Fuente: elaboración propia

Tabla 6.15. Resultados modelo de optimización. Factores condicionantes fluviales y terrestres. Cuenca del río Bueno.

Puntaje ODV FyT límite [%]	Puntaje ODV involucrados del total en solución [%]	Potencia [MW]	Potencial de cuenca desarrollado	Proporción de ODV fluviales involucrados	Proporción de ODV terrestres involucrados	Proporción de ODV SCP involucrados
1%	1%	143.4	18%	66%	7%	27%
2%	2%	200.5	25%	64%	9%	27%
3%	3%	245.4	30%	58%	11%	31%
4%	4%	294.0	36%	59%	10%	31%
5%	5%	328.5	41%	59%	11%	30%
6%	6%	363.1	45%	58%	11%	30%
7%	7%	387.7	48%	59%	11%	30%
8%	8%	408.2	51%	59%	11%	30%
9%	9%	426.4	53%	58%	11%	30%
10%	10%	442.9	55%	59%	11%	30%

15%	15%	508.9	63%	61%	10%	29%
20%	19%	558.1	69%	62%	10%	28%
25%	24%	596.5	74%	64%	9%	27%
30%	29%	622.7	77%	64%	9%	26%
35%	34%	640.8	79%	64%	9%	26%
40%	38%	651.5	81%	65%	9%	26%
45%	43%	656.4	81%	66%	9%	26%
48%	46%	657.8	82%	65%	9%	26%

Fuente:elaboración propia

Tabla 6.16. Resultados modelo de optimización. Factores condicionantes sociales, culturales y productivos. Cuenca del río Bueno.

Puntaje ODV SCP límite [%]	Puntaje ODV involucrados del total en solución [%]	Potencia [MW]	Potencial de cuenca desarrollado	Proporción de ODV fluviales involucrados	Proporción de ODV terrestres involucrados	Proporción de ODV SCP involucrados
1%	1%	163.7	20%	72%	7%	21%
2%	2%	216.8	27%	65%	10%	26%
3%	3%	259.9	32%	64%	9%	27%
4%	4%	298.2	37%	62%	10%	28%
5%	5%	332.8	41%	62%	10%	28%
6%	6%	363.5	45%	61%	10%	28%
7%	7%	389.3	48%	62%	11%	27%
8%	9%	411.8	51%	63%	10%	27%
9%	10%	432.6	54%	63%	11%	26%
10%	11%	451.9	56%	63%	11%	27%
15%	17%	527.3	65%	65%	10%	26%
20%	22%	582.3	72%	64%	9%	26%
25%	29%	620.8	77%	65%	9%	26%
30%	34%	642.9	80%	65%	9%	26%
35%	40%	653.9	81%	66%	9%	26%
40%	46%	657.8	82%	66%	9%	26%
45%	48%	658.4	82%	66%	8%	26%
48%	48%	658.4	82%	66%	8%	26%

Fuente:elaboración propia

6.3.3 Cuenca río Puelo

La cuenca del río Puelo presenta el potencial hidroeléctrico de la Tabla 6.17. En esta cuenca no se presentan proyectos dentro de áreas protegidas, por lo que, en teoría, podría eventualmente desarrollarse todo el potencial identificado.

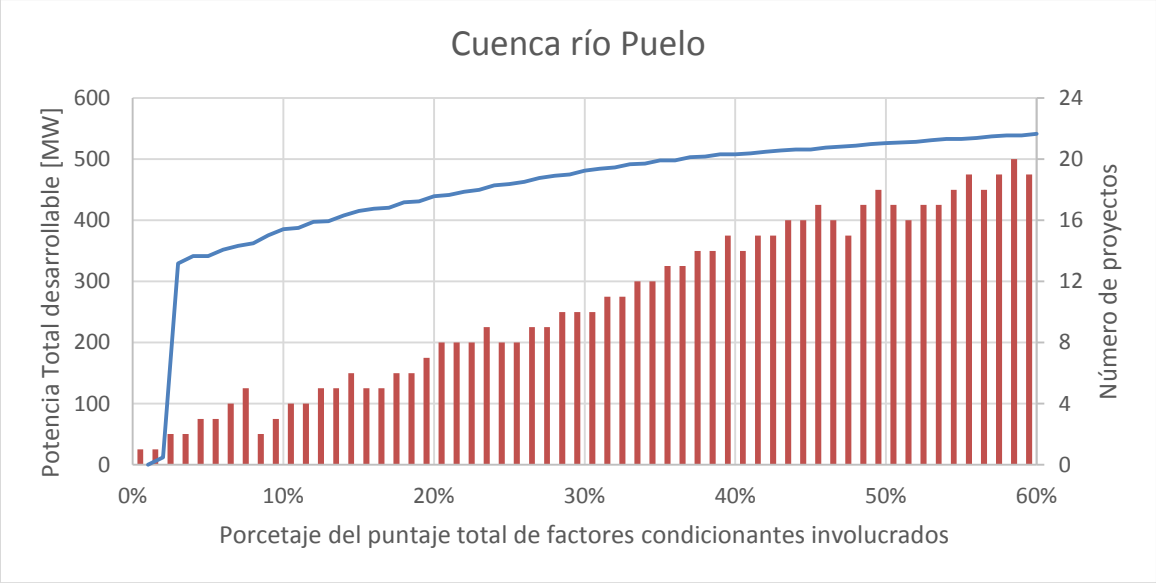
Tabla 6.17. Resumen del potencial presente en la cuenca del río Puelo

Potencial Total	551.9 MW
PCH	25
Potencial en Áreas protegidas	0 MW
PCH en Áreas Protegidas	0
Potencial Desarrollable	**551.9 MW**

Fuente: elaboración propia

En la Figura 6.29 se presentan los *tradeoffs* representados por la relación entre la potencia total máxima instalable y el puntaje total involucrado de ODV relativo al total de la cuenca. Se observa que ni siquiera involucrando un 60% del puntaje de ODV total de la cuenca es posible desarrollar el total del potencial de la cuenca. Para un involucramiento admisible de 65% de ODV es posible desarrollar un potencial máximo del 99% del total de la cuenca.

Figura 6.29. Gráfico de potencia obtenida y número de proyectos asociados, en función de la afectación de ODV. Cuenca río Puelo.



Fuente: elaboración propia

Además de no alcanzar el punto de desarrollo total del potencial de la cuenca dentro del rango aquí explorado, la curva de *tradeoffs* presenta un comportamiento bastante diferente a los observados para las cuencas de Valdivia y Bueno. En este caso, se observa claramente la existencia de un umbral, de 2% de OVD involucrado, bajo el cual casi no es posible desarrollar hidroelectricidad en la cuenca. Pasado este umbral, es posible desarrollar óptimamente un potencial por sobre los 300 MW. De ahí en adelante, la curva presenta una pendiente relativamente constante dentro del rango observado.

En este caso, si bien hay una tendencia al aumento del número de los proyectos al igual que en los casos anteriores, se presenta una mayor variabilidad en las soluciones obtenidas, donde en algunos casos el número de proyectos involucrados disminuye. En este caso, posterior al gran aumento de potencia que se tiene al permitir un 3% de afectación de ODV de la cuenca, se observan dos secciones de la curva claramente identificables: la primera comprendida entre el rango entre el 3% y el 30% de afectación, donde se obtienen aproximadamente 6 MW más por cada punto que se relaja la restricción, y la segunda, donde se tiene un rendimiento menor, de aproximadamente 1,5 MW por cada punto. Los valores para cada escenario se presentan en mayor detalle en las Tabla 6.18, Tabla 6.19, Tabla 6.20 y Tabla 6.21.

En todos los casos, el mínimo nivel de factores afectados que posibilita algún desarrollo hidroeléctrico es 2%. Más específicamente, al limitar los factores involucrados a un 1%, no es factible desarrollar en ninguna magnitud significativa la hidroelectricidad en la cuenca. Al limitar la totalidad de factores al 2%, el posible desarrollar sólo un 2% del potencial de la cuenca. Sin embargo, si el porcentaje admisible aumenta a un 5% es posible desarrollar el 62% del potencial de la cuenca. Asimismo, con 10% de factores involucrados se puede desarrollar el 70% del potencial total de Puelo. Con porcentajes mayores al 30% de factores involucrados, el potencial adicional disminuye sostenidamente.

Al limitar clases específicas de factores (fluviales, fluviales-terrestres, y sociales-culturales-productivos) los resultados son similares. Con respecto a la distribución del tipo de ODV involucrados en cada alternativa, es posible observar que en el rango entre el 2% y el 8% de afectación permisible, la proporción de ODV del tipo SCP es mayor, lo que estaría representando que la mejor alternativa involucra un tipo de proyecto que afecta en mayor medida a este tipo de factores. De hecho, es posible ver que el desarrollo del potencial hidroelétrico es forzado de manera diferente en el caso de que sean este último tipo de ODV los que limitan el desarrollo, donde se el aumento drástico de potencia se presenta solo una vez que se permite una afectación del 5% a diferencia del resto de los escenarios.

Tabla 6.18. Resultados modelo de optimización. Todos los factores condicionantes. Cuenca del río Puelo.

Puntaje ODV total límite [%]	Puntaje ODV involucrados del total en solución [%]	Potencia [MW]	Potencial de cuenca desarrollado	Proporción de ODV fluviales involucrados	Proporción de ODV terrestres involucrados	Proporción de ODV SCP involucrados
1%	1%	0,1	0%	69%	23%	8%
2%	2%	12,0	2%	67%	10%	23%
3%	3%	329,3	60%	57%	17%	27%
4%	4%	341,1	62%	59%	12%	29%
5%	5%	341,3	62%	60%	14%	26%
6%	6%	351,9	64%	63%	14%	23%
7%	7%	358,2	65%	63%	13%	24%
8%	8%	362,1	66%	63%	15%	22%
9%	8%	375,4	68%	63%	19%	17%
10%	10%	385,4	70%	63%	18%	19%
15%	15%	415,1	75%	66%	17%	17%
20%	20%	439,5	80%	63%	17%	20%
25%	24%	459,4	83%	63%	18%	19%
30%	30%	481,0	87%	63%	19%	18%
35%	35%	498,0	90%	65%	18%	17%
40%	40%	508,1	92%	65%	17%	17%
45%	45%	515,9	93%	65%	17%	18%
50%	50%	526,1	95%	65%	17%	18%
55%	55%	533,3	97%	64%	18%	19%
60%	60%	541,2	98%	64%	17%	19%

Fuente: elaboración propia

Tabla 6.19. Resultados modelo de optimización. Factores condicionantes fluviales. Cuenca del río Puelo.

Puntaje ODV fluvial límite [%]	Puntaje ODV involucrados del total en solución [%]	Potencia [MW]	Potencial de cuenca desarrollado	Proporción de ODV fluviales involucrados	Proporción de ODV terrestres involucrados	Proporción de ODV SCP involucrados
1%	1%	0,1	0%	69%	23%	8%
2%	2%	329,2	60%	52%	14%	34%
3%	3%	329,3	60%	57%	17%	27%
4%	4%	341,1	62%	59%	12%	29%
5%	5%	351,2	64%	59%	12%	29%
6%	6%	351,9	64%	63%	14%	23%
7%	8%	360,7	65%	54%	17%	29%
8%	8%	362,9	66%	58%	18%	24%
9%	8%	375,4	68%	63%	19%	17%

10%	10%	385,4	70%	63%	18%	19%
15%	15%	409,1	74%	62%	19%	19%
20%	20%	439,5	80%	63%	17%	20%
25%	24%	459,4	83%	63%	18%	19%
30%	30%	481,0	87%	63%	19%	18%
35%	34%	496,5	90%	64%	18%	18%
40%	38%	504,4	91%	64%	18%	17%
45%	44%	515,7	93%	63%	18%	19%
50%	49%	524,7	95%	64%	17%	19%
55%	54%	533,1	97%	64%	18%	19%
60%	58%	538,8	98%	64%	17%	19%

Fuente: elaboración propia

Tabla 6.20. Resultados modelo de optimización. Factores condicionantes fluviales y terrestres. Cuenca del río Puelo.

Puntaje ODV FyT límite [%]	Puntaje ODV involucrados del total en solución [%]	Potencia [MW]	Potencial de cuenca desarrollado	Proporción de ODV fluviales involucrados	Proporción de ODV terrestres involucrados	Proporción de ODV SCP involucrados
1%	1%	0,1	0%	69%	23%	8%
2%	2%	329,2	60%	52%	14%	34%
3%	4%	339,2	61%	55%	14%	31%
4%	4%	341,1	62%	59%	12%	29%
5%	5%	351,2	64%	59%	12%	29%
6%	7%	352,5	64%	61%	13%	27%
7%	8%	362,6	66%	56%	16%	28%
8%	9%	363,3	66%	64%	12%	24%
9%	8%	375,4	68%	63%	19%	17%
10%	10%	387,3	70%	64%	18%	18%
15%	16%	418,8	76%	61%	18%	21%
20%	21%	441,7	80%	61%	19%	20%
25%	26%	462,8	84%	64%	18%	18%
30%	31%	482,3	87%	63%	19%	18%
35%	35%	498,0	90%	65%	18%	17%
40%	40%	509,5	92%	65%	18%	18%
45%	47%	520,5	94%	63%	18%	19%
50%	52%	528,3	96%	63%	18%	19%
55%	56%	537,4	97%	64%	17%	19%
60%	63%	546,0	99%	65%	16%	19%

Tabla 6.21. Resultados modelo de optimización. Factores condicionantes sociales, culturales y productivos. Cuenca del río Puelo.

Puntaje ODV SCP límite [%]	Puntaje ODV involucrados del total en solución [%]	Potencia [MW]	Potencial de cuenca desarrollado	Proporción de ODV fluviales involucrados	Proporción de ODV terrestres involucrados	Proporción de ODV SCP involucrados
1%	1%	7,0	1%	77%	14%	9%
2%	3%	17,7	3%	74%	17%	9%
3%	4%	21,1	4%	76%	15%	10%
4%	7%	28,2	5%	75%	16%	9%
5%	2%	329,2	60%	52%	14%	34%
6%	4%	339,9	62%	61%	16%	23%
7%	5%	346,9	63%	65%	16%	19%
8%	7%	350,4	63%	68%	15%	16%
9%	9%	357,4	65%	70%	15%	15%
10%	9%	375,5	68%	64%	19%	17%
15%	15%	408,4	74%	68%	17%	16%
20%	18%	428,4	78%	67%	16%	17%
25%	25%	450,1	82%	66%	19%	15%
30%	29%	470,1	85%	66%	18%	16%
35%	33%	481,6	87%	66%	17%	17%
40%	36%	498,1	90%	65%	18%	17%
45%	40%	508,1	92%	65%	17%	17%
50%	44%	515,7	93%	65%	18%	17%
55%	48%	522,0	95%	65%	17%	18%
60%	51%	526,2	95%	66%	17%	18%

Fuente: elaboración propia

En las Figura 6.30, Figura 6.31, Figura 6.32 y Figura 6.33 muestran la distribución de potencia por SSC para los casos de 1%, 5%, 10% y 20% máximo de factores totales involucrados, respectivamente.

Al limitar un 1% de los ODV, como se comentaba anteriormente, se obtiene tan solo 0.14 MW de potencial desarrollable, es decir, no es factible desarrollar la hidroelectricidad de manera significativa. Sin embargo, al permitir que la restricción sea un de 5% máximo de afectación (341 MW), el desarrollo de potencial se desarrolla en tres SSC de la cuenca. En el caso de un 10% también se afectan solamente tres de las SSC, pero se obtiene un aumento de 44 MW con respecto al escenario anterior. En el caso de una afectación de un 20% de afectación permitida, se desarrollan cinco de las doce SSC, concentradas principalmente en el sector sur de la cuenca.

Figura 6.30. Resultados modelación por SSC, limitando con 1% del total de FC, cuenca del río Puelo

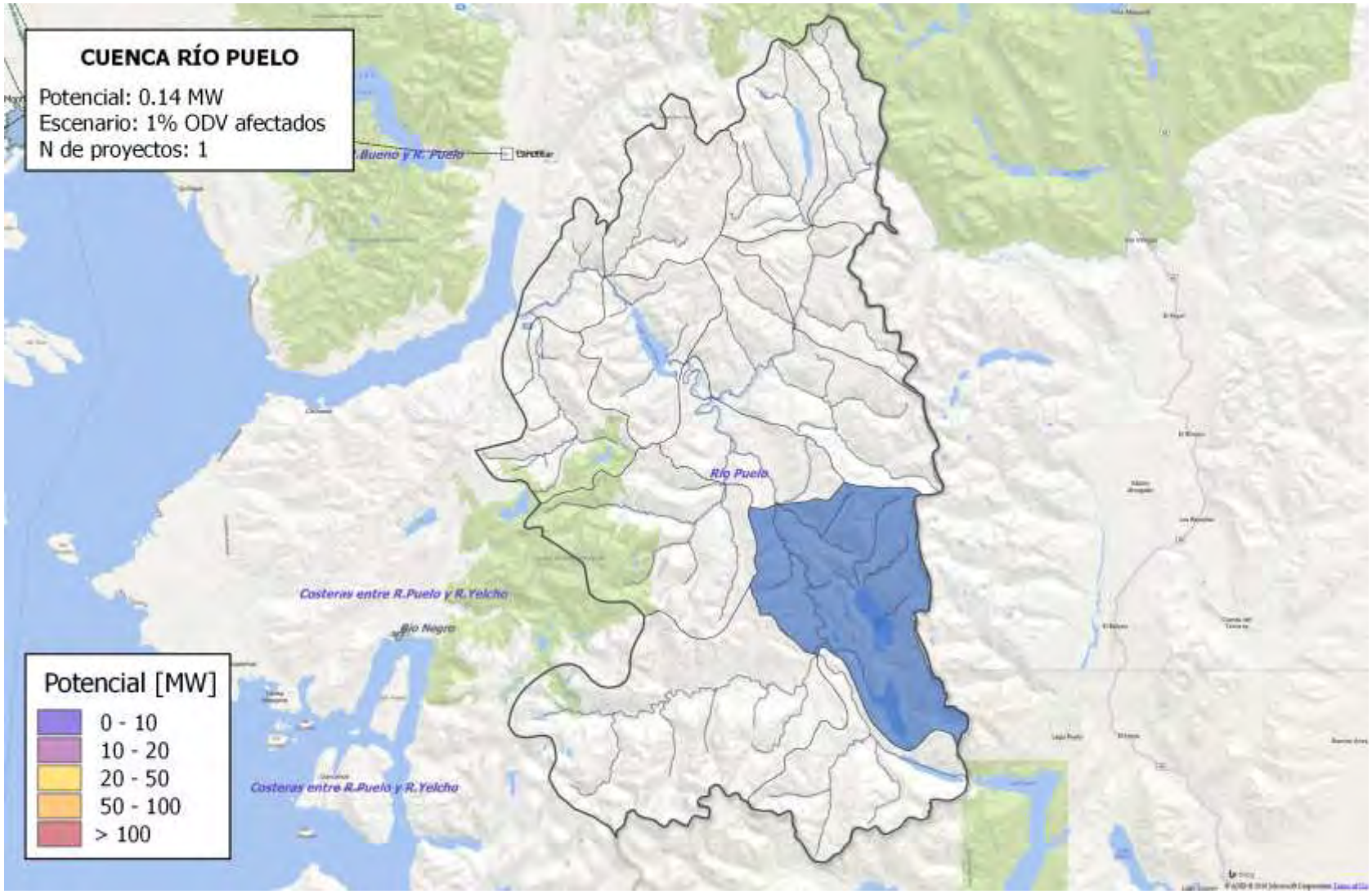


Figura 6.31. Resultados modelación por SSC, limitando con 5% del total de FC, cuenca del río Puelo

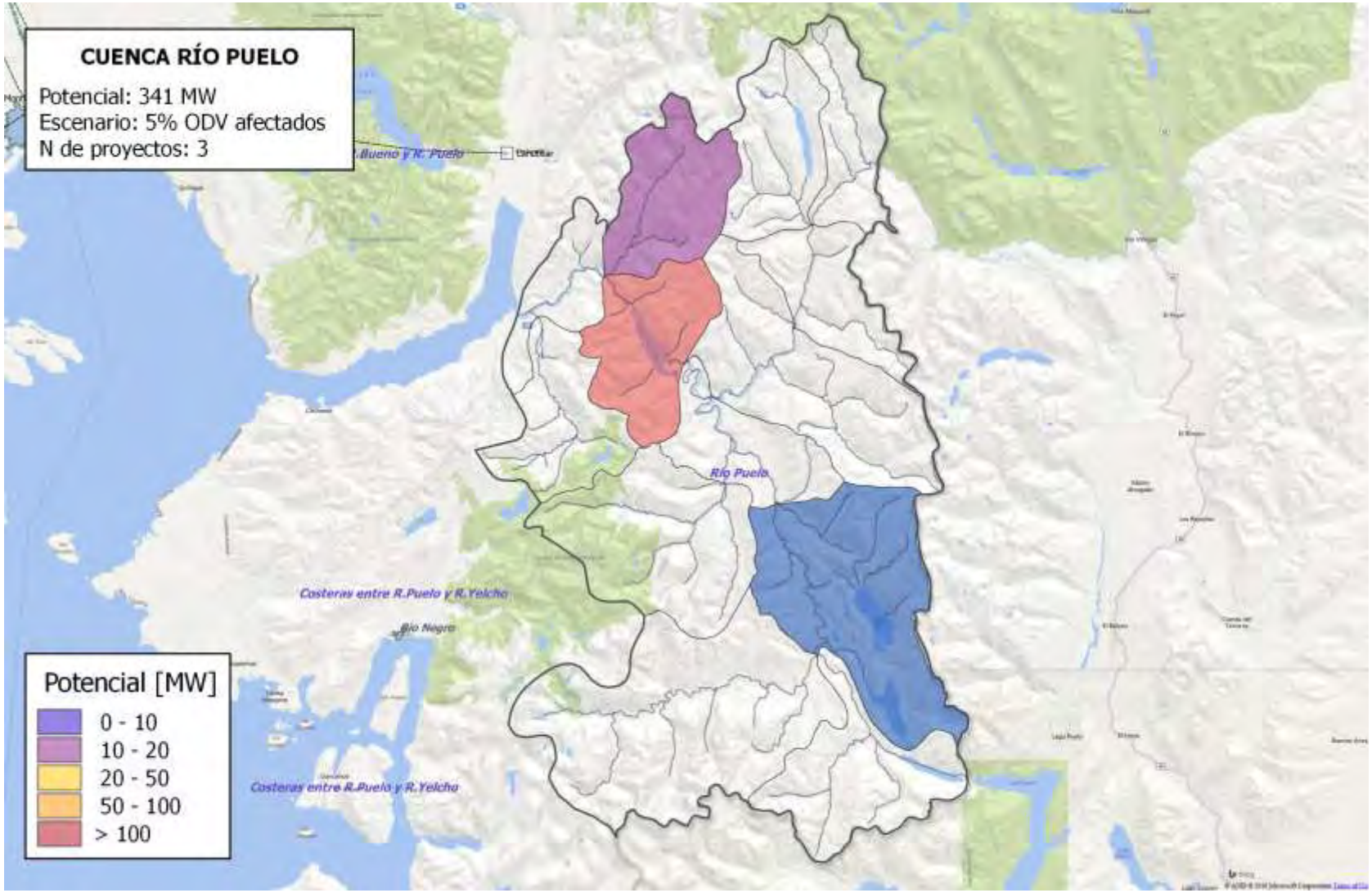


Figura 6.32. Resultados modelación por SSC, limitando con 10% del total de FC, cuenca del río Puelo

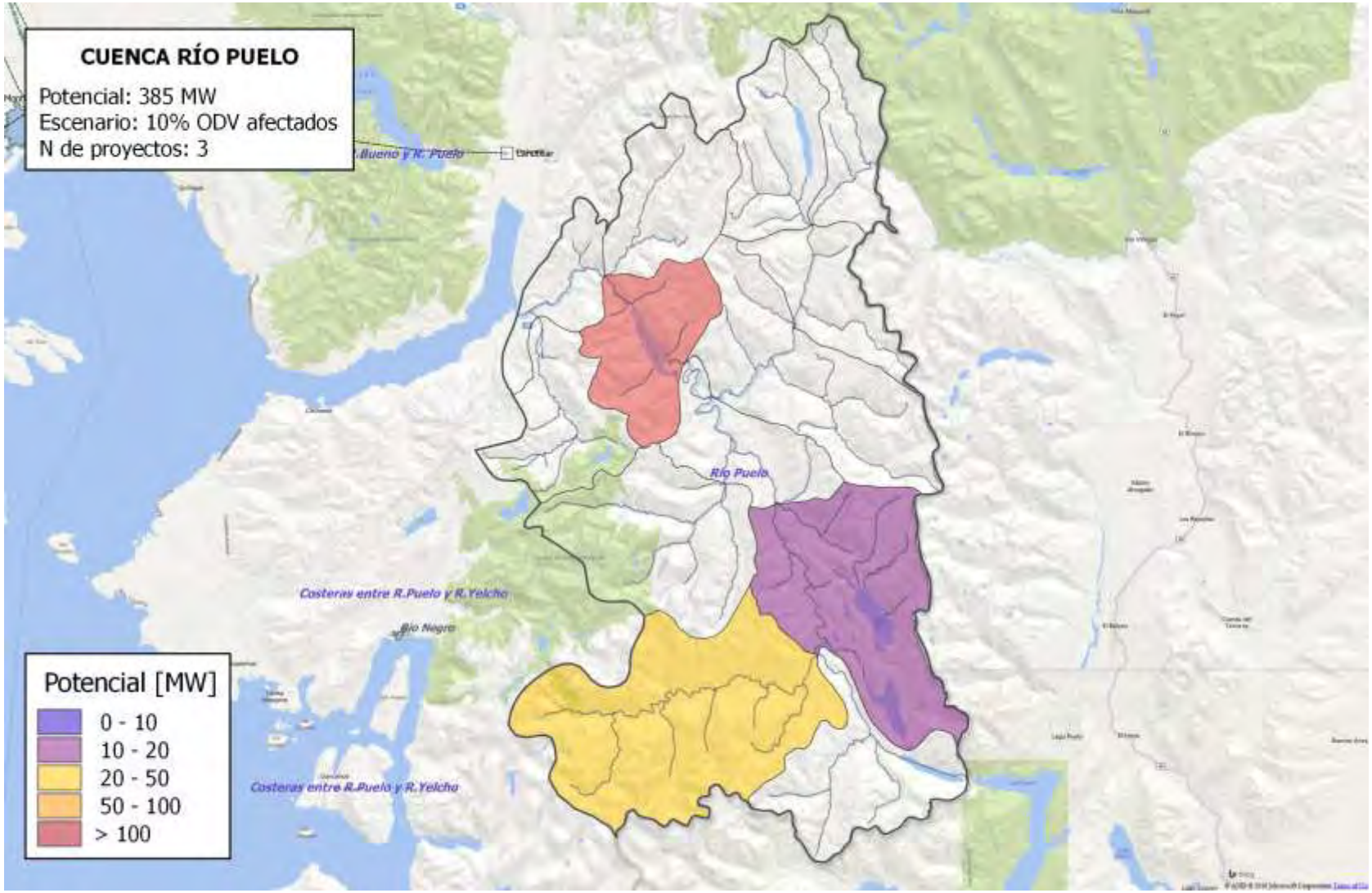
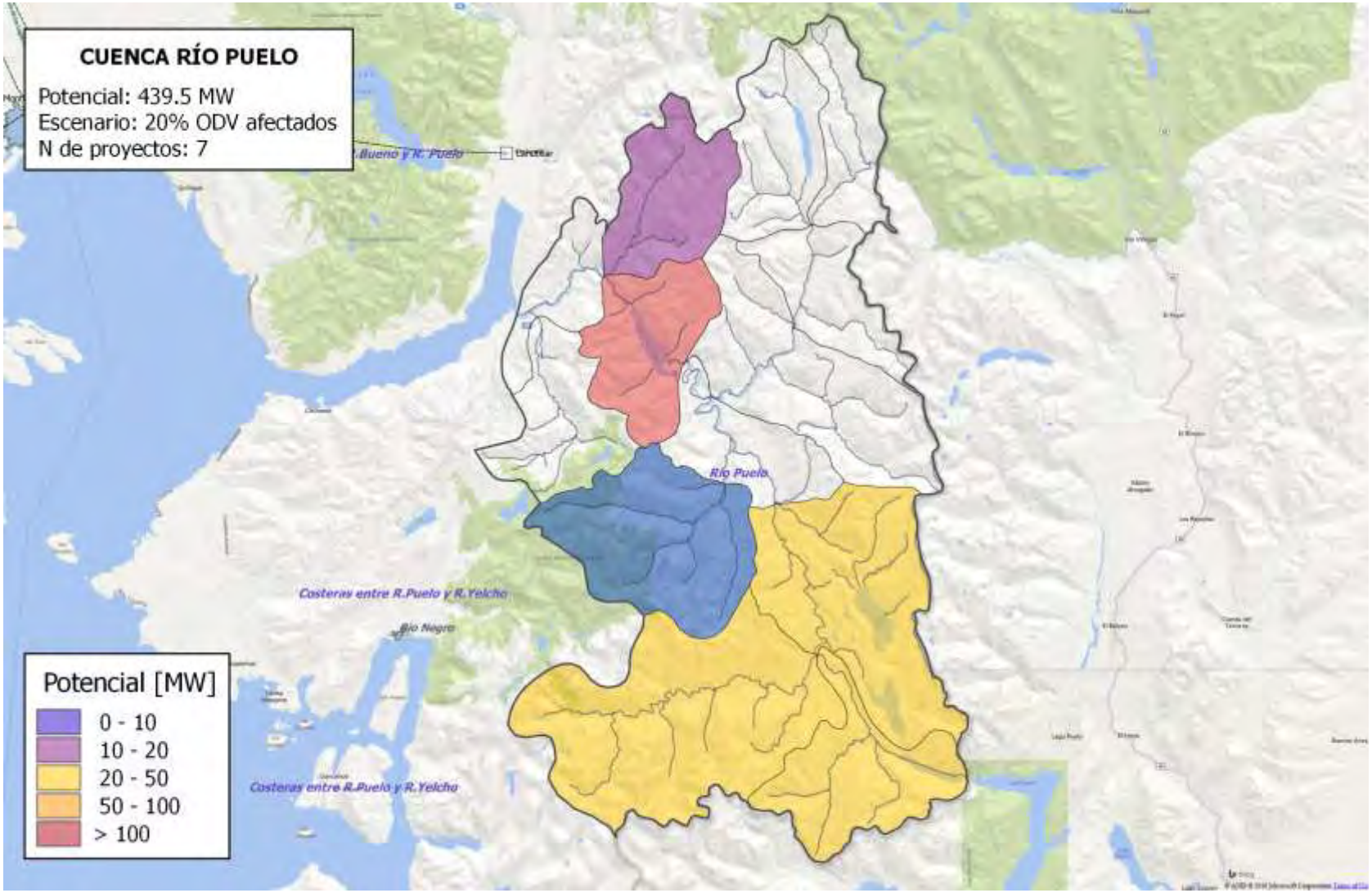


Figura 6.33. Resultados modelación por SSC, limitando con 15% del total de FC, cuenca del río Puelo



6.3.4 **Cuenca río Yelcho**

La cuenca del río Bueno presenta el potencial hidroeléctrico descrito en la Tabla 6.22. En esta cuenca, al igual que en la cuenca anterior, tampoco se se presentan proyectos dentro de áreas protegidas, por lo que, en teoría, podría eventualmente desarrollarse todo el potencial.

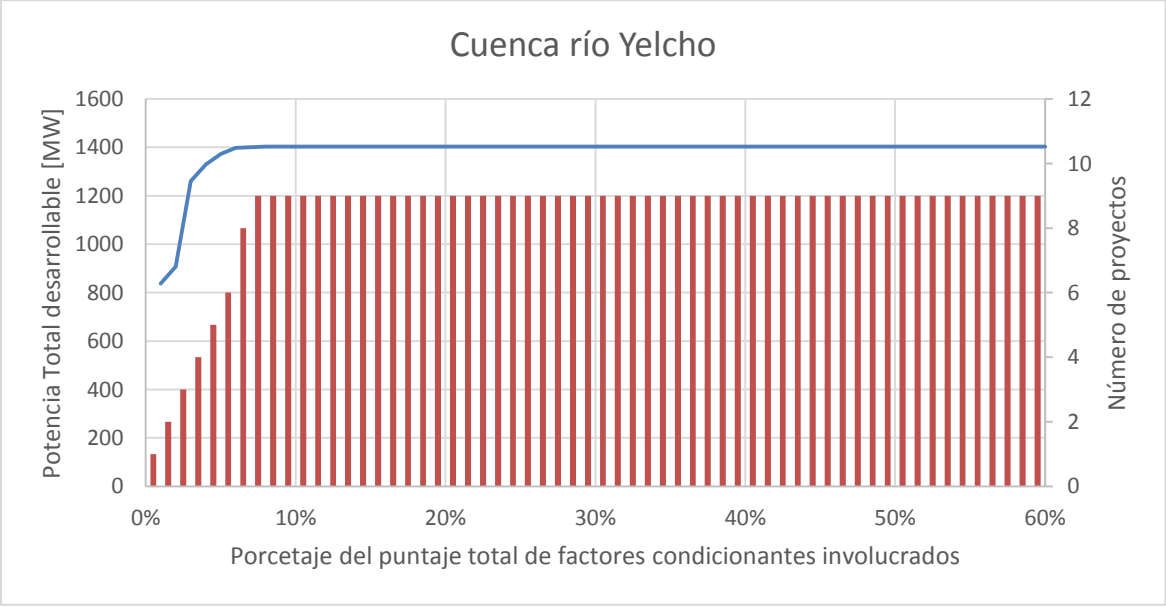
Tabla 6.22. Resumen del potencial presente en la cuenca del río Yelcho

Potencial Total	1.402,9 MW
PCH	9
Potencial en Áreas protegidas	0 MW
PCH en Áreas Protegidas	0
Potencial Desarrollable	**1.402,9 MW**

Fuente:elaboración propia

En la Figura 6.29Figura 6.24 se presenta la relación entre la potencia total obtenible y el porcentaje de ODV relativo al total de la cuenca que se debe afectar para obtenerlo. Se observa que el total del potencial desarrollable de la cuenca puede lograrse afectando afectando un 8% del puntaje de ODV total de la cuenca.

Figura 6.34. Gráfico de potencia obtenida y número de proyectos asociados, en función de la afectación de ODV. Cuenca río Yelcho



Fuente:elaboración propia

Se observa que afectando solo un 1% de los ODV se puede desarrollar más de la mitad del potencial de la cuenca. En el caso de esta cuenca, el aumento de porcentaje admisible a ser alterado está directamente relacionado con un aumento constante del número de proyectos que considera la alternativa óptima de solución presentada por el modelo.

En las Tabla 6.23, Tabla 6.24, Tabla 6.25 y Tabla 6.26 se presentan los resultados agregados para la cuenca del río Yelcho, para los distintos escenarios de limitación planteados. Se observa que el caso de ODV totales, solo fluviales y de fluviales y terrestres, presentan gran consecuencia entre ellos y diferencias no significativas, solo en los casos donde ya se tiene desarrollado la mayor parte del potencial. La única diferencia se tiene cuando se limitan los ODV de tipo SCP, con los cuales se requiere un mayor nivel de afectación para poder desarrollar el potencial total de la cuenca, necesitándose de un 10%.

Tabla 6.23. Resultados modelo de optimización. Todos los factores condicionantes. Cuenca del río Yelcho.

Tipo de factores condiciones limitados: todos						
Puntaje ODV total límite [%]	**Puntaje ODV involucrados del total en solución [%]**	**Potencia [MW]**	**Potencial de cuenca desarrollado**	**Proporción de ODV fluviales involucrados**	**Proporción de ODV terrestres involucrados**	**Proporción de ODV SCP involucrados**
1%	1%	838,1	60%	52%	18%	30%
2%	2%	907,2	65%	56%	12%	32%
3%	3%	1.260,1	90%	60%	10%	30%
4%	4%	1.329,2	95%	60%	9%	31%
5%	5%	1.372,7	98%	58%	10%	32%
6%	6%	1.398,0	100%	58%	11%	31%
7%	7%	1.400,6	100%	59%	10%	31%
8%	8%	1.402,9	100%	59%	11%	30%

Fuente:elaboración propia

Tabla 6.24. Resultados modelo de optimización. Factores condicionantes fluviales. Cuenca del río Yelcho.

Tipo de factores condiciones limitados: fluviales						
Puntaje ODV fluvial límite [%]	**Puntaje ODV involucrados del total en solución [%]**	**Potencia [MW]**	**Potencial de cuenca desarrollado**	**Proporción de ODV fluviales involucrados**	**Proporción de ODV terrestres involucrados**	**Proporción de ODV SCP involucrados**
1%	1%	838,1	60%	52%	18%	30%
2%	2%	907,2	65%	56%	12%	32%
3%	3%	1.260,1	90%	60%	10%	30%
4%	4%	1.329,2	95%	60%	9%	31%
5%	5%	1.372,7	98%	58%	10%	32%
6%	6%	1.398,0	100%	58%	11%	31%
7%	7%	1.400,3	100%	57%	12%	30%
8%	8%	1.402,9	100%	59%	11%	30%

Fuente:elaboración propia

Tabla 6.25. Resultados modelo de optimización. Factores condicionantes fluviales y terrestres. Cuenca del río Yelcho

Tipo de factores condiciones limitados: fluviales y terrestres						
Puntaje ODV FyT límite [%]	**Puntaje ODV involucrados del total en solución [%]**	**Potencia [MW]**	**Potencial de cuenca desarrollado**	**Proporción de ODV fluviales involucrados**	**Proporción de ODV terrestres involucrados**	**Proporción de ODV SCP involucrados**
1%	1%	838,1	60%	52%	18%	30%
2%	2%	907,2	65%	56%	12%	32%
3%	3%	1.297,6	92%	55%	11%	34%
4%	4%	1.366,7	97%	56%	10%	34%
5%	5%	1.392,0	99%	57%	10%	32%
6%	6%	1.399,7	100%	59%	10%	31%
7%	7%	1.402,0	100%	58%	12%	30%
8%	8%	1.402,9	100%	59%	11%	30%

Fuente: elaboración propia

Tabla 6.26. Resultados modelo de optimización. Factores condicionantes sociales, culturales y productivos. Cuenca del río Yelcho

Tipo de factores condiciones limitados: sociales, culturales y productivos						
Puntaje ODV SCP límite [%]	**Puntaje ODV involucrados del total en solución [%]**	**Potencia [MW]**	**Potencial de cuenca desarrollado**	**Proporción de ODV fluviales involucrados**	**Proporción de ODV terrestres involucrados**	**Proporción de ODV SCP involucrados**
1%	1%	25,3	2%	63%	14%	23%
2%	2%	863,4	62%	57%	16%	27%
3%	2%	913,2	65%	58%	13%	29%
4%	3%	1.260,1	90%	60%	10%	30%
5%	4%	1.329,2	95%	60%	9%	31%
6%	5%	1.354,5	97%	61%	10%	29%
7%	5%	1.392,0	99%	57%	10%	32%
8%	6%	1.398,9	100%	59%	10%	30%
9%	7%	1401.2	100%	58%	12%	30%
10%	8%	1402.9	100%	59%	11%	30%

Fuente: elaboración propia

Se presenta en las Figura 6.35 y y en la Figura 6.36, se aprecian la distribución espacial de las soluciones con un 1% y un 5% de afectación de los ODV totales.

Figura 6.35. Resultados modelación por SSC, limitando con 1% del total de FC, cuenca del río Yelcho

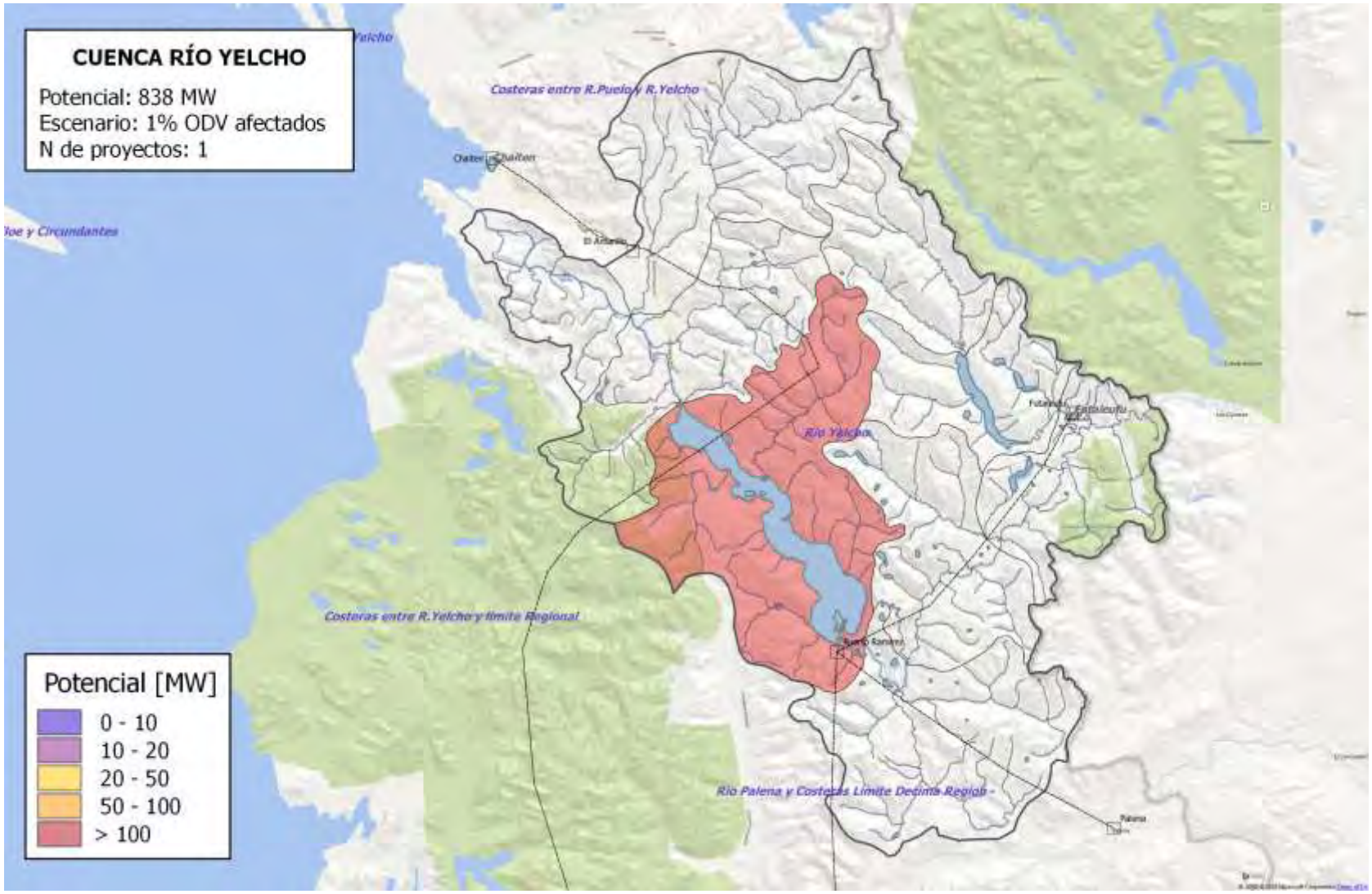
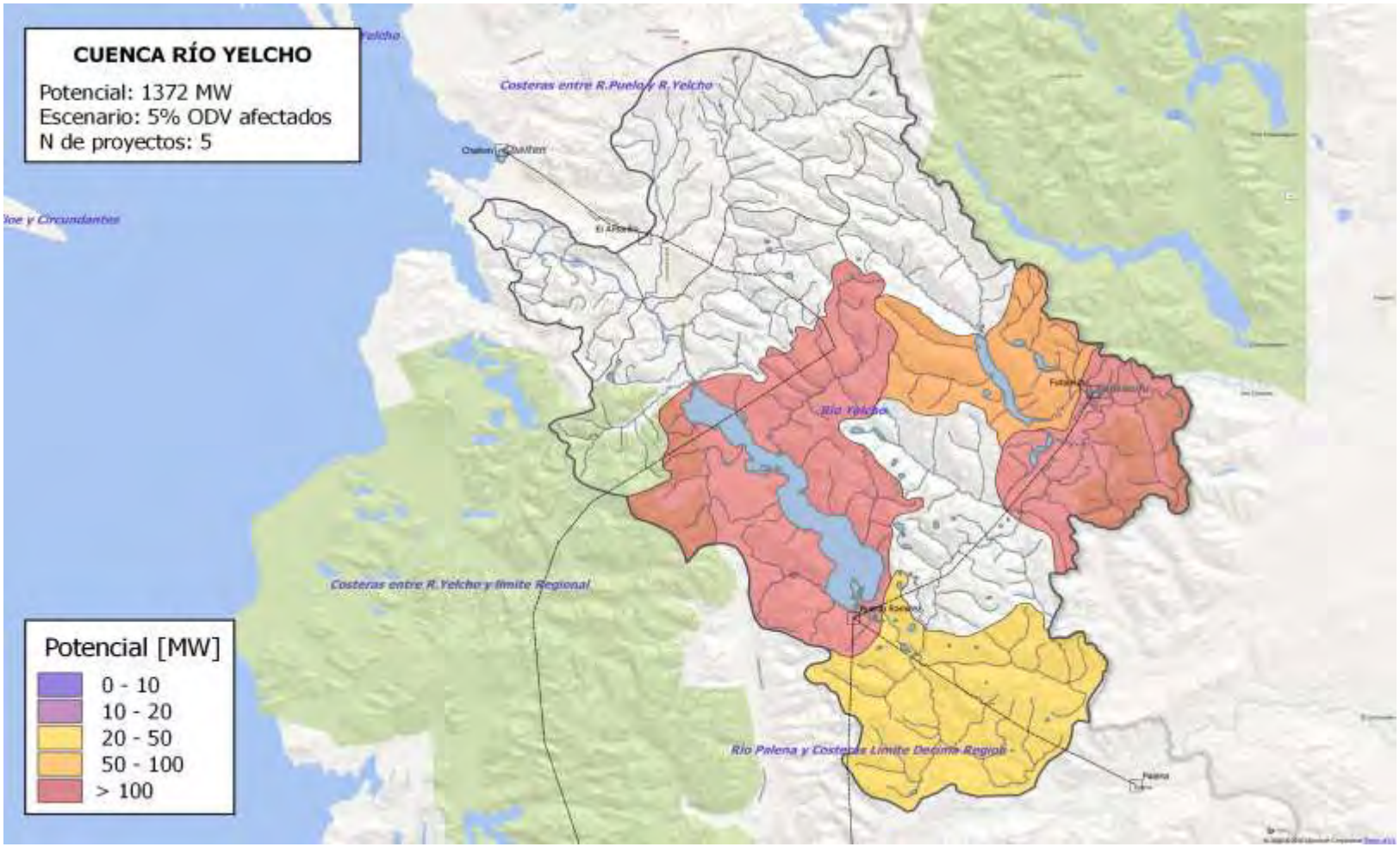


Figura 6.36. Resultados modelación por SSC, limitando con 5% del total de FC, cuenca del río Yelcho.[71]



[71] Las restricciones al 6% y al 7% no se muestran ya que corresponden a la misma configuración espacial, con muy poca variación de potencial generable.

7 Seminarios de difusión y talleres de expertos

7.1 Seminarios iniciales de difusión

Con el propósito de dar a conocer la importancia y los alcances del presente estudio, el proyecto desarrolló un conjunto de actividades de carácter informativo, emplazadas en diferentes localidades en las cuencas de estudio. Estas actividades, denominadas en adelante "seminarios de difusión", además de tener como propósito la entrega de información respecto del estudio, buscaron dar cabida a la manifestación de consultas por parte de los actores sociales convocados, de modo de garantizar la adecuada comprensión tanto delpropósito del proyecto como de sus resultados. Así, mediante estos seminarios, se buscó generar confianzas, conocer los temores, la disposición a participar e inquietudes de los asistentes, además de recoger información sobre contactos que pudiesen aportar o participar de las actividades futuras.

7.1.1 Metodología

Para dar inicio a las actividades de difusión, se organizaron seis seminarios de carácter informativo y participativo en distintas localidades de la Región de Los Ríos y la Región de Los Lagos. Para la elección de las localidades se consideró, por un lado, la facilidad de acceso para los actores a convocar, y por otro, el potencial hidroeléctrico. Respecto a este último, como variable de selección, se eligieron las localidades emplazadas en zonas (ej. subcuencas, sub-subcuencas) que presentan un mayor potencial hidroeléctrico.

Del total de seminarios, dos fueron de escala regional y cuatro a nivel de cuenca. Los seminarios regionales tuvieron como fin dar a conocer los objetivos y alcances del estudio a las autoridades regionales de los diferentes servicios públicos, organizaciones no gubernamentales (ONG) de importancia regional, nacional y/o internacional, universidades y agrupaciones gremiales relevantes de la región. En adición a este objetivo, se explicó la vinculación que la presente propuesta tiene con el estudio "Base para la planificación territorial en el desarrollo hidroeléctrico futuro" desarrollado en 2014 para el Ministerio de Energía por el consorcio PUC-TECO. Por su parte, los seminarios a nivel de cuenca tuvieron el mismo objetivo que los seminarios regionales. Sin embargo, estos estuvieron dirigidos, principalmente, a representantes de agrupaciones locales, presidentes de juntas de vecinos, ONG locales, representantes de APR y del mundo indígena, entre otras organizaciones locales.

Para dar cumplimiento a los seminarios y asegurar la asistencia de distintos actores del territorio, el equipo desarrolló una serie de actividades que se detallan a continuación:

a. Recopilación de información de carácter secundario: esta recopilación tuvo como objeto generar un listado de actores por cuenca y por localidad para posteriormente convocarlos a los seminarios respectivos.

b. Reconocimiento del territorio por medio de visita a terreno: Se visitaron todas las cuencas en estudio a excepción de la cuenca del Río Yelcho[72]. Se visitaron las localidades de Panguipulli (12 de octubre), Lago Ranco (13 de octubre) y Puelo (14 de octubre). Durante esta campaña se identificaron actores e informantes claves para el futuro desarrollo del estudio y se valoraron aspectos logísticos tales como formas de difusión de invitaciones, alimentación, transporte, salón, tiempos de desplazamiento entre cada localidad, etc.

c. Envío de invitaciones a través de correo electrónico, llamada telefónica y aviso radial: el 19 de octubre se dio inicio al envío de 775 invitaciones, por medio de correo electrónico y llamados telefónicos. Previo a dicha actividad se invitó a los señores SEREMI de la Región de Los Lagos y la Región de Los Ríos. En el caso de la localidad de Puelo, la convocatoria se realizó por medio de un aviso en la radio local "Radio Estuario" dos veces al día por siete días, a partir del martes 27 de octubre hasta el lunes 2 de noviembre.

d. Confirmación de invitaciones vía telefónica: de manera paralela al envío de invitaciones se inició el proceso de confirmación de asistencia a los seminarios en las distintas localidades. A continuación en la Tabla 7.1 se señala la información en detalle del proceso.

Tabla 7.1. Detalle proceso de convocatoria vía telefónica a seminarios

Fecha	Seminario	Tipo
Lunes 19 de octubre	Valdivia	Invitación
Martes 20 de octubre	Valdivia	Confirmación
Miércoles 21 de octubre	Panguipulli	Invitación
Jueves 22 de octubre	Panguipulli/Lago Ranco	Invitación
Viernes 23 de octubre	Lago Ranco	Invitación
Lunes 26 de octubre	Valdivia	Confirmación
Martes 27 de octubre	Panguipulli/Lago Ranco	Confirmación
Miércoles 28 de octubre	Futaleufú	Invitación
Jueves 29 de octubre	Futaleufú	Invitación
Viernes 30 de octubre	Puerto Montt	Confirmación
Lunes 2 de noviembre	Puelo	Confirmación
Martes 3 de noviembre	Futaleufú	Confirmación
Miércoles 4 de noviembre	Futaleufú	Confirmación

Fuente: elaboración Propia

[72] La no visita a la cuenca del Río Yelcho respondió a la falta de disponibilidad de tiempo entre esta actividad y el comienzo de los seminarios.

7.1.2 **Descripcion de los seminarios realizados**

A continuación se presenta una descripción detallada de los seis seminarios de difusión realizados en las distintas localidades. La información incluye aspectos relacionados con la operación, nivel de asistencia, participación y temas relevados por los asistentes.

7.1.2.1 ***Valdivia***

El seminario de difusión se realizó en el Hotel Diego de Almagro de la cuidad de Valdivia, el día martes 27 de octubre entre las 9:00 am y las 13:00.

Al seminario asistieron un total de 21 personas, representantes principalmente de servicios públicos (Comisión Nacional de Riego (CNR), Dirección General de Aguas (DGA), Ministerio de Energía, universidades y centros de estudios (Universidad Austral, Universidad de Talcay Centro de Estudios Ambientales), gobierno local (Municipalidad de Valdivia) y distintas organizaciones (Valdivia sin Represas, Soc. Agrícola y Ganadera de la región de Los Ríos y WWF).

La participación de los asistentes estuvo marcada principalmente, por cuestionamientos técnicos hacia el proyecto. Además, hubo una serie de preguntas relacionadas con el alcance del estudio y el trasfondo de éste con respecto a la hidroelectricidad. Luego, tras la presentación del equipo de la Universidad de Chile la discusión se enfocó en las oportunidades y/o amenazas que la información a levantar pueden generar en el futuro. Al respecto, se hacen aportes o sugerencias relacionadas con las expectativas que las personas tienen sobre los resultados a obtener.

7.1.2.2 ***Panguipulli***

El seminario de difusión se realizó en el Salón DIDECO de Panguipulli, el día miércoles 28 de octubre entre las 17:00 y las 20:00.

Al seminario asistieron un total de 25 asistentes, de los cuales 22 se registraron en la lista de asistencia. El público asistente estuvo compuesto por agrupaciones sociales (Mujeres Artesanas Las Mariposas de Lanco y grupo de adultos mayores Los Girasoles), comités de agua potable rural (APR Lumaco, APR Ñancul, APR Puyehue), beneficiarios indígenas de INDAP (PDTI), gobierno local (Departamento de Turismo de la Municipalidad de Panguipulli), universidades (Universidad de Chile y Universidad Austral), empresas (Colbún) y representantes de otras organizaciones o

actividades productivas (Bosque Modelo, Casona de la Cultura, Corporación de Turismo Destino Siete Lagos, apicultores).

Durante la presentación del Ministerio, hubo una serie de interrupciones producto de los cuestionamientos realizados por el público. En general, estas intervenciones se enfocaron enlos mecanismos o procesos participativos llevados a cabo en el territorio . Mientras que, luego de la presentación de la Universidad de Chile – y al igual que en la mayoría de los seminarios - las consultas se enfocaron principalmente en la metodología del estudio y al uso final que se le busca dar a la información generada.

7.1.2.3 *Lago Ranco*

El seminario de difusión se realizó en el Centro Cultural Municipal de la localidad de Lago Ranco, el día jueves 29 de octubre entre las 15:00 y las 18:00.

Al seminario de Lago Ranco asistieron 18 personas, registrándose 16 (las dos personas que no se registraron correspondían a mapuches con el cargo de Werken de una comunidad mapuche). Los asistentes representaron a comités de agua potable rural (APR Trumao, APR Braunau, APR Casma y APR Pirihueico), organizaciones civiles (Unión Comunal de Junta de Vecinos, Defensa del río Bueno y Comité de Turismo de Lago Ranco) y comunidades indígenas (Ilihue Centro yKalkurrupe), generadoras eléctricas (Atiaia Energía-GCB) ygobierno local (SECPLAN Lago Ranco).

La presentación en Lago Ranco estuvo marcada por la presencia de representantes de organizaciones de defensa del Río Bueno y de comunidades mapuches quienes cuestionaron los objetivos del proyecto y pusieron en duda el uso de la información que éste generará. El estudio fue asociado a la instalación de hidroeléctricas en la zona. Al igual que en Panguipulli, se reclamó por la forma en que se generan las instancias de participación.

7.1.2.4 *Puerto Montt*

El seminario de difusión se realizó en el Hotel Diego de Almagro de la ciudad de Puerto Montt, el día lunes 2 de noviembre entre las 9:00 y las 13:00.

Al seminario de Puerto Montt asistieron 20 personas, una sin registrar. Los asistentes representaban principalmente a los servicios públicos de la Región de Los Lagos (SEREMI Energía, SEREMI Medio Ambiente, GORE, CONADI, MOP, DGA, INDAP, SERNAPESCA, SERNATUR, SUBDERE y CNR), además hubo representantes de gobiernos locales (Municipio de Purranque) y de APR (APR Chile).

La participación en Puerto Montt fue similar a la de Valdivia, puesto que estuvo marcada por la presencia de profesionales de diversas reparticiones del servicio público, por lo cual, las inquietudes estuvieron relacionadas con la metodología a aplicar y en cómo se relacionan los instrumentos de planificación territorial con los resultados del estudio.

7.1.2.5 *Puelo*

El seminario de difusión estaba programado para llevarse a cabo en el salón de reuniones del Gimnasio Municipal de Río Puelo, localizado en la localidad de Puelo, el día martes 3 de noviembre entre las 10:00 y las 13:00.

El lunes 2 de noviembre, día previo a la ejecución de seminario de inicio, el Consejo de Ministros aprueba la central Mediterráneo, razón por la cual y dada las movilizaciones de la comunidad ante el desacuerdo de la resolución, el Ministerio de Energía decide cancelar el seminario y aprovechar la instancia como una oportunidad de diálogo entre la comunidad y el Ministerio, por lo que no se pudo dar cumplimiento a las actividades de difusión planificadas previamente.

7.1.2.6 *Futaleufú*

El seminario de difusión se realizó en la sala polifuncionalFutaleufú Urbano, localidad de Futaleufú, el día jueves 5 de noviembre entre las 15:00 y las 18:00.

Al seminario asistieron 42 personas (34 firmaron la lista de asistencia). El público, estuvo principalmente compuesto por personas y empresas ligadas al turismo: dueños de hostales, lodges y restoranes, grupos asociados a la protección y conservación (Patagonia Sur, Fundación Pumalín, FutaleufúRiverkeeper, Corporación Defensa y Desarrollo de Futaleufú, Comité Ambiental Comunal), representantes de la municipalidad (Casa de la Cultura, SECPLAN, Departamento de Turismo) y personas particulares.

La participación fue activa y marcada por lo ocurrido en Puelo, retrasando, incluso, el programa estimado para dicha jornada. Hubo muchas intervenciones por parte de los asistentes, principalmente dirigidas al Ministerio de Energía. Al igual que en los seminarios anteriores, nuevamente se cuestionaron los procesos participativos que se desarrollan por parte del Estado. El público en general, correspondía a una audiencia bien informada, donde la mayoría ya había participado de otras reuniones realizadas por el Ministerio de Energía en conjunto con el equipo PUC-TECO durante la primera etapa del presente estudio.

7.1.3 **Análisis general de los seminarios de inicio**

En base al análisis de cada seminario se puede inferir la existencia de algunas diferencias importantes respecto a las temáticas planteadas entre los seminarios regionales (Valdivia y Puerto Montt) y locales (Panguipulli, Lago Ranco y Futaleufú), las que responderían, en general, al diferente tipo de actor convocado a cada instancia y a la localización espacial de las ciudades elegidas, lo que se relaciona con el nivel de ruralidad que las caracteriza.

Al respecto, las temáticas abordadas a nivel regional estuvieron relacionadas, en gran parte, a la metodología propuesta para lograr los objetivos impuestos por el estudio y la relación que este último tendría con las políticas, planes, programas e instrumento públicos actualmente vigentes. De manera particular, se realizaron cuestionamientos y preguntas técnicas en relación a la actualización del potencial hidroeléctrico, al nivel de homologación que tendrían las metodologías de los diferentes equipos de trabajo que abordan los tres grupos de cuencas a estudiar y al alcance de los OdV, a la metodología de cálculo del caudal ecológico enfocado en su definición contraponiendo a definición local y teorica, entre otros. Finalmente, se presenta un cuestionamiento respecto a la necesidad de realizar el estudio, temática ampliamente abordada en los seminarios locales, y motivadas por la Academia en este caso.

Con respecto a los seminarios a nivel local o de cuenca, gran parte de los temas abordados tuvieron relación con los procesos de participación ciudadana, metodología y objetivos del estudio, el uso que se le daría a la información levantada y a la vocación del territorio.

En particular, se percibe una sensación de reticencia hacia los procesos participativos, cualquiera fuese su objetivo, principalmente, dado su carácter *no vinculante*. Esta crítica a los procesos participativos desarrollados por el Estado, también se fundamenta, particularmente, a la percepción de existencia de conflictos de interés por parte de personal de gobierno y a la falta de consideración con los actores locales, en especial con las comunidades Huilliche-Mapuche, las cuales hacen evidente la sensación de que no se considera sus formas de vida (ej. cosmovisión) en dichos procesos. Existe desconfianza en los procesos de toma de decisiones, justificado por la falta de transparencia en los procesos participativos y por la ausencia de información en las primeras etapas de un proyecto, a raíz de esto se expone la necesidad de ser parte como comunidad en estos procesos.

En relación a la visión de territorio, se infiere la existencia de una opinión generalizada respecto a potenciar el desarrollo local en función de los principales atributos que cada territorio posee, específicamente y dada la zona de estudio, se releva el desarrollo turístico sustentable. En este sentido se cuestiona la necesidad de desarrollar grandes proyectos hidroeléctricos los cuales se describen como elementos perjudiciales para *desarrollo local*. Al respecto, se pone de manifiesto la necesidad de preguntar a los propios actores locales cuál es la imagen de futuro que aspiran a tener de su territorio. En general, se expone la necesidad de la construcción conjunta del

desarrollo energético en las cuencas, en donde las fuentes estén acorde al consumo de las comunidades, a sus aspiraciones territoriales y económicas, y a la capacidad de acogida y vocación del territorio. Sumado a lo anterior, las comunidades en general, se plantean en un escenario inclusivo, en el cual puedan participar de manera activa en la decisión de las fuentes energéticas, y su gestión y administración.

Adicionalmente, sobresale como preocupación la escasez hídrica, condición que ha sido abordado con abastecimiento a través de camiones aljibes. Estos cambios, han incidido en la percepción del problema hídrico de la comunidad, aumentando sus preocupaciones e incertidumbre respecto al ciclo hidrológico y las potenciales modificaciones en los bosques. Así mismo, la condición de escasez intensifica la competencia entre rubros, en específico el energético, agrícola y turístico.

Otro aspecto relevado en los seminarios, es la necesidad de desarrollar un ordenamiento territorial en las cuencas, el cual permita zonificar el territorio en base a una imagen objetivo territorial y a las condiciones físicas, socio-culturales y ecológicas del territorio.

Finalmente, una de las ideas relevadas de forma transversal en los seminarios a nivel de cuenca es la desconfianza respecto al uso que se le dará a la información a levantar durante el desarrollo del estudio. Al respecto, se expone la sensación de que son las empresas hidroeléctricas las principales beneficiarias de los resultados a obtener. Sin perjuicio de lo anterior, también se reconoce la importancia que implica el contar con nuevo conocimiento respecto a los elementos que constituyen los territorios a estudiar, argumentando, por ejemplo, que “no se puede gestionar/defender lo que no se conoce”.

El detalle de las observaciones y comentarios de los asistentes en los seminarios se encuentra en el Anexo digital 10.4

7.2 Seminarios de cierre

Con el propósito de dar fin a los procesos participativos del estudio, se desarrolló un conjunto de actividades de carácter informativo, en diferentes localidades en las cuencas de estudio[73]. Estas actividades, denominadas en adelante “seminarios de cierre”, además de tener como propósito oficializar el cierre del estudio frente a la comunidad buscó presentar y externalizar la metodología y los principales resultados obtenidos explicitando el alcance real del estudio, sus limitaciones y desafíos pendientes.

[73]Importante es mencionar que a la fecha de entrega del presente informe las actividad a realizarse en Futaleufú quedó catalogada como "pendiente".

7.2.1 **Metodología**

Para dar inicio a las actividades de cierre, se organizaron cuatro seminarios de carácter informativo en distintas localidades del área de estudio. Se realizaron tres seminarios en la Región de Los Ríos en las localidades de Valdivia, La Unión y Panguipulli y un seminario en la Región de Los Lagos, en la ciudad de Puerto Montt.Las localidades seleccionadas correspondieron a aquellas en las cuales se realizaron los seminarios de inicio a excepción de Lago Ranco y Futaleufú. En el primer caso, la locación se cambió, a petición de la SEREMI de Los Ríos, a la ciudad de La Unión en donde el seminario se desarrolló en el marco de una sesión extraordinaria de la Mesa de Asuntos Hídricos, instancia convocada por la Gobernación de Ranco. Respecto, al seminario a realizarse en Futaleufú, este quedó en estado de "pendiente" y se espera que se planifique durante el segundo semestre del presente año.

Al igual que para el caso de los seminarios de inicio, en esta instancia final se planificaron dos seminarios de carácter regional y tres seminarios de carácter local (incluyendo Futaleufú). Al respecto, los seminarios regionales tuvieron como fin dar a conocer los resultados principales del estudio a las autoridades regionales de los diferentes servicios públicos, organizaciones no gubernamentales (ONG) de importancia regional, nacional y/o internacional, universidades y agrupaciones gremiales relevantes de la región. Por otra parte, los seminarios locales pese a tener el mismo objetivo que los seminarios regionales estuvieron dirigidos, principalmente, a representantes de agrupaciones locales, presidentes de juntas de vecinos, ONG locales, representantes de APR y mundo indígena, entre otras organizaciones locales.

Para dar cumplimiento a los seminarios y asegurar la asistencia de distintos actores del territorio, el equipo desarrolló una serie de actividades que se detallan a continuación:

a. Actualización de lista de actores. La lista base elaborada luego de finalizados los seminarios de inicio, fue actualizada con nuevos actores, que en su mayoría, asistieron en calidad de informantes clave a las respectivas reuniones de trabajo y entrevistas hechas durante el desarrollo del presente estudio.

b. Envío de invitaciones a través de correo electrónico y llamada telefónica: el 15 de junio se dio inicio al envío de 538 invitaciones, por medio de correo electrónico y llamados telefónicos. Previo a dicha actividad se realizó la invitación a los señores SEREMI de la Región de Los Lagos y la Región de Los Ríos. En el caso de la localidad de La Unión, la convocatoria fue realizó por medio de la SEREMI de los Ríos.

c. Confirmación de invitaciones vía telefónica: de manera paralela al envío de invitaciones se inició el proceso de confirmación de asistencia a los seminarios en las

distintas localidades. A continuación en la Tabla 7.2, se señala la información en detalle del proceso de convocatoria.

Tabla 7.2. Detalle proceso de convocatoria vía telefónica a seminarios

Fecha	Seminario	Tipo
Martes 21 de junio	Puerto Montt/Valdivia	Invitación
Miércoles 22 de junio	Panguipulli	Invitación
Jueves 23 de junio	Panguipulli/Valdivia	Invitación
Martes 28 de junio	Panguipulli	Confirmación
Jueves 30 de junio	Puerto Montt	Confirmación
Martes 5 de julio	Puerto Montt/Valdivia	Confirmación
Miércoles 6 de julio	Valdivia	Confirmación

Fuente: elaboración propia

7.2.2 Descripción de los seminarios realizados

A continuación se presenta una descripción detallada de los cuatro seminarios de cierre realizados en las distintas localidades. La información incluye aspectos relacionados con la operación, nivel de asistencia y participación y de forma general los temas relevados por los asistentes.

7.2.2.1 *Puerto Montt*

El seminario de cierre se realizó en el Hotel Diego de Almagro de la ciudad de Puerto Montt, el día viernes 8 de julio entre las 10:00 am y las 13:00.

Al seminario de Puerto Montt asistieron 30 personas. Los asistentes representaban principalmente a los servicios públicos de la Región de Los Lagos: SEREMI de Energía y Bienes Nacionales, Gobierno Regional (GORE), Ministerio de Obras Públicas (MOP), Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS), Dirección General de Aguas (DGA) y Secretaría Comunal de Planificación de Chaitén (SECPLAN Chaitén). También asistieron agrupaciones locales (Comunidad Mapuche Domingo CayunPaniches), gobiernos locales (Municipalidad San Pablo, Municipalidad Chaitén y Municipalidad Purranque), representante de APR (APR Entre Lagos), empresas privadas y asociaciones (Asociación de Pequeñas y Medianas Centrales (APEMEC) y Mediterráneo S.A.) y universidades (Universidad Austral de Chile; lista de asistencia adjunta en Anexo 10.1).

En general, las inquietudes estuvieron relacionadas principalmente con la metodología utilizada y la potencial aplicación de la herramienta en diferentes aspectos de la planificación territorial regional.

7.2.2.2 *La Unión*

El seminario de cierre se realizó en el Salón Consistorial en La Unión, el día lunes 11 de julio entre las 11:00 am y las 13:30. Este seminario de desarrolló en el marco de una sesión extraordinaria de la Mesa de asuntos Hídricos, coordinada por la Gobernación de Ranco donde la invitación se hizo extensiva a los actores que conforman esta mesa regularmente.

Al seminario asistieron 24 personas, entre las cuales estuvieron representantes de comités de agua potable rural (APR Trumao, APR Pilpilcuhue y APR sectores unidos), de organizaciones civiles (Arte crea, zonas relegadas, red de turismo, Defensa del río Bueno y comunidad Curaquito), de instituciones públicas regionales (Municipalidad de la Unión, Comisión Nacional de Riego (CNR), Gobernación, SEREMI Energía, Corporación Nacional Forestal (CONAF)) y privados (Empresas de Servicios Sanitarios (ESSAL); lista de asistencia adjunta en Anexo 10.1).

En general, la participación de los asistentes estuvo marcada por consultas de carácter técnico hacia el estudio, dirigidos principalmente al proceso de levantamiento de información de los datos y potencial aplicabilidad de la herramienta de evaluación desarrollada.

7.2.2.3 *Valdivia*

El seminario de cierre se realizó en el Hotel Melillanca de la cuidad de Valdivia, el día martes 12 de julio entre las 10:00 am y las 13:00.

Al seminario asistieron un total de 36 personas, dentro de los cuales asistieron, principalmente, representantes de servicios públicos (Servicio Agrícola Ganadero (SAG), Gobierno regional (DIPLADE) Ministerio de Medio Ambiente (MMA), Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior (ONEMI), Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo (SUBDERE), Ministerio de Energía, Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SUBPESCA)), de universidades y centros de estudios (Universidad Austral y Centro de Estudios Ambientales), gobierno local (Municipalidad de Valdivia y Municipalidad de Corral), distintas organizaciones (Asociación Comunidad Humedal, Valdivia sin Represas, PikunwijimapuLogkoEvbam, Agrupación Ingenieros Forestales, Ecoregión Agenda Local 21 y Comunidad Huedel) y privados (Colbún; lista de asistencia adjunta en Anexo 10.1)

La participación de los asistentes estuvo marcada por consultas y cuestionamientos de carácter técnico hacia el estudio, dirigidos principalmente al proceso de levantamiento de información de los datos.

7.2.2.4 *Panguipulli*

El seminario de cierre se realizó en el Salón DIDECO de Panguipulli, el día miércoles 13 de julio entre las 11:00 am y las 13:30.

Al seminario asistieron un total de 22 personas, dentro de los cuales se encontraron representantes de APR (APR Lumaco y APR Coñaripe), beneficiarios indígenas de INDAP (PDTI) y del Programa de Desarrollo Local (PRODESAL), gobierno local (Municipalidad de Lanco, Municipalidad de Panguipulli y Secretaría Comunal de Planificación (SECPLAN)), empresa privada (Colbún) y representantes de otras organizaciones o actividades productivas (Patio Azul y agrupación PermagriculturaWollmapu; ; lista de asistencia adjunta en Anexo 10.1)

En general, durante la presentación realizada por el Ministerio, no hubo mayores intervenciones o cuestionamientos a la metodología o resultados del estudio.

7.2.3 **Análisis general de los seminarios de cierre**

En base a las intervenciones de los cuatro seminarios, se resumen los aportes, comentarios, preocupaciones y consideraciones a tener en cuenta, que surgen desde la comunidad frente a la presentación de los resultados del estudio.

Se plantea el cuestionamiento de si conceptualmente se está hablando de cambio climático o cambio global. Al respecto, la pregunta y posterior comentario se enfoca respecto a la consideración de proyectar a futuro las variaciones de otras variables o factores que no sean climáticos, como, por ejemplo, el uso de suelo y sus efectos sobre el territorio. De acuerdo a lo expresado, se deja entre ver que existe una "simplificación" del sistema al no sumar estos factores a los efectos asociados al cambio climático. Frente a este comentario se señala que el estudio no considera modelos dinámicos por que no es posible proyectar la covarianza de múltiples factores a escenarios de corto, mediano y largo plazo.

Respecto los OdV incluidos, se releva la inexistencia de un OdV que considere de manera explícita los servicios ecosistémicos que proveen los bosques para mantener la calidad y cantidad de agua que caracterizan a los ecosistemas de agua dulce de las cuencas en estudio. Además se indica que el estudio no considera los efectos que cambios en el caudal pueden provocar en la calidad fisicoquímica del agua. Al respecto, estas observaciones se relacionan con la no inclusión de modelos dinámicos que permitan simular la interacción entre diferentes variables (ej. calidad y cantidad de agua) u OdV, situación que se explica como no viable dado las características y

alcances que el estudio tiene en términos de fondos, tiempo, y a la carencia de información científica básica que permita simular dichos *trade off*.

Sumado a lo anterior, desde la comunidad, y particularmente en la localidad de La Unión se señala el poco tiempo invertido para el levantamiento de información tanto de los factores sociales, como biológicos. Al igual que lo expuesto en el caso de los servicios ecosistemicos, las limitaciones que repercutieron en el tiempo de levantamiento fueron la temporalidad del contrato, los recursos económicos, junto con las condiciones territoriales (dispersión de la población) y las bajas convocatorias en algunos sectores.

En cuanto a el OdV S.1, se cuestiona el *proxy*, tanto en la región de Los Lagos como en la de los Ríos. Se plantea que el número de APRs no sería un buen indicativo de la demanda por agua potable rural dado que a) las actuales bases de datos no describen la demanda actual real por agua potable en zonas rurales y b) por que en muchas comunas la demanda se satisface con la distribución de ésta con camiones aljibe (ej. Provincia de Valdivia).

Tanto en la Unión como en Valdivia, se vuelve a recalcar las diferencias existentes entre el Estado y el pueblo mapuche respecto al concepto de territorio. Se deja de manifiesto que hay que tener precaución respecto al uso de las diferentes figuras que el Estado posee para describir y delimitar el territorio mapuche, las cuales casi en su mayoría no son compartidas estos.

Al igual que en oportunidades anteriores surge la inquietud de cómo se levanta el OdV productivo relativo a la actividad turística y si el método ocupado considera el potencial futuro. Al respecto se comenta que el OdV corresponde a una imagen actual, en base a la información disponible en las instituciones de la cuenca, por lo que no considera proyecciones.

Parte de la comunidad científica asistente opina que la utilidad de la herramienta estará estrechamente relacionada con la calidad de los datos de entrada (ej. OdV), y que esto debe tenerse en consideración a la hora de analizar los resultados o escenarios que arroje dicha herramienta.

Al igual que en la gran mayoría de las actividades participativas y de difusión desarrolladas durante la ejecución del estudio, se pone de manifiesto la sensación de desconfianza que existe por parte de la comunidad con las diferentes instituciones del Estado (opiniones importantes en La Unión y Valdivia). Por ejemplo, se cuestiona la real necesidad de generar más energía en el país después de escuchar a la Presidenta de la Republica señalar que Chile exportará energía a Argentina.

Finalmente y como tema transversal quedaron las siguientes preguntas claves, en el caso que esta herramienta sea utilizada: ¿quién toma las decisiones?, ¿lo que se desarrolló es una herramienta o un instrumento?, ¿cómo se hace vinculante?, ¿cómo se puede acceder a la herramienta? Al

respecto, se señala que se hará todo lo posible por insertarlos en la discusión de planificación del PROT u otros instrumentos de planificación territorial.

7.3 Taller de expertos

7.3.1 Taller expertos OdV socioculturales

Con el objetivo general de discutir metodologías (ej. *proxies*) y delimitar los alcances de la información levantada respecto a los OdV sociales y culturales, se llevó a cabo un taller de expertos en conjunto con el equipo PUC-TECO el día 21 de enero de 2016 en la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile. Este taller constó de dos bloques temáticos.

Bloque 1.
En este bloque se discutió la forma de levantar los OdV correspondientes a sitios de significación cultural y sitios de manifestaciones culturales. Para esto fueron invitados como representantes del pueblo Mapuche los Srs. Mauricio Huenchulaf (Dirigente Mapuche) y VictorCaniullán (Machi Mapuche).

Bloque 2.
En el segundo bloque se discutió la validez de los OdV socio-culturales como variables predictivas de conflictos y las alternativas por la cual se debería definir la presencia o ausencia de un OdV en un territorio particular.
Para esto se establecieron dos supuestos con dos preguntas asociadas a cada uno de estos. Estos se enuncian a continuación:

Supuesto 1

"La existencia de OdV(ej. socio-culturales), en un territorio particular, sería una de las principales condicionantes de la ejecución de proyectos hidroeléctricos, al asociarse, al surgimiento de probables conflictosentre los diferentes actores involucrados (ej. comunidad que habita dicho territorio con proponentes de posible proyecto y Estado)".
Preguntas:

1. Desde su perspectiva, ¿qué limitaciones tendría dicho supuesto?
2. ¿Cómo deberían interpretarse estos OdV?. ¿Cuál sería su real aplicación?

Supuesto 2

Las características físicas del territorio y de las relaciones existentes entre éste y la comunidad que lo habita, condicionan la importancia relativa de un OdV por sobre otro. Por ejemplo, un OdV (ej. sitios de significación cultural de carácter indígena) que es importante en una cuenca en particular (ej. Cuenca río Valdivia) no lo es en otra cuenca (ej. Cuenca del río Yelcho) en donde otros OdV aumentan su importancia (ej. Paisaje; turismo).
Preguntas:

1. ¿Cómo se podría indicar la relevancia que tiene cada OdV en un territorio?
2. ¿Cómo se podría definir que un determinado OdV se encuentra presente en un territorio en particular? ¿Sería válido utilizar el concepto de umbrales?

Para este bloque se invitó a la Dra. Anahí Urquiza y al Dr. Mauricio Folchi ambos expertos en temas

socioambientales y académicos de la Universidad de Chile.

Las impresiones y la nueva información recabada desde este taller de experto fueron utilizadas para enriquecer la discusión respecto a los OdV socioculturales, el análisis de conflictos y el diagnóstico territorial.

7.3.2 Taller expertos OdV terrestres y fluviales

Como parte de las actividades de sociabilización de la realización de este proyecto, se dicutió con profesionales expertos en las temáticas correspondientes a los Objetos de Valoraciónfluviales y terrestres.

Este seminario se realizó el día **19 de octubre de 2015** en las dependencias de la Casa Central de la Universidad Católica de Chile.

A dicho seminario, los asistentes fueron los profesionales señalados en la Tabla 7.3.

Tabla 7.3. Profesionales invitados como expertos

Nombre	Institución	Area de especialización
Evelyn Hábit	Centro EULA	Limnología
Barbara	WWF	Ecología y conservación
Andrés Iroumé	Universidad Austral	Hidromorfología
Irma Vila	Universidad de Chile	Limnología y calidad del agua
Pablo Marquet	Universidad Católica de Chile	Ecología terrestre
Francisco Riestra	CODELCO	Ecología fluvial

Fuente:elaboración propia.

Además de los especialistas, anteriormente, indicados, asistieron los profesionales, pertenecientes a ambos grupos de trabajo,señalados en la Tabla 7.4.

Tabla 7.4.Profesionales de proyecto

Nombre	Equipo trabajo	Cargo
Sebastián Vicuña	TECO-PUC	Director ejecutivo
Marcelo Olivares	U de Chile	Director proyecto
Milena Bonacic	U de Chile	Coordinadora proyecto
Luca Mao	TECO-PUC	Responsable OdV Fluvial
Patricio Pliscoff	TECO-PUC	Responsable OdV Terrestre
Shaw Lacy	TECO-PUC	Profesional de proyecto
Matías Peredo	U de Chile	Responsable OdV fluvial y terrestre
Marcelo Villarroel	U de Chile	Profesional de proyecto
Daniel Zamorano	U de Chile	Profesional de proyecto

Fuente:elaboración propia.

La dinámica del taller de experto consistió en la exposición de los Objetos de Valoración propuestos por ambos equipos de trabajo, detallando el objetivo de valoración, la metodología y los *proxies* a utilizar.

Este taller buscaba generar una instancia de discusión de los elementos expuestos, indicando si la metodología es acorde al objetivo de valoración, y si los *proxies*propuestos eranadecuados.

El seminario comenzó con una exposición del Sr. Estaban Tohá, introduciendo el objetivo del proyecto y el objetivo de este taller. Posteriormente, el Dr. Luca Mao expuso la metodología para la obtención de la información para la generación de los OdV Fluviales, mediante la identificación de obras civiles y caracterización hidromorfológica de tramos de río – vía interpretación de imágenes Google Earth – así como los criterios para la definición de los tramos de ríos. Posteriormente, el Dr. Matías Peredo, expuso la metodología y proxiesreferentes a los OdV fluviales. Finalmente, el Sr. Daniel Diez expuso la metodología y proxiespropuestos para los Objetos de Valoración asociados a ecosistemas terrestres.

Se discutieron aspectos sobre:

- La posibilidad de inclusión de refugio y zonas riparianas como áreas críticas y la inclusión de zonas de desove de peces como áreas críticas, lo que fue rechazadopor los expertos, debido a que no existe claridad en la información sobre las características ambientales de dichos sitios, por lo tanto, su identificación resultaría compleja. Además, se rechazó la inclusión de zonas de macrófitas debido a la dificultad de identificación mediante imágenes satelitales.
- Cómo abordar el OdV fisicoquímico: se propuso intentar abordarlo desde un único parámetro fisicoquímico, en particular la Conductividad eléctrica. Sin embargo, se está consciente de la escasez de información.
- Se discutió el modelamiento de nicho para la distribución de especies, Sr Pablo Marquet señalóque la modelación bioclimática terrestre se realizará mediante Maxent, ya que es el modelo que mejor rendimiento presenta para este tipo de modelación.

- Se discutió el tema de la fragmentación de paisajes naturales, el grupo de expertos, señalóla dificultad de abordar la fragmentación sin tener a una especie en particular sobre el cual determinarla. Se propuso al panel de expertos, abordarla mediante una proximidad por pixel.

7.4 Otras actividades participativas

Durante el desarrollo del presente estudio se llevaron a cabo cuatro instancias participativas adicionales, las cuales tuvieron como objetivo principal retroalimentar resultados preliminares. Estas reuniones de trabajo se realizaron en la cuenca de los ríos Valdivia, Bueno y Yelcho. Todas las opiniones, impresiones y nueva información fueron tomadas en cuenta para enriquecer la información contenida en los capítulos de análisis de conflictos, OdV socioculturales y diagnóstico territorial.

1. Reuniones de retroalimentación en la cuenca del río Yelcho.

Las reuniones en la cuenca del río Yelcho se llevaron a cabo en las ciudades de Futaleufú y Chaitén los días 9 y 10 de marzo respectivamente. El objetivo de la reunión fue mostrar un avance de los resultados obtenidos en relación al levantamiento de OdV socio-culturales y diagnóstico territorial y recibir retroalimentación por parte de los actores asistentes.
En Futaleufú, la convocatoria fue abierta y se invitó mediante correo electrónico, teléfono y aviso radial. Asistieron cerca de 60 personas. De la misma manera en Chaitén la convocatoria fue abierta y se utilizaron los mismos medios de difusión, sin embargo, llegaron cerca de 5 personas. Las listas de asistencias de ambas reuniones se adjuntan en anexo digital.
Durante esta salida a terreno se intentó concertar cuatro entrevistas semiestructuradas con dos actores pertenecientes a localidad de Futaleufú y dos actores representantes de la localidad de Chaitén. Al respecto, solo se concretó la entrevista con los actores de Futaleufú. El objetivo de estas entrevistas fue obtener opiniones respecto a su visión de desarrollo territorial en relación a la energía, información que fue utilizada para complementar las ideas recabadas a lo largo del estudio para elaborar el capítulo de diagnóstico territorial.

2. Reunión de retroalimentación en la cuenca del río Valdivia

La reunión en la cuenca del río Valdivia se llevó a cabo en la ciudad de Panguipulli el día 8 de marzo. Al igual que para la cuenca del río Yelcho, el objetivo de la reunión fue mostrar un avance de los resultados obtenidos en relación al levantamiento de OdV socio-culturales y diagnóstico territorial y recibir retroalimentación por parte de los actores asistentes. Asistieron 10 personas (lista de asistencia en anexo digital).
Durante esta salida a terreno se concertaron tres entrevistas semiestructuradas con tres representantes de organizaciones sociales de Panguipulli. El objetivo de estas entrevistas fue obtener opiniones respecto a su visión de desarrollo territorial en relación a la energía, información que fue utilizada para complementar las ideas recabadas a lo largo del estudio para elaborar el capítulo de diagnóstico territorial.

3. Reuniones de retroalimentación en la cuenca del río Bueno

Las reuniones en la cuenca del río Bueno se llevaron a cabo en la ciudad de Lago Ranco el día 9 marzo. El objetivo de las reuniones fue mostrar un avance de los resultados obtenidos en relación al levantamiento de OdV socio-culturales y diagnóstico territorial y recibir retroalimentación por parte de los actores asistentes. Una de las reuniones se llevó a cabo con 3 representantes mapuches y la otra con 5 actores de la comunidad (lista de asistencia en anexo digital)
Durante esta salida a terreno se concertaron entrevistas semiestructuradas con 2 representantes de organizaciones sociales de Río Bueno y La Unión los días 9 y 10 de marzo respectivamente. El objetivo de estas entrevistas fue obtener opiniones respecto a su visión de desarrollo territorial en relación a la energía, información que fue utilizada para complementar las ideas recabadas a lo largo del estudio para elaborar el capítulo de diagnóstico territorial.

4. Reunión de trabajo con representantes del Consejo Territorial Mapuche en cuenca del río Bueno.

La reunión en la cuenca del río Bueno se llevó a cabo en la ciudad de Lago Ranco el día 15 de enero. Esta instancia fue acordada en conjunto con representantes del Consejo Territorial Mapuche de Lago Ranco y tuvo como objetivo el presentar el contexto y los objetivos del estudio a dicho consejo y recabar su opinión en relación al desarrollo hidroeléctrico.
A dicha reunión asistieron 3 consejeros mapuches, un *Werken* y un *Lonko*. No se obtuvo lista de asistencia.

8 Vinculación con instrumentos de planificación y gestión existentes

El actual estado social y ambiental en nuestro país, ha llevado a que los proyectos hidroeléctricos se vean afectados por una fuerte oposición de la sociedad civil a su emplazamiento, debido a considerarse que dichos sitios no son apropiados para esta actividad. En este contexto, es que las instituciones públicas han ido incorporando a las comunidades en su quehacer y en la generación de instrumentos que permitan ordenar el territorio que habitan. Sin embargo, en la realidad nacional existe una diversidad de instrumentos sectoriales con competencias territoriales, las cuales en algunos casos pueden disponer de medidas, intencionalidad o normas sobre el mismo territorio, favoreciendo o limitando las posibilidades del desarrollo hidroeléctrico, por lo que deben ser consideradas en los procesos de ordenamiento del territorio. Por esta razón, es relevante tener presente qué instrumentos están vigentes[74], cuáles son sus objetivos y cómo se implementan en términos territoriales.

8.1 Estrategias Regionales de Desarrollo (ERD)

Las Estrategias Regionales de Desarrollo corresponden a instrumentos estratégicos de largo plazo de planificación, en donde se definen los objetivos de desarrollo regional, cómo se logrará y en qué aspectos se enfatizará dicho desarrollo. En definitiva, es un marco orientador que guía la gestión del Gobierno Regional.

La ERD de la Región de los Ríos tiene una vigencia de 10 años y ha sido elaborada para el periodo 2009 – 2019. En ella se expone que la ERD corresponde a un "instrumento de acción para un gobierno Regional y para todos aquellos que toman decisiones que afectan, de una manera y otra, a los asuntos colectivos o de interés general, como por ejemplo, las organizaciones sociales, las empresas, los sindicatos, entre otros" (GORE, 2009). En este contexto la ERD cobra gran valor en cuanto a las acciones que se incentivan y direccionan a todo nivel en la región.

La ERD de Los Ríos presenta un marco conceptual de la planificación y gestión regional, dentro del cual se asevera que una planificación moderna y estratégica del desarrollo es dinámica y por ende se estructura en consideración de tres funciones: la función de asignación, función de compensación y la función de activación. Estas funciones se retroalimentan y permiten visualizar los sectores que deben ser retribuidos por pérdidas, consecuencia de los efectos negativos de las actividades político económicas (función de compensación). Este enfoque permite comprender

[74] Instrumentos vigentes a abril de 2016

que el territorio es dinámico, muta y debe ser zonificado de tal forma de generar las condiciones adecuadas para el desarrollo de la región, para lo cual se disponen de los recursos y de la organización social idónea para este fin.

La Región de los Ríos plantea como escenario deseado un desarrollo regional sustentable, "orientando su gestión hacia la puesta en valor, conservación de sus recursos naturales y la protección de la biodiversidad, donde los cursos y cuerpos de agua de las cuencas de los Ríos Valdivia y Bueno […] se destacan como elementos ambientales distintivos de la Región". Para lograr lo expuesto, se plantean un lineamiento estratégico denominado "Desarrollo territorial integrado y sustentable", dentro del cual exponen que "el uso de los recursos naturales responderá a consensos logrados dentro del ámbito de la conservación, y donde el ordenamiento del territorio bajo un enfoque de sostenibilidad, permitirá una adecuada planificación y gestión de los recursos, en que la determinación y diversificación de potencial energético tendrá una alta prioridad para la Región". En específico, se pretenden establecer directrices que permitan la diversificación de la matriz energética, impulsando las Energías Renovables No Convencionales (hidráulica, solar, eólica). Los objetivos estratégicos relacionados en alguna medida con la generación hidroeléctrica son dos: el objetivo 4 que aborda la generación y articulación de instrumentos de planificación y gestión territorial, que permitan el adecuado manejo de recursos naturales y orienten las inversiones públicas y privadas, y el objetivo 5 que promueve el desarrollo energético en la línea de la sustentabilidad.

Se señala que los objetivos mencionados se abordarán a través de la implementación de planes y programas de ordenamiento, entre los cuales destaca el Plan Regional de Ordenamiento Territorial (PROT)[75], la generación de un sistema de información territorial, la generación de un observatorio territorial, estudio de balance energético[76], mapeo de unidades de generación, línea base de potencial energético, planificación de embalses multipropósito y establecimiento de criterios de planificación de redes eléctricas integradas.

Por su parte, la Región de los Lagos plantea su nueva EDR, período 2009 – 2020, luego de la división regional ocurrida y una serie de cambios económicos, sociales y ambientales productos de la crisis de los salmones, la erupción del volcán Chaitén, sequías e incendios forestales. En su presentación se plantea a la ERD como la "carta de navegación que permitirá orientar la inversión pública y privada para los próximos años" siendo su foco el desarrollo integral de sus habitantes.

[75] Asociado a objetivo 4: "Articular y generar instrumentos de planificación y gestión territorial para inducir el adecuado manejo de los recursos naturales, promoviendo el bienestar de la ciudadanía y orientar las inversiones públicas y privadas", de la estrategia de Desarrollo Territorial Integrado y Sustentable

[76] Asociado a objetivo 5: "Promover el desarrollo energético regional bajo un compromiso de sustentabilidad, priorizando la diversificación de la matriz energética, potenciando el desarrollo de fuentes alternativas de energía e impulsando políticas regionales de ahorro y eficiencia energética", de la estrategia de Desarrollo Territorial Integrado y Sustentable

Los ejes del desarrollo regional abordan diversos ámbitos de la Región, siendo relevante en términos hidroeléctricos el eje 3 de Competitividad Regional y el eje 5 de Sustentabilidad Regional, ya que ambos incluyen planificación y gestión de recursos hídricos y energéticos, aspectos relevantes para el desarrollo de la Región. En el eje de competitividad regional resalta el sector agropecuario, la industria de productos bentónicos y la actividad turística, todos ellos con un enfoque territorial, que confiere sustentabilidad a las actividades. En el eje de sustentabilidad se visualiza la intención regional de transitar a un desarrollo sustentable y consciente del uso y gestión de sus recursos naturales, para lo cual se expone una serie de objetivos y acciones prioritarias. En el ámbito energético sólo es posible reconocer una acción prioritaria, que expone la intención de "Generar estudios sobre proyecciones en el uso de los recursos hídricos y energéticos para el desarrollo productivo de la región".

A partir de las estrategias, es posible extraer la visión de ambas regiones, las cuales presentan una fuerte componente de sustentabilidad, y desarrollo territorial y participativo y en donde la energía tiene distintos niveles de relevancia lo que plantea diferencias al momento de promover su desarrollo.

8.2 Plan Regional de Ordenamiento Territorial (PROT)

El Plan Regional de Ordenamiento Territorial (PROT) plantea un método para realizar ordenamiento territorial a nivel regional, que permite espacializar los objetivos económicos, sociales, culturales y ecológicos de la sociedad, contenidos en la Estrategia Regional de Desarrollo (ERD) (SUBDERE, 2011).

El PROT es un instrumento que busca "orientar y armonizar las acciones de los diversos órganos de la Administración del Estado en la región, así como también, informa a los agentes privados el modelo de desarrollo del territorio, lo que comprende tanto su dimensión geográfica como su dimensión de sustentabilidad, referida a la seguridad de que el resultado mantenga su validez en un mediano y largo plazo, dado que el instrumento surge de acuerdos sociales o socialmente construidos". Cabe destacar que el objetivo final del PROT es el desarrollo y la equidad territorial (SUBDERE, 2011).

El PROT no corresponde a un instrumento normativo con fuerza obligatoria, sin embargo su relevancia no es menor a nivel regional ya que permite a los gobiernos regionales visualizar los objetivos y lineamientos regionales establecidos en la ERD y orientar el desarrollo de su territorio.

El instrumento permite organizar actividades en el territorio en función de las necesidades económicas, sociales y ambientales de la región. Para esto, se definen componentes de análisis territorial los cuales permiten fraccionar el territorio, de tal manera de abordar el ordenamiento

con una mirada integral manteniendo su complejidad pero facilitando su análisis, estos componentes son rural, urbano, costero, de cuencas hidrográficas y de riesgos naturales (SUBDERE, 2011).

En cuanto a la vinculación de este instrumento con la generación hidroeléctrica, ésta dependerá de cómo cada Gobierno Regional levante cada uno de los componentes del análisis territorial. A priori, se puede establecer que los componentes rural y cuencas hidrográficas enfrentarán en su zonificación los sectores aptos o con factibilidad para la generación hidroeléctrica (SUBDERE, 2011).

8.2.1 PROT Región de Los Ríos

La Región de los Ríos inició la formulación del PROT el año 2011, y recientemente ha concluido el proceso el proceso de Consulta Pública del Anteproyecto del PROT y su Informe Ambiental. La información expuesta a continuación fue recogida de los informes de consultoría[77] disponibles en la página web que el Gobierno Regional dispuso para difundir los resultados y actividades del proceso.

El desarrollo del PROT comprendió una serie de actividades, las cuales se enmarcan en la teoría del ordenamiento territorial. El proceso inició con el diagnóstico del territorio, instancia en la cual se realiza un levantamiento de las condiciones actuales del medio físico, medio biótico, paisaje, medio físico como abastecedor de recursos naturales y receptor de residuo, marco legal, medio socio económico, conectividad y asentamiento urbanos.

La temática energética es incluida como un uso en la matriz regional, siendo relevada en las etapas y análisis territoriales del proceso. Dentro del diagnóstico territorial, se reconoce la necesidad de generación y recambio desde los combustibles fósiles a las tecnologías limpias como un tema pendiente a nivel mundial, nacional y regional. Adicionalmente, se exponen las ventajas naturales que presenta la Región, centrado en dos fuentes, la hidroelectricidad y la biomasa. No obstante, se proyectan nuevas fuentes de energía tales como la energía eólica, geotérmica e hídrica de menor escala.

A nivel regional se visualiza un alto potencial del medio físico para el desarrollo de energías renovables no convencionales, haciendo referencia a la generación de dendroenergía, energía eólica, hidroeléctrica y geotérmica (actividad volcánica). Adicionalmente, dentro de los problemas que enfrenta la Región se identifica el déficit hídrico actual y potencial, impidiendo el desarrollo de actividades productivas, recreativas y el consumo. Si bien, el problema comentado no presenta

[77] Informes disponibles a agosto de 2016

una relación directa con la generación energética regional, es un factor determinante desde el punto de vista de la factibilidad de generación a pequeña y mediana escala, y de la factibilidad social.

Respecto a la aptitud del territorio, levantada en el proceso de zonificación, se identifican zonas aptas para la generación de biomasa y energía eólica en los sectores centrales de la región, y zonas aptas para la energía hidroeléctrica en el sector andino acotado a los cursos fluviales. Adicionalmente, se expone que la zona andina con excepción del sistema hídrico (cuerpos y cursos de agua) constituye el sector menos apto para el aprovechamiento energético, por su orografía y condiciones físicas, siendo considerada como una actividad que ocasionaría impactos negativos.

La metodología de Ordenamiento Territorial utilizado en la Región de Los Ríos se basa en la propuesta por Domingo Gómez Orea (2013), en la cual se plantea que la capacidad de acogida es un elemento determinante en el proceso de ordenamiento territorial, debido a que expone por unidad territorial la posibilidad de desarrollo de una actividad o uso, en consideración del potencial del medio físico (vocación natural intrínseca). En este sentido el análisis de la capacidad de acogida arroja que el uso energético es “compatible sin limitaciones en la franja central y cordillera litoral norte, compatible con limitaciones en frente marítimo norte y áreas agropecuarias de suelos de buena calidad, compatible con altas restricciones en zonas cordilleranas, e incompatible en los macizos volcánicos y pie de monte andino agropecuario”.

El PROT es construido a partir del escenario deseado establecido en la ERD, y expone hacia dónde se dirige la Región; y por tanto plantea que “la Región de los Ríos se desarrolla sobre un territorio articulado, integrado y cohesionado, que garantiza a su población igualdad de oportunidades y calidad de vida, y la proyecta competitivamente a la economía nacional y mundial, sobre la base de sus potencialidades naturales, vocaciones productivas y su capital humano, con pleno respeto a su patrimonio natural y cultural, en el marco de un desarrollo participativo y colaborativo que promueve la sustentabilidad”. De lo anterior se extrae la intencionalidad regional de avanzar hacia un desarrollo sustentable y acorde a la vocación del territorio, con énfasis en sus cursos de agua, su naturalidad y belleza paisajística. En este sentido, la generación y transporte de energía, se acotaría a proyectos energéticos con menores impactos sociales, ambientales y económicos.

Adicionalmente, el plan definió objetivos específicos en las tres dimensiones del desarrollo sustentable, siendo relevado el tema energético en la dimensión económica con la “promoción de las energías alternativas”, a través de la “identificación de territorios que permitan su desarrollo y que respondan a los requerimientos de sustentabilidad territorial, facilitando su alcance y puesta en valor en todo el territorio regional”; y en la dimensión ambiental con la “Gestión Integrada de Cuencas”, en el cuál se busca definir “unidades funcionales para la implementación de niveles de compatibilidad entre actividades, usos e intereses”.

La imagen objetivo responde a cómo se ha proyectado la Región hacia un horizonte deseado, abordando todos los componentes que permiten alcanzarlo. Es así como se expone en la temática energética, la diversificación de la matriz energética, el desarrollo de energía eólica en la zona costera, la promoción de la energía proveniente de biomasa en las principales forestales de la región y la priorización de las centrales de pasada de pequeña y mediana escala en la zona precordillerana. En conclusión, los esfuerzos regionales se centran en la disminución de proyectos hidroeléctricos de gran escala y el impulso de nuevas alternativas energéticas (Energías renovables no convencionales).

Por otro lado, y en base al mapa de zonificación de usos preferentes, es posible reconocer que en la Región no sólo se considera la generación de energía como uso potencial y actual, sino que se incluye su transporte y distribución, sectorizándolo en la franja central de la región. Respecto a este punto, en mesas de trabajo en el contexto del plan, se expone la necesidad e importancia de evaluación de alternativas de transporte, en especial en aquellos sectores catalogados como zonas de valor paisajístico, aspecto que permitiría compatibilizar usos.

En la etapa de elaboración del anteproyecto del plan se realizó una serie de talleres, en donde se levantaron insumos para iniciativas de inversión, planes o proyectos de competencia del plan. Las propuestas recopiladas se categorizaron bajo lineamientos, siendo el lineamiento estratégico C el que aborda las fuentes de energía de tipo endógeno y sustentable. Dentro de las propuestas se cuenta una política regional de ahorro energético, plan de diversificación de fuentes energéticas a baja escala y promoción de la producción energética a escala local en base a biomasa.

En definitiva el PROT de la Región de Los Ríos incorpora la energía, pero en consideración de los objetivos de desarrollo regional, es decir, responde a una visualización regional a largo plazo. En términos generales, la generación energética es acotada y encausada hacia fuentes menos invasivas, acorde a las características físicas de la Región, con un fuerte componente de sustentabilidad.

8.2.2 **PROT Región de Los Lagos**

El PROT de la región de Los Lagos no está disponible aún, por lo que no existe certeza de la inclusión explícita del uso energético. El Gobierno Regional realizó un proceso de construcción del PROT el año 2013, obteniendo un documento preliminar, el cual fue revisado a nivel regional, generándose nuevos lineamientos de trabajo y programando el inicio de un nuevo proceso de construcción para el segundo semestre del año 2016.

No obstante, el documento preliminar de la propuesta comentada está disponible[78], desde la cual se puede desprender la posición en la que se ubica el desarrollo energético regional. En la propuesta de la Región de Los Lagos, la generación energética es abordada como un uso dentro del lineamiento de sostenibilidad ambiental.

En este documento, y como se define el proceso de ordenamiento territorial, se definieron escenarios. El escenario deseado presenta similitudes con el establecido en la Región de Los Ríos, primando el desarrollo sustentable de las actividades silvoagropecuarias, el fomento de energías Renovables No Convencionales y la eficiencia energética (Gobierno Regional de Los Lagos, 2013).

En términos territoriales, se establece que la generación de energías renovables no convencionales se acote a las zonas definidas como área de aprovechamiento sostenible de recursos naturales. Adicionalmente, se expone que la generación de energía constituye una actividad que atenta al paisaje y a la vocación turística (Gobierno Regional de Los Lagos, 2013).

Como se comentó, el PROT de la región de Los Lagos comenzará un nuevo proceso de construcción, por lo que se desconoce el nivel de detalle con el cual se abordará la temática energética.

Finalmente, es relevante mencionar que, los planes de ordenamiento territorial se construyen en cada región, en base a los objetivos regionales establecidos, por lo que la incorporación explícita de la componente energética no es obligatoria. En el caso de las regiones de Los Ríos y Los Lagos, se incorpora la generación de energía como un uso en el análisis territorial y dentro de los objetivos específicos regionales, con diferencias en el nivel de detalle en el análisis territorial y en la zonificación de usos preferentes. Sin embargo, y a pesar de las diferencias entre regiones, es posible reconocer similitudes, abocadas al tipo de desarrollo adecuado, en términos territoriales y sociales, siendo reiterativos en la intención de alcanzar un desarrollo sustentable y un crecimiento en el rubro turístico.

8.3 Zona de Interés Turístico

Las Zonas de Interés Turístico (ZOIT) son “territorios comunales, intercomunales o determinadas áreas dentro de éstos, que tengan condiciones especiales para la atracción turística y que requieran medidas de conservación y una planificación integrada para promover las inversiones del sector privado” (art 13, Ley 20.423, 2010. Ministerio de Economía). Estas zonas son priorizadas para la ejecución de programas y proyectos públicos de fomento del turismo, como así mismo para la asignación de recursos, destinados a obras de infraestructura y equipamiento necesarios.

[78] Documento elaborado el año 2013

Las ZOIT son normadas por la Ley 20.433 del Sistema Institucional para el Desarrollo del Turismo (2010) y el Decreto 172 que aprueba Reglamento que fija el procedimiento para la Declaración de Zonas de Interés Turístico (2012). Las ZOIT declaradas con anterioridad a la entrada en vigencia de la Ley deben ser actualizadas, presentando nuevamente la declaración junto con los documentos especificados en el Reglamento.

Actualmente sólo existen cuatro ZOIT declaradas según la nueva Ley, dentro de las cuales dos se ubican dentro del área de estudio, siendo estas Panguipulli y Lago Ranco-Futrono. Adicionalmente, dos zonas en el área de estudio fueron declaradas con anterioridad a la entrada en vigencia de la Ley 20.433: Río Futaleufú (Región de Los Lagos) y Valdivia- Corral (Región de los Ríos).

El objetivo de las ZOIT es netamente turístico, contribuyendo a la generación de territorios especializados en el rubro. En este sentido las ZOIT, en el área de estudio, se visualizan como uso de suelo incompatible con el uso hidroeléctrico, aseveración respaldada en el Plan de Ordenamiento Territorial de la ZOIT Panguipulli, donde identifican el emplazamiento de proyectos hidroeléctricos como un factor que entorpece el desarrollo turístico. Adicionalmente, en el Plan de Acción ZOIT Lago Ranco – Futrono y Plan de Acción ZOIT Siete Lagos (Panguipulli) se visualiza la instalación de centrales hidroeléctricas de paso en la cuenca, como una amenaza a la sustentabilidad de la ZOIT, exponiendo como estrategia para sobrellevar la amenaza, una planificación territorial intercomunal para la protección medioambiental del territorio, y la declaración de la ZOIT como zona libre de centrales hidroeléctricas. En este contexto, sería inviable en términos territoriales un proyecto hidroeléctrico dentro de una ZOIT.

8.4 Planes Energéticos Regionales Territoriales (PERT)

Los Planes Energéticos Regionales Territoriales (PERT) son impulsados por el Ministerio de Energía. Estos plasmarán la visión energética regional en concordancia con la ERD y los lineamientos definidos en la Política Energética Nacional 2050 (Ministerio de Energía, 2014). Los PERT constituyen una herramienta de ordenamiento territorial energético regional que plasma la visión energética de la región en coherencia con las características, vocaciones y aptitudes que ofrezcan los territorios; y que debiera constituirse en el insumo sectorial principal a los procesos de elaboración de los instrumentos de planificación y ordenamiento territorial. Al igual que los instrumentos ya mencionados, el PERT presenta un enfoque participativo y de coordinación multisectorial (Borregaard, 2015).

Es relevante mencionar que el PERT responde a objetivos nacionales y regionales, por lo que deberá articularse con los PROT y las ERD, y alinearse con los ejes de la Agenda de Energía (Ministerio de Energía, 2050), la planificación energética de largo plazo y la Política Energética 2050 (Ministerio de Energía, 2015). En la Agenda de Energía se expone el escenario nacional

energético, poniendo énfasis en el camino a seguir para superar los problemas futuros en este ámbito, entre los cuales se cuenta la dependencia a la importación y precios de los combustibles, ausencia de sustitos accesibles y competitivos en el país, aumentos en el precio de la energía, y sus derivaciones en el crecimiento y la producción del país (Ministerio de Energía, 2014). Bajo este escenario, es que se plantean desafíos en cuanto a la disminución de la dependencia, el desarrollo de nuevas fuentes, gestión y minimización de los impactos ambientales, involucramiento de las comunidades locales, uso eficiente, dinamismo en las inversiones y promoción de la competencia. Estos desafíos deben ser considerados en los PERT con miras a la resolución de los problemas energéticos actuales y futuros, en consideración de los altos niveles de conflictividad que estos proyectos e iniciativas presentan y la urgente necesidad de inclusión en la discusión de las comunidades.

El año 2015, el Ministerio elaboró la Guía para la elaboración de los PERT, y el primer semestre del 2016, ha finalizado la fase de diagnóstico de las Regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá, Antofagasta, Atacama y Coquimbo; y se encuentra en fase de cierre la Región de Biobío. Asimismo, se ha comenzado el desarrollo de la segunda fase referida a la definición de propuestas de alternativas de estructuración territorial energética para en las regiones de Arica yParinacota, Atacama y Coquimbo, acompañado de un análisis orientado a fortalecer la sustentabilidad de las propuestas; proceso que se ampliará a las Regiones de Tarapacá y Antofagasta, actualmente en licitación. De este modo, si bien se registran avances regionales en este instrumento, aún no se abordan en la Región de Los Ríos y Los Lagos.

8.5 Política Nacional de Recursos Hídricos

La Política Nacional de Recursos Hídricos presenta como objetivo “garantizar a las generaciones actuales y futuras, la disponibilidad y acceso al agua en estándares de calidad y cantidad adecuados mediante el uso racional y sustentable de los recursos hídricos, privilegiando en primer lugar el consumo humano”. Dentro de sus ejes y líneas de acción se aborda el desarrollo hidroeléctrico, considerando la promoción de obras de uso múltiple.

Este instrumento contiene los ejes de trabajo del recurso hídrico a nivel nacional y por ende, la generación hidroeléctrica es visualizada como un sector productivo y estratégico presente.

8.6 Zonificación de Borde Costero

La zonificación de Borde Costero (ZBC) corresponde a un instrumento del tipo indicativo del territorio entendido como borde costero, siendo este definido como el terreno de playa o playa de mar: 80 metros de playa y las 12 millas de mar territorial.

La Región de Los Ríos y de Los Lagos, no posee una zonificación del borde costero aún, debido a retrasos por consecuencia de un aumento en el número de solicitudes de espacios marinos de pueblo originarios (información levantada en abril de 2016).

En la Política Nacional de Uso del Borde Costero del Litoral (Decreto 475, 1994. Ministerio de Defensa Nacional), se incorpora una zonificación preliminar la cual no considera áreas de uso preferente para la generación de energía, excluyendo a priori la generación de energía mareomotriz. En este contexto, esta zonificación cobra valor permitiendo, si las condiciones del medio y la sociedad así lo quieren, la diversificación de la matriz energética y la inclusión de Energías Renovables No Convencionales.

8.7 Planes Regionales de Desarrollo Urbano (PRDU)

Los Planes Regionales de Desarrollo Urbano (PRDU) son el instrumento de planificación territorial de carácter normativo, definido por la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, para la planificación urbana a escala regional, que permite “orientar el desarrollo de los centros urbanos de las regiones” (Art 30, Decreto 458, 1976. Ministerio de Vivienda y Urbanismo). Los PRDU fijan “los roles de los centros urbanos, sus áreas de influencia recíproca, relaciones gravitacionales, metas de crecimiento, etc.” en base a las políticas regionales de desarrollo, y la “dotación y requerimientos de infraestructura, sanitaria, energética, de telecomunicaciones, de equipamiento y de actividades productivas” (Art 2.1.5, Decreto 47OGUC, 1995. Ministerio de Vivienda y Urbanismo). Adicionalmente, las disposiciones contenidas en este instrumento deben ser incorporadas en los Planes Reguladores Metropolitanos, Intercomunales y Comunales (Decreto 458, 1976. Ministerio de Vivienda y Urbanismo).

Cabe destacar que “las áreas no reguladas por Instrumentos de Planificación Territorial se regirán por las normas de la Ley General de Urbanismo y Construcciones (Decreto 458, 1976. Ministerio de Vivienda y Urbanismo) y de la Ordenanza General de Urbanismo y construcciones (Decreto 47OGUC, 1995. Ministerio de Vivienda y Urbanismo).

En términos concretos, el PRDU define el rol en la dinámica regional de cada uno de los asentamientos urbanos, sus redes de conexión, unidades territoriales y los tipos de actividades

aptas en cada una de ellas, priorización en el tratamiento de los asentamientos, ejes estratégicos, dotación de requerimientos de infraestructura (sanitaria, energética, telecomunicaciones, equipamiento, actividades productivas) y definición de prioridades en la formulación de instrumentos de planificación territorial. Por lo tanto, este instrumento permite definir, en términos generales, las características de cada asentamiento y junto con esto el equipamiento e infraestructura admisible en cada unidad territorial, de este modo este instrumento permitiría en un nivel superior direccionar la construcción de los instrumentos de planificación territorial de mayor escala.

Es importante destacar que la inclusión del uso hidroeléctrico en las unidades territoriales y ejes regionales permite la coherencia entre los instrumentos de planificación territorial y el PERT. No obstante, cabe señalar que si bien se registran PRDU en formulación, en el marco de la modificación de la Ley de Gobiernos Regionales para el fortalecimiento de la regionalización, estos instrumentos serán reemplazados por los PROT de carácter vinculante; por tanto sus disposiciones, en el estado de avance que se encuentren, pasaran a ser insumos del proceso de planificación de este nuevo instrumento.

La Región de los Ríos no tiene PRDU y no se encuentra en proceso de formulación. Por otro lado, la Región de los Lagos se encuentra en el proceso de formulación, específicamente, en la etapa de aprobación. El plan de la Región de Los Lagos releva la importancia de los recursos naturales y la competencia entre usos por estos, por lo que su desafío tiene relación con la compatibilización de usos y la definición de las condiciones de cada asentamiento humano de tal manera de lograr un equilibrio regional.

8.8 Planes Reguladores Intercomunales (PRI)

Los Planes Reguladores Intercomunales (PRI) son instrumentos de planificación territorial de carácter normativo, para la planificación urbana a escala intercomunal. Los PRI “regulan el desarrollo físico de las áreas urbanas y rurales de diversas comunas que, por sus relaciones, se integran en una unidad urbana” (Art 34,Decreto 458, 1976). En los PRI se establecen los usos de suelo, para los efectos de la aplicación del artículo 55 de la Ley General de Urbanismo y Construcciones, es decir, este instrumento tiene competencias para la regulación de la norma urbanística en sectores rurales, en cuanto a equipamiento, construcciones en balnearios o campamentos turísticos, entre otros; siendo estas atingentes a la generación energética. Adicionalmente, regulan la norma urbanística en el área urbana, en aquellas instalaciones, infraestructura y actividades productivas con impacto intercomunal.

En la Región de los Ríos se encuentra en formulación el PRI Borde Costero y Sistema Fluvial Región de Los Ríos. Este plan abarca cuatro comunas costeras, siendo estas Mariquina, Corral, La Unión y

Valdivia, y contempla las relaciones intercomunales centradas en el ordenamiento del borde costero (Ministerio de Obras Públicas, 2015).

La ordenanza del plan regulador expone en su Artículo 4.8 que las áreas de extensión urbana propuestas de Valdivia – sectores el Arenal, Santa Rosa, Paillao y Ruta 204 (AEU – 1), Valdivia - Ruta 202 y 206(AEU – 2), La Unión – Ruta 210 y T-71 (AEU – 3), Mariquina (AEU – 4), Corral – Sector Punta Gonzalo (AEU-5) y Corral – Sector Quitaluto (AEU – 6) permitirían infraestructura eléctrica, tales como: centrales de distribución de energía, gas y telecomunicaciones. Por su parte, dentro de sus usos prohibidos está la infraestructura energética correspondiente a centrales de generación de energía.

En términos generales, las modificaciones planteadas en el Plan Regulador Intercomunal permitirían un tipo de infraestructura acorde a las condiciones de uso de la zona contigua, en este caso la zona urbana de la Región.

En la Región de los Lagos existen dos planes en proceso de formulación: PRI Castro – Chonchi – Dalcahue – Curaco de Vélez y PRI Llanquihue Hinterland Puerto Montt. No obstante, no se accedió a los documentos preliminares, por lo que se desconoce cómo fue o está siendo abordada la temática energética en ellos.

En términos generales, las zonas catalogadas como rurales, sectores donde generalmente se concentra la generación de energía hidroeléctrica, son reguladas en cuanto a su uso en los PRI. En este instrumento, como se ha comentado, se puede regular la norma urbanística del uso del suelo de una serie de actividades o destinos, entre los cuales, se incluye la infraestructura energética, compuesta por redes y por edificaciones, destinada a dotar de equipamiento al área rural y construcciones industriales, relevantes desde el punto de vista energético. Sin embargo, las instalaciones o edificaciones en el área rural incluida en el PRI deben estar sujetas a aprobación y disposiciones de los organismos competentes, al cumplimiento de la ley 19.300 y el artículo 55 de la Ley General de Urbanismo y Construcciones, por tanto el PRI no tiene competencia para regular estas instalaciones (OGUC, 2016 y Circular Ord. nº 353 DDU 219). En este contexto, es que se subentiende que el sector rural no presenta un ordenamiento respecto a sus usos a mayor escala de tipo normativo, debido a lo comentado anteriormente, y en específico a la inexistencia de PRI en la zona de estudio, sumado a que los PRI, en formulación, no cubren todo el sector rural de las comunas, acotándose a sectores pequeños con condiciones homogéneas, y priorizados en base a los requerimientos de desarrollo y equipamiento de mayor urgencia por el ente encargado,

Es relevante mencionar, que los planes intercomunales abordan la temática energética desde el punto de vista del equipamiento e infraestructura, acorde a las necesidades del sector urbano y rural. Se visualizan como instrumentos de gran relevancia para la consecución de los lineamientos de la Política de Energía 2050, ya que permitirían definir y regular, grandes zonas en las cuales el

uso energético sea compatible con el medio, lo cual dependerá de las necesidades territoriales visualizadas por el ente encargado.

Adicionalmente, y como se expone en los lineamiento de la Política Energética 2050 se busca la coherencia entre estos instrumentos de planificación territorial a nivel regional y los instrumentos de planificación territorial energética. En este sentido, y en consideración de la naturaleza vinculante de este instrumento, es que cobra valor la coherencia entre los PER (alineados con ERD y PROT) y los instrumentos de planificación del Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

8.9 Planes Reguladores Comunales (PRC)

El Plan Regulador Comunal (PRC) es el instrumento normativo que permite realizar la planificación urbana a nivel comunal, la cual se entiende como la planificación que “promueve el desarrollo armónico del territorio comunal, en especial de sus centros poblados, en concordancia con las metas regionales de desarrollo económico-social” (Decreto 458, 1976. Ministerio de Vivienda y Urbanismo). En específico, el PRC establece normas relativas a las “condiciones de higiene y seguridad en los edificios urbanos, y de comodidad en la relación funcional entre las zonas habitacionales, de trabajo, equipamiento y esparcimiento”. Sus “disposiciones se refieren al uso del suelo o zonificación, localización del equipamiento comunitario, estacionamientos, jerarquización de la estructura vial, fijación de límites urbanos, densidades y determinación de prioridades en la urbanización de terrenos para la expansión de la ciudad, en función de la factibilidad de ampliar o dotar de redes sanitarias y energéticas, y demás aspectos urbanísticos” (Decreto 458, 1976. Ministerio de Vivienda y Urbanismo).

Los instrumentos a considerar en la presente revisión, se seleccionaron en base a las comunas donde se localizan las subsubcuencas con mayor potencial hidroeléctrico (15 a 200 MW), que se detallan en la Tabla 8.1.

Tabla 8.1. Estado[79] de PRC en las comunas con mayores potenciales hidroeléctricos

Región	Comuna	Estado[80-81]	Intenciones declaradas en el plan o documentos asociados
Región de Los Ríos	Panguipilli	En Modificación – Etapa ejecución	Apoyo a actividades que generen desarrollo Reforzamiento de equipamiento como destino turístico, se relaciona con equipamiento eléctrico
Región de Los Ríos	Los Lagos	En Modificación – Etapa Aprobación	Sin información[82]
Región de Los Ríos	Futrono	En Modificación – Etapa Aprobación	Sin información
Región de Los Ríos	Lago Ranco	En Modificación – Etapa Aprobación	Sin información
Región de Los Ríos	Río Bueno	En Modificación – Etapa Aprobación	Ordenar territorialmente las diversas actividades, incluyendo actividades del ámbito energético Adaptar y ampliar el instrumento de planificación a los requerimientos del crecimiento. Incorporar la dimensión ambiental en el instrumento. Lograr el mejor aprovechamiento de la infraestructura sanitaria y energética
Región de Los Ríos	La Unión	En Modificación – Etapa Licitación	Sin información
Región de Los Lagos	San Pablo	Vigente	"Establecer las normas referentes a límite urbano, zonificación, usos de suelo, condiciones de subdivisión predial, de edificación, de urbanización y vialidad, que deberán observarse dentro del área territorial del PRC de San Pablo" (Resolución 199)
Región de Los Lagos	Puyehue	En Modificación – Etapa Aprobación	Sin información
Región de Los Lagos	Puerto Octay	Vigente	No se tuvo acceso a Memoria explicativa.
Región de Los Lagos	Futaleufú	Sin plan	No existe plan.
Región de Los Lagos	Chaitén	En Formulación– Etapa Ejecución	Sin información
Región de Los Lagos	Cochamó	En Formulación– Etapa Aprobación	Sin información

Fuente: elaboración propia

[79] El estado expuesto fue levantado en abril de 2016

[80] En modificación implica que existe un PRC pero que se encuentra en un proceso de modificación / En elaboración, corresponde a las comunas que no tienen PRC y que están generando su primer versión.

[81] Ministerio de vivienda y urbanismo, Estado de planes reguladores - http://observatorios.minvu.cl/esplanurba/main.php

[82] La categoría "sin información" en el campo Intenciones declaradas en plan, hace referencia a aquellas comunas que poseen un plan en modificación, al cual no se pudo acceder, por ende no se conocen las intenciones declaradas en el respectivo instrumento.

Como se observa en la Tabla 8.1, siete comunas se encuentran en el proceso de modificación de su PRC, dos en el proceso de formulación (sin PRC prexistente), una sin plan y dos con PRC vigente (San Pablo y Puerto Octay). Estas comunas presentan su zonificación concentrada en el casco urbano exponiendo tres categorías de zonificación: las zonas urbanas consolidadas, zonas de extensión urbana y zonas especiales o de restricción. En estas comunas sólo se considera el uso energético desde el punto de vista del equipamiento de la ciudad (zona urbana), exponiendo que "las redes de distribución, redes de comunicaciones y de servicios domiciliarios y en general los trazados de infraestructura se entenderán siempre admitidos y se sujetarán a las disposiciones que establezcan los organismos competentes" (Art. 2.1.29, Decreto 47, 1992. Ministerio de Vivienda y Urbanismo). Adicionalmente, en las zonas de extensión urbana se aceptan actividades productivas de tipo inofensivas, por lo tanto se subentiende que en aquellas zonas no se podrían implementar subestaciones o centrales de generación (Resolución 119, 2010[83]).

En este contexto, las instalaciones para la generación de energía se focalizan en el territorio regional sin planificación territorial en el PRC, es decir, en el sector rural. Como se comentaba anteriormente, el PRDU es el instrumento vinculante que expone a mayor escala unidades de uso en todo el territorio regional, no así el PRI y los PRC, los cuales se concentran en zonas priorizadas y homogéneas o en el sector urbano, respectivamente. Adicionalmente, las instalaciones y equipamientos de infraestructura en el sector rural estarán siempre admitidas, pero estarán sujetas a las disposiciones de los organismos competentes, siempre y cuando no contemplen procesos productivos, de ser así se considerarán industria (Decreto 47, 1992. Ministerio de Vivienda y Urbanismo). Esta situación implica que, por lo menos en los instrumentos comentados, no existe una zonificación de usos a una escala adecuada[84] en el sector rural para recoger las particularidades del territorio. Las actividades productivas se regulan por medio de leyes adicionales entre ellas la Ley 19.300, la Ley de Vivienda y Urbanismo (art. 55 y 56) y las leyes con competencias territoriales afines a la actividad en cuestión.

8.10 Plan de Desarrollo Turístico (PLADETUR)

El Plan de Desarrollo Turístico (PLADETUR) es un instrumento técnico que sirve para conducir a la comuna hacia los objetivos turísticos de la comunidad. En las Regiones de Los Ríos y Los Lagos existe un creciente nivel de desarrollo y de información en el área turística, sin embargo el instrumento de planificación no está disponible por lo que se desconoce el nivel de incorporación

[83] Aprueba Plan Regulador Comunal de San Pablo. Santiago: Gobierno Regional X Región de Los Lagos

[84] La escala adecuada de planificación en el sector rural es la comuna o bien la cuenca hidrográfica. En este caso el sector rural no presenta una planificación a esas escalas, de hecho, en el sector rural del área de estudio hay escasa planificación territorial.

de la temática energética en ellos. En la Tabla 8.2 se expone el estado de los instrumentos por comuna.

Tabla 8.2. Estado de PLADETUR en las comunas seleccionadas

Comuna	Estado
Panguipilli	Sin información
Los Lagos	Sin acceso
Futrono	Sin acceso
Lago Ranco	Sin información
Río Bueno	Sin información
La Unión	Sin información
San Pablo	Sin información
Puyehue	Sin acceso
Puerto Octay	Sin información
Futaleufú	Sin información
Chaitén	Sin información
Cochamó	Sin información

Fuente: Elaboración propia

En términos generales, el PLADETUR permite a los municipios planificar el crecimiento y desarrollo del sector turístico, con la inclusión de los residentes en las zonas turísticas de la comuna. Este proceso implicaría la generación de puestos de trabajo y la implementación de equipamiento e infraestructura. Si bien en estrategias, planes y programas se recalca la incompatibilidad de usos entre el turismo y la energía, es importante que los municipios puedan, a través de este instrumento, articularlos y buscar compatibilidades que permitan el desarrollo de ambas actividades.

8.11 Plan de Desarrollo Comunal

El Plan de Desarrollo Comunal (PLADECO) es un instrumento indicativo de nivel municipal que orienta el desarrollo comunal y contempla “las acciones orientadas a satisfacer las necesidades de la comunidad local y a promover su avance social, económico y cultural” (DFL Nº 1, 2006. Ministerio del Interior). A continuación se expone el estado de los PLADECOs comunales, lineamientos y/u objetivos en el cual está presente la temática energética.

Tabla 8.3. Estado[85] de PLADECO en las comunas seleccionadas

Región	Comuna	Estado	Lineamiento (L)/ objetivo estratégico (O)
Región de Los Ríos	Panguipilli	2013 – 2017	L: Diversificación de la matriz energética.
Región de Los Ríos	Los Lagos	2013 – 2017	No incluye, se acota a dar servicio eléctrico a sectores rurales.
Región de Los Ríos	Futrono	2012 – 2016	No incluye.
Región de Los Ríos	Lago Ranco	Documento 2009. diagnóstico	Sin información.
Región de Los Ríos	Río Bueno	2014 - 2017	O: Promover el desarrollo energético regional bajo un compromiso de sustentabilidad, priorizando la diversificación de la matriz energética, potenciando el desarrollo de fuentes alternativas de energía e impulsando políticas regionales de ahorro y eficiencia energética.
Región de Los Ríos	La Unión	2011 – 2014	O: Promover el desarrollo energético regional bajo un compromiso de sustentabilidad, priorizando la diversificación de la matriz energética, potenciando el desarrollo de fuentes alternativas de energía e impulsando políticas regionales de ahorro y eficiencia energética.
Región de Los Lagos	San Pablo	Documento 2009	Dentro del lineamiento Desarrollo Territorial y urbano se expone: L: Lograr identificar los recursos hídricos y naturales de la comuna para generar planes de preservación y rescate de un recurso escaso.
Región de Los Lagos	Puyehue	2009 – 2013	No incluye la temática energética
Región de Los Lagos	Puerto Octay	2016 – 2020	No incluye, se acota a dar servicio eléctrico
Región de Los Lagos	Futaleufú	2012 – 2017	L: Generación de subsidios para fomentar la generación de energías alternativas.
Región de Los Lagos	Chaitén	Sin información	Sin información.
Región de Los Lagos	Cochamó	2012 – 2020	No incluye, se acota a dar servicio eléctrico.

Fuente: elaboración propia

[85] La revisión fue realizada en abril de 2016

Al igual que el resto de los instrumentos, la inclusión de la temática energética depende de las condiciones comunales y de los requerimientos y priorización de la comunidad, por lo cual existen comunas que no presentan un lineamiento u objetivo estratégico que apunte a esta temática y otros que buscan un desarrollo energético sustentable. Esta aspiración hacia la sustentabilidad es constante y se visualiza en todos los instrumentos de la Región.

Finalmente, se expone en la Tabla 8.4 un resumen de los instrumentos, en donde se expone su objetivo y el estado en el que se encuentran en el área de estudio.

Tabla 8.4. Resumen de instrumentos revisados

Instrumento	Objetivo del Instrumento	Estado[86]	
		Región de los Ríos	Región de los Lagos
Política de RR.HH.	Garantizar a las generaciones actuales y futuras, la disponibilidad y acceso al agua en estándares de calidad y cantidad adecuados mediante el uso racional y sustentable de los recursos hídricos, privilegiando en primer lugar el consumo humano.	Vigente, 2015	
Estrategia Regional de Desarrollo	Definirlos objetivos de desarrollo regional, cómo se logrará y cuáles serán los énfasis de dicho desarrollo.	Vigente, 2009-2019	Vigente, 2009-2020
Plan Regional de Ordenamiento Territorial	Orientar y armonizar las acciones de los diversos órganos de la administración del Estado en la región, así como también informar a los agentes privados el modelo de desarrollo del territorio, lo que comprende tanto su dimensión geográfica como de sustentabilidad, referida a la seguridad de que el resultado mantenga su validez en un mediano y largo plazo, dado que el instrumento surge de acuerdos sociales o socialmente construidos.	En elaboración Etapa de revisión de observaciones al anteproyecto	Comienzo de nuevo proceso de generación PROT segundo semestre 2016
ZOIT	Priorizar territorios que tengan condiciones especiales para la atracción turística y que requieran medidas de conservación y una planificación integrada para promover las inserciones del sector privado	ZOIT Panguipulli (Siete lagos): vigente ZOIT Lago RancoFutrono: vigente ZOIT Valdivia – Corral: Requiere	ZOIT: Futaleufúrequiere actualización

[86] El estado hace referencia a abril de 2016.

Instrumento	Objetivo del Instrumento	Estado[86]	
		Región de los Ríos	Región de los Lagos
		actualización	
PERT	Plasmar la visión energética de la región en coherencia con las características, vocaciones y aptitudes que ofrezcan los territorios, como insumo sectorial principal a los procesos de elaboración de los instrumentos de planificación y ordenamiento territorial.	Sin desarrollo en la Región de Los Ríos y Los Lagos.	
Plan Regulador Intercomunal	"Regular el desarrollo físico de las áreas urbanas y rurales de comunas que por sus relaciones se integran a una unidad urbana" (Decreto 458, 197. Ministerio de Vivienda y Urbanismo).	PRI Borde Costero y sistema fluvial de la Región de Los Ríos, en formulación	PRI Castro – Chonchi – Dalcahue – Curaco de Vélez, en formulación PRI Llanquihue Hinterland Puerto Montt, en formulación
Plan Regional de Desarrollo Urbano	"Fijar los roles de los centros urbanos, sus áreas de influencia recíproca, relaciones gravitacionales, metas de crecimiento, etc." (Decreto 458, 1976. Ministerio de Vivienda y Urbanismo).	Sin plan	En formulación
Plan Regulador Comunal	Normar respecto "a las condiciones de higiene y seguridad en edificios y espacios urbanos, y de comodidad en la relación funcional entre zonas habitacionales, de trabajo, equipamiento y esparcimiento. Sus disposiciones se refieren al uso del suelo, localización del equipamiento comunitario, estacionamiento, jerarquización de la estructura vial, fijación de límites urbanos, densidades y determinación de prioridades en la urbanización de terrenos para la expansión de la ciudad" (Decreto 458, 1976 Ministerio de Vivienda y Urbanismo).).	Siete comunas se encuentran en el proceso de modificación de su PRC, dos en el proceso de formulación (sin PRC prexistente), una sin plan y dos con PRC vigente (San Pablo y Puerto Octay).	
Zonificación de Borde Costero	Ordenamiento territorial del borde costero. Identificación de usos preferentes.	Sin zonificación, en proceso	Sin zonificación, en proceso
Planes de Desarrollo Turístico	Conducir a la comuna hacia los objetivos turísticos de los actores sociales.	Las comunas de Los Lagos, Futrono y Puyehue, poseen plan pero no se tuvo acceso a él.	
Planes de Desarrollo Comunal	Orienta el desarrollo comunal, y contempla "las acciones orientadas a satisfacer las necesidades de la comunidad local y a promover su avance social, económico y cultural" (DFL Nº 1).	Siete comunas con plan vigente, cuatro comunas con documentos desactualizados y una sin información.	

Fuente: elaboración propia

8.12 Vinculación de instrumentos con hidroelectricidad

Las Estrategias de Desarrollo Regional exponen los lineamientos estratégicos de la Región, las cuales permiten comprender hacia dónde se proyecta el desarrollo, qué sectores se impulsan, y aunque no son de carácter vinculante, la definición política de cómo se orienta el quehacer en la región. Es un elemento que puede influir fuertemente en las posibilidades de desarrollo hidroeléctrico de una región. En este sentido, el tema energético es un componente más del análisis regional y de su ordenamiento territorial, siendo una variable relevante dependiendo del territorio del cual se trate. Si bien, la hidroelectricidad no es un tema siempre presente o desarrollado en las ERD, es relevante considerar, dado que el resto de instrumentos regionales tienen en consideración la ERD para determinar su contenido.

En particular, la estrategia de desarrollo regional de Los Lagos no incorpora a la hidroelectricidad de manera explícita en su quehacer, sin embargo la Región de Los Ríos presenta una línea de política energética regional. A su vez, la Región de Los Ríos, esta fuente de energía es abordada, acotando su escala, y vista como una preocupación en el ámbito ambiental, en cuanto a la compatibilización de las diferentes actividades en el uso del suelo, transformándose en una situación de competencia que puede afectar el desarrollo más que promoverlo. Entre las posibles competencias señaladas se encuentran las actividades forestales (plantaciones), agrícolas y turísticas, y en los posibles conflictos entre las productoras de hidroelectricidad y turismo[87]. Por su parte la Estrategia de la Región de Los Lagos, no hace referencia alguna a la hidroelectricidad y el tema energético en particular, es abordado como un complemento menor de solución en algunos casos aislados de desarrollo en la Región.

Los instrumentos de índole territorial como el PROT, PERT y ZOIT permiten espacializar los lineamientos nacionales y regionales, e identificar sectores en el territorio con aptitud, prioridad o preferencia hacia un uso en base a sus condiciones físicas, sociales, culturales, ecológicas y económicas. Sin embargo, estos instrumentos son sólo de carácter indicativo y no vinculante, por lo cual su definición e implementación corresponde, por ahora, a una posición regional más que una normativa respecto del uso del territorio.

Los planes reguladores regionales, intercomunales y comunales, corresponden a instrumentos normativos, sin embargo el espacio geográfico sobre el cual norman se limitan a sectores urbanos en el caso de los PRC, a sectores rurales de menores dimensiones y con objetivos priorizados y acotados en el caso de los PRI y a la región, acotada a pequeños sectores en relación a la superficie regional, en el caso de los PRDU. Este escenario expone la inexistencia de un instrumento

[87] En base a información proveniente de ZOITs, PROT y declaraciones de las comunidades visitadas.

vinculante que permita establecer los usos preferentes, permitidos o prohibidos en cada una de las unidades de análisis del sector rural. Este punto es de relevancia, debido a que es en el sector rural de las comunas en donde se insertan los proyectos de generación y distribución energética. Si bien, el sector rural se acoge a diversas normas y leyes, estas no permiten a la comunidad, gobierno y servicios públicos limitar actividades en los sectores rurales, primando en algunos casos sólo el factor económico, aspecto relevante en el inicio de los conflictos con contenido ambiental.

En definitiva, en todos los instrumentos comentados se aborda en alguna medida el abastecimiento energético en la región y la diversificación de la matriz, aunque no es un tópico obligatorio, por lo que su relación directa con el desarrollo hidroeléctrico responderá a la realidad propia de cada Región. Adicionalmente, es relevante destacar que los instrumentos abordan la temática del desarrollo de las regiones, incluyendo al sector hidroeléctrico, con una fuerte mirada a la sustentabilidad, relevando la importancia de la participación de la comunidad.

8.13 Vinculación del PROT y PERT

Tras el análisis de instrumentos, surge la interrogante de cómo influirá el PERT en los PROT, o de qué manera interactuarán ambos instrumentos. Si bien, las metodologías de cada uno de ellos son similares y responden a la teoría del ordenamiento territorial, presentan enfoques y objetivos diferentes. El PROT tiene por objetivo el ordenamiento de la región en base a los objetivos de desarrollo establecidos en la ERD, en cambio el PERT responde a dos aspectos, la Política Energética 2050 y los instrumentos regionales (ERD). En este contexto, el PERT debe considerar los lineamientos expuestos en la política, es decir, un enfoque nacional en consideración de las necesidades país y regionales proyectadas.

Adicionalmente el PERT busca incidir en términos de su enfoque energético en el PROT e instrumentos de planificación territorial, de tal modo de incluir y posicionar la temática en el ordenamiento regional actual. El PROT de la Región de los Ríos fue creado con un horizonte temporal al 2025, considerando los diferentes tipos de fuentes energéticas y las actividades del proceso energético, todas incluidas en la zonificación de usos preferentes acorde a las características del medio. En este contexto, el PERT podría afinar la zonificación del PROT, al igual que del PRDU, PRI y PRC.

Es importante relevar que el análisis y el proceso de coincidencia o influencia del PERT con los instrumentos de planificación existentes, no debe olvidar a qué objetivos responde esa zonificación, y de qué manera estos contribuyen al desarrollo y crecimiento regional.

8.14 Estudio de cuencas y su contribución a los procesos de planificación territorial

El estudio cuencas ha generado un levantamiento de información importante para retroalimentar los actuales instrumentos de planificación y para contribuir en la elaboración de los PERT, como insumo para los procesos de generación y actualización de estos. Sin embargo, el resultado de modelación del presente estudio debe ser utilizado con precaución y siempre en consideración de los aspectos no incorporados en ella, tales como, aspectos culturales y sociales, los cuales no fueron incluidos debido a que no son comparables con los objetos de valoración del medio biótico y físico.

El estudio cuencas, permite incluir en el análisis una variada cantidad de criterios o elementos de relevancia en el territorio, aspecto complejo, debido a que los informantes claves se abstienen a participar en las instancia de levantamiento. Si bien, la información levantada en el ámbito social y cultural es incompleta, permite generar una base a completar en etapas posteriores o en los procesos de generación de los instrumentos de planificación.

Un gran desafío que deben enfrentar las iniciativas del área hidroeléctrica, es la fuerte resistencia y conflictividad, debido a que las comunidades han vivido un proceso de aprendizaje, a través de malas experiencias anteriores en sus propios territorios y en los vecinos. En general, las demandas sociales tienen relación con la baja participación en la planificación de los proyectos y en la toma de decisión, así como por la inadecuada distribución de recursos y externalidades.

El proceso de incorporación de la hidroelectricidad en los instrumentos de planificación, no debe ser un proceso impositivo ni forzoso. El dialogo debe iniciar desde la pregunta de cuánta energía debemos generar, qué energía queremos y cuáles son las externalidades. Se deben privilegiar instancias de discusión y consenso, en donde se lleguen a acuerdos claros y reales.

Las condiciones actuales implican procesos con resultados de mediano a largo plazo, debido a la desconfianza existente en las comunidades, consecuencia de la baja vinculación entre los acuerdos y las decisiones finales de las autoridades, por lo cual la claridad y la eliminación de compromisos irreales son fundamentales.

Por otro lado, la incorporación de la temática energética en los instrumentos vigentes, es un proceso que se deberá iniciar en paralelo con los PERT, utilizando para esto, las instancias participativas que contempla este instrumento. Si bien, en todos los instrumentos de planificación territorial se incluye en alguna medida temática energética, podrían realizarse esfuerzos para que esta sea un tema regional de importancia, generando alternativas acordes a los requerimientos de la comunidad y la vocación del territorio.

El instrumento de mayor relevancia es la ERD, debido a que es la base sobre la cual se construyen un gran porcentaje de los instrumentos comentados anteriormente. En este sentido, el

instrumento prioritario sobre el cual podría iniciarse un proceso de inclusión de la temática energética en términos regionales es la ERD.

Es relevante, que la inclusión de la hidroelectricidad no sea el objetivo de este proceso, si no que se incluya la temática y se construya en conjunto el tipo de energía que se requiere, en consideración de todos los factores en la región.

9 Conclusiones y recomendaciones

En este capítulo se presentan las principales conclusiones y recomendaciones que se desprenden del trabajo realizado. En términos generales, se considera que el trabajo realizado cumple adecuadamente el objetivo de analizar los condicionantes para el desarrollo hidroeléctrico en las cuencas de los ríos Valdivia, Bueno, Puelo y Yelcho.

En efecto, mediante diversas metodologías, se logró levantar y caracterizar información relativa a los factores que podrían condicionar el desarrollo hidroeléctrico en las cuencas. Gran parte de estos factores fueron, sistemáticamente, abordados y cuantificados en el marco de Objetos de Valoración (OdV), mientras otros fueron analizados en el contexto de la caracterización y entendimiento de los conflictos socioambientales en los territorios. Como parte del enfoque de OdV, se levantó información relativa a atributos del medio ambiente fluvial y terrestre, así como elementos sociales, culturales y productivos. Para tal efecto, se utilizaron metodologías que incluyen la revisión y análisis de bases de datos, campañas de terreno en los principales cursos de agua de las cuencas, y entrevistas con informantes clave de los territorios. Toda la información levantada se ha sistematizado en bases de datos que permiten una representación espacialmente explícita de estos atributos.

El concepto de OdV permite representar en forma sistemática, comparable y espacialmente explícita, la presencia de atributos valiosos en el territorio, comúnmente asociados a los intereses territoriales de la ciudadanía. La importancia de esta representación es que, utilizando los medios adecuados, es posible incorporar estos intereses en un esquema analítico que permita evaluar distintos escenarios de transformación territorial. Algunos de los factores capturados en el enfoque de OdV están asociados al rechazo de las comunidades locales al desarrollo hidroeléctrico. En las cuencas de los ríos Valdivia, Bueno, Puelo y Yelcho, las principales objeciones al desarrollo hidroeléctrico esgrimidas en los canales formales de participación ciudadana, así como también en las acciones ciudadanas, se centran en los potenciales efectos negativos que éste ocasionaría sobre dos principales componentes del territorio: 1) espacios naturales reconocidos a nivel local, nacional e internacional como de alto valor, tanto por sus paisajes como por su riqueza biológica, y 2) espacios habitados, muchos de ellos por comunidades pertenecientes a pueblos originarios que –además de tener una dependencia económica de los recursos naturales para sostener su modo de vida- mantienen una relación de tipo espiritual con los espacios que ocupan.

Un elemento esencial para el análisis efectuado en el presente estudio, es la identificación y cuantificación del potencial hidroeléctrico. Para este fin, se actualizó la información siguiendo la metodología basada en el catastro de derechos de aprovechamiento de aguas no consuntivos (DAANC) y la identificación de potenciales centrales hidroeléctricas (PCH). Como resultado, se

pudo constatar que gran parte del potencial identificado según esta metodología se concentra en unas pocas potenciales centrales con una alta potencia instalable.

La información sobre la distribución espacial del potencial hidroeléctrico se integró con la información de factores condicionantes asociados a OdV, mediante la formulación e implementación de una herramienta computacional que permite identificar, para cada cuenca, alternativas eficientes de desarrollo hidroeléctrico, que comprometan en menor medida los factores condicionantes. Esta herramienta puede ser utilizada en diversos contextos y responder variadas interrogantes relativas al desarrollo hidroeléctrico en las cuencas.

Como complemento, se efectuó un ejercicio de análisis de las necesidades de transmisión de los potenciales identificados en el estudio. Este análisis se realizó en base a un modelo de minimización del costo de expansión de capacidad del sistema de transmisión. Mediante este modelo se analizó el impacto de distintos niveles de coordinación entre los generadores sobre los costos y configuración de la expansión del sistema.

A pesar del esfuerzo y avance logrado en este proceso, es posible identificar algunas limitaciones. Una de las principales limitaciones, transversal a varios de los temas abordados, se relaciona con la escasez o carencia de información de carácter público y oficial. En tal sentido, se recomienda avanzar en la coordinación entre diversos servicios con competencias relevantes, para la generación de bases de datos integradas y completas. En esta misma línea, un aspecto que ha sido identificado como relevante, tanto por el equipo que desarrolló este estudio como por la comunidad de actores que han asistido a las distintas instancias de difusión y participación, es la necesidad de mantener y actualizar en el tiempo la información que se ha levantado. Lo anterior requiere la coordinación de las diversas instituciones involucradas, y dada la experiencia adquirida por Ministerio de Energía – principalmente en lo relativo al enfoque territorial y multi-sectorial – se recomienda que en el futuro se mantenga cercano a este proceso de actualización.

Otra limitación del estudio es la imposibilidad de capturar adecuadamente todos los factores condicionantes en forma sistemática como parte del enfoque de OdV. Lo anterior se traduce en una limitación de la herramienta de apoyo a las decisiones, que debe ser utilizada cuidadosamente, procurando incorporar en el proceso de decisión aquellos factores relevantes que no hayan sido representados en el modelo. A pesar de lo anterior, se recomienda avanzar en el desarrollo y uso sistemático de herramientas de análisis que permitan apoyar procesos de toma de decisión, incorporando información y criterios de carácter técnico, económico, ambiental, social y cultural.

Un elemento relevante de la metodología adoptada en el presente estudio es la identificación de unidades territoriales, tanto para el análisis de la presencia de factores condicionantes, como para la interpretación de las alternativas de desarrollo hidroeléctrico identificadas por la herramienta de apoyo a las decisiones. Aunque en el presente estudio se adoptó la sub-subcuenca (SSC) como

unidad territorial de análisis, se recomienda considerar al menos otras posibles unidades, tales como regiones o comunas, por su correspondencia con los alcances de instrumentos de planificación territorial. Más aún, es importante avanzar en la identificación y delimitación de territorios locales, ya que éstos no necesariamente coinciden con los límites físicos de las cuencas o los político-administrativos de comunas, provincias y regiones. Esta delimitación facilitaría además la representación de aquellos intereses territoriales que no son posibles de asociar a objetos concretos, como es el caso de la identidad local.

De manera similar, se pudo constatar que la adopción de la SSC como unidad de análisis - si bien es congruente con un límite físico para los procesos hidrológicos – tiende a ocultar una variabilidad del paisaje ecológico que en algunos casos puede ser significativo. En este sentido, avanzar hacia una delimitación de las unidades de paisaje que pudieran encontrarse al interior de las SSC, permitiría contar con una discretización del espacio geográfico que facilitaría, tanto los esfuerzos en la identificación de OdV, como la respectiva aplicación del modelo de evaluación.

Tanto para el caso de la identificación y delimitación de territorios, como para la delimitación de unidades de paisaje ecológico, su inclusión en el análisis no implicaría un cambio en la escala y permitiría zonificar los espacios geográficos dentro de las cuencas en unidades de gestión, para los intereses de planificación territorial del propio Ministerio de Energía, así como para cualquier otro esfuerzo de planificación.

Por otra parte, se identificaron, en la zona de estudio, distintos instrumentos de planificación territorial, que, independientemente, de tener o no un carácter vinculante, orientan las prioridades en estos territorios. De los documentos revisados, se desprende que las regiones en estudio no consideran entre sus prioridades la generación hidroeléctrica a gran escala, focalizándose en un desarrollo de energías renovables no convencionales y un desarrollo sustentable transversal a todas las actividades. Se identificó también, un fuerte interés hacia el rubro turístico, el cual se refleja en instrumentos de planificación como las zonas de interés turístico (ZOIT) y en las diversas iniciativas a nivel regional. A la luz de las posiciones expresadas en estos instrumentos y de las características de las principales condicionantes que impone la sociedad local al desarrollo hidroeléctrico, se podría concluir que la validación social de este desarrollo, mediante su inclusión en la planificación estratégica regional o local, dependerá, por una parte, de la compatibilización con otras actividades relevantes reconocidas y, por otra, con las características que adopten los procesos participativos asociados a esta planificación. En este sentido, el modelo de evaluación desarrollado en el presente estudio puede ser utilizado como una herramienta de apoyo a través, por ejemplo, de su vinculación en los futuros PERT, de manera tal, que las decisiones en relación al ordenamiento territorial, en su dimensión energética, se fundamenten con argumentos más objetivos y más acordes a la realidad territorial de las respectivas regiones.

En base a la experiencia de este estudio, la metodología utilizada podría aplicarse al análisis de factores condicionantes para otras iniciativas de desarrollo energético. Por ejemplo, en el contexto de un ejercicio de planificación para la generación de energía solar y/o eólica, el concepto de OdV es completamente aplicable, y más aún, gran parte de los OdV utilizados en el presente estudio podría ser traspasable a dicho contexto.

Finalmente, con el propósito de facilitar el acceso a los resultados del estudio, se recomienda el desarrollo de herramientas geográficas, en-línea, destinadas divulgar la datos que describen: la condición base de la zona de estudio, los resultados de la evaluación de potencial hidroeléctrico, los objetos de valoración, la infraestructura de transmisión resultante de los distintos análisis, y los resultados del modelo de decisión. Se recomienda que el esfuerzo sea constante en el tiempo, con tal de ir mejorando el contenido, nivel de actualización y capacidades de la herramienta.

A continuación se detallan conclusiones y recomendaciones sobre temas específicos.

Estimación del potencial hidroeléctrico

Aunque la estimación del potencial hidroeléctrico, basada en resultados del modelo hidro-meteorológico WRF/VIC, en combinación con un modelo de análisis que incluye Derechos de Aprovechamiento de Aguas No Consuntivos (DAANC), demuestra ser útil en la detección (definición del sitio de emplazamiento) y caracterización (estimación de la variabilidad temporal de generación) de Potenciales Centrales Hidroeléctricas, esta metodología tiene algunas limitaciones que podrían ser abordadas en etapas futuras.

En particular, la distribución de potencial, que se obtiene a través de la metodología utilizada, está determinada por la distribución de los DAANC constituidos, y como consecuencia, el potencial obtenido está altamente concentrado en unas pocas zonas donde se han otorgado “mega-derechos” que representan potenciales centrales de capacidad mayor a 100 MW (y en muchos casos, mayor a 500 MW). De hecho, en las cuatro cuencas abordadas en el presente estudio, sólo 8 Potenciales Centrales Hidroeléctricas mayores a 100 MW (no asociadas a proyectos actualmente en evaluación) concentran el 62% del potencial estimado. Es decir, el análisis de potencial tiene un sesgo hacia una configuración de potenciales centrales hidroeléctricas, donde el rol de las grandes centrales es preponderante, a pesar de que en la actualidad está resultando cada vez más difícil concretar este tipo de proyectos.

Aunque la evaluación de potencial basado en DAANC refleja la realidad jurídica del uso del agua en el país, resulta igualmente interesante considerar enfoques de evaluación basados en paradigmas de análisis alternativos, que permitan contrastar y complementar los resultados obtenidos. Dentro de las alternativas, se sugiere abordar la caracterización del potencial físico (o bruto) de las zonas estudiadas sin tomar en cuenta la distribución de los DAANC, pero sí tomando en cuenta la disponibilidad del agua (vía modelo hidrológico) y eventualmente otras características geomorfológicas (como por ejemplo la forma y pendiente de terreno) que permiten detectar los

tramos de los ríos donde podría existir una cierta factibilidad técnica económica para centrales de diversos tamaños.

Lo anterior permitiría, por ejemplo, la detección de los emplazamientos y tamaños "óptimos" para centrales hidroeléctricas futuras, tomando en cuenta las restricciones espaciales impuestas por los OdV, pero no necesariamente los DAANC existentes. Este análisis permitiría comparar la distribución de potencial actualmente "otorgado", con otras configuraciones que podrían resultar ventajosas en términos de sus impactos ambientales y sociales.

Por otra parte, la estimación del potencial hidroeléctrico empleada en el presente estudio es basada en el uso de modelos y bases de datos que deben ser sometidos a un proceso continuo de actualización y mejora. En este sentido se recomienda que se mantengan los esfuerzos que posibiliten contar con:

6. Actualizaciones periódicas de las bases de datos oficiales de Derechos de Aprovechamiento de Aguas Consuntivos y No Consuntivos,
7. Actualización de las bases de datos de centrales hidroeléctricas existentes (en operación y construcción) y futuras (incluyendo proyectos en distintas etapas de desarrollo, como aquellos que se encuentran en evaluación ambiental),
8. Modelo hidrológico mejorado y actualizado.

Cabe también señalar, que la mayoría de las actividades mencionadas están siendo abordadas por la División de Energías Renovables del Ministerio de Energía, mediante un convenio de cooperación con el Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile y la Dirección General de Aguas.

Finalmente, es importante insistir en que las mediciones hidro-meteorológicas obtenidas en terreno (desde estaciones meteorológicas o fluviométricas) resultan fundamentales para el proceso de modelación computacional (específicamente, en la fase de calibración, validación y/o inicialización del modelo). Por consiguiente, se recomienda impulsar esfuerzos destinados a fortalecer las mediciones fluviométricas existentes, procurando una distribución espacial que permita caracterizar el fenómeno en las distintas secciones de las cuencas de mayor interés, todo ello mediante el y uso de instrumentación profesional y estrictos procedimientos de operación y mantención, incluyendo además mecanismos que faciliten la divulgación de datos mediante internet. Esta recomendación resultará particularmente relevante si, a raíz del presente estudio, de decide realizar evaluaciones del potencial hidroeléctrico en zonas específicas.

Construcción de los ODV fluviales y terrestres

La construcción de los OdV fluviales y terrestres intentó abordar aspectos variados e importantes que se valoran en el territorio. La aproximación a los OdV es levemente distinta entre aquellos

fluviales y terrestres. Desde el punto de visto terrestre, la aproximación se realizó de forma agregada, considerando ecosistemas o grandes superficies como elementos valorados, mientras que desde la aproximación fluvial, se consideraron procesos fluviales como elementos valiosos.

Esto genera que el enfoque fluvial sea mucho más explícito en la identificación de *proxies* que permitieron aproximarse a dichos objetos de valoración. Para el caso terrestre, el enfoque fue implícito, aludiendo a que si se mantiene el ecosistema, o bien la superficie en la cual se desarrolla el ecosistema, entonces todos sus servicios y procesos se mantendrán.

Las diferencias en los enfoques se deben, principalmente, al tipo de información disponible. Para el caso terrestre, la información está enfocada a ecosistemas y hábitat, sin detallar (en información) sobre procesos propiamente tal. En cambio, existe un marcada carencia de información espacializada sobre aspectos de ecosistemas fluviales. A pesar de la carencia de información, ya sea terrestre o fluvial, se pudieron abordar aspectos valorados en los territorios. En el ambiente fluvial, se abordaron aspectos de especies, hábitat fluvial y ripariano (considerando distintas escalas de paisaje). Además se abordaron aspectos de cantidad y calidad del recurso hídrico. En el aspecto terrestre se abordaron aspectos de especies, ecosistemas a escala de paisaje, paisajes raros, amenazados y/o críticos para una especie. Además se valoró el estado de fragmentación de los ecosistemas.

La carencia de información no sólo se evidenció en aspectos de ecosistemas fluviales, sino que también en el reducido número de estaciones fluviométricas, meteorológicas y fisicoquímicas en el país, situación crítica en las dos cuencas más al sur del área de estudio (Puelo y Yelcho). Esta carencia, además se evidenció en escasez de datos en la distribución de especies fluviales (malacostrata, mamíferos y peces), lo que conllevó a acotar o ajustar el dominio de modelación de distribución de las especies para lograr buenos resultados. Cabe destacar que la escasez de datos no solo afectó a especies nativas, sino también a especies exóticas, lo que impidió desarrollar modelos de distribución a la totalidad de especies exóticas evidenciadas en el área de estudio.

El enfoque fluvial de valoración consideró al río como un sistema dinámico, es decir, que los procesos que ocurren aguas arriba son propagados hacia aguas abajo, y por tanto sus alteraciones también. Como ya se mencionó anteriormente, los OdV fluviales están asociados a la no alteración de los procesos fluviales y las zonas riparianas. Para ello se identificaron obras civiles o intervenciones que alteran dichos procesos. La identificación de las obras se realizó mediante el uso de Imágenes Google Earth ™, ya que la información oficial sobre el catastro de este tipo de obras es incompleta o bien, era inconsistente entre información generada por distintos organismos públicos. En tal sentido, se recomienda avanzar en un catastro oficial de obras de infraestructura que intervengan en sistema fluvial y ripariano.

La modelación de especies fluviales es inédita en el país, logrando un avance importante en el conocimiento de distribución de las especies. Por otra parte, al incorporar en los modelos

variables asociadas a la alteración antrópica del hábitat fluvial, la modelación se acerca más a una distribución real de las especies que a una distribución potencial. Lamentablemente, en la modelación de especies terrestres no fue posible la incorporación de variables asociadas a una alteración del ecosistema debido a acciones antrópicas, sino, solamente, se emplearon variables explicativas climáticas, y por lo tanto, se representa una distribución potencial. Será interesante poder ajustar estos modelos terrestres a una distribución real, incorporando variables explicativas que representen intervención antrópica.

En este tipo de estudio, donde se busca abordar grandes extensiones de terreno y considerando variados aspectos del ecosistema fluvial y terrestre, es esperable tener niveles de incertidumbre, relativamente, altos, debido, principalmente, a los vacíos de información. En particular, se recomienda iniciar esfuerzos para reducir la incertidumbre, los que debiesen ir orientados a los aspectos de calidad del agua, particularmente al OdV F-9 “Sistemas fluviales con condiciones naturales de calidad fisicoquímica del agua”. Esto porque se evidencia una carencia de conocimiento en torno a la calidad fisicoquímica de los ríos y los impactos de diversas fuentes, tanto difusas como puntuales. Una posibilidad para avanzar en esta línea sería tener operativas las Normas Secundarias de Calidad del Agua, como punto de referencia para la calidad natural del aguas, pero eso no exime de conocer el estado actual de la calidad de las aguas en dichos ríos.

Finalmente, se cree que a pesar de las falencias de información existentes en el país, los Objetos de Valoración se construyeron a partir de la mejor información disponible y en algunos casos, el nivel de incertidumbre es menor, dado el esfuerzo en generar nueva información.

Factores condicionantes no incorporados en los OdV

En el presente estudio se identificaron diversos factores que, potencialmente, podrían condicionar el desarrollo hidroeléctrico. Una parte importante de dichos factores fue representado a través del enfoque de Objetos de Valoración (OdV), pero existen otros factores, que por su naturaleza no pueden ser íntegramente representados en el marco de los OdV, y fueron identificados, principalmente, a partir de la interacción con actores de los territorios incluidos en este estudio.

A fin de contar con una información más completa acerca de los factores que condicionan la validación social del desarrollo hidroeléctrico en el futuro, es importante identificar y tomar en consideración estos intereses ciudadanos que no son reconocibles en un primer plano.

En este estudio se pudo identificar a lo menos cuatro factores que son importantes de mencionar en esta instancia. En primer lugar, se pudo identificar, en la zona de estudio, una tendencia más o menos generalizada a la falta de validación de los procesos participativos, tanto por su forma y oportunidad como por sus alcances en cuanto a la influencia real de la ciudadanía en la decisión final. Si bien esta es una tendencia reconocible en otras zonas del país, en el área de estudio toma especial importancia por cuanto - por razones históricas locales y tendencias globales que tienen su impacto localmente - existe en estos territorios una importante reivindicación por la

autodeterminación en la planificación del uso de los espacios. Este fenómeno, en conjunto con una identificación fuerte con 'lo local', tiende a invalidar localmente a los actores proponentes o patrocinantes - normalmente externos al territorio - así como al proceso de planificación en general.

Un segundo factor es la percepción del papel que podría jugar el desarrollo hidroeléctrico en el desarrollo local. Puesto que la mayor parte de los potenciales de la zona coinciden con espacios naturales de una belleza escénica importante y que, en general, las comunidades locales ven en esos espacios un potencial para un desarrollo local basado en el turismo, el desarrollo hidroeléctrico se percibe como una amenaza. Precisamente, por el tipo de destino turístico involucrado - paisaje de alta naturalidad - a diferencia de lo que podría ocurrir en otras zonas del país, en estos territorios las comunidades locales no conciben una posible sinergia entre ambas actividades económicas.

Como un tercer factor se debe mencionar que, en general, los potenciales hidroeléctricos se ubican en áreas rurales, donde predominan racionalidades económicas y de vida que difieren de la racionalidad que normalmente se asocia al desarrollo hidroeléctrico. En estas racionalidades es frecuente encontrar que, lo que comúnmente se asociaría, solamente, a una actividad económica, como por ejemplo, un emprendimiento turístico, se entiende como un modo de vida y, por lo tanto, no es intercambiable por otra actividad. Lo anterior, se acentúa aún más cuando se trata del pueblo Mapuche-Huilliche - muy representado en las cuencas de Valdivia y Bueno - ya que en este caso se trata de una cosmovisión distinta, donde lo material no se separa de lo espiritual y, por lo tanto, los posibles impactos de una modificación de los espacios no son fácilmente mitigables ni compensables. En ambos casos están involucradas racionalidades distintas a la que guían al desarrollo hidroeléctrico y que en el contexto de un diálogo se sienten menospreciadas o no correctamente atendidas. Este es un factor que rara vez se explicita, pero que evidentemente influencia de manera importante la validación social del desarrollo hidroeléctrico.

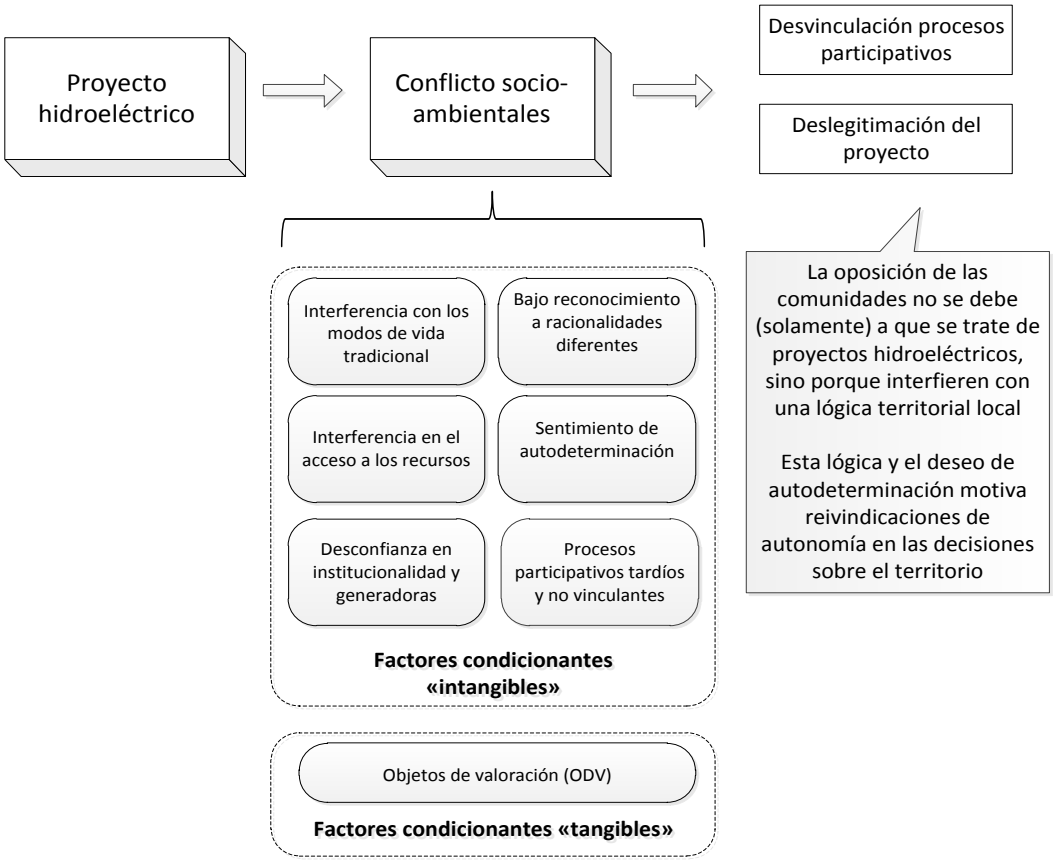
Como último factor relevante, no se puede perder de vista que, aunque la validación social del desarrollo hidroeléctrico depende de las particularidades de los territorios locales, no es menos cierto, que la falta de validación de estas iniciativas entre la sociedad en general, es una tendencia mundial que se manifiesta con fuerza en Latinoamérica. Este fenómeno más global, que indudablemente influencia la percepción del desarrollo hidroeléctrico a nivel local, responde a factores políticos que apuntan a la crítica al modelo económico en general y sus efectos a nivel no sólo ambiental, sino que también social, cultural e incluso sobre los derechos humanos. En consecuencia, la disposición de las comunidades de un determinado territorio hacia el desarrollo hidroeléctrico está también muy ligada a la adhesión a estas ideas políticas.

Finalmente, y como una de las principales conclusiones que pueden desprenderse del presente estudio es que los intereses ciudadanos no siempre se pueden representar en la forma de objetos de valoración (OdV), principalmente, porque muchas veces, se corresponden más con

características de procesos y a las relaciones entre los actores durante estos procesos, que a elementos u objetos que puedan observarse y medirse de forma objetiva. De lo anterior, se desprende que un análisis tendiente a identificar las condicionantes a la validación social del desarrollo hidroeléctrico, basado en la identificación y cuantificación de los OdV presentes en un territorio dado, debe necesariamente, complementarse con un enfoque territorial que permita dar cuenta del contexto social y cultural del espacio donde se ubican estos objetos, así como la disposición hacia el desarrollo hidroeléctrico en sí mismo como proceso transformador.

En la Figura 9.1 se muestra un esquema resumen con los factores más relevantes, identificados en el área de estudio, que podrían condicionar al desarrollo hidroeléctrico. Estos factores, que suelen manifestarse de diferente manera en relación a las características territoriales de una zona en particular, condicionan el surgimiento de conflictos "ambientales" los cuales tienen como consecuencia general, si no son abordados de la manera correcta, la desvinculación de las comunidades afectadas de los procesos participativos y la deslegitimación total de la iniciativa en cuestión.

Figura 9.1 Principales factores condicionantes identificados para la zona de estudio



Fuente: elaboración propia

Planificación del sistema de transmisión

Respecto al proceso de planificación de la transmisión necesaria para interconectar los potenciales hidroeléctricos analizados en este estudio, es importante recordar que las metodologías de planificación de la transmisión planteadas, consideran la evacuación de la totalidad del potencial hidroeléctrico en estudio, considerando además el año 2050 para las simulaciones del sistema bajo distintas condiciones.

La principal recomendación que surge del estudio realizado, es que, dada la alta influencia de la coordinación en los costos totales (que incluye efecto de los OdV), se aconseja que el regulador (o la figura institucional pertinente) incentive, fuertemente, un proceso de coordinación entre los agentes del mercado eléctrico (generadores), de modo de establecer un desarrollo más eficiente y sustentable del sistema de transmisión en las cuencas analizadas.

En base a los resultados obtenidos de este estudio, se observa que a medida que hay un mayor grado de coordinación entre los agentes del mercado eléctrico, menor es el costo de expansión del sistema principal de transmisión (troncal y subtrasmisión). De la misma manera, respecto al sistema adicional de transmisión, se observa que los casos con coordinación en la planificación presentan menores costos que el caso sin coordinación.

Además, la consideración de la presencia de OdV en los trazados de transmisión aumenta los costos del sistema, debido al aumento del largo en los trazados de las líneas. Por esta razón, la metodología propuesta determina una topología que minimiza los costos asociados a los OdV, definiendo un trazado tanto económicamente eficiente como sustentable.

Así, los resultados de este estudio sugieren que la coordinación en la construcción de nueva infraestructura llevaría a disminuir el largo de la transmisión en aproximadamente un 55% y a disminuir los costos de inversión, operación y mantenimiento en aproximadamente 125 MMUS$ al año (considerando la integración de todo el potencial hidroeléctrico en estudio para el año 2050).

Continuando en el mismo ámbito, los resultados muestran que el aumentar el nivel de coordinación de los agentes del sistema eléctrico lleva a una disminución significativa del territorio utilizado en franjas de transmisión (donde el territorio utilizado se considera igual a la longitud total del sistema de transmisión adicional necesaria para evacuar la energía de los potenciales hidroeléctricos modelados en este estudio).

Se demuestra que el caso de planificación de la transmisión, que más utiliza el territorio corresponde al caso de la Topología de red radial descentralizada, el que, aproximadamente, duplica a la longitud total de líneas de transmisión adicionales determinados en los casos con planificación coordinada, ya sea (i) la Topología de red radial con agrupaciones de subsubcuenca o (ii) la Topología de red integrada con agrupaciones de subsubcuenca.

Se recomienda entones, estudiar varios temas relevantes, como la mitigación del ejercicio de poder de mercado mediante la planificación, estudio de distintos niveles de potencial a conectar (no sólo el total del potencial hidráulico), considerar la interacción con el desarrollo de otros polos de generación renovable, efectos de los distintos diseños y niveles de enmallamiento de la red en la confiabilidad del suministro eléctrico (seguridad, suficiencia, resiliencia, etc.), interconexiones con otros sistemas (nacionales e internacionales), integración con otros vectores energéticos (e.g. gas).

Herramienta de apoyo a las decisiones de desarrollo hidroeléctrico

Como resultado del proceso de modelación, es posible concluir que esta herramienta puede ser de gran utilidad para la evaluación de distintos escenarios, ya que permite una gran flexibilidad.

Es importante tener en mente que esta herramienta, a pesar de estar construida con una resolución espacial fina, a escala de tramo de río de hasta 10 km, no debe considerarse como una herramienta de evaluación de impacto ambiental. En ningún caso el modelo permite cuantificar el impacto de proyectos hidroeléctricos sobre los OdV. Lo anterior no impide que parte de la información utilizada en la construcción del modelo pueda contribuir al desarrollo de líneas base, cuando se encuentre a la escala y precisión requerida para tales efectos.

Por otra parte, en el desarrollo de este ejercicio se utilizó una información base que fue procesada, normalizada y ponderada. La herramienta permite una fácil actualización para incorporar información adicional, de forma de enriquecer el modelo y lograr una mejor representación de la realidad. Por ejemplo, el conjunto de potenciales centrales hidroeléctricas ,identificadas en cada cuenca, puede cambiar al actualizar la información de derechos de agua no consuntivos o en base a alguna otra metodología.

En otro sentido, las ponderaciones escogidas para los distintos OdV, como factores condicionantes para el desarrollo hidroeléctrico, pueden ser definidas a través de un proceso, que agrupa OdV según tipos de condicionamiento:

1. Grupo Social: OdV que hayan demostrado preocupación por parte de la sociedad, ante un proyecto hidroeléctrico anterior.
2. Grupo Ambiental: OdV que hayan demostrado que se exige una medida de mitigación y/o de compensación si es que se ven afectados, en el proceso de Evaluación Ambiental, como por ejemplo un plan de manejo forestal.
3. Grupo legal: OdV que tengan o presenten herramientas legales para el condicionamiento de proyectos hidroeléctricos. Por ejemplo Convenio 169 de la OIT sobre pueblos indígenas, conservación de parques nacionales, etc.

Finalmente, otro aspecto interesante de abordar sería evaluar la posibilidad de desarrollar este modelo, de forma de incorporar elementos sinérgicos de interacciones entre proyectos. Lo

anterior podría implementarse definiendo que las alternativas no se conforman de PCH seleccionadas individualmente, sino de *clusters* de PCH definidos con algún criterio espacial.

10 Referencias

10.1 Bibliográficas

1. Aquaterra Ingenieros Limitada. 2010. Análisis de metodología y determinación de caudales de reserva turísticos. Informe técnico elaborado para la Dirección General de Aguas, Chile. 581p.

2. Ávila, K.; Vide, J. 2013. Análisis estadístico de los eventos extremos de precipitación en la zona centro y sur de Chile continental. Cuadernos Geográficos; Vol 52, No 1.

3. Aylwin, P., et al. 2003. Comisión verdad histórica y nuevo trato con los pueblos indígenas. 684p, Baeza, B. (2011). Pioneros y Extranjeros en la Frontera de Patagonia Central Chileno-Argentina. El caso de Trevelín (Argentina) y Futaleufú (Chile). *Si Somos Americanos. Revista de Estudios Transfronterizos*, XI(1), pp.41-62.

4. Bauer, C. J. (2009). Dams and markets: rivers and electric power in Chile. *Nat. Resources J.*, *49*, 583.

5. Banco Mundial, 2011, Diagnostico gestión de recursos hídricos en Chile.

6. Bengoa, José. 2014. Mapuche, colonos y el Estado Nacional. Editorial Catalonia. 303pp.

7. Bowen, S., Fábrega, F., & Medel, R. (2012). Movimientos sociales rurales y problemática medioambiental: La disputa por la territorialidad.*Psicoperspectivas*, *11*(1), 204-225.

8. Bowen, S., Fábrega, F. y Medel, R. 2012. Movimientos sociales rurales y problemática medioambiental: La disputa por la territorialidad. *Psicoperspectivas. Individuo y Sociedad*, 11(1), pp.204-225.

9. Budd, J. (ed.) 2002. Managing the Preservation of Periodicals and Newspapers. Múnich, K. G. Saur.)

10. CADE IDEPE Consultores en Ingeniería. 2004a. Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad: cuenca del río Valdivia. Informe técnico elaborado para la Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas, Chile 129p.

11. CADE IDEPE Consultores en Ingeniería. 2004b. Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad: cuenca del río Bueno. Informe técnico elaborado para la Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas, Chile 147p.

12. Centro de Ciencias Ambientales EULA-Chile, Universidad de Concepción. 2007. Estudio de Impacto Ambiental: Central Hidroeléctrica San Pedro, Región de Los Ríos, [Capitulo 2. Descripción del Proyecto]. Chile: Colbún S.A. 108 p.

13. Centro de Información de Recursos Naturales, 2012a, Catastro Frutícola XIV Región.

14. Centro de Información de Recursos Naturales, 2012b, Catastro Frutícola X Región.

15. Corporación Nacional Forestal (CONAF) Chile. s.a., Pauta explicativa Plan de Manejo Forestal de Bosque Nativo. Santiago, Chile: CONAF, Ministerio de Agricultura. 86 p.

16. Corporación de Fomento de la Producción (CORFO), Chile. 1939. Fomento de la producción de energía eléctrica. (Plan de acción inmediata Departamento de Energía y Combustibles). Santiago, Chile: Nascimiento. 16 p.

17. Corvalán, C. 2015. La implementación de "la consulta" del convenio 169 de la OIT en Chile: las implicancias para la gran minería. Tesis Magister en Estudios Internacionales. Instituto en Estudios Internacionales. Universidad de Chile. 194p.

18. CONAF (Corporación Nacional Forestal), Chile. s.a. Pauta explicativa Plan de Manejo Forestal de Bosque Nativo. Santiago, Chile: CONAF, Ministerio de Agricultura. 86 p.

19. Chungara, Revista de Antropología Chilena Volumen 44, Número 2, 2012. Páginas 299-312. Landscapes of wáter:Nature and identity in the Valdivia Watershed. Juan Carlos Skewes1, María Eugenia Solari2, Debbie Guerra3 y Daniela Jalabert4. Paper Scielo. Departamento de Antropología, Universidad Alberto Hurtado, Santiago, Chile. jskewes@uahurtado.cl.

20. Comisión Nacional de Riego, 2013, Diagnóstico situación legal de las organizaciones de usuarios del agua (OUA) regiones IX, XIV y X".

21. Delgado, L., Marin, V., Bachmann, P. And Torrez-Gómez M. 2009. "Conceptual Models for Ecosystem Management through the Participation of Local Social Actors: the Río Cruces Wetland Conflict". Ecology and Socieaty 14(1);50.

22. Delgado, G. 2005. Chaitén: República Independiente. Una aproximación a su desarrollo político e institucional. En: G. Delgado, T. Huneeus, C. Jeldes y G. Villarroel, ed., *Chaiten: Su Historia desde la Memoria*, primera ed. Santiago. 124 pp.

23. Departamento Administración de Recursos Hídricos (Chile). 2007. Informe preliminar determinación del potencial hidroeléctrico XI Región y provincia de Palena X Región. Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas, Chile. 117p.

24. Di Méo, G. y Buléon, P. (2005). L'espace social. Lecture géographique des sociétés. Paris: Armand Colin.

25. Dirección General de Agua, Ministerio de Obras Públicas. Santiago, Enero 2007, Informe Preliminar Determinación del Potencial Hidroeléctrico XI Región y Provincia de Palena X Región, Departamento de Administración de Recursos Hidricos.

26. Dirección General de Aguas, 2007, Informe Preliminar Determinación Potencial Hidroeléctrico XI región y provincia de Palena X región.

27. Dirección General de Aguas, 2010, Análisis de metodología y determinación de caudales de reserva turísticos.

28. Dirección General de Aguas, 2011, Antecedentes para evaluar el impacto económico y social de una norma secundaria de calidad de aguas en el lago Ranco, cuenca del río Bueno.

29. Empresa Nacional de Electricidad (ENDESA). 1962. Sistema Hidroeléctrico Pullinque. Santiago, Chile: Zig-zag. 41 p.

30. Errázuriz, A.; P. Cereceda, J. González, M. González, M. Henríquez y Rioseco, R. 1998. Manual de Geografía de Chile. 3° ed. 445p. Fuentes, A.M., 2013. Construcción de la memoria chilota: La experiencia de Radio Estrella del Mar (1982-2006). Informe Final para optar al grado de Licenciada en Historia. Seminario de Grado: Historia, territorio y representación. Profesor Guía: Fernando Ramírez. Departamento de Ciencias Históricas. Facultad de Filosofía y Humanidades. Universidad de Chile. Santiago.

31. Fuentes, A.M., 2013. Construcción de la memoria chilota: La experiencia de Radio Estrella del Mar (1982-2006). Informe Final para optar al grado de Licenciada en Historia. Seminario de Grado: Historia, territorio y representación. Profesor Guía: Fernando Ramírez. Departamento de Ciencias Históricas. Facultad de Filosofía y Humanidades. Universidad de Chile. Santiago.

32. Frissel, C., W.,Liss, C., Warren & M., Hurley. 1986. A Hierachical Framework for sream habitat classification: Viewing streams in a watershed context.Environmental Management 10(2): 199-214.

33. Folchi, M. (2001). Conflictos de contenido ambiental y ecologismo de los pobres: no siempre pobres, ni siempre ecologistas. *Ecología política*, (22), 79-100.

34. Gestión Ambiental Consultores. 2009. Estudio de Impacto Ambiental: Central Hidroeléctrica Maqueo, Región de Los Ríos, Chile, [Capitulo 2. Descripción del Proyecto]. Chile: Trayenko. 72 p.

35. Hagmann, T. (2005). Confronting the concept of environmentally induced conflict. *Peace, Conflict and Development*, *6*(6), 1-22.

36. Harnecker, R. 1939. Desarrollo armónico de un plan de electrificación del país, ejecutado y explotado en la generación, transmisión y distribución primaria de la energía eléctrica, por el Estado, con fines de fomento. Santiago, Chile: Nacimiento. 16 p.

37. Hernando, M., Blanco, G. Territorio y energías renovables no convencionales. Aprendizajes para la construcción de política pública a partir del caso de Rukatayo Alto. Región de los Ríos, Chile. Gestión y Política Pública 25(1):165-202.

38. Huneeus, T. 2005. Voces que habita Chaitén: construyendo a partir de la memoria. En: G. Delgado, T. Huneeus, C. Jeldes y G. Villarroel, ed., *Chaiten: Su Historia desde la Memoria*, primera ed. Santiago. 124 pp.

39. Instituto Nacional de Estadísticas (INE), Chile. 2014, octubre. Compendio estadístico 2014. Santiago, Chile: Instituto Nacional de Estadísticas. 518 p.

40. Lane, E. W., 1955. Importance of fluvial morphology in hydraulic engineering. Proceedings (American Society of Civil Engineers); v. 81, paper no. 745.

41. Luebert, F. y Pliscoff, P. 2006. Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile. 1ra ed. 317p.

42. Merino, M. E., & Bello, M. E. (2014). Discourse Coalitions in the Controversy around the HydroAysen Project in the Patagonia Region of Chile. *International Journal of Social Science Studies*, *2*(3), 1-11.

43. Moraga et. al., Chile, 2014. Mesa Central Hidroelectricidad, inserta en el proceso participativo de la política energética de largo plazo para el Ministerio de Energía. Elaborado por Pilar Moraga Sariego, profesora Asociada de la Facultad de Derecho de la Universidad de Chile, Miguel Saldivia, Abogado U. de Chile, Asistente de Investigación de SERC-Chile y Francisca Soto, Abogada U. de Chile.

44. Ministerio de Energía, Base para la planificación territorial en el desarrollo hidroeléctrico futuro, 2015.

45. Ministerio de Obras Públicas [MOP], Dirección General de Aguas [DGA]. 1988. Balance Hídrico de Chile. 62p.

46. Ministerio de Obras Públicas, 2010, "CHILE 2020. Obras Públicas para el Desarrollo"

47. Ministerio de Obras Públicas, 2012a, Plan Regional de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico al 2012, Región de Los Ríos.

48. Ministerio de Obras Públicas, 2012b, Plan Regional de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico al 2012, Región de Los Lagos.

49. Ministerio de Obras Públicas, 2011, Plan Regional de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico al 2018, Región de Los Ríos.

50. Ministerio de Obras Públicas, 2007, Informe Preliminar del Potencial Hidroeléctrica XI Región y Provincia de Palena, X región.

51. Municipalidad de Palena, 2016. Alto Palena, Una rica historia de aventuras y desafíos. Disponible en: <http://www.municipalidadpalena.cl/alto-palena.html> .

52. Prieto, M., & Bauer, C. (2012). Hydroelectric power generation in Chile: an institutional critique of the neutrality of market mechanisms. *Water international*, *37*(2), 131-146.

53. Rodriguez, M.E., 2015. Política de desarrollo indígena y territorio mapuche: el caso del área de desarrollo indígena Lago Budi. Boletín de Geografía UMCE 35:25-42.

54. Romero, H., & Sasso, J. (2014). Proyectos hídricos y ecología política del desarrollo en Latinoamérica: Hacia un marco analítico. *European review of latin american and caribbean studies/revista europea de estudios latinoamericanos y del caribe*, 55-74.

55. Romero, H., Romero, H. y X. Toledo. 2009. Agua, Poder y Discursos: Conflictos socio-territoriales por la construcción de centrales hidroeléctricas en la Patagonia Chilena. Anuario de Estudios Americanos 66: 81-103.

56. Rosgen, D. L., 1996. Applied river morphology. Wildland Hydrology.

57. Sánchez Curihuentro , J., 2001. El Az Mapu o sistema jurídico mapuche. Revista CREA, Centro de Resolución Alternativa de Conflictos 2: 28-38.

58. Skewes, J.C., Solari, M.E., Guerra, D., Jalaberu, D. 2012. Los paisajes del agua: naturaleza e identidad en la cuenca del río Valdivia. Chungará, Revista de Antropología Chilena 44:299-312.

59. Villarroel, G. 2005. Chaitén: historia y memoria en medio de la Selva Patagónica. En: G. Delgado, T. Huneeus, C. Jeldes y G. Villarroel, ed., *Chaiten: Su Historia desde la Memoria*, primera ed. Santiago. 124 pp.

60. Servicio de Evaluación Ambiental (SEA), Chile. 2013. Guía de evaluación de impacto ambiental: Valor paisajístico en el SEIA. Santiago, Chile: SEA. 87p.

61. Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), Ministerio de Minería, Chile. 2012. Atlas de faenas mineras, Regiones Del Maule, Del Biobío, De La Araucanía, De Los Ríos, Del General Carlos Ibañez del Campo y Región de Magallanes y de La Antártica Chilena (versión actualizada). Mapas y estadísticas de faenas mineras de Chile Número 10. Santiago, Chile: SERNAGEOMIN. 92 p.

62. Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), Ministerio de Minería, Chile. 2014. Anuario de la minería de Chile 2013(versión corregida). Santiago, Chile: SERNAGEOMIN. 210 p.

63. Servicio Nacional de Turismo (SERNATUR), Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, Chile. 2014. Informe comportamiento y perfil del turismo receptivo 2013. Santiago, Chile: SERNATUR. 109 p.
64. Sneddon, C., Harris, L., Dimitrov, R., & Özesmi, U. (2002). Contested waters: Conflict, scale, and sustainability in aquatic socioecological systems. *Society &Natural Resources*, *15*(8), 663-675.
65. Susskind, L., Kausel, T., Aylwin, J. y E. Fierman. 2014. The future of hydropower in Chile. Journal of Energy and Natural Resources Law 32(4): 425-482.
66. Trivelli, M. 2014. Reseña de la Vegetación de Chile. División de Protección de los Recursos Naturales Renovables, Servicio Agrícola Ganadero, Chile. 32p.
67. Universidad Austral de Chile (UACH). 2005. Informe Final: "Estudio sobre origen de mortalidades y disminución poblacional de aves acuáticas en el Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter, en la Provincia de Valdivia. 443 pp.
68. Urrutia, R; Lara, A y Villalba, R; 2005. ¿Cómo ha variado la disponibilidad de agua en la ecorregión de los bosques valdivianos en los últimos siglos? Revista Ambiente y Desarrollo 21(3): 48-57.
69. Valles, M. (1997) Técnicas cualitativas de investigación social. Reflexión metodológica y práctica profesional, Síntesis, Madrid.
70. Watkin, L. (2012). *Environmental conflict and decision-making: the case of hydroelectric power* (Doctoral dissertation, University of Southampton).
71. World Commission on Dams. (2000). *Dams and Development: A New Framework for Decision-making: the Report of the World Commission on Dams*. Earthscan.

10.2 Digitales

1. Anónimo. La Turbina: el deterioro de un patrimonio histórico de La Unión. La Voz del Ranco. [En línea] 27 de febrero de 2014. Recuperado en http://www.lavozdelranco.cl/?p=651.
2. Biblioteca Nacional de Chile, Dirección de Bibliotecas, Archivos y Museos, Ministerio de Educación. s.a.(a). La energía hidráulica en Chile: El Estado y los privados ponen el agua y

la luz. [En línea]. Santiago, Chile: Biblioteca Nacional de Chile. Recuperado en: http://www.memoriachilena.cl/602/w3-article-611.html#presentacion.

3. Biblioteca Nacional de Chile, Dirección de Bibliotecas, Archivos y Museos, Ministerio de Educación. s.a.(b). Corporación de fomento a la producción: El Estado y la industrialización nacional. [En línea]. Santiago, Chile: Biblioteca Nacional de Chile. Recuperado en: <http://www.memoriachilena.cl/602/w3-article-3508.html>.

4. Biblioteca Nacional de Chile, Dirección de Bibliotecas, Archivos y Museos, Ministerio de Educación. s.a.(c). La energía hidráulica en Chile: Centrales hidroeléctricas. [En línea]. Santiago, Chile: Biblioteca Nacional de Chile. Recuperado en: <http://www.memoriachilena.cl/602/w3-article-93672.html> Consulta: 6 de Octubre de 2015.

5. Biblioteca Nacional de Chile, Dirección de Bibliotecas, Archivos y Museos, Ministerio de Educación. s.a.(d). La energía hidráulica en Chile: Grandes centrales hidroeléctricas. [En línea]. Santiago, Chile: Biblioteca Nacional de Chile. Recuperado en: <http://www.memoriachilena.cl/602/w3-article-93674.html>.

6. Coordinadora por la Defensa del Agua y la Vida, s.a. Colbún construye polémica central San Pedro en la Región de los Ríos. [En línea] http://www.derechoalagua.cl/mapa-de-conflictos/colbun-construye-polemica-central-san-pedro-en-la-region-de-los-rios/.

7. COCHILCO. s.a. Precios de los metales. Bases de datos estadísticas. Disponible en: http://www.cochilco.cl/estadisticas/precio-metales.asp.

8. Comisión Chilena del Cobre (COCHILCO), Ministerio de Minería. s.a. Precios de los metales. Bases de datos estadísticas. [Hoja de Cálculo]. Santiago, Chile: COCHILCO. Recuperado en: http://www.cochilco.cl/estadisticas/precio-metales.asp.

9. Comisión Nacional de Riego, Bocatomas, Capa vectorial SIG, Solicitados según Ley de Transparencia www.portaltransparencia.cl.

10. Comisión Nacional de Riego, Red de Canales, Capa vectorial SIG, Solicitados según Ley de Transparencia www.portaltransparencia.cl.

11. Corporación Nacional Forestal [CONAF] (1994). Plan de Manejo, Parque Nacional Vicente Pérez Rosales. Recuperado de http://www.conaf.cl/wp-content/files_mf/1382466362PNVicentePRosales.pdf.

12. Corporación Nacional Forestal [CONAF]. 2015. Parques. Recuperado de http://www.conaf.cl/parques/parque-nacional-alerce-costero/ y http://www.conaf.cl/parques/parque-nacional-villarrica/.

13. Corporación Nacional Forestal (CONAF), Ministerio de Agricultura, Chile. 2015b. Planes de Manejo Aprobados por la Corporación Nacional Forestal (CONAF) en el marco de la Ley N°20.283 de Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal. [En línea] Santiago, Chile: CONAF. Recuperado en: <http://www.conaf.cl/cms/editorweb/transparencia/2015/Planes-LBN.html >.

14. Dirección General de Aguas, Catastro de Lagos, Capa vectorial SIG < http://www.dga.cl/administracionrecursoshidricos/inventario_cuencas_lagos/Paginas/default.aspx>.

15. Dirección General de Aguas, Restricciones a los Derechos de Agua, Capa Vectorial SIG. http://www.arcgis.com/apps/OnePane/basicviewer/index.html?appid=1f120f5a187149e0a0a30c4ab144ddae.

16. Dirección General de Aguas (DGA), Chile. 2015. Derechos de aprovechamiento de aguas registrados en DGA. [Hoja de cálculo]. Santiago, Chile: MOP. Recuperado en: <http://www.dga.cl/productosyservicios/derechos_historicos/Paginas/default.aspx>.

17. Empresa Nacional de Electricidad (ENDESA). 1944. Pilmaiquen. [Folleto informativo]. Santiago, Chile: Zig-zag. Recuperado en: <http://www.memoriachilena.cl/archivos2/pdfs/MC0037318.pdf> .

18. Japan Space Systems. s.a. ASTER GDEM. [Imagen satelital]. Recuperado en: <http://gdem.ersdac.jspacesystems.or.jp/search.jsp> .

19. IDE Chile. s.a. Infraestructura de datos geoespaciales de Chile. Disponible en: http://www.ide.cl/descarga/capas.html ; http://www.geoportal.cl/Visor/.

20. IDE Minagri. s.a. Infraestructura de datos espaciales Ministerio de Agricultura. Disponible en: http://ide.minagri.gob.cl/geoweb/ ; http://ide2.minagri.gob.cl/publico/.

21. Ley N° 20.283. Ley sobre recuperación del bosque nativo y fomento forestal. [En línea]. 11 de julio de 2008. Santiago, Chile: 30 de julio de 2008. Recuperado en: <http://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=274894>.

22. Ley N° 20.423. Ley del sistema institucional para el desarrollo del turismo. [En línea]. 4 de febrero de 2010. Santiago, Chile: 12 de febrero de 2010. Recuperado en: <http://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1010960>.

23. Ministerio de Agricultura (MINAGRI), Chile. s.a. Infraestructura de datos espaciales Ministerio de Agricultura. [Mapas Vectoriales]. Santiago, Chile: Ministerio de Agricultura. Recuperado en: <http://ide.minagri.gob.cl/geoweb/> <http://ide2.minagri.gob.cl/publico/>.

24. Ministerio del Medio Ambiente [MMA]. 2015. SINIA. Documentos. Recuperado de http://www.sinia.cl/1292/articles-40876_pdf_LosLagos.pdf

25. Ministerio del Medio Ambiente [MMA]. 2015b. [en línea]. Información Procesos de Clasificación de Especies. Disponible en: http://www.mma.gob.cl/clasificacionespecies/informacion-procesos-2014.htm

26. Ministerio de Obras Públicas, Puentes, Capa vectorial SIG < www.dirplan.cl/centrodedocumentacion/Documents/SIT%20MOP/Mapas/PUENTES_SHP.zip

27. Ministerio de Obras Públicas, Red Vial, Capa Vectorial SIG <www.dirplan.cl/centrodedocumentacion/Documents/SIT%20MOP/Mapas/Red_Vial_2014.7z.002>

28. Ministerio de Obras públicas (MOP), Chile. s.a. Observatorio de la Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico. [Mapa vectorial]. Santiago, Chile: MOP. Recuperado en: http://sit.mop.gov.cl/observatorio/Mapa.

29. Municipalidad de Río Bueno/www.riobuenochile.cl

30. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), Chile. 2007. Sistema de consulta estadístico territorial. [Mapa vectorial]. Santiago, Chile: Ministerio de Agricultura. <http://icet.odepa.cl/>.

31. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), Ministerio de Agricultura, Chile. s.a.(a). Precios. [En línea]. Santiago, Chile: ODEPA. Recuperado en: <http://www.odepa.cl/precios/>.

32. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), Ministerio de Agricultura, Chile. s.a.(b). Estadísticas productivas. [En línea]. Santiago, Chile: ODEPA. Recuperado en: <http://www.odepa.cl/estadisticas/productivas/> .

33. Organización Mundial del Turismo (OMT). s.a. Entender el turismo: Glosario básico. [En línea]. Madrid, España: OMT. Recuperado en: <http://media.unwto.org/es/content/entender-el-turismo-glosario-basico> .

34. Prensa: http://epilmaiquen.cl/proyectos/central-hidroelectrica-los-lagos/.

35. Secretaría Ejecutiva SNIT, Chile. s.a. Infraestructura de datos geoespaciales de Chile. [Mapa vectorial]. Santiago, Chile: Ministerio de Bienes Nacionales. Recuperado en: <http://catalogo.geoportal.cl/Visor/> Consultado el: 6 de Octubre de 2015.

36. Servicio de Información Territorial Biblioteca del Congreso Nacional. s.a. Mapas vectoriales. Sistema Integrado de Información Territorial. [Mapas Vectoriales]. Santiago, Chile: BCN. Recuperado en: <http://siit2.bcn.cl/mapas_vectoriales>.

37. Servicio Nacional de Geología y Minería (Chile). 2003. Mapa Geológico de Chile: Versión Digital. Disponible en: http://www.ipgp.fr/~dechabal/Geol-millon.pdf.

38. Servicio Nacional de Geología y Minería. ORD 1728, del 12 de diciembre de 2007. Ver informe de la Comisión Investigadora. Pág 73 a 190. < http://www.camara.cl/pdf.aspx?prmID=8143%20&prmTIPO=TEXTOSESION>.

39. Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (SERNAPESCA), Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, Chile. 2014. Nómina de pisciculturas 2014. [Hoja de Cálculo]. Santiago, Chile: SERNAPESCA. Recuperado en: <https://www.sernapesca.cl/index.php?option=com_remository&Itemid=246&func=startdown&id=8122> .

40. SOFOFA, prensa. <http://web.sofofa.cl/noticias/colbun-intensifica-contactos-con-el-gobierno-por-central-san-pedro/>

41. Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SUBPESCA), Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, Chile. 2013. Información de concesiones de acuicultura. [Hoja de Cálculo]. Santiago, Chile: SUBPESCA. Recuperado en: <http://www.subpesca.cl/servicios/603/w3-article-79925.html>.

42. Subsecretaría de Turismo, Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, Chile. s.a.(a). Ficha de definiciones estratégicas año 2015-2018. [En línea]. Recuperado en: <http://www.dipres.gob.cl/595/articles-122825_doc_pdf.pdf> .

43. Subsecretaría de Turismo, Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, Chile. s.a.(b). Declaración de ZOIT. [En línea]. Santiago, Chile: Subsecretaría de Turismo. Recuperado en: <http://www.subturismo.gob.cl/zoit/>.

44. Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS), Chile. 2014. Sistema de Información territorial SISS: Territorio operacional. [Mapa vectorial]. Santiago, Chile: SISS. Recuperado en: <http://sit.siss.cl/geonodo30/index.php?r=site/start&geoprofileId=113>.

45. Valladares, A. 2003. Cuencas de los ríos Manso y Puelo: Cuenca N° 75. Subsecretaría de Recursos Hídricos, Argentina. Disponible en: http://www.hidricosargentina.gov.ar/documentos/referencias_i8/75.pdf.

46. <http://seia.sea.gob.cl/expediente/expedientesEvaluacion.php?modo=ficha&id_expediente=2477205>.

11 Anexos

11.1 Derechos de Agua asignados en la cuenca del río Valdivia

Derechos No Consuntivo (lt/s)	Permanente y Continuo	Permanente y Discontinuo	Eventual y Continuo	Eventual y Discontinuo	**Total**
Energía Hidroeléctrica	88560.0	0.0	5400.0	0.0	**93960.0**
Sin información	580327.7	45830.7	668232.7	206434.6	**1500825.6**
Total	**668887.7**	**45830.7**	**673632.7**	**206434.6**	**1594785.6**

Derechos Consuntivos de Fuente Superficial (lt/s)	Permanente y Continuo	Permanente y Discontinuo	Permanente y Alternado	Eventual y Continuo	Eventual y Discontinuo	**Total**
Bebida/Uso Doméstico/Saneamiento	4517.5	1925.8	1.0	2105.9	1570.3	**10120.5**
Energía Hidroeléctrica	0.0	22.8	0.0	0.0	8.8	**31.5**
Otros Usos	1048.6	55.8	0.0	379.0	145.5	**1628.8**
Piscicultura	270.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**270.0**
Riego	21272.6	3870.3	11.9	4445.7	2532.0	**32132.4**
Uso Industrial	6.0	0.0	0.0	48.3	0.0	**54.3**
Uso Medicinal	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**0.0**
Uso Minero	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**100.0**
Sin información	19135.4	9118.9	100.0	7948.6	5692.9	**41995.8**
Total	**46350.0**	**14993.5**	**112.9**	**14927.6**	**9949.3**	**86333.2**

Derechos Consuntivos de Fuente Subterránea (lt/s)	Permanente y Continuo	Permanente y Alternado	**Total**
Bebida/Uso Doméstico/Saneamiento	429.76	0	**429.76**
Otros Usos	12.6	0	**12.6**
Riego	1449.85	0	**1449.85**
Uso Industrial	11.8	0	**11.8**
Sin información	6700.6577	0.0433	**6717.701**
Total	**8604.6677**	**0.0433**	**8621.711**

11.2 Derechos de Agua asignados en la cuenca del río Bueno

Derechos Consuntivos de Fuente Superficial (lt/s)	Permanente y Continuo	Permanente y Discontinuo	Permanente y Alternado	Perm. y Alter. y Provisionales	Perm. y Disc. y Provisionales	Eventual y Alternado	Eventual y Continuo	Eventual y Discontinuo	**Total**
Bebida/Uso Doméstico/Saneamiento	9,334.7	1,816.1	0.35	0	0	0	575.3	794.4	**12,520.8**
Otros Usos	1,777.6	419.5	0	3.5	3.5	0	225.0	341.5	**2,770.6**
Piscicultura	0	67.7	0	0	0	0	100	24.3	**192.0**
Riego	15,835.0	2,935.13	30	0	0	8	2,736.7	11,507.2	**33,052.1**
Uso Industrial	152	5	0	0	0	0	0	2.5	**159.5**
Sin Información	16,279.1	1,894.8	0	0	0	0	4,890.2	2,371.8	**25,435.9**
Silvo -Agropecuario	40	0.0375	0	0	0	0	0	0	**40.04**
Total	**43,418.5**	**7,138.3**	**30.4**	**3.5**	**3.5**	**8**	**8,527.2**	**15,041.7**	**74,131.0**

Derechos Consuntivos de Fuente Subterránea (lt/s)	Permanente y Continuo	Permanente y Discontinuo	Permanente y Alternado	Eventual y Continuo	Eventual y Discontinuo	**Total**
Bebida/Uso Doméstico/Saneamiento	9695.01	0	5.5	5	0	**9705.5**
Energía Hidroeléctrica	20	0	0	0	0	**20**
Otros Usos	503.9	0	0	0	0	**503.9**
Piscicultura	2,438.5	0	0	0	0	**2438.5**
Riego	7,275.1	44	0	63	0	**7382.1**
Uso Industrial	207.9	0	0	0	0	**207.9**
Sin Información	7,551.7	0	37.1	16.1	0	**7605**
Total	**27,692.2**	**44**	**42.6**	**84.1**	**0**	**27862.9**

Derechos No Consuntivos (lt/s)	Permanente	Permanente	Permanente	Eventual y	Eventual y	**Total**

	y Continuo	y Discontinuo	y Alternado	Continuo	Discontinuo	
Energía Hidroeléctrica	66,543	0	0	0	0	**66,543**
Piscicultura	144,960	0	0	0	0	**144,960**
Sin Información	939,232.8	871,812	818.1	507,492.6	132,852.5	**166,758**
Total	**1,150,735.8**	**871,812**	**818.1**	**507,492.6**	**132,852.5**	**1,879,081**

11.3 Derechos de Agua asignados en el río Puelo

Derechos Consuntivos de Fuente Superficial (lt/s)	Permanente y Continuo	Permanente y Discontinuo	Eventual y Continuo	Eventual y Discontinuo	**Total**
Bebida/Uso Doméstico/Saneamiento	258.6	96.5	25.4	144.3	**524.7**
Otros Usos	37.9	0.0	0.0	11.1	**49.0**
Piscicultura	100.0	0.0	110.0	0.0	**210.0**
Riego	10.3	0.0	21.8	0.8	**32.8**
Sin Información	29.5	0.0	0.0	0.0	**29.5**
Silvo-Agropecuario	0.0	0.0	0.0	0.0	**0.0**
Total	**436.4**	**96.5**	**157.1**	**156.1**	**846.1**

Derechos Consuntivos de Fuente Subterránea (lt/s)	Permanente y Continuo	Permanente y Discontinuo	**Total**
Bebida/Uso Doméstico/Saneamiento	195.4	17	**212.4**
Sin Información	0.1	0	**0.1**
Total	**195.5**	**17**	**212.5**

Derechos No Consuntivos (lt/s)	Permanente y Continuo	Permanente y Discontinuo	Eventual y Continuo	Eventual y Discontinuo	**Total**
Bebida/Uso Doméstico/Saneamiento	87.6	0.0	33.0	0.1	**120.7**
Energía Hidroeléctrica	1,140,014.5	26.7	231,272.7	75,161.2	**1,446,475.1**
Otros Usos	389.9	0.0	0.0	196.9	**586.8**
Piscicultura	20,042.7	221.8	5,989.8	243.0	**26,497.3**
Uso Industrial	35,000.0	0.0	0.0	0.0	**35,000.0**
Sin Información	6,864.7	0.0	6,929.0	156.3	**13,949.9**
Total	**1,202,399.3**	**248.5**	**244,224.6**	**75,757.4**	**1,522,629.8**

11.4 Derechos de Agua asignados en el río Yelcho

Derechos Consuntivos de Fuente Superficial (lt/s)	Permanente y Continuo	Permanente y Discontinuo	Eventual y Continuo	Eventual y Discontinuo	**Total**
Bebida/Uso Doméstico/Saneamiento	231.8	0.0	0.0	22.7	**254.4**
Otros Usos	12.8	0.0	0.9	0.0	**13.7**
Piscicultura	289.8	0.0	0.0	0.0	**289.8**
Riego	109.2	0.0	0.0	77.1	**186.3**
Sin información	138.2	0.0	39.4	0.2	**177.8**
Silvo-Agropecuario	0.0	0.0	0.0	0.0	**0.0**
Total	**781.8**	**0.0**	**40.3**	**99.9**	**922.0**

Derechos Consuntivos de Fuente Subterránea (lt/s)	Permanente y Continuo	Permanente y Discontinuo	Eventual y Continuo	Eventual y Discontinuo	**Total**
Bebida/Uso Doméstico/Saneamiento	27.4	0	0	0	**27.4**
Sin Información	0.6	0	0	0	**0.6**
Total	**28**	**0**	**0**	**0**	**28**

Derechos No Consuntivos (lt/s)	Permanente y Continuo	Permanente y Discontinuo	Eventual y Continuo	Eventual y Discontinuo	**Total**
Bebida/Uso Doméstico/Saneamiento	989.5	0.0	0.0	57.5	**1,047.0**
Energía Hidroeléctrica	1,233,586.3	0.0	60,330.5	14,170.8	**1,308,087.5**
Otros Usos	1.0	0.0	0.0	0.0	**1.0**
Riego	100.0	0.0	0.0	0.0	**100.0**
Sin Información	566,696.4	0.0	2,304.5	0.0	**569,000.9**
Total	**1,801,373.1**	**0.0**	**62,635.0**	**14,228.3**	**1,878,236.4**

11.5 Lista de especies amenazadas y casi amenazadas por Región.

Nombre Científico	Nombre Común	Clase	de Los Ríos	de Los Lagos	Categoría vigente
		REINO PLANTAE			
Asplenium obtusatum var. sphenoides		Filicopsida	1	1	IC(V-VII, XI-XII), VU(VIII-X, JF)
Asplenium trilobum		Filicopsida	1	1	VU(VIII-IX), LC(XIV al sur)
Austrocactus patagonicus	cactus patagónico	Magnoliopsida	1	1	EN-R
Austrocedrus chilensis	ciprés de la Cordillera	Coniferopsida	1	1	NT
Berberidopsis corallina	michay rojo	Magnoliopsida	1	1	EN-R
Blechnum asperum		Filicopsida	1	1	NT
Blechnum corralense		Filicopsida	1	1	VU
Citronella mucronata	huillipatagua, naranjillo, patagua	Magnoliopsida	1	1	NT
Clinopodium multiflorum	menta de árbol	Magnoliopsida	1	1	NT
Corynabutilon ochsenii	huella chica, abutilón, abutilón de Valdivia	Magnoliopsida	1	0	NT
Elaphoglossum fonki		Filicopsida	1	1	VU
Elaphoglossum gayanum		Filicopsida	1	1	NT
Elaphoglossum porteri		Filicopsida	1	1	VU
Fitzroya cupressoides	alerce	Coniferopsida	1	1	EN

Nombre Científico	Nombre Común	Clase	de Los Ríos	de Los Lagos	Categoría vigente
Grammitis magellanica		Filicopsida	1	1	VU(VIII-X, JF), IC(XI, XII)
Grammitis patagonica		Filicopsida	1	1	VU(XIV, X), IC(XI, XII)
Grammitis poeppigiana		Filicopsida	1	1	VU(XIV, X), IC(XI, XII)
Histiopteris incisa		Filicopsida			VU(JF), R(X-XII)
Hymenophyllum nahuelhuepiense		Filicopsida	1	1	IC
Hymenophyllum secundum		Filicopsida	1	1	VU
Hymenophyllum tortuosum		Filicopsida	1	1	VU
Hymenophyllum umbratile		Filicopsida	1	1	VU
Hypolepis poeppigii		Filicopsida	1	1	VU(XIV, X, JF), IC(IV-VII, IX, XI-XII), FP(VIII)
Isoetes savatieri		Lycopodiopsida	1	1	VU
Lobelia bridgesii	tupa rosada	Magnoliopsida	1	0	VU
Lycopodium gayanum		Lycopodiopsida	1	1	VU(JF), R(VIII-XI)
Lycopodium paniculatum		Lycopodiopsida	1	1	VU(VIII-X), IC(XI)
Ophioglossum crotalophoroides		Filicopsida	1	1	NT
Ophioglossum valdivianum		Filicopsida	1	1	IC
Polystichum subintegerrimum		Filicopsida	1	1	NT
Schizaea fistulosa		Filicopsida	1	1	VU

Nombre Científico	Nombre Común	Clase	de Los Ríos	de Los Lagos	Categoría vigente
Scutellaria valdiviana	teresa	Magnoliopsida	1	0	EN
Serpyllopsis caespitosa var. caespitosa		Filicopsida	1	1	IC
Sticherus litoralis	huedahue	Filicopsida	1	1	NT
Trichomanes exsectum		Filicopsida	1	1	EN (J.F), VU (conti)
Valdivia gayana	valdivia	Magnoliopsida	1	0	VU-R
		REINO ANIMALIA			
Accipiter chilensis	peuquito	Aves	1	1	R
Aconaemys porteri	tunduco de Porter	Mammalia	1	0	NT
Aegla alacalufi	pancora	Malacostraca	0	1	IC
Aegla denticulata denticulata	pancora	Malacostraca	1	1	IC
Aegla denticulata lacustris	pancora	Malacostraca	0	1	CR
Aegla hueicollensis	pancora	Malacostraca	1	0	NT
Aegla manni	pancora	Malacostraca	1	1	VU
Alsodes australis	sapo espinudo austral	Amphibia	0	1	NT
Alsodes monticola	sapo	Amphibia	0	1	NT
Alsodes norae	rana de pecho espinoso de Oncol	Amphibia	1	0	CR
Alsodes verrucosus	sapo de pecho espinoso de verrugas	Amphibia	1	1	EN
Anas bahamensis	pato gargantillo	Aves	1	1	R
Anas platalea	pato cuchara	Aves	1	1	IC
Aplochiton marinus	Peladilla	Actinopterygii	1	1	EN
Aplochiton taeniatus	peladilla	Actinopterygii	1	1	EN

Nombre Científico	Nombre Común	Clase	de Los Ríos	de Los Lagos	Categoría vigente
Aplochiton zebra	peladilla	Actinopterygii	1	1	EN
Ardea cocoi	garza cuca	Aves	1	1	R
Asio flammeus	Nuco	Aves	1	1	IC
Attagis gayi	perdicita cordillerana	Aves	1	1	R
Basilichthys australis	pejerrey chileno	Actinopterygii	1	1	NT(VIII al sur)
Batrachyla taeniata	ranita de antifaz	Amphibia	1	1	NT
Brachygalaxias bullocki	Puye	Actinopterygii	1	1	NT
Bufo papillosus	sapo de papilas	Amphibia	1	1	R
Buteo albigula	aguilucho chico	Aves	1	1	R
Buteo ventralis	aguilucho de cola rojiza	Aves	1	1	R
Calidris canutus	playero ártico	Aves	1	1	EN
Campephilus magellanicus	carpintero negro	Aves	1	1	EN(VI-VII), VU(VIII-XII)
Caudiverbera caudiverbera	rana chilena	Amphibia	1	1	VU
Cheirodon australe	pocha del sur	Actinopterygii	1	1	VU
Cheirodon kiliani	pocha	Actinopterygii	1	0	EN-R
Columba araucana	torcaza	Aves	1	1	EN(IV-X)
Conepatus chinga	chingue común	Mammalia	1	1	R
Coscoroba coscoroba	cisne coscoroba	Aves	1	1	EN
Cygnus melanocorypha	cisne de cuello negro	Aves	1	1	EN(VIII-X),
Diplolaemus bibroni	dabezón de Bibron	Reptilia	0	1	R
Diplolaemus darwini	cabezón de Darwin	Reptilia	sd	1	R

Nombre Científico	Nombre Común	Clase	de Los Ríos	de Los Lagos	Categoría vigente
Dermochelys coriacea	tortuga laúd	Reptilia	1	1	IC
Diplomystes camposensis	tollo	Actinopterygii	1	sd	EN
Dromiciops gliroides	monito del monte	Mammalia	1	1	NT
Enicognathus leptorhynchus	choroy	Aves	1	1	VU(VIII-X),
Eupsophus migueli	sapo de Miguel	Amphibia	1	1	EN-R
Eupsophus roseus	sapo	Amphibia	1	0	VU
Eupsophus vertebralis	sapo	Amphibia	1	1	VU
Falco peregrinus	halcón peregrino	Aves	1	1	VU
Galaxias globiceps	puye	Actinopterygii	0	1	EN-R
Galictis cuja	quique	Mammalia	1	1	VU
Gallinago paraguaiae	becacina	Aves	1	1	VU
Geotria australis	lamprea de bolsa	Cephalaspidomorphi	1	1	VU
Hatcheria macraei	bagre	Actinopterygii	0	1	VU
Heteronetta atricapilla	pato rinconero	Aves	1	1	R
Insuetophrynus acarpicus	sapo	Amphibia	1	0	EN-R
Ixobrychus involucris	huairavillo	Aves	1	1	R
Lagidium viscacia	vizcacha	Mammalia	1	1	EN
Larosterna inca	gaviotín monja	Aves	1	1	VU
Larus modestus	gaviota garuma	Aves	1	1	R(IV-V,VI-X)
Larus serranus	gaviota andina	Aves	1	1	R(IV-XI)

Nombre Científico	Nombre Común	Clase	de Los Ríos	de Los Lagos	Categoría vigente
Laterallus jamaicensis	pidencito	Aves	1	0	IC
Leopardus colocolo	colo-colo	Mammalia	1	1	NT
Leopardus guigna	Güiña	Mammalia	1	1	VU (XIV al norte), NT (X al sur)
Leptonotus blainvillianus	pez aguja	Actinopterygii	1	1	EN
Lontra felina	chungungo	Mammalia	1	1	VU
Lontra provocax	huillín	Mammalia	1	1	EN
Mordacia lapicida	lamprea de agua dulce	Cephalaspidomorphi	1	1	EN
Myocastor coypus	Coipo	Mammalia	1	1	VU
Numenius borealis	zarapito boreal	Aves			CR
Odontesthes brevianalis	cauque del norte	Actinopterygii	1	1	VU
Odontesthes hatcheri	Pejerrey	Actinopterygii	0	1	NT
Odontesthes mauleanum	cauque	Actinopterygii	1	1	VU
Pandion haliaetus	águila pescadora	Aves	1	1	VU
Parastacus nicoleti	camarón de vega	Malacostraca	1	1	VU
Pelecanoides garnotii	yunco	Aves	1	0	VU
Percilia gillissi	carmelita	Actinopterygii	1	1	EN
Phalacrocorax bougainvillii	guanay	Aves	1	1	VU
Phalacrocorax gaimardi	lile	Aves	1	1	IC
Philodryas chamissonis	culebra de cola larga	Reptilia	1	0	VU(IV-XIV)

Nombre Científico	Nombre Común	Clase	de Los Ríos	de Los Lagos	Categoría vigente
Phoenicopterus chilensis	flamenco chileno	Aves	1	1	VU(XV-III, XI-XII), R(IV-X)
Plegadis chihi	cuervo de pantano	Aves	1	1	EN
Pleurodema thaul	sapito de cuatro ojos	Amphibia	1	1	NT
Pristidactylus torquatus	gruñidor del sur	Reptilia	1	1	EN
Pseudalopex fulvipes	zorro de Chiloé	Mammalia	0	1	EN
Pseudocolopteryx flaviventris	pájaro amarillo	Aves	1	0	IC
Pudu pudu	pudú	Mammalia	1	1	VU
Puffinus creatopus	fardela blanca	Aves	1	1	EN
Puma concolor	puma	Mammalia	1	1	NT
Rhinella rubropunctata	sapo	Amphibia	1	0	VU
Rhinoderma darwini	ranita de Darwin	Amphibia	1	1	EN
Rhyncholestes raphanurus	comadrejita trompuda	Mammalia	0	1	VU
Rostratula semicollaris	becacina pintada	Aves	1	1	EN
Spheniscus humboldti	pingüino de Humboldt	Aves	1	1	VU
Strix rufipes	concón	Aves	1	1	IC
Sula variegata	piquero	Aves	1	1	IC
Tachyeres patagonicus	quetru volador	Aves	1	1	IC
Tachymenis chilensis	culebra de cola corta	Reptilia	1	1	VU
Telmatobufo australis	sapo Austral	Amphibia	1	1	VU
Theristicus melanopis	bandurria	Aves	1	1	VU(IV-X),

Nombre Científico	Nombre Común	Clase	de Los Ríos	de Los Lagos	Categoría vigente
Trichomycterus areolatus	bagrecito	Actinopterygii	1	1	VU
Virilastacus araucanius	camarón	Malacostraca	1	1	VU
Virilastacus rucapihuelensis	camarón	Malacostraca	0	1	EN
Vultur gryphus	cóndor	Aves	1	1	R(VIII-X),

Fuente. Modificado de MMAb, 2015.

Nota: 1: Presente, 0: Ausente, sd: sin datos-presencia dudosa o requiere información; CR: En peligro crítico, DD: Datos insuficientes, EN: En Peligro, EW: Extinta en estado silvestre, EX: Extinta, FP: Fuera de Peligro, IC: Insuficientemente Conocida, LC: Preocupación menor, NT: Casi amenazada, R: Rara, VU: Vulnerable. Listado no incluye mamíferos marinos amenazados.

11.6 Introducción a la base de datos

En esta sección se presenta la base de datos construida para la estimación de la distribución potencialde las especies consideradas en el estudio "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 socio-ambientales: Grupo de cuencas Nº2: Valdivia, Bueno, Yelcho y Puelo", a cargo del Centro de Energía de la Universidad de Chile.

El objetivo de la Base de Datos es proporcionar las coordenadas geográficas de las presencias de especies endémicas y/o en categoría de conservación: En Peligro Crítico (CR), En Peligro (EN), Vulnerable (VU), Rara (R) e Insuficientemente Conocida (IC) presentes en las cuencas del Valdivia, Bueno, Yelcho y Puelo, para la estimación de la distribución potencial de las especies.

Fuentes de información

Se priorizaron las fuentes de información oficiales entregadas por los organismos del Estado, tales como la Base de Datos del Ministerio del Medio Ambiente, y la Base de Datos del Servicio Nacional de Pesca. Para complementar la información entregada, se facilitó la Base de Datos empleada en Marquet *et al.* (2010)[88], por parte de la Pontificia Universidad Católica de Chile (PUC). También se realizó una búsqueda en publicaciones científicas, y en bases de datos de libre acceso como GBIF

[88] P. Marquet, S. Abades, J. Armesto et al. 2010. Estudio de vulnerabilidad de la biodiversidad terrestre en la eco-región mediterránea, a nivel de ecosistemas y especies, y medidas de adaptación frente a escenarios de cambios climático. Licitación N° 1588-133-LE09. 153p.

(Global Biodiversity Information Facility) y el Mapa Chileno de la Extinción de Especies (http://proyectobiota.cl/).

Sistematización y validación

Para la compilación de los datos en la base de datos se consideraron los últimos registros de las especies por coordenada o un registro por coordenada. Es decir, que se consideró el último registro, de múltiples registros de una especie, en el mismo punto de muestreo.

La validación de los datos consistió en que las presencias coincidieran con la distribución regional de las especies.

En cuanto a los registros facilitados por TECO-PUC, se acordó agregar registros que daten después del 2010 para una actualización. A pesar de esto, también se consideró para una actualización, las especies que tuvieron una mayor cantidad de registros que los considerados en Marquet et al (2010), sin considerar el año en que fueron obtenidos.

Los registros de la PUC no se muestran en la presente base de datos. Solo se muestran los registros para la actualización.

Estructura de la Base de Datos

La Base de Datos se dividió por las siguientes clases: Amphibia, Aves, Coniferopsida, Filicopsida, Liliopsida, Magnoliopsida, Mammalia, Reptilia, Actinopterygii-Cephalaspidomorphi.

En las columnas se especifica al menos lo siguiente: nombre científico, nombre común, endemismo, categoría de conservación, clase, lugar de muestreo, año del registro, fuente o colector, las coordenadas UTM_X, UTM_Y, le huso (19s), latitud, longitud, la base de datos de donde se obtuvo la información de origen, y la base de datos de donde se realizó la compilación (MMA, SERNAPESCA o UCH).

En la tabla siguiente se indican las especies abordadas en el estudio, la cantidad de registros en la base de datos y la cantidad de registros disponibles para una actualización de la base de datos de TECO- PUC. Los recuadros ennegrecidos son los datos aportados por la PUC para la modelación y que no se encuentran en la presente base de datos.

Nombre científico	Clase	Categoría conservación	Endemica	Modelado	N	Actualizaciòn
Accipiter chilensis	Aves	R	No		1	
Adiantum chilense var. Chilense	Filicopsida	NT(JF), LC(Chile continental)	Si		231	
Adiantum excisum	Filicopsida	LC	Si		91	
Aegla alacalufi	Malacostraca	LC	Si		69	
Aegla araucaneiensis	Malacostraca		Si		81	

Aegla denticulata denticulata	Malacostraca	LC	Si		54	
Aegla hueicollensis	Malacostraca		Si		20	
Aegla denticulata lacustris	Malacostraca	CR	Si		7	
Aegla abtao	Malacostraca		Si		107	
Aegla manni	Malacostraca	VU	Si		25	
Aegla rostrata	Malacostraca	LC	Si		33	
Agrostis brachyathera	Liliopsida		Si		2	
Alsodes igneus	Amphibia	VU	Si		9	
Alsodes norae	Amphibia	CR	No		15	
Alsodes valdiviensis	Amphibia	EN	Si		3	
Alsodes verrucosus	Amphibia	EN	Si		2	
Anas bahamensis	Aves	R	Si		34	
Anas platalea	Aves	IC	No		279	
Aplochiton marinus	Actinopterygii	EN	Si		1	
Aplochiton taeniatus	Actinopterygii	EN	No		40	
Aplochiton zebra	Actinopterygii	EN	Si		72	
Araucaria araucana	Coniferopsida	VU	No	Marquet et al, 2010	340	
Ardea cocoi	Aves	R	No		124	
Asio flammeus	Aves	IC	No		105	
Asplenium obtusatum var. sphenoides	Filicopsida	LC	Si		80	
Asteriscium chilense	Magnoliopsida		Si	Marquet et al, 2010	33	
Attagis gayi	Aves	R	No		35	
Austrocactus patagonicus	Magnoliopsida	EN-R	No		0	
Azara integrifolia	Magnoliopsida		Si	Marquet et al, 2010	112	
Azorella spinosa	Magnoliopsida		Si	Marquet et al, 2010	34	
Baccharis rhomboidalis	Magnoliopsida		Si	Marquet et al, 2010	55	
Baccharis sphaerocephala	Magnoliopsida		Si		4	
Basilichthys microlepidotus	Actinopterygii	VU(VII al norte), NT(VIII al sur)	Si		351	
Batrachyla antartandica	Amphibia	LC	Si		23	
Batrachyla nibaldoi	Amphibia	NT	Si		8	
Berberidopsis corallina	Magnoliopsida	EN-R	Si	Marquet et al, 2010	21	
Berberis rotundifolia	Magnoliopsida		Si	Marquet et al, 2010	20	
Berberis valdiviana	Magnoliopsida		Si	Marquet et al, 2010	48	

Blechnum asperum	Filicopsida	NT	Si	Marquet et al, 2010	59	27
Blechnum corralense	Filicopsida	VU	Si		25	
Brachygalaxias bullocki	Actinopterygii	VU	Si		78	
Bufo papillosus	Amphibia	R	No	Marquet et al, 2010	136	
Buteo albigula	Aves	R	No		1	
Buteo ventralis	Aves	R	No		1	
Calceolaria corymbosa	Magnoliopsida		Si	Marquet et al, 2010	39	
Campephilus magellanicus	Aves	EN(VI-VII), VU(VIII-XII)	No		1	
Carex acutata	Liliopsida		Si	Marquet et al, 2010	35	
Carex trichodes	Liliopsida		Si		0	
Caudiverbera caudiverbera	Amphibia	VU	Si		22	
Centaurea bulbosa	Liliopsida		Si	Marquet et al, 2010	13	
Chaetanthera serrata	Magnoliopsida		Si	Marquet et al, 2010	25	
Cheirodon australe	Actinopterygii	VU	Si		69	
Cheirodon galusdae	Actinopterygii	VU	Si		69	
Cheirodon kiliani	Actinopterygii	EN-R	Si		18	
Chloraea cuneata	Liliopsida	CR	Si		1	
Chloraea galeata	Liliopsida		Si	Marquet et al, 2010	34	
Chloraea gavilu	Liliopsida		Si	Marquet et al, 2010	50	
Chloraea longipetala	Liliopsida		Si		3	
Chloraea nudilabia	Liliopsida		Si		4	
Chusquea macrostachya	Liliopsida		Si	Marquet et al, 2010	22	
Chusquea quila	Liliopsida		Si	Marquet et al, 2010	14	
Chusquea uliginosa	Liliopsida		Si		4	
Citronella mucronata	Magnoliopsida	NT	Si	Marquet et al, 2010	192	
Columba araucana	Aves	EN(IV-X), VU(XI-XII)	No		0	
Conepatus chinga	Mammalia	R	No	Marquet et al, 2010	39	6
Corynabutilon ochsenii	Magnoliopsida	NT	Si		19	
Corynabutilon vitifolium	Magnoliopsida		Si	Marquet et al, 2010	39	
Coscoroba coscoroba	Aves	EN	No		43	
Cryptocarya alba	Magnoliopsida		Si	Marquet et al, 2010	249	
Cygnus melanocorypha	Aves	EN(VIII-X), VU(IV-VII, XI-XII)	No		8	

Cynoglossum paniculatum	Magnoliopsida		Si	Marquet et al, 2010	17	
Cyperus xanthostachyus	Liliopsida		Si	Marquet et al, 2010	30	
Deschampsia looseriana	Liliopsida		Si	Marquet et al, 2010	23	
Diplolaemus bibroni	Reptilia	R	No		6	
Diplomystes camposensis	Actinopterygii	EN	Si		36	
Drimys andina	Magnoliopsida		Si	Marquet et al, 2010	26	
Elaphoglossum fonki	Filicopsida	VU	No		12	
Elaphoglossum mathewsii	Filicopsida		Si		1	
Elaphoglossum porteri	Filicopsida	VU	No		1	
Enicognathus leptorhynchus	Aves	EN(VII), VU(VIII-X), IC(XI)	No		66	
Escallonia gayana	Magnoliopsida		Si		1	
Escallonia revoluta	Magnoliopsida		Si	Marquet et al, 2010	65	
Escallonia rosea	Magnoliopsida		Si	Marquet et al, 2010	12	
Eupsophus migueli	Amphibia	EN-R	Si		14	
Eupsophus roseus	Amphibia	VU	Si	Marquet et al, 2010	57	16
Eupsophus vertebralis	Amphibia	VU	No	Marquet et al, 2010	30	39
Falco peregrinus	Aves	VU	No		27	
Fascicularia bicolor	Liliopsida		Si		5	
Fitzroya cupressoides	Coniferopsida	EN	No	Marquet et al, 2010	58	63
Francoa appendiculata	Magnoliopsida		Si		16	
Galaxias globiceps	Actinopterygii	EN-R	Si		2	
Galictis cuja	Mammalia	VU	No	Marquet et al, 2010	70	
Gallinago paraguaiae	Aves	VU	No		27	
Gamochaeta aliena	Magnoliopsida		Si		1	
Gavilea cardioglossa	Liliopsida	DD	Si		1	
Gavilea kingii	Liliopsida	EN	No		2	
Geotria australis	Cephalaspidomorphi	VU	No		151	
Geum quellyon	Magnoliopsida		Si	Marquet et al, 2010	30	
Gleichenia squamulosa var squamulosa	Filicopsida		Si	Marquet et al, 2010	74	
Greigia landbeckii	Liliopsida		Si		1	
Greigia sphacelata	Liliopsida		Si		5	
Griselinia jodinifolia	Magnoliopsida		Si	Marquet et al, 2010	14	

Griselinia scandens	Magnoliopsida		Si	Marquet et al, 2010	17	
Hatcheria macraei	Actinopterygii	VU	No		20	
Heteronetta atricapilla	Aves	R	No		30	
Histiopteris incisa	Filicopsida	VU(JF), R(X-XII)	No		14	
Hydrocotyle poeppigii	Magnoliopsida		Si	Marquet et al, 2010	12	
Hymenoglossum cruentum	Filicopsida	NT(JF), LC(Chile continental)	Si	Marquet et al, 2010	10	
Hymenophyllum caudiculatum var. Productum	Filicopsida	NT(JF), LC(Chile continental)	Si	Marquet et al, 2010	90	
Hymenophyllum cuneatum var. cuneatum	Filicopsida	EN (J.F), LC (conti)	Si	Marquet et al, 2010	23	
Hymenophyllum dicranotrichum	Filicopsida	LC	Si	Marquet et al, 2010	16	
Hymenophyllum umbratile	Filicopsida	VU	No		6	
Hypericum caespitosum	Magnoliopsida		Si	Marquet et al, 2010	68	
Insuetophrynus acarpicus	Amphibia	EN-R	Si		6	
Isoetes savatieri	Lycopodiopsida	VU	No	Marquet et al, 2010	217	
Ixobrychus involucris	Aves	R	No		28	
Lagidium viscacia	Mammalia	EN	No	Marquet et al, 2010	63	
Larus serranus	Aves	VU(XV-III), R(IV-XI)	No		5	
Laterallus jamaicensis	Aves	IC	No		52	
Leopardus guigna	Mammalia	VU (XIV al norte), NT (X al sur)	No	Marquet et al, 2010	46	
Lepidothamnus fonkii	Coniferopsida	LC	Si		10	
Lobelia bridgesii	Magnoliopsida	VU	No		23	
Lontra provocax	Mammalia	EN	No		107	
Lycopodium magellanicum var magellanicum	Lycopodiopsida		Si	Marquet et al, 2010	65	
Mordacia lapicida	Cephalaspidomorphi	EN	Si		43	
Myocastor coypus	Mammalia	VU	No	Marquet et al, 2010	46	
Numenius borealis	Aves	CR	No		6	
Odontesthes mauleanum	Actinopterygii	VU	Si		52	
Pandion haliaetus	Aves	VU	No		42	
Parastacus nicoleti	Malacostraca	LC	Si		38	
Percichthys melanops	Actinopterygii	VU	Si		60	
Percilia gillissi	Actinopterygii	EN	Si		166	
Philodryas chamissonis	Reptilia	VU(IV-XIV), R(III)	No	Marquet et al, 2010	564	
Plegadis chihi	Aves	EN	No		29	

Polystichum subintegerrimum	Filicopsida	NT	Si	Marquet et al, 2010	22	32
Pristidactylus torquatus	Reptilia	EN	No	Marquet et al, 2010	32	
Pseudalopex fulvipes	Mammalia	EN	Si		14	
Pseudocolopteryx flaviventris	Aves	IC	No		1	
Pudu pudu	Mammalia	VU	No	Marquet et al, 2010	51	
Rhinella rubropunctata	Amphibia	VU	No		12	
Rhinoderma darwini	Amphibia	EN	No	Marquet et al, 2010	106	33
Rhodophiala fulgens	Liliopsida	DD	Si		0	
Rhodophiala pratensis	Liliopsida	VU	Si		10	
Rhyncholestes raphanurus	Mammalia	VU	No		8	
Rostratula semicollaris	Aves	EN	No		1	
Scutellaria valdiviana	Magnoliopsida	EN	Si		11	
Senecio buglossus	Magnoliopsida		Si		1	
Senecio calocephalus	Magnoliopsida		Si	Marquet et al, 2010	16	
Senecio erraticus	Magnoliopsida		Si		0	
Senecio yegua	Magnoliopsida		Si		4	
Serpyllopsis caespitosa var. caespitosa	Filicopsida	LC	Si		119	
Strix rufipes	Aves	IC	No		102	
Tachyeres patagonicus	Aves	IC	No		1	
Tachymenis chilensis	Reptilia	VU	No	Marquet et al, 2010	58	
Telmatobufo australis	Amphibia	VU	No	Marquet et al, 2010	21	9
Theristicus melanopis	Aves	EN(II-III), VU(IV-X), FP(XI-XII)	No		13	
Trichomanes exsectum	Filicopsida	EN (J.F), VU (conti)	Si		30	
Trichomycterus areolatus	Actinopterygii	VU	Si		564	
Trichomycterus chiltoni	Actinopterygii	EN-R	Si		40	
Valdivia gayana	Magnoliopsida	VU-R	Si		6	
Valeriana obtusifolia	Magnoliopsida		Si		2	
Valeriana valdiviana	Magnoliopsida		Si		1	
Viola portalesia	Magnoliopsida		Si	Marquet et al, 2010	34	
Viola rubella	Magnoliopsida		Si		11	
Virilastacus araucanius	Malacostraca	VU	Si		16	
Virilastacus rucapihuelensis	Malacostraca	EN	Si		5	
Vultur gryphus	Aves	VU(XV-VII), R(VIII-X), FP(XI-XII)	No		207	

Descripciones y detalles en el anexo digital del mismo nombre , Anexo 13.6: Bases de datos.

11.7 Capañas de Terreno

Metodología

Se realizaron campañas de terreno para complementar la base de datos generada. La elección de los puntos de muestreo, se basó principalmente en dar énfasis en aquellas subsubcuencas con mayor potencial hidroeléctrico y en aquellas donde exista una carencia de información.

Estas campañas se realizaron en las siguientes fechas:

Cuenca	Fecha
Valdivia	20 al 223 de diciembre 2015
Bueno	26 al 30 de diciembre del 2015
Puelo	18 al 23 de enero del 2016
Yelcho	04 al 12 de enero del 2016

Las campañas de terreno contemplan el muestreo de fauna íctica, Didymosphenia geminata y caracterización de la vegetación ripariana. La diversidad florística ribereña se registra mediante un exhaustivo recorrido de los cursos de agua. En cada estación de muestreo se establece un transecto lineal de 50 m ubicado de manera paralela a la ribera del río el cual es recorrido completamente en un ancho de 2 m. Se registra la totalidad de especies de plantas vasculares presentes, las que no puedan ser identificadas en terreno son colectadas en bolsas plásticas, etiquetadas y prensadas para su posterior manipulación e identificación en trabajo de gabinete. Para lo anterior, se utiliza literatura especializada, tales como, los trabajos de Matthei (1995), Riedemann & Aldunate (2004), Hoffmann (2005). Para cada sitio de muestreo se registra su posición geográfica con un GPS y se toma un registro fotográfico.

El muestreo de ictiofauna se lleva a cabo mediante un equipo de pesca eléctrica portátil, modelo SAMUS - 725G. Dicha técnica se efectua teniendo en consideración la normativa vigente en relación al D.S 40 de 2013, del Ministerio del Medio Ambiente.

Se recolectan todos los individuos en transectos de 100 m. por cada estación de monitoreo, por un tiempo de 45 a 60 minutos aprox., dependiendo de las condiciones morfológicas de cada estación (profundidad, cubierta vegetacional y velocidad del cauce, entre otros). Todos los ejemplares

recolectados, se identifican in situ hasta el nivel taxonómico de especie siguiendo las referencias indicadas por Habit *et al.* 2006. Además ,se procede a determinar la longitud total (LT) y peso total (PT) de los individuos capturados, para posteriormente liberarlos en la misma estación donde fueron capturados. Las medidas de longitud total y peso total, permiten además la estimación del Factor de Condición (K) o robustez de los peces de acuerdo a la siguiente fórmula.

$$K = (PT/LT^3)*1000 \text{ (Lagler 1956).}$$

El estado de conservación de las especies de fauna acuática presente en el área de influencia, se determinará de acuerdo a las listas oficiales de especies con problemas de conservación para la zona sur de Chile (CONAMA 2009; D.S: N° 5/98), Informe técnico (R. PESQ.) N° 48/2011 Veda extractiva para fauna íctica nativa amenazada de aguas continentales y los D.S. Nº 151/07, D.S. N° 50/08, D.S.N°51/08, D.S. N°23/09, D.S N° 33/11, D.S. N°41/12, D.S. N°42/12, todos del MINSEGPRES, y D.S. N°19/12 y D.S. N°13/2013, todos del Ministerio del Medio Ambiente; que oficializan del primer al noveno proceso de clasificación de especies respectivamente, dictados según lo establecido en el Reglamento de Clasificación de Especies Silvestres (D.S. N° 75 del MINSEGPRES 2006, reemplazado por el D.S. N° 29 del MMA de 2011).

A partir de la información obtenida, se determinaran los siguientes índices ecológicos:

Índice de Diversidad (H')

$$H' = -\sum_{i=1}^{S} (pi \times \text{Log}_2\ pi)$$

Donde,

pi: es la proporción del número de individuos de la especie i con respecto al total de individuos de todas las especies (ni/N)

N: Total de especies

ni: número de Individuos de la especie i

S: número de especies

Índice de Riqueza Específica (S)

S = número de especies observadas

Índice de Uniformidad (J')

$$J' = H' / H' máx$$

Donde,

H': índice de diversidad de Shannon

H' máx: máxima diversidad

Índice de Dominancia (D)

$$D = \sum n N_i (N_i - 1)/N (N - 1)$$

Donde,

Ni: abundancia de individuos de la especie i.

Resultados

Los resultados de la campaña se encuentran en el anexo digital del mismo nombre, Anexo 13.7.

11.8 Ficheros

La construcción de los OdV fluviales requieren, en su mayoría, información proveniente de imágenes satelitales, las que permiten tener mayor certeza de las singularidades existentes en diferentes zonas. Dada la dificultad de recabar una gran cantidad de información por cada río, se determinó armar una ficha que incluya todas las variables asociadas a todos los OdV fluviales. Previo a la incorporación de la ficha, se realizó una discretización de los ríos, subdividiéndolos en tramos. La definición de estos tramos se realizó adoptando los siguientes criterios:

6. Sólo se segmentó en tramos, aquellos ríos disponibles en la red hidrográfica generada por el Instituto Geográfico Militar, proporcionada por el Ministerio de Energía.
7. Cada tramo generado puede pertenecer a sólo una sub-subcuenca.
8. Se sugiere una longitud de tramo promedio de 5 km., pudiendo extenderse hasta 10 km. en caso de no haber cambios significativos en el tramo.
9. Se generará un punto de división en tramos en caso de existir diferencias visuales en la morfología, vegetación lateral, cantidad de obras o cualquier cambio relevante que pueda alterar la representatividad de la información levantada en el tramo.
10. Sólo se considerará un tramo si el largo de esta es superior a 10 veces su ancho, considerando una longitud mínima de 1 km.

Una vez definidos los tramos de río, se realiza una revisión exhaustiva del mismo mediante imágenes satelitales proporcionadas por Google Earth. Para cada tramo se llenará una ficha que recopila la información requerida para la evaluación de los OdV fluviales. Las principales características de la ficha de llenado son las siguientes:

- Datos generales: incorpora nombre del operador, nombre del río, nivel de accesibilidad (alto, medio, bajo) y código único del tramo.
- Referencia geográfica y morfología: se incorporan en este tópico las coordenadas de los puntos extremos del tramo, sus elevaciones, pendiente promedio, longitud del tramo, longitud lineal del tramo, índice de sinuosidad, grado de confinamiento del canal, ancho de la planicie de inundación, ancho del cauce activo, ancho de cauce completo, grado de entrelazamiento, índice de confinamiento, confinamiento, morfología dominante, presencia de lagos naturales y superficie de los lagos naturales.
- Obras civiles: aquí se recaban las obras civiles que sirven de proxy para diferentes OdV. Se cuantifican los embalses artificiales y su superficie, centrales de pasada, bocatomas, puentes, canales, defensas longitudinales (espigones, muros), muros laterales, carreteras de borde, etc.
- Intervenciones en el cauce: se incorporan las extracciones de áridos, remodelación de secciones, limpieza de cauce, cortes en la vegetación ripariana, entre otras.

- Vegetación ripariana: Se considera el ancho promedio de la vegetación ripariana por cada ladera del río, junto al largo total por ribera que tiene continuidad en la vegetación. También, se añade el uso de suelo de cada costado del cauce.
- Unidades morfológicas: a modo de complementar información, se han añadido parámetros que no necesariamente son incluidos en algún OdV pero que de igual manera se consideran relevantes para análisis posteriores. Se incluyen singularidades morfológicas como humedales, oxbow lakes, zonas con macrófitas e islas vegetadas.
- SIG: se ha incluido también aspectos de importancia que serán recabados en forma posterior en gabinete, donde se incluye el área drenada, elevación máxima y minima de la cuenca, porcentaje de cubierta forestal nativa, porcentaje de cubierta vegetal de plantaciones, porcentaje de uso agrícola y porcentaje de otros usos.

Se presenta a continuación ficha tipo, con los atributos levantados para cada tramo de río, donde se aprecian datos generales de ubicación y morfología del tramo en estudio.

DATOS GENERALES
Operador
Cuenca
Sub-Sub-Cuenca (código)
Nombre de cuenca
Número del tramo
Tramo (código)
Accesibilidad
Nombre del río (de DGA)
GOOGLE EARTH
Coordenadas extremos aguas arriba (S)
Coordenadas extremos aguas arriba (O)
Coordenadas extremos aguas abajo (S)
Coordenadas extremos aguas abajo (O)
Elevación extremo aguas arriba (m)
Elevación extremo aguas abajo (m)
Perdida de elevación (m)
Longitud del tramo (m)
Pendiente promedio (m/m)
Longitud Lineal (m)
Índice sinuosidad
Grado de confinamiento (%)
Canal único (n=5) o canales múltiples (n=2)
Ancho de la planicie de inundación (m)
Ancho bankfull (m)
Ancho del cauce activo (m)
Grado de entrelazamiento (canales/sección)
Índice de confinamiento
CONFINAMIENTO
MORFOLOGIA DOMINANTE
Lagos naturales (número)

Posterior al llenado de datos generales y morfología, se levantó información de obras civiles en el tramo, intervenciones antrópicas en el cauce y caracterización de la vegetación ripariana.

OBRAS
Reservorio o embalse artificial (número)
Reservorio artificial (extension m^2)
Centrales de pasada (número)
Bocatomas y desviaciones de agua (número)
Obras transversales de otro tipo (número)
Puentes (número)
Canalizaciones completas (número)
% Carreteras al borde del rio (DERECHA del tramo)
% Carreteras al borde del rio (IZQUIERDA del tramo)
Defensas longitudinales (espigones, muros) (número)
Muros laterales (m longitud, DERECHA del tramo)
Muros laterales (m longitud, IZQUIERDA del tramo)
Vados - Badén (cant.)
Canoas (cant.)
Sifones (cant.)
Restitución (cant.)
Pisciculturas (cant.)
Pasarelas peatonales - puentes colgantes (cant.)
INTERVENCIONES EN EL CAUCE
Extracciones de árido (número)
Remodelación de secciones (número)
Corte de vegetación ripariana (número)
Otras intervenciones (canalizaciones temporarias, número)
VEGETACION RIPARIANA
Ancho promedio del margen ripariano DERECHO (m.)
Continuidad vegetacion margen DERECHO (%)
Uso suelo margen DERECHO
Ancho promedio del margen ripariano IZQUIERDO (m.)
Continuidad vegetación margen IZQUIERDO (%)
Uso suelo margen IZQUIERDO

Luego, se reconocieron las unidades morfológicas presentes en el tramo estudiado.

UNIDADES MORFOLOGICAS
Humedales (cobertura %)
Humedales (cant.)
Oxbow lakes (números)
Zonas con macrófitas (Si (1); No(0))
Islas vegetadas (número)
Troncos en ribera o lecho de río
Lagos/lagunas

Finalmente, se levanta información mediante uso de SIG con los atributos que se muestran a continuación. Mayores detalles disponibles en el anexo digital del mismo nombre, Anexo 13.8.

SIG
Área drenada (extremo aguas abajo) (km^2)
Elevación máxima de la cuenca (m)
Elevación mínima de la cuenca (m)
Pendiente promedio de la cuenca (m/m)
% cubierta forestal nativa
% cubierta forestal plantaciones
% uso agrícola
% otros usos

11.9 Anexos Digitales

Anexos de gran tamaño se presentan digitalmente.

Anexo 1: Lista de actores Claves.

Anexo 2: Lista de Información Secundaria para recabar OdV.

Anexo 3: Catastro proyectos CDEC-SIC.

Anexo 4: Centrales hidroelectricas según DGA y MIE.

Anexo 5: Catastro Final de Centrales por cuenca.

Anexo 6: Imágenes Potencial asociado a cuencas.

Anexo 7: Tablas de Potencial asociado a cuencas.

Anexo 8: Caracterización de las cuencas.

Anexo 9: Talleres.

- Anexo 9.1. Invitación seminarios
- Anexo 9.2. Programas seminarios
- Anexo 9.3. Presentación de mapas
- Anexo 9.4. Presentación de glosa
- Anexo 9.5. Lista de asistencia talleres
- Anexo 9.6. Presentación Introductoria
- Anexo 9.7. Presentación Ministerio de Energía
- Anexo 9.8. Presentación Universidad de Chile
- Anexo 9.9. Registro fotográfico

Anexo 10: Levantamiento de OdV

- Anexo 10.0.Guias y cartografía de apoyo al levantamiento de OdV.
- Anexo 10.1.Lista de asistencia a seminarios y registro fotográfico.
- Anexo 10.2.Minutas de reuniones.
- Anexo 10.3.Informaciòn secundaria y resultados intermedios.
- Anexo 10.4.Temas relevados por los asistentes a los seminarios de inicio.

Anexo 11: Anexos impresos (para no confundir nomenclaturas, se ha tomado esta disposición)

Anexo 14:Potencial a nivel de sub-subcuenca

Anexo 15:Costos desagregados de transmisión a nivel de subsubcuencas.
Anexo 16.Información e imagenes formato SIG
Anexo 17.Información base (para estudios fluviales, ODV y modelo)
Anexo 18.Guía de Uso Modelo de optimización
Anexo 19.Modelo de Optimización