



# MÁS Y MEJOR RIEGO PARA CHILE

**INFORME FINAL**

**ESTUDIO BÁSICO**

**“DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA PARA EL DESARROLLO DEL RIEGO EN LA  
COMUNA DE SANTA JUANA”**

CHILLÁN, FEBRERO DE 2020



MÁS Y MEJOR  
RIEGO PARA CHILE

yo  
cuido  
el agua

REALIZADO POR



DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS  
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA  
UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN



MÁS Y MEJOR  
RIEGO PARA CHILE



**Equipo participante:**

**Octavio Lagos**

PhD, Ingeniero Civil Agrícola, Jefe de Estudio.

**José Luis Arumí**

PhD, Ingeniero Civil, Especialista Hidrología e Hidrogeología.

**Nicole Uslar**

PhD, Ingeniero Civil Agrícola, Ingeniera de Apoyo en Hidrología e Hidrogeología.

**José Contreras**

Ingeniero Agrónomo, Especialista Edafólogo.

**Luis Salgado**

PhD, Ingeniero Agrónomo, Especialista de Drenaje.

**Carolina Manríquez**

Ingeniero Civil Agrícola, Encargada de Difusión.

**Walter Valdivia**

Ingeniero Agrónomo, Magister en Ingeniería Agrícola, Ingeniero de Terreno.

**Andrés Pérez**

Ingeniero Civil Agrícola, Encargado del SIG.

**Henry Murillo**

Ingeniero Agrónomo, Encargado de Caracterización Agroproductiva.

**Juan Luis Novoa**

Ingeniero Ambiental, Especialista Ambiental.

**Francisca Serrano**

Abogada, Especialista Legal.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>1</b>	<b>GLOSARIO .....</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>RESUMEN .....</b>	<b>12</b>
<b>3</b>	<b>ANTECEDENTES HISTÓRICOS.....</b>	<b>14</b>
<b>4</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO .....</b>	<b>17</b>
<b>5</b>	<b>CARACTERIZACIÓN AGROPRODUCTIVA DEL VALLE DE CATIRAI .....</b>	<b>23</b>
5.1	<i>Identificación del agricultor .....</i>	26
5.2	<i>Situación legal de la tierra.....</i>	27
5.3	<i>Trabajadores del predio.....</i>	27
5.4	<i>Superficie del predio .....</i>	28
5.5	<i>Problemas de drenaje.....</i>	29
5.6	<i>Características del suelo .....</i>	29
5.7	<i>Fuente de agua y derechos de aprovechamiento de agua .....</i>	30
5.8	<i>Sistema de riego.....</i>	30
5.9	<i>Uso de suelo en la temporada 2018-2019.....</i>	33
5.10	<i>Existencia animal temporada 2018-2019 .....</i>	38
5.11	<i>Uso de técnicas agroecológicas .....</i>	39
5.12	<i>Comercialización.....</i>	40
5.13	<i>Infraestructura disponible.....</i>	41
5.14	<i>Limitaciones a la producción y conectividad.....</i>	41
5.15	<i>Interés por el proyecto (disponer de agua de riego) .....</i>	42
5.16	<i>Colaboración .....</i>	42
5.17	<i>Observaciones generales: .....</i>	42
<b>6</b>	<b>DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL DE LA INFRAESTRUCTURA DE RIEGO EN EL ÁREA DE ESTUDIO.....</b>	<b>44</b>
6.1	<i>Canales de riego.....</i>	45
6.1.1	<i>Canales en el estero Curalí.....</i>	46
6.1.2	<i>Desagües naturales y artificiales .....</i>	50
6.2	<i>Obra de riego (Estero Los Pellines).....</i>	55
6.3	<i>Pequeños esteros .....</i>	59
6.3.1	<i>Estero Curalí.....</i>	61
6.3.2	<i>Estero Pellines.....</i>	63
6.3.3	<i>Estero Guane.....</i>	63
6.3.4	<i>Estero San Juan .....</i>	64
6.3.5	<i>Estero Moya.....</i>	65
6.3.6	<i>Estero Huedilhue .....</i>	66
<b>7</b>	<b>REQUERIMIENTOS HÍDRICOS ESTIMADOS DEL VALLE DE CATIRAI.....</b>	<b>68</b>
7.1	<i>Requerimientos hídricos del valle de Catirai situación actual.....</i>	70
7.2	<i>Requerimientos hídricos del valle de Catirai con proyecto .....</i>	77
<b>8</b>	<b>HIDROLOGÍA .....</b>	<b>82</b>
8.1	<i>Hidrología del río Lía y otros esteros.....</i>	83
8.1.1	<i>Transposición de caudales.....</i>	83
8.1.2	<i>Análisis de estaciones fluviométricas .....</i>	84

8.1.3	Análisis de similitud hidrológica .....	90
8.1.4	Estimación de caudales para la cuenca del río Lía, en punto DGA.....	94
8.1.5	Trasposición de caudales.....	96
8.1.6	Análisis estadístico de caudales.....	97
8.1.7	Estimación de caudales para diferentes esteros.....	99
8.1.8	Campaña de aforos.....	102
8.2	<i>Hidrología en cabecera de Embalses</i> .....	103
8.2.1	Estimación de caudales para la cuenca del río Lía en cabecera Embalse Lía.....	103
8.2.2	Estimación de caudales para la cabecera Embalse Pellines.....	107
8.3	<i>Crecida de diseño para Embalses</i> .....	109
8.4	<i>Sedimentos</i> .....	112
8.4.1	Estimación de volumen según metodología USBR.....	112
<b>9</b>	<b>GEOLOGÍA.....</b>	<b>114</b>
<b>10</b>	<b>DERECHOS DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS EN EL RÍO LÍA.....</b>	<b>117</b>
<b>11</b>	<b>CARACTERIZACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÁNEOS .....</b>	<b>121</b>
<b>12</b>	<b>CAPACIDAD DE USOS DE SUELOS .....</b>	<b>127</b>
12.1	<i>Clases de capacidad de uso de los suelos</i> .....	134
12.2	<i>Categoría de suelos para regadío</i> .....	137
12.3	<i>Caracterización físico hídrica de los suelos</i> .....	138
12.4	<i>Infiltración</i> .....	140
<b>13</b>	<b>SITUACIÓN ACTUAL DEL DRENAJE .....</b>	<b>146</b>
13.1	<i>Caracterización de los suelos</i> .....	147
13.2	<i>Categorías o clases de drenaje</i> .....	152
13.3	<i>Análisis del drenaje según la información de las calicatas</i> .....	154
13.4	<i>Resultados conclusivos de campañas de terreno</i> .....	155
13.4.1	Estudio topográfico.....	155
13.4.2	Efecto de la lluvia.....	157
13.4.3	Última visita a terreno.....	161
13.5	<i>Conclusiones</i> .....	163
13.6	<i>Recomendaciones</i> .....	164
<b>14</b>	<b>PROPUESTAS DE IDEAS DE PROYECTOS .....</b>	<b>165</b>
14.1	<i>Ideas de proyectos sin regulación</i> .....	166
14.1.1	Antecedentes para determinar los costos.....	170
14.1.1.1	Canal de traspaso desde el río Lía al valle del Catirai.....	170
14.1.1.2	Bocatoma.....	179
14.2	<i>Ideas de proyecto con regulación</i> .....	181
14.2.1	Embalse Lía.....	186
14.2.1.1	Tipología de presa.....	186
14.2.1.2	Evacuador de crecidas.....	187
14.2.1.3	Altura de la presa.....	189
14.2.1.4	Cálculo de revanchas.....	189
14.2.1.5	Coronación de la presa.....	191
14.2.1.6	Obras de desvío.....	191
14.2.2	Embalse Pellines y Embalse en estero sin nombre.....	194
14.2.3	Antecedentes para determinar los costos.....	196

14.2.3.1	Interferencias .....	198
14.2.3.2	Ensayo geotécnicos .....	198
14.2.4	Ubicación de los ensayos geotécnicos en los potenciales lugares de Embalse.....	201
14.3	<i>Idea de proyecto aguas subterráneas.....</i>	<i>202</i>
<b>15</b>	<b>PROCEDIMIENTOS LEGALES.....</b>	<b>211</b>
15.1	<i>Solicitud de traslado del ejercicio del Derecho de Aprovechamiento de Aguas.....</i>	<i>212</i>
15.1.1	Procedimiento de tramitación traslado Derecho de Aprovechamiento de Aguas... ..	212
15.1.2	Costos asociados a la tramitación.....	216
15.1.3	Interferencias entre solicitudes de traslado de ejercicio y solicitudes de Derechos de Aprovechamiento.....	216
15.2	<i>Solicitud de Construcción de grandes obras hidráulicas.....</i>	<i>218</i>
15.2.1	Procedimiento de tramitación.....	218
15.2.2	Interferencia entre obra y DAA de terceros .....	219
15.3	<i>Solicitud de uso de cauces públicos.....</i>	<i>220</i>
15.3.1	Procedimiento de tramitación.....	221
15.4	<i>Servidumbres o expropiaciones para el paso del canal o entubamiento de la conducción del agua desde el río Lía a esteros del valle .....</i>	<i>221</i>
15.5	<i>Derechos de Aprovechamiento Embalse estero los Pellines.....</i>	<i>221</i>
<b>16</b>	<b>ANÁLISIS DE PERTINENCIA DE INGRESO AL SEIA.....</b>	<b>225</b>
16.1	<i>Presupuesto.....</i>	<i>247</i>
16.2	<i>La elaboración de la declaración de impacto ambiental (DIA), contendrá los siguientes aspectos técnicos:.....</i>	<i>249</i>
<b>17</b>	<b>PRESENTACIÓN IDEAS DE PROYECTO .....</b>	<b>251</b>
17.1	<i>Metodología de validación.....</i>	<i>252</i>
17.2	<i>Resultados.....</i>	<i>255</i>
17.3	<i>Conclusiones .....</i>	<i>258</i>
<b>18</b>	<b>CIERRE DEL ESTUDIO .....</b>	<b>259</b>
<b>19</b>	<b>SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.....</b>	<b>261</b>
19.1	<i>SIG Como herramienta de análisis.....</i>	<i>262</i>
19.2	<i>SIG Como herramienta de producción de cartografías de las variables del estudio .....</i>	<i>263</i>
19.3	<i>SIG como un producto por sí mismo, como una aplicación o plataforma informática.....</i>	<i>263</i>
<b>20</b>	<b>CONCLUSIONES GENERALES.....</b>	<b>269</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Superficie por tipo de cultivo comuna de Santa Juana. ....	18
Tabla 2.	Caudales en río Lía a favor del Fisco.....	19
Tabla 3.	Distribución poblacional según rango de edad para la comuna de Santa Juana, región del Biobío y el País.....	21
Tabla 4.	Número de encuestas de caracterización agroproductiva realizadas en cada localidad. ....	25
Tabla 5.	Descripción de la fuerza laboral, en porcentaje, de predios catastrados en encuesta agroproductiva. ....	28
Tabla 6.	Fuente de agua y situación legal de DAA, en predios catastrados en encuesta agroproductiva. ....	30

Tabla 7. Métodos de riego utilizados en los predios empadronados. ....	31
Tabla 8. Frecuencia y tiempo de riego utilizados para los distintos métodos de riego utilizados en los predios empadronados. ....	31
Tabla 9. Porcentaje de agricultores que verifican calidad de riego aplicado al cultivo, en los predios encuestados. ....	32
Tabla 10. Porcentaje de cultivos según presencia o ausencia de riego en la zona de estudio. ....	33
Tabla 11. Cultivos de secano censados en encuesta de caracterización agroproductiva del valle del Catirai. ....	34
Tabla 12. Cultivos de riego censados en encuesta de caracterización agroproductiva del valle del Catirai. ....	35
Tabla 13. Especies frutales censadas en encuesta agroproductiva en el valle del Catirai. ....	36
Tabla 14. Cultivos bajo plástico censadas en encuesta agroproductiva en el valle del Catirai. ....	37
Tabla 15. Existencia animal temporada 2018-2019 en la zona de estudio, de acuerdo a información recabada por encuesta agroproductiva. ....	38
Tabla 16. Uso de técnicas agroecológicas en las explotaciones catastradas en la zona de estudio. ....	39
Tabla 17. Uso de semillas certificadas, portainjertos, acceso asesoría técnica y crédito presentes en los agricultores censados del valle del Catirai. ....	40
Tabla 18. Productos comercializados por agricultores del valle de Catirai. ....	40
Tabla 19. Tipos de construcción y cantidades censadas en las explotaciones. ....	41
Tabla 20. Parámetros específicos y factores de ponderación para definir estado de bocatomas. ....	57
Tabla 21. Resumen del resultado de la evaluación de la bocatoma en el estero Los Pellines. ....	58
Tabla 22. Proyección N° Agricultores en el área de estudio sin considerar el área forestal. ....	69
Tabla 23. Proyección N° Agricultores del área de estudio considerando área forestal. ....	70
Tabla 24. Estratificación de agricultores de acuerdo a Municipalidad (Prodesal). ....	70
Tabla 25. Superficie total agropecuaria y forestal de los agricultores encuestados en la caracterización agro-productiva del valle. ....	71
Tabla 26. Superficie estimada por cultivo para el área de estudio. ....	71
Tabla 27. Déficit hídrico y evapotranspiración de referencia mensual para el área de estudio. ....	72
Tabla 28. Coeficientes de cultivo mensuales para los cultivos presentes en la zona de estudio. ....	72
Tabla 29. Eficiencias de aplicación para diferentes métodos de riego. ....	74
Tabla 30. Eficiencias de aplicación para diferentes métodos de riego separados por distrito. ....	74
Tabla 31. Necesidades de riego por hectárea promedio ponderada. ....	75
Tabla 32. Cálculo de la precipitación efectiva mensual. ....	76
Tabla 33. Necesidades de riego por hectárea y precipitación efectiva mensual. ....	76
Tabla 34. Valores de coeficiente de cultivo, Kc, para especies vegetales adaptables al valle de Catirai, en periodo octubre a marzo. ....	77
Tabla 35. Rango de valores de coeficiente de cultivo para período octubre a marzo, de acuerdo a cultivos adaptables al valle del Catirai. ....	78
Tabla 36. Antecedentes climáticos distrito Curanilahue. ....	78
Tabla 37. Requerimiento mensual y anual de los cultivos potenciales para el área de estudio. ....	79
Tabla 38. Déficit hídrico, evapotranspiración de referencia, coeficientes de cultivo Kc, y necesidades de riego periodo octubre - marzo. ....	81
Tabla 39. Necesidades de riego por hectárea y precipitación efectiva mensual. ....	81
Tabla 40. Estaciones fluviométricas seleccionadas para el análisis. ....	85
Tabla 41. Estadísticas de caudales consideradas para el análisis. ....	87
Tabla 42. Conjunto de parámetros representativos de cada cuenca. ....	90
Tabla 43. Conjunto de parámetros representativos de cada cuenca. ....	95
Tabla 44. Caudales generados para la cuenca del río Lía (m <sup>3</sup> /s). ....	96
Tabla 45. Resultados del análisis de frecuencia para el río Lía en punto DGA. ....	98
Tabla 46. Caudales medios mensuales para diferentes probabilidades de excedencia estimados para el río Lía (m <sup>3</sup> /s). ....	98
Tabla 47. Puntos de control donde se estimaron caudales disponibles. ....	100

Tabla 48. Caudales medios mensuales para diferentes probabilidades de excedencia estimados para el estero los Pellines en Embalse Pellines (m <sup>3</sup> /s) .....	100
Tabla 49. Caudales medios mensuales para diferentes probabilidades de excedencia estimados para el estero sin nombre en Embalse (m <sup>3</sup> /s).....	101
Tabla 50. Comparación entre datos estimados y medidos para el río Lía (m <sup>3</sup> /s).....	102
Tabla 51. Áreas de las cuencas aportantes a la cabecera del Embalse Lía.....	103
Tabla 52. Caudales generados para la cuenca del río Lía en cabecera del Embalse (m <sup>3</sup> /s).....	104
Tabla 53. Resultados del análisis de frecuencia para el río Lía. ....	106
Tabla 54. Caudales medios mensuales para diferentes probabilidades de excedencia estimados para el río Lía (m <sup>3</sup> /s). ....	106
Tabla 55. Área de la cuenca aportante a la cabecera del Embalse Pellines.....	107
Tabla 56. Caudales medios mensuales para diferentes probabilidades de excedencia estimados para el estero los Pellines en cabecera Embalse Pellines (m <sup>3</sup> /s).....	108
Tabla 57. Estaciones DGA consultadas.....	109
Tabla 58. Caudales instantáneos máximos (Q <sub>max</sub> ) para cuenca del río lía, estero sin nombre y estero pellines (en negrita, datos ajustados con función logarítmica).....	112
Tabla 59. Gasto sólido y volumen muerto asociado a 50 años de vida útil.....	113
Tabla 60. Derechos de Aprovechamiento de Aguas del río Lía. ....	118
Tabla 61. Registro de pozos. ....	122
Tabla 62. Resumen expedientes DDA subterráneos en zona de estudio.....	124
Tabla 63. Resultados información hidrogeológica reportada en “Estudio de identificación de acuíferos en comunas afectadas por déficit hídrico de la provincia de Concepción” Id 1496-8-le15.....	126
Tabla 64. Retención de agua promedio (mm) en 100 cm de profundidad. ....	140
Tabla 65. Valores de velocidad de infiltración a 120 minutos. ....	143
Tabla 66. Series de suelos existentes en el valle Santa Juana .....	147
Tabla 67. Fases de suelos del valle y su respectiva categoría de drenaje. ....	147
Tabla 68. Categorías de drenaje por unidad cartográfica. ....	152
Tabla 69. Estimación de costos para canal de conducción abierta. ....	177
Tabla 70. Estimación de costos para canal de conducción cerrada. ....	178
Tabla 71. Estimación de costos bocatoma.....	181
Tabla 72. Taludes utilizados en presas construidas en Chile .....	187
Tabla 73. Caudal de descarga para diferentes alturas de agua.....	188
Tabla 74. Expresiones empíricas de cálculo de altura de ola.....	190
Tabla 75. Revanchas por oleaje.....	190
Tabla 76. Revanchas y cotas de coronación resultantes.....	191
Tabla 77. Estudios consultados para determinar “n”. ....	192
Tabla 78. Parámetros del vertedero .....	194
Tabla 79. Coronamiento.....	195
Tabla 80. Túnel de desvío.....	195
Tabla 81. Estimación de costos implementación de Embalse Lía.....	197
Tabla 82. Estimación de costos implementación Embalse en estero Sin Nombre.....	197
Tabla 83. Estimación de costos implementación Embalse en estero Pellines.....	198
Tabla 84. Costo unitario para realizar ensayo geotécnico de densidad máxima compactada para suelo húmedo (Densidad Máxima, compactada húmeda), densidad máxima compactada para suelo seco (Densidad Máxima, compactada seca), humedad del suelo (Humedad), pruebas de Atterberg (Limite Atterberg, NCh 1517/1 Of.79 y NCh 1517/2 Of.79) y clasificación de suelo según American Association of State Highway Officials - Unified Soil Classification System (Clasificación AASHTO - USCS).....	200
Tabla 85. Costos de perforación, habilitación y bombas batería de 2 pozos profundos.....	205
Tabla 86. Costos de conducción 2500 m.....	205
Tabla 87. Datos de la electrobomba.....	205
Tabla 88. Punto de operación de la bomba.....	206

Tabla 89. Costos de operación de la electrobomba conectada a la red eléctrica con tarifa AT4.3.....	206
Tabla 90. Presupuesto sistema de bombeo fotovoltaico directo.....	208
Tabla 91. Presupuesto sistema on grid.....	209
Tabla 92. Se estima que los costos asociados a la tramitación son del siguiente orden aproximado . .....	216
Tabla 93. Análisis de pertinencia de ingreso para cada idea de proyecto. ....	227
Tabla 94. Análisis efectos, características o circunstancias del artículo 11 de la ley. ....	234
Tabla 95. Capas del SIG, contenido, fecha de actualización y procedencia .....	264

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Delimitación de la zona de estudio.....	20
Figura 2. Subcuencas de la zona de estudio, región del Biobío. ....	22
Figura 3. Ubicación geográfica de predios de agricultores encuestados.....	26
Figura 4. Distribución de la situación legal de la tierra de predios catastrados en encuesta agropecuaria .....	27
Figura 5. Distribución de la superficie predial de predios catastrados en encuesta agroproductiva....	28
Figura 6. Agricultores con problemas y limitaciones a la productividad y conectividad.....	42
Figura 7. Canales presentes en la zona de estudio según información secundaria.....	46
Figura 8. Canales catastrados en la zona de estudio. Sector de Curalí bajo.....	50
Figura 9. Desagües naturales o artificiales encontrados en el área de estudio.....	51
Figura 10. Pequeño estero afluente del estero Curalí.....	54
Figura 11. Ubicación toma de obra de riego en el estero Los Pellines. ....	56
Figura 12. Esteros en el área de estudio. ....	61
Figura 13. Estaciones seleccionadas para el análisis y sus cuencas aportantes.....	84
Figura 14. Correlación de caudales medios mensuales.....	86
Figura 15. Correlación de caudales medios mensuales usados para rellenar la estación río Butamalal en Butamalal.....	89
Figura 16. Isoyetas estimadas para la región del Biobío.....	92
Figura 17. Curvas de duración de duración de rendimientos específicos para cada cuenca comparada con el río Butamalal.....	92
Figura 18. Resumen de curvas de duración de rendimientos específicos para todas las cuencas analizadas. ....	94
Figura 19. Efecto de la pendiente sobre el valor de la Curva Número (CN), de acuerdo a la corrección propuesta por Sharpley y Williams (1990). ....	95
Figura 20. Curva de variación estacional estimada para el río Lía. ....	99
Figura 21. Curva de variación estacional estimada para el estero los Pellines en Embalse Pellines...101	
Figura 22. Curva de variación estacional estimada para el estero sin nombre en Embalse Hueldihue. .....	102
Figura 23. Comparación entre datos estimados y medidos para el río Lía (m <sup>3</sup> /s). ....	103
Figura 24. Cuencas aportantes a la cabecera del Embalse Lía.....	104
Figura 25. Curva de variación estacional estimada para el río Lía en cabecera de Embalse.....	107
Figura 26. Cuenca aportantes a la cabecera del Embalse Pellines. ....	108
Figura 27. Curva de variación estacional estimada para el estero los Pellines en cabecera Embalse Pellines.....	109
Figura 28. Ajuste logarítmico caudales en cuenca del río Lía.....	111
Figura 29. Ajuste logarítmico caudales en cuenca del estero sin nombre. ....	111
Figura 30. Ajuste logarítmico caudales en cuenca del estero Pellines.....	112
Figura 31. Producción de sedimentos vs área según USBR.....	113
Figura 32. Unidades geológicas en las posibles ubicaciones de Embalses.....	116
Figura 33. Derechos de Aprovechamiento de Aguas en el río Lía.....	120
Figura 34. Derechos de agua subterráneos regularizados en DGA en la zona de estudio. ....	123

Figura 35. Distribución de las calicatas.....	131
Figura 36. Distribución de las series de suelo encontradas en el área estudiada. ....	133
Figura 37. Distribución de las clases de capacidad de uso en el área estudiada.....	135
Figura 38. Distribución de los suelos del área estudiada, de acuerdo a su aptitud frutal.....	136
Figura 39. Distribución de los suelos del área estudiada, de acuerdo a su categoría para regadío.....	137
Figura 40. Velocidad de infiltración calicata 26.....	142
Figura 41. Infiltración acumulada calicata 26. ....	145
Figura 42. Variaciones de las series de suelo encontradas en el valle.....	149
Figura 43. Categorías de drenaje por unidad cartográfica.....	153
Figura 44. Área topografiada.....	155
Figura 45. Plano altimétrico.....	156
Figura 46. Perfiles longitudinales de los esteros. ....	157
Figura 47. Esquema sin regulación. ....	167
Figura 48. Trazado del canal proyectado con bocatoma en río Lía.....	168
Figura 49. Singularidades canal matriz. ....	171
Figura 50. Ubicación de canales en ladera.....	172
Figura 51. Simulación en Hcanales para canal abierto $Q=0,31 \text{ m}^3/\text{s}$ .....	173
Figura 52. Simulación en Hcanales para canal abierto $Q=0,64 \text{ m}^3/\text{s}$ .....	173
Figura 53. Simulación Hcanales para canal abierto $Q=0,98 \text{ m}^3/\text{s}$ .....	174
Figura 54. Obra tipo utilizada para estimaciones canal abierto.....	174
Figura 55. Simulación Hcanales para canal entubado $Q=0,31 \text{ m}^3/\text{s}$ .....	175
Figura 56. Simulación Hcanales para canal entubado $Q=0,64 \text{ m}^3/\text{s}$ .....	175
Figura 57. Simulación Hcanales para canal entubado $Q=0,98 \text{ m}^3/\text{s}$ .....	176
Figura 58. Obra tipo utilizada para estimaciones canal cerrado.....	176
Figura 59. Sección tipo de cámara de inspección para canal entubado.....	177
Figura 60. Propiedades por donde pasaría el canal matriz proyectado.....	179
Figura 61. Obra tipo de bocatoma utilizada para estimar costos.....	180
Figura 62. Esquema de barrera fija para bocatoma. ....	181
Figura 63. Ideas de proyecto con regulación.....	182
Figura 64. Ideas de proyecto con regulación.....	183
Figura 65. Elevación de muro vs volumen para Embalse Lía.....	184
Figura 66. Elevación de muro vs volumen para Embalse Pellines.....	185
Figura 67. Elevación de muro vs volumen para Embalse sin nombre.....	185
Figura 68. Valores de coeficiente de descarga en función de $P/H_0$ .....	188
Figura 69. Sección típica túnel de desvío. ....	193
Figura 70. Cálculos hidráulicos túnel de desvío. ....	193
Figura 71. Presa tipo.....	196
Figura 72. Ubicación de ensayos geotécnicos para Embalse Pellines (N°1).....	202
Figura 73. Esquema idea de proyecto aguas subterráneas. ....	203
Figura 74. Idea de proyecto aguas subterráneas. ....	204
Figura 75. Volumen de agua promedio diario para un sistema de bombeo fotovoltaico directo. ....	207
Figura 76. Comparación entre la energía generada y consumida. ....	208
Figura 77. Trazado del canal proyectado con bocatoma en río Lía.....	230
Figura 78. Ideas de proyecto con regulación.....	231
Figura 79. Idea de proyecto aguas subterráneas. ....	232
Figura 80. Visualización de capas en proyecto Qgis.....	264

## ÍNDICE DE ANEXOS

- A5. Caracterización agroproductiva.**
- A7. Requerimientos hídricos estimados del valle de Catirai.**
- A8. Hidrología.**
- A10. Derechos de aprovechamiento de aguas (DAA) en el río Lía.**
- A12. Capacidad de usos de suelos.**
- A13. Situación actual del drenaje.**
- A14. Propuestas de ideas de proyectos.**
- A17. Presentación de ideas de proyecto.**
- A18. Cierre del estudio**
- A19. SIG**
- A. Cartografía.**



MÁS Y MEJOR  
RIEGO PARA CHILE



## 1 GLOSARIO

APR: Agua Potable Rural.

CA: Código de Aguas.

CADEPA: Proyecto Conservación del Medio Ambiente y Desarrollo Rural Participativo en el Secano Mediterráneo de Chile.

CIREN: Centro de Información de Recursos Naturales.

CNR: Comisión Nacional de Riego.

DAA: Derechos de Aprovechamiento de Agua.

DGA: Dirección General de Aguas.

DIA: Declaración de Impacto Ambiental.

EIA: Estudio de Impacto Ambiental.

HDPE: High Density Polyethylene.

IAHS: Asociación Internacional de Ciencias Hidrológicas.

IGM: Instituto Geográfico Militar.

INDAP: Instituto de Desarrollo Agropecuario.

JJVV Junta de Vecinos.

MOP: Ministerio de Obras Públicas.

PLADECO: Plan de Desarrollo Comunal.

PRMC: Plan Regulador Metropolitano.

PRODESAL: Programa de Desarrollo Local.

SEIA: Servicio de Evaluación de Impacto Ambiental.

SII: Servicio de Impuestos Internos.

USBR: Unites States Bureau of Reclamation.

USDA: United States Department of Agriculture.

## 2 RESUMEN

La zona agrícola del secano interior abarca desde la quinta a la octava región de Chile, donde habitan muchos pequeños productores y el desarrollo de la agricultura está limitado notablemente por las condiciones particulares de topografía, tipo de suelo, drenaje, nivel de degradación y las condiciones naturales del medio ambiente, especialmente la intensidad y distribución de las lluvias concentradas en invierno y la erosión de los suelos producidas por las lluvias y el mal manejo al que han sido sometidas. La comuna de Santa Juana es un reflejo de la problemática productivo-económica de las comunas de secano. En el caso del valle de Catirai, una de las principales limitantes para el desarrollo agrícola es el mal drenaje en invierno-primavera y la escasez hídrica en aquellos periodos donde la demanda de agua es máxima.

De acuerdo con información existente, en la zona de estudio existirían 1750 hectáreas de terrenos regables. Sin embargo, esta zona no dispone de riego, ya que por ser una cuenca netamente pluvial solo dispone de pequeños caudales de agua que escurren hasta finales de primavera, produciéndose una escasez de agua durante el verano que impide el establecimiento de cultivos, frutales y hortalizas bajo riego. Los productores agrícolas que existen en la zona están conformados en un 90% de pequeños agricultores de menos de 5 ha y solamente un 10% posee más de 5 ha. Hoy, la superficie cultivada incluye principalmente praderas, hortalizas y algunos frutales y existen algunas iniciativas con avellano europeo bajo riego que son abastecidos por pozos profundos de bajo rendimiento del orden de 10-17 L/s, ubicados cerca de la ribera del río Biobío.

Esta situación evidencia la poca disponibilidad de agua segura para riego lo que está impidiendo que el valle de Catirai exprese su alto potencial productivo agrícola. Sin embargo, esta situación podría ser revertida debido a que la Dirección de Obras Hidráulicas posee derechos de agua inscritos a favor del Fisco en el río Lía, según resolución DGA N°768 de octubre de 1997, una subcuenca adyacente al valle de Catirai. Estos derechos de agua podrían ser trasvasados a dicho valle para abastecer del recurso hídrico con una seguridad de un 85%. Esta idea no es nueva, existen informes del año 1939 donde ingenieros veían posibilidades de utilizar el caudal del río Lía para el riego y la generación de electricidad para el pueblo de Santa Juana. Lamentablemente no se dispone de antecedentes básicos e información actualizada que permitan formular una iniciativa de inversión para un proyecto de riego.

Así, conociendo esta situación y con el propósito de recabar mayores antecedentes que permitan formular una iniciativa de inversión que dé solución al problema de disponibilidad hídrica y el mal drenaje del valle, la Comisión Nacional de Riego licitó un estudio para realizar un **“DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA PARA EL DESARROLLO DEL RIEGO EN LA COMUNA DE SANTA JUANA”**.

El objetivo general de este estudio es **“Desarrollar un diagnóstico y propuestas de desarrollo del Riego en la comuna Santa Juana Región del Biobío”**. Específicamente:

- a) Analizar la posibilidad de trasvase de los recursos hídricos a favor del fisco en el río Lía, para regar parte del valle de Catirai en el sector de Santa Juana.
- b) Estudiar los problemas y posibles soluciones, al mal drenaje que existe en parte del valle de Catirai en Santa Juana.
- c) Diagnosticar la situación actual, técnica y legal, de los recursos hídricos potencialmente disponibles en el río Lía.
- d) Realizar un estudio de suelos que permita caracterizar las clases de capacidad de uso y características físico-hídricas de los suelos.
- e) Realizar una caracterización geológica de la zona de estudio, que permita dar recomendaciones para la implementación de futuras obras de captación, acumulación, u otras obras necesarias para aprovechar los recursos del río Lía.
- f) Identificar, caracterizar y clasificar el tipo de agricultor existente en el área de estudio.
- g) Analizar la disponibilidad hídrica con 85% de probabilidad de excedencia en el río Lía.

Este estudio fue licitado públicamente en octubre de 2018 y la licitación fue adjudicada al Departamento de Recursos Hídricos de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad de Concepción. El monto total de la licitación es de M\$71.449 y tuvo un plazo de ejecución de 8 meses, desde el 7 de noviembre de 2018 al 7 de julio de 2019. El estudio está dividido en 5 etapas: i) Recopilación y análisis de antecedentes, ii) Estudios básicos y trabajo en terreno, iii) Evaluación de las ideas de proyectos, iv) Borrador BIF y actividad de cierre y v) Informe Final.



MÁS Y MEJOR  
RIEGO PARA CHILE

yo  
cuido  
el agua

### 3 ANTECEDENTES HISTÓRICOS

La idea de utilizar recursos hídricos del río Lía para el riego del valle agrícola de la comuna de Santa Juana no es nueva. Existe un anteproyecto del año 1939 del Departamento de Riego de la Dirección General de Obras Públicas (Steiner, 1939) donde se manifiesta que *“Santa Juana se encuentra en la urgente necesidad de solucionar tres problemas cuya solución se hace, cada día, más imperiosa: un sistema de regadío, un servicio de agua potable bueno y un servicio de alumbrado mejor y más seguro. La desviación y caída de las aguas del río Lía satisfarían cumplidamente con las sentidas necesidades locales al mismo tiempo”*.

En este anteproyecto se describe que *“el río Lía nace en la cordillera de la Costa, corre en la primera parte de su curso hacia el Este, acercándose hasta unos cinco kilómetros de Santa Juana, a orillas del Biobío. En la imposibilidad de franquear el último eslabón de la cordillera de la Costa para desembocar en el Biobío, tuerce bruscamente hacia el Oeste, yendo a desembocar, después de un largo recorrido, al océano Pacífico. La barrera mencionada tiene una altura de 50 m sobre el río. La planicie de Santa Juana, tiene por su parte, está a más o menos 90 m más abajo que el nivel del río en el codo que forma al torcer”*.

En términos de caudales disponibles dicho informe declara que la hoya hidrográfica del río está conformada por montes y cercos con árboles y arbustos, por lo que las aguas son casi siempre muy limpias y cristalinas. El río Lía, según los antecedentes recopilados en ese tiempo, posee un caudal mínimo de unos 1.000 L/s y el máximo se puede estimar en unos 35 m<sup>3</sup>/s en ese punto.

El suelo del valle, en una extensión de unas 2.000 ha. aproximadas, está formado por un subsuelo de *“arena fina”*, las partes bajas y vecinas a los riachuelos de esta planicie son cultivadas principalmente con chacras y cereales, pero *“más de una tercera parte es improductiva por falta de agua”*.

#### Descripción del anteproyecto 1939:

El anteproyecto (Steiner, 1939) para el trasvase de los recursos del río Lía considera: una represa, un canal, un túnel, sifones, provisión de agua Potable y suministro de Energía Eléctrica.

Represa: La represa, ubicada más o menos a 1,5 km aguas arriba del cruce del río Lía con el camino a Carampangue, consiste en un tajamar fijo de mampostería de 2 m de altura y 14 m de largo que atraviesa el río perpendicularmente. Está calculada como base un caudal de 1,1 m<sup>3</sup>/s y un máximo de 35 m<sup>3</sup>/s, la cortina de este vertedero libre sería de 1 m de espesor y el caudal mínimo se captaría completamente mediante compuertas.

Canal tramo 1: El canal se propone dimensionado para 1,1 m<sup>3</sup>/s siguiendo la falda izquierda del río y considera entubamiento en algunos tramos como canoas de madera necesarias para atravesar las quebradas.

Túnel: Desde el km 0,96 sigue un túnel de 480 m de largo. La sección del túnel de arco elevado tiene 1,7 m de altura y 1,2m de ancho en su base con revestimiento de concreto de 20-25 cm de espesor.

Canal tramo 2: Luego del túnel en el km 1,8 estaría ubicada la cámara de donde sale la tubería a presión para la central hidroeléctrica y el conducto de agua potable. Luego el canal cruza el

camino público hasta juntarse con el estero Moya. De acuerdo con el anteproyecto, *“en este tramo el canal hace uso del cauce del estero Moya hasta alcanzar la cota que exige el terreno donde el canal puede continuar”*. Este punto donde el canal se separa del estero Moya está dispuesto a una cota menor a la central hidroeléctrica de modo que pueda utilizarse el agua de la Central también en el riego. Desde este punto en adelante, el canal matriz sigue las faldas de la Cordillera para llegar al pie del cerro que está al sur del pueblo.

Sifones. Con el propósito de atravesar algunas depresiones en el tramo 2 existe la necesidad de 3 sifones de 290, 100 y 480m. El largo total del canal es de 13,5 km el cual varía entre 1.100 L/s y 55 L/s la pendiente varía entre 0,07% hasta 0,2% y las velocidades entre 0,43 y 0,59 m/s. La superficie total beneficiada estimada es de 1.870 ha.

Agua Potable: En esta época el servicio de Agua Potable existente era muy deficiente, para solucionar en parte este problema se proyectaba conectar la cámara de distribución con un estanque existente de agua potable distante a 5.720 m con una tubería de 2” tipo “Rocalit” con cámaras de control cada 500 m y a una diferencia de cota de 68 m. El flujo tendría una velocidad de 0,7 m/s y un caudal de 123 m<sup>3</sup> en 24 hr.

Energía Eléctrica: La energía eléctrica considerada en el anteproyecto considera el uso de un 10% aproximadamente del caudal de diseño (1.100 L/s) para unos 75HP. El conducto a presión entre la cámara y la central tiene un largo de más menos 120 m la tubería posee un diámetro de 350 mm, una velocidad de 1 m/s y un rendimiento de 96 L/s. El largo de la línea eléctrica es de 4,1 km hasta la periferia del pueblo de Santa Juana.

Con este proyecto se pretendió dar uso a los recursos hídricos del río Lía en beneficio del pueblo de Santa Juana. El costo total de la época (1939) para el canal fue de \$840.000 y para la provisión de energía eléctrica de \$244.000. Lamentablemente la iniciativa no terminó en concretarse.



MÁS Y MEJOR  
RIEGO PARA CHILE



## 4 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La comuna de Santa Juana se encuentra en la cuenca del río Biobío, en la zona Sur Oeste de la región del Biobío, correspondiendo en la división político administrativa, a la provincia de Concepción. Tiene una superficie comunal de 731 km<sup>2</sup> y según censo preliminar 2012 su población es de 13.705 habitantes de los cuales 7.065 se encuentran en el radio urbano. Santa Juana limita por el norte con el río Biobío, por el este, con las comunas de Laja y Nacimiento, por el sur con Curanilahue, y por el oeste con las comunas de Arauco, Lota y Coronel. En la comuna de Santa Juana, se encuentra el valle de Catirai, que pertenece al secano interior de la región del Biobío. Según antecedentes secundarios, existirían unas 827 ha de terrenos regables (Categorías I a IV de capacidad de uso). Sin embargo, esta zona no dispone de riego ya que por ser una cuenca netamente pluvial solo dispone de pequeños caudales de agua que escurren solo hasta finales de primavera, produciéndose una escasez de agua durante el verano que impide o dificulta el cultivo de frutales, praderas y hortalizas.

En esta zona, la mayor parte de las fuentes de agua son superficiales: vertientes, esteros; y subterráneas: punteras, pozos noria y pozos zanja, cuyas obras asociadas son captaciones y conducciones de carácter predial o intrapredial, pero en general se trata de obras precarias que abastecen fundamentalmente a la pequeña agricultura de la zona. No obstante, la agricultura desarrollada es altamente demandante de tecnologías de riego, por lo que no se ha desarrollado en la zona, salvo algunos proyectos de frutales.

Cabe señalar que la producción hortícola que hoy se produce en el valle, es comercializada en Concepción, dada su cercanía a este gran centro de consumo. Por esto último, potenciar la zona a través del riego para aumentar su productividad hortofrutícola, podría ser una gran oportunidad para el desarrollo comunal.

La comuna de Santa Juana presenta un uso del suelo según Censo 2007, en actividades agrícolas de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 1. Superficie por tipo de cultivo comuna de Santa Juana.

Cultivo	Superficie (ha)
Cereales	187
Forrajeras permanentes	145
Forrajeras anuales	22,4
Frutales mayores	27
Frutales menores	1,4
Viñas	230
Praderas naturales	2.704

Fuente: Censo agropecuario 2007.

Del cuadro anterior se desprende que la estructura de cultivos de la comuna de Santa Juana es principalmente de secano, predominando las praderas naturales, cereales y viñas. La escasa superficie de frutales y cultivos permanentes se explica por la baja seguridad de riego debido principalmente a la inexistencia de estructuras hidráulicas que acumulen el agua en período invernal para ser utilizado en el período de riego de los cultivos. Esta situación se ve también afectada por los problemas de drenaje que existen en zonas importantes del valle de Catirai.

La precaria condición de riego que presenta la zona, puede ser revertida ya que en la cuenca del río Lía, aledaña a la zona de interés, existen derechos inscritos a favor del fisco, según resolución DGA N° 768 de octubre de 1997, que pudieran utilizarse como fuente de riego en el valle, dichos caudales, en m<sup>3</sup>/s, se detallan en la Tabla 2.

Tabla 2. Caudales en río Lía a favor del Fisco.

Mes	Permanente (m <sup>3</sup> /s)	Eventual (m <sup>3</sup> /s)
Enero	0,31	1,07
Febrero	0,25	0,72
Marzo	0,28	1,72
Abril	0,54	1,46
Mayo	0,93	1,07
Junio	1,06	0,94
Julio	2	0
Agosto	2	0
Septiembre	2	0
Octubre	1,15	0,85
Noviembre	0,72	1,28
Diciembre	0,21	1,79

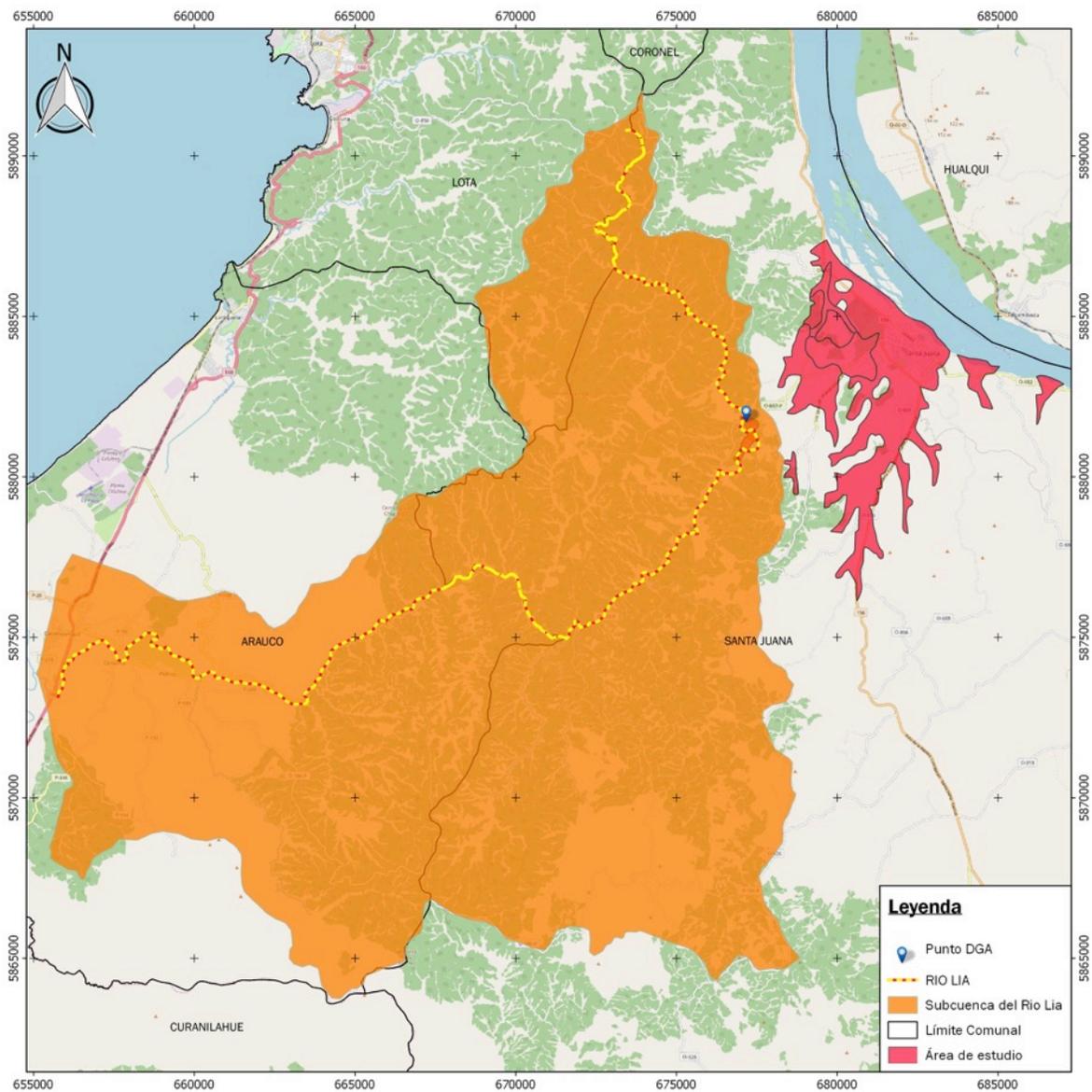
Fuente: Catastro Público de Aguas.

El área potencial de riego es aproximadamente 827 ha, esta área de riego es cruzada por los esteros Curalí que es afluente del estero Huedilhue. Las zonas abastecidas por estos esteros presentan problemas de drenaje. La Figura 1, destaca el área aportante de la cuenca del río Lía y el punto de captación solicitado por la DGA, además de la potencial zona de riego.

Santa Juana pertenece al distrito electoral N° 20 y a las 10ª circunscripción senatorial Biobío Costa. Su alcalde es don Ángel Castro Medina que junto a los 6 integrantes del concejo Municipal dirigen la comuna. La población de Santa Juana es de 13.705 habitantes de los cuales

6.866 son hombres y 6.839 son mujeres. La población de la comuna corresponde al 0,65% de la población regional. La Tabla 3 muestra la población por grupo de edad al año 2015.

Figura 1. Delimitación de la zona de estudio.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. Distribución poblacional según rango de edad para la comuna de Santa Juana, región del Biobío y el País.

Edad	2015	% según territorio 2015		
		Comuna	Región	País
0 a 14	2.732	19,93	19,81	20,36
15 a 29	2.801	20,44	24,54	23,79
30 a 44	2.678	19,54	20,14	21,36
45 a 64	3.506	25,58	24,71	24,17
65 y más	1.988	14,51	10,80	10,32
Total	13.705	100	100	100

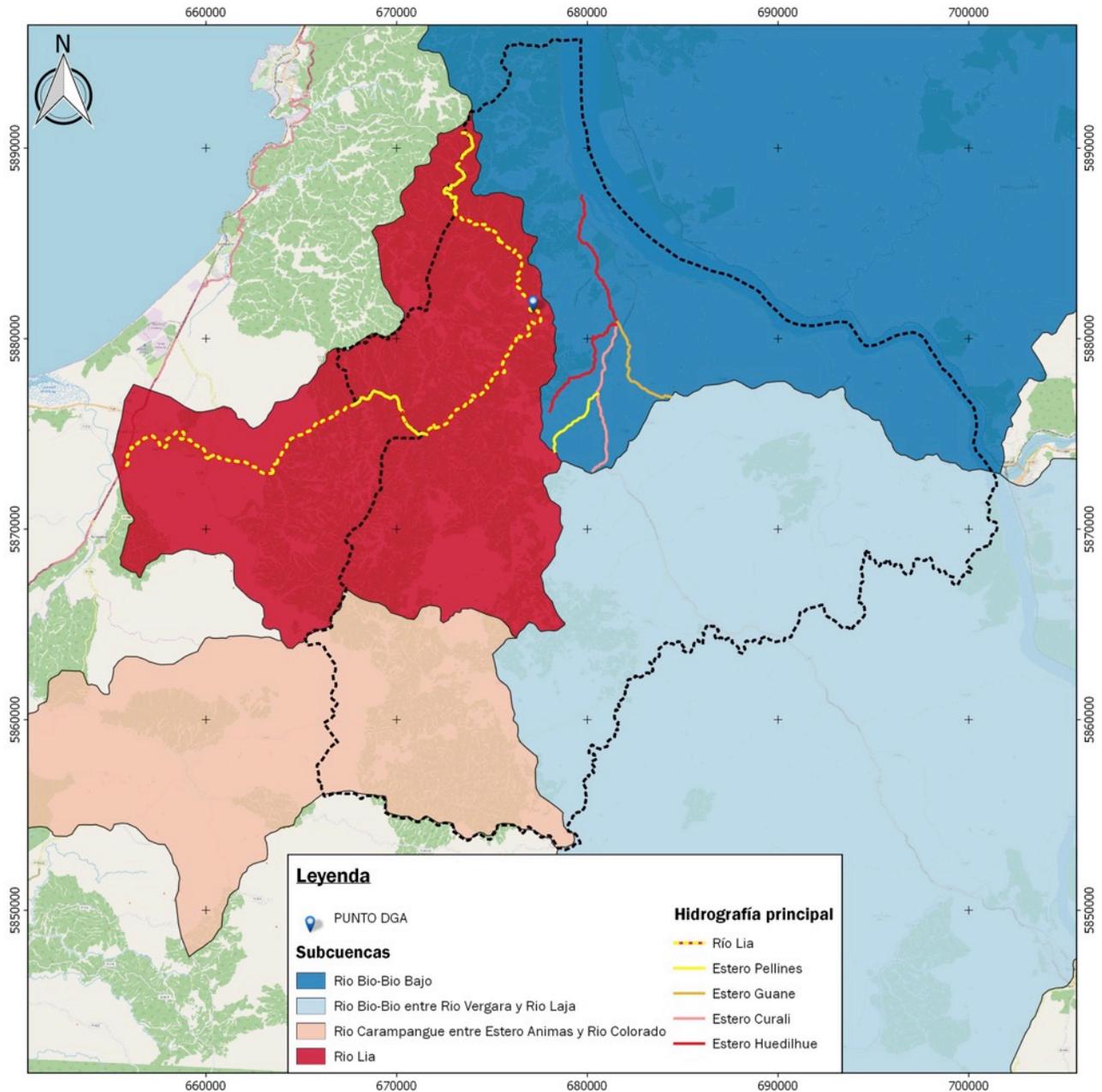
Fuente: Censo 2015.

De acuerdo con el nuevo Atlas Agroclimático de Chile (Santibáñez et al., 2017) la zona en estudio se encuentra principalmente en el distrito agroclimático Curanilahue y en menor porcentaje en el distrito agroclimático Angol. El distrito agroclimático Curanilahue es del tipo Templado cálido supratermal con régimen de humedad sub húmedo con una precipitación anual de 1.587 mm y una temperatura media anual de 12,8 °C. El distrito agroclimático Angol es del tipo Templado cálido supratermal con régimen de humedad sub húmedo seco posee una precipitación anual de 1.000 mm y una temperatura media anual de 13,3 °C.

Desde el punto de vista Hidrogeológico, la región del Biobío se encuentra conformada por 10 cuencas, de las cuales, la cuenca del río Biobío tiene una extensión estimada de 24.369 km<sup>2</sup> (DGA, 2016). La zona de estudio se emplaza en parte de la cuenca del Carampangue (Río Lía) y el valle del Catirai se encuentra en la subcuenca Biobío inferior (Figura 2) con carácter pluvial correspondiente a las Cuencas Costeras de la región del Biobío, comprenden un área aproximada total de 8.300 km<sup>2</sup>. Éstas se caracterizan por presentar una red de drenaje principalmente ramificada. En las cuencas costeras el recurso hídrico superficial y subterráneo tiene una alta dependencia de los períodos de lluvia, debido a que la escasa altura de la cordillera de la costa no permite la acumulación de nieve, motivo por el cual la actividad productiva es altamente vulnerable a los períodos de sequía.

La cuenca del río Carampangue, tiene un área aproximada de 1.270 km<sup>2</sup> caracterizada por una serie de ríos como el Cabrera, Cifuentes y Las Ánimas, los que confluyen hacia el río Carampangue, el que le entrega el nombre a la cuenca. Drena, en gran parte a la comuna de Arauco. El régimen que presenta la cuenca es de tipo pluvial.

Figura 2. Subcuencas de la zona de estudio, región del Biobío.



Fuente: Elaboración propia.



MÁS Y MEJOR  
RIEGO PARA CHILE



## 5 CARACTERIZACIÓN AGROPRODUCTIVA DEL VALLE DE CATIRAI

Con el propósito de realizar una caracterización agroproductiva del valle del Catirai, se aplicó una encuesta a un universo de 30 agricultores de la zona de estudio (Las encuestas se encuentran en el Anexo A5), este número fue previamente consensuado con la CNR. Para conseguir una descripción de la realidad de la zona de estudio, se decidió abarcar todas las localidades que comprenden el valle de Catirai, siendo estas Curalí, Huedilhue, Huallerehue, Vaquería, Pajal, Tricauco y Diñico. Los agricultores empadronados corresponden a usuarios del Programa Prodesal de Indap, así como también empresarios agrícolas presentes en la comuna, describiendo a aquellos dedicados a la producción para el autoconsumo familiar como también a aquellos que poseen un nivel de producción y comercialización importante.

Es muy importante señalar que los resultados obtenidos del número de encuestas realizadas no son significativamente representativos del área en estudio. El número de entrevistas utilizados tiene como propósito capturar preliminarmente las características de los agricultores del valle. Por lo tanto estos porcentajes no son posibles de replicarlos a la totalidad de propiedades que conforman la zona de estudio, y solo buscan realizar una caracterización preliminar de los predios. Para realizar una caracterización estadísticamente significativa es necesario aumentar el número de encuestas de acuerdo a la población objetivo y su variabilidad.

La caracterización agroproductiva pretende determinar las principales características de los agricultores del valle del Catirai, mediante una encuesta que posee 17 ítems, que identifican tanto al agricultor como al predio y las diferentes actividades agrícolas y las tecnologías utilizadas. Estos ítems se refieren a:

- I.- Identificación del Agricultor
- II.- Situación legal de la tierra.
- III.- Trabajadores del predio.
- IV.- Superficie del predio.
- V.- Problemas de drenaje.
- VI.- Características del suelo.
- VII.- Fuente de agua y derechos de aprovechamiento de agua.
- VIII.- Sistema de riego.
- IX.- Uso de suelo en la temporada 2018-2019
- X.- Existencia animal temporada 2018-2019.
- XI.- Uso de técnicas agroecológicas.
- XII.- Comercialización.
- XIII.- Infraestructura disponible.
- XIV.- Limitaciones a la producción y conectividad.

XV.- Interés por el proyecto (disponer de agua de riego).

XVI.- Colaboración.

XVII.- Observaciones generales.

La aplicación de la encuesta fue realizada durante el mes de enero del año en curso y de manera proporcional al número de agricultores presentes en cada localidad, de acuerdo a lo informado por profesionales del programa Prodesal de la comuna de Santa Juana, quedando distribuidos de la siguiente manera:

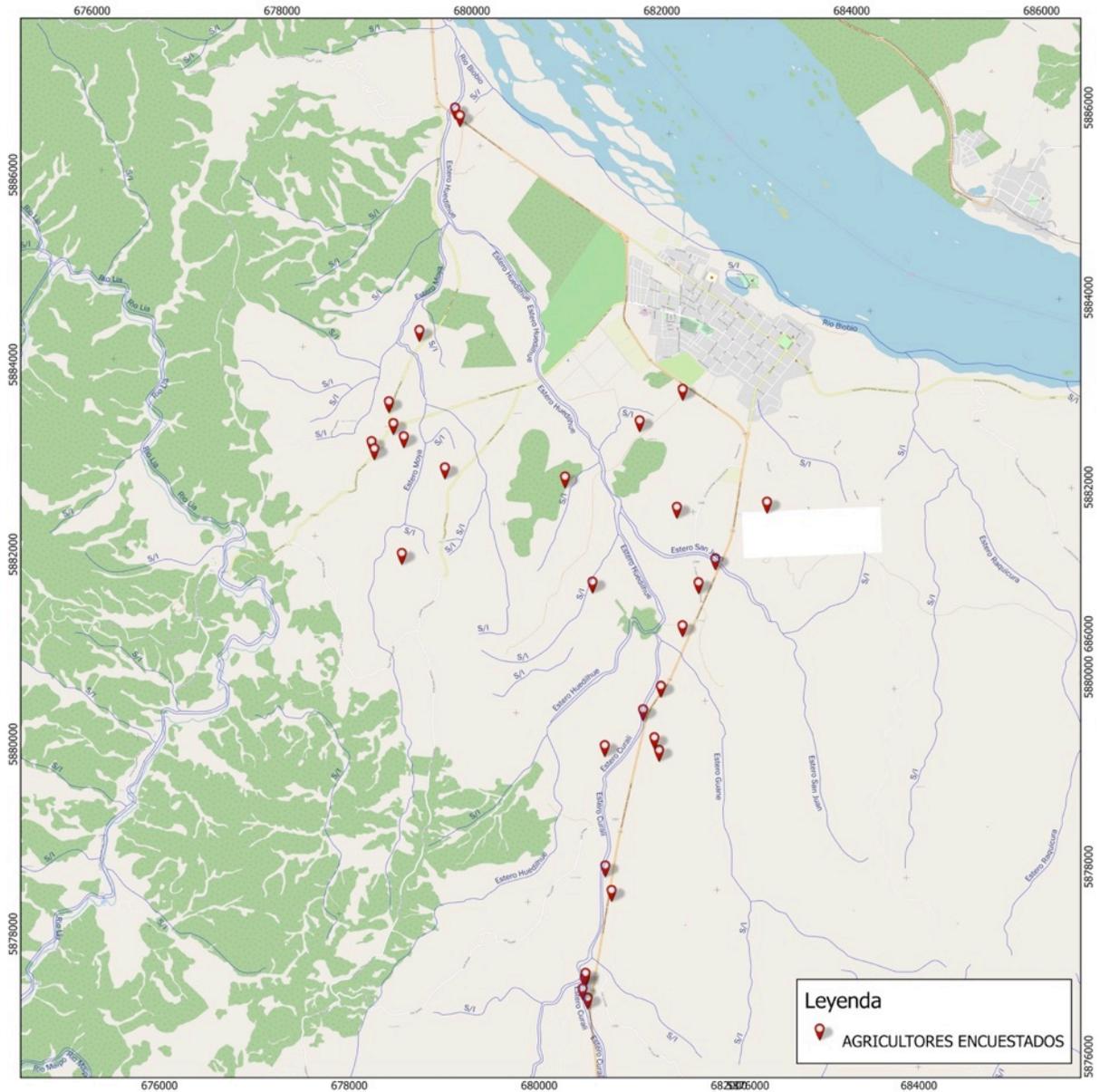
Tabla 4. Número de encuestas de caracterización agroproductiva realizadas en cada localidad.

Localidad	Número de encuestas
Curalí	15
Diñico	2
Huallerehue	5
Huedilhue	3
Pajal	1
Tricauco	3
Vaquería	1
Total	30

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente Figura se puede observar la ubicación geográfica de las encuestas realizadas:

Figura 3. Ubicación geográfica de predios de agricultores encuestados.



Fuente: Elaboración propia.

### 5.1 Identificación del agricultor

La encuesta permitió identificar a los agricultores, por nombre, teléfono, georreferenciación predial, dirección y localidad. Sin embargo, los encuestados no cuentan con información de Rol del SII, por lo que sólo se pudo corroborar dicho dato con la capa de roles que posee la consultora como información secundaria. Sólo un agricultor cuenta con correo electrónico.

## 5.2 Situación legal de la tierra

Al analizar la situación legal de la tierra, se puede observar que un 73% de los agricultores encuestados son propietarios, un 10% de ellos son arrendatarios, 7% mantiene una relación de mediería, otro 7% presenta otro tipo de tenencia de suelo, como una cesión de derechos por parte de algún familiar, y sólo un 3% corresponde a una sucesión. Un 80% de los propietarios de la tierra trabaja en su predio, el 20% restante mantiene otras actividades productivas.

La presencia de un gran porcentaje de agricultores propietarios señala una ventaja al momento de aplicar instrumentos o programas de fomento productivo, especialmente en relación al mejoramiento de infraestructura productiva permanente, como galpones, bodegas, salas de envasado, sistemas de riego tecnificado, entre otros.

Si bien un porcentaje menor señala arrendar tierras para la producción agrícola, estos contratos son informales, generalmente de palabra entre familiares o conocidos. Situación similar ocurre con aquellos que utilizan terrenos en mediería.

Figura 4. Distribución de la situación legal de la tierra de predios catastrados en encuesta agroproductiva.



Fuente: Elaboración propia.

## 5.3 Trabajadores del predio

La principal fuerza laboral de los predios agrícolas empadronados corresponde a mano de obra familiar, destacando una mayor presencia del género masculino sobre la participación del género femenino.

Se observa que al momento de contratar trabajadores permanentes se prefiere al género masculino por sobre el género femenino, debido a la naturaleza de las labores, que requieren

de gran esfuerzo físico. Lo mismo sucede para trabajadores temporales, a los que se les asigna tareas puntuales y específicas, principalmente durante la cosecha de productos agrícolas.

Tabla 5. Descripción de la fuerza laboral, en porcentaje, de predios catastrados en encuesta agroproductiva.

Trabajadores permanentes (%)		Trabajadores temporales (%)		Mano de obra familiar (%)		Total de trabajadores (%)	
Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
9,9	1,4	16,9	0	52,1	19,7	78,9	21,1

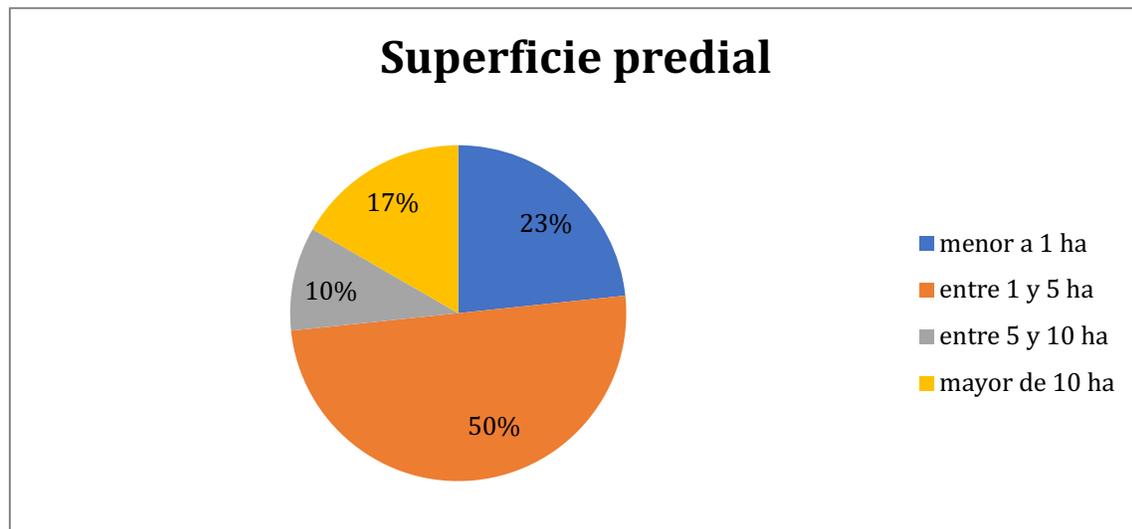
Fuente: Elaboración propia.

#### 5.4 Superficie del predio

En relación a la superficie de los predios encuestados, un 50% de ellos poseen entre 1 y 5 ha, un 23% tienen menos de 1 ha, 17% de los terrenos cuentan con superficies mayores a 10 ha y un 10% presentan entre 5 y 10 ha.

De lo anterior se desprende que un 73% de los predios encuestados poseen menos de 5 ha. Esta atomización de predios y propietarios señala un desafío importante para la organización de los agricultores de la zona de estudio, en función de la implementación de un sistema de riego asociativo, que busca abarcar un área relevante de la comuna.

Figura 5. Distribución de la superficie predial de predios catastrados en encuesta agroproductiva.



Fuente: Elaboración propia.

Esta información es similar a la entregada por la Municipalidad en el segmento menor a 1 ha, donde señalan que existe un 20% de agricultores, comparado a un 23% obtenido en la encuesta. Sin embargo, existe diferencia en los segmentos de entre 1 a 5 ha y mayor a 5 ha

donde la municipalidad presenta valores aproximados de 70% y 10% respectivamente, mientras que en la encuesta se obtienen valores de 50% y 27% para los mismos segmentos.

Al analizar el registro de roles del SII y del sistema de información territorial de CIREN, se tomaron al azar 61 propiedades de la zona de estudio, logrando valores de 24,6% de terrenos menores a 1 ha, 57,4% de superficies entre 1 y 5 ha, un 11,5% de propiedades de entre 5 y 10 ha y un 6,5% de terrenos mayores a 10 ha.

### **5.5 Problemas de drenaje**

Un 63,3% de los informantes señala presentar algún problema de drenaje en su predio, es decir, 19 de las 30 propiedades consultadas. Del total de la superficie empadronada, un 8,23%, es decir 51,35 ha de suelos encuestados, presentan problemas de drenaje, este valor aumenta a un 10,45%, cuando sólo se consideran los predios agrícolas, descartando los predios forestales.

En predios donde ocurren estos problemas de drenaje la principal complicación radica en la oportunidad de la preparación de suelos, realizándose durante los meses de octubre en adelante. Dicho laboreo de suelos es realizado mediante arados de palo tirados por bueyes o a través de la utilización de rastras de discos tiradas por tractor. En ambos casos la profundidad de la labor no supera los 30 cm. Un factor importante a destacar es la escasa disponibilidad de maquinaria en la zona, lo cual profundiza el problema de la oportunidad de laboreo.

En años donde la primavera es especialmente lluviosa estas labores se retrasan aún más, los suelos se mantienen anegados hasta muy tarde en la temporada, logrando un solo ciclo productivo al año, impidiendo la siembra de especies hortícolas tempranas, con el consiguiente desmedro en el precio final de sus productos. Si se observa la Tabla 9 y 10, donde se detallan los cultivos producidos en el Valle, la mayoría de las especies son sembradas durante los meses de octubre, noviembre y diciembre, tanto en zonas de secano como en riego.

### **5.6 Características del suelo**

Los suelos de los predios encuestados se caracterizan por presentar un 50% de ellos una topografía plana con pendientes estimadas de hasta 3 %; un 17 % está compuesto principalmente por laderas; un 20 % formado por lomajes suaves. El 13% restante está formado por una combinación de sectores planos y laderas.

En cuanto a la textura superficial aparente de esos predios, en un 67 % predominan las texturas finas, con rangos que van del arcilloso al franco arenoso. En menor proporción se encuentran terrenos de texturas más gruesas como franco arenosos. En cuanto a la capacidad de uso, la mayoría de los suelos corresponden a las clase III.

Este punto está detallado extensamente en el capítulo dedicado a las características edáficas del valle de Catirai.

## 5.7 Fuente de agua y derechos de aprovechamiento de agua

Al observar la situación de la fuente de abastecimiento y derechos de aprovechamiento de agua que poseen los 30 predios encuestados, se determina que principalmente corresponden a agua superficial, de estero o vertiente, donde un 87,1% de los predios catastrados utilizan este suministro. Un 38,7% de las explotaciones posee fuente de agua subterránea, correspondiente a punteras o norias. Un 6,6% de los terrenos no cuentan con fuente de agua disponible, debiendo abastecerse mediante camiones aljibes proporcionados por el municipio o forman parte de un comité de agua potable rural (APR).

Del total de predios encuestados, un 45,2% cuenta con aguas de estero, donde un 42,9% posee DAA inscritos y un 57,1% no posee DAA; mientras que 41,9% proviene de vertientes, de las cuales sólo un 7,7% están inscritas y un 92,3% no cuenta con DAA. Un 12,9% no posee aguas superficiales.

Al ver la situación de predios con abastecimiento de aguas subterráneas, el 29% lo hace desde punteras, de bajo caudal, poca profundidad y que sólo son utilizadas para uso doméstico. Un 9,7% lo hace mediante pozos norias, cuya situación es similar a la descrita anteriormente. Un 61,3% de los predios encuestados no poseen suministro de aguas subterráneas. Ningún predio catastrado cuenta con DAA proveniente de aguas subterráneas.

Tabla 6. Fuente de agua y situación legal de DAA, en predios catastrados en encuesta agroproductiva.

Fuente de agua	Derecho de Aprovechamiento de Agua (%)		Total (%)
	Inscritos	No inscritos	
<b>Superficial</b>			
Esteros	42,9	57,1	45,2
Vertiente	7,7	92,3	41,9
No tiene			12,9
<b>Subterránea</b>			
Puntera	0	100	29,0
Noria	0	100	9,7
No tiene			61,3

Fuente: Elaboración propia.

## 5.8 Sistema de riego

La utilización de tecnología de riego es precaria. Sólo un 26,7% de las explotaciones empadronadas cuenta con algún sistema de riego tecnificado, sea goteo, cinta o aspersión. El mismo porcentaje utiliza manguera de jardín para regar sus chacras e invernaderos, con la

consecuente ineficiencia en la utilización del recurso, baja uniformidad de aplicación de agua, tiempos y frecuencias de riego inadecuadas.

En métodos de riego gravitacional, el más utilizado es el surco, representando un 33,3% de los predios encuestados. El método de riego por tendido considera a 13,3% del total de propiedades censadas.

Tabla 7. Métodos de riego utilizados en los predios empadronados.

Método de riego	Predios empadronados (%)
Aspersión	13,3
Cinta	6,7
Goteo	6,7
Manguera de jardín	26,7
Tendido	13,3
Surco	33,3
Total	100

Fuente: Elaboración propia.

Las frecuencias y tiempos de riego utilizados son muy variables. En riego por goteo y cintas se utilizan frecuencia de riego entre 1 a 2 días y tiempos de riego de 0,5 a 6 horas.

Para aspersión se utilizan frecuencias de riego que oscilan entre 2 y 15 días, dependiendo del tipo de aspersión utilizado, y tiempos de riego que van en el rango de entre 2 y 12 horas.

En métodos gravitacionales las frecuencias de riego utilizadas van desde 1 a 30 días en método por surcos y de 4 a 15 días en métodos por aspersión. Los tiempos de riego usados van desde 0,3 a 6 horas en surcos y entre 1 a 6 horas en aspersión. Las grandes diferencias observadas responden al tamaño de los predios, largo de surcos y distinta velocidad de infiltración de los suelos.

Tabla 8. Frecuencia y tiempo de riego utilizados para los distintos métodos de riego utilizados en los predios empadronados.

Método de riego	Frecuencia de riego (rango en días)	Tiempo de riego (rango en horas)
Aspersión	2 a 15	1 a 12
Cinta	1 a 2	0,5 a 1
Goteo	1	3 a 6
Manguera de jardín	1 a 6	0,2 a 3
Tendido	4 a 15	1 a 6

Método de riego	Frecuencia de riego (rango en días)	Tiempo de riego (rango en horas)
Surco	1 a 30	0,3 a 6

Fuente: Elaboración propia.

Un 37% de los agricultores verifica la calidad del riego realizado, esto consiste en revisar mediante el uso de una pala la profundidad de infiltración del agua en el suelo, procurando abarcar toda la zona de raíces. El bajo porcentaje de agricultores que señala hacer esta labor, tiene relación con la baja preparación en temáticas de riego observada en terreno.

Tabla 9. Porcentaje de agricultores que verifican calidad de riego aplicado al cultivo, en los predios encuestados.

Verifica calidad de riego	Agricultores (%)
Sí	37
No	63

Fuente: Elaboración propia.

Lo anterior se reafirma al observar que el 50% de los agricultores dice no tener conocimientos en riego, así como tampoco conocen experiencias exitosas de riego ejecutadas por otros agricultores.

Cabe señalar que son las aguas superficiales las utilizadas para el riego, realizando pequeños tacos o represas en esteros y vertientes, donde se introduce una bomba de riego y se traslada a predios mediante mangueras de pequeño diámetro, existiendo altas pérdidas de carga, sin mayor control en la aplicación del agua de riego, en tiempos ni profundidad de infiltración.

La situación señalada anteriormente es de gran relevancia al momento de invertir en sistemas de riego tecnificados de alto costo y de manejo complejo en cuanto a la operación y mantención de los mismos. Por lo que es indispensable la capacitación y asesoría técnica a los agricultores en temas de riego.

Fotografía 1. Agricultor regando tomates mediante manguera (Curalí).



Fuente: Propia.

### 5.9 Uso de suelo en la temporada 2018-2019

Para un mejor análisis del uso de suelo durante la temporada 2018-2019, se realizó la agrupación de cultivos de acuerdo a cultivos de secano, cultivos de riego, frutales y cultivos bajo plástico, además de plantaciones forestales y bosque nativo.

En la Tabla 10, se aprecia que los cultivos de secano lideran ampliamente en la zona de estudio, logrando un 47,6% del total de la superficie sembrada, luego las plantaciones forestales ocupan un 39% de la superficie, dejando a los cultivos bajo riego con solo un 7,4%, el bosque nativo un 5,2%. Porcentajes muy menores logran los frutales y cultivos bajo plástico con un 0,7% y 0,1% respectivamente.

Tabla 10. Porcentaje de cultivos según presencia o ausencia de riego en la zona de estudio.

Tipo de cultivo	Superficie (%)
Secano	47,6
Riego	7,4
Frutales	0,7
Bajo plástico	0,1
Plantaciones forestales	39,0
Bosque nativo	5,2
Total	100

Fuente: Elaboración propia.

Para los cultivos de secano, las especies destinadas a la alimentación animal, registran el mayor porcentaje de la superficie ocupada. Si se consideran sólo las praderas naturales, sorgo, avena, alfalfa, trébol rosado y trébol blanco, alcanzan un 95,3% del total. Este alto porcentaje de superficie utilizada en cultivos destinados a alimentación animal, se correlaciona con la cantidad de animales censados, según lo establecido en la Tabla 15. La siembra de chacras, tomates, maíz, papas, ají, poroto, conforman el 4,7% restante.

Tabla 11. Cultivos de secano censados en encuesta de caracterización agroproductiva del valle del Catirai.

Cultivo	Mes de siembra	Superficie (%)	Superficie (ha)	Rendimiento (kg)	% Explotaciones
Ají	Octubre	0,3	0,4	S/I	3,3
Alfalfa	Noviembre	2,8	4,0	40.000	6,7
Avena	Abril/Mayo/ Noviembre	7,0	10,0	S/I	10,0
Chacra	Octubre a Diciembre	3,9	5,6	S/I	36,7
Maíz	Noviembre	0,1	0,1	1.600	3,3
Papa	Noviembre	0,1	0,1	500	3,3
Poroto	Noviembre/ Diciembre	0,1	0,1	S/I	6,7
Pradera Natural		73,5	105,0	S/I	53,3
Sorgo	Noviembre	3,5	5,0	100.000	3,3
Tomate	Octubre a Diciembre	0,3	0,5	S/I	13,3
Trébol Blanco	Abril	0,7	1,0	3.150	3,3
Trébol Rosado	Abril y Septiembre	7,8	11,1	33.000	23,3

S/I: Sin Información. Fuente: Elaboración propia.

Fotografía 2. Cultivo de trébol rosado en Curalí.



Fuente: Propia.

Para cultivos de riego se mantiene la tendencia anterior, donde los cultivos destinados a la nutrición animal logran un mayor porcentaje de la superficie sembrada. Al observar la Tabla 12, los cultivos de maíz y trébol rosado son los que alcanzan una mayor superficie. Un lugar importante lo consiguen los tomates, papas y chacras.

Tabla 12. Cultivos de riego censados en encuesta de caracterización agroproductiva del valle del Catirai.

Cultivo	Mes de siembra	Superficie (%)	Superficie (ha)	Rendimiento (kg)	% Explotaciones
Ají	Noviembre	0,90	0,2	900	3,3
Chacra	Noviembre y Diciembre	6,72	1,5	S/I	10,0
Maíz	Noviembre	55,00	12,27	S/I	16,7
Frutillas	Octubre	0,04	0,01	S/I	3,3
Melón	Noviembre	0,04	0,01	S/I	3,3
Papa	Noviembre	16,81	3,75	10.000	13,3
Pepino	Noviembre	0,09	0,02	S/I	3,3
Poroto	Noviembre	1,21	0,27	S/I	10,0
Tomate	Diciembre	5,65	1,26	10.000	13,3

Cultivo	Mes de siembra	Superficie (%)	Superficie (ha)	Rendimiento (kg)	% Explotaciones
Trébol Rosado	Marzo y Noviembre	13,45	3	15.330	6,7
Zapallo italiano	Noviembre	0,09	0,02	S/I	3,3

S/I: Sin Información. Fuente: Elaboración propia.

Los principales frutales existentes en la zona de estudio son avellanos, nogales, olivos, manzano y durazno. Los dos últimos como parte de un huerto demostrativo establecido por el programa Prodesal de la comuna de Santa Juana en el predio de un agricultor.

Importante es mencionar que durante los últimos 4 años se observa un incremento de la superficie plantada de especies frutales.

No fue posible estimar rendimientos, debido a que gran parte de los huertos establecidos están en etapa de crecimiento.

Tabla 13. Especies frutales censadas en encuesta agroproductiva en el valle del Catirai.

Frutales	Fecha de plantación	Superficie (%)	Superficie (Ha)	Rendimiento	Destino
Olivos	jul-18	18,3	0,4	S/I	Venta
Cítricos	jul-18	1,4	0,03	S/I	Venta
Castaños	1988	1,1	0,025	S/I	Autoconsumo
Ciruelos	1988	1,1	0,025	S/I	Autoconsumo
Manzano	ago-16	4,6	0,1	S/I	Venta
Durazno	ago-16	4,6	0,1	S/I	Venta
Nogales	jul-16	34,4	0,75	S/I	Venta
Nogales	jul-17	34,4	0,75	S/I	Venta

Fuente: Elaboración propia.

Fotografía 3. Huerto de Nogal, dos años de plantación, Huallerehue.



Fuente: Propia.

Otra alternativa productiva presente en el valle del Catirai la conforman los cultivos bajo plástico. A pesar de que la superficie censada no es importante al compararla con los otros cultivos analizados, forma parte esencial en la economía familiar campesina, ya sea para venta de productos como para el autoconsumo familiar.

La producción de tomates, porotos, lechugas, cilantro, hortalizas y otros, genera un ingreso extra a la familia.

Tabla 14. Cultivos bajo plástico censadas en encuesta agroproductiva en el valle del Catirai.

Cultivos bajo plástico	Fecha de siembra	Superficie (%)	Superficie (m <sup>2</sup> )	Rendimiento (unidades)	Destino
Cilantro	Octubre y Noviembre	8,4	135	S/I	Venta
Hortalizas	Diciembre-Enero	37,3	600	S/I	Ambos
Lechuga	Noviembre	4,7	75	800	Venta
Poroto	Octubre	6,2	100	S/I	Ambos

Cultivos bajo plástico	Fecha de siembra	Superficie (%)	Superficie (m <sup>2</sup> )	Rendimiento (unidades)	Destino
Tomate	Octubre	43,5	700	S/I	Ambos

S/I: Sin Información. Fuente: Elaboración propia.

Fotografía 4. Invernadero para producción de hortalizas y verduras, Curalí.



Fuente: Propia.

### 5.10 Existencia animal temporada 2018-2019

De acuerdo a la información entregada por los agricultores, la existencia animal representativa de la zona de estudio está liderada por el rubro bovino. La presencia de una importante lechería que cuenta con 80 vacas para producción de quesos y quesillos, además de la crianza de yuntas de bueyes para el trabajo de laboreo de suelo y tareas forestales, así lo determinan. Las aves de corral forman una importante fuente de ingresos a las familias, debido a la producción y venta de huevos de campo. De menor importancia son las crianzas de ovinos y porcinos.

Tabla 15. Existencia animal temporada 2018-2019 en la zona de estudio, de acuerdo a información recabada por encuesta agroproductiva.

Ganado	Existencia (N° de cabezas)	Ventas de productos	Cantidad
Aves de Corral	219	Docenas de Huevos	18.230
Bovinos	270	Terneros	101
Ovinos	18	Corderos	4
Porcinos	14	Borregos	16

Fuente: Elaboración propia.

Fotografía 5. Crianza de bovinos en pradera natural, Curalí.



Fuente: Propia.

### 5.11 Uso de técnicas agroecológicas

En cuanto al uso de técnicas agroecológicas en la producción de cultivos, un 93,3% de los agricultores utiliza la práctica de rotación de cultivos, un 60% utiliza cultivos intercalados y un 46,6% aplica guano de animal, humus de lombriz o compost para mejorar la fertilidad y estructura y aumentar materia orgánica del suelo. Sin embargo, aquellos agricultores que poseen frutales no realizan siembras entre hileras. Estas técnicas presentan grandes beneficios al suelo, mejorando propiedades químicas, físicas y biológicas del mismo, e implican un bajo costo de implementación.

Tabla 16. Uso de técnicas agroecológicas en las explotaciones catastradas en la zona de estudio.

Técnicas Agroecológicas	Uso de las técnicas agroecológicas (%)	
	Sí	No
Rotación de cultivos	93,3	6,7
Cultivos intercalados	60	40
Siembra EH en frutales	0	100
Uso de compost/humus/guano	46,6	53,4

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a otras técnicas o utilización de tecnología y acceso a asesoría técnica y a créditos, se puede observar en la Tabla 17, que tanto el uso de semillas y plantas certificadas como de portainjertos en frutales no está dentro de las prácticas de manejo, logrando sólo un 20% y un

10% respectivamente. El acceso a asesoría técnica, específicamente al programa Prodesal de Indap alcanza al 46,7% de los encuestados y un 70% tiene acceso a crédito.

Tabla 17. Uso de semillas certificadas, portainjertos, acceso asesoría técnica y crédito presentes en los agricultores censados del valle del Catirai.

	Sí (%)	No (%)
Uso de semillas o plantas certificadas	20,0	80,0
Uso de portainjerto en frutales	10,0	90,0
Acceso a Asesoría Técnica	46,7	53,3
Acceso a crédito	70,0	30,0

Fuente: Elaboración propia.

### 5.12 Comercialización

La comercialización de los productos agrícolas se realiza principalmente en los mismos predios de los agricultores, tal como muestra la Tabla 18. Si bien una parte importante se destina a la venta directa, también existe un porcentaje que es utilizada para el autoconsumo familiar. La época de venta está definida por la estacionalidad de producción, que obliga a los cultivos de primavera cuya cosecha es durante los meses estivales.

En cuanto a los rendimientos, precios, costos de producción, fletes, packing o comisiones, no existe una certeza por parte de los agricultores encuestados, por lo que no se puede realizar un análisis acabado de estos aspectos.

Tabla 18. Productos comercializados por agricultores del valle de Catirai.

Producto	Época de venta	Venta (%)	Autoc. (%)	Pérdidas (%)	Donde (1)	Ubicación (2)
Ají	Mayo-Octubre	100	0	0	Intermediario	Provincia
Chacarería	Febrero	50	45	5	Predio	Santa Juana
Cilantro	Diciembre	45	55	0	Predio	Santa Juana
Hortalizas	Enero	45	55	0	Feria libre	Provincia
Huevos	Julio-Diciembre	80	20	0	Predio	Santa Juana
Huevos	Julio-Diciembre	80	20	0	Por pedido	Concepción
Lechuga	Diciembre	45	55	0	Predio	Santa Juana
Maíz	Febrero	65	27,5	7,5	Predio	Santa Juana
Papa	Febrero-Julio	85	10	5	Predio	Santa Juana
Porcinos	Mayo	90	10	0	Predio	Santa Juana

Producto	Época de venta	Venta (%)	Autoc. (%)	Pérdidas (%)	Donde (1)	Ubicación (2)
Poroto	Febrero-Junio	50	50	0	Predio	Santa Juana
Queso, Quesillo	Enero-Diciembre	100	0	0	Supermercado	Concepción
Terberos	Marzo-Junio	92,5	7,5	0	Feria	Los Ángeles
Terberos	Marzo-Junio	92,5	7,5	0	Predio	Santa Juana
Tomate	Febrero	73	24	3	Predio	Santa Juana
Trébol Rosado	Enero	95	5	0	Predio	Santa Juana
Verduras	Enero-Diciembre	80	20	0	Predio	Santa Juana

Fuente: Elaboración propia.

### 5.13 Infraestructura disponible

Corresponde a infraestructura precaria, con instalaciones antiguas, básicamente autoconstruidas, que no responden a las necesidades productivas de los agricultores.

Tabla 19. Tipos de construcción y cantidades censadas en las explotaciones.

Tipo de construcción	Cantidad
Bodega	10
Establo	3
Galpón	20
Invernadero	14
Sala de envasado	2
Corral	1
Otros	2

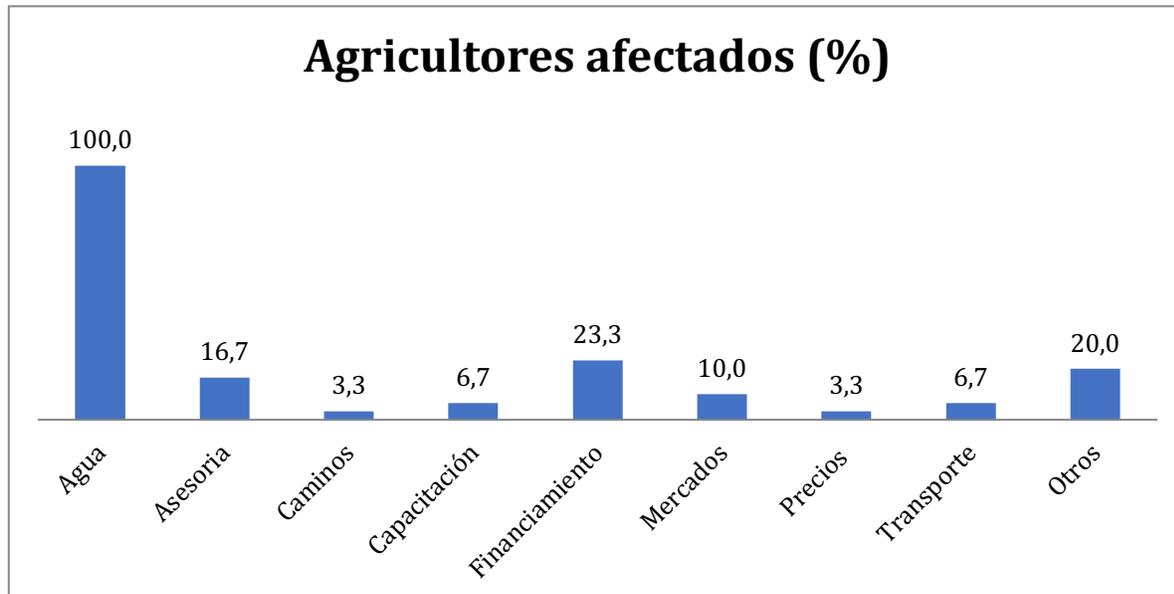
Fuente: Elaboración propia.

### 5.14 Limitaciones a la producción y conectividad

Frente a las problemáticas de conectividad y limitaciones productivas, un 100% de los agricultores encuestados señala el déficit de agua como principal, sea ésta destinada al riego, a la bebida animal e incluso a las necesidades domésticas.

La falta de financiamiento es nombrada como relevante, al igual que el problema de asesoría técnica. De menor importancia consideran el problema de caminos, precios de mercados, transporte, entre otros.

Figura 6. Agricultores con problemas y limitaciones a la productividad y conectividad.



Fuente: Elaboración propia.

### 5.15 Interés por el proyecto (disponer de agua de riego)

El 96,7% de los agricultores se mostraron muy interesados en disponer de agua para riego. Sin embargo existe un porcentaje menor que señala no estar interesados por el costo que implicaría contar con el recurso en sus predios.

### 5.16 Colaboración

Se presenta una situación similar que en el punto anterior. Un 96,7% de los encuestados señala estar dispuesto a compartir el recurso con vecinos u otros usuarios. No obstante un pequeño porcentaje rechaza esta posibilidad debido al alto costo que implicaría.

### 5.17 Observaciones generales:

En este punto se mencionan problemáticas variadas, tanto de producción como de recursos disponibles. En general, los agricultores se manifestaron a favor de un posible proyecto que les abasteciera de agua de riego, debido a que muchos de ellos señalaron incluso tener dificultades para contar con el recurso durante la época estival. Incluso aquellos agricultores que forman parte del comité de riego Curalí, destacan que no siempre el recurso está disponible, ya sea porque no se respetan los turnos de riego o por razones ocasionadas por taponamiento en la captación de agua.

De acuerdo a lo observado en terreno, el valle de Catirai presenta un potencial importante para la producción de productos hortícolas, chacras, praderas, frutales y productos pecuarios. No obstante es necesario atender a problemáticas puntuales, como son el problema de drenaje



MÁS Y MEJOR  
RIEGO PARA CHILE



presente, la falta de capacitación en temáticas de riego manifestadas por agricultores, necesidades de infraestructura productiva, capacidad de gestión de los agricultores, entre otros.



MÁS Y MEJOR  
RIEGO PARA CHILE



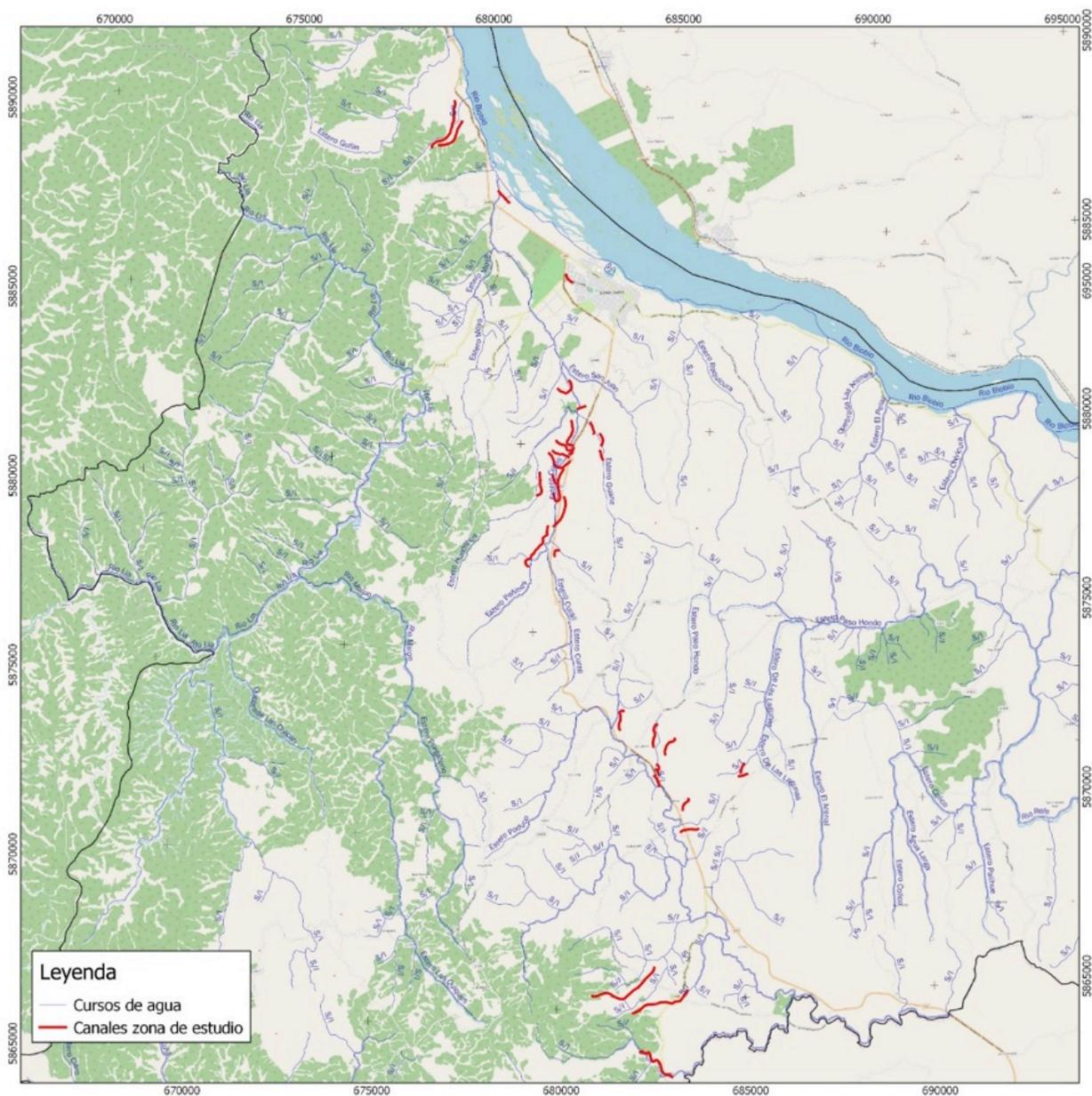
## **6 DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL DE LA INFRAESTRUCTURA DE RIEGO EN EL ÁREA DE ESTUDIO**

Se realizó un catastro de la infraestructura de riego extra predial existente y su estado actual. Se incluyeron pequeños esteros, canales, bocatomas, sistemas de drenaje natural y artificial. Se realizó un recorrido por la zona de estudio identificando las principales obras y se llevó un registro fotográfico y estado actual de funcionamiento de ellas. En el trabajo de recopilación de antecedentes en terreno respecto a la infraestructura extrapredial, se elaboró un registro basado en una encuesta cualitativa y cuantitativa de dicha condición, así como un registro fotográfico de las mismas. Del mismo modo, se destinó el tiempo necesario en constatar y contrastar la información proveniente de las bases de datos de las obras de riego extrapredial existente en la zona de estudio.

### **6.1 Canales de riego**

En base a la información secundaria recopilada de canales existentes en la zona de estudio, se procedió a visitar cada uno de los lugares donde se registraban estas obras. La información secundaria que se reunió, se presenta en la Figura 7. Esta Figura indica que existen diversos canales construidos en la zona de estudio, que extraen agua de los principales cursos de agua, principalmente desde el estero Curalí, Guane y Huedilhue.

Figura 7. Canales presentes en la zona de estudio según información secundaria.



Fuente: Elaboración propia.

### 6.1.1 Canales en el estero Curalí

Al visitar la zona del estero Curalí, se entrevistaron diversos agricultores para conocer la metodología de riego que tenían en la zona. Existe una gran cantidad de predios al oeste del

estero Curalí en la zona de Curalí bajo que principalmente se dedican a la ganadería, cultivo de chacras y algunas hortalizas.

Fotografía 6. Tipo de agricultura en la zona cercana al estero Curalí.



Fuente: Propia.

A la mayoría de estos predios se accede desde la carretera que une Santa Juana con Nacimiento, y se deben cruzar puentes que atraviesan el estero Curalí. Esto es importante, ya que los únicos canales encontrados en la zona de estudio, son en estos predios. Los agricultores levantan el nivel de agua del estero con tablas y plásticos adosadas a los puentes para desviar el agua hacia sus predios (Fotografía 7).

Fotografía 7. Estructuras rudimentarias instaladas en los puentes de acceso a los predios en el estero Curalí.



Fuente: Propia.

Los canales encontrados en esta zona, son pequeños canales de no más de 0,4 m de ancho por 0,4 m de alto, con un largo variable, que depende de que tan lejano está el predio del agricultor interesado en regar, normalmente no más de 500 m. Estos canales normalmente están con muy mala mantención, con malezas e interrupciones en el trazado por el paso de animales, que dificultarían el normal flujo del agua. Una vez que el agricultor desvió el agua por estos pequeños canales, construye pequeños pretiles que le sirven para instalar motobombas bencineras o diésel, con las cuales impulsan el agua a los potreros que les interesa regar. Una vez el agua ha llegado al potrero, dejan las tuberías sobre el suelo, para que el agua se distribuya por gravedad en la zona de riego, que normalmente van de las 0,4 a 0,6 ha ( Fotografía 8 y Fotografía 9).

Fotografía 8. Pequeño canal de riego en la zona de Curalí bajo.



Fuente: Propia.

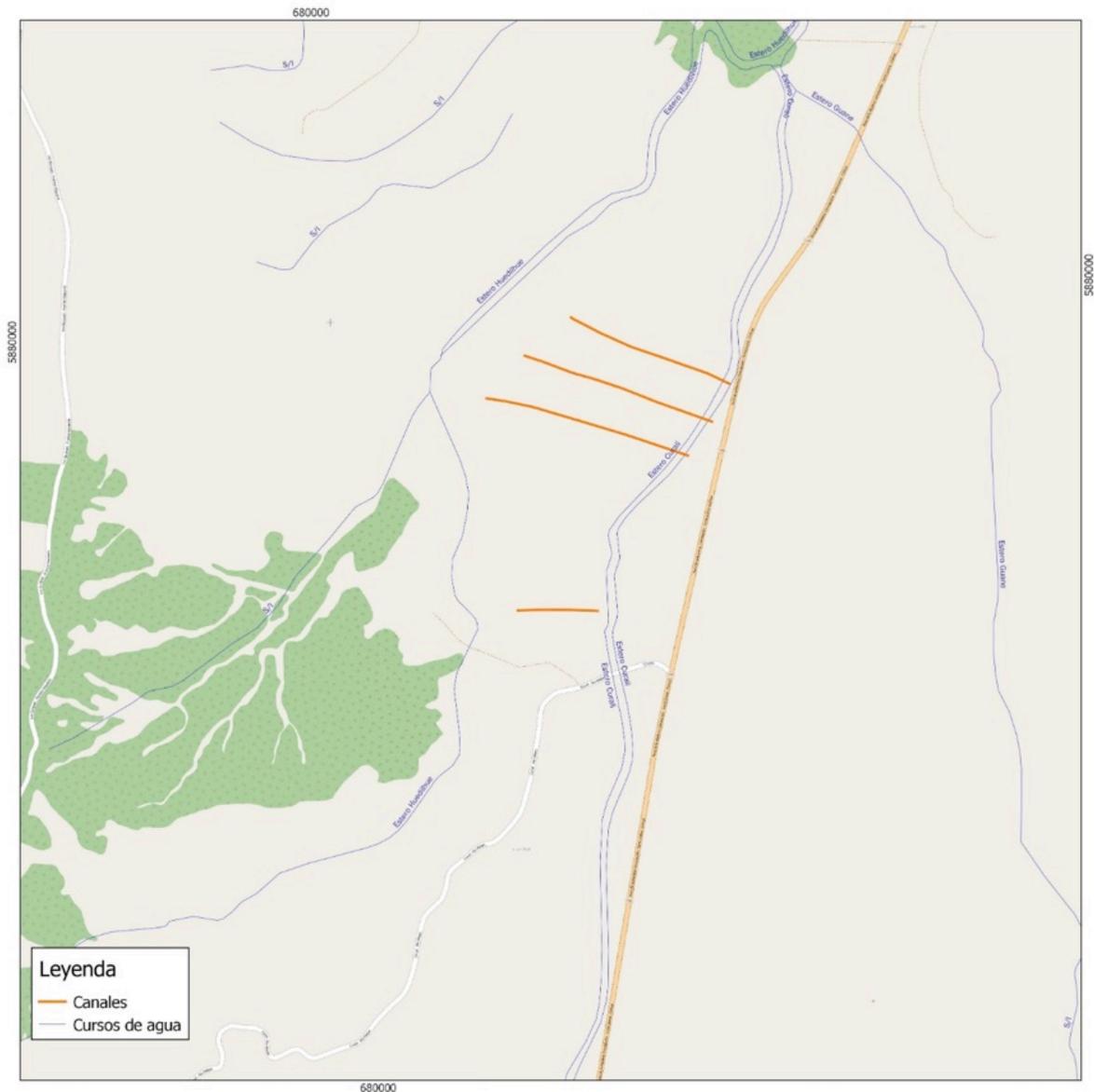
Fotografía 9. Canal de riego en la zona de Curalí bajo.



Fuente: Propia.

De esta forma, con la información levantada de terreno se construyó un archivo Shape que contiene la ubicación actualizada de los canales en la zona de Curalí bajo. Como se observa, estos nacen de la captación en el estero Curalí y riegan una pequeña área de una manera ineficiente, tanto en su conducción como en la aplicación del agua en terreno (Figura 8).

Figura 8. Canales catastrados en la zona de estudio. Sector de Curalí bajo.



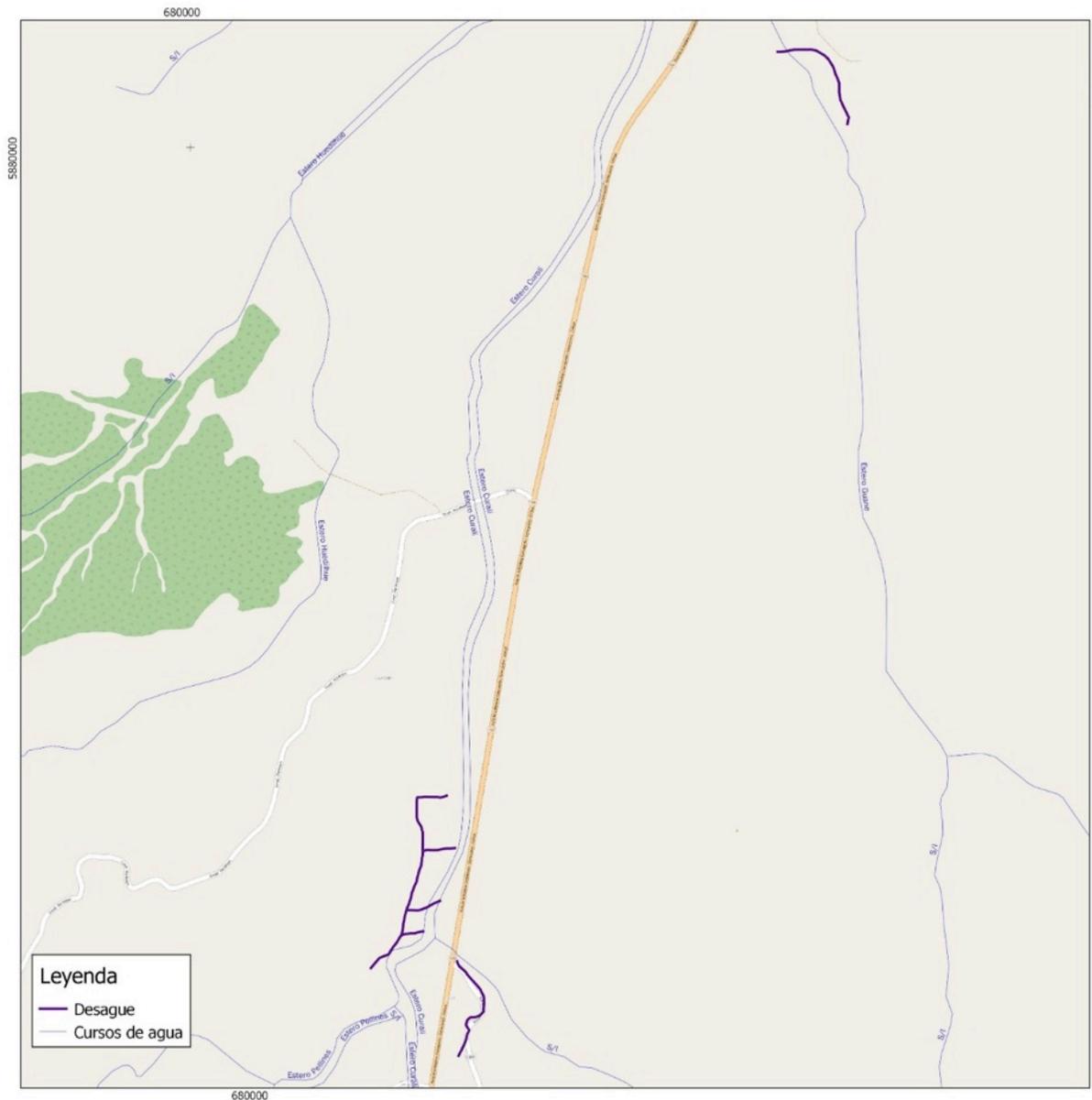
Fuente: Elaboración propia.

### 6.1.2 Desagües naturales y artificiales

El resto de canales encontrados según la información secundaria, en realidad eran desagües de descarga de aguas lluvia o bien, descarga de eventuales escurrimientos superficiales desde los cerros. La Figura 9 muestra la ubicación de los desagües encontrados en la zona de Curalí bajo. Estos desagües en su mayoría son ampliaciones de los pequeños cursos de agua que escurren desde los cerros, y luego son conducidos por los bordes de los potreros en forma de drenes

abiertos, que en los casos de los propietarios de predios donde se han construido, les permiten drenar un par de semanas antes el potrero y poder cultivar.

Figura 9. Desagües naturales o artificiales encontrados en el área de estudio.



Fuente: Elaboración propia.

Fotografía 10. Dren mejorado en la zona de Curalí bajo.



Fuente: Propia.

Fotografía 11. Atraveso de camino de un dren natural.



Fuente: Propia.

Fotografía 12. Dren conducido por la orilla de un camino.



Fuente: Propia.

Además se encontró un pequeño estero que es afluente del estero Curalí (Figura 10). Este estero baja desde unas quebradas en la zona este de la carretera que une Santa Juana con Nacimiento, y los agricultores lo utilizan para regar algunos pequeños potreros en la zona. Sin embargo, este estero principalmente sirve para drenar el agua de ese pequeño valle. Presenta un atraveso en la carretera (F) para aguas abajo de este punto, desembocar en el estero Curalí.



Fotografía 13. Atraveso carretera pequeño estero.

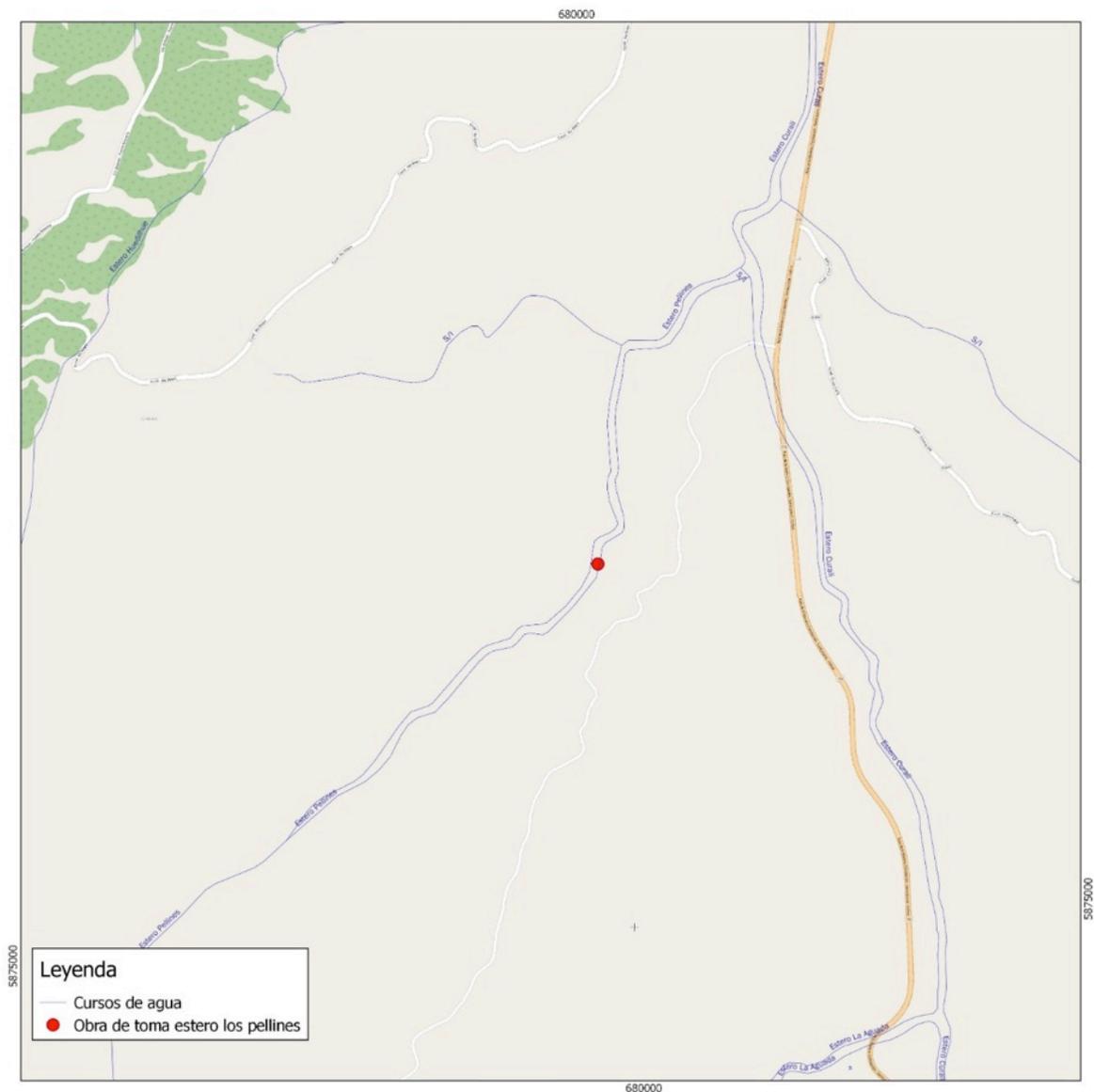


Fuente: Propia.

## 6.2 Obra de riego (Estero Los Pellines)

La única obra de riego encontrada en la zona de estudio, se ubica emplazada en el estero Los Pellines (Figura 11) en el sector de Curalí alto, es una bocatoma construida en hormigón armado con vertedero, cámara de admisión con tubería y válvula reguladora de entrega de caudal de 8" y válvula de aire. Prefiltro de malla acma y malla de pescador. Se utiliza tabla para desviar el agua hacia la entrada a la cámara de admisión.

Figura 11. Ubicación toma de obra de riego en el estero Los Pellines.



Fuente: Elaboración propia.

El diagnóstico de la infraestructura de canales consideró el estado actual de la obras de captación. Se realizó una inspección técnica que consistió en un recorrido de la obra de captación con el objeto de conocer su estado actual e identificar los problemas que presenta.

Se registraron las observaciones en una ficha técnica descriptiva (Tabla 20), la que se individualiza con un número y la fecha en que se realiza la observación, y por otra parte, las características en cuanto al tipo y material en el caso de las obras y la nota asociada a cada parámetro específico.

La evaluación de las obras se realizó sobre la base de cuatro parámetros específicos, de los cuales dos corresponden a aspectos técnicos mientras que los otros dos corresponden a factores de gestión. La influencia de cada parámetro específico sobre el estado de una obra se define a través de un factor de ponderación ( $F_i$ ). La Tabla 20 identifica estos parámetros y muestra los factores de ponderación respectivos.

Tabla 20 Parámetros específicos y factores de ponderación para definir estado de bocatomas.

<b>Factor</b>	<b>Parámetro específico <math>P_i</math></b>	<b>Factor de ponderación <math>F_i</math></b>
<b>Técnico</b>	Funcionamiento hidráulico	0,5
	Estado estructural	0,5
<b>Gestión</b>	Factores de riesgo	0,6
	Facilidad de operación	0,4

Fuente: Elaboración propia.

Los ponderadores ( $F_i$ ) fueron definidos mediante un panel de expertos del Departamento de Recursos Hídricos de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad de Concepción, la propuesta de ficha ha sido utilizada en diferentes programas ejecutados por la Universidad de Concepción a la CNR.

El resultado de la evaluación de la bocatoma del estero Los pellines se muestra en la Tabla 21. Se observa que obtuvo una evaluación de su estado técnico REGULAR, y de su estado de gestión REGULAR. Esto básicamente por el estado de conservación (Fotografía 14), difícil acceso al punto y difícil manipulación de sus componentes (válvula de descarga).

Tabla 21 Resumen del resultado de la evaluación de la bocatoma en el estero Los Pellines

Nº:	OBRA	UTM (m)		Tipo	Material	Estado de obras		Observación
		Este	Norte			Técnico	Gestión	
1	Obra extrapredial de captación.	679.962	5.876.218	Bocatoma, con vertedero y cámara de admisión	Hormigón armado	REGULAR	REGULAR	Obra de captación de hormigón con vertedero, cámara de admisión, con tubería de acero y válvula de regulación de 8", válvula de aire. Prefiltro de malla acma y malla de pescador. Para desviar el agua utilizan una tabla de madera.

Fuente: Elaboración propia.

Fotografía 14. Bocatoma en el estero Los Pellines.



Fuente: Propia.

Esta obra es la encargada de abastecer una tubería de acero de 8” que baja al sector de Curalí bajo y abastece a través de hidrantes a cerca de 40 agricultores. Según lo conversado con el encargado de la obra, aproximadamente la mitad de los agricultores no utiliza los hidrantes o bien se encuentran inhabilitados para utilizarlos (Fotografía 15). Además el encargado menciona que no hay organización que regule la operación y mantenimiento de la obra.

Fotografía 15. Hidrante inutilizado.



Fuente: Propia.

### 6.3 Pequeños esteros

Se realizó la caracterización de los recursos hídricos superficiales. Estos recursos constituyen un elemento de vital importancia para el desarrollo de la actividad productiva del país. Esto es particularmente cierto en el caso del secano costero e interior de Chile central, debido a que la actividad silvoagropecuaria debe amoldarse al ciclo de las precipitaciones al no contar con fuentes de agua e infraestructura de riego capaz de suplir la demanda por agua en el periodo estival (CADEPA, 2004).

En este sentido, la comuna de Santa Juana es un reflejo de la problemática productivo-económica de las comunas de secano.

En el caso del valle de Catirai, una de las principales limitantes para el desarrollo agrícola es la escasez del vital elemento en aquellos periodos donde la demanda de agua es máxima. Las cuencas aportantes de la zona presentan una alta pluviometría que se concentra en los meses de invierno, con un marcado período de déficit hídrico en el período estival.

Hoy la pequeña superficie que se cultiva tanto de hortalizas, como de frutales y algunas experiencias con avellano europeo de semiriego está remitida a unas 80 hectáreas de chacras (de las 1.750 ha de terrenos regables, según Bases de Licitación), praderas y hortalizas que se abastecen de pozos profundos de bajo rendimiento.

En esta zona, la mayor parte de las fuentes de agua son “pequeñas fuentes de agua”; superficiales: vertientes, esteros; y subterráneas: punteras, pozos noria y pozos zanja, cuyas obras asociadas son captaciones y conducciones de carácter predial o intrapredial, pero en general se trata de obras precarias que abastecen fundamentalmente a la pequeña agricultura de la zona. No obstante, la agricultura desarrollada es altamente demandante de tecnologías de riego.

Los esteros que cruzan el área de riego, mostrados en la Figura 12, en la zona baja de la comuna Santa Juana, son ocupados actualmente con el propósito de regar para la temporada de siembras (Diciembre- Enero).

Debido a la baja de precipitaciones en la época estival, y debido a que estos esteros tienen régimen pluvial, lo cual disminuyen los caudales, no es posible que los agricultores de estas zonas puedan abastecer sus áreas de riego de forma segura.

Por otra parte, en temporada de lluvia estos esteros presentan problemas de drenaje situación que se replica hasta bien entrada la temporada de riego, lo cual retrasa las preparaciones de los terrenos en la temporada de siembra.

Los esteros no tienen grandes modificaciones y las que hay son hechas por los mismos agricultores. En la mayoría de los esteros en la época de riego, se realizan modificación en los cauces mediante rebalses artesanales para subir la cota de agua, lo cual perjudica a los agricultores aguas abajo, los que no obtienen el caudal para sus cultivos.

Los esteros presentes en el área de estudio se muestran a continuación en la Figura 12. Todos presentan régimen pluvial, por lo que los mayores caudales se presentan en invierno, bajando considerablemente durante el verano. Según lo observado en terreno, complementado con la experiencia de los actores locales, estos esteros son permanentes de caudales variables. En el informe 3 del proyecto “Planificación estratégica participativa en reducción de riesgos de desastres en las comunas pertenecientes a la comisión de Municipios ribereños del río Biobío de la asociación de Municipalidades de la región del Biobío” (2015), se señala al estero Huedilhue, Curalí y San Juan como responsables de inundaciones del sector Tricauco durante el invierno. Además, debido a la cercanía del estero Curalí y sus tributarios a la ruta de la madera Santa Juana-Nacimiento, se registró inundaciones y cortes importante durante el evento del 2006.



el estero Huedilhue, el Curalí bordea el camino Santa Juana – Nacimiento. Es un estero de aguas claras, que es utilizado por los agricultores para extraer agua para riego con infraestructura rudimentaria de tacos o bien motobombas. Con esto elevan el nivel del agua e ingresa agua a pequeños regueros para distribución a los cultivos. Tiene un ancho aproximado de 1,3 a 1,7 m de ancho. Se realizó un aforo puntual para estimar el caudal el 3 de diciembre de 2018, luego de la junta con el estero Pellines y se determinó 150,9 L/s aprox. Por tener régimen pluvial, en invierno los caudales aumentan sustancialmente (Fotografía 16).

Fotografía 16. Estero Curalí, aguas arriba junta con Pellines, 3 de enero 2019.



Fuente: Propia.

### 6.3.2 Estero Pellines

Tiene una longitud de 4 km aproximadamente y drena el sector sur poniente del valle. En él se desarrolló un proyecto de captación de agua para riego, el cual no ha funcionado debidamente, según agricultores beneficiados. Este estero presentaría características hidrológicas y topográficas favorables para realizar alguna obra de acumulación y beneficiar a parte de los agricultores del valle del Catirai. El estero presenta un caudal significativo en cantidad y elevación. El día 30 de enero 2019, se realizó un aforo puntual que entregó un caudal de 38,4 L/s. Por tener régimen pluvial, en invierno los caudales aumentan sustancialmente (Fotografía 17).

Fotografía 17. Estero Pellines 22 enero 2019.



Fuente: Propia.

### 6.3.3 Estero Guane

Este estero drena la parte sur oriente del valle del Catirai de aproximadamente 5.8 km de longitud desde su nacimiento a la confluencia con el estero Huedilhue. Forma un valle abierto, de superficie significativa. En visita a terreno realizada el 22 de enero de 2019 se observó un curso de agua pequeño. Tributa al estero Huedilhue aguas abajo de la confluencia de Huedilhue

con Pellines y Curalí. Un número reducido de agricultores en el valle del estero obtiene agua para producción de chacras. Por tener régimen pluvial, en invierno los caudales aumentan sustancialmente (Fotografía 18).

Fotografía 18. Estero Guane, 22 enero 2019.



Fuente: Elaboración propia.

#### 6.3.4 Estero San Juan

Es un estero pequeño que drena el área ubicada al nororiente del estero Guane. Tiene una longitud de 5,5 km y tributa al estero Huedilhue aguas abajo del estero Guane. Drena un área mayormente forestal. Durante el invierno aumenta su caudal por ser cuenca pluvial. La mayoría de la agricultura, en esta cuenca se desarrolla cercano al camino Santa Juana – Nacimiento. Por tener régimen pluvial, en invierno los caudales aumentan sustancialmente (Fotografía 19).

Fotografía 19. Estero San Juan, 3 de enero de 2019.



Fuente: Propia.

#### 6.3.5 Estero Moya

El estero Moya drena la superficie ubicada entre la cuenca del río Lía y la cuenca del estero Huedilhue ya que el estero Moya tributa al Huedilhue 2 kilómetros antes de su desembocadura en el río Biobío. Por tener régimen pluvial, en invierno los caudales aumentan sustancialmente (Fotografía 20).

Fotografía 20. Estero Moya, 30 enero 2019.



Fuente: Propia.

### 6.3.6 Estero Huedilhue

El estero Huedilhue recoge las aguas del Curalí, Guane, San Juan y Moya para desembocar en el río Biobío al norponiente de Santa Juana. El día 3 de enero de 2019 se realizó un aforo puntual aguas abajo de la confluencia con el estero Curalí, arrojando un caudal de 157 L/s. Durante el invierno, su caudal aumenta considerablemente por ser una cuenca pluvial (Fotografía 21).

El estero Huedilhue define una de las cuencas principales del norte de la comuna de Santa Juana, cuya cabecera se encuentra sólo a una altitud de 300 m, desarrollando su curso principal una dirección tectónica bien definida de sur a norte. Escaso es el número de sus tributarios y la mayor parte de ellos provienen de las laderas de la cordillera de Nahuelbuta. En su parte inferior, el estero escurre por el lado oeste del valle de Santa Juana, hundiéndose su curso en las arenas negras del Biobío (PLADECO Santa Juana 2012-2015) (Fotografía 22).

Fotografía 21. Estero Huedilhue, aguas abajo confluencia con Curalí, 3 enero 2019.



Fuente: Propia.

Fotografía 22. Estero Huedilhue, antes desembocadura, 30 enero 2019.



Fuente: Propia.



MÁS Y MEJOR  
RIEGO PARA CHILE



## 7 REQUERIMIENTOS HÍDRICOS ESTIMADOS DEL VALLE DE CATIRAI

Con el propósito de determinar los requerimientos hídricos promedios por hectárea del valle de Catirai se consideraron dos escenarios posibles. El primer escenario consideró la situación actual del valle con los cultivos actuales obtenidos en la etapa de caracterización agroproductiva del estudio, esta situación considera las limitantes actuales que producen los problemas existentes de drenaje. Un segundo escenario, estima los requerimientos del valle del Catirai en un escenario con proyecto, aquí una mayor cantidad de cultivos es posible de ser establecida en fechas que consideran solucionados los problemas de drenaje.

Paralelamente, se realizó una estimación de estratificación de agricultores del valle del Catirai. Si bien la encuesta levantada en terreno, no cumple con los criterios necesarios para tener una validez estadística, se estimó una estratificación de los agricultores de acuerdo a su tamaño predial, considerando para esto la información recogida tanto en la encuesta simple como la entregada por la municipalidad y sus agentes de extensión.

En la siguiente Tabla se muestra la estratificación de usuarios posiblemente beneficiados sin considerar los predios forestales encuestados en terreno. Debido a esto, se utilizó una superficie total de 491,332 ha empadronadas, dejando fuera 117 ha de plantaciones forestales exóticas y 15,5 ha de bosque nativo.

Tabla 22. Proyección N° Agricultores en el área de estudio sin considerar el área forestal.

Tamaño Predial	N° Agricultores encuestados área estudio	N° Agricultores extrapolación área estudio	% Agricultores área estudio
Menor a 1 ha	7	12	24,1
Entre 1 y 5 ha	15	25	51,7
Entre 5 y 10 ha	3	5	10,3
Mayor de 10 ha	4	7	13,8
Total Agricultores	29	49	100,0
Superficie considerada	491,33	827	

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la Tabla anterior, se observa que el mayor porcentaje de usuarios posee una superficie predial entre 1 y 5 ha, lo que implica 25 agricultores equivalentes a un 51,7% del total. Es importante señalar que el número total de agricultores beneficiados es de 49, considerando el área total beneficiada de 827 ha de riego posible. Hay 12 agricultores que se encuentran en el segmento menor a 1 ha, lo que implica un 24,1%. Existen 5 agricultores entre 5 y 10 ha, logrando un 10,3% del total. Por último, 7 agricultores presentan predios mayores a 10 ha, lo que equivale a un 13,8% del total.

En un segundo ejercicio de estratificación, se considera el total de las encuestas realizadas, incluyendo la superficie forestal, tanto de plantaciones exóticas como de bosque nativo. En la Tabla siguiente se observa el detalle.

Tabla 23. Proyección N° Agricultores del área de estudio considerando área forestal.

Tamaño predial	N° Agricultores encuestados área estudio	N° Agricultores extrapolación Área estudio	% Agricultores área estudio
Menor a 1 ha	7	9	23,3
Entre 1 y 5 ha	15	20	50,0
Entre 5 y 10 ha	3	4	10,0
Mayor de 10 ha	5	7	16,7
Total Agricultores	30	40	100
Superficie considerada	623,83	827	

Fuente: Elaboración propia.

Al analizar la Tabla anterior se observa que el número total de agricultores beneficiados corresponde a 40, donde 20 de ellos, es decir un 50% pertenece al segmento entre 1 y 5 ha. Sólo 9 de agricultores poseen menos de 1 ha, equivalente a 23,3% del total. Existen 4 agricultores que se encuentran entre 5 y 10 ha, correspondientes a un 10%. Por último, 7 agricultores poseen predios de más de 10 ha.

De acuerdo a la información entregada por la municipalidad, específicamente por el programa Prodesal de la comuna, existen 47 agricultores atendidos por los extensionistas en toda la zona de estudio. Además se señala que la estratificación de los agricultores en la comuna es de un 20% menores a 1 ha, un 70% entre 1 y 5 ha, y un 10% mayor a 5 ha. A continuación, se muestra la estratificación producto de esta estimación que posee la municipalidad.

Tabla 24. Estratificación de agricultores de acuerdo a Municipalidad(Prodesal).

Estratificación de agricultores de acuerdo a Municipalidad (Prodesal)	N° Agricultores área estudio	% Agricultores área estudio
Menor a 1 ha	9	20
Entre 1 y 5 ha	33	70
Mayor de 5 ha	5	10
Total Agricultores	47	100

Fuente: Elaboración propia.

Se observa que existirían 9 agricultores que poseen menos de 1 ha, 33 agricultores que presentan entre 1 y 5 ha, y 5 agricultores con predios mayores a 5 ha.

### 7.1 Requerimientos hídricos del valle de Catirai situación actual

De acuerdo con la información de la encuesta aplicada, a 30 agricultores representativos del valle de Catirai (Etapa de caracterización agroproductiva del valle), la superficie asociada a los

diferentes rubros se resume en la Tabla siguiente (Tabla 25). De estas superficies se destaca la superficie destinada a las forrajeras, a los cereales y las hortalizas principalmente, también se observa la importancia de las plantaciones forestales del área.

Tabla 25. Superficie total agropecuaria y forestal de los agricultores encuestados en la caracterización agro-productiva del valle.

Cultivos	Superficie (ha)
Hortalizas	7,10
Cereales	65,10
Forrajeras	129,10
Frutales	2,18
Plantación forestal	117,00
Bosque nativo	15,50
Sin uso agropecuario	287,85
Total	623,83

Fuente: Elaboración propia.

Si consideramos y suponemos que el valle del Catirai (zona plana del valle) principalmente no considera superficies con plantaciones forestales ni presencia considerable de bosque nativo podríamos extrapolar las superficie obtenidas en la caracterización productiva para toda el área de estudio (Tabla 26).

Tabla 26. Superficie estimada por cultivo para el área de estudio.

Cultivos	Superficie encuestas (ha)	Extrapolación área estudio superficie (ha)	Porcentaje (%)
Hortalizas	7,10	11,95	3,49
Cereales	65,10	109,58	31,99
Forrajeras	129,10	217,30	63,45
Frutales	2,18	3,67	1,07
Plantación forestal	117,00	no se considera	no se considera
Bosque nativo	15,50	no se considera	no se considera
Sin uso agropecuario	287,85	484,51	no se considera
Total	623,83	827,00	100,00

Fuente: Elaboración propia.

Así, estas superficies estimadas pueden ser utilizadas para la determinación de los requerimientos hídricos actuales del valle del Catirai.

De acuerdo con la información climática existente, la zona en estudio posee un déficit hídrico entre los meses de octubre a marzo, la evapotranspiración potencial anual es de 1180,2 mm anuales siendo enero el mes de máxima demanda con valores diarios de 4,92 mm día<sup>-1</sup> en promedio.

Para la determinación de la demanda actual y con proyecto, la evapotranspiración del cultivo (ETc) se determinará a partir de la siguiente ecuación:

$$Etc = Etr \cdot Kc$$

Dónde:

Etr es la evapotranspiración de referencia (mm/mes) y Kc es el coeficiente de cultivo (adimensional).

Etr representa la demanda de agua de un cultivo de referencia (generalmente pasto o alfalfa) que se produce en una localidad en un momento determinado. Etr normalmente es estimada mediante el uso de bandejas de evaporación, estaciones meteorológicas y últimamente mediante el uso de imágenes de satélite. De acuerdo al Atlas Agroclimático de Chile, tomo IV: regiones del Biobío y la Araucanía (Santibáñez, 2017) la evapotranspiración de referencia de la zona en estudio posee valores mensuales en el período de déficit hídrico entre 98,4 a 152,5 mm/mes, siendo enero el mes de máxima demanda (Tabla 27).

Tabla 27. Déficit hídrico y evapotranspiración de referencia mensual para el área de estudio.

Periodo (mes)	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Déficit hídrico (mm)	3	62	98	121	114	78
Etr (mm)	98,4	125,4	145,2	152,5	145,2	125,2

Fuente: Atlas Agroclimático de Chile.

Hoy día existen reconocidos problemas de disponibilidad de agua en la zona asociados a importantes problemas de drenaje que no permiten un desarrollo agrícola óptimo de los cultivos en el área. Debido a los problemas de drenaje, es común que la agricultura se concentre principalmente en rubros de cereales, hortalizas y forrajeras que normalmente limitan el inicio de la temporada agrícola de riego entre los meses de noviembre a inicios de diciembre.

De acuerdo con esta información se determinaron coeficientes de cultivo asociados a los cultivos que fueron encontrados en la zona y de acuerdo con las fechas en que actualmente inicia la temporada agrícola (Tabla 28). En General, se asumió que las necesidades de riego actualmente comenzarían en el mes de noviembre y diciembre principalmente.

Tabla 28. Coeficientes de cultivo mensuales para los cultivos presentes en la zona de estudio.

Cultivo		Coeficiente de cultivo Kc						
		Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
Cereales	Avena		0,4	0,6	0,8	0,5	-	-
	Maíz		0,4	0,75	1,1	1,1	0,85	0,6

Cultivo	Coeficiente de cultivo Kc							
	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	
Promedio		0,40	0,68	0,95	0,80	0,85	0,60	
Hortalizas	Ají	0,4	0,7	1	0,9	-	-	
	Frejol grano	-	0,7	1,1	0,7	-	-	
	Frejol verde	-	0,7	1,1	-	-	-	
	Hortalizas raíz superficial			0,4	0,7	1	1	0,95
	Papas		0,5	0,75	1,1	1	0,75	-
	Pimentón		0,4	0,7	1	0,9	-	-
	Tomates		0,4	0,7	1,15	0,9	0,7	-
	Melón		0,45	0,7	1	0,75	0,65	-
	Sandía		0,45	0,75	1	0,85	0,7	-
	Zapallo		0,45	0,7	1	0,75	0,65	-
	Promedio	0,40	0,53	0,79	0,95	0,88	0,74	0,95
Forrajes	Alfalfa		1	1	1	1	1	
	Empastada		0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	
	Promedio		0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	
Frutales/ Berries	Avellano		0,55	0,7	0,92	0,96	0,96	0,8
	Cítricos		0,65	0,65	0,85	0,85	0,85	0,65
	Nogal		1	1	1	1	1	1
	Durazno		0,55	0,75	0,9	0,9	0,7	
	Manzano		0,6	0,95	0,95	0,95	0,7	
	Olivos		0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	
	Frutilla		0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Promedio		0,67	0,77	0,85	0,86	0,79	0,79	
<b>Total ponderado</b>	<b>0,40</b>	<b>0,40</b>	<b>0,76</b>	<b>0,85</b>	<b>0,95</b>	<b>0,90</b>	<b>0,91</b>	

Fuente: Elaboración propia.

De esta Tabla también es posible ver el valor de Kc promedio por rubro y un valor de Kc ponderado de acuerdo con las superficies actuales del valle estimadas anteriormente en Tabla 26.

Para el cálculo de las necesidades de riego de cada cultivo es necesario además considerar la eficiencia de aplicación que poseen los métodos de riego empleados, así las necesidades de riego fueron calculadas como:

$$\text{Necesidades de riego } \left( \frac{\text{mm}}{\text{mes}} \right) = \frac{\text{ETp} \times \text{Kc}}{\text{Ef Aplicación}}$$

En riego, se entiende por eficiencia de aplicación a la relación entre el volumen de agua que queda disponible para las plantas en la zona de raíces, y el volumen total aplicado en el riego. Este valor dependerá del método de riego utilizado, del diseño del equipo de riego y de la pericia del operador. Los valores utilizados como referencia de eficiencia de aplicación, fueron obtenidos de antecedentes entregados por la Comisión Nacional de Riego (Tabla 28).

Tabla 29. Eficiencias de aplicación para diferentes métodos de riego.

Método de Riego	Eficiencia de aplicación	
	Normal	Con conducción
Tendido	30	35
Surcos	45	50
Surcos en contorno	50	60
Bordes en contorno	50	65
Bordes rectos	60	65
Pretilas	60	65
Tazas	65	70
Aspersión	75	
Microjet y Microaspersión	85	
Goteo	90	

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con el VII Censo Agropecuario y Forestal (INE,2007) existen 4 distritos censales que poseen información de la superficie bajo riego en la zona y que se intersectan con el área de estudio. Los distritos corresponden a Santa Juana, Tricauco, Paso Hondo y Vaquería. Con la información del censo es posible separar las superficies bajo riego del distrito censal por método de riego (Tabla 29).

Tabla 30. Eficiencias de aplicación para diferentes métodos de riego separados por distrito.

Distrito		Total	Tendido	Surco	Otro tradicional	Aspersión	Goteo	Efa (%)
Santa Juana	(ha)	30,4	5,8	2,3	20,6	1,6	0,5	
Ponderación			0,2	0,1	0,7	0,1	0,0	

Distrito		Total	Tendido	Surco	Otro tradicional	Aspersión	Goteo	Efa (%)
Eficiencia	(%)		30	45	35	75	90	38,3
<b>Tricauco</b>	(ha)	21,19	10,3	0	2,9	1	7	
Ponderación			0,5	0,0	0,1	0,0	0,3	
Eficiencia	(%)		30	45	35	75	90	52,6
<b>Paso hondo</b>	(ha)	37,5	14	0,8	12,6	10,1	0	
Ponderación			0,4	0,0	0,3	0,3	0,0	
Eficiencia	(%)		30	45	35	75	90	44,1
<b>Vaquería</b>	(ha)	44,3	20,2	1,6	18,6	3,9	0	
Ponderación			0,5	0,0	0,4	0,1	0,0	
Eficiencia	(%)		30	45	35	75	90	36,6

Fuente: Elaboración propia.

Con esta información y el porcentaje de cada distrito que esta presente en el valle del Catirai fue posible obtener una eficiencia de aplicación ponderada actual del valle equivalente a un **42%** (cálculo en Anexo A7). Así las necesidades de riego entre los meses de mayor demanda del Valle fueron estimadas entre 937 y 3.445 m<sup>3</sup>/mes por hectárea con una demanda total anual de 15.411 m<sup>3</sup>por hectárea (Tabla 31).

Tabla 31. Necesidades de riego por hectárea promedio ponderada.

		Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Total
Déficit hídrico	(mm)	3	62	98	121	114	78	476,0
ETr	(mm)	98,4	125,4	145,2	152,5	145,2	125,2	791,9
Kc		0,40	0,76	0,85	0,95	0,90	0,91	
Necesidades de riego	(mm/mes)	93,7	225,8	295,4	344,6	310,6	271,0	1.541,1
	(m <sup>3</sup> /mes/ha)	937,14	2.258,15	2.954,21	3.445,63	3.106,37	2.709,89	15.411,4

Fuente: Elaboración propia.

Ahora bien, estas necesidades de riego mensuales deben ser suplementadas mediante el riego y/o los aportes de la lluvia. Para determinar los aportes de lluvia es necesario considerar las precipitaciones de la zona y específicamente la precipitación efectiva.

La precipitación efectiva se define como lluvia que se infiltra en el suelo, sin llegar a perderse por escorrentía o por percolación profunda, y permanece a disposición del sistema radicular del cultivo. De acuerdo con el método USDA la precipitación efectiva puede ser calculada mensualmente mediante la siguiente expresión:

$$Pe = f (1,253 P^{0,824} - 2,935) \times 10^{0,001 ETr}$$

Donde,  $Pe$  representa la precipitación efectiva mensual,  $P$  la precipitación mensual,  $Etr$  la evapotranspiración de referencia mensual, y  $f$  un factor de corrección que depende de la lámina aplicada por riego ( $Da$ ),  $f$  puede ser calculado como:

$$f = 0,133 + 0,201 \ln (Da) \quad \text{para } Da < 75\text{mm}$$

$$f = 0,946 + 7,3 \times 10^{-4} Da \quad \text{para } Da \geq 75\text{mm}$$

Para el cálculo se consideró una lámina de riego de 54,8 mm calculada para un suelo promedio del valle de un metro de profundidad (más detalle ver Anexo A7). La precipitación efectiva calculada resultó en un rango entre 24 y 59 mm/mes (Tabla 32) siendo octubre el mes de mayor aporte.

Tabla 32. Cálculo de la precipitación efectiva mensual.

		Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Evapotranspiración	(mm/mes)	98	125	145	153	145	125
Precipitación	(mm/mes)	95,2	63,5	47,6	31,7	31,7	47,6
D	(mm)	54,8	54,8	54,8	54,8	54,8	54,8
f		0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Pe	(mm/mes)	59,5	44,3	35,7	24,9	24,5	34,2

Fuente: Elaboración propia.

Considerando estos aportes las necesidades de riego fueron recalculadas obteniendo una valor por hectárea anual equivalente a 13.181 m<sup>3</sup> por hectárea (Tabla 33).

Tabla 33. Necesidades de riego por hectárea y precipitación efectiva mensual.

		Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Total
Necesidades de riego	(mm/mes)	93,7	225,8	295,4	344,6	310,6	271,0	1541,1
	(m <sup>3</sup> /mes /ha)	937,14	2258,15	2954,21	3445,63	3106,37	2709,89	15411,4
Precipitación Efectiva	(mm/mes)	59,47	44,29	35,74	24,89	24,48	34,15	223,0
	(m <sup>3</sup> /mes /ha)	594,74	442,91	357,45	248,91	244,76	341,52	2230,3
Necesidades de Riego	(m <sup>3</sup> /mes /ha)	342,40	1.815,25	2.596,76	3.196,72	2.861,6	2.368,37	13.181,1
						2		1

Fuente: Elaboración propia.

## 7.2 Requerimientos hídricos del valle de Catirai con proyecto

La mayor disponibilidad de aguas para riego con que se beneficiará el valle de Catirai en el escenario con proyecto, permitirá el establecimiento de nuevos y más rentables cultivos, lo cual significará un mejoramiento de la calidad de vida de los agricultores y sus familias.

Las posibilidades de incorporar o mejorar el riego de esta zona, conlleva al análisis de muchos escenarios de nuevos cultivos y tecnologías de riego; pero para dimensionar las ideas de proyectos se determinaron una serie de cultivos adaptados al valle del Catirai, algunos de los cuales se desarrollan actualmente y otros que son posibles de incorporar. En la Tabla siguiente se entregan los valores de coeficiente de cultivo (Kc) para cada uno de los cultivos considerados, durante los meses de octubre a marzo que de acuerdo al análisis de clima existe un déficit hídrico para riego.

Tabla 34. Valores de coeficiente de cultivo, Kc, para especies vegetales adaptables al valle de Catirai, en periodo octubre a marzo.

Cultivo		Coeficiente de cultivo Kc					
		Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Cereales	Avena	0,40	0,60	0,80	0,50	-	-
	Maíz	0,40	0,75	1,10	1,10	0,85	0,60
	Trigo	0,30	0,50	0,80	0,50	-	-
Hortalizas	Ají	0,40	0,70	1,00	0,90	-	-
	Arveja verde	0,70	1,00	-	-	-	-
	Cebolla guarda	0,50	0,70	1,00	0,90	0,75	-
	Cebolla verde	0,45	0,70	1,00	-	-	-
	Frejol grano	-	0,70	1,10	0,70	-	-
	Frejol verde	-	0,70	1,10	-	-	-
	Hortalizas raíz	0,40	0,70	1,00	1,00	0,95	0,85
	Papas	0,50	0,75	1,10	1,00	0,75	-
	Pimentón	0,40	0,70	1,00	0,90	-	-
	Tomates	0,40	0,70	1,15	0,90	0,70	-
	Zapallo	0,45	0,70	1,00	0,75	0,65	-
	Forrajes	Alfalfa	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Empastada		0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
Frutales arbustivos	Arándano	0,45	0,80	1,15	1,15	0,80	0,70
	Frambuesa	0,45	0,45	0,51	0,55	0,69	0,75

Cultivo		Coeficiente de cultivo Kc					
		Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
y anuales	Frutilla	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
	Melón	0,45	0,70	1,00	0,75	0,65	-
	Sandía	0,45	0,75	1,00	0,85	0,70	-
Frutales perennes	Avellano	0,55	0,70	0,92	0,96	0,96	0,80
	Cítricos	0,65	0,65	0,85	0,85	0,85	0,65
	Nogal	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	Vid	0,70	0,70	0,85	0,85	0,70	0,60

La Tabla siguiente muestra el rango de variación de los valores de Kc para los diferentes cultivos durante la temporada de riego, los que alcanzan valores máximos de hasta 1,15 en los meses de enero y febrero; sin embargo con el propósito de simplificar los cálculos de demanda hídrica, se trabajará con valores promedio de coeficiente de cultivo para el valle.

Tabla 35. Rango de valores de coeficiente de cultivo para período octubre a marzo, de acuerdo a cultivos adaptables al valle del Catirai.

kc	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Kc mínimo	0,3	0,45	0,51	0,5	0,65	0,6
Kc Promedio	0,58	0,76	0,98	0,92	0,82	0,75
Kc máximo	1	1	1,15	1,15	1	1

Para determinar la demanda hídrica se consideraron valores climáticos de precipitación, déficit hídrico y evapotranspiración de referencia, obtenidos del atlas agroclimático de Chile, Tomo 4; Distrito 8-9-2, Curanilahue; cuyos valores para el período octubre a marzo se muestran en la Tabla 36.

Tabla 36. Antecedentes climáticos distrito Curanilahue.

	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Precipitación (mm)	95,2	63,5	47,6	31,7	31,7	47,6
Déficit hídrico (mm)	3	62	98	121	114	78
ETr (mm)	98,4	125,4	145,2	152,5	145,2	125,2

En el cálculo de los requerimientos hídricos la superficie regada por cada método de riego se estimó en base a la superficie actualmente regada en el valle de Catirai; información recolectada en las encuestas efectuadas a agricultores y extrapolada a la totalidad del valle. De acuerdo a este análisis la eficiencia de aplicación estimada para el valle alcanza a un 42%. Este valor conservador puede ser aumentado si se considera una mayor superficie con mayor tecnificación.

Ahora bien, los valores de demanda hídrica obtenidos específicamente para cada uno de los cultivos se muestran en la Tabla 37. En ella, se señala cual o cuales son los métodos de riego potenciales utilizados en cada cultivo y se entrega la demanda hídrica considerando cada uno de ellos para los meses de máxima demanda.

Tabla 37. Requerimiento mensual y anual de los cultivos potenciales para el área de estudio.

Cultivo	Método de riego	Requerimiento hídrico (mm/mes)						Requerimiento anual	
		Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	(mm/año)	(m <sup>3</sup> /ha)
Avena	Tendido	52,5	100,3	154,9	-	-	-	769,2	7692
Maíz	Aspersión	52,5	125,4	213,0	223,7	164,6	100,2	879,2	8792
Trigo	Tendido	98,4	209,0	387,2	254,2	-	-	948,8	9488
Ají	Aspersión	52,5	117,0	193,6	183,0	-	-	546,1	5461
Arveja verde	Tendido	229,6	418,0	-	-	-	-	647,6	6476
	Aspersión	91,8	167,2	-	-	-	-	259,0	2590
Cebolla guarda	Aspersión	65,6	117,0	193,6	183,0	145,2	-	704,4	7044
	Goteo	54,7	97,5	161,3	152,5	121,0	-	587,0	5870
Cebolla verde	Aspersión	59,0	117,0	193,6	-	-	-	369,7	3697
	Goteo	49,2	97,5	161,3	-	-	-	308,1	3081
Frejol grano	Aspersión	0,0	117,0	213,0	142,3	-	-	472,3	4723
Frejol verde	Aspersión	0,0	117,0	213,0	-	-	-	330,0	3300
Hortalizas raíz superf.	Aspersión	52,5	117,0	193,6	203,3	183,9	141,9	892,3	8923
Papas	Aspersión	65,6	125,4	213,0	203,3	145,2	-	752,5	7525
Pimentón	Surco	87,5	195,1	322,7	305,0	-	-	910,2	9102
	Aspersión	52,5	117,0	193,6	183,0	-	-	546,1	5461
Tomates	Surco	87,5	195,1	371,1	305,0	225,9	-	1184,5	11845
	Goteo	43,7	97,5	185,5	152,5	112,9	-	592,2	5922
Zapallo	Surco	98,4	195,1	322,7	254,2	209,7	-	1080,0	10800
Alfalfa	Tendido	328,0	418,0	484,0	508,3	484,0	417,3	2639,7	26397
	Aspersión	131,2	167,2	193,6	203,3	193,6	166,9	1055,9	10559
Empastada	Tendido	295,2	376,2	435,6	457,5	435,6	375,6	2375,7	23757
	Aspersión	118,1	150,5	174,2	183,0	174,2	150,2	950,3	9503
Arándano	Goteo	49,2	111,5	185,5	194,9	129,1	97,4	767,5	7675

Cultivo	Método de riego	Requerimiento hídrico (mm/mes)						Requerimiento anual	
		Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	(mm/año)	(m <sup>3</sup> /ha)
Frambuesa	Surco	98,4	125,4	164,6	186,4	222,6	208,7	1006,1	10061
	Goteo	49,2	62,7	82,3	93,2	111,3	104,3	503,0	5030
Frutilla	Goteo	76,5	97,5	112,9	118,6	112,9	97,4	615,9	6159
Melón	Surco	98,4	195,1	322,7	254,2	209,7	-	1080,0	10800
Sandía	Surco	98,4	209,0	322,7	288,1	225,9	-	1144,0	11440
Avellano europeo	Goteo	60,1	97,5	148,4	162,7	154,9	111,3	734,9	7349
Cítricos	Goteo	71,1	90,6	137,1	144,0	137,1	90,4	670,4	6704
Nogal	Microjet	109,3	139,3	161,3	169,4	161,3	139,1	879,9	8799
Vid	Goteo	76,5	97,5	137,1	144,0	112,9	83,5	651,6	6516

Fuente: Elaboración propia.

El mayor requerimiento hídrico lo tienen los forrajes como alfalfa y empastadas artificiales con valores sobre 20.000 m<sup>3</sup>/ha año, regando por tendido, el cual es el método de riego que más pierde agua. En el caso de tecnificar el riego de estos cultivos con algún sistema de aspersión, el consumo hídrico se reduce a alrededor de 10.000 m<sup>3</sup>/ha/año.

Las cucurbitáceas como sandía, melón y zapallo también tienen un alto requerimiento hídrico del orden de 11.000 m<sup>3</sup>/ha/año al ser regadas por surcos, el cual bajaría considerablemente al implantar un sistema de riego por goteo con cintas.

En general cultivos regados por goteo tienen un bajo consumo de agua por la mayor eficiencia del método de riego. Cultivos de bajo consumo como frutilla, frambuesa y tomate tienen requerimientos inferiores a 6.000 m<sup>3</sup>/ha/año lo que los hace bastante interesantes de establecer a pequeña escala.

Si se considera el establecimiento de cultivos bajo plástico, los estudios realizados señalan que en un ambiente modificado como un invernadero, el requerimiento hídrico de las plantas se reduce aproximadamente a un 70% del requerimiento del mismo cultivo al aire libre. Esto es por el hecho de someter a las plantas a condiciones meteorológicas menos exigentes.

Con el propósito de determinar el área beneficiada de riego de todas las alternativas a ser analizadas es necesario inicialmente determinar las necesidades hídricas de los principales cultivos de la zona. Para este análisis preliminar se utilizó un valor promedio de Kc, la evapotranspiración de referencia mensual de la zona y la eficiencia de aplicación ponderada estimada (42%) con esto fue posible obtener una demanda de agua en m<sup>3</sup>/mes por hectárea (Tabla 38).

Tabla 38. Déficit hídrico, evapotranspiración de referencia, coeficientes de cultivo Kc, y necesidades de riego periodo octubre – marzo.

		Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Total
Déficit hídrico	(mm)	3	62	98	121	114	78	476,0
ETr	(mm)	98,4	125,4	145,2	152,5	145,2	125,2	791,9
Kc		0,58	0,76	0,98	0,92	0,82	0,75	4,8
Necesidades de riego	(mm/mes)	135,9	226,9	338,8	334,0	283,5	223,6	1.542,7
	(m <sup>3</sup> /mes /ha)	1.358,86	2.269,14	3.388,00	3.340,48	2.834,86	2.235,71	1.5427,0

Fuente: Elaboración propia.

Nuevamente, considerando los aportes de la precipitación efectiva calculadas anteriormente las necesidades de riego fueron recalculadas obteniendo un valor por hectárea anual equivalente a 13.200 m<sup>3</sup> por hectárea (Tabla 39).

Tabla 39. Necesidades de riego por hectárea y precipitación efectiva mensual.

		Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Total
Necesidades de riego	(mm/mes)	135,9	226,9	338,8	334,0	283,5	223,6	1.542,7
	(m <sup>3</sup> /mes /ha)	1.358,86	2.269,14	3.388,00	3.340,48	2.834,86	2.235,71	15.427,0
Precipitación Efectiva	(mm/mes)	59,47	44,29	35,74	24,89	24,48	34,15	223,0
Necesidades de Riego	(m <sup>3</sup> /mes /ha)	594,74	442,91	357,45	248,91	244,76	341,52	2230,3
	(m <sup>3</sup> /mes /ha)	764,12	1.826,23	3.030,55	3.091,57	2.590,10	1.894,20	13.196,77

Fuente: Elaboración propia.

Esta información será utilizada para la determinación de la superficie beneficiada de acuerdo a la disponibilidad de agua superficial o subterránea cuando corresponda.



MÁS Y MEJOR  
RIEGO PARA CHILE



## 8 HIDROLOGÍA

## 8.1 Hidrología del río Lía y otros esteros

Para la estimación del caudal disponible en el río Lía y en los esteros existentes en la zona del estudio, se utilizó una metodología basada en la trasposición de caudales usando el principio de la similitud hidrológica, con el apoyo de mediciones de caudales en terreno.

### 8.1.1 Transposición de caudales

Para la estimación de disponibilidad de agua en cuencas sin control fluviométrico, o sea aquellas donde no existen estaciones que midan caudales, es posible recurrir a dos enfoques considerados clásicos: la trasposición de caudales basada en el principio de similitud hidrológica o la implementación de un modelo hidrológico.

En el caso de la cuenca del río Lía, no se dispone de datos de precipitación medidos en la cuenca por lo que si se decidiera utilizar un modelo hidrológico, este debería ser calibrado y posteriormente validado con datos de otra cuenca, para posteriormente suponer similitud hidrológica y aplicarlo en la cuenca en estudio. Por esta razón no es recomendable el aplicar un modelo en este caso, sino que recurrir directamente a la metodología de trasposición de caudales.

El uso de la metodología de trasposición de caudales ha sido un tema fundamental analizado internacionalmente. De hecho, la Asociación Internacional de Ciencias Hidrológicas (IAHS), estableció un grupo de trabajo especial que generó documentos con recomendaciones básicas para realizar la trasposición de caudales considerando el principio de similitud hidrológica, que consiste en aceptar el uso de datos medidos en una cuenca para estimar la disponibilidad de agua en otra cuenca en la medida que se cumplan los siguientes criterios:

- I. Que ambas cuencas tengan un clima similar (evapotranspiración y precipitación).
- II. Que ambas cuencas tengan un uso de suelo similar.
- III. Que ambas cuencas tengan una geomorfología y geología similar.

Como el objetivo de este trabajo es determinar caudales con probabilidades de excedencia mayores al 85%, o sea caudales mínimos, a los aspectos antes mencionados se les debe agregar el análisis de la curva de duración de rendimientos específicos (caudales divididos por área y por un índice de precipitaciones).

El uso similitud hidrológica basadas en parámetros geomorfológicos, sin el análisis de la curva de duración de caudales específicos, puede generar severos errores en la estimación de caudales mínimos en la zona central de Chile, donde la existencia de sistemas de rocas fracturadas afecta la generación de caudales mínimos. A continuación se presentan varios ejemplos de esteros situados en las regiones de Ñuble y Biobío donde existen mecanismos que afectan la producción de caudales mínimos:

- Las cuencas de los ríos Diguillín y Renegado poseen similitud en todos los parámetros geomorfológicos y en el régimen de precipitación, pero el estero Renegado posee hasta 8 veces menos caudal que el río Diguillín;
- El río Cholguán presenta zonas donde su caudal mínimo disminuye ostensiblemente debido a filtraciones que recargan los acuíferos, afectando un proyecto de una central hidroeléctrica que se realizó basado en el análisis de similitud geomorfológica.
- Otros casos similares se dan en los ríos Cato, Claro de Yumbel y Huaqui que reciben aportes de aguas subterráneas desde el acuífero regional poseyendo entonces caudales mínimos superiores a los que correspondería su cuenca hidrográfica.
- En la cordillera de la Costa se da el caso de cuencas de esteros que se alimentan por vertientes que drenan sistemas de rocas fracturadas como son el estero Queime que nace en el cerro Cayumanqui y el estero Chonchol en Ninhue que se alimenta por la vertiente de Pangué.

Por todo lo anterior, este consultor utiliza la métrica de rendimientos específicos (caudales divididos por área y por un índice de precipitaciones) para determinar si un grupo de cuencas son similares, por sobre el uso de otro tipo de métrica.

#### 8.1.2 Análisis de estaciones fluviométricas

Para determinar que cuencas presentan similitud hidrológica, se realizó un análisis regional de caudales, para lo cual se identificaron 7 estaciones fluviométricas con datos a partir del año 1985, de las cuales 1 está suspendida, y 2 poseen registro satelital de datos, por lo que sus caudales pueden ser obtenidos a tiempo real. En la Figura 13 se presentan las estaciones seleccionadas. En la Tabla 40 se presenta la longitud del registro disponible que se encuentra a través de la página de la Dirección General de Agua ([www.dga.cl](http://www.dga.cl)).

Figura 13. Estaciones seleccionadas para el análisis y sus cuencas aportantes.



Fuente: Elaboración propia.

La estación que posee un registro más extenso de datos corresponde a la estación fluviométrica río Butamalal en Butamalal, que data de 1950 y que aún se encuentra en servicio, además esta estación ha usado como estación de referencia en varias publicaciones que tratan la hidrología de la región del Biobío (Muñoz et al., 2018; Parra et al., 2019). Por lo anterior se realizó una correlación de los caudales medios mensuales de cada estación indicada en la Tabla 40 tomando como referencia la estación del río Butamalal.

Las correlaciones entre las diferentes estaciones se presentan en forma gráfica en la Figura 14 y en la Tabla 41 se presenta un resumen de los coeficientes  $R^2$  de cada regresión. Es interesante notar que las correlaciones de las estaciones que se ubican al norte del río Biobío (río Lonquén y estero Nonguén) son más bajas que las estaciones localizadas al sur de este río. Esto se explica principalmente por el hecho de que las precipitaciones son mayores en el entorno de la cordillera de Nahuelbuta por el efecto orográfico.

Tabla 40. Estaciones fluviométricas seleccionadas para el análisis.

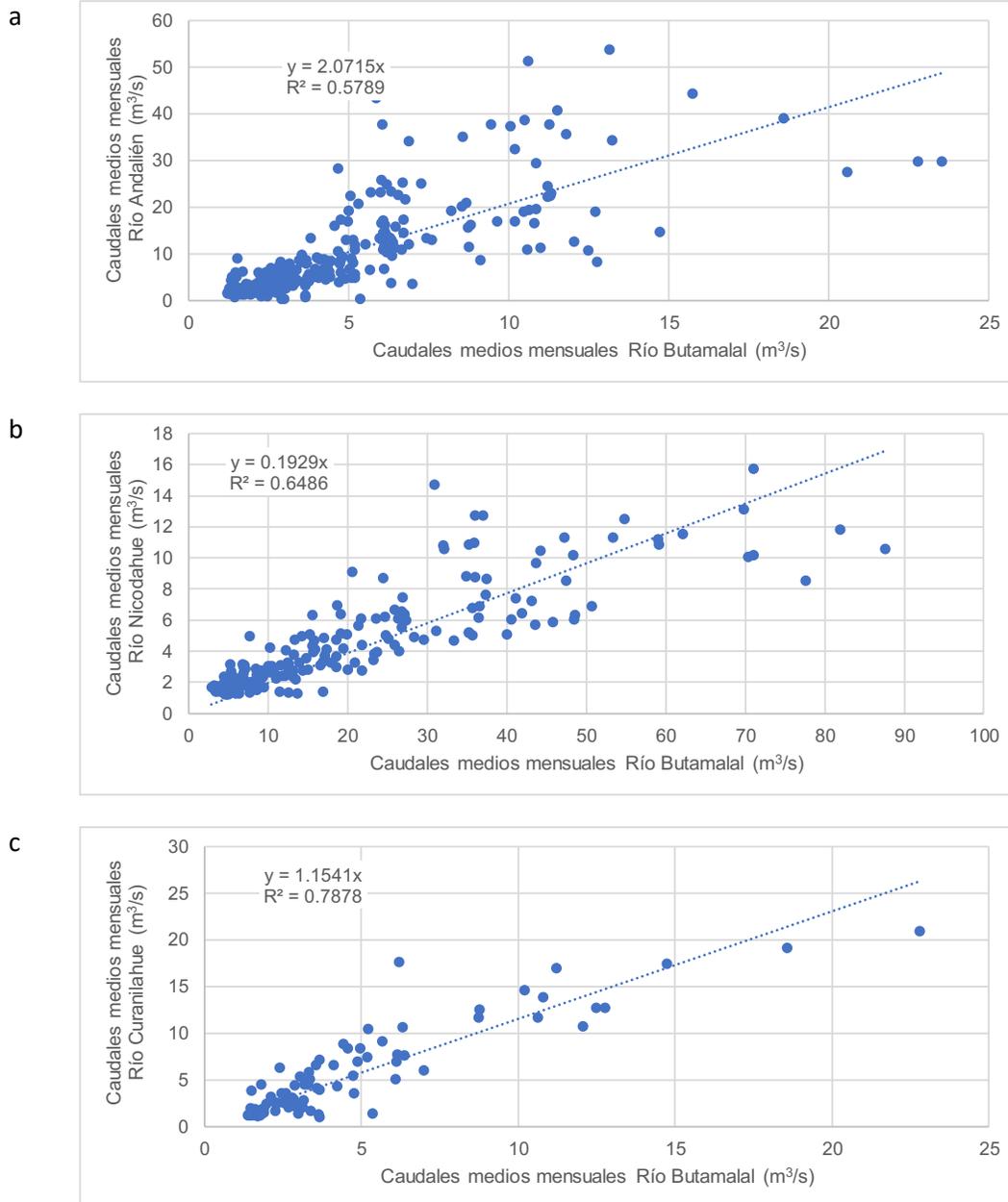
Código BNA	Nombre estación	Fecha inicio registro	Fecha último dato disponible	Número meses con datos <sup>3</sup>
8220001	Río Andalién Camino a Penco	01-11-1960	25-04-2016 <sup>1</sup>	334
8362001	Río Nicodahue en Pichún	01-04-1988	28-05-2015 <sup>1</sup>	298
8700002	Río Curanilahue en Curanilahue	01-06-2009	30-04-2016 <sup>1</sup>	97
8700003	Estero Plegarias antes río Curanilahue	25-06-2009	24-12-2018 <sup>1,2</sup>	102
8820001	Río Caramávida en Caramávida	17-02-1953	22-01-1992	65
8821006	Río Leiva en Puente Camino a Contulmo	01-01-2009	24-12-2018 <sup>1,2</sup>	99
8821002	Río Butamalal en Butamalal	10-08-1950	09-09-2015 <sup>1</sup>	233

1: Estación vigente

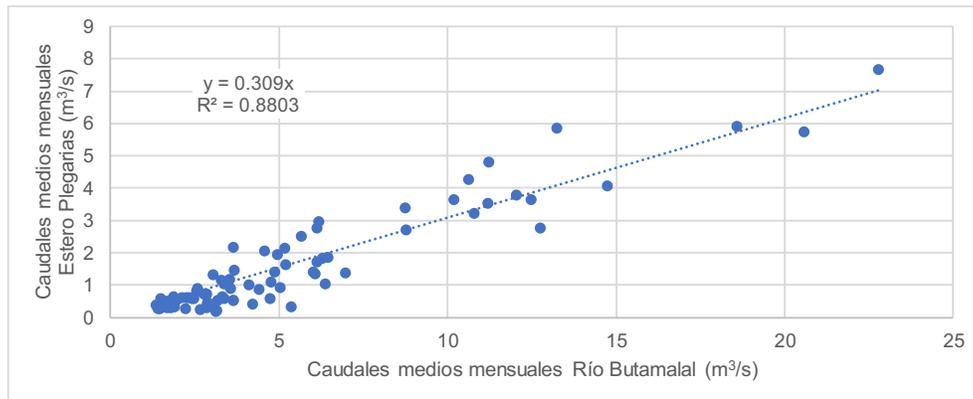
2: Estación con registro satelital a tiempo real.

3. En el periodo 1988-2017

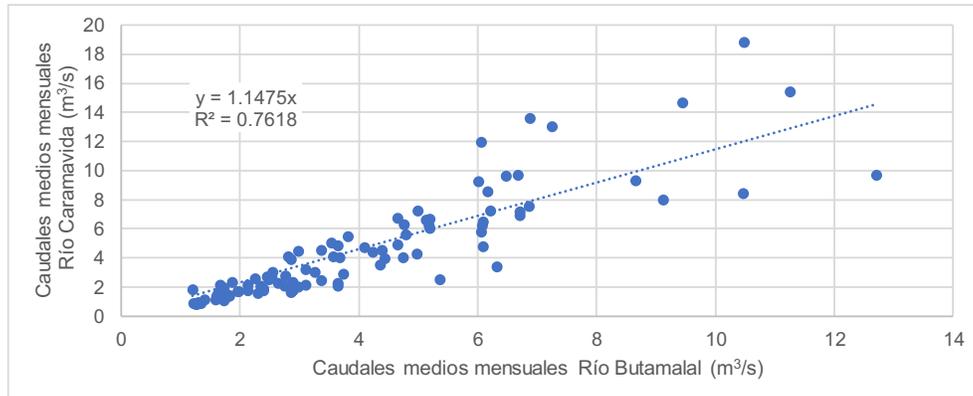
Figura 14. Correlación de caudales medios mensuales.



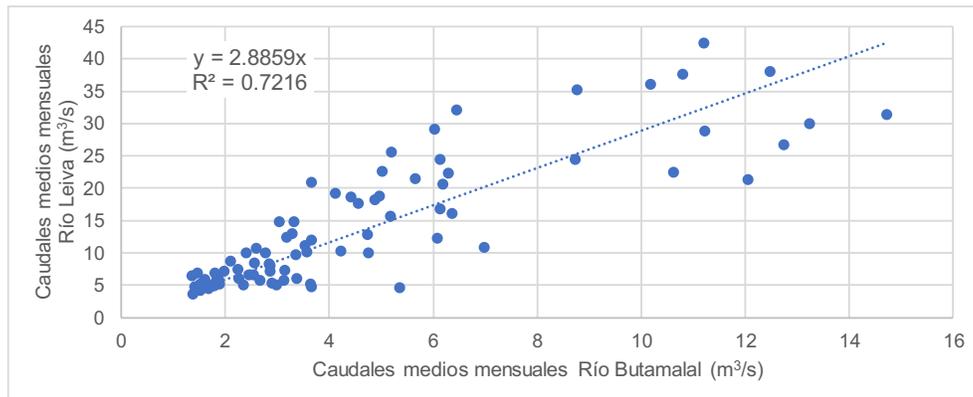
d



e



f



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 41. Estadísticas de caudales consideradas para el análisis.

Nombre estación	Correlación con río Butamalal
Río Andalién camino a Penco	0,58
Estero Nonguén frente U. Del Biobío	0,51

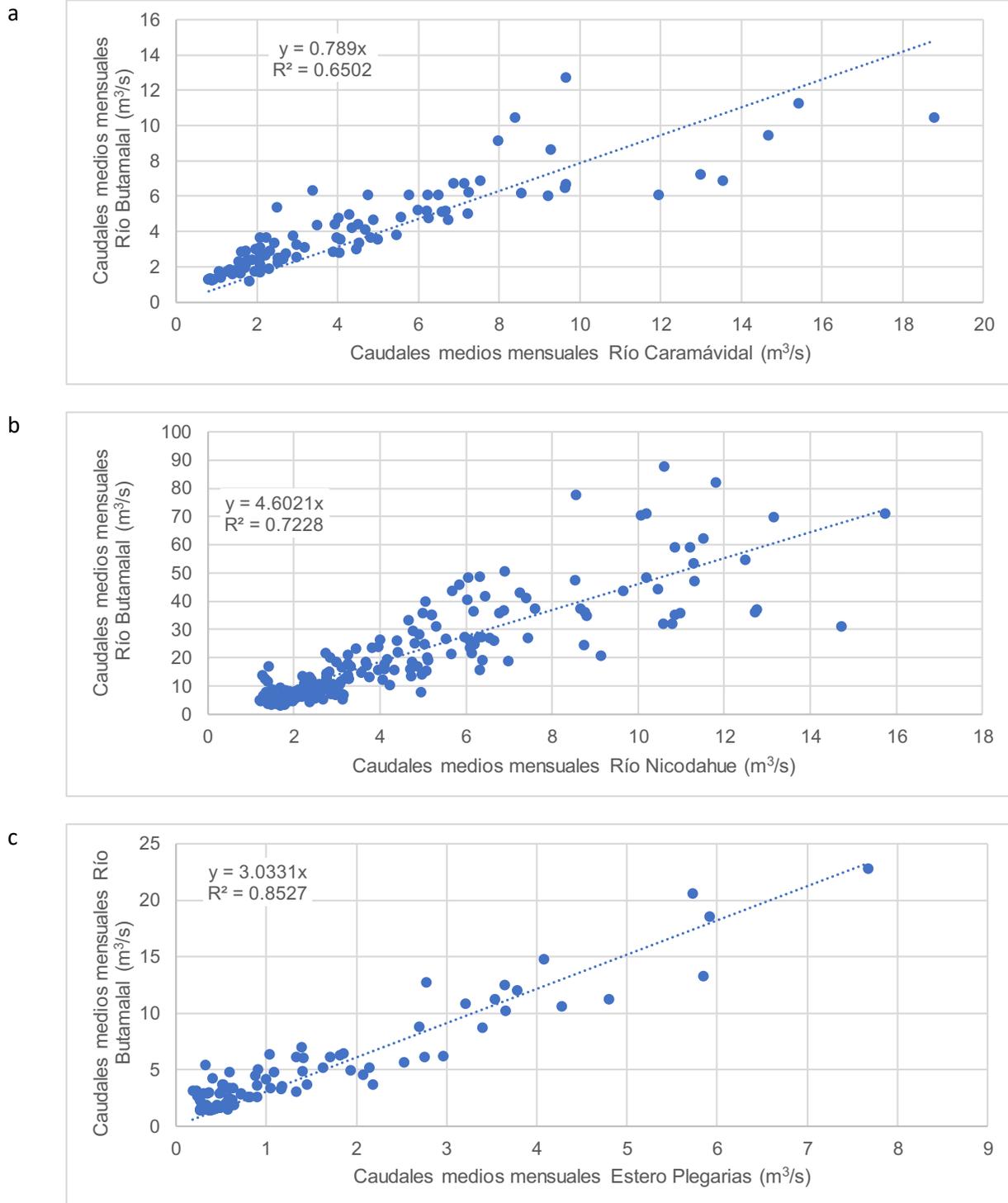
Nombre estación	Correlación con río Butamalal
Río Nicodahue en Pichún	0,72
Río Curanilahue en Curanilahue	0,79
Estero Plegarias antes Río Curanilahue	0,88
Río Caramávida en Caramávida	0,76
Río Leiva en Puente Camino a Contulmo	0,72

Para este estudio, la metodología se focalizará en dos cuencas de referencia: Río Butamalal en Butamalal pues es la cuenca que posee un mayor registro histórico como se explicó anteriormente y estero Plegarias antes del río Curanilahue, pues es la estación con registro de datos satelitales más cercana a la cuenca del río Lía dentro de la cordillera de Nahuelbuta.

La estación río Butamalal en Butamalal fue rellenada usando las correlaciones obtenidas entre los caudales medio mensual de esta estación en función de los caudales medios mensuales medidos en las estaciones río Caramávida en Caramávida (Figura 15a), río Nicodahue en Pichún (Figura 15b) y estero Plegarias antes del río Curanilahue (Figura 15c). Estas correlaciones consideraron los valores mes a mes para todo el registro disponible. Para cada mes con datos faltantes se usaron datos de aquella estación donde existiera información.

La estación estero Plegarias antes del río Curanilahue fue rellenada usando la correlación que se determinó entre esa estación y la estación río Butamalal en Butamalal (Figura 14d).

Figura 15. Correlación de caudales medios mensuales usados para rellenar la estación río Butamatal en Butamatal.



Fuente: Elaboración propia.

### 8.1.3 Análisis de similitud hidrológica

Se planteó como hipótesis inicial de este trabajo el que las cuencas ubicadas en torno a la cordillera de Nahuelbuta presentarían similitud hidrológica debido a las características geológicas, geomorfológicas y climáticas de ese territorio.

La cordillera de Nahuelbuta corresponde a un tramo de la cordillera de la Costa que se ubica entre los ríos Biobío e Imperial. Al Sur del río Biobío la cordillera presenta una mayor elevación que la cordillera de la Costa ubicada al norte de Concepción y por eso se transforma en una barrera orográfica que concentra los aportes de humedad provenientes de los sistemas frontales, generando un territorio de alta pluviosidad (Garreaud et al., 2016), el aumento de pluviometría ya fue reconocida en el Balance Hídrico Nacional publicado por la DGA el año 1987, al publicar el mapa de isoyetas indicado en la figura 4.

En la Tabla 42 se presenta un conjunto de parámetros representativos de cada cuenca obtenido a partir de la base de datos Camels (<http://camels.cr2.cl>; Alvarez-Garreton et al., 2018). Como se puede observar, las seis cuencas de la cordillera de Nahuelbuta poseen pendientes similares, coberturas de uso de suelo con predominio de bosques nativos o plantaciones; y condiciones climáticas similares dados por el índice de aridez y la precipitación media mensual. En contraste la cuenca del río Andalién posee características diferentes como la pendiente, índice de aridez y precipitación media anual.

Tabla 42. Conjunto de parámetros representativos de cada cuenca.

Parámetro	Unid.	Andalién	Nicodahue	Curanilahue	Plegarias	Caramávida	Leiva	Butamalal
Área	km <sup>2</sup>	752	741	107,7	28,5	93	426	123,4
Elevación media	msnm	210	585	464	308	703	612	779
Máxima elevación	msnm	588	1385	1014	731	1377	1518	1518
Pendiente media	m/km	113	146,3	159,5	145	168,3	155,6	156
Precipitación media anual	mm	1163	1485	1431	1313	1463	1372	1483
Índice de aridez		1,1	0,7	0,7	0,8	0,7	0,7	0,7
Grado intervención humana		0,034	0,003	0,027	0	0,17	0,116	0,092
Cobertura bosque nativo	%	25	35	35	20	70	50	50

Parámetro	Unid.	Andalién	Nicodahue	Curanilahue	Plegarias	Caramávida	Leiva	Butamalal
Cobertura plant. Forestales	%	50	45	50	70	20	30	40
Agricultura y praderas	%	15	10	10	0	4	10	5
Geología predominante*		RP	RP	RM y RP	RM y RP	PM y PP	RP y	RP y RM

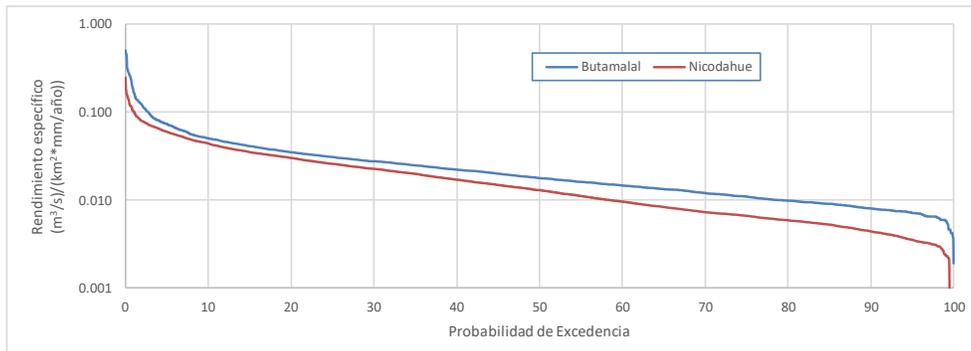
\*RP: Rocas Plutónicas del Batolito de la Costa; RM: Rocas metamórficas del Paleozoico.

Como se mencionó anteriormente, dada la existencia de procesos hidrológicos que afectan la producción de caudales mínimos, se estudiará la similitud hidrológica entre las cuencas consideradas en este estudio, usando como métrica las curvas de duración general para rendimientos específicos en períodos donde existan datos diarios. Por rendimiento específico se considera los caudales medios diarios divididos por el área de la cuenca y el módulo de pluviometría, que se define como la precipitación media anual de acuerdo con la base de datos Camels. Las curvas de duración para caudales específicos se presentan en la figura 5, en donde se puede apreciar que todas estaciones fluviométricas ubicadas en la cordillera de Nahuelbuta presentan valores similares de caudales para probabilidades de excedencia superiores al 50%. En cambio, la estación correspondiente al río Andalién, ubicada al norte del río Biobío y por ende fuera de la cordillera de Nahuelbuta, presenta un comportamiento diferente. De manera similar, la estación río Nicodahue en Pichún, que se encuentra en la vertiente oriental de la cordillera presentó un menor rendimiento específico.

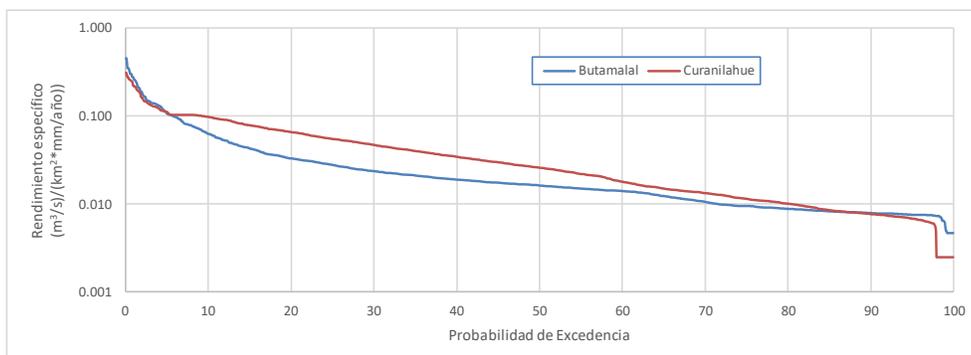
Para mayor claridad, en la Figura 17 se presentan todas las curvas de duración general para rendimiento específicos. Esta información, así como también los parámetros presentados en la Tabla 42, permite aceptar la hipótesis de trabajo en el sentido de que las cuencas que drenan la cordillera de Nahuelbuta presentan similitud hidrológica.



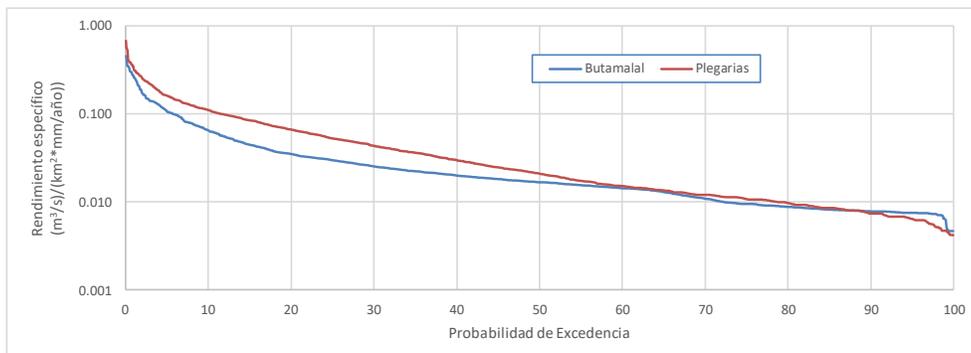
**B**



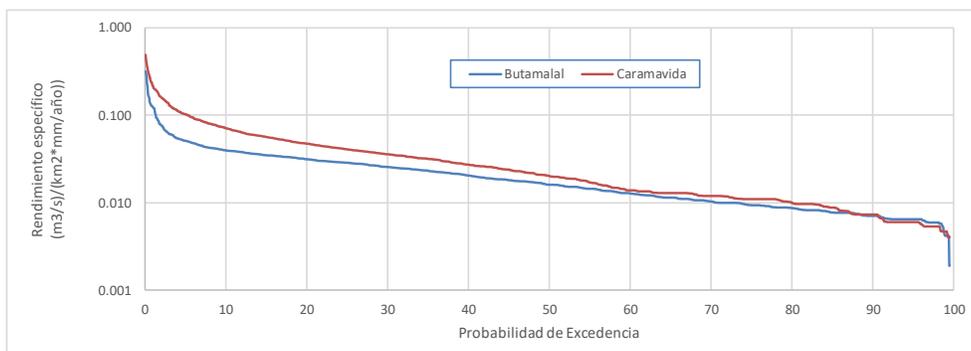
**C**



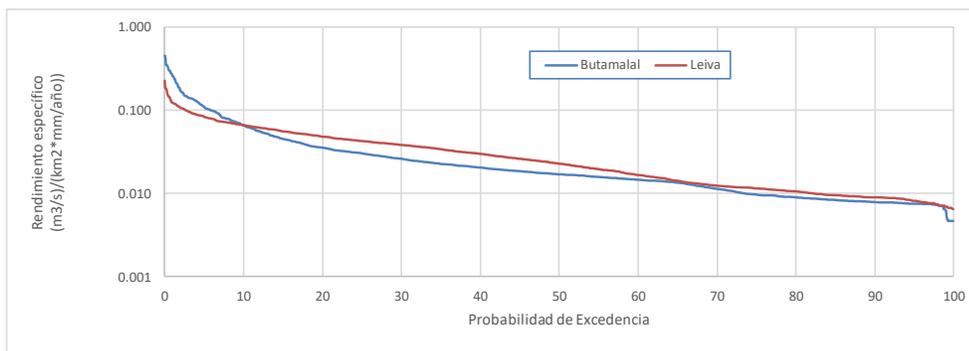
**D**



**E**

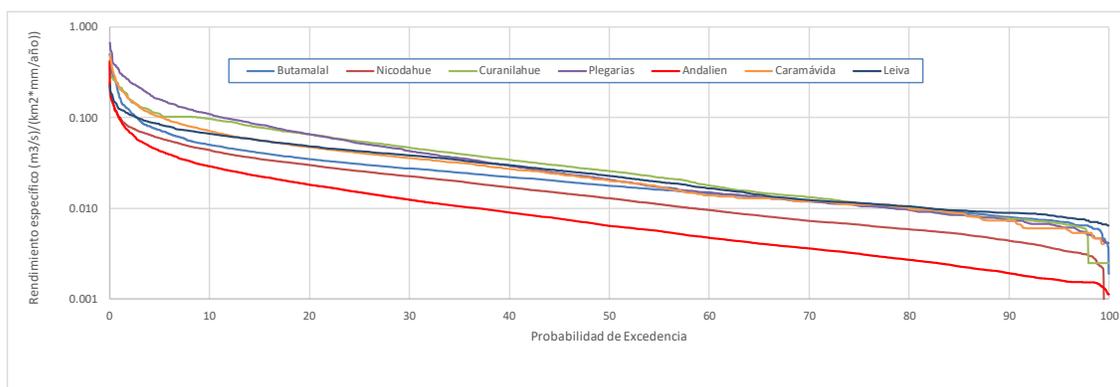


F



Fuente: Elaboración propia.

Figura 18. Resumen de curvas de duración de rendimientos específicos para todas las cuencas analizadas.



Fuente: Elaboración propia.

#### 8.1.4 Estimación de caudales para la cuenca del río Lía, en punto DGA

Utilizando el principio de similitud hidrológica, se realizará la estimación de caudales para la cuenca del río Lía transponiendo los caudales medidos en la estación estero Plegarias antes del río Curanilahue. La razón por la que se seleccionó el estero Plegarias es porque dicha estación posee un sistema de transmisión de datos satelitales y por ello se podrá enriquecer la estimación de caudales verificándola mediante la contratación de los valores estimados y los valores aforados en terreno.

Como se presenta en la Tabla 43, ambas cuencas poseen características similares en términos de que son cuencas pequeñas (entre 10 y 100 km<sup>2</sup>), poseen un predominio de cobertura de suelos por bosques, clima similar, pues ambas cuencas pertenecen al Distrito Agroclimático de Curanilahue (Universidad de Chile, 2017), poseen un similar índice de aridez y régimen de precipitaciones.

Cabe notar que existe diferencia en las pendientes medias de las cuencas. La cuenca del estero Lía posee una mayor pendiente que la cuenca del estero Plegarias, pero la diferencia de estas pendientes significa un impacto muy pequeño en la respuesta hidrológica de las cuencas. Para

ilustrar lo anterior se utiliza la corrección al número de curva de una cuenca propuesta por Sharpley y Williams (1990) para el efecto de la pendiente (Figura 19), como se puede apreciar, para cuencas forestales, cuyos números de curva deberían estar entre 50 y 90, la diferencia producto de la pendiente es menor a un 5%.

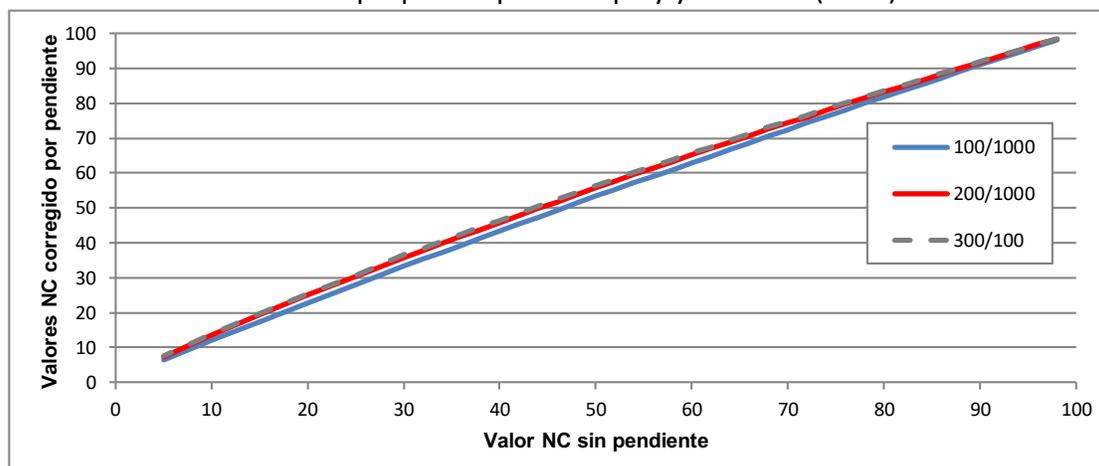
Tabla 43. Conjunto de parámetros representativos de cada cuenca.

Parámetro	Unid.	Plegarias	Lía
Área	km <sup>2</sup>	28,5	57,4
Elevación media	msnm	308	445
Máxima elevación	msnm	731	688
Pendiente media	m/km	145	185
Precipitación media anual	mm	1313	1200
Índice de aridez		0,8	0,8
Cobertura bosque nativo	%	20	15
Cobertura plant. forestales	%	70	80
Geología predominante*		RM y RP	RP

\*RP: Rocas Plutónicas del Batolito de la Costa; RM: Rocas metamórficas del Paleozoico.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 19. Efecto de la pendiente sobre el valor de la Curva Número (CN), de acuerdo a la corrección propuesta por Sharpley y Williams (1990).



Fuente: Elaboración propia.

### 8.1.5 Trasposición de caudales

El método de trasposición se basa en considerar que existe una igualdad de rendimiento específico de cada cuenca de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\frac{Q_x}{A_x \bar{P}_x} = \frac{Q_A}{A_A \bar{P}_A}$$

Donde:

- A: área de la cuenca aportante (km<sup>2</sup>).
- P: Módulo de pluviometría, que se define como la precipitación media anual.

Tabla 44. Caudales generados para la cuenca del río Lía (m<sup>3</sup>/s).

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1988	1,0	0,7	0,8	0,7	0,8	2,2	2,7	3,5	2,7	2,1	1,6	1,3
1989	0,9	0,7	0,8	0,7	0,7	2,9	3,6	4,2	2,8	1,8	1,5	1,6
1990	1,0	0,7	1,8	2,2	1,7	5,2	3,5	6,0	7,3	3,5	3,6	1,6
1991	1,1	1,0	1,0	1,7	5,0	2,9	4,0	3,9	3,0	2,5	1,9	2,7
1992	1,6	1,2	1,0	1,6	3,4	8,7	3,6	2,9	3,4	3,4	2,7	2,5
1993	1,5	0,7	1,1	1,3	6,5	7,6	9,0	6,5	5,1	3,8	2,4	2,1
1994	1,5	1,2	0,6	0,8	1,6	3,3	13,5	6,3	3,9	6,1	2,4	2,5
1995	1,5	0,8	0,8	1,8	1,3	6,2	20,6	6,2	4,4	3,7	2,9	1,7
1996	1,4	1,4	1,1	1,4	2,3	2,0	2,3	4,2	2,3	1,6	1,2	0,8
1997	0,5	0,5	0,4	1,5	3,2	8,7	5,9	6,1	4,5	5,3	4,0	2,3
1998	1,3	0,9	0,8	1,1	2,4	3,3	2,7	2,9	2,3	1,3	0,9	0,6
1999	0,4	0,3	0,5	0,4	1,6	3,5	3,8	4,3	7,4	2,8	1,6	1,0
2000	0,6	0,9	0,8	0,8	1,2	9,7	6,5	4,7	6,3	3,9	2,6	1,6
2001	1,3	0,9	1,0	1,0	3,5	5,4	11,0	9,6	5,3	3,3	2,4	1,4
2002	0,9	0,7	1,3	1,3	3,3	4,5	4,3	4,9	6,5	7,1	4,1	2,3

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2003	1,5	1,0	0,9	0,9	1,5	10,3	5,2	3,2	4,0	3,4	2,6	1,5
2004	0,9	0,8	0,7	1,8	1,2	3,4	7,9	6,4	4,3	4,3	2,9	0,8
2005	1,1	1,2	1,3	1,7	5,5	6,6	5,8	5,9	4,9	3,2	2,9	2,4
2006	1,6	1,0	1,3	1,9	1,6	4,9	6,1	6,8	4,7	3,5	2,5	1,8
2007	1,4	1,3	1,2	1,4	1,4	1,9	3,8	3,0	2,8	2,3	1,8	1,5
2008	1,1	1,0	1,0	1,2	4,9	7,2	8,5	8,3	6,2	8,3	1,6	1,0
2009	0,7	0,6	0,5	0,6	1,7	3,4	3,5	6,6	3,4	1,7	1,6	1,1
2010	0,8	1,0	1,1	0,7	0,6	3,6	6,0	6,8	3,0	1,2	1,1	0,8
2011	0,4	0,3	0,4	0,6	0,6	1,9	3,4	6,8	5,0	1,9	1,0	0,5
2012	0,5	0,8	0,7	0,7	2,6	5,2	2,6	4,7	2,5	1,5	1,0	1,1
2013	0,9	0,7	0,5	0,5	1,7	3,2	6,3	7,6	5,5	2,2	1,3	0,8
2014	0,6	0,5	0,5	0,8	2,5	11,0	10,9	10,7	8,9	3,9	2,0	1,4
2015	0,9	0,8	0,7	0,8	1,2	7,0	7,9	14,3	8,6	5,1	2,7	1,7
2016	1,1	1,0	1,0	1,1	1,5	1,2	4,1	4,0	1,9	2,2	1,3	1,1
2017	0,9	0,6	0,7	0,6	2,0	13,0	9,3	12,7	6,9	7,2	5,7	2,4

Fuente: Elaboración propia.

### 8.1.6 Análisis estadístico de caudales

Para realizar el análisis de frecuencia de cada estación, se probaron dos distribuciones estadísticas, que son la distribución Log Normal y Log Pearson III. El análisis consistió en los siguientes pasos:

- Se consideró una serie de 30 años de caudales medios mensuales (1988 a 2017).
- Los datos fueron agrupados en doce series, cada una correspondiente a un mes del año.
- Para cada serie se datos se determinaron los siguientes estadígrafos: promedio, desviación estándar y coeficiente de asimetría.

- Se calculó una transformación logarítmica de los datos ( $Y_i = \ln(Q_{mmi})$ ), generando nuevas series de datos a los que se les calcularon sus correspondientes estadígrafos.
- Mediante los test de Kolmogorov-Smirnov (K-S) y Gráfico, se probó el ajuste de las funciones de densidad de frecuencia Normal, Log-Normal, Pearson III y Log-Pearson III.
- Para el análisis de series de 30 datos, y considerando un nivel de confianza del 95% el parámetro del Test de K-S es 0,248 .
- Por un criterio de homogeneización del análisis estadístico, es recomendable utilizar una distribución única para el análisis En este caso la Distribución Log Normal se ajustó mejor 7 de 12 meses y por eso se eligió esta distribución para el análisis .
- Se calcularon los valores asociados a las probabilidades de excedencia requeridas.

Los resultados se presentan en las Tabla 45, Tabla 46 y en la Figura 20.

Tabla 45. Resultados del análisis de frecuencia para el río Lía en punto DGA.

Estadígrafos	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Promedio	1,04	0,84	0,87	1,12	2,29	5,33	6,28	6,13	4,66	3,46	2,26	1,53
Desviación estándar	0,37	0,27	0,32	0,47	1,52	3,07	3,94	2,77	1,92	1,84	1,09	0,63
Coeficiente asimetría	-0,05	0,01	0,74	0,48	1,32	0,82	1,94	1,36	0,59	1,08	1,23	0,24
<b>Test K-S</b>	Parámetro para test:											
Log Normal	0,131	0,107	0,087	0,111	0,110	0,099	0,121	0,098	0,084	0,083	0,108	0,081
Log Pearson III	0,089	0,067	0,080	0,114	0,104	0,108	0,098	0,109	0,085	0,088	0,112	0,085

Fuente: Elaboración propia.

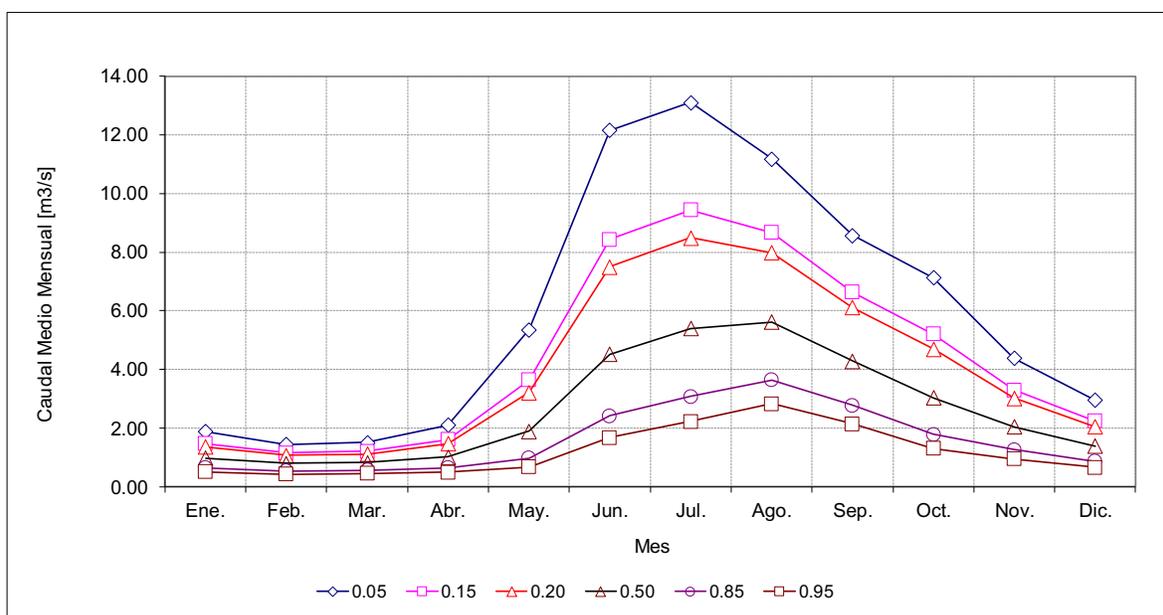
Tabla 46. Caudales medios mensuales para diferentes probabilidades de excedencia estimados para el río Lía ( $m^3/s$ ).

Probabilidad excedencia %	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
5	1,88	1,45	1,50	2,09	5,35	12,17	13,11	11,18	8,57	7,13	4,38	2,96

Probabilidad excedencia %	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
15	1,47	1,16	1,20	1,60	3,64	8,43	9,44	8,67	6,63	5,20	3,30	2,24
20	1,36	1,08	1,12	1,47	3,22	7,50	8,50	7,99	6,11	4,70	3,02	2,04
50	0,97	0,79	0,82	1,02	1,89	4,51	5,39	5,62	4,29	3,04	2,04	1,39
85	0,64	0,54	0,56	0,65	0,98	2,42	3,08	3,64	2,77	1,78	1,26	0,86
95	0,50	0,43	0,45	0,50	0,67	1,67	2,22	2,82	2,14	1,30	0,95	0,65

Fuente: Elaboración propia.

Figura 20. Curva de variación estacional estimada para el río Lía.



Fuente: Elaboración propia.

### 8.1.7 Estimación de caudales para diferentes esteros

Siguiendo el mismo procedimiento anterior, se estimaron los caudales disponibles en dos puntos de control definidos en dos esteros de interés en la zona de estudio. Las coordenadas de cada punto y el área de la cuenca aportante se presentan en la Tabla 47. De acuerdo a los planos de isoyetas publicados por DGA (1987), el módulo pluviométrico para estas cuencas se estimó en 1.200 mm. El análisis estadístico se realiza siguiendo el procedimiento explicado anteriormente, y al igual que en la cuenca del río Lía, para todos los esteros analizado se verificó el ajuste de las distribuciones Log Normal y Log Pearson III, como la distribución log

Normal posee un mejor ajuste, se mantuvo esta distribución para mantener la homogeneidad estadística regional.

Se considera valida la similitud hidrológica entre la cuenca del estero Plegarias y las cuencas de los esteros de la zona de los estudios porque estas cuencas poseen la misma estructura geológica (Rocas Plutónicas asociadas a la cordillera de Nahuelbuta) y similar cobertura de suelo consistente en plantaciones forestales y bosque nativo.

Tabla 47. Puntos de control donde se estimaron caudales disponibles.

Punto de control	Cauce*	CN	CE	Área (km <sup>2</sup> )
Embalse los Pellines	Estero Los Pellines	5 876 087	679 872	4,0
Embalse	Estero sin Nombre*	5 878 283	680 065	3,3

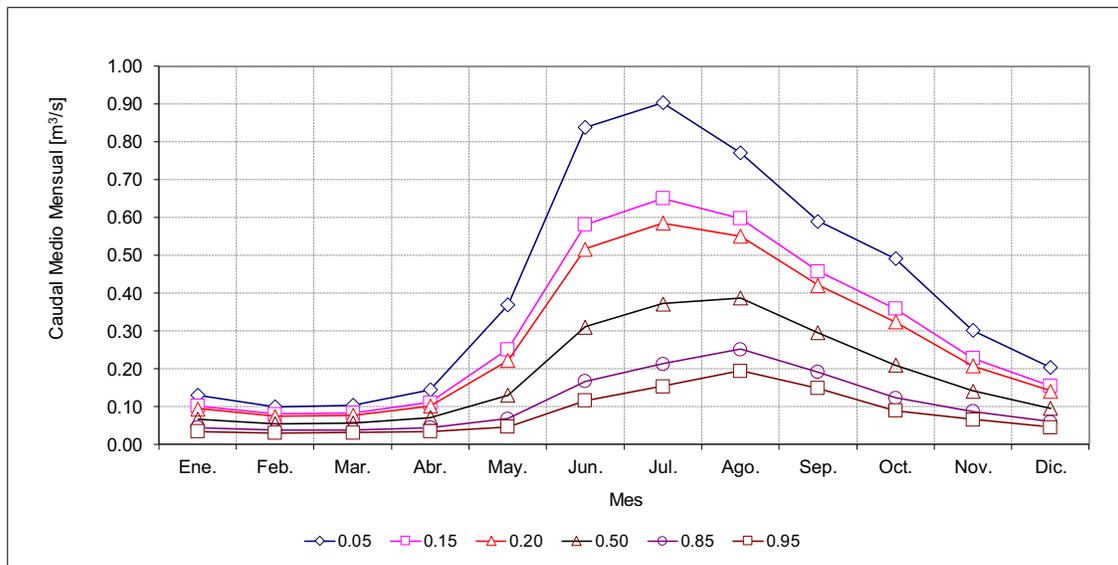
\* Referido a Carta IGM 1:50 000 G-04, Santa Juana.

Tabla 48. Caudales medios mensuales para diferentes probabilidades de excedencia estimados para el estero los Pellines en Embalse Pellines (m<sup>3</sup>/s) .

Probabilidad excedencia %	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
5	0,13	0,10	0,10	0,14	0,37	0,84	0,90	0,77	0,59	0,49	0,30	0,20
15	0,10	0,08	0,08	0,11	0,25	0,58	0,65	0,60	0,46	0,36	0,23	0,15
20	0,09	0,07	0,08	0,10	0,22	0,52	0,59	0,55	0,42	0,32	0,21	0,14
50	0,07	0,05	0,06	0,07	0,13	0,31	0,37	0,39	0,30	0,21	0,14	0,10
85	0,04	0,04	0,04	0,04	0,07	0,17	0,21	0,25	0,19	0,12	0,09	0,06
95	0,03	0,03	0,03	0,03	0,05	0,12	0,15	0,19	0,15	0,09	0,07	0,04

Fuente: Elaboración propia.

Figura 21. Curva de variación estacional estimada para el estero los Pellines en Embalse Pellines.



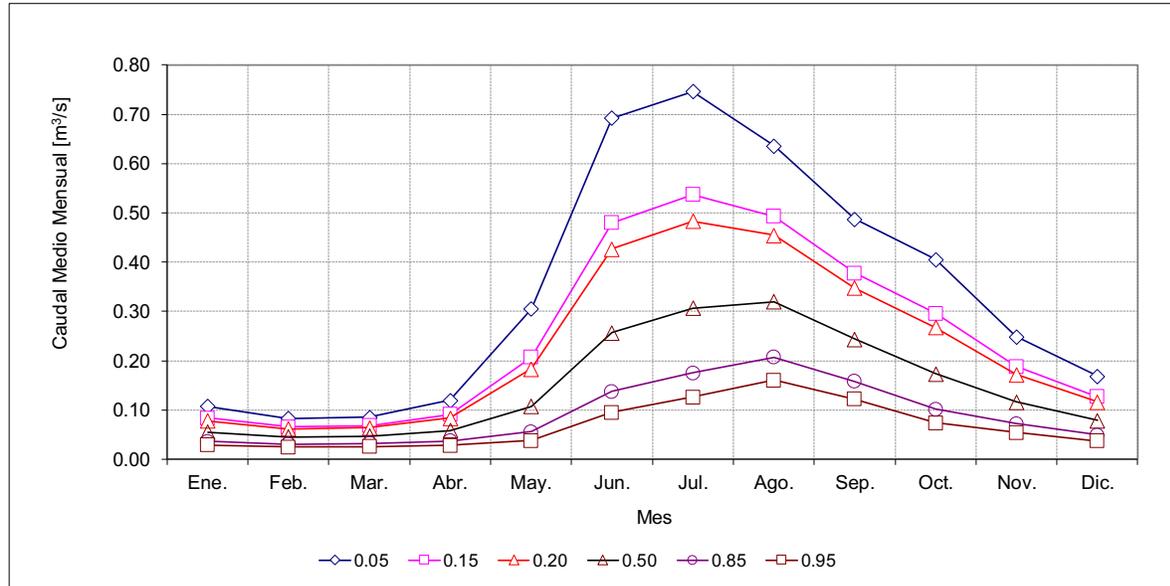
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 49. Caudales medios mensuales para diferentes probabilidades de excedencia estimados para el estero sin nombre en Embalse (m³/s).

Probabilidad excedencia %	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
5	0,11	0,08	0,09	0,12	0,30	0,69	0,75	0,64	0,49	0,41	0,25	0,17
15	0,08	0,07	0,07	0,09	0,21	0,48	0,54	0,49	0,38	0,30	0,19	0,13
20	0,08	0,06	0,06	0,08	0,18	0,43	0,48	0,45	0,35	0,27	0,17	0,12
50	0,06	0,04	0,05	0,06	0,11	0,26	0,31	0,32	0,24	0,17	0,12	0,08
85	0,04	0,03	0,03	0,04	0,06	0,14	0,18	0,21	0,16	0,10	0,07	0,05
95	0,03	0,02	0,03	0,03	0,04	0,10	0,13	0,16	0,12	0,07	0,05	0,04

Fuente: Elaboración propia.

Figura 22. Curva de variación estacional estimada para el estero sin nombre en Embalse Hueldihue.



Fuente: Elaboración propia.

### 8.1.8 Campaña de aforos

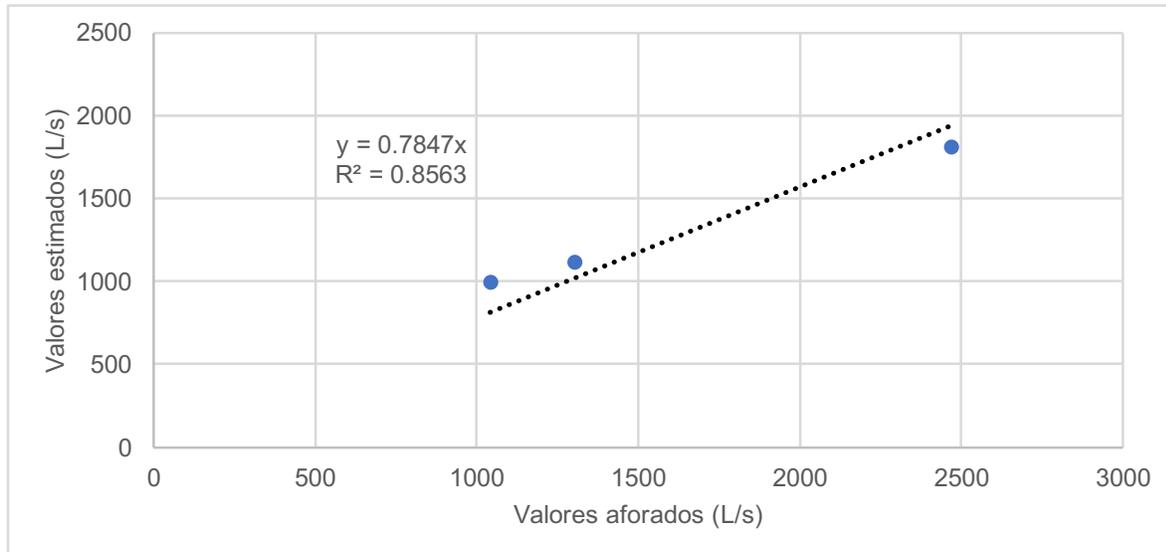
Con el fin de obtener datos adicionales **que sólo sirven como referencia**, se realizó una campaña de aforos en el río Lía. Los valores medidos fueron comparados con los estimados al usar trasposición de caudales desde el estero Plegarias obtenidos desde la base de datos de caudales a tiempo real de la DGA. Los datos comparados se presentan en la Tabla 50 y en la Figura 23, pudiéndose observar que los valores estimados para la cuenca del río Lía son aproximadamente un 21% menores que los caudales aforados. Esta diferencia se explicaría por la existencia de una mayor precipitación en la parte alta de la cuenca, lo que es consistente con los análisis realizados por Garreaud et al. (2016) quienes indican la existencia de un incremento de precipitaciones sobre la parte alta de la cuenca.

Tabla 50. Comparación entre datos estimados y medidos para el río Lía (m³/s).

Fecha	Caudal Plegarias	Caudal estimado	Caudal aforado
21 de noviembre 2018	0,974	1,812	2,468
3 de enero 2019	0,600	1,116	1,300
30 de enero 2019	0,534	0,993	1,041

Fuente: Elaboración propia.

Figura 23. Comparación entre datos estimados y medidos para el río Lía ( $m^3/s$ ).



Fuente: Elaboración propia.

## 8.2 Hidrología en cabecera de Embales

### 8.2.1 Estimación de caudales para la cuenca del río Lía en cabecera Embalse Lía

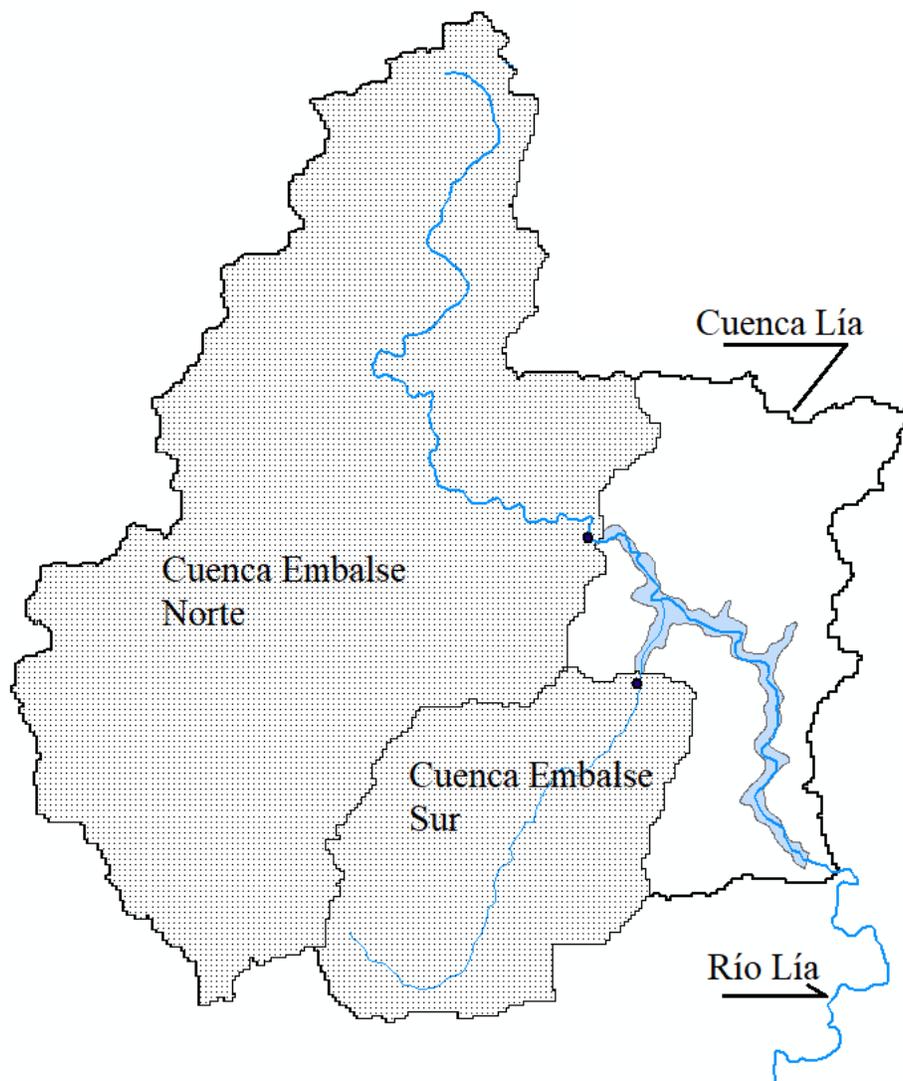
Se analizó la disponibilidad de agua para el Embalse Lía considerando los puntos de cabecera del Embalse, que definen las cuencas que se presentan en la Figura 24 y cuyas áreas se presentan en la Tabla 51.

Los caudales aportantes se estimaron siguiendo el procedimiento indicado para la estimación del caudal en mismo río en el punto DGA, solamente variando el área de la cuenca aportante.

Tabla 51. Áreas de las cuencas aportantes a la cabecera del Embalse Lía.

Cuenca Embalse norte	34,7 km <sup>2</sup>
Cuenca Embalse sur	10,3 km <sup>2</sup>
Área total	45,0 km <sup>2</sup>

Figura 24. Cuencas aportantes a la cabecera del Embalse Lía.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 52. Caudales generados para la cuenca del río Lía en cabecera del Embalse (m<sup>3</sup>/s).

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1988	0,8	0,6	0,6	0,6	0,6	1,7	2,1	2,7	2,1	1,7	1,2	1,0
1989	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	2,2	2,8	3,3	2,2	1,4	1,2	1,3
1990	0,8	0,5	1,4	1,7	1,3	4,1	2,7	4,7	5,7	2,7	2,8	1,2
1991	0,9	0,8	0,8	1,3	3,9	2,3	3,1	3,1	2,3	2,0	1,5	2,1

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1992	1,3	0,9	0,8	1,2	2,6	6,8	2,9	2,3	2,7	2,7	2,1	2,0
1993	1,2	0,5	0,9	1,0	5,1	5,9	7,1	5,1	4,0	3,0	1,9	1,7
1994	1,2	0,9	0,5	0,6	1,3	2,6	10,6	4,9	3,0	4,8	1,9	1,9
1995	1,2	0,6	0,6	1,4	1,0	4,9	16,1	4,9	3,4	2,9	2,3	1,4
1996	1,1	1,1	0,9	1,1	1,8	1,6	1,8	3,3	1,8	1,2	1,0	0,6
1997	0,4	0,4	0,3	1,2	2,5	6,8	4,6	4,8	3,5	4,2	3,1	1,8
1998	1,0	0,7	0,6	0,9	1,8	2,6	2,1	2,2	1,8	1,0	0,7	0,5
1999	0,3	0,2	0,4	0,3	1,2	2,8	3,0	3,4	5,8	2,2	1,2	0,8
2000	0,5	0,7	0,6	0,6	0,9	7,6	5,1	3,7	5,0	3,1	2,1	1,2
2001	1,0	0,7	0,8	0,8	2,7	4,3	8,7	7,5	4,2	2,6	1,9	1,1
2002	0,7	0,5	1,0	1,0	2,6	3,5	3,3	3,8	5,1	5,5	3,2	1,8
2003	1,2	0,7	0,7	0,7	1,1	8,1	4,1	2,5	3,1	2,6	2,1	1,2
2004	0,7	0,6	0,6	1,4	0,9	2,6	6,2	5,1	3,4	3,3	2,3	0,6
2005	0,9	1,0	1,0	1,3	4,3	5,2	4,5	4,6	3,8	2,5	2,3	1,8
2006	1,3	0,8	1,0	1,5	1,2	3,9	4,8	5,3	3,7	2,7	2,0	1,4
2007	1,1	1,0	1,0	1,1	1,1	1,5	2,9	2,4	2,2	1,8	1,4	1,2
2008	0,9	0,8	0,8	0,9	3,9	5,7	6,7	6,5	4,8	6,5	1,3	0,8
2009	0,5	0,5	0,4	0,5	1,3	2,7	2,7	5,2	2,7	1,3	1,3	0,9
2010	0,6	0,8	0,8	0,6	0,5	2,8	4,7	5,3	2,4	0,9	0,9	0,6
2011	0,3	0,3	0,4	0,5	0,4	1,5	2,7	5,3	3,9	1,5	0,8	0,4
2012	0,4	0,6	0,6	0,5	2,0	4,0	2,0	3,7	1,9	1,2	0,8	0,9
2013	0,7	0,5	0,4	0,4	1,3	2,5	5,0	5,9	4,3	1,7	1,1	0,7

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2014	0,5	0,4	0,4	0,6	1,9	8,6	8,5	8,4	7,0	3,0	1,5	1,1
2015	0,7	0,6	0,5	0,6	0,9	5,5	6,2	11,2	6,8	4,0	2,1	1,3
2016	0,9	0,8	0,8	0,9	1,2	0,9	3,2	3,1	1,5	1,7	1,0	0,8
2017	0,7	0,5	0,5	0,5	1,6	10,2	7,3	10,0	5,4	5,7	4,5	1,9

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 53. Resultados del análisis de frecuencia para el río Lía.

Estadísticos	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Promedio	0,82	0,66	0,68	0,87	1,80	4,18	4,92	4,81	3,65	2,71	1,78	1,20
Desviación estándar	0,29	0,21	0,25	0,37	1,19	2,41	3,09	2,18	1,51	1,44	0,85	0,50
Coficiente asimetría	-0,05	0,01	0,74	0,48	1,32	0,82	1,94	1,36	0,59	1,08	1,23	0,24
<b>Test K-S</b>	Parámetro para test:											
Log Normal	0,131	0,107	0,087	0,111	0,110	0,099	0,121	0,098	0,084	0,083	0,108	0,081
Log Pearson III	0,089	0,067	0,080	0,114	0,104	0,108	0,098	0,109	0,085	0,088	0,112	0,085

Fuente: Elaboración propia.

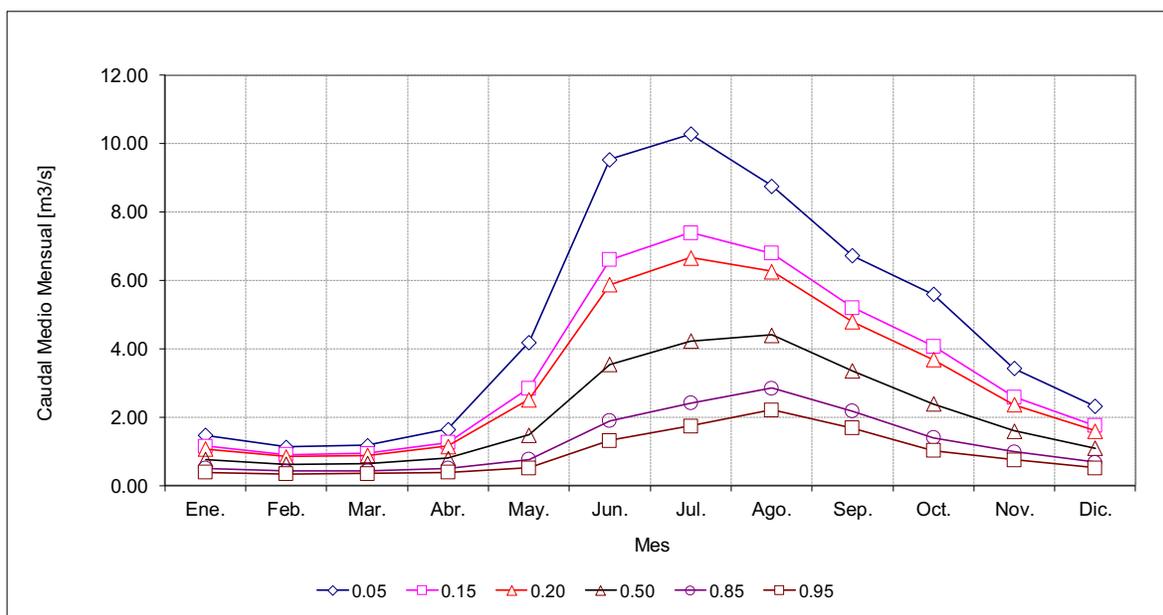
Tabla 54. Caudales medios mensuales para diferentes probabilidades de excedencia estimados para el río Lía (m<sup>3</sup>/s).

Probabilidad excedencia %	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
5	1,48	1,13	1,18	1,64	4,20	9,54	10,28	8,76	6,72	5,59	3,43	2,32
15	1,15	0,91	0,94	1,26	2,85	6,61	7,40	6,80	5,20	4,08	2,59	1,75
20	1,07	0,84	0,88	1,16	2,52	5,88	6,66	6,26	4,79	3,69	2,36	1,60

Probabilidad excedencia %	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
50	0,76	0,62	0,64	0,80	1,48	3,54	4,23	4,40	3,36	2,39	1,60	1,09
85	0,50	0,42	0,44	0,51	0,77	1,89	2,42	2,85	2,17	1,39	0,99	0,68
95	0,39	0,34	0,35	0,39	0,52	1,31	1,74	2,21	1,68	1,02	0,75	0,51

Fuente: Elaboración propia.

Figura 25. Curva de variación estacional estimada para el río Lía en cabecera de Embalse.



Fuente: Elaboración propia.

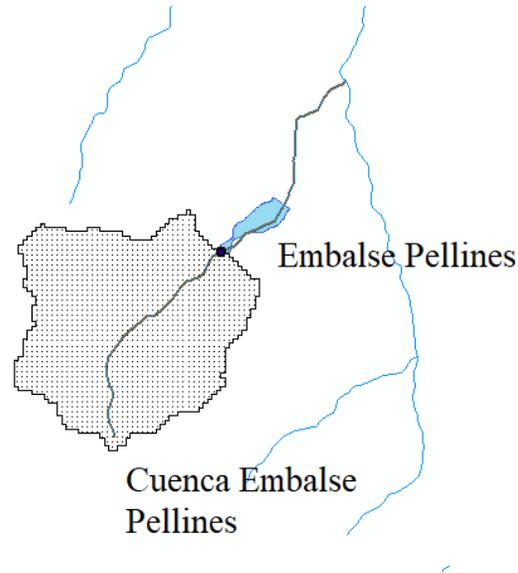
### 8.2.2 Estimación de caudales para la cabecera Embalse Pellines

Repitiendo lo anterior se recalculó la disponibilidad de agua para el Embalse Pellines considerando el puntos de cabecera del Embalse, que define la cuenca que se presenta en la Figura 26 y cuyas áreas se presentan en la Tabla 55.

Tabla 55. Área de la cuenca aportante a la cabecera del Embalse Pellines.

Cuenca Embalse norte	3,3 km <sup>2</sup>
----------------------	---------------------

Figura 26. Cuenca aportantes a la cabecera del Embalse Pellines.



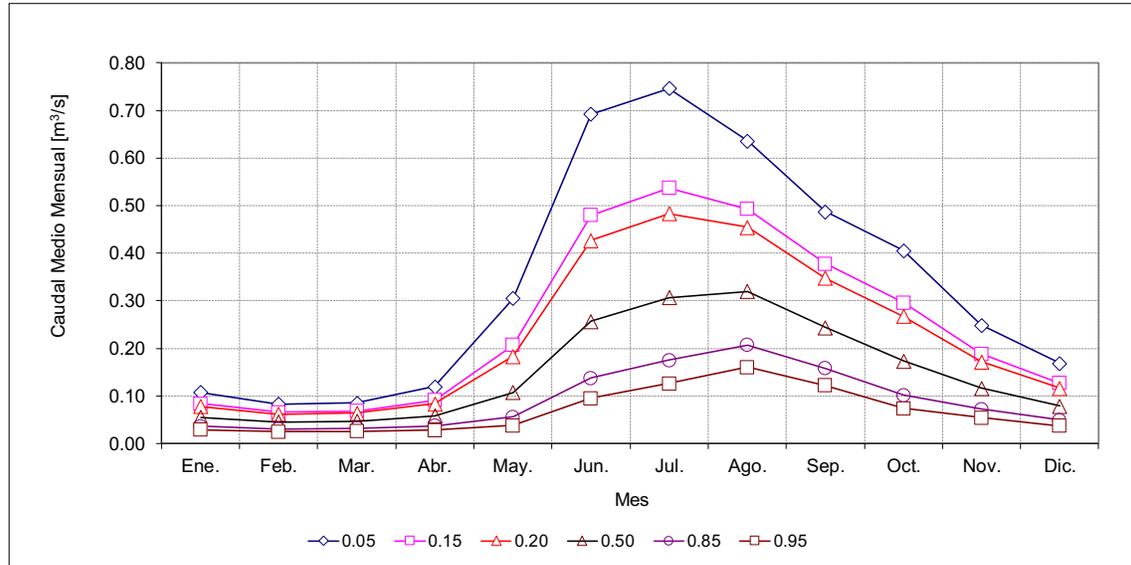
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 56. Caudales medios mensuales para diferentes probabilidades de excedencia estimados para el estero los Pellines en cabecera Embalse Pellines (m<sup>3</sup>/s).

Probabilidad excedencia %	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
5	0,11	0,08	0,09	0,12	0,30	0,69	0,75	0,64	0,49	0,41	0,25	0,17
15	0,08	0,07	0,07	0,09	0,21	0,48	0,54	0,49	0,38	0,30	0,19	0,13
20	0,08	0,06	0,06	0,08	0,18	0,43	0,48	0,45	0,35	0,27	0,17	0,12
50	0,06	0,04	0,05	0,06	0,11	0,26	0,31	0,32	0,24	0,17	0,12	0,08
85	0,04	0,03	0,03	0,04	0,06	0,14	0,18	0,21	0,16	0,10	0,07	0,05
95	0,03	0,02	0,03	0,03	0,04	0,10	0,13	0,16	0,12	0,07	0,05	0,04

Fuente: Elaboración propia.

Figura 27. Curva de variación estacional estimada para el estero los Pellines en cabecera Embalse Pellines.



Fuente: Elaboración propia.

### 8.3 Crecida de diseño para Embalses

Se consultó la estadística de precipitaciones máximas en 24 horas de 10 estaciones cercanas a la zona de estudio (Tabla 57) y se utilizó la estación Dichato, siendo la que cuenta con el mayor registro histórico de datos.

Tabla 57. Estaciones DGA consultadas.

N°	Nombre estación	E	N	Periodo datos
1	Andalién	683839	5923886	2000-2018
2	Concepción DGA	669387	5921946	1996-2018
3	Dichato	685186	5953539	1980-2018
4	Estero bellavista tome	683322	5943150	2009-2018
5	Hualqui en desembocadura	683220	5905083	2009-2018
6	Las pataguas	688053	5926081	1993-2018
7	Cerro verde	671955	5923726	1989-1995
8	Concepción ed. Mop	675421	5923532	2000-2006
9	Estero Nonguén	676919	5923237	2009-2018
10	Río Biobío desembocadura	672852	5921362	2001-2018

Fuente: Elaboración propia.

La Dirección General de Aguas presenta en el Manual de Cálculo de Crecidas y Caudales Mínimos en Cuencas sin Información Fluviométrica (DGA, 1995) tres procedimientos para estimar crecidas en cuencas pluviales. Ellos corresponden a los métodos denominados DGA-AC, fórmula de Verni-King y al Método Racional Modificado.

Para la estimación de crecidas en la cuenca del Lía se utilizó el procedimiento de Verni-King, siendo este una modificación al procedimiento propuesto originalmente por estos autores y sigue, en líneas generales, una metodología similar al procedimiento descrito y establece relaciones empíricas para estimar las crecidas medias anuales en función de la lluvia diaria y el área pluvial aportante. Al método original se ha agregado un coeficiente empírico variable con el período de retorno para ajustar los resultados a las crecidas registradas en 130 estaciones fluviométricas.

La ecuación de Verni y King modificada tiene la siguiente forma:

$$Q = C(T) \cdot 0,00618 \cdot P_{24}^{1,24} \cdot A_p^{0,88}$$

donde:

Q : Caudal instantáneo máximo asociado al período de retorno T años, expresado en m<sup>3</sup>/s.

C(T) : Coeficiente empírico de período de retorno T años.

P<sub>24</sub> : Precipitación diaria máxima asociada al período de retorno de T años, expresada en mm.

A<sub>p</sub> : Área pluvial de la cuenca, expresada en km<sup>2</sup>.

En el caso de la cuenca del estero pellines y el estero sin nombre (afluente del Huedilhue), se utilizó el método racional, este método es utilizable en cuencas pequeñas, menores que 25 km<sup>2</sup>. Supone que el escurrimiento máximo proveniente de una tormenta es proporcional a la lluvia caída, supuesto que se cumple en forma más rigurosa en cuencas mayoritariamente impermeables o en la medida que la magnitud de la lluvia crece y el área aportante se satura. El caudal máximo para un determinado periodo de retorno, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Q = \frac{C \cdot i \cdot A}{3,6}$$

En que:

Q : caudal (m<sup>3</sup>/s)

C : coeficiente de escurrimiento de la cuenca

A : área aportante (km<sup>2</sup>)

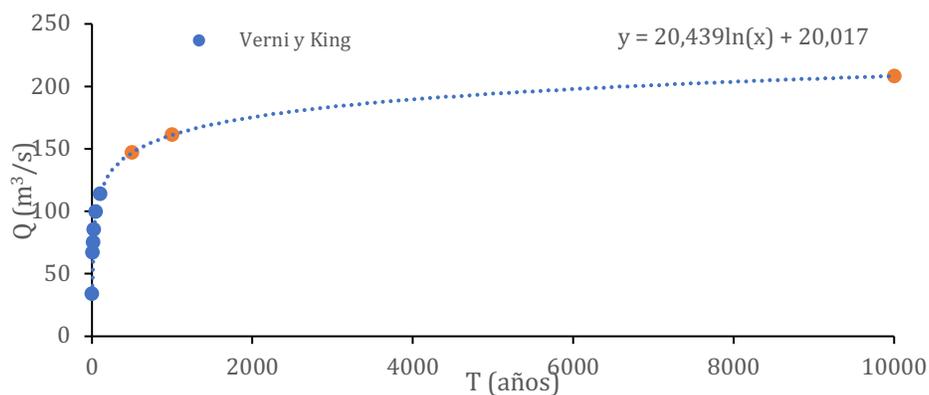
i : intensidad de la lluvia de diseño (mm/h)

El coeficiente de escorrentía depende de las condiciones del terreno, uso y manejo de suelo, condiciones de infiltración y otros factores. Se recurre al uso de tablas que entregan rangos de valores y criterios para su estimación, y a la experiencia del proyectista.

La intensidad de la lluvia de diseño corresponde a aquella de duración igual al tiempo de concentración del área y de la frecuencia o periodo de retorno seleccionado para el diseño de la obra en cuestión. El tiempo de concentración del área se define como el tiempo necesario para que la partícula de agua hidráulicamente más alejada alcance la salida y puede estimarse por formulas empíricas aproximadas (MOP, 2018).

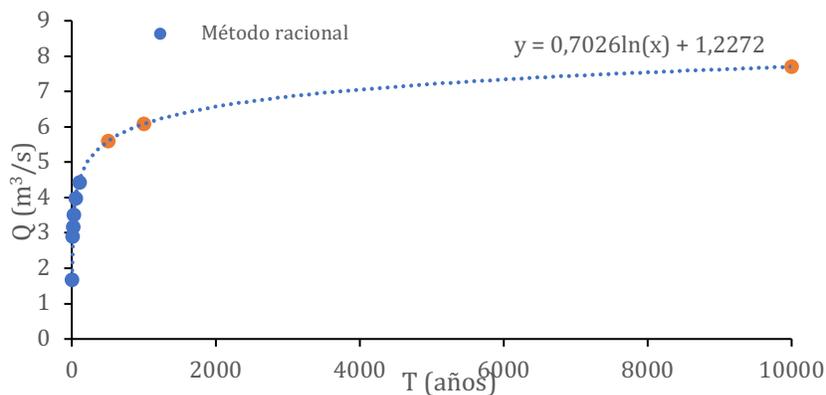
Según el manual de cálculo de crecidas y caudales mínimos en cuencas sin información fluviométrica (DGA, 1995), los métodos que allí se describen son válidos para un periodo de retorno inferior a 100 años, por lo cual se realiza un ajuste logarítmico para estimar los caudales para periodos de retorno mayores. Las Figuras 28, 29 y 30, muestran los ajustes realizados para estas estimaciones y la Tabla 58 muestra los caudales máximos instantáneos en distintos periodos de retorno para las cuencas en estudio.

Figura 28. Ajuste logarítmico caudales en cuenca del río Lía.



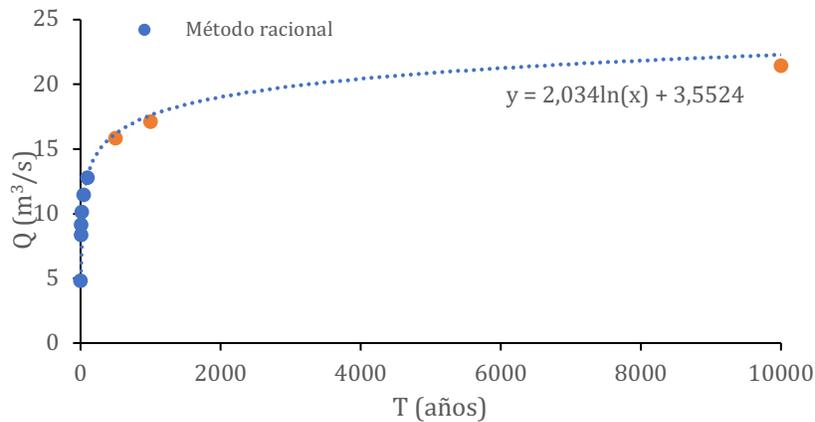
Fuente: Elaboración propia.

Figura 29. Ajuste logarítmico caudales en cuenca del estero sin nombre.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 30. Ajuste logarítmico caudales en cuenca del estero Pellines.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 58. Caudales instantáneos máximos ( $Q_{\max}$ ) para cuenca del río Lía, estero sin nombre y estero pellines (en negrita, datos ajustados con función logarítmica).

T	$P_{\max}$ (mm en 24 horas)	$Q_{\max}$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q_{\max}$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q_{\max}$ (m <sup>3</sup> /s)
		Río Lía <small>VERNI &amp;</small>	Estero S/N <small>MÉTODO</small>	Estero Pellines <small>MÉTODO</small>
2	60,5	34,0	1,7	4,8
10	105,0	67,4	2,9	8,4
15	115,0	75,5	3,2	9,2
25	127,4	85,7	3,5	10,2
50	144,1	99,8	4,0	11,5
100	160,6	114,2	4,4	12,8
500	198,7	<b>147,0</b>	<b>5,6</b>	<b>16,2</b>
1000	215,1	<b>161,2</b>	<b>6,1</b>	<b>17,6</b>
1000	269,6	<b>208,3</b>	<b>7,7</b>	<b>22,3</b>

Fuente: Elaboración propia.

## 8.4 Sedimentos

### 8.4.1 Estimación de volumen según metodología USBR

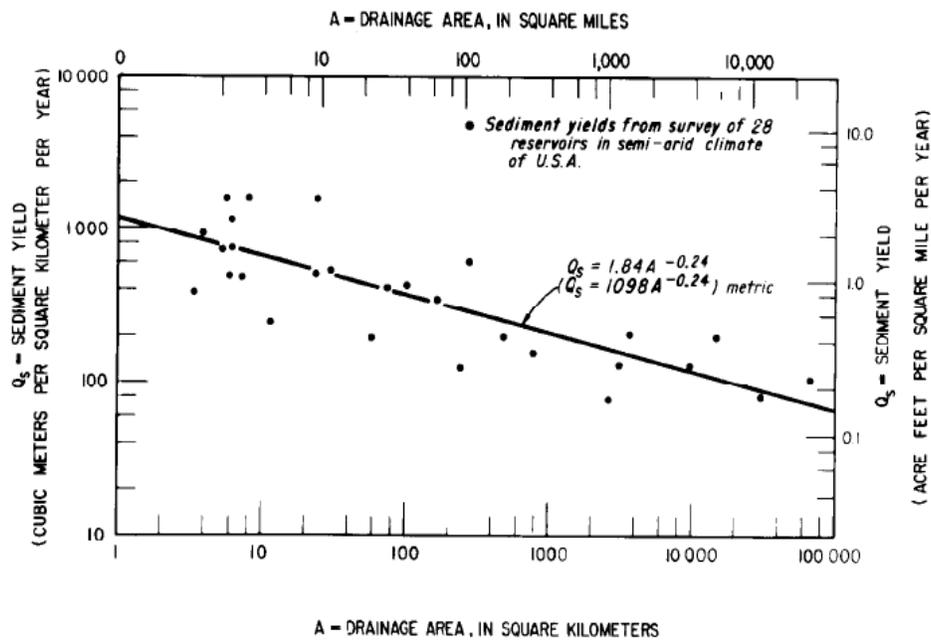
La expresión propuesta por la USBR (1974), se obtuvo de correlacionar la producción de sedimento asociada a 28 cuencas de clima semiárido, tal como se muestra en la Figura 31. En la Tabla 59 se muestra el gasto sólido (GS) en términos volumétricos asociado a la zona de Embalse.

Tabla 59. Gasto sólido y volumen muerto asociado a 50 años de vida útil.

GS por km <sup>2</sup>	420	m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> /año
GS anual	23.082	m <sup>3</sup> /año
Vida útil	50	años
Volumen muerto	1,15	hm <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración propia.

Figura 31. Producción de sedimentos vs área según USBR.



Fuente: USBR.



MÁS Y MEJOR  
RIEGO PARA CHILE

yo  
cuido  
el agua

## 9 GEOLOGÍA

Para el análisis de ideas de proyectos con Embalses de acumulación se analizó la información de la geología de las potenciales ubicaciones de las obras de acumulación propuestas. Esta información fue obtenida del mapa geológico de Chile: Versión digital, del Servicio Nacional de Geología y Minería (2003). Este mapa está complementado con bases de datos sobre unidades geológicas y contiene las siguientes características: i) escala geológica del tiempo (Gradstein y Ogg, 1996) ii) referencia geodésica, proyección Universal Transversal de Mercator (UTM) Datum provisorio Sudamericano 1956, y iii) base topográfica hojas UTM escala 1:250.000 del Instituto Geográfico Militar, modificados.

Las tres opciones de acumulación (Embalse en río Lía, Embalse en estero sin nombre y Embalse Pellines) se encuentran clasificadas como (Figura 32):

- a) Alternativa Embalse río Lía: Rocas estratificadas. Pz4b Serie Oriental del Basamento Metamórfico (Silurico Carbonífero).

Las rocas metamórficas que se distribuyen en la región más occidental del área, como una franja prácticamente continua de dirección general NNE-SSW, corresponden según Aguirre et al (1972) a la serie oriental, compuesta principalmente por esquistos, filitas, gneises y metareniscas, cuyo grado de metamorfismo varía entre las facies esquistos verdes y granulita (alto gradiente presión/temperatura), y se caracterizan por la aparición sucesiva, de poniente a oriente, de biótitas, andalucitas y sillimanitas según el grado creciente de metamorfismo.

- b) Alternativa Embalse sin nombre: Depósito no consolidado. Q1fa Depósitos fluvio-aluviales antiguos (Pleistoceno-Holoceno).

Corresponden a materiales no consolidados, representados por gravas, ripios y arenas, que constituyen el relleno de los cauces de los ríos y esteros. Se diferencian de los depósitos actuales al ser estos últimos asociados al cauce actual, mientras que los descritos corresponden a los depósitos generados en los paleocauces. Estos rellenos subactuales probablemente presenten permeabilidades entre  $5 \times 10^{-3}$  y  $10^{-3}$  cm/seg.

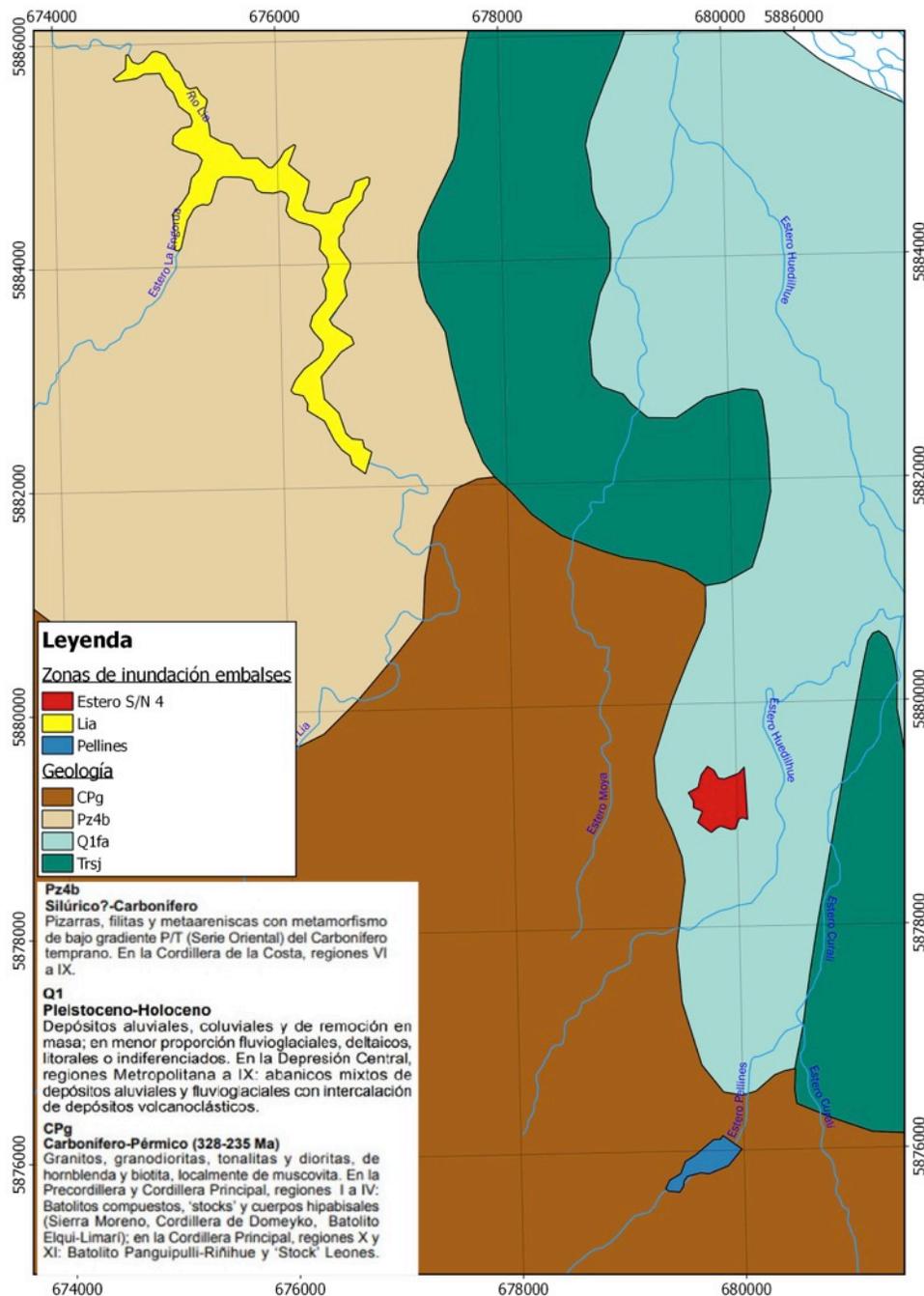
- c) Alternativa Embalse pellines: Rocas Intrusivas. CPg Intrusivos Carboníferos-Pérmicos tonalitas y granodioritas indiferenciadas

Se distribuyen como una franja continua de dirección general NNE-SSO, al oeste de las rocas metamórficas descritas anteriormente, conformando gran parte de la cordillera de la Costa. Está conformado por un complejo plutónico cuya composición petrográfica varía entre tonalita y granodiorita, con sectores menos extensos de diorita cuarcífera y granito. Este complejo plutónico fue definido por González-Bonorino, 1970; Hervé et al 1976, como el Batolito de la Costa. Tiene una relación de contacto intrusivo con las rocas del basamento metamórfico e infrayace, con discordancia de erosión, a las series sedimentarias y sedimentariovolcánicas del Triásico.

Esta información geológica es la única fuente de información existente de los lugares donde se están analizando ideas de proyectos con obras de acumulación. Para un análisis más detallado, se requerirá de la realización de estudios más específicos que permitan la determinación y

viabilidad de realizar la construcción de Embalses en estas ubicaciones. Preliminarmente, existe preocupación por las características de la roca metamórfica que existirían en la zona y la presencia de potenciales fracturamientos.

Figura 32. Unidades geológicas en las posibles ubicaciones de Embalses.



Fuente: Servicio Nacional de Geología y Minería (2003).



MÁS Y MEJOR  
RIEGO PARA CHILE



## 10 DERECHOS DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS EN EL RÍO LÍA

Los Derechos de Aprovechamiento de Aguas (DAA) que pudieran interferir en una posible acumulación de los DAA del fisco del río Lía se muestran en Tabla 60. Se identificaron 4 DAA (en negrita) que se verían afectados por una obra de acumulación del análisis preliminar. Dos derechos son consuntivos de uso permanente y discontinuo y dos de uso eventual y discontinuo. En el caso de realizar una obra de acumulación en el río Lía en las ubicaciones preliminarmente localizadas, habría que negociar la compra o modificación de estos derechos. En la Figura 33 muestra la ubicación de los DAA en el río Lía.

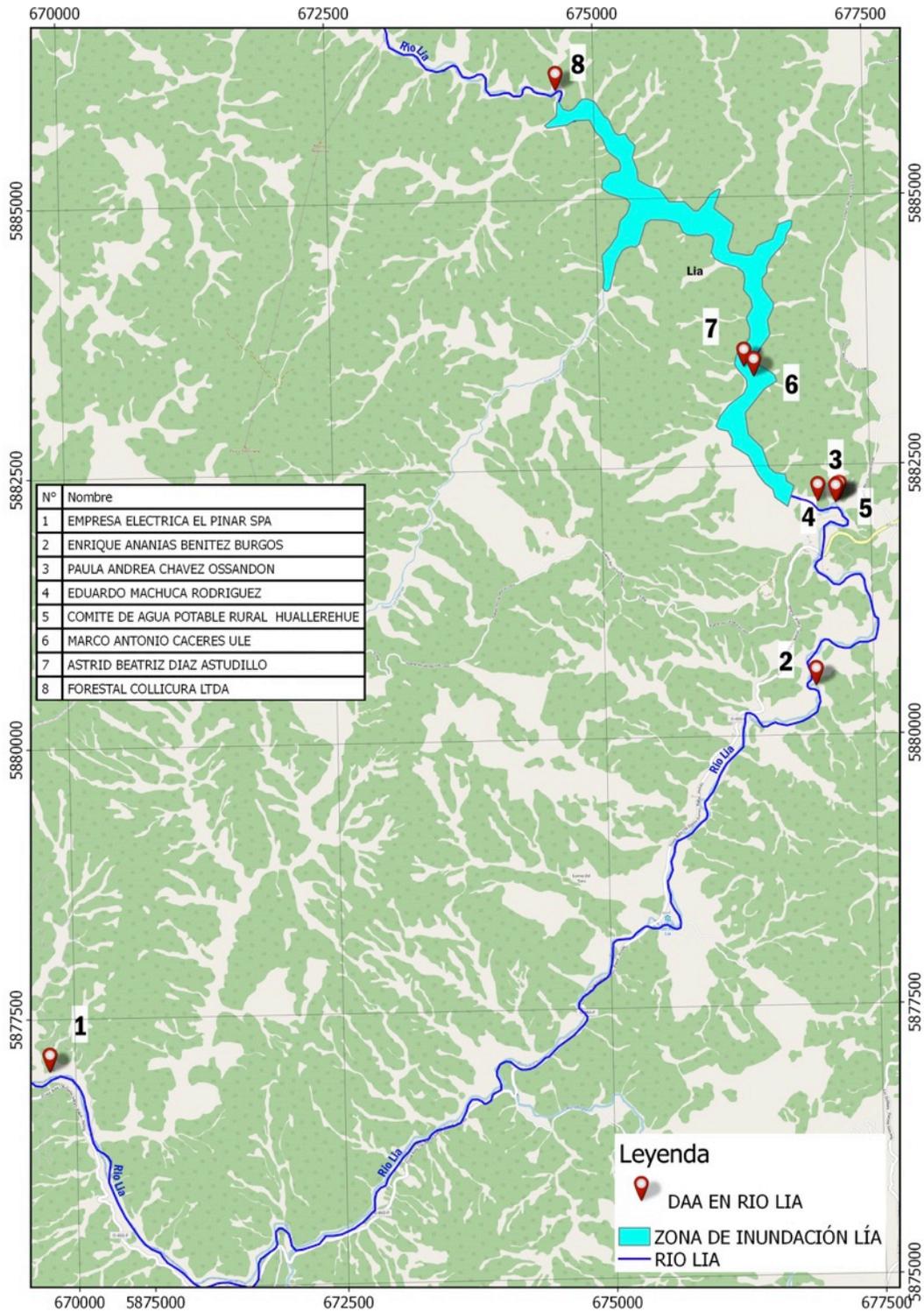
Tabla 60. Derechos de Aprovechamiento de Aguas del río Lía.

Expediente	Nombre Solicitante	Tipo Derecho	Uso del Agua	Ejercicio del Derecho	Caudal Anual Prom. L/s
<b>ND-0803-2335</b>	<b>Astrid Beatriz Díaz Astudillo</b>	<b>Consuntivo</b>	<b>Otros Usos</b>	<b>Permanente y Discontinuo</b>	<b>12,4750</b>
<b>ND-0803-2335</b>	<b>Astrid Beatriz Díaz Astudillo</b>	<b>Consuntivo</b>	<b>Otros Usos</b>	<b>Eventual y Discontinuo</b>	<b>16,6333</b>
<b>ND-0803-2334</b>	<b>Marco Antonio Cáceres Ule</b>	<b>Consuntivo</b>	<b>Otros Usos</b>	<b>Permanente y Discontinuo</b>	<b>12,4750</b>
<b>ND-0803-2334</b>	<b>Marco Antonio Cáceres Ule</b>	<b>Consuntivo</b>	<b>Otros Usos</b>	<b>Eventual y Discontinuo</b>	<b>16,6333</b>
NR-0803-1336	Comité De Agua Potable Rural Huallerehue	Consuntivo		Permanente y Continuo	2
ND-0803-553	Eduardo Machuca Rodríguez	Consuntivo		Permanente y Discontinuo	25
ND-0803-553	Eduardo Machuca Rodríguez	Consuntivo		Eventual y Discontinuo	33,3333
ND-0803-1434	Empresa Eléctrica El Pinar Spa	No Consuntivo		Permanente y Continuo	2428,3333
ND-0803-1434	Empresa Eléctrica El Pinar Spa	No Consuntivo		Eventual y Continuo	4370
ND-0803-2552	Enrique Ananías Benítez Burgos	No Consuntivo	Energía Hidroeléctrica	Eventual y Discontinuo	1651,9167
ND-0803-	Enrique Ananías	No	Energía	Permanente y	84,5833

Expediente	Nombre Solicitante	Tipo Derecho	Uso del Agua	Ejercicio del Derecho	Caudal Anual Prom. L/s
2552	Benítez Burgos	Consuntivo	Hidroeléctrica	Discontinuo	
ND-0803-2519	Forestal Collicura Ltda	No Consuntivo	Energía Hidroeléctrica	Permanente y Continuo	472,0833
ND-0803-2519	Forestal Collicura Ltda	No Consuntivo	Energía Hidroeléctrica	Eventual y Continuo	1273,5833
ND-0803-2476	Paula Andrea Chávez Ossandon	Consuntivo	Riego	Permanente y Discontinuo	6,0083
ND-0803-2476	Paula Andrea Chávez Ossandon	Consuntivo	Riego	Eventual y Discontinuo	10,0583

Fuente: Elaboración propia.

Figura 33. Derechos de Aprovechamiento de Aguas en el río Lía.



Fuente: Elaboración propia.



MÁS Y MEJOR  
RIEGO PARA CHILE



## 11 CARACTERIZACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÁNEOS

Se solicitó por ley de transparencia, los expedientes de los Derechos de Agua subterráneas inscritos en la Dirección General de Aguas (DGA), quienes instruyeron descargar los documentos digitales desde el sitio (<http://snia.dga.cl/CPAConsultas/site/mainSearch/mainSearch.xhtml>). Además, se visitó en terreno las captaciones inscritas para completar los antecedentes faltantes en los expedientes. Por otra parte, en la encuesta agroproductiva, se encontró a 12 agricultores con captaciones pequeñas (punteras) informales para uso doméstico o bebida de animales. Cabe notar que, para extracciones informales, la información es básica y generalmente el productor NO cuenta con aforos y las profundidades son aproximadas. En todos los casos, corresponde a extracciones muy pequeñas y de bajo rendimiento para uso doméstico. Se aplicó la ficha que se muestra en la Tabla 60, para completar la información de los pozos con DDA regularizados ante la DGA. Se detalló en el registro: Localización en coordenadas UTM, uso captación, niveles actuales y de construcción, estático y dinámico, profundidad y diámetro, caudales y volúmenes. Adicionalmente, para los pozos que no sean parte del catastro público de aguas, se recopiló la información presente en la encuesta agroproductiva.

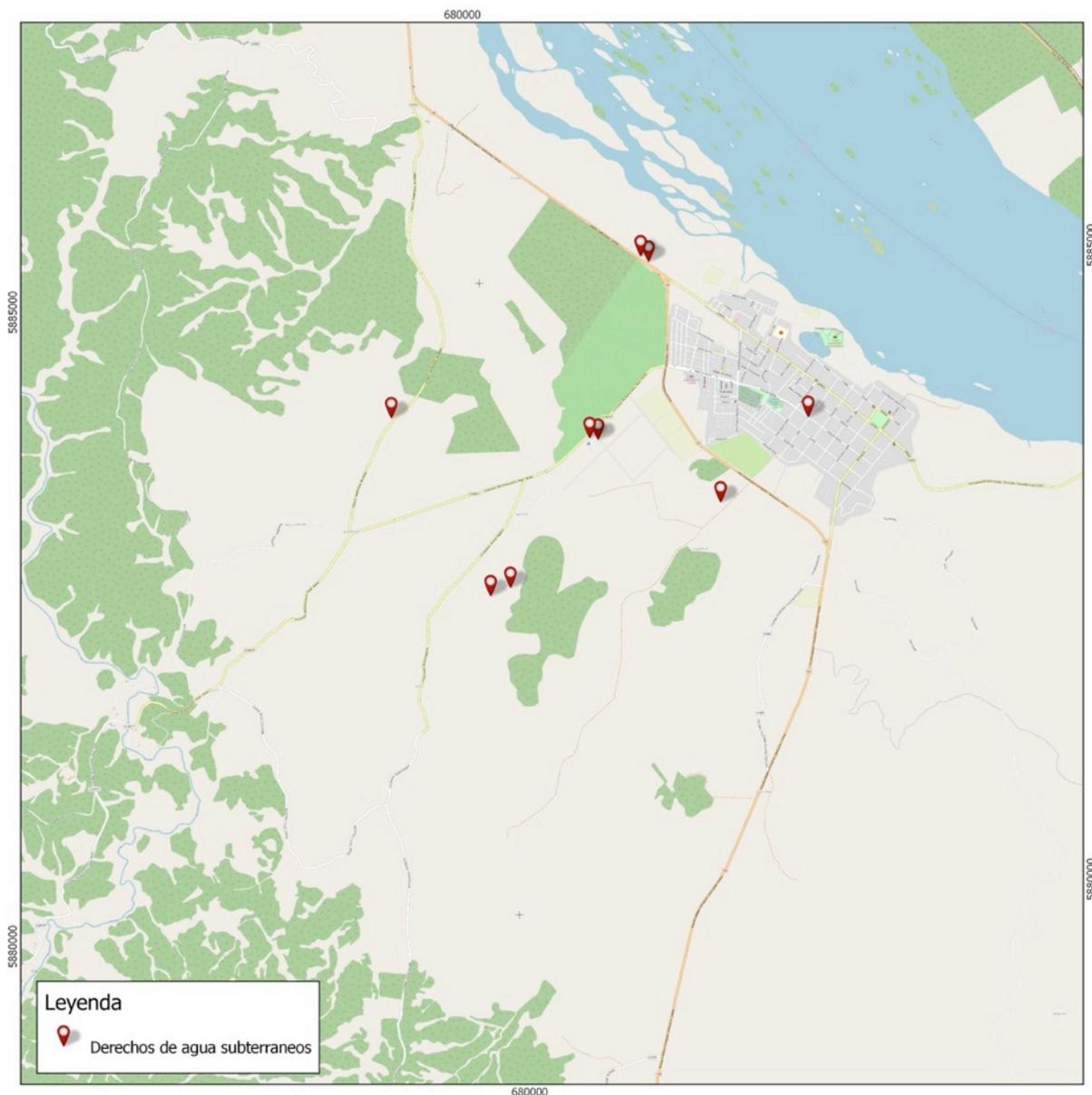
Tabla 61. Registro de pozos.

<b>REGISTRO DE POZOS</b>			
<b>1.- UBICACIÓN</b>			
ID :	N° de expediente		
COMUNA :	LOCALIDAD :		
NOMBRE DEL PREDIO:	PROPIETARIO:		
ENTREVISTADO :			
COORDENADAS UTM	NORTE:	ESTE:	
DATUM	HUSO :		
	COTA:		
<b>2.- CARACTERÍSTICAS POZO</b>			
NIVEL PIEZOMÉTRICO (m):	PROFUNDIDAD (m):		
	DIÁMETRO (pulg):		
CAUDAL (L/s):	POTENCIA BOMBA:		
FECHA CONSTRUCCIÓN:	TIPO DE CAPTACIÓN:		
DERECHOS DE AGUA:			
USO ACTUAL:	RIEGO ( ) POTABLE ( ) INDUSTRIAL ( ) OTRO ( ) SIN USO ( )		
<b>3.- FRECUENCIA DE BOMBEO</b>			
<b>VERANO</b>	HORAS	DÍAS	MESES
<b>INVIERNO</b>	HORAS	DÍAS	MESES
<b>OBSERVACIONES:</b>			

Fuente: Elaboración propia.

Las captaciones subterráneas ubicadas en el área de estudio que cuentan con DDA inscritos en DGA se muestran en la Figura 34. El detalle de los 9 expedientes se resume en la Tabla 62.

Figura 34. Derechos de agua subterráneos regularizados en DGA en la zona de estudio.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 62. Resumen expedientes DDA subterráneos en zona de estudio.

Expediente	Q (L/s)	UTM N	UTM E	Estrat. Disp. si/no	NE (m)	ND (m)	Tipo	Profundidad (m)	Diámetro	Transmisividad (m <sup>2</sup> /día)
ND-0803-2314/1	0,15	5884015	681032	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i
ND-0803-2291/1	0,6	5883998	681097	si	6,44	13,4	pozo profundo	39,28	s/i	2.96
ND-0803-1750/1	0,3	5884074	682765	no	6	s/i	puntera	16	4 pulg	s/i
ND-0803-1504/1	0,3	5883443	682032	no	3	s/i	noria	12	1 m	s/i
ND-0803-2226/1	15	5885424	681525	si	10	29,35	pozo profundo	40	8 pulg	13.8
ND-0803-2226/2	20	5885377	681584	si	11,01	33,05	pozo profundo	40	8 pulg	20.4
ND-0803-1514/1	4	5882818	680173	no	3	s/i	punteras (2)	12	4pulg	s/i
ND-0803-1513/1	0,5	5882874	680333	no	4	s/i	noria no entubada	5	1,4 m	s/i
ND-0803-1518/1	0,5	5884272	679479	no	s/i	s/i	puntera	12	32 mm	s/i

Fuente: Elaboración propia.

En general, se observa que los pozos de mayor rendimiento (15 y 20 L/s) a aprox. 40 m de profundidad son dos ubicados al norponiente de la ciudad de Santa Juana, muy cerca del río Biobío (acuífero aluvial del Biobío). Estos rendimientos son consistentes con el tipo de suelo y la ubicación del acuífero aluvial del río. La geología del área está condicionada por la transición estructural típica desde la costa hacia el interior a través de los cordones costeros. El cauce del Biobío atraviesa una formación de basamento de granitos hacia el interior, y materiales pleistocenos de depósitos detríticos, en la costa. En el cauce del río se presentan tramos permeables de aluviones cuaternarios, formados por gravas, conglomerados, arenas y limos. Es en esta zona donde se pueden esperar extracciones superiores a los 10 L/s. Los límites impermeables del acuífero están representados por materiales del zócalo paleozoico, con permeabilidad secundaria muy baja dada por fisuras que permiten la conexión hidráulica con los aluviales del río (DGA, 2014). Es en estas zonas impermeables del acuífero, que pertenecen a la cordillera de la Costa, donde se encuentra el resto de las extracciones localizadas al en las cercanías de la ciudad y al poniente de ésta, son de poca profundidad, que se encuentran más lejos del río no superan los 0,6 L/s. Esta información es coherente con que, desde el punto de vista hidrogeológico, en el valle de Santa Juana existen unidades geológicas formadas por una mezcla de sedimentos aportados por transporte de arenas del río Biobío y suelos graníticos generados por arrastre de sedimentos de la cordillera de la Costa. Esta mezcla de sedimentos generan acuíferos que presentan características de baja permeabilidad, por esta razón los pozos presentes en la zona norponiente de Santa Juana, aun cuando están ubicados en el acuífero que recibe aportes del río Biobío, poseen una permeabilidad baja lo que limita los caudales a extraer. La baja permeabilidad de las formaciones de la cordillera de la Costa, reduce la disponibilidad de aguas subterráneas, lo que se observa prácticamente a lo largo del país.

Es importante destacar que el origen de los suelos del valle, generados por arrastre de sedimentos de origen granítico provenientes de la cordillera de la Costa, poseen una matriz limosa que dificulta el movimiento del agua en el suelo. Concuerta también con la presencia de vegas con problemas de drenaje en el valle del Catirai, donde la velocidad del agua en el suelo es lenta, por lo que estos sectores mantienen condiciones de saturación por tiempo prolongado.

Se cuenta con estratigrafía sólo de los pozos profundos (3 pozos) proveniente de los expedientes DGA respectivos. Estos pozos se encuentran en las cercanías de la localidad de Santa Juana y reportan estratas con presencia de arenas finas. En el pozo de expediente 2226-1, se reporta la presencia de una estrata entre los 21 y 25 m con grava mediana y limos, mientras que en el pozo de expediente 2226-2, se reporta presencia de limo a partir de los 26 m y limo arcilloso entre los 40 y 46 m de profundidad.

En el “*Estudio de identificación de acuíferos en comunas afectadas por déficit hídrico de la provincia de Concepción*” Id 1496-8-Ie15 realizado por Kobrigh Ltda realizado en el 2015, generó información hidrogeológica en sectores de Santa Juana, Hualqui y Tomé, donde sería posible desarrollar exploraciones para APR. Si bien esta información es para agua potable rural, se analizó los resultados para complementar la información en el valle del Catirai. En ese mismo

estudio, realizaron evaluaciones sismo eléctricas con estimación teórica de caudales potenciales mínimos en base a las características hidrogeológicas (se asigna una categoría la cual está asociada a un rango de caudal) cuyos resultados se muestran en la siguiente Tabla.

Tabla 63. Resultados información hidrogeológica reportada en “Estudio de identificación de acuíferos en comunas afectadas por déficit hídrico de la provincia de Concepción” Id 1496-8-le15.

Lugar	Coordenada geográficas		Rango caudal (L/s)	
	Lat	Long		
Silvia Vergara	-37.220406	-72.962802	1,1	2,2
Silvia Vergara	-37.220461	-72.96307	0,5	0,9
Silvia Vergara	-37.220456	-72.963306	1,1	2,2
JJV Curalí	-37.22848	-72.958657	0,3	0,6
JJV Curalí	-37.228662	-72.958619	0,8	1,6
JJV Curalí	-37.228835	-72.958639	0,3	0,6
Comodato Municipal	-37.21551	-72.958188	0	0,2
Comodato Municipal	-37.215494	-72.958333	No detecta	No detecta
Comodato Municipal	-37.215276	-72.95853	0	0,2

Fuente: Estudio de identificación de acuíferos en comunas afectadas por déficit hídrico de la provincia de Concepción .

Se puede observar que, de los tres transectos realizados, el de mejor potencial es el ubicado en la propiedad de Silvia Vergara, ubicado entre los esteros Curalí y Huedilhue aun cuando el rango de caudal es bastante bajo. Los otros dos transectos (JJV Curalí y Comodato Municipal) se encuentran al oriente del estero Curalí, en las cercanías del camino Santa Juana-Nacimiento y éstos presentan bajo potencial de explotación.



MÁS Y MEJOR  
RIEGO PARA CHILE



## 12 CAPACIDAD DE USOS DE SUELOS

Se realizó una descripción de los suelos existentes en el área de estudio en base a información previamente recopilada del “Estudio Agrológico VIII Región. Descripciones de suelos, materiales y símbolos”, “Actualización cartográfica de suelos de la VIII Región” y otros. Para esto se construyeron 30 calicatas de 0,5 m de ancho, 1 m de largo y mayor a 1 m de profundidad, en diferentes sectores del área de estudio, en las que en cada estrata encontrada se analizaron parámetros físicos como: profundidad de cada una, textura, estructura, presencia de moteados, profundidad del nivel freático, pedregosidad superficial, pedregosidad en el perfil, color en húmedo y seco, presencia de raíces y raicillas. También se registraron antecedentes del entorno como: drenaje, pendiente, erosión, y se consultó a los propietarios de los terrenos el comportamiento del suelo en invierno para saber si son susceptibles de inundación. Además, se extrajeron muestras de cada estrata para determinar en laboratorio la capacidad de retención de humedad en base a capacidad de campo, punto de marchitez permanente y densidad aparente.

Con la información recolectada se procedió a revisar la serie de suelo, determinar su fase y agrupar a los suelos del área de estudio en base a sus características comunes más relevantes, las que determinaron las clases de capacidad de uso, la aptitud frutal y las categorías de suelo para regadío.

En cuanto a las series de suelo estudiadas, se construyeron las calicatas en sectores de las series Talcamávida, Llahuecuy, Las Puentes, Asociación Treguaco, Carampangue y Arenales. No se consideró la Asociación Nahuelbuta por carecer de aptitud agrícola.

Descripción de las series estudiadas:

- **Asociación Talcamávida**

El pedón de uno de los componentes de la Asociación Talcamávida es un miembro de la familia franca fina, mixta, térmica de los Dystric Durochrepts (Inceptisol). Son suelos delgados a moderadamente profundos formados a partir de areniscas de grano fino muy estratificadas, de colores grises y rojos e intercalados ocasionalmente con bandas de arcillolitas, posiblemente de origen marino. Ocupa una topografía de pendientes fuertes y está localizado en las vertientes del río Bío-Bío entre las localidades de Buenaraqui y Talcamávida. Suelos de una textura superficial franco arenosa fina y de textura franca arcillosa en profundidad. Descansa sobre un sustrato de arenisca muy estratificada que impide el desarrollo radicular en profundidad.

- **Serie Llahuecuy**

La Serie Llahuecuy es un miembro de la Familia mixta, térmica de los Typic Xeropsamments (Entisol). Son suelos profundos, bien drenados, que se presentan en una topografía casi plana en las terrazas aluviales más altas del río Itata y ocasionalmente del río Ñuble. De textura areno francosa en los primeros 80 a 90 cm y arenosa fina en profundidad. El suelo se presenta sin estructura (grano simple) y con escasa presencia de raíces hasta 120 a 150 cm de profundidad en promedio. La permeabilidad es rápida y el escurrimiento superficial lento. En sectores este suelo es excesivamente drenado.

- **Serie Las Puentes**

La Serie Las Puentes es un miembro de la familia franca fina, mixta, isomésica de los Typic Endoaquolls (Mollisol). Suelo sedimentario, muy profundo, en posición de terraza aluvial baja de los ríos y esteros del sector y debido a la poca gradiente con respecto al mar está sometida a inundaciones periódicas entre los meses de Mayo y Agosto por influencia de las altas mareas invernales que impiden el escurrimiento del agua de lluvia al mar. Además gran parte de los desagües naturales están cubiertos con vegetación hidromórfica, formando pantanos. Debido a este exceso de humedad, sólo en Septiembre pueden iniciarse labores para los cultivos de primavera. Son suelos de textura franco arcillo limosa en todo el perfil y colores pardo oscuro en la superficie y pardo grisáceo oscuro en profundidad. Suelos de permeabilidad moderada y drenaje imperfecto.

- **Asociación Treguaco**

El pedón representativo de uno de los componentes de la Asociación Treguaco es un miembro de la Familia franca fina, mixta, térmica de los Dystric Xerochrepts (Inceptisol). Suelo profundo, bien evolucionado y formado a partir de rocas metamórficas especialmente micasitas y gneis muy meteorizado; de textura franco arcillo limosa en todo el perfil. Descansa sobre un substrato constituido por rocas metamórficas muy meteorizadas con alto contenido en micas y cuarzo. Ocupa preferentemente, dentro de la Cordillera de la Costa, los sectores altos y la vertiente oriental en contacto con la formación granítica. Son suelos bien estructurados, friables, de buena porosidad que permiten un buen desarrollo radicular.

- **Serie Carampangue**

La Serie Carampangue es un miembro de la familia franca gruesa, mixta, métrica de los Fluvaquentic Dystrichrepts (Inceptisol). Suelo estratificado, profundo, formado a partir de sedimentos aluviales muy ricos en mica y cuarzo proveniente de la formación metamórfica de la Cordillera de la Costa. Ocupan una posición de terrazas planas de los esteros y ríos de la vertiente occidental de dicha cordillera. Son suelos de textura franco arenosa muy fina de color pardo oscuro a pardo grisáceo muy oscuro en la superficie y textura franco arenosa de color pardo grisáceo oscuro en matices 10 YR y 2,5 Y en profundidad. Suelo de topografía casi plana, de permeabilidad moderada y drenaje imperfecto.

- **Serie Arenales**

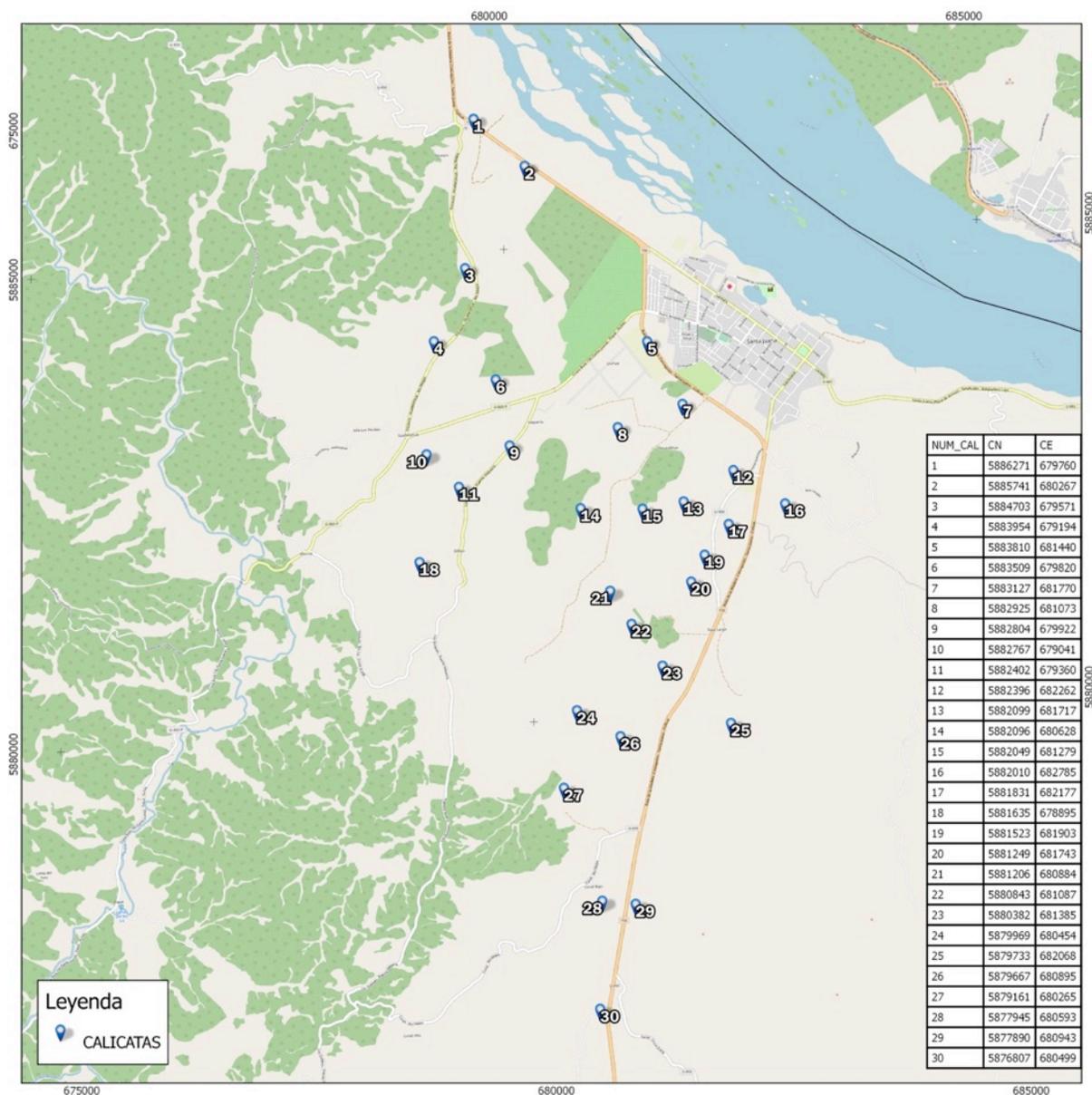
La Serie Arenales es un miembro de la Familia mixta, térmica de los Dystric Xeropsamments (Entisol). Es un suelo aluvial, reciente, profundo, de escaso desarrollo, derivado de arenas volcánicas de color negro, de origen andesítico y basáltico; la textura es gruesa en todo el perfil aunque en la superficie puede presentar texturas moderadamente gruesas en el 20 % de los casos. Ocupa una topografía plana a casi plana dentro de la formación correspondiente al “abanico aluvial del Laja”. El drenaje dominante va desde bueno a excesivo, siendo la permeabilidad rápida a muy rápida, el escurrimiento superficial es lento. Alrededor de un 50%

de los suelos de esta Serie presenta un nivel freático temporal, desde fines de otoño hasta mediados de primavera, a profundidades variables entre 70 y 120 cm que desaparecen durante el verano. La erosión eólica afecta a estos suelos en forma ligera a moderada. Los suelos de la Serie Arenales se presentan sobre distintos tipos de substratos, aunque no es corriente su observación por la gran profundidad a la que ellos se encuentran. Los más corrientes son de gravas y arenas, arenas estratificadas y ocasionalmente arcillas rojas.

### **Descripción Calicatas**

Con el propósito de verificar las series presentes en el área de estudio se construyeron 30 calicatas distribuidas principalmente en la zona agrícola del valle Catirai. La Figura 35 muestra la distribución de las calicatas.

Figura 35. Distribución de las calicatas.



Fuente: Elaboración propia.

Calicata N° 1

Ubicación geográfica: N 5.886.271; E 679.760

Serie CIREN: Arenales. Fase: ARN-2

Cultivo actual: Pradera natural

La calicata se confeccionó en una zona de pequeñas propiedades agrícolas, en el sector de Tricauco, en la propiedad del señor Pedro del Río. Corresponde a suelos planos, con pendientes de 0 – 1 % que no están sometidos a inundación en ningún momento del año. Son suelos ligeramente profundos, donde a los 45 cm aparece una estrata de aproximadamente 15 cm de espesor compuesta por roca intemperizada. No hay pedregosidad en superficie ni en el perfil, a excepción de esa estrata. El drenaje es bueno y no hay presencia de moteados en el perfil. Tampoco hay presencia de nivel freático hasta la profundidad estudiada.

Descripción Perfil:

Profundidad	Descripción
0 – 30	Textura franco arenoso, con presencia abundante de raíces y raicillas que se extendía hasta 60 cm aproximadamente. El suelo no presenta ningún tipo de estructura. Color negro en húmedo (10 YR 2/1) y Gris oscuro en seco (10 YR 4/1) Límite lineal, abrupto
30 – 45	Textura areno francoso, sin estructura, ligeramente compactada. Color negro en húmedo (10 YR 2/1) y Gris oscuro en seco (10 YR 5/1) Límite lineal claro
45 – 60	Presencia de roca intemperizada en matriz arenosa. Límite lineal claro.
60 - 100	Textura franco arenoso no compactadas. Color pardo muy oscuro en húmedo (10 YR 3/2) y Gris pardusco claro en seco (10 YR 5/2)

Fotografía 23. Perfil Calicata 1.

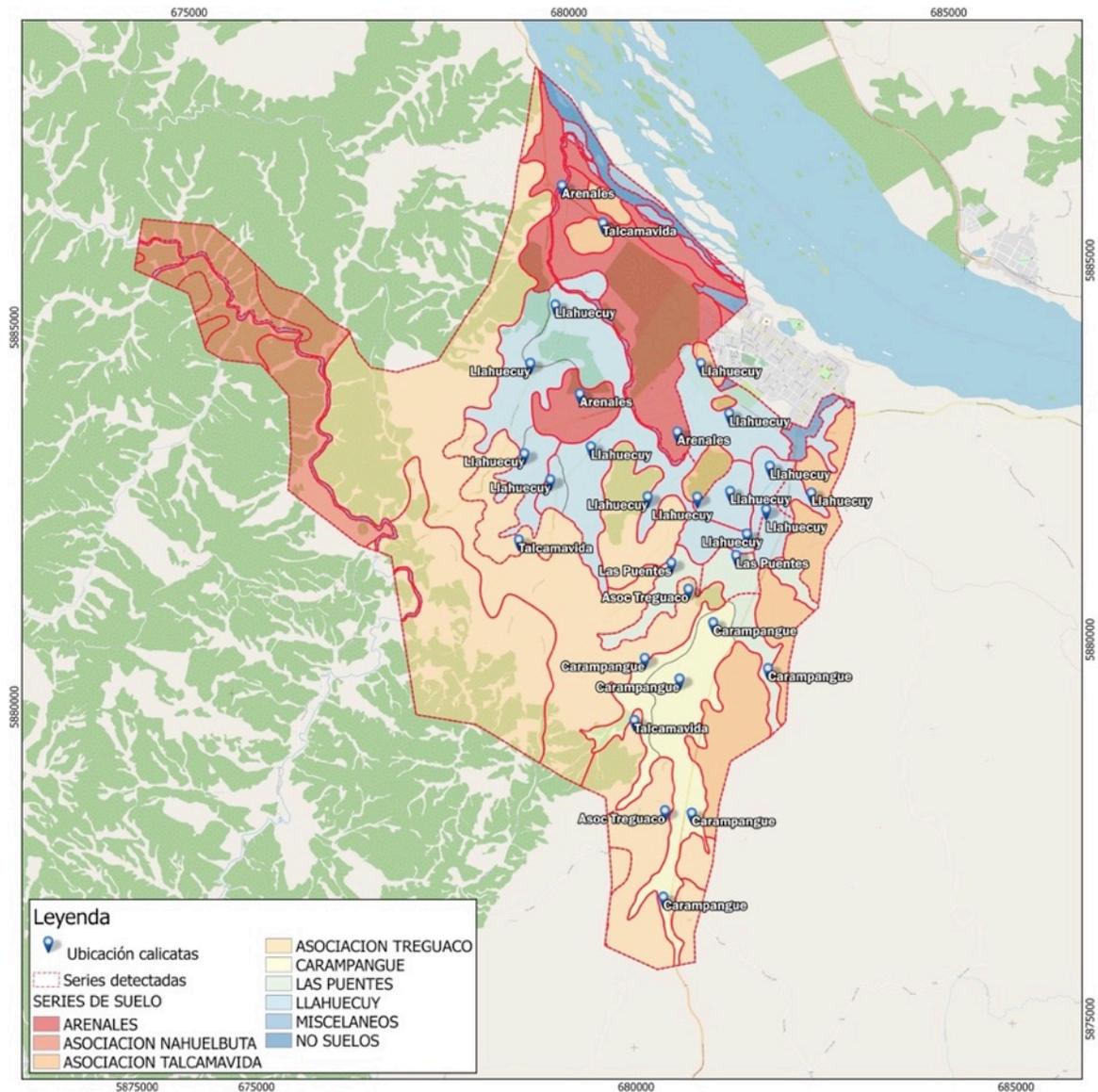


Fuente: Propia.

En el Anexo A12 se encuentra la descripción de las 30 calicatas.

La Figura 36 muestra la distribución de las series de suelo encontradas en el área estudiada.

Figura 36. Distribución de las series de suelo encontradas en el área estudiada.



Fuente: Elaboración propia.

Si se compara con la distribución original de series de suelo, tomadas de estudios CIREN, existe una diferencia en las calicatas 18, 25 y 27 que fueron reclasificadas principalmente en base a la textura de sus horizontes.

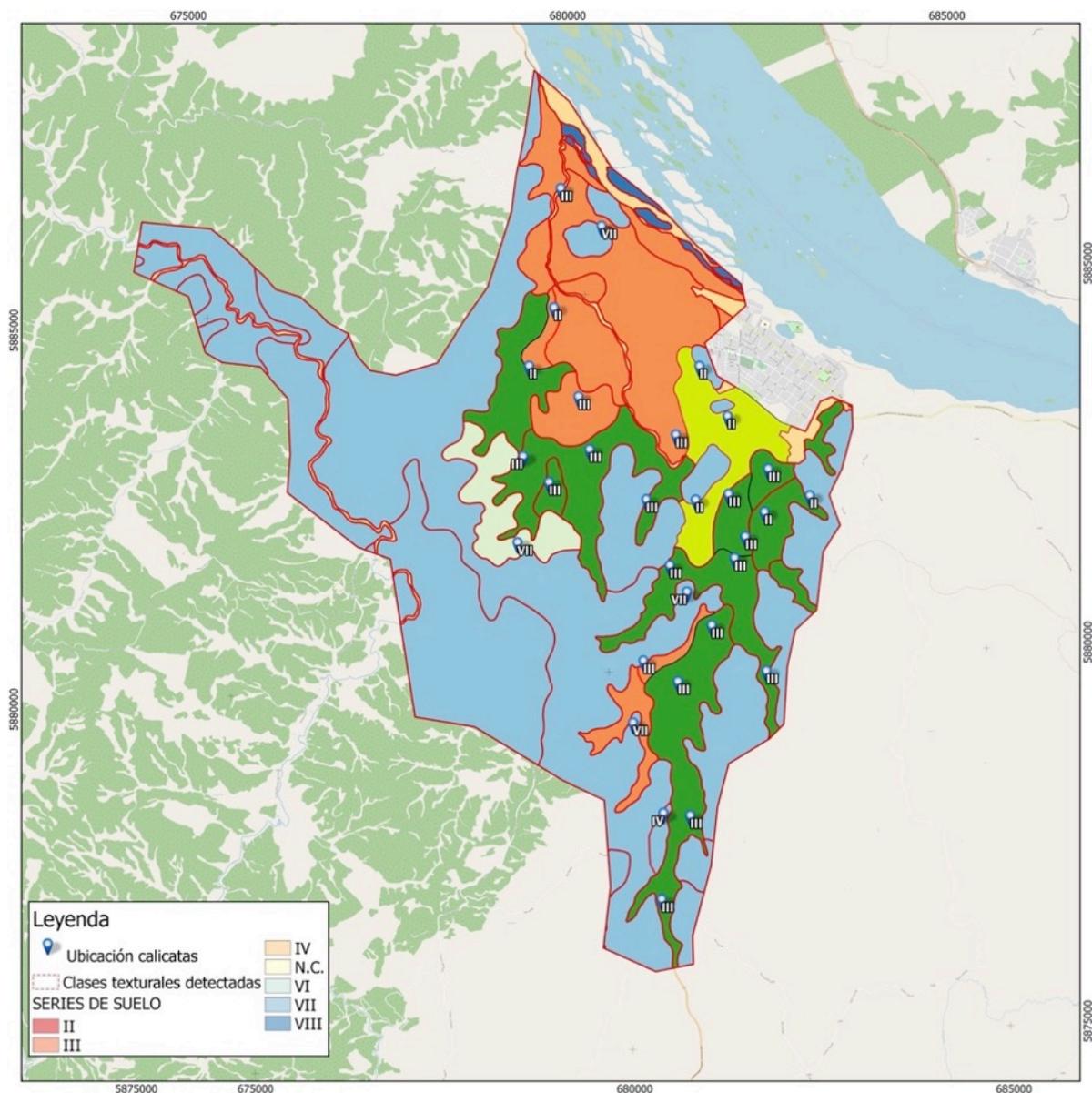
Para clasificar las Fases de suelo, se tomó en cuenta los factores señalados en el Estudio Agrológico VIII Región de CIREN.

### 12.1 Clases de capacidad de uso de los suelos

La descripción de las clases de capacidad de uso de los suelos está basada en la interacción de diferentes factores que posee el suelo o un área determinada. La separación en las diferentes clases se hace por comparación de atributos críticos como: pendiente, pedregosidad, profundidad, textura, drenaje, erosión, inundación, salinidad y sodicidad. Si el suelo en estudio, presenta todos o alguno de estos parámetros, con valores comprendidos dentro de un determinado rango, se clasificará en una determinada Clase de Capacidad de Uso; ahora, si el valor del parámetro está fuera del rango, se clasificará dentro de la Capacidad de Uso siguiente. En Anexo A12 se entregan las definiciones de cada clase de capacidad de uso, según lo señalado en la pauta para estudios de suelos del Servicio Agrícola Ganadero (2011).

La Figura 37 muestra la distribución de las clases de capacidad de uso en el área estudiada, de acuerdo al análisis de las calicatas.

Figura 37. Distribución de las clases de capacidad de uso en el área estudiada.



Fuente: Elaboración propia.

Llahuecuy y Arenales son las series que tienen una mejor capacidad de uso, principalmente por su relieve y mejores condiciones para el drenaje.

### Aptitud frutal

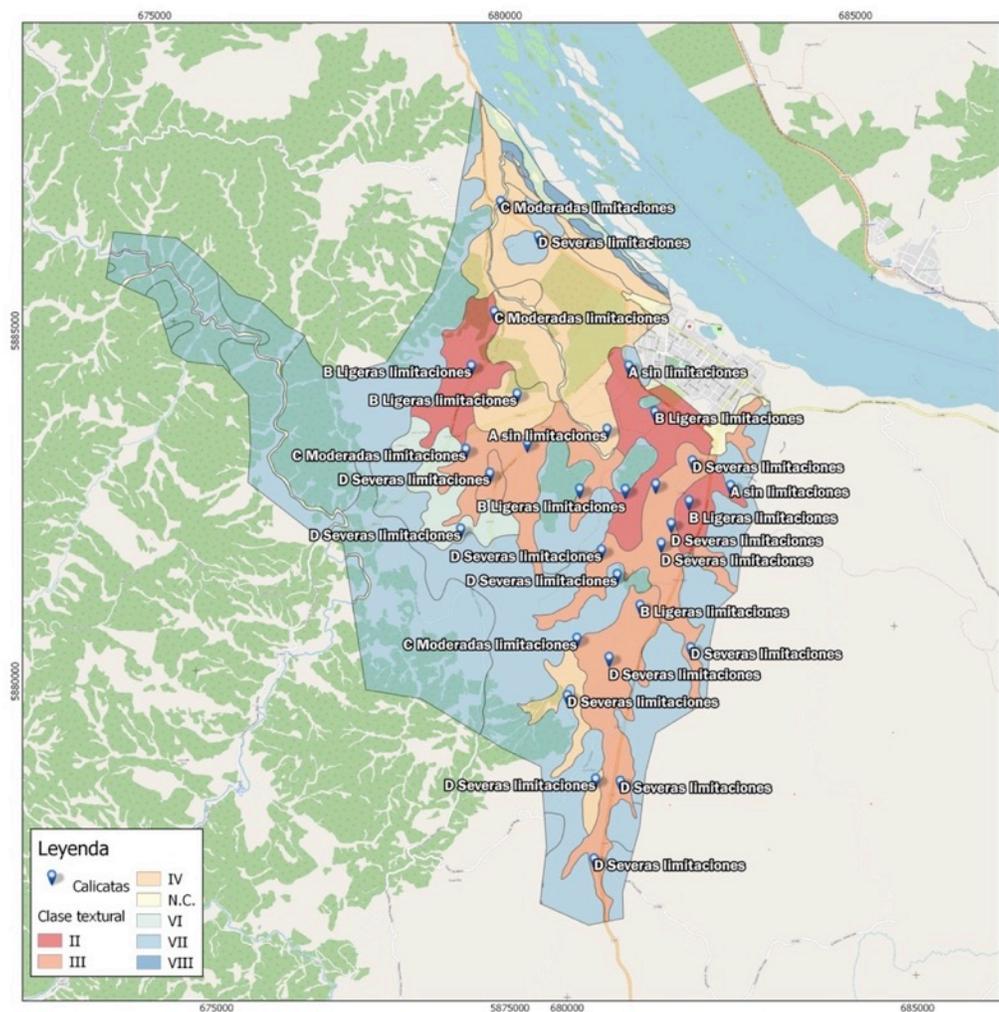
Corresponde a una agrupación convencional de suelos que presentan características similares en cuanto a su aptitud para el crecimiento de las plantas y se representa bajo un mismo tipo de manejo. Está basada en un conjunto de alternativas que relacionan suelo-agua-planta, pero no

se ha tomado en cuenta: limitaciones climáticas; condiciones económicas o de mercados; disponibilidad, manejo y calidad del agua, y fertilidad.

Esta clasificación consta de cinco clases de aptitudes, de acuerdo a las limitaciones que presentan los suelos en relación al establecimiento de frutales, que van desde la clase A, sin limitaciones; hasta la clase E, sin aptitud frutal. En cada una se considera una serie de parámetros como profundidad de suelo, clase textural, presencia de signos de mal drenaje, etc. Para ser clasificado en una determinada clase, basta que el suelo posea sólo uno de los atributos que señala la descripción de ella. Si no posee ninguno, se pasa a la clase siguiente. En Anexo A12 se describe cada una de las clases de aptitud frutal .

La Figura 38 muestra la distribución de los suelos del área estudiada, de acuerdo a su aptitud frutal.

Figura 38. Distribución de los suelos del área estudiada, de acuerdo a su aptitud frutal.



Fuente: Elaboración propia.

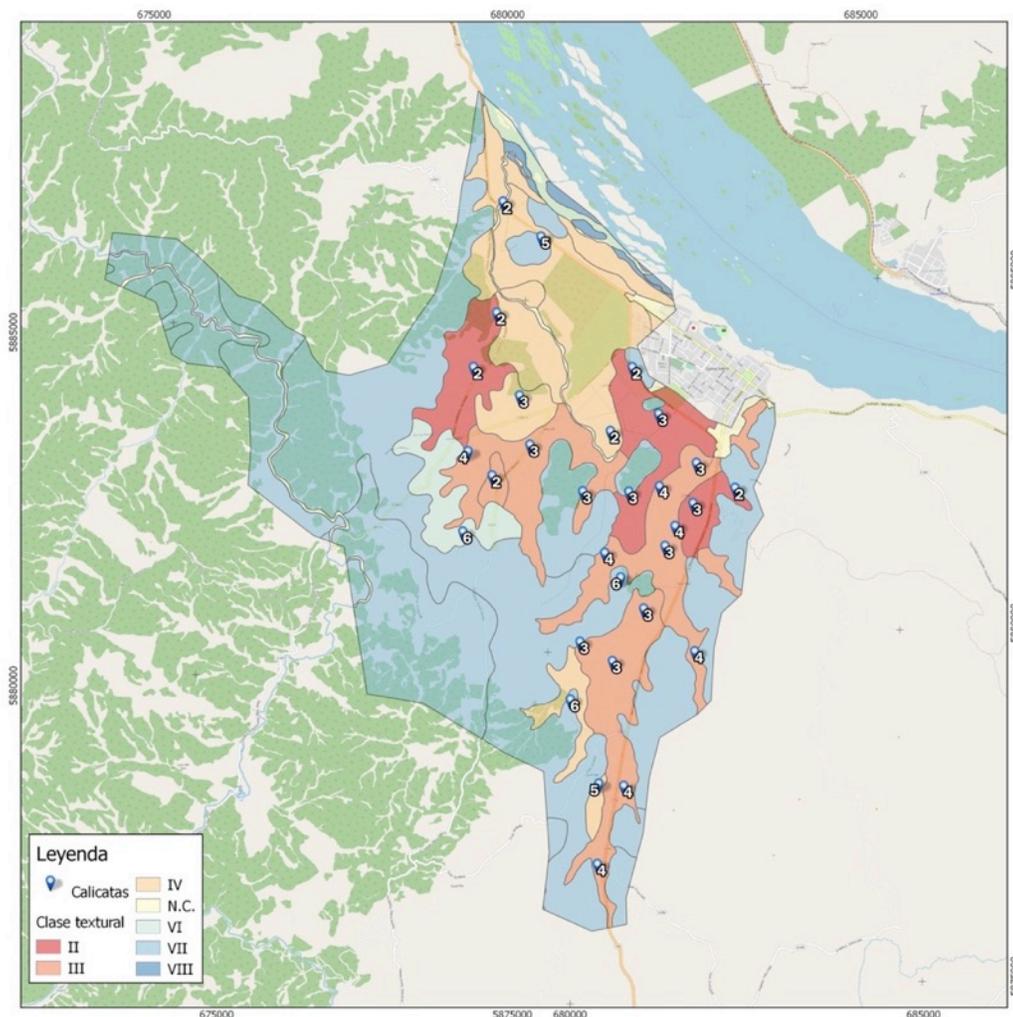
Se observa que las series Llahuecuy y Arenales son las que tienen una mejor aptitud para el establecimiento de frutales, por sus características físicas. Se debe dejar en claro que en esta parte del estudio no se consideró el factor climático

## 12.2 Categoría de suelos para riego

La categoría de suelos para riego consiste en una agrupación de suelos para fines de riego que se asemejen con respecto al grado de sus limitaciones y riesgos en su uso. No puede establecerse una delimitación muy exacta entre las categorías de suelos para riego, sin embargo, hay ciertas características inherentes a cada una de ellas. En Anexo A12 se describen cada una de las categorías de suelos para riego.

La Figura 39 muestra la distribución de los suelos del área estudiada, de acuerdo a su categoría para riego.

Figura 39. Distribución de los suelos del área estudiada, de acuerdo a su categoría para riego.



Fuente: Elaboración propia.

Las series Asociación Treguaco y Talcamávida son las que menos aptitud tienen para ser regadas, pero por la superficie involucrada en el área de estudio, no son importantes.

### 12.3 Caracterización físico hídrica de los suelos

Desde cada estrata de las 30 calicatas estudiadas se tomaron muestras de suelo para ser analizadas de acuerdo a sus características físico-hídricas de capacidad de campo, punto de marchitez Permanente y densidad aparente. Los primeros dos análisis mencionados se realizaron en el laboratorio de servicios físicos de suelos de la Facultad de Agronomía y el último mencionado, en el laboratorio de recursos hídricos de la Facultad de Ingeniería Agrícola, de la Universidad de Concepción.

Fotografía 24. Preparación de muestras de suelo en laboratorio.



Fuente: Propia.

Fotografía 25. Determinación de densidad aparente por método del terrón.



Fuente: Propia.

Para determinar la capacidad de retención de agua de los suelos se utiliza la siguiente ecuación:

$$H = \frac{(CC - PMP)}{100} \times Dap \times Prof$$

Donde: H = Altura de agua retenida por el suelo (cm).

CC= Capacidad de Campo (% humedad base suelo seco).

PMP = Punto de marchitez permanente (% humedad base peso seco).

Dap= Densidad aparente del suelo (gr/cm<sup>3</sup>).

Prof = Profundidad de la estrata de suelo.

La altura de agua retenida por el suelo indica la cantidad de agua que queda disponible para las plantas entre el momento en que el suelo termina el drenaje después del riego, capacidad de campo y la mínima cantidad de agua que una planta es capaz de extraer, punto de marchitez permanente. Para estandarizar la información a todas las calicatas, en Anexo A12 se entrega una tabla con los valores de altura de agua retenida por el suelo, en cada estrata y en 100 cm de profundidad.

Al hacer una agrupación de los valores de retención de agua de acuerdo a la serie (Tabla 64), se puede ver que la que menos agua retiene es la Arenales debido a que está compuesta

mayormente por partículas de gran tamaño y una alta concentración de macroporos que no retienen agua. La que mayor cantidad de agua retiene es la serie Carampangue, que se ubica en las zonas bajas del sector Curalí, específicamente en las zonas de drenaje imperfecto.

Tabla 64. Retención de agua promedio (mm) en 100 cm de profundidad.

Serie	H (mm)
Arenales	44,0
Talcamávida	84,8
Llahuecuy	118,9
Las Puentes	127,3
Carampangue	182

Fuente: Elaboración propia.

Este sector, Carampangue, con un buen sistema de drenaje, aparece como bastante promisorio para realizar agricultura bajo riego, lo mismo que las series Llahuecuy y Las Puentes.

La Asociación Treguaco se eliminó del listado final por no ser representativa al tener solo una calicata.

La calicata 25 y 30 tienen valores iguales por ser de similares características físicas. La calicata 28 considera sólo 75 cm puesto que bajo esa profundidad existe una estrata de rocas sedimentarias.

Las pruebas de infiltrometría para determinar la velocidad de infiltración, se realizaron en marzo. Éstas se relacionarán con la disposición de estratas impermeables en el perfil y se determinará si existe pie de arado o sólo la textura de una estrata intermedia que sería la que causa el mal drenaje. Lo anterior es importante para recomendar labores culturales para mejorar el drenaje interno.

#### 12.4 Infiltración

Durante marzo 2019 se realizaron las pruebas de infiltrometría. Para esto, en 11 sitios en los que anteriormente se confeccionaron las calicatas, se evaluó la Velocidad de Infiltración del suelo mediante el método del cilindro infiltrómetro doble. Este método consiste en aplicar una carga de agua dentro de un cilindro metálico y registrar a distintos intervalos el descenso del nivel del agua dentro del cilindro. Este cilindro se instala dentro de otro de mayor diámetro el cual también contiene agua pero sólo con fines de humedecer el suelo contiguo al punto específico de la evaluación para minimizar la infiltración lateral. El nivel del agua se registra en un inicio cada 1 minuto, luego cada 5 y en la medida que pasa el tiempo este intervalo se amplía a 10 y 15 minutos, hasta completar un tiempo total de evaluación de 120 minutos.

Fotografía 26. Método del cilindro infiltrómetro doble.



Fuente: Propia.

Con los datos registrados en terreno se obtiene una curva de tipo potencial que obedece a la siguiente ecuación:

$$VI = KT^n$$

Donde:

VI = Velocidad de Infiltración en mm/hora

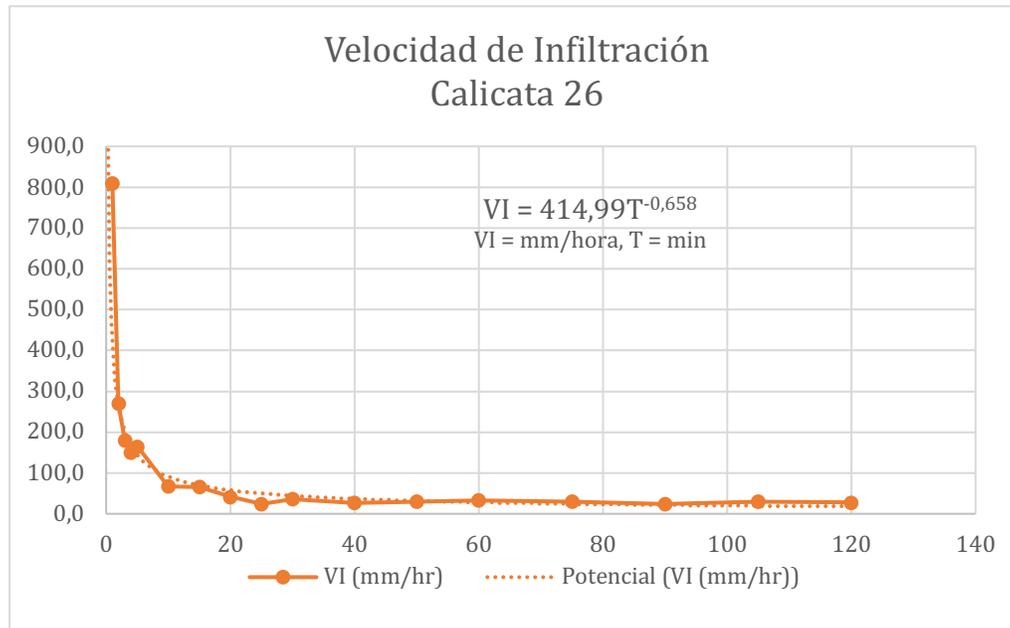
K = Velocidad de Infiltración al primer minuto

T = Minutos

n = Pendiente de la curva

Durante el proceso, la infiltración es muy alta durante los primeros minutos, para luego ir descendiendo hasta hacerse casi constante. Cuando alcanza este nivel, se habla de Velocidad de Infiltración básica, la que ocurre por lo general varios minutos después de comenzada la aplicación del agua e indica cual es la tasa de infiltración mínima que posee el suelo antes de aparecer encharcamiento sobre él. La Figura siguiente muestra la gráfica de Velocidad de Infiltración versus tiempo para una de las calicatas estudiadas. En Anexo A12 se incluyen las gráficas del resto de las calicatas.

Figura 40. Velocidad de infiltración calicata 26.



Fuente: Elaboración propia.

La ecuación de VI es obtenida es el ajuste de una regresión de tipo potencial entre los valores de VI y tiempo. Para obtener los valores de VI se debe reemplazar la variable T en minutos, de la ecuación.

En la Tabla siguiente se entregan los valores de velocidad de infiltración a 120 minutos, para los suelos estudiados. Estos valores son en algunos casos el promedio de ambas repeticiones y en otros, se seleccionó la curva que más se ajustaba al proceso normal de infiltración.

Tabla 65. Valores de velocidad de infiltración a 120 minutos.

Calicata N°	Sector	Vi (mm/h)	K	N	Serie suelo	Textura superficial	Compactación estrata	Nivel freático (m)	Inundación frecuente
4	Huallerehue	30,1	142,47	-0,325	LHY	Franco	No	-	No
6	Huallerehue	19,0	335,15	-0,600	ARN	Franco limoso	No	-	Si
8	Huallerehue	30,3	346,53	-0,509	ARN	Franco arenoso	No	-	Si
10	Diñico	38,2	335,47	-0,454	LHY	Franco arcilloso	No	1,55	Si
17	Curalí	6,0	189,16	-0,722	LHY	Franco limoso	Si	-	No
23	Curalí	17,6	329,85	-0,612	CMG	Franco	No	-	Si
25	Curalí	137,4	1041,20	-0,423	CMG	Franco arcilloso	No	-	Si
26	Curalí	17,8	414,99	-0,658	CMG	Franco	No	-	Si
28	Curalí	112,7	571,31	-0,339	TMA	Franco arcillo arenoso	No	0,6	No
29	Curalí	3,6	225,22	-0,866	CMG	Franco	No	1	Si
30	Curalí	47,6	289,49	-0,377	CMG	Franco arcilloso	No	0,9	Si

Dada la gran variabilidad de resultados de las pruebas de infiltración y probablemente por el bajo contenido de humedad de los suelos en la época en que se realizaron las pruebas, no se ve una relación clara entre la VI del suelo y la textura. Se está analizando la opción de someter muestras de suelos a determinaciones de tipos de arcillas presentes, puesto que como la totalidad de los suelos en que se realizaron las evaluaciones tienen un alto contenido de ellas por ser su clase textural de tipo franco, existe la sospecha de que este componente sea responsable de los valores anormales de VI.

El análisis de calicatas no arrojó señales de pie de arado, por lo tanto no se puede concluir que la presencia de éste sea causa de valores bajos de VI, a excepción de la Calicata N° 17 en que el suelo posee un perfil bastante compactado en su totalidad. En este caso el bajo valor VI fue el esperado para un suelo de esa condición. **En ningún caso se descarta la posibilidad que en otras zonas del valle exista una estrata impermeable que sea asociada a una condición de pie de arado. En general, debido a que normalmente el laboreo de suelos se ha concentrado en las estratas superficiales, como medida de manejo se recomienda el laboreo vertical con arados subsoladores o cinceles mayores a 25 cm.**

En el otro extremo, la Calicata N° 25 que posee textura franco arcillosa, fue la que arrojó un mayor valor de VI en ambas repeticiones. Era de esperar que este suelo tuviera el menor valor lo que no ocurrió tal vez debido a la presencia de alguna galería subterránea de camarones, no visibles en la superficie, la que pudo ayudar al registro de una mayor VI. La presencia de estas galerías en todo el potrero podría ser una gran ayuda a mejorar el drenaje de los suelos.

Como información adicional, con los datos registrados en la evaluación de Velocidad de Infiltración, también es posible obtener la curva de Infiltración Acumulada, la cual también obedece a una ecuación del tipo potencial y representa la cantidad de mm de altura de agua que se han infiltrado después de un tiempo de determinado. Con este valor se puede determinar cuánto es el tiempo de riego que requiere un cultivo para satisfacer su demanda hídrica, como también es posible conocer hasta que profundidad de suelo podría alcanzar la precipitación caída en un terreno.

La ecuación de Infiltración Acumulada es:

$$I_{Ac} = AT^b$$

Donde:

I<sub>Ac</sub> = Infiltración acumulada (mm)

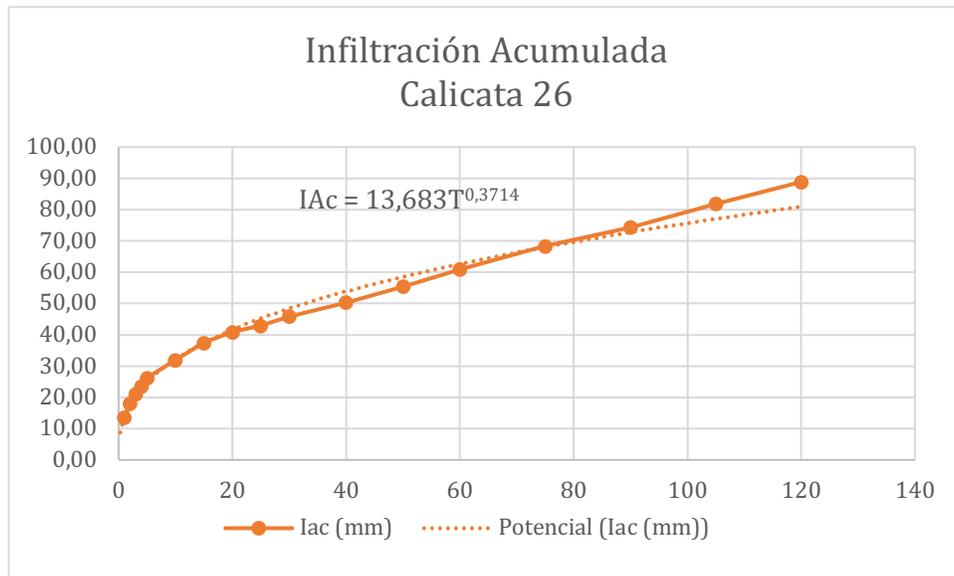
A = Infiltración acumulada al primer minuto

T = Minutos

b = Pendiente de la curva

En la figura siguiente se muestra como ejemplo una curva de Infiltración Acumulada y en Anexo A12 se incluye las gráficas del resto de las calicatas.

Figura 41. Infiltración acumulada calicata 26.



Fuente: Elaboración propia.



MÁS Y MEJOR  
RIEGO PARA CHILE



## 13 SITUACIÓN ACTUAL DEL DRENAJE

En este documento se entrega un análisis preliminar acerca de la problemática del drenaje en el valle del proyecto Santa Juana, a partir de información obtenida del Estudio Agrológico de la VIII Región, publicado por CIREN (1999), de los antecedentes recolectados directamente desde el terreno mediante el Estudio Complementario de suelos realizado por profesionales de la consultora y a partir de antecedentes entregados por algunos de los agricultores del sector.

En el área indicada predominan las series de suelos Arenales, Carampangue, Llahuecuy, Las Puentes y Talcamávida (Tabla 66), donde se concentra principalmente la actividad agropecuaria.

Los suelos son de origen sedimentario y se caracterizan por tener una topografía plana, con una escasa pendiente y donde existen numerosos cauces naturales que fluyen a lo largo del valle y desembocan en el río Biobío. En verano dichos esteros son la principal fuente de agua para riego y en invierno conducen los excedentes de la escorrentía superficial y subterránea de los cerros adyacentes.

Tabla 66. Series de suelos existentes en el valle Santa Juana .

Serie	Superficie (has)
Arenales	533
Carampangue	380
Llahuecuy	698
Las Puentes	102
Talcamávida	28
Superficie total	1.741

Fuente: Elaboración propia.

### 13.1 Caracterización de los suelos

El estudio complementario de suelos realizado por el equipo profesional del proyecto permitió detectar las variaciones (unidades cartográficas o fases) que presentan cada una de las series.

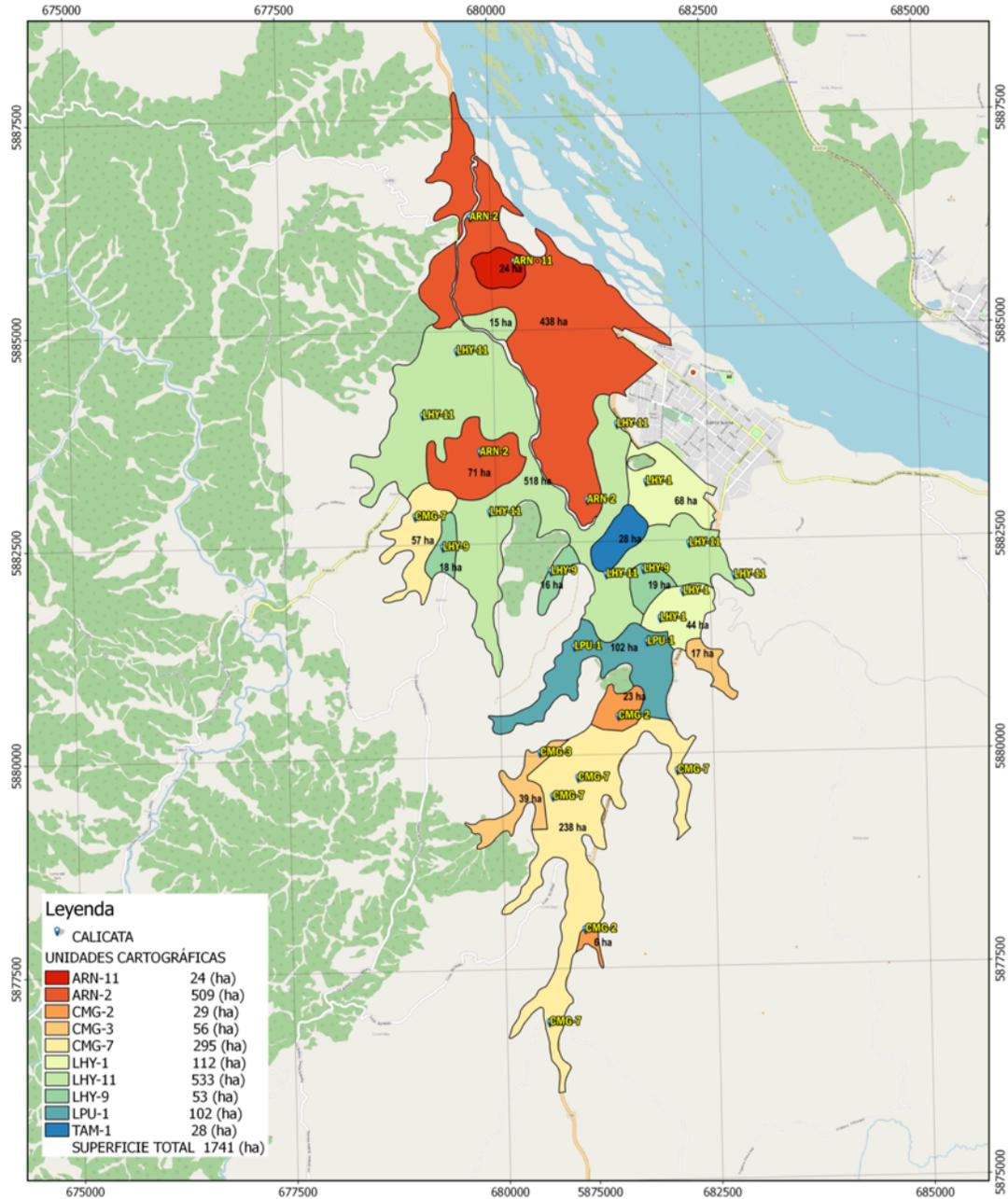
En la Tabla 67 y Figura 42 se indican las variaciones identificadas en cada serie y la superficie asociada a cada una de ellas.

Tabla 67. Fases de suelos del valle y su respectiva categoría de drenaje.

Series	Fases	Superficie (has)
Arenales	ARN-2	509
	ARN-11	24
Carampangue	CMG-2	29

<b>Series</b>	<b>Fases</b>	<b>Superficie (has)</b>
	CMG-3	56
	CMG-7	295
Llahuecuy	LHY-1	112
	LHY-9	53
	LHY-11	533
Las Puentes	LPU-1	102
Talcamávida	Tam-1	28
<b>Superficie Total</b>		<b>1.741</b>

Figura 42. Variaciones de las series de suelo encontradas en el valle.



 COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO	Estudio ESTUDIO BÁSICO "DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA PARA EL DESARROLLO DEL RIEGO EN LA COMUNA DE SANTA JUANA"		Título UNIDADES CARTOGRÁFICAS		
	 Universidad de Concepción	Escala 1:50000	Sistema de referencia SIRGAS Universal Transversal de Mercator; Zona 18 S	Fuente Cartográfica Elaboración propia	Fecha Abril, 2019

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se incluye una breve descripción de cada una de estas fases con especial énfasis en las características y limitantes al drenaje.

### **Serie Arenales (ARN-2)**

Esta unidad cartográfica se caracteriza por corresponder a suelos de textura superficial areno francosa a franco arenosa con pendientes entre 0 a 1% que no están sometidos a inundación en ningún momento del año. Son suelos ligeramente profundos donde a los 45 cm aparece una estrata de aproximadamente 15 cm de espesor compuesta por roca intemperizada que no presenta dificultades para la infiltración del agua ni el desarrollo de las raíces. El drenaje es bueno (categoría 5), sin presencia de moteados ni nivel freático hasta 1 m de profundidad. Existe un sector de categoría moderadamente bien drenado (categoría 4) donde se registran sectores bajos con inundaciones prolongadas durante el año.

### **Serie Arenales (ARN-11)**

Corresponde a la Fase de textura superficial areno francosa, profunda, con pendientes ligeramente onduladas de 3 a 5% y con severa erosión. No existe nivel freático a lo menos hasta 1,75 m de profundidad. No hay presencia de moteados y el suelo no está sometido a procesos de inundación. El drenaje es bueno (categoría 5).

### **Fase Carampangue (CMG-2)**

Esta fase se caracteriza por tener una textura franca en superficie variando a franco arenosa en profundidad. Topografía plana, con pendientes entre 1 - 3% sin signos de erosión. El drenaje es imperfecto (categoría 3). Presenta eventos frecuentes y prolongados de inundación invernal. No se observa presencia de nivel freático hasta 1m de profundidad, pero sí moteados escasos a abundantes en profundidad indicando un nivel freático fluctuante que desaparece en el período de verano.

### **Fase Carampangue (CMG-3)**

Corresponde a suelos de textura superficial franco arenosa muy fina, profunda, con pendientes de 1 a 3% sin signos de erosión. No existe nivel freático pero hay abundantes moteados desde los 40 cm y hasta la profundidad de observación (1 m). El drenaje es moderado (categoría 4) y ocurren eventos frecuentes y prolongados de inundación invernal.

### **Fase Carampangue (CMG-7)**

Corresponde a suelos de textura superficial franco a franco arcillosa. La topografía es ligeramente inclinada con pendientes de 1 a 3% sin signos de erosión. Existe nivel freático desde los 60 cm y hasta 1,50 m de profundidad y presenta abundantes moteados en todo el perfil. En general el drenaje es imperfecto (categoría 3), aun cuando en algunos sectores tiende a ser moderado (categoría 4).

### **Serie Llahuecuy (LHY-1)**

La fase LHY-1 representa la serie Llahuecuy. Son suelos de textura franco a franco limosa, profundos, casi planos con 1 a 3% de pendiente. No presentan eventos de inundación invernal. No existe nivel freático al momento del estudio pero si se registró presencia de moteados hasta 1,0 a 1,3 m de profundidad, evidenciando la presencia de un nivel freático fluctuante durante una parte del año. Mayoritariamente el drenaje es moderado (categoría 4) pero existen sectores de drenaje imperfecto (categoría 3).

### **Serie Llahuecuy (LHY-9)**

Corresponde a la fase de textura superficial franco limosa, profunda. La topografía es ligeramente inclinada de 1 a 5% de pendiente. Una parte del área no está sometida a períodos de inundación durante el invierno y por tanto su drenaje es bueno (categoría 5.) En otros sectores el nivel freático se encuentra a 1,7 metros de profundidad pero el perfil del suelo presenta moteados abundantes en toda su extensión. El drenaje es imperfecto (categoría 3).

### **Serie Llahuecuy (LHY-11)**

Corresponde a la fase de textura superficial franco a franco limosa, profundo, con pendiente suave del 1 al 3%.

En la parte superior del valle, donde predomina esta fase, no existe nivel freático hasta los 2,0 m de profundidad y no hay presencia de moteados en el perfil. En este sector el drenaje es bueno (categoría 5).

En la parte central del valle en esta fase no existe nivel freático hasta 1,10 a 1,50 m. Hay moteados escasos en el horizonte superficial, pero abundantes en profundidad. Se encuentra sometida a períodos prolongados de inundación durante el invierno. El drenaje es moderado (categoría 4).

### **Serie Las Puentes (LPU-1)**

Esta fase representa a la serie y corresponde a suelos de textura superficial franco limosa, profundos, de topografía plana con pendientes entre el 0 y 3%. Al momento del estudio el nivel freático se encuentra entre los 1,25 y 1,8 m. Independientemente de lo anterior, el perfil del suelo muestra abundantes moteados. El área está sometida a frecuentes y muy prolongados períodos de inundación. El drenaje es imperfecto (categoría 3).

### **Serie Talcamávida (TAM-1)**

Esta fase representa a la Asociación y corresponde a suelos de textura superficial franco arenoso, profundo. La topografía es fuertemente ondulada con pendientes que van del 10 al 30%. No ocurren eventos de inundación durante el invierno. No hay presencia de nivel freático ni de moteados en el perfil. El drenaje es bueno (categoría 5).

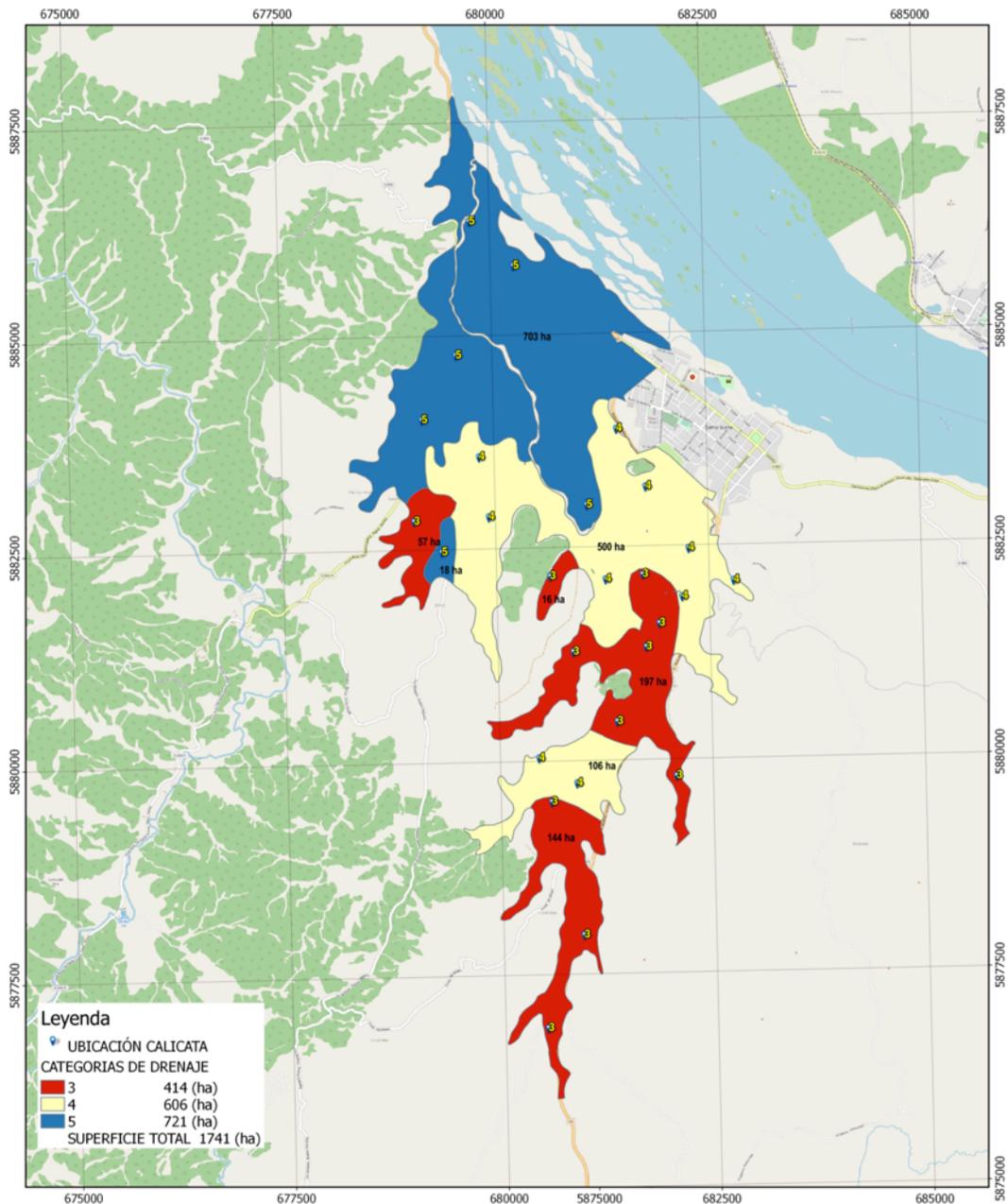
### 13.2 Categorías o clases de drenaje

En la Tabla 68 y Figura 43 se muestra las categorías de drenaje para cada una de las unidades cartográficas identificadas.

Tabla 68. Categorías de drenaje por unidad cartográfica.

Series	Fases	Categoría de Drenaje
Arenales	ARN-2	5
	ARN-2	4
	ARN-11	5
Carampangue	CMG-2	3
	CMG-3	4
	CMG-7	3
	CMG-7	4
Llahuecuy	LHY-1	3
	LHY-1	4
	LHY-9	5
	LHY-9	3
	LHY-11	5
	LHY-11	4
Las Puentes	LPU-1	3
Talcamávida	Tam-1	5

Figura 43. Categorías de drenaje por unidad cartográfica.



<p>COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO</p>	Estudio ESTUDIO BÁSICO "DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA PARA EL DESARROLLO DEL RIEGO EN LA COMUNA DE SANTA JUANA"		Título CATEGORÍAS DE DRENAJE		
	Escala 1:50000	Sistema de referencia SIRGAS Universal Transversal de Mercator; Zona 18 S		Fuente Cartográfica Elaboración propia	Fecha Abril, 2019

Fuente: Elaboración propia.

Se desprende que en el área existen 414 hectáreas con categoría de drenaje 3; 606 hectáreas con categoría 4 y 721 hectáreas con categoría 5.

A continuación se describe el significado de cada una de las categorías identificadas, a partir de lo establecido por la Asociación de Especialistas en Agrología del Colegio de Ingenieros Agrónomos en conjunto con la Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo, tomando como base el Manual de Reconocimiento de Suelos del Ministerio de Agricultura de Estados Unidos.

### **Categoría 3 (Imperfectamente drenado)**

El suelo está húmedo por períodos significativos pero no por todo el tiempo. Esto se debe corrientemente a la presencia de un horizonte lentamente permeable o a un nivel freático alto. En terreno el nivel freático se presenta a una profundidad entre 90 a 150 centímetros de profundidad lo que restringe el crecimiento radicular, principalmente de frutales y otros altamente sensibles a la falta de oxígeno. El drenaje artificial es un requisito para el crecimiento de estos cultivos.

### **Categoría 4 (Moderadamente bien drenado)**

El perfil del suelo se encuentra mojado por una pequeña pero significativa parte del tiempo debido a un horizonte lentamente permeable en o inmediatamente por debajo del solum o a un nivel freático relativamente alto o intermitente, corrientemente a menos de 150 centímetros de profundidad. El drenaje artificial es necesario para algunos cultivos de arraigamiento profundo y de algunos otros que son particularmente sensibles a períodos cortos de pobre aireación.

### **Categoría 5 (Bien drenado)**

El agua es removida desde el suelo en forma natural, fácilmente pero no rápidamente, sin crear problemas de estancamiento y /o niveles freáticos altos. Estos suelos retienen cantidades óptimas de humedad para el crecimiento de las plantas después de un riego o lluvias. No requieren sistemas de drenaje artificial.

Al analizar el perfil descrito de las 30 calicatas estudiadas, se ve que 19 muestran presencia de moteados en el perfil y de ellas, en 8 se detectó presencia de nivel freático a profundidades entre los 60 cm y 180 cm, en enero de 2019.

## **13.3 Análisis del drenaje según la información de las calicatas**

Los moteados son por lo general oxidaciones de Fierro y Manganeso, las que delatan la ocurrencia de fluctuaciones del nivel freático a través del tiempo. En el caso de las calicatas estudiadas, los moteados aparecen en la mayoría de ellas desde el nivel del suelo hasta profundidades de 1 metro o más, en categorías de escasos a abundantes. Esto significa que los suelos han estado sometidos a procesos de inundación por largo tiempo, generalmente en invierno. Esta ausencia de drenaje superficial de aguas lluvia o desbordamiento de esteros, se produce por no existir vías naturales de evacuación de las aguas, o las que existen no tienen la capacidad suficiente para evacuar las aguas de los potreros debido a la poca pendiente o a la

reducida sección de escurrimiento ocasionada por presencia de malezas, arbustos e incluso árboles dentro de los cauces, los que nunca o rara vez han sido limpiados por los agricultores.

En primavera-verano el nivel freático desciende lentamente, lo que causa un atraso en la preparación de los suelos para la siembra de hortalizas principalmente, para volver a elevarse con las primeras lluvias de la temporada invernal siguiente.

En la Figura 43 “Categorías de Drenaje por Unidad Cartográfica”, se muestra el área afectada por los problemas de drenaje las que, según la clasificación de las categorías de drenaje imperfectamente drenado y moderadamente bien drenado, alcanzan una superficie de 1020 hectáreas.

#### 13.4 Resultados conclusivos de campañas de terreno

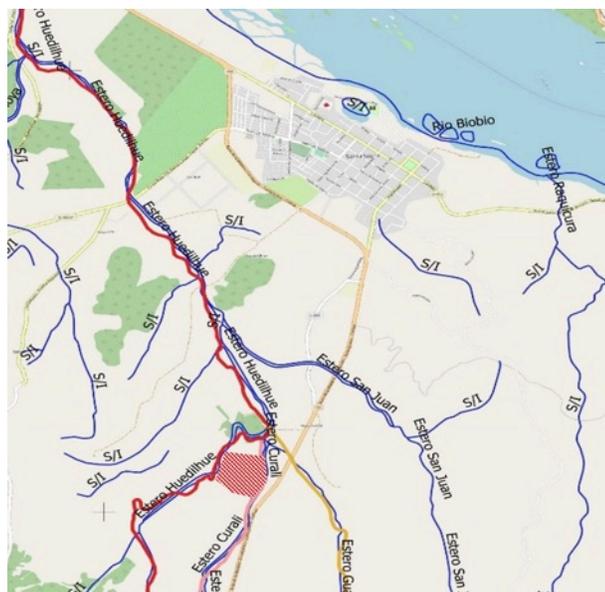
Durante la última semana de mayo y primera semana de junio, se realizaron dos campañas de terreno en el valle de Santa Juana con el propósito de recopilar antecedentes en periodos de lluvia. En estas visitas se realizó un levantamiento planialtimétrico de un sector del valle, se levantaron los perfiles longitudinales de parte de los esteros Curalí y Huedilhue, se registró el impacto que causaron las últimas lluvias en el terreno y se entrevistó a propietarios del lugar.

Los resultados de ambas campañas se indican a continuación.

##### 13.4.1 Estudio topográfico

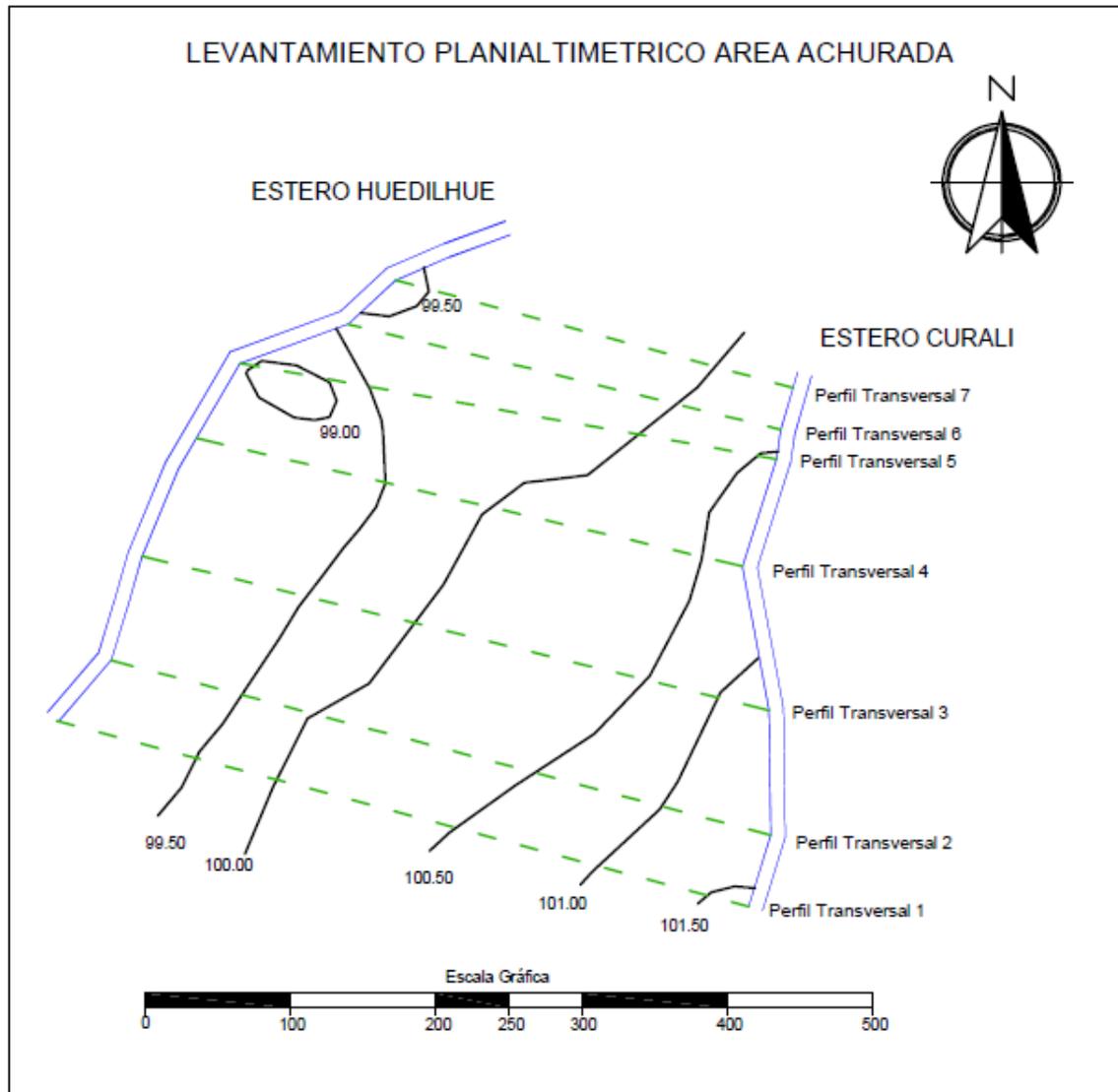
En la figura siguiente (Figura 44) se presenta la ubicación de los esteros Curalí y Huedilhue y se indica (área achurada) el lugar donde se realizó el levantamiento planialtimétrico. Este último se presenta en la Figura 45.

Figura 44. Área topografiada.



Fuente: Elaboración propia.

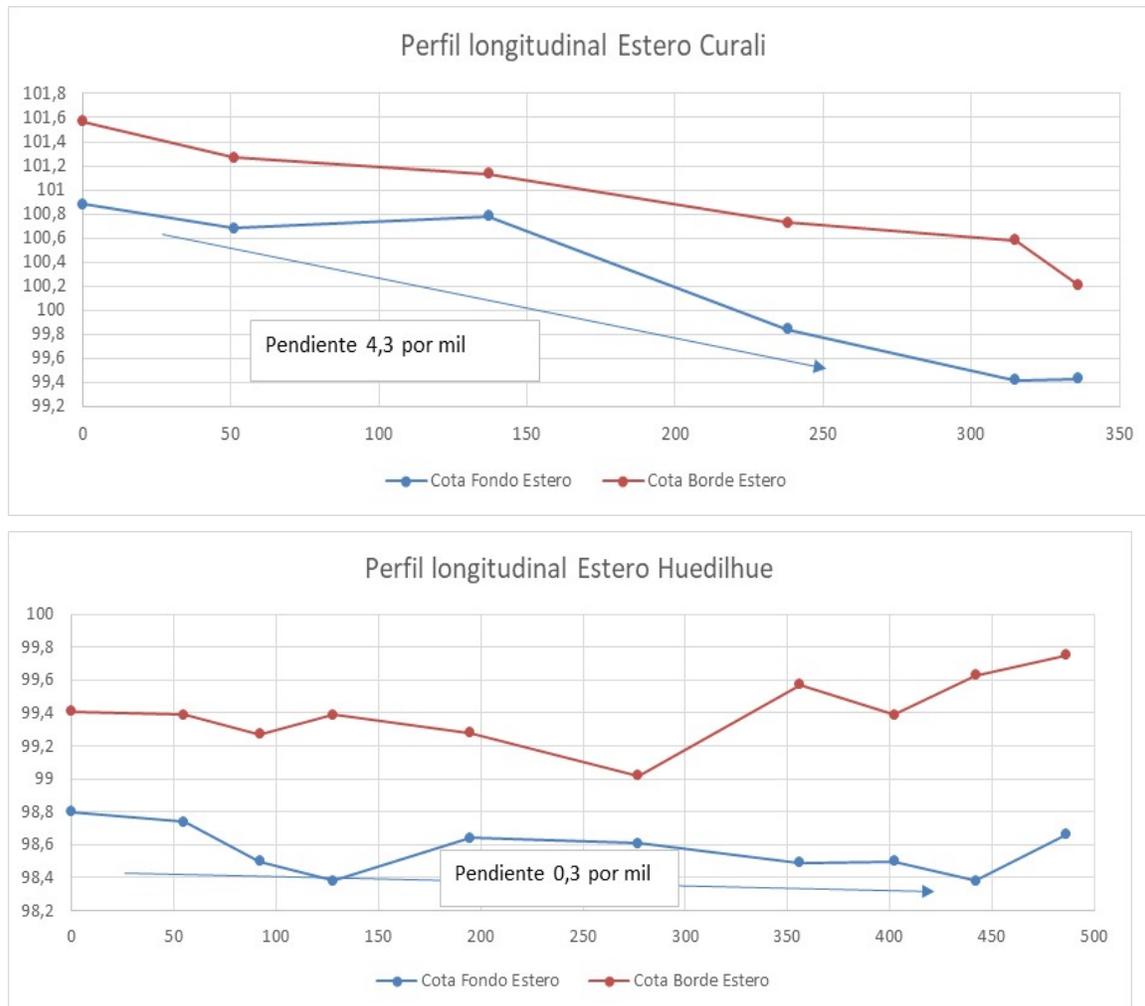
Figura 45. Plano altimétrico.



Fuente: Elaboración propia.

De los gráficos se desprende que el estero Curalí se encuentra a una cota mayor que el Huedilhue y que la diferencia de cota entre ambos es aproximadamente de 2 metros en la parte superior (perfiles transversales 1 y 2 del Anexo A13) y del orden de los 70 centímetros en la parte final (perfiles transversales 6 y 7 del Anexo A13). Esto indica que las aguas superficiales escurren desde el Curalí al Huedilhue y que en la parte inferior existe una alta probabilidad de acumulación de aguas lluvia y/o de escorrentía.

Figura 46. Perfiles longitudinales de los esteros.



Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, de la Figura 46 se desprende que el estero Curalí tiene una pendiente del 4,3 por mil y que en cambio en el Huedilhue la pendiente longitudinal es solo del 0,3 por mil. Claramente entonces, es posible esperar que las aguas en uno de los esteros fluya rápidamente y el otro colapse y se desborde debido a la escasa pendiente y al estado de abandono que tiene en cuanto a mantenimiento.

#### 13.4.2 Efecto de la lluvia

En el valle de Santa Juana no existen datos de pluviometría. En la Estación Meteorológica de Chiguayante, la más cercana al valle, durante los días 27 de mayo al 2 de junio de este año se registraron 50,9 mm de agua caída, cantidad que podemos suponer es igual o muy similar a la que pudo haber precipitado en el valle.

La evaluación de drenaje se efectuó después de una lluvia, que fue prácticamente la primera lluvia de la temporada. En esa ocasión se efectuaron observaciones con barreno en los mismos lugares en los cuales anteriormente se había detectado presencia de nivel freático no existiendo diferencia significativa respecto a lo observado en el verano. No obstante lo anterior, sí había bastante agua en superficie en sectores aledaños al estero Huedilhue.

Los efectos de la lluvia en cuestión, que es la primera lluvia del año pero está lejos de ser una cantidad de importancia para un año normal - por cuanto es equivalente aproximadamente a 7,3 mm diarios - se pueden observar en las Fotografías 27, 28 y 29 donde se aprecia la presencia de abundante vegetación típica de áreas pantanosas, y sectores inundados, con una altura de agua cercana a los 30 cm en los puntos más bajos cercanos al estero Huedilhue.

Fotografía 27.



Fuente: Propia.  
Fotografía 28.



Fuente: Propia.

Fotografía 29.



Fuente: Propia.

Según manifestó uno de los entrevistados, esta situación se presenta anualmente y se prolonga hasta comienzos de noviembre, impidiendo realizar oportunamente las labores de preparación de suelo y siembra o plantación según corresponda.

En las Fotografías 30 y 31, se observa una sección del estero Huedilhue donde es posible observar que el nivel del agua está casi en la superficie del terreno y el estado de enmalezamiento que se manifiesta en toda su extensión.

Fotografía 30.



Fuente: Propia.

Fotografía 31.



Fuente: Propia.

Un propietario del lugar manifestó que el estero Huedilhue, se sale anualmente en varios puntos a lo largo de su recorrido hasta el encuentro con el estero Curalí donde descarga sus aguas. Desde ese punto aguas abajo parece no existir mayores problemas, por cuanto la pendiente es alta y además, el fondo del este estero se encuentra suficientemente profundo para impedir que las aguas se desborden.

A pesar de no ser una situación observada en esta oportunidad, se nos informó que también el estero Curalí se desborda cuando las precipitaciones son altas y por periodos continuados, contribuyendo a agudizar el problema de mal drenaje y prolongando la inundación.

Posteriormente, entre el 4 de junio al 2 de julio, en la estación pluviométrica de Chiguayante se registró una precipitación de más 324 mm, la que según se pudo observar, aumentó considerablemente el caudal de los esteros e inundó una mayor superficie, situación que seguramente se mantendrá por largo tiempo.

Podría esperarse que como producto de esta situación, el agua acumulada se infiltrará lentamente generando un nivel freático que podría alcanzar hasta la superficie para luego desaparecer durante los meses de primavera-verano; la extensión de este período dependerá de las precipitaciones que ocurran en lo que queda de invierno y primavera. Este nivel freático fluctuante es el causante de la presencia de moteados que se observan en gran parte de los suelos del valle.

Los antecedentes indicados en los párrafos anteriores confirman lo manifestado anteriormente, tanto verbalmente como en forma escrita, en cuanto a que los problemas de drenaje del valle son de tipo superficial provocados por las lluvias, la escorrentía de los cerros adyacentes, la

topografía del valle y, fundamentalmente, por las aguas que desbordan de los diferentes esteros.

En relación al “pie de arado”, el estudio complementario de suelos realizado por el equipo de profesionales del proyecto, éste no se encuentra presente en ninguna de las calicatas realizadas. En consecuencia, las dificultades observadas para una mayor y más rápida infiltración pueden explicarse por una compactación de la superficie del suelo debido al pisoteo animal, al microrelieve existente y a la falta de actividades esporádicas de subsolado y/o escarificación.

Con el propósito de enfrentar en mejor forma la temporada invernal del próximo año, se sugiere la limpieza y rectificación del fondo del estero Huedilhue desde el punto de descarga del Curalí hacia arriba tanto como sea posible, según los recursos que se asignen.

#### 13.4.3 Última visita a terreno

Corresponde a la visita realizada al valle Santa Juana, el viernes 23 de agosto, con el propósito de evaluar el estado actual de los suelos del valle como producto de las lluvias registradas hasta la fecha.

De lo observado en dicha oportunidad, es posible concluir lo siguiente:

1. Los registros pluviométricos de la estación meteorológica Chiguayante, perteneciente a la Red Agroclimática Nacional (AGROMET), indican que durante el presente año y hasta el 17 de agosto, se han acumulado 694,9 mm.

Es particularmente relevante destacar que entre el 5 de mayo y el 2 de junio precipitaron 51,6 mm y que entre el 4 de junio y el 27 del mismo mes precipitaron 298 mm.

2. Anteriormente, se indicó que en la visita a terreno realizada en junio, se había constatado que la lluvia de 51,6 mm, había generado serios problemas de drenaje superficial, agravados por la salida del estero Huedilhue el cual inundó gran parte de los potreros aledaños tal como se observaba en las fotografías.
3. Asimismo, de los registros de lluvia se desprende que entre el 4 de junio y el 17 de agosto precipitaron 212 mm, indicando que, en este período de 69 días se concentró, aproximadamente, el 36% de la precipitación total a la fecha.
4. En la visita del 17 de agosto se pudo observar que la superficie inundada (agua en superficie) prácticamente es la misma que la del 3 de junio, tal como se ve en las Fotografía 28 y Fotografía 32. Sin embargo, existe una diferencia sustancial en cuanto al estado en que se encuentran los suelos por cuanto ahora, en los terrenos no inundados, el nivel freático está a escasos centímetros de la superficie (20 a 25 centímetros), según lo mostrado en Fotografía 33.

Fotografía 32. Sector inundado, agosto 23, 2019.



Fuente: Propia.

Fotografía 33. Nivel freático superficial, agosto 23, 2019.



Fuente: Propia.

5. Además, es necesario destacar que debido al intenso tráfico que realizan los vacunos y caballos en búsqueda de pastos para su alimentación, han provocado un inmenso

deterioro de la superficie del suelo provocando su compactación y destrucción de la estructura, como se observa en Fotografía 34.

Fotografía 34. Pisoteo animales, agosto 23, 2019.



Fuente: Propia.

6. Los sectores visitados en ambas oportunidades se encuentran cercanos a las calicatas identificadas con los numerales 17, 23 y 26. En ellas, durante la campaña de terreno de descripción de suelos, efectuada en enero de 2019, no se encontró nivel freático a profundidad de 1 m o menos, pero sí se detectó presencia de moteados en prácticamente todo el perfil, lo que señala que el nivel freático es bastante fluctuante en esos suelos.

Esta última visita al valle ha permitido confirmar lo manifestado en cuanto al grave efecto que produce el desbordamiento del estero Huedilhue y las dificultades que ofrece a la escorrentía superficial el relieve existente.

### 13.5 Conclusiones

- a. De acuerdo a lo indicado en los párrafos anteriores, es posible constatar que el 23,8% de los suelos del valle son de drenaje imperfecto, el 34,8% son de drenaje moderado y el 41,4% tienen buen drenaje.
- b. Con excepción de algunos sectores puntuales (ej ; calicatas 28 y 29 en Figura 43), no existen problemas de drenaje asociados a la presencia de nivel freático permanente y cercano a la superficie que pueda afectar el proceso de respiración y el desarrollo radical de los cultivos presentes o aquellos que se pretenda incorporar a futuro.

Sin embargo, la mayoría de los suelos muestran la presencia de moteados en el perfil en cantidades escasa, abundante o muy abundante, indicando la presencia de un nivel freático fluctuante a lo largo del año que desaparece en la temporada de verano.

- c. En opinión del autor de este informe el problema principal del valle es de mal drenaje superficial determinado por: la lluvia, la escorrentía superficial desde los cerros adyacentes, la topografía irregular de los suelos y/o el agua transportada por la red natural de esteros que eventualmente pueden desbordar bajo condiciones de máximo caudal durante el invierno.

### 13.6 Recomendaciones

- a. Ante la falta de información durante el período más crítico (otoño-invierno) se sugiere posponer la fecha de término del proyecto con el objeto de realizar algunas observaciones que permitan tener un conocimiento más realista de la situación para fundamentar las recomendaciones de actividades a realizar en el futuro.
- b. No obstante lo anterior, es posible anticipar la realización de las siguientes actividades:
  - Hacer el levantamiento longitudinal detallado del estero Curalí-Huedilhue para estudiar el posible enderezamiento y/o profundización con el objeto que cumpla la función de dren principal o dren de descarga de la futura red que pudiese proyectarse.
  - Emparejar los terrenos para favorecer la escorrentía superficial. Esta actividad debe realizarse una vez que se determine las características de la red de drenaje que se estime debe construirse.
  - Ejecutar un plan de subsolado o escarificado de los suelos con el objeto de romper la estrata superficial que presenta evidentes signos de compactación debido al excesivo pastoreo directo a que han sido sometidos.
- c. Antes de iniciar cualquier obra de envergadura para resolver los problemas de drenaje que se presentan en invierno y que impiden ejecutar las labores de siembra en forma oportuna, es imprescindible realizar las investigaciones de terreno pertinentes que permitan elaborar un proyecto que sea técnicamente correcto, económicamente viable y ambientalmente sustentable.



MÁS Y MEJOR  
RIEGO PARA CHILE



## 14 PROPUESTAS DE IDEAS DE PROYECTOS

Esta etapa se considera la presentación de una serie de posibles ideas de proyectos para el uso de los recursos hídricos inscritos a favor del Estado de Chile para beneficiar el área del valle del Catirai. En cada una de estas ideas, se tiene que considerar la solución previa del drenaje del valle.

- a) Sin regulación. Considera el trasvase de agua directamente desde el río Lía mediante una bocatoma y un sistema de conducción y distribución hasta la zona de riego. Se deberá utilizar el caudal de diseño en función del área de riego.
- b) Con regulación. Corresponde a la idea de una obra de acumulación en el río Lía, con sus obras anexas (vertedero de seguridad, compuertas, etc.). También considera los costos de trasvase desde el Embalse hasta la zona de riego. En este enfoque, además se consideraran dos obras de acumulación (no consideradas inicialmente en las bases de licitación) ubicadas en la cuenca del valle de Catirai: una en el estero Pellines y otra en estero sin nombre.
- c) Aguas subterráneas. Esta idea plantea la idea preliminar de abastecer parcialmente el área de riego mediante una batería de pozos.

El área beneficiada de riego de todas estas ideas fue determinada en base a las necesidades hídricas de los principales cultivos de la zona.

#### 14.1 Ideas de proyectos sin regulación

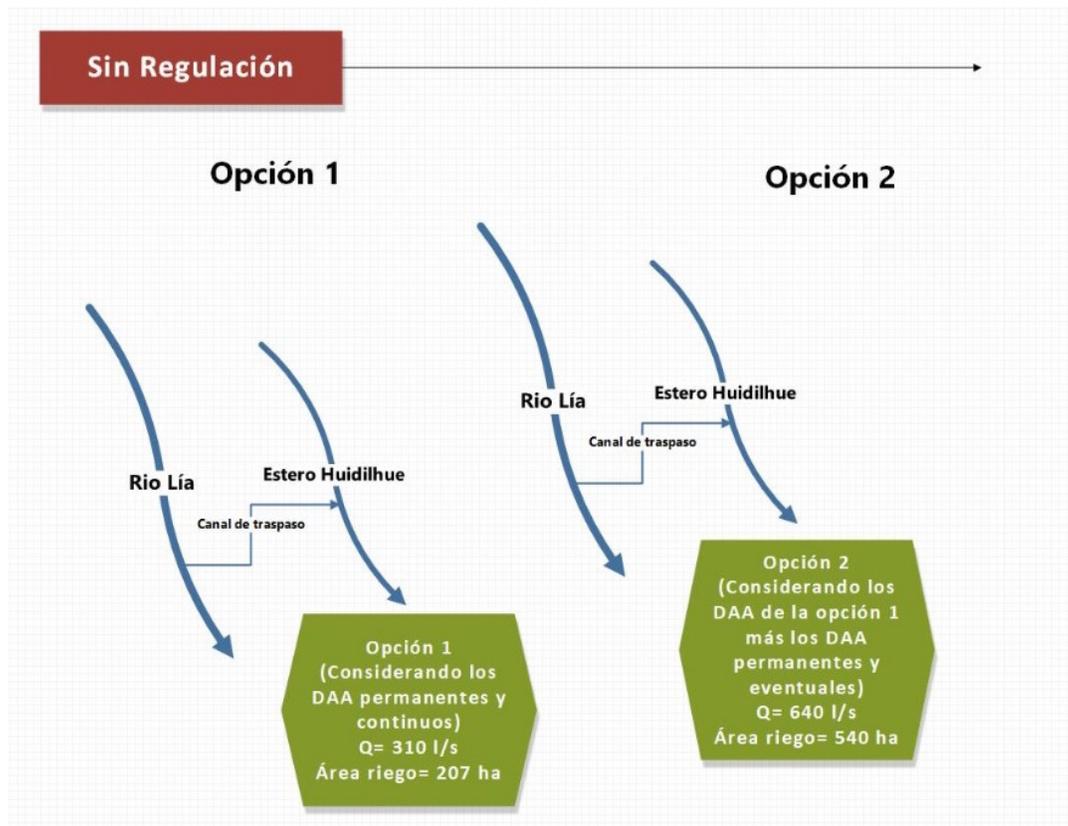
El valle de Catirai es un sector cuyo uso principal es la agricultura, desarrollada principalmente por pequeños productores agrícolas que en algunos casos reciben asistencia técnica por parte de INDAP o PRODESAL, pero en su mayoría no califican para participar en estos programas de Asistencia Técnica. A pesar de lo anterior, ejecutan una agricultura de subsistencia en la cual los excedentes los comercializan en la comuna, pero siempre asociado a bajos rendimientos.

Aunque pequeñas, las propiedades por sus características de clima y suelo tienen potencial para desarrollar una agricultura que les permita generar mejores producciones cuya comercialización les permita mejorar el nivel de vida de las familias. Para lograr lo anterior, la incorporación del riego es fundamental y la utilización de las aguas del río Lía podría hacer realidad este anhelo de los agricultores.

Existen dos posibilidades de utilizar estas aguas; la primera es construyendo un canal que tome las aguas que fluyen en el periodo primavera-verano directamente desde el río y la segunda es construir una estructura de acumulación estacional directamente sobre el cauce para almacenar las aguas que fluyen por él durante la época invernal.

Las ideas de proyecto “Sin Regulación” corresponden al de trasvase directamente desde el río Lía mediante una bocatoma y sistema de conducción y distribución hasta la zona de riego (Figura 47).

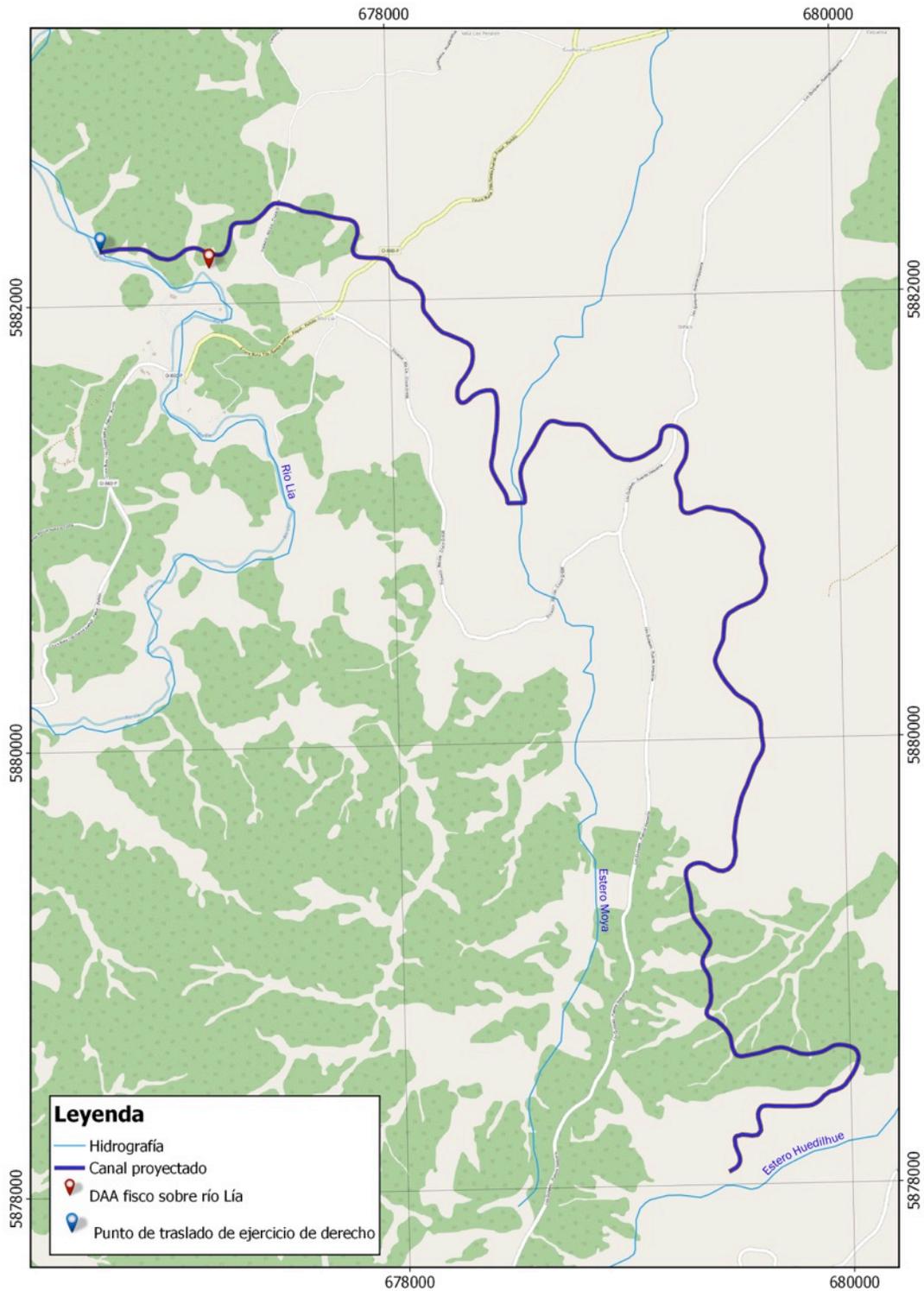
Figura 47. Esquema sin regulación.



Fuente: Elaboración propia.

Para esto se ha considerado la construcción de un canal que capta las aguas en bocatoma desde el río Lía en coordenadas E 676.815 N 5.882.251 y continua por un trayecto de 9.84 km hasta verterlas en el estero Huedilhue (Figura 48).

Figura 48. Trazado del canal proyectado con bocatoma en río Lía.



Fuente: Elaboración propia.

El canal en su trazado considera una serie de alcantarillas, sifones y otras obras de arte cuyo detalle se entrega en el capítulo correspondiente de este informe. Para esta opción se han analizado dos escenarios; el primero considera la conducción de solamente los derechos de aprovechamiento de tipo permanentes y continuos y la segunda considera además los derechos de aprovechamiento de tipo permanente y eventuales. Con ambas ideas se simuló la operación del canal con la hidrología previamente calculada (capítulo anterior) para el período comprendido entre 1988 – 2017 en conjunto con los requerimientos hídricos estimados para el valle. Resultados de la simulación ver archivo en el Anexo A14. El resultado de esta simulación resultó que utilizando la distribución mensual de los derechos de agua permanentes y continuos se requeriría un canal para un caudal de 310 L/s que sería capaz de beneficiar 207 ha del valle de Catirai. Para la segunda opción, la simulación de la operación resultó que utilizando la distribución mensual de los derechos de agua eventuales y continuos se requeriría un canal para un caudal de 640 L/s capaz de beneficiar 540 ha del valle.

El canal propuesto posee dos alternativas: i) Canal abierto en hormigón y ii) Canal cerrado en tubería HDPE.

Canal abierto en hormigón: Este canal posee una longitud de 9.480 m, es excavado en tierra, de sección rectangular y revestido en hormigón con pendiente de 4 por mil; es decir, durante todo su trayecto descendería aproximadamente unos 38 m. El ancho de la base estimada es de 0,6 m y su altura es variable de acuerdo con los caudales de diseño propuestos, el espesor estimado es de unos 0,13 m. Este canal considera 13 alcantarillas para el cruce de caminos y 2 sifones para el cruce de depresiones topográficas.

Canal cerrado en tubería HDPE: Esta opción de igual longitud a la alternativa anterior, considerará tubería HDPE de diámetro variable según el caudal estimado y posee cámaras de inspección cada 100 m construidas en hormigón armado. Para el análisis de esta alternativa se consideró el mismo número de alcantarillas y sifones de la idea de proyecto anterior.

Bocatoma: Ambas alternativas consideran la construcción en el río Lía de una bocatoma. La Bocatoma será definitiva de barrera fija construida en hormigón coronada a nivel levemente mayor al nivel de agua para captación, sobre ella pasará parte o el total del caudal de las crecidas. Se considera un canal paralelo al sentido del cauce (rivera norte) para extracción de aguas de riego, con una compuerta de control de la captación que cumplirá la función de regular el ingreso de agua a la toma, o cerrarla completamente, además se considera una compuerta y un canal de devolución, obra destinada a devolver los excedentes de agua al cauce original.

Se proyecta un canal paralelo al sentido del cauce ubicado junto a la toma, con una compuerta que puede cerrar el flujo en él. Durante la operación de extracción de agua, la compuerta permanece cerrada. Cada cierto tiempo, al detectarse la existencia de sólidos frente a la toma, la compuerta es abierta deprimiéndose el nivel de la poza y acelerándose el flujo por tener fuerte pendiente. Producto de lo anterior los sólidos acumulados son arrastrados aguas abajo con lo que la zona frente a la toma queda nuevamente limpia.

#### 14.1.1 Antecedentes para determinar los costos

En este capítulo se presentan los antecedentes generales para la determinación de costos de las ideas de solución propuestas. Se debe tener en consideración que los costos y cubicaciones que aquí se presentan son resultado de estimaciones de las obras, además de la no consideración de una topografía detallada ni los estudios hidráulicos correspondientes. Los precios unitarios considerados son en base a los precios unitarios de obras civiles de la CNR, para un centro de abastecimiento ubicado a 50 km de distancia de difícil acceso.

##### 14.1.1.1 Canal de traspaso desde el río Lía al valle del Catirai

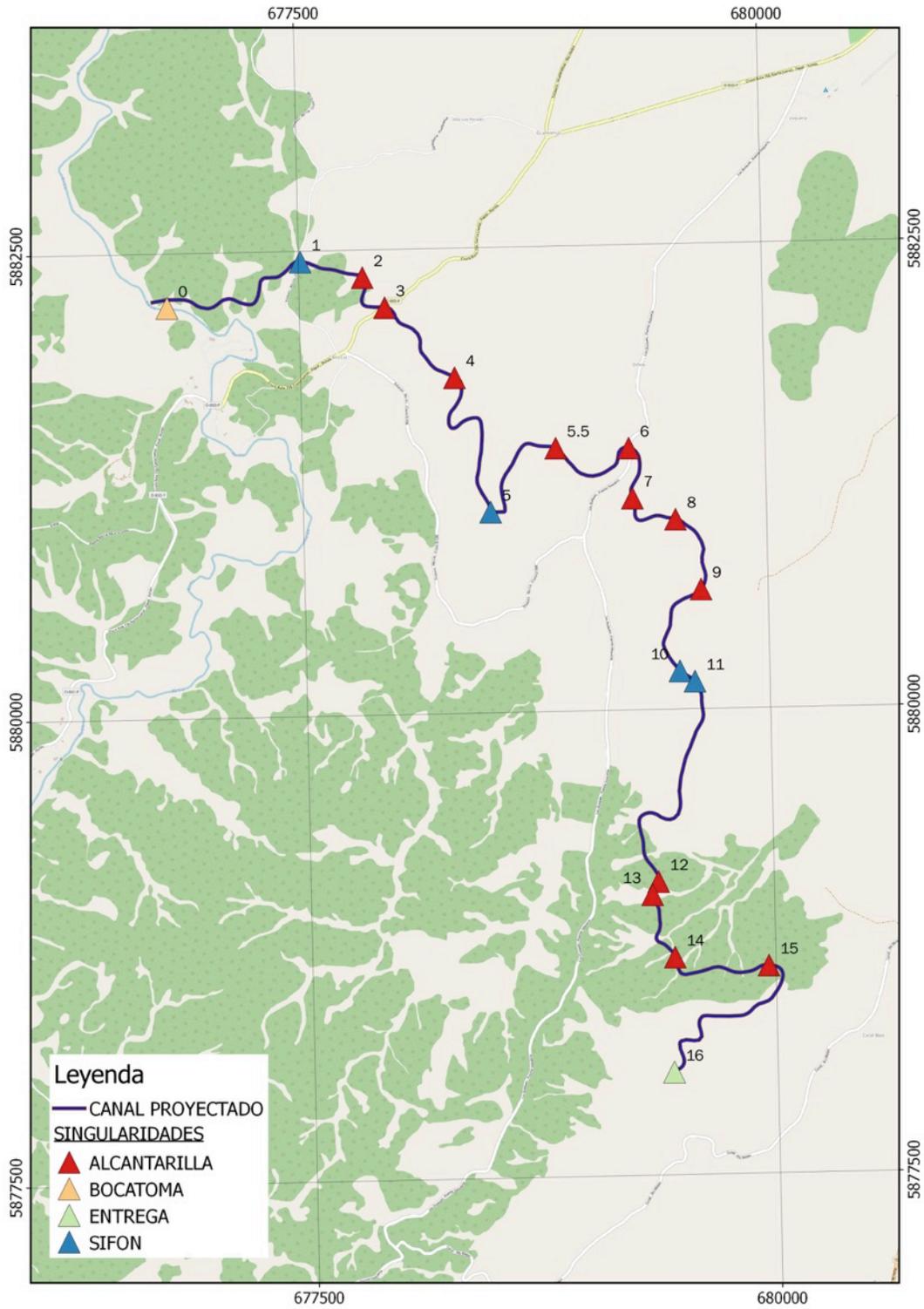
Se establecen tres escenarios, siendo el primero un canal que transporta las aguas con derechos de aprovechamiento de tipo permanentes y continuos, lo cual requiere un canal de capacidad de conducción de 310 L/s, abasteciendo una superficie de 207 ha. El segundo escenario corresponde la conducción de los derechos de aprovechamiento de tipo permanente y eventuales sumados a los derechos de tipo permanentes y continuos, lo que requeriría un canal con la capacidad para el transporte de un caudal de 640 L/s, abasteciendo un total de 540 hectáreas. El tercer escenario responde a la idea de obra de acumulación en el río Lía través de un Embalse interanual, bajo esta condición se requeriría un canal para conducir 980 L/s, abasteciendo una superficie de 827 ha.

Utilizando la topografía generada con un modelo digital de elevación, se estableció un canal de longitud de 9.480 m, con pendiente de 4 por mil.

Según los antecedentes históricos, el anteproyecto propuesto por Steiner en 1939 para el trasvase de los recursos del río Lía considera: una represa, un canal, un túnel, sifones, provisión de agua potable y suministro de energía eléctrica. El canal se propone dimensionado para 1,1 m<sup>3</sup>/s siguiendo la falda izquierda del río y considera entubamiento en algunos tramos como canoas de madera necesarias para atravesar las quebradas y considera un túnel de 480 m de largo. La sección del túnel de arco elevado tiene 1,7 m de altura y 1,2m de ancho en su base con revestimiento de concreto de 20-25 cm de espesor. Sin embargo, considerando las curvas de nivel generadas con el modelo digital de elevación, las aguas se podrían conducir de manera superficial sin la aparente necesidad de establecer el túnel proyectado por Steiner. Ahora, para evitar la construcción del túnel, se deberá realizar un traslado de ejercicio de derecho, aproximadamente 700 metros aguas arriba del punto actual donde se poseen derechos de aprovechamiento de agua fiscales.

La Figura 49 muestra las singularidades detectadas en el canal matriz, estas singularidades fueron visitadas en terreno y descritas a continuación.

Figura 49. Singularidades canal matriz.



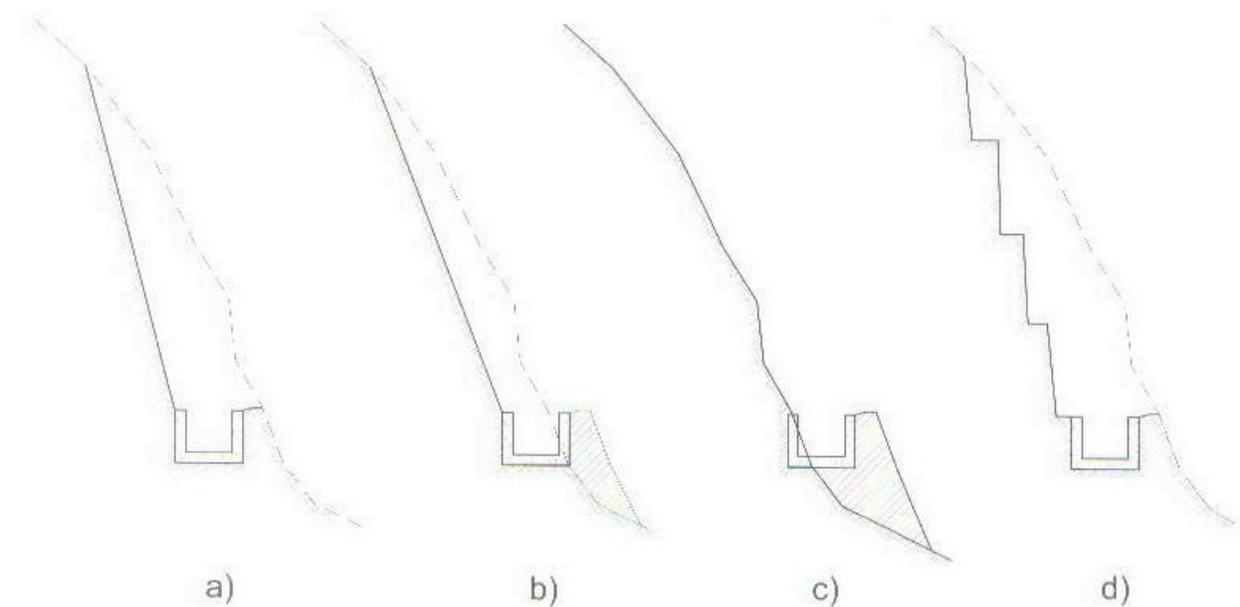
Fuente: Elaboración propia.

### Descripción de singularidades de posible tramo de canal trasvasador desde río Lía a estero Huedilhue

Se realizó un recorrido por los puntos críticos detectados en el trazado de posible canal trasvasador de agua de riego desde el río Lía a su descarga a estero Huedilhue, para su posterior distribución hacia valle del Curalí. Durante este recorrido se observaron 17 puntos críticos en el trazado de 9,48 km, los que se individualizan en el Anexo A14.

Las obras de riego proyectadas deben estar adaptadas a las condiciones del entorno y su uso, esto implica que las obras deben adaptarse a la topografía ondulada y quebrada del entorno montañoso donde se establecerán. Los canales en ladera requieren atención especial en cuanto a la estabilidad de su construcción. Para evitar inestabilidad estructural en el canal, por lo menos la pared exterior del canal y preferiblemente también su borde exterior, deben apoyarse dentro del perfil original de la ladera como se muestra en las situaciones a) y b) de la Figura 50. Hay que evitar el emplazamiento fuera del terreno original, por la inestabilidad y permeabilidad del material de relleno (situación d). Por lo menos se debe construir una berma con un ancho mínimo de 0,5 m (Bottega & Hoddgendam, 2004).

Figura 50. Ubicación de canales en ladera.



Fuente: (Bottega & Hoddgendam, 2004).

En este caso se proyectan dos soluciones de canal para los tres escenarios establecidos ( $Q=0,31$ ,  $Q=0,64$  y  $Q=0,98$   $m^3/s$ ). La primera solución consiste en canal abierto revestido en hormigón, y la segunda en canal entubado con HDPE. Se realizó un estimativo de implementación de estos canales, asumiendo volúmenes de movimientos de tierra y costos asociados a las obras complementarias.

La Figura 51, Figura 52 y Figura 53 muestran simulaciones hechas en Hcanales para determinar las características geométricas de los canales analizados.

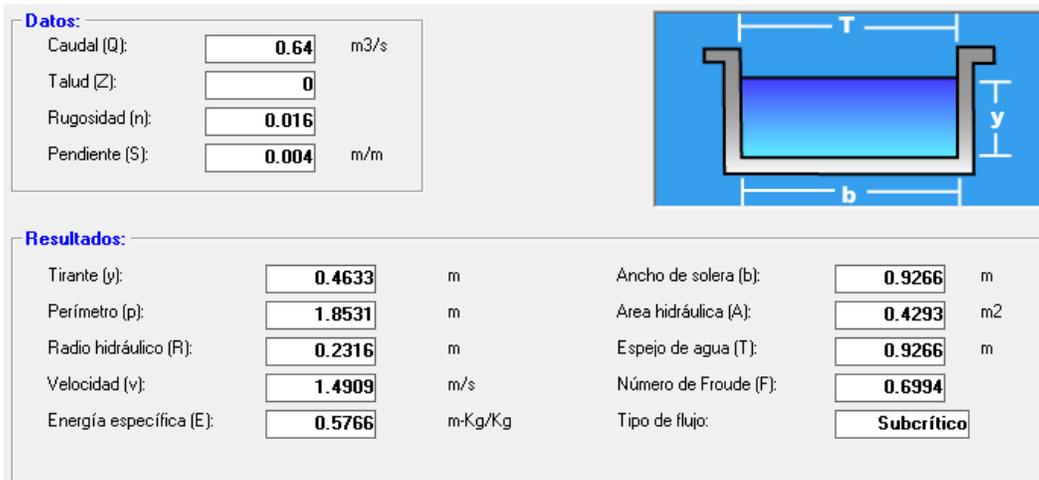
La Figura 54 muestra la obra tipo utilizada para la estimación de costos en canal abierto, esta obra tipo fue variando su ancho y alto según el caudal transportado, manteniendo fijos espesores de muros y considerando malla acma simple.

Figura 51. Simulación en Hcanales para canal abierto  $Q=0,31 \text{ m}^3/\text{s}$ .



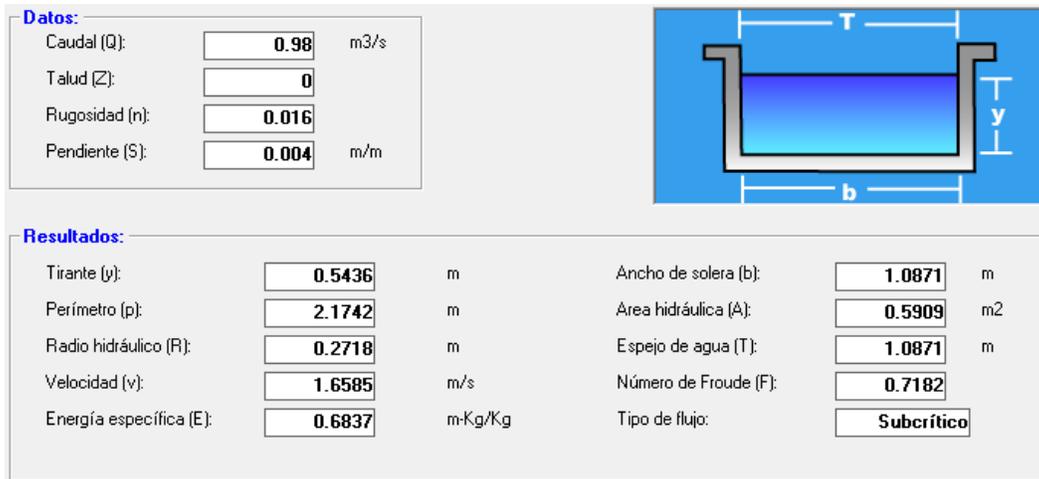
Fuente: Elaboración propia.

Figura 52. Simulación en Hcanales para canal abierto  $Q=0,64 \text{ m}^3/\text{s}$ .



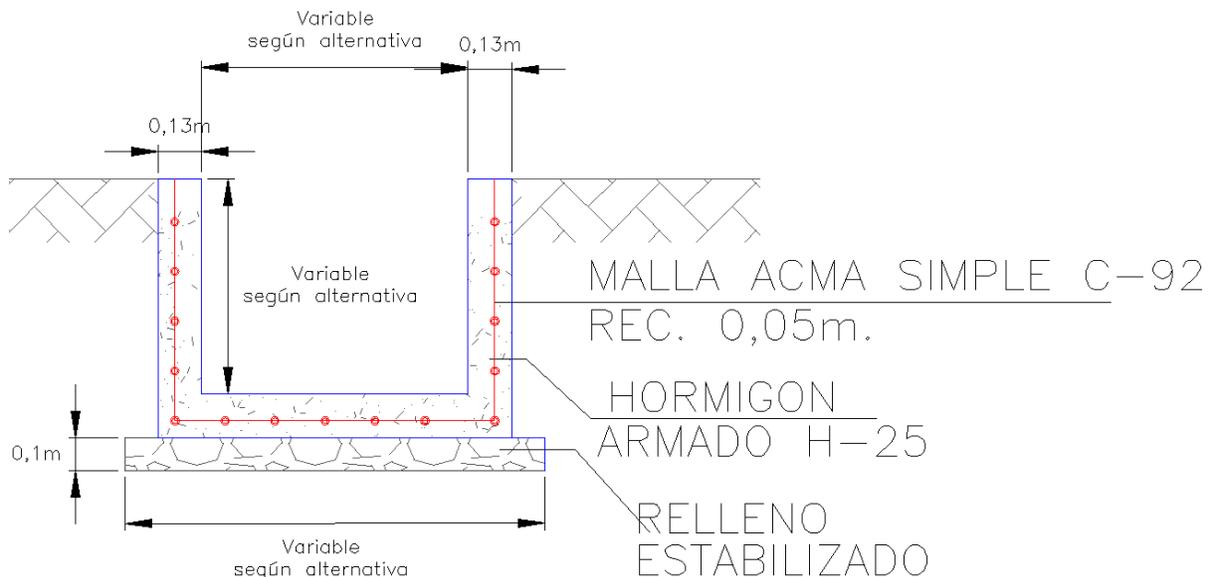
Fuente: Elaboración propia.

Figura 53. Simulación Hcanales para canal abierto  $Q=0,98 \text{ m}^3/\text{s}$ .



Fuente: Elaboración propia.

Figura 54. Obra tipo utilizada para estimaciones canal abierto.



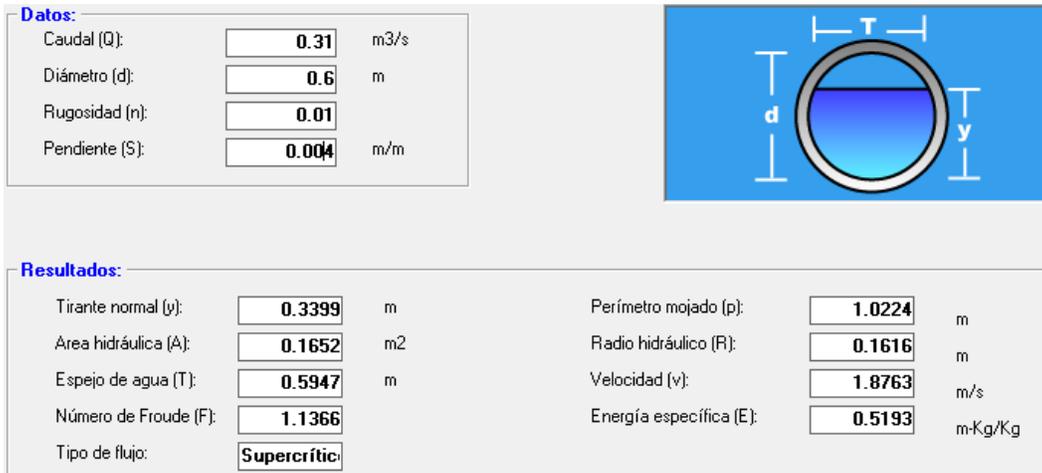
Fuente: Elaboración propia.

La Figura 55, Figura 56 y Figura 57 muestran simulaciones hechas en Hcanales para determinar el diámetro de tubería para las ideas de proyectos analizadas.

La Figura 58 muestra la obra tipo utilizada para la estimación de costos en canal cerrado, variando el diámetro de tubería utilizado según el caudal transportado. La Figura 59 muestra la obra tipo de cámara de inspección construida en hormigón, se consideró para la estimación de costos una cámara de inspección cada 100 m. Se utilizó para el predimensionamiento de tuberías lo establecido en el Decreto 50 del Ministerio de obras públicas, Título 1 artículo 43,

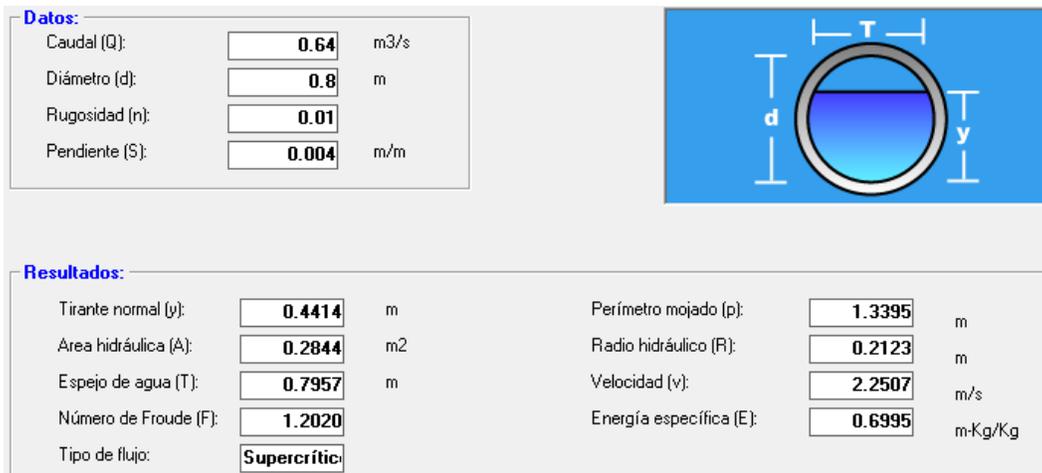
apartado “e”, punto “i” donde se establece que la altura máxima de escurrimiento en los abovedamientos no podrá exceder el 70% de la altura o diámetro del ducto, dado el caudal de diseño.

Figura 55. Simulación Hcanales para canal entubado  $Q=0,31 \text{ m}^3/\text{s}$ .



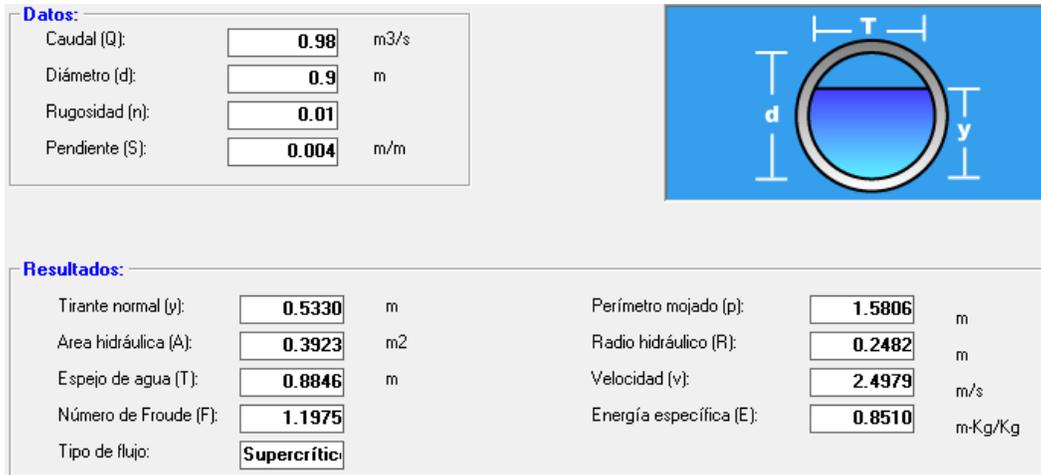
Fuente: Elaboración propia.

Figura 56. Simulación Hcanales para canal entubado  $Q=0,64 \text{ m}^3/\text{s}$ .



Fuente: Elaboración propia.

Figura 57. Simulación Hcanales para canal entubado  $Q=0,98 \text{ m}^3/\text{s}$ .



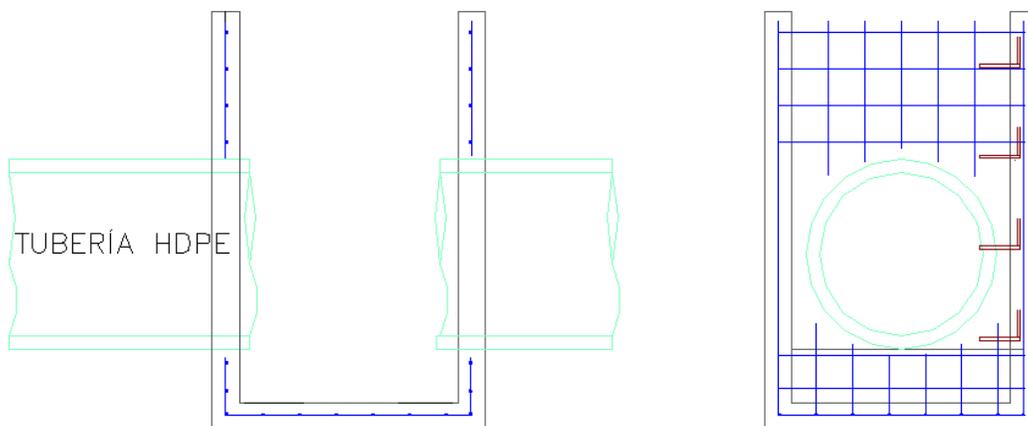
Fuente: Elaboración propia.

Figura 58. Obra tipo utilizada para estimaciones canal cerrado.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 59. Sección tipo de cámara de inspección para canal entubado.



Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 69 muestra la estimación de costos para los tres escenarios establecidos en conducción abierta. Para estas estimaciones se asumió un valor único de instalación de faenas y ensayos de hormigón, se estima también la construcción de 4 compuertas de descarga, valor fijo para los tres escenarios. Las alcantarillas, al igual que los sifones fueron estimadas según su largo de trayecto estableciendo una obra tipo y estimando valores de hormigones, enfierraduras y tubería, se fija un valor tipo para los tres escenarios.

La Tabla 70 muestra la estimación de costos para los tres escenarios establecidos en conducción cerrada. Para estas estimaciones se asumió un valor único de instalación de faenas y ensayos de hormigón, se estima también la construcción de 4 compuertas de descarga, valor fijo para los tres escenarios. Los sifones fueron estimadas según su largo de trayecto estableciendo una obra tipo y estimando valores de hormigones, enfierraduras y tubería, se fija un valor tipo para los tres escenarios. Las cámaras de inspección fueron estimadas según diagrama tipo de la Figura 59, asumiendo un mismo tipo de obra para los tres escenarios.

Tabla 69. Estimación de costos para canal de conducción abierta.

Ítem	Caudal= 0,31 m <sup>3</sup> /s	Caudal= 0,64 m <sup>3</sup> /s	Caudal= 0,98 m <sup>3</sup> /s
	Precio (\$)		
<b>Instalación de faenas</b>	\$50.000.000	\$50.000.000	\$50.000.000
<b>Ensayos</b>	\$1.500.000	\$1.500.000	\$1.500.000
<b>Obra 1: Canal abierto</b>	\$765.998.617	\$886.732.772	\$987.867.470
<b>Obra 2: Compuertas</b>	\$1.763.450	\$1.763.450	\$1.763.450
<b>Obra 3: Alcantarillas</b>	\$24.655.293	\$24.655.293	\$24.655.293
<b>Obra 4: Sifones</b>	\$36.188.349	\$36.188.349	\$36.188.349

<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>	<b>\$880.105.709</b>	<b>\$1.000.839.864</b>	<b>\$1.101.974.562</b>
----------------------------	----------------------	------------------------	------------------------

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 70. Estimación de costos para canal de conducción cerrada.

Ítem	Caudal= 0,31 m <sup>3</sup> /s	Caudal= 0,64 m <sup>3</sup> /s	Caudal= 0,98 m <sup>3</sup> /s
	Precio (\$)		
Instalación de faenas	\$50.000.000	\$50.000.000	\$50.000.000
Ensayos	\$1.500.000	\$1.500.000	\$1.500.000
Obra 1: Canal cerrado	\$1.582.937.755	\$1.945.590.624	\$2.273.780.974
Obra 2: Cámaras de inspección	\$81.357.715	\$81.357.715	\$81.357.715
Obra 3: Compuertas	\$1.633.850	\$1.633.850	\$1.633.850
Obra 4: Sifones	\$36.188.349	\$36.188.349	\$36.188.349
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>	<b>\$1.753.617.669</b>	<b>\$2.116.270.538</b>	<b>\$2.444.460.888</b>

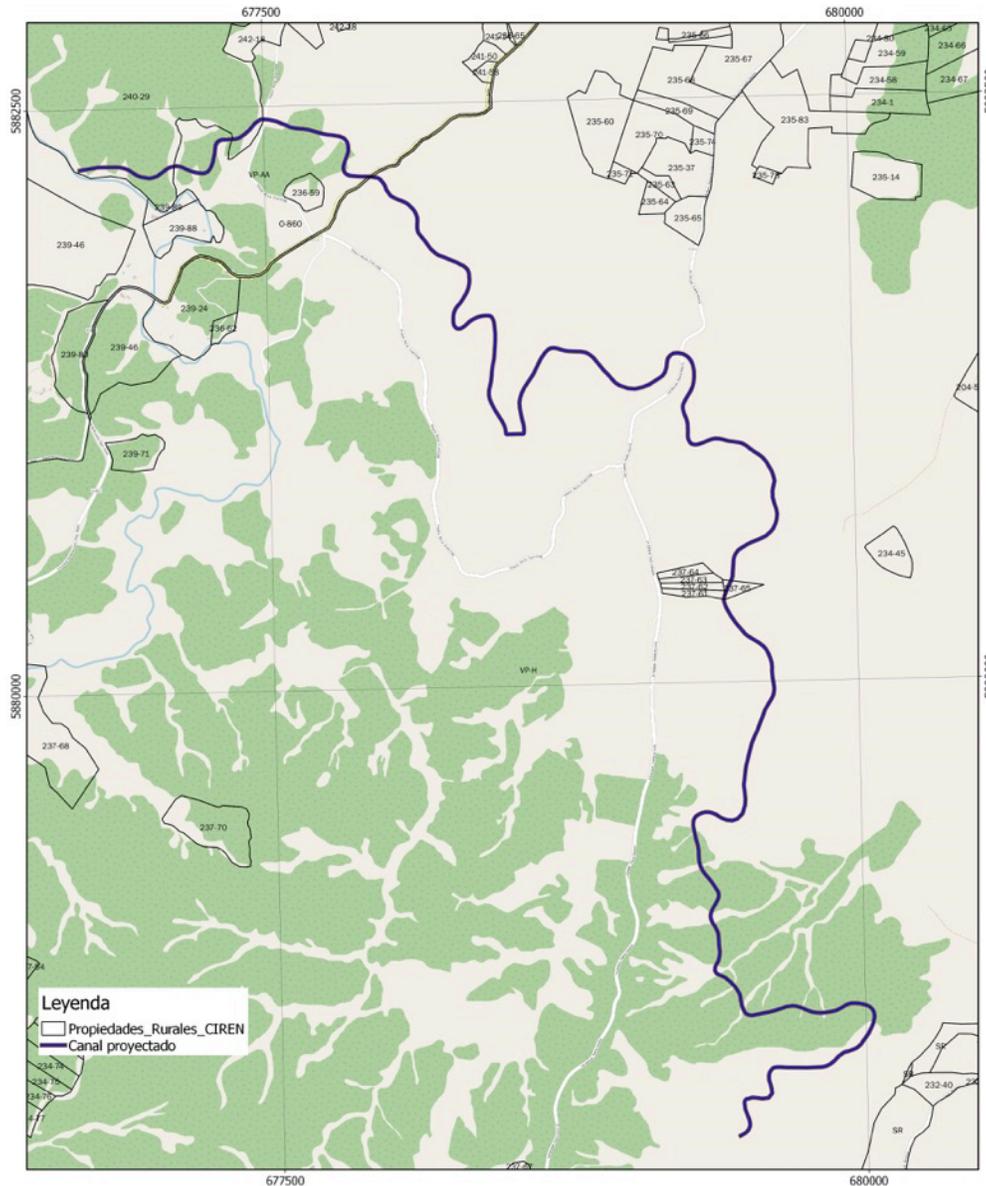
Fuente: Elaboración propia.

### Interferencias

El canal en su trayecto atraviesa a lo menos 5 propiedades, la Figura 60 muestra los roles que se verían afectados por el paso del canal matriz, estos roles son: 240-20, VP-AA, VP-H, 237-65, 237-61. A su vez, atraviesa la ruta O-860 y la ruta “Los quiques-Puente Vaquería”, además de otros caminos interiores ya descritos en las singularidades.

Uno de los puntos críticos del canal matriz es la entrega al estero Huedilhue, ya que, sobre el trazado de este estero se encuentra un camino predial (sobre el estero), por lo cual se deberá rectificar el estero o bien habilitar un paso paralelo a este.

Figura 60. Propiedades por donde pasaría el canal matriz proyectado.



Fuente: Elaboración propia.

#### 14.1.1.2 Bocatoma

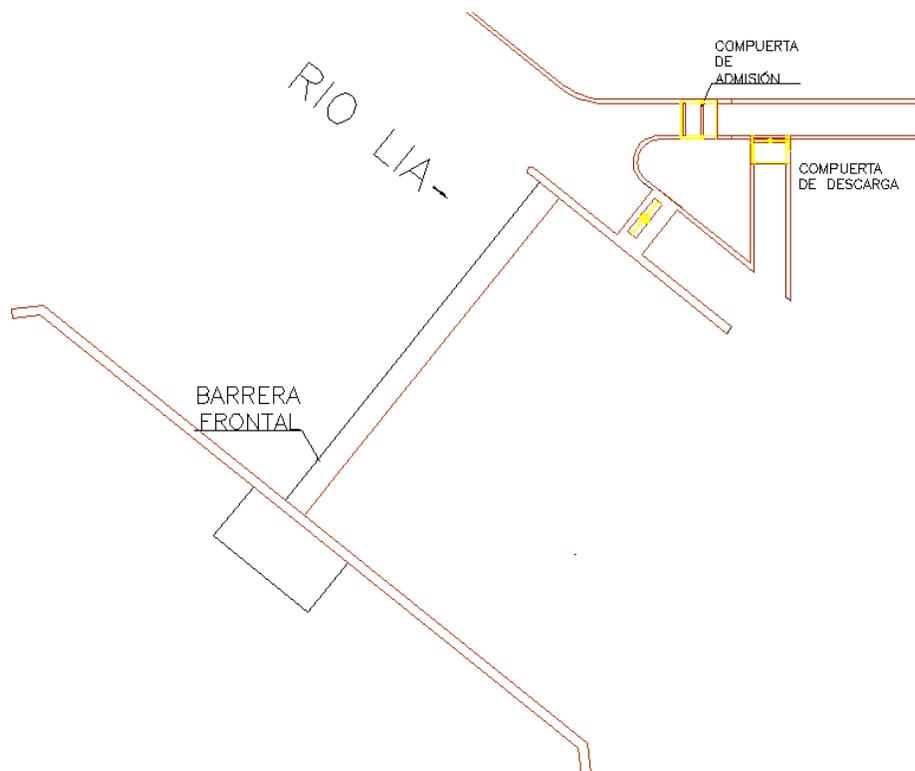
Como se mencionó anteriormente, para las ideas de proyecto sin regulación se considera la construcción de una bocatoma en el río Lía, esta será del tipo definitiva, con barrera fija construida en hormigón coronada a nivel levemente mayor al nivel de agua para captación, sobre ella pasará parte o el total del caudal de las crecidas. Se considera un canal paralelo al sentido del cauce (rivera norte) para extracción de aguas de riego, con una compuerta de control de la captación que cumplirá la función de regular el ingreso de agua a la toma, o

cerrarla completamente, además se considera una compuerta y un canal de devolución, obra destinada a devolver los excedentes de agua al cauce original.

Se proyecta un canal paralelo al sentido del cauce ubicado junto a la toma, con una compuerta que puede cerrar el flujo en él. Durante la operación de extracción de agua, la compuerta permanece cerrada. Cada cierto tiempo, al detectarse la existencia de sólidos frente a la toma, la compuerta es abierta deprimiéndose el nivel de la poza y acelerándose el flujo por tener fuerte pendiente. Producto de lo anterior los sólidos acumulados son arrastrados aguas abajo con lo que la zona frente a la toma queda nuevamente limpia.

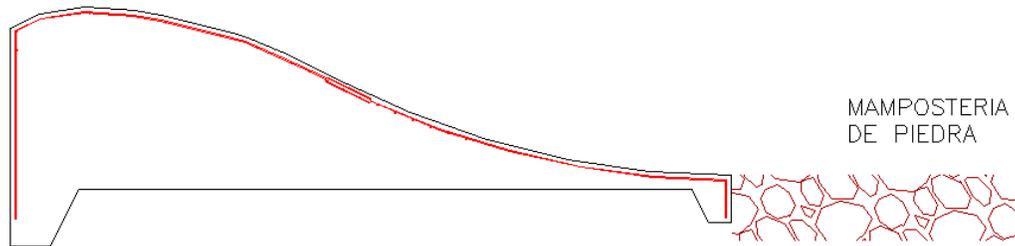
La obra tipo fue dimensionada según lo mostrado en la Figura 61, considerando un ancho de río de 15 m y compuerta desripadora de 1,8 m. La Figura 62 muestra el esquema de la barrera frontal utilizada para las estimaciones de material. La estimación de los costos de la bocatoma se muestra en la Tabla 71.

Figura 61. Obra tipo de bocatoma utilizada para estimar costos.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 62. Esquema de barrera fija para bocatoma.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 71. Estimación de costos bocatoma

Designación	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
Instalación de faenas	gl	1	\$5.000.000	\$5.000.000
Excavación a maquina	m <sup>3</sup>	50	\$2.494	\$124.700
Relleno Compactado	m <sup>3</sup>	90	\$13.023	\$1.172.067
Limpieza y despeje	m <sup>2</sup>	1.000	\$822	\$822.000
Destronque	ha	0,1	\$679.402	\$67.940
Hormigón H30	m <sup>3</sup>	79	\$107.428	\$8.537.999
Emplantillado	m <sup>3</sup>	10	\$64.595	\$645.950
Enfierradura D=16mm: Suministro y colocación	kg	3.000	\$1.532	\$4.596.000
MOLDAJE	m <sup>2</sup>	100	\$8.100	\$810.000
COMPUERTA CON MECANISMO: Confección y Colocación	un	3	\$849.040	\$2.547.120
REGLA LIMNIMETRICA	un	2	\$87.500	\$175.000
Juntas De Dilatación	m	100	\$6.443	\$644.300
				<b>\$ 25.143.076</b>

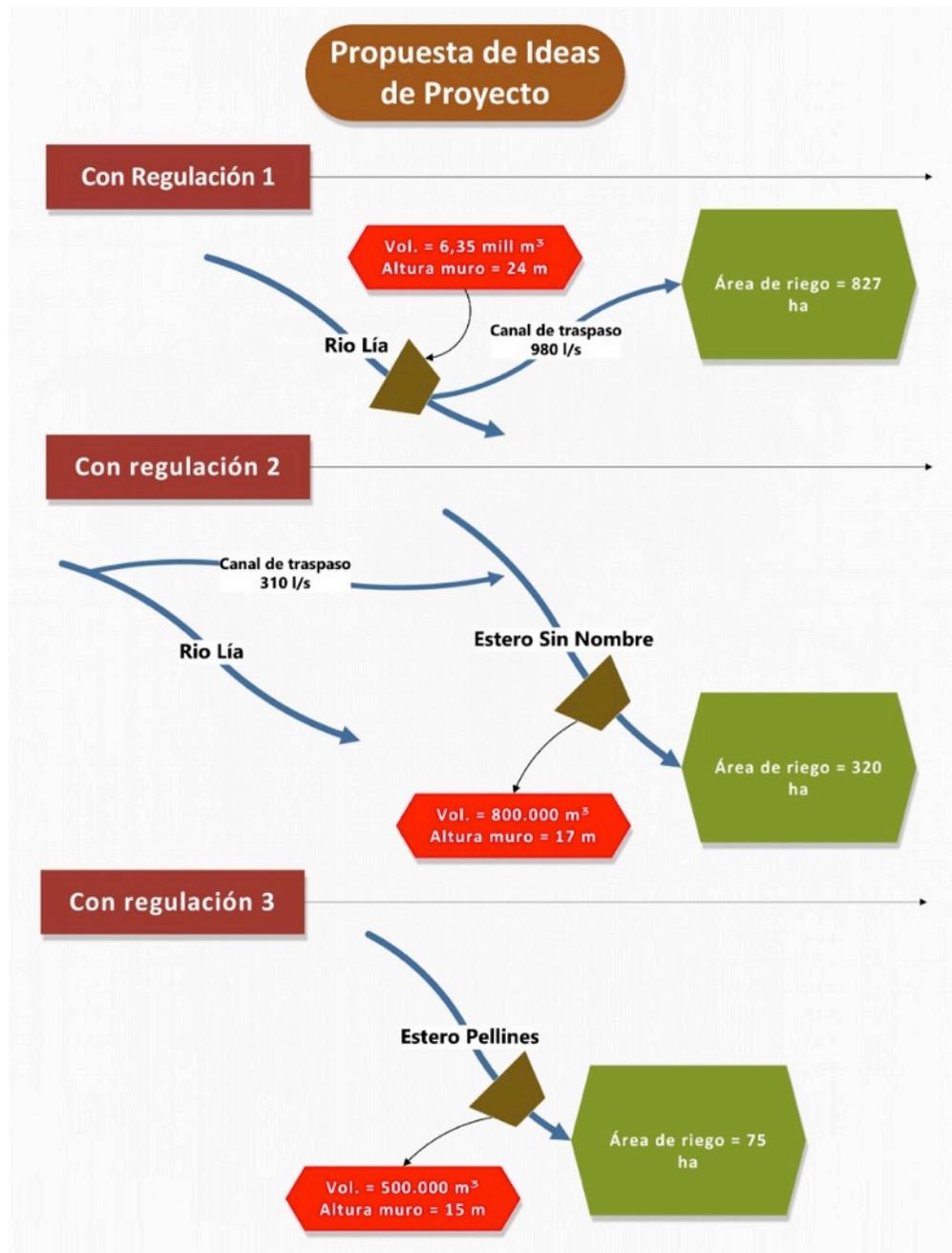
Fuente: Elaboración propia.

## 14.2 Ideas de proyecto con regulación

Los proyectos “Con Regulación” corresponden a las ideas de acumular agua mediante: i) Un Embalse en el río Lía asociado a un sistema de conducción de agua hasta la zona de riego y ii) Un Embalse ubicado en estero sin nombre asociado a un sistema de bocatoma y conducción de

agua hasta la zona de riego. Paralelamente se analizará una tercera idea que consiste en la acumulación de agua en el estero Pellines con aguas propias del estero (Figura 63).

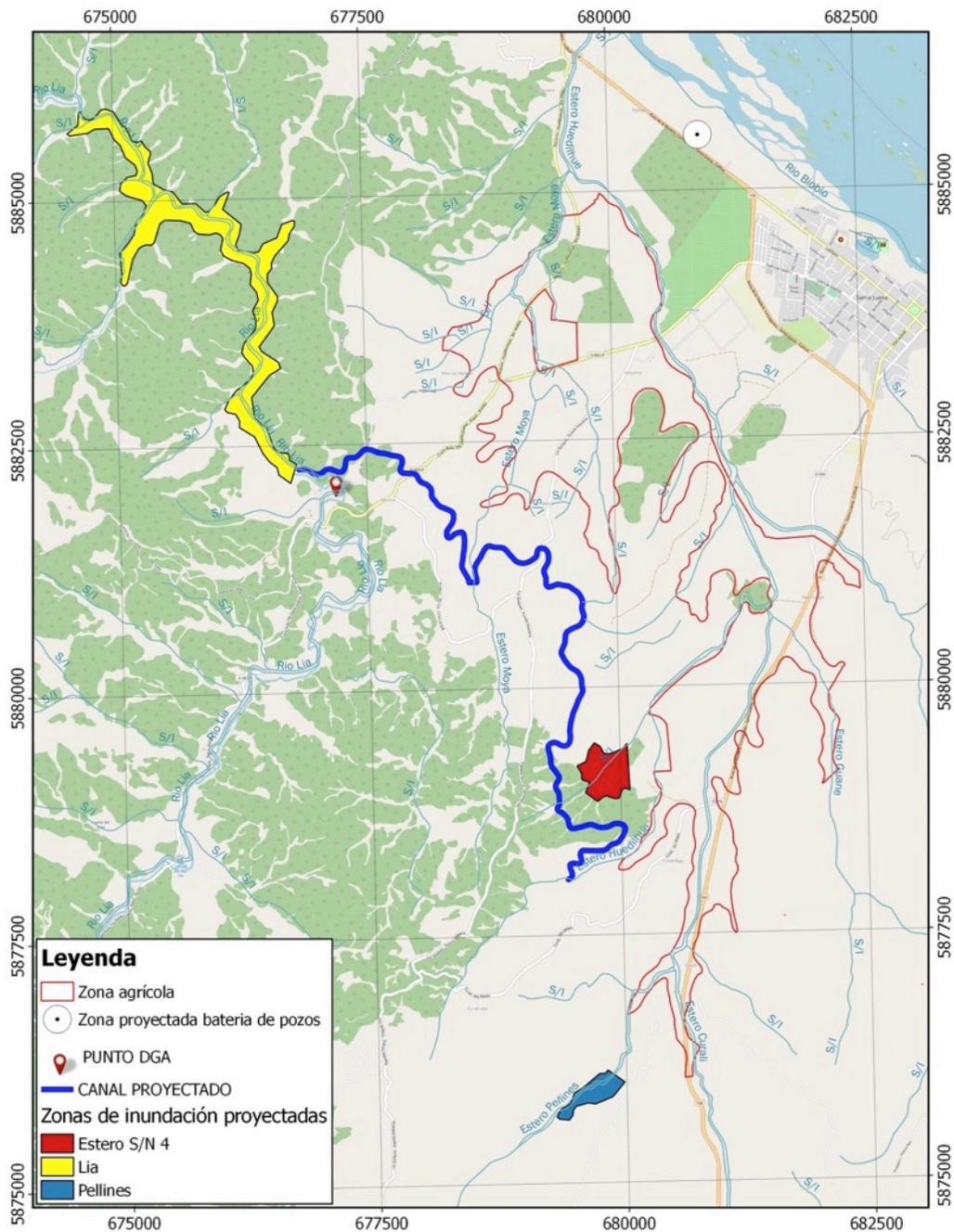
Figura 63. Ideas de proyecto con regulación.



Fuente: Elaboración propia.

El emplazamiento de las ideas de proyectos en la cuenca del río Lía y el valle de Santa Juana se observa en la (Figura 64), aquí es posible ver la superficie estimada de los embalses y el trazado del canal involucrado.

Figura 64. Ideas de proyecto con regulación.



Fuente: Elaboración propia.

Para la opción en el río Lía y estero sin nombre se ha analizado la conducción de los derechos de aprovechamiento de tipo permanentes y continuos inscritos a favor del fisco. Para el caso de Embalse Pellines se utilizó un caudal de 43 L/s equivalente a la solicitud de derechos de aprovechamientos que fue presentado anteriormente. Es importante destacar que el estado legal de este derecho se encuentra denegado ya que su tramitación no fue terminada.

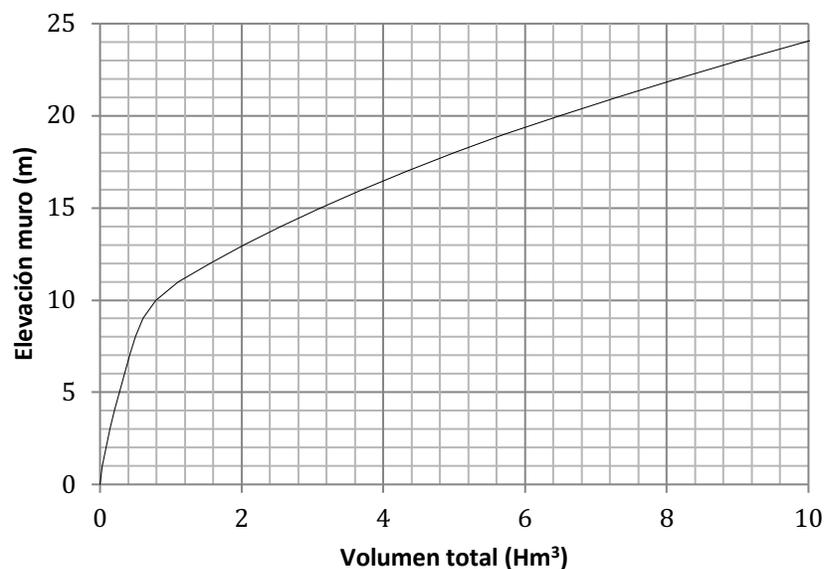
Con las tres ideas de proyectos se simuló la operación del Embalse con la hidrología previamente calculada (en cabecera de Embalses) para el período comprendido entre 1988 – 2017 en conjunto con los requerimientos hídricos estimados para el valle. Resultados de la simulación ver archivo en el Anexo A14.

Los resultados de esta simulación mostraron que utilizando la distribución mensual de los derechos de agua permanentes y continuos en el Embalse Lía, se requeriría un canal para un caudal de 980 L/s que sería capaz de beneficiar 827 ha del valle de Catirai. Esta superficie es casi la totalidad del valle que puede ser beneficiado con esta obra. El Embalse necesitaría acumular unos 6,35 millones de m<sup>3</sup> y tendría una altura de unos 26 m.

Para la segunda opción, la simulación de la operación resultó que utilizando la distribución mensual de los derechos de agua eventuales y continuos se requeriría un canal para un caudal de 310 L/s capaz de beneficiar 320 ha del valle. El Embalse necesitaría acumular unos 800.000 m<sup>3</sup> con una altura de muro estimada de 21,9 m.

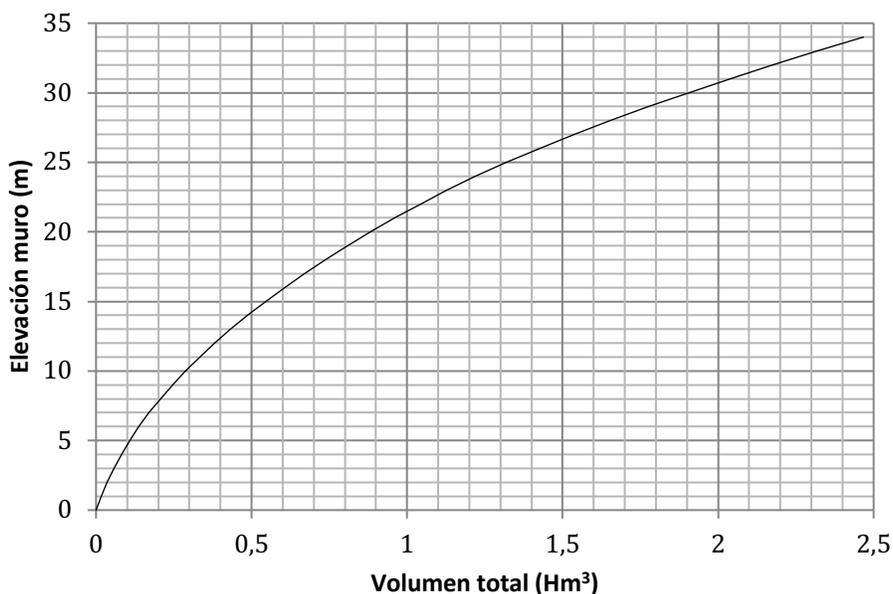
En el caso de acumular el caudal de 43 L/s del estero Pellines, sería necesario un Embalse de 500.000 m<sup>3</sup> y una altura de muro de unos 21,6 m. Esta idea de proyecto permitiría regar unas 75 hectáreas con seguridad de riego mayor al 85%.

Figura 65. Elevación de muro vs volumen para Embalse Lía



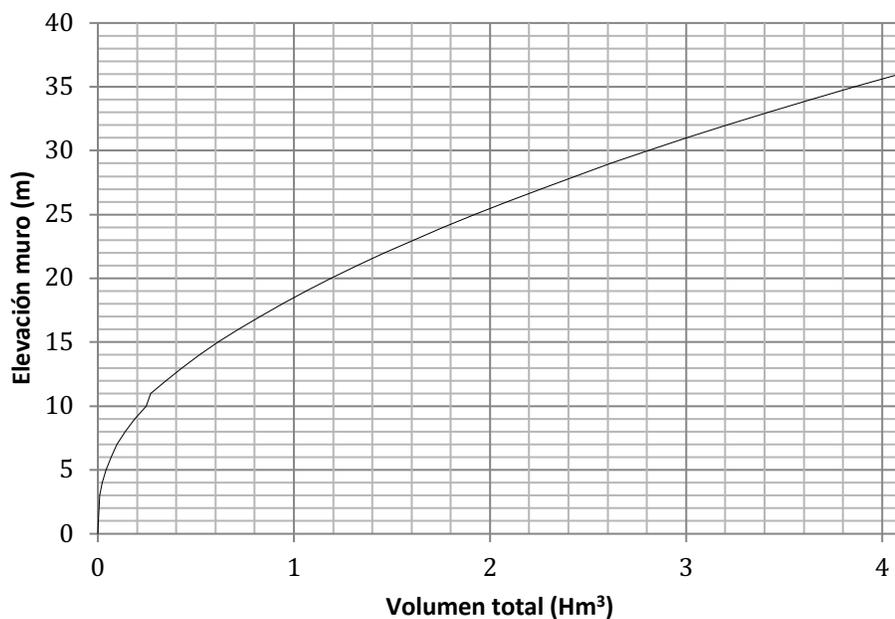
Fuente: Elaboración propia.

Figura 66. Elevación de muro vs volumen para Embalse Pellines



Fuente: Elaboración propia.

Figura 67. Elevación de muro vs volumen para Embalse sin nombre



Fuente: Elaboración propia.

Las curvas de los Embalses fueron generadas utilizando un modelo digital de elevación y con los criterios anteriormente señalados se establecieron los altos de muro para lograr el volumen de acumulación deseados. Las características de cada uno de los Embalses propuestos se señalan a continuación:

#### 14.2.1 Embalse Lía

##### 14.2.1.1 Tipología de presa

Para establecer un tipo de presa a utilizar en un Embalse, se debe contar con estudios de caracterización geológica y geotécnicas de la angostura donde se establecerá el muro, además de las características de los materiales disponibles en el entorno de la presa. Como dicha información no es generada en este estudio se asumirá una presa tipo para las ideas de proyectos de acumulación planteadas. El tipo de presa seleccionada para la estimación del Embalse y sus obras, es de la tipología “Presa de materiales sueltos, heterogénea con impermeabilización no térrea”, de tipo CFRD (concrete face rock fill dam). Como guía para determinar este tipo de obras se utilizaron los estudios de prefactibilidad: “Mejoramiento del sistema de riego del río Achibueno, región del Maule” (CNR, 2014) y “Construcción Embalse de riego en río Chillán” (CNR, 2015).

En este tipo de presas, la impermeabilización se confía a una pantalla de hormigón, la cual se debe apoyar sobre dos capas de material seleccionado de mayor permeabilidad (filtros) que garantizarán un mejor apoyo de la pantalla. El cuerpo de presa se puede zonificar en dos grades zonas. La parte aguas arriba, compuesta por una escollera más seleccionada y roca de mejor calidad, a fin de reducir los posibles asentos posteriores a la construcción. Aguas abajo de este material se proyecta de un material más heterogéneo a fin de compatibilizar el volumen total de relleno con los materiales disponibles en el vaso del Embalse. Entre ambos materiales se dispone una capa de material drenante (dren chimenea) ligeramente inclinado hacia aguas abajo, cuya función será evitar que las posibles filtraciones saturen el espaldón aguas abajo de la presa. Dicho dren se conecta con otro dren horizontal con salida en el pie del talud aguas debajo de la presa.

La pantalla de hormigón se apoyará sobre un plinto definido mediante un radier de hormigón. El radier se anclará al substrato de fundación mediante una serie de anclajes y se asegurará el contacto mediante inyecciones de consolidación. La ejecución de la pantalla hace necesaria la construcción de un parapeto en coronación que posibilitará el montaje del moldeado para el hormigonado de la pantalla.

Para determinar los taludes de las presas, se debe desarrollar un análisis estático y dinámico de estabilidad y, para fines de esta estimación se utilizan los taludes que se obtuvieron en (CNR, 2014) y (CNR, 2015), que definen estos taludes como los habituales para la tipología y materiales de la presa seleccionada: aguas arriba 1V:1,5H y aguas abajo 1V:1,6H

En base al tipo de presa seleccionado con pantalla de hormigón y rellenos provenientes de gravas de ríos, se adoptaran taludes de 1.5:1 (H:V) aguas arriba y de 1.6:1 (H:V) aguas abajo. Es

importante destacar que la totalidad de las presas del tipo CFGD construidas en Chile poseen los taludes señalados, como se observa en la Tabla 72. Así como también estos taludes han sido ampliamente utilizados en recientes estudios como: Embalse Chillán (CNR, 2015), Mejoramiento del riego en estero Codegua (CNR, 2015), Mejoramiento del riego en río claro (CNR, 2013), Mejoramiento del riego en el río Achibueno (CNR, 2014) y Mejoramiento del riego valle del río Cato, Embalse Niblinto (CNR, 2012).

Tabla 72. Taludes utilizados en presas construidas en Chile

Presa	Talud aguas arriba (H:V)	Talud aguas abajo (H:V)
Santa Juana	1.5:1	1.6:1
Puclaro	1.5:1	1.6:1
Corrales	1.5:1	1.6:1
Ancoa	1.5:1	1.6:1
El Bato	1.5:1	1.6:1

Fuente: CNR, 2015.

#### 14.2.1.2 Evacuador de crecidas

El reglamento de obras mayores de la DGA divide los Embalses en tres categorías: A, B y C. Bajo dicho reglamento, los Embalses a diseñar pertenecen a la categoría B (Medianos, de altura de muro máxima mayor o igual a 15 m e inferior a 30 m, o bien de capacidad igual o superior a 1.500.000 m<sup>3</sup> e inferior a 60.000.000 m<sup>3</sup>). Por lo tanto, el caudal de diseño de la obra de evacuación de crecidas corresponde al caudal asociado a un periodo de retorno de 1.000 años (Q<sub>1.000 años</sub>=161.2 m<sup>3</sup>/s), Este diseño debe ser verificado para la crecida asociada a un periodo de retorno de 10.000 años (Q<sub>10.000 años</sub>= 208.3 m<sup>3</sup>/s).

El evacuador de crecidas se proyecta en la ribera derecha, construido en hormigón.

El vertedero esta dimensionado para la crecida milenaria, con un caudal de diseño de 161.2 m<sup>3</sup>/s. Para todas las ideas de proyectos se definió un vertedero lateral que entrega hacia su afluente original, a través de un rápido de descarga. La longitud del canal colector del vertedero es de 20 m.

La carga de diseño del vertedero se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$Q = 0,5529 \cdot C \cdot L \cdot H^{3/2}$$

Donde:

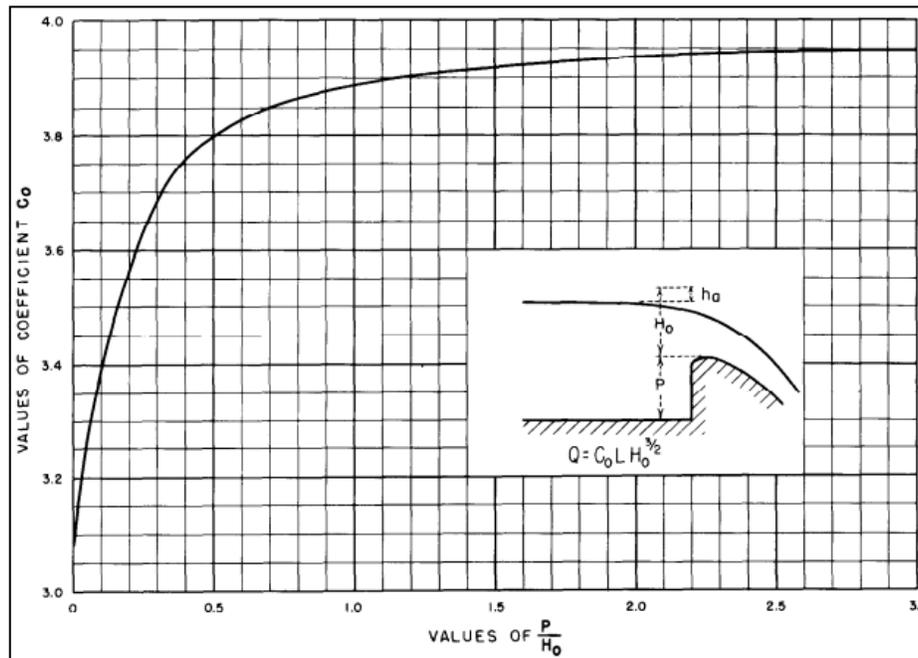
C: coeficiente de descarga variable

L: largo del vertedero

H: carga

El coeficiente de descarga se determinó en función de la relación  $P/H_0$  de la Figura 68 del texto “Small DamsDesign” U.S. Bureau of Reclamation (1996):

Figura 68. Valores de coeficiente de descarga en función de  $P/H_0$



Fuente: Small DamsDesign U.S. Bureau of Reclamation, 1996.

En base a lo anterior, se consideró un vertedero de 20 m de largo y un valor de  $P$  de 1,5 metros, para lo cual se determinaron diferentes alturas de carga. Los resultados se muestran en la Tabla 73.

Tabla 73. Caudal de descarga para diferentes alturas de agua.

$H_0$	$P/H_0$	$C_o$	$Q$ (m <sup>3</sup> /s)
1,0	1,50	3,93	43
1,1	1,36	3,92	50
1,2	1,25	3,91	57
1,3	1,15	3,90	64
1,4	1,07	3,90	71
1,5	1,00	3,89	79
1,6	0,94	3,88	87
1,7	0,88	3,87	95
1,8	0,83	3,87	103

Ho	P/Ho	Co	Q (m <sup>3</sup> /s)
1,9	0,79	3,87	112
2,0	0,75	3,86	121
2,1	0,71	3,85	130
2,2	0,68	3,85	139
2,3	0,65	3,84	148
2,4	0,63	3,83	157
2,5	0,60	3,83	167
2,6	0,58	3,82	177

Fuente: Elaboración propia.

Verificando para la crecida T=1000, se tiene que para un caudal Q = 161,2 m<sup>3</sup>/s la carga máxima será de 2,44 m. Para una crecida decamilenaria se tiene un caudal de 208,3 m<sup>3</sup>/s, la carga máxima sería de 2,9 m.

#### 14.2.1.3 Altura de la presa

La cota de coronamiento del Embalse fue definida a través de un análisis del sistema de evacuación de crecidas, mediante la siguiente relación:

$$Cota_{coronamiento} = Cota\ nivel\ normal\ de\ operación + carga\ del\ vertedero + revancha$$

#### 14.2.1.4 Cálculo de revanchas

La altura de oleaje se refiere al máximo nivel sobre la superficie libre que alcanza una ola después de reventar sobre el talud de aguas arriba durante una tormenta ( $h_{ola}$ ). De acuerdo al USBR, la revancha mínima se refiere a la diferencia entre la coronación de la presa y el nivel máximo de agua que pudiera resultar cuando ocurriera la crecida de proyecto. En la determinación de la revancha, se requiere conocer las siguientes variables:

- Dirección de diseño del viento: Se puede suponer fijando el punto en la línea de la ribera opuesta según el mayor trecho del espejo de agua del Embalse desde el sitio de la presa.
- Fetch efectivo: El cálculo del fetch efectivo (F) se define como:

$$F = \frac{\sum X_i \cdot \cos^2 \alpha_i}{\sum \cos \alpha}$$

Donde: Xi: Largo de línea "i", desde eje presa hasta ribera. [millas]

$\alpha_i$ : Angulo entre la línea "i" y la línea central o de diseño.

F: Fetch Efectivo. [millas]

- Velocidad de diseño del viento sobre el agua: De acuerdo con el Bureau of Reclamation, se sugiere una velocidad de viento sobre la mayor longitud desde la presa a la ribera opuesta, de  $V_d = 50$  [mph] y aconseja una velocidad del viento no inferior a 50 millas/h.
- Duración mínima del viento.

Para determinar la altura debido al oleaje se consideran las ecuaciones empíricas (USBR) mostradas en la Tabla 74, en donde el fetch (F) se expresa en millas, la altura debida al oleaje ( $h_{Ola}$ ) en pies y el viento en mph.

Tabla 74. Expresiones empíricas de cálculo de altura de ola.

Autor	Expresión
Stevenson	$h_{Ola} = 2,5 + 1,5 \times \sqrt{F} - \sqrt[4]{F}$
Molitor	$h_{Ola} = 2,5 + 0,17 \sqrt{v} F - \sqrt[4]{F}$
Creager	$h_{Ola} = \frac{F^{0,37} v^{0,48}}{3,41}$
Bureau of Reclamation	$h_{Ola} = 0,075 (v - 8,5)$

Fuente: USBR.

Se ha considerado un fetch de 275 m, obteniéndose las revanchas por oleaje que se muestran en la Tabla 75.

Tabla 75. Revanchas por oleaje.

Ecuación	Altura (m)
Stevenson	0,75
Molitor	0,72
Creager	0,30
Bur. of Rec.	<b>0,95</b>
<b>Revancha por olas (1,50*max<sub>Ola</sub>)</b>	<b>1,42</b>

Fuente: Elaboración propia.

El asentamiento por efecto sísmico depende de la magnitud del sismo y la aceleración máxima que se produce en el lugar. No es producto de esta etapa del estudio realizar ensayos sísmicos, por lo que se asume un valor de 1 m.

#### 14.2.1.5 Coronación de la presa

La cota de coronamiento del Embalse fue definida a través de un análisis del sistema de evacuación de crecidas, mediante la siguiente relación:

$$Cota_{coronamiento} = Cota\ nivel\ normal\ de\ operación + carga\ del\ vertedero + revancha$$

La cota del nivel normal de operación corresponde a la cota 230 msnm, determinada mediante la curva de capacidad del Embalse para una capacidad máxima de 6,5 Hm<sup>3</sup>. La carga del vertedero corresponde a la carga máxima que permite descargar la crecida milenaria, cuyo valor obtenido resulto ser de 2,44 m.

Tabla 76. Revanchas y cotas de coronación resultantes.

Ítem	Valor	Unidad
Volumen requerido (demanda)	6	hm <sup>3</sup>
Sedimentos <sub>50años</sub> (según bureau)	1,1	hm <sup>3</sup>
Volumen Embalse	7,1	hm <sup>3</sup>
Cota nivel normal de operación	231,0	msnm
Cota salida del Embalse	221,0	
Carga de vertedero	2,4	M
Revancha vertedero	0,5	M
Revancha (oleaje + sismos)	2,4	M
Cota de coronamiento	236,4	msnm
Nivel base presa	210,0	msnm
Altura muro	26,4	M

La Fuente: Elaboración propia.

cota de coronación de la presa queda definida por la cota de aguas máximas de acumulación sumado a una estimación de la revancha, el largo de la corona se estima en 162 m y un ancho de 6 m.

#### 14.2.1.6 Obras de desvío

Para la construcción de la presa es necesario desviar las aguas del río Lía de forma que permita ejecutar la obra principal en seco. La crecida de diseño para el desvío del río durante el período de construcción se debe asociar a un período de retorno de modo tal que el riesgo hidrológico no sea mayor al 5% (Artículo 30 DS50 MOP).

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n$$

Siendo:

R= riesgo asociado (5 %)

T= periodo de retorno en años

n= años de construcción

Resolviendo la ecuación anterior para T, se tiene:

$$T = -\frac{1}{\sqrt[n]{1-R} - 1}$$

Para determinar el periodo “n” de años de construcción, se consultaron los estudios que se muestran en la Tabla 77, y se estimó este valor en dos años de construcción.

Tabla 77. Estudios consultados para determinar “n”.

Estudio	n
Embalse Chillán	6 a 4 meses
Embalse Achibueno	3 años
Embalse Huedque	2 años
Embalse Ballenar Alto	6 a 4 meses
Embalse Niblinto	2 años
Construcción de Embalses de secano, Ñuble	2 años

Fuente: Elaboración propia.

Resolviendo para el periodo de retorno se obtiene un T=40, y acotándose al estudio de crecidas realizado se adopta el valor de caudal para un T=50, siendo este de  $99,8 \approx 100 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Como criterio de diseño de la sección del túnel, se debe determinar una sección mínima que utilice sólo el 75% del área de la sección, lo cual permite que el caudal sea transportado a través del túnel sin entrar en presión. Para ello, se utiliza la ecuación de Manning:

$$Q = A \cdot R_h^{2/3} \cdot \frac{\sqrt{J}}{n}$$

Donde:

A: área de la sección hidráulica,  $\text{m}^2$

$R_h$ : radio hidráulico de la sección, m

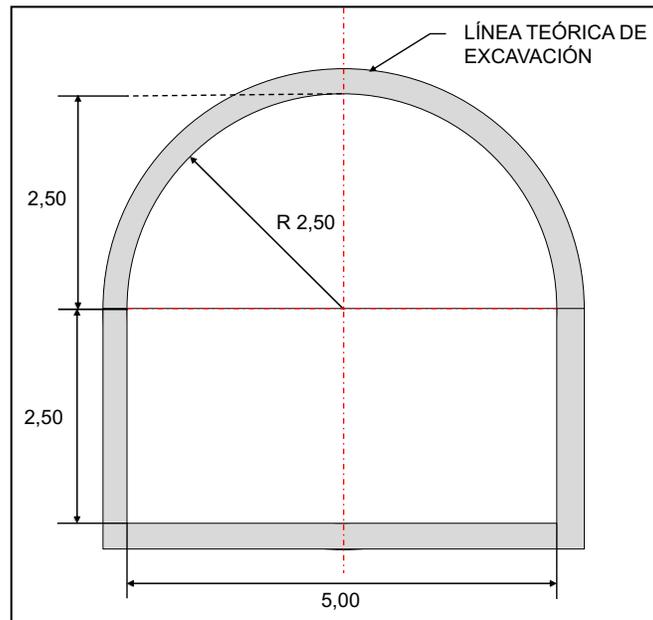
J: pendiente del tramo, m/m

n: coeficiente de rugosidad, adimensional

El estudio de prefactibilidad “Mejoramiento del sistema de riego estero Codegua” (CNR, 2015), presenta en su estimaciones un túnel de desvío que contempla una sección en arco de medio

punto de 5,00 m de diámetro para la formación de la bóveda, y una sección cuadrada de 5,00 x 2,50 como perímetro de cierre en hastiales y solera, tal como se muestra en la Figura 69.

Figura 69. Sección típica túnel de desvío.



Fuente: CNR, 2015.

Para el caudal desviado en crecida de  $100 \text{ m}^3/\text{s}$  en la sección de arco de medio punto, con radio  $r=2,50 \text{ m}$  y pendiente  $i=0,0209$ , considerando un coeficiente  $n$  de Manning de 0,015 para hormigón, las condiciones de escurrimiento son:

Figura 70. Cálculos hidráulicos túnel de desvío.

<b>Escorrimento normal</b>	
Altura normal	2,49 m
Velocidad normal	9,79 m/s
% Área Total	51,0 %
<b>Escorrimento crítico</b>	
Altura crítica	3,78 m
Velocidad crítica	6,11 m/s
% Área Total	81,51%

Fuente: Elaborado en base a (CNR, 2015).

Conjuntamente con el túnel de desvío debe materializarse la ataguía para la aislación de la zona de excavaciones y rellenos de la presa. En este caso, una ataguía aguas arriba. Se ha estima una ataguía aguas arriba se proyecte con una altura aproximada de 10 m.

Los elementos de desagüe, además del evacuador de crecidas, son la toma intermedia y el desagüe de fondo, que proporcionan la funcionalidad necesaria para suministrar los caudales (riego y caudal ecológico), y posibilitan un desembalse parcial o total.

Se proyecta que cada uno de estos conductos, estén integrados por una obra o torre de toma, una galería o túnel (que se utiliza como desvío durante la construcción de la presa, y una cámara de compuertas a la salida del túnel, que incorpora la obra de restitución de caudales al río. La torre de toma y la galería se ejecutan en la primera fase de las obras, para constituir el desvío, y la caseta de válvulas se ejecuta en fase final, completando las instalaciones.

La torre del desagüe de fondo se sitúa a una cota superior a la cota del volumen muerto del Embalse, y la embocadura de la torre de la toma intermedia a una cota sensiblemente más alta.

En cuanto al desagüe de fondo, su dimensionamiento deberá estar condicionado al tiempo establecido para el vaciado del Embalse. El dimensionamiento de la toma de agua se debe considerar el caudal máximo instantáneo demandado, obtenido como el valor máximo mensual de la suma del caudal por demanda de riego y del caudal ecológico correspondiente (CNR, 2014).

La incorporación al río del caudal, a través del desagüe de fondo y de la toma, se estima alcanzará elevadas velocidades, por lo que se propone la ejecución de un cuenco dissipador de energía.

El espejo de agua tiene forma irregular por las numerosas quebradas que serán inundadas; se estima que el espejo de agua alcanza una superficie aproximada de 80 hectáreas con una longitud máxima de 4,5 km y un ancho máximo de 300 m.

#### 14.2.2 Embalse Pellines y Embalse en estero sin nombre

Las obras de los Embalses del estero Sin Nombre y Pellines consideran los mismos criterios adoptados en el muro del Embalse del río Lía, variando las condiciones específicas de la obra (caudal). Las características estimadas para estos Embalses se muestran en las Tabla 78.

Tabla 78. Parámetros del vertedero

Ítem	Estero S/N	Pellines	Unidad
T=1000	6,1	17,6	m <sup>3</sup> /s
T=10000	7,7	22,3	m <sup>3</sup> /s
L	3	4	M
Ho <sub>T=1000</sub>	0,96	1,63	M
Ho <sub>T=10000</sub>	1,13	1,91	M
P	1	1	M

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 79. Coronamiento

Ítem	Estero S/N	Pellines	Unidad
Volumen requerido (demanda)	0,8	0,5	hm <sup>3</sup>
Sedimentos <sub>50años</sub> (según bureau)	0,063	0,160	hm <sup>3</sup>
Volumen Embalse	0,863	0,660	hm <sup>3</sup>
Cota nivel normal de operación	96,0	208,0	msnm
Cota salida Embalse	84	198	msnm
Carga de vertedero	0,96	1,6	m
Revanca vertedero	0,5	0,5	m
Revanca (oleaje + sismos)	2,4	2,4	m
Cota de coronamiento	99,9	212,6	msnm
Nivel base presa	78,0	191,0	msnm
Altura muro	21,9	21,6	m

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 80. Túnel de desvío

Ítem	Embalse S/N	Embalse pellines
$Q_{T=50}$ (m <sup>3</sup> /s)	4	11,5
R (m)	0,7	1
a	0,4	0,5
Manning	0,015	0,015
Pendiente	2,1%	2,10%
Escurrimiento normal		
Altura normal (m)	0,76	1,11
Velocidad normal (m/s)	4,42	5,81
% Área Total	57,1	59,6
Escurrimiento crítico		
Altura crítica (m)	1,029	1,563
Velocidad crítica (m/s)	3,16	4,1
% Área Total	79,44	84,73

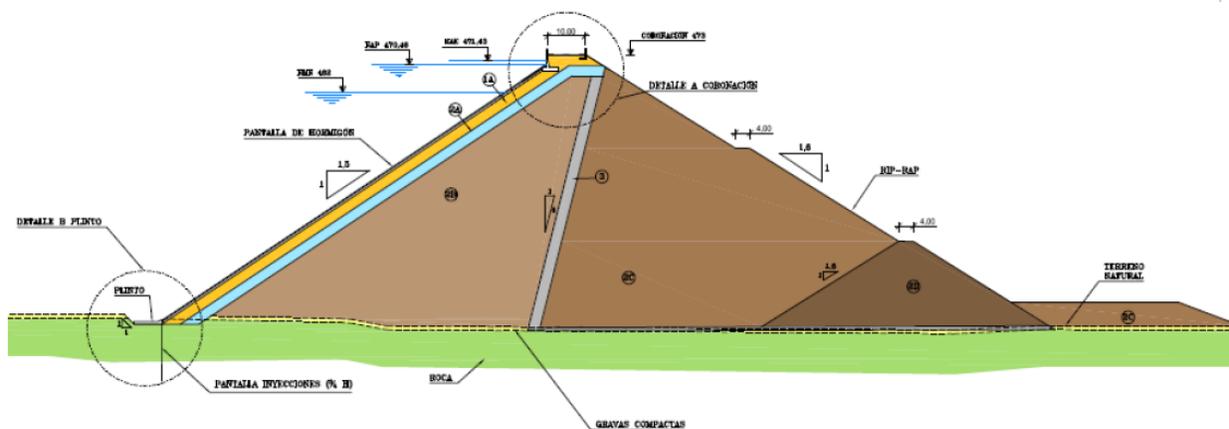
Fuente: Elaboración propia.

### 14.2.3 Antecedentes para determinar los costos

Como se señaló anteriormente, el tipo de presa seleccionada para la estimación del Embalse y sus obras, es de la tipología “Presa de materiales sueltos, heterogénea con impermeabilización no térrea”, de tipo CFRD (concrete face rock fill dam). Como guía para determinar este tipo de obras se utilizaron los estudios de prefactibilidad: “Mejoramiento del sistema de riego del río Achibueno, región del Maule (CNR, 2014) y “Construcción Embalse de riego en río Chillán” (CNR, 2015). Los precios unitarios considerados son en base a los precios unitarios de obras civiles de la CNR, para un centro de abastecimiento ubicado a 50 km de distancia de difícil acceso.

La base para realizar cubriciones estimativas fueron obtenidas desde los citados estudios en combinación con estimaciones de volúmenes de muro a establecer. La Figura 71, muestra la presa tipo utilizada para las estimaciones.

Figura 71. Presa tipo.



Fuente: (CNR, 2014).

La Tabla 81, muestra los costos estimados para la implementación de un Embalse en el río Lía, teniendo un movimiento de tierras para el muro de aproximadamente 90.000 m<sup>3</sup>, una cara aguas arriba de 4.500 m<sup>2</sup> y aguas abajo de 4800 m<sup>2</sup>. El costo total estimado para esta obra es de \$5.302.772.813

La Tabla 81, muestra los costos estimados para la implementación de un Embalse en el estero sin nombre, teniendo un movimiento de tierras para el muro de aproximadamente 107.000 m<sup>3</sup>, una cara aguas arriba de 6.300 m<sup>2</sup> y aguas abajo de 6.825 m<sup>2</sup>. El costo total estimado para esta obra es de \$4.672.394.855

La Tabla 83, muestra los costos estimados para la implementación de un Embalse en el estero pellines, teniendo un movimiento de tierras para el muro de aproximadamente 56.000 m<sup>3</sup>, una cara aguas arriba de 3.600 m<sup>2</sup> y aguas abajo de 3.500 m<sup>2</sup>. El costo total estimado para esta obra es de \$3.555.895.887.

Tabla 81. Estimación de costos implementación de Embalse Lía.

Ítem	Valor
Instalación de faena	\$ 795.000.000
Destronque, roce y despeje	\$ 9.037.850
Excavaciones	\$ 1.229.670.000
Hormigones	\$ 250.170.480
Acero	\$ 185.031.084
Instrumentación presa	\$ 187.929.399
Equipamientos y sistemas eléctricos	\$ 300.000.000
Muro ataguía	\$ 245.934.000
Túnel de desvío	\$ 700.000.000
Vertedero y colchón	\$ 800.000.000
Obra de entrega	\$ 300.000.000
Habilitación de caminos	\$ 300.000.000
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>	<b>\$ 5.302.772.813</b>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 82. Estimación de costos implementación Embalse en estero Sin Nombre.

Ítem	Valor
Instalación de faena	\$795.000.000
Destronque, roce y despeje	\$23.189.103
Excavaciones	\$1.461.941.000
Hormigones	\$351.802.238
Acero	\$260.144.916
Instrumentación presa	\$187.929.399
Equipamientos y sistemas eléctricos	\$300.000.000
Muro ataguía	\$292.388.200
Túnel de desvío	\$300.000.000
Vertedero y colchón	\$400.000.000
Obra de entrega	\$200.000.000
Habilitación de caminos	\$100.000.000

TOTAL COSTO DIRECTO	\$4.672.394.855
---------------------	-----------------

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 83. Estimación de costos implementación Embalse en estero Pellines.

Ítem	Valor
Instalación de faena	\$795.000.000
Destronque, roce y despeje	\$15.459.402
Excavaciones	\$765.128.000
Hormigones	\$195.073.410
Acero	\$144.280.076
Instrumentación presa	\$187.929.399
Equipamientos y sistemas eléctricos	\$300.000.000
Muro ataguía	\$153.025.600
Túnel de desvío	\$300.000.000
Vertedero y colchón	\$400.000.000
Obra de entrega	\$200.000.000
Habilitación de caminos	\$100.000.000
TOTAL COSTO DIRECTO	\$3.555.895.887

Fuente: Elaboración propia.

#### 14.2.3.1 Interferencias

Dos de las tres zonas donde se propone ubicar los Embalses se caracterizan por ser lugares en los que el acceso se puede realizar a través de carreteras o caminos existentes, siendo estos los pellines y el estero sin nombre. En el caso del Embalse proyectado en el río Lía existe un camino privado que llega a hasta aproximadamente 500 metros del punto de muro del Embalse, por lo que se requiere habilitar caminos para el ingreso de maquinarias.

El área de inundación del río Lía afectaría a lo menos 5 propiedades, cuyos roles son: 1250-9, 1250-2, VP-AA, 1250-8 y 240-29. Para el caso del Embalse en estero sin nombre, el rol afectado es: VP-H. En el Embalse pellines los roles afectados serían VP-H y VP-DD.

#### 14.2.3.2 Ensayo geotécnicos

Las siguientes prospecciones y ensayos requeridos para el estudio de los potenciales Embalses fue determinado considerando las recomendaciones del decreto 50 del Ministerio de Obras Públicas donde se establecen las condiciones técnicas que deberán cumplirse en el proyecto,

construcción y operación de las obras hidráulicas identificadas en el artículo 294 del Código de Aguas además de Estudios de pre factibilidad para proyectos de construcción de Embalses similares licitados por la Comisión Nacional de Riego.

### **Prospecciones en fundación de la presa y obras anexas al Embalse:**

En las ideas de proyecto de Embalses seleccionados para una siguiente etapa será necesario explorar los empotramientos y el valle con a lo menos 3 sondajes geotécnicos a rotación, para sustentar geológica y geotécnicamente la viabilidad física del sitio y definir las condiciones de fundación para la presa y las obras anexas al Embalse (ej, Vertederos, canales).

En los empotramientos se ejecutaran dos de estos sondajes, uno en cada estribo realizando muestreo continuo y efectuando pruebas de agua tipo Lefranc o Lugeon, según corresponda, cada 5m de profundidad. De los testigos será necesario seleccionar algunas muestras con el propósito de realizarles ensayos de compresión simple, estudios petrográficos en cortes transparentes y cualquier otro ensayo que durante la ejecución se estime pertinente. Los sondajes de los estribos de la presa se deberán emplazar a una altura tal que permita caracterizar correctamente este elemento de la obra. Para estos trabajos será necesario evaluar la habilitación de senderos o caminos necesarios para acceder a las ubicaciones contempladas en estas prospecciones.

Las características y potencia de los rellenos aluviales, coluviales u otros que pudieran estar presentes en la zona de fundación de la presa a nivel de valle, se explorarán mediante un sondaje, que será del mismo tipo que los sondajes de los empotramientos. Este sondaje deberá ser profundizado hasta la roca basal, penetrando en ella a lo menos 10 m o hasta poder demostrar que no se trata de un bolón de sobre-tamaño. El sondaje de valle, se efectuará también pruebas de infiltración tipo Lefranc-Mandel o Lugeon, según corresponda, cada 5m de profundidad a fin de determinar la permeabilidad de los suelos y/o roca comprometidos.

Con relación a la profundidad de los sondajes, en caso de no poder llegar a roca, se deberá continuar con los trabajos de perforación hasta una profundidad tal que:

- a) Permita garantizar que el material que se encuentre, permita sustentar estructuralmente el muro de la presa.
- b) Permita garantizar que las filtraciones bajo cualquier trabajo de impermeabilización (pared moldeada, inyecciones, trincheras, etc), puedan ser consideradas despreciables para el correcto cumplimiento de los objetivos del estudio.
- c) Por efectos del tipo de material encontrado y profundidad a la que se encuentre, se pueda descartar el sitio seleccionado por razones técnico-económicas.

Estos criterios deben ser también aplicados a los sondajes en los estribos de apoyo.

Inmediatamente después de la perforación se deberá realizar el registro geológico-geotécnico de cada sondaje. Es recomendable también construir sobre la perforación un monolito de hormigón con la identificación del sondaje efectuado.

Se complementará la exploración del sitio de presa con la excavación de pozos de reconocimiento de hasta 4m de profundidad, perfiles de refracción sísmica y otros ensayos que se estimen pertinentes.

### **Análisis mecánico de suelos para la Presa:**

El análisis mecánico de muestras de suelo para determinar los constituyentes del suelo, el contenido mineral, las características de compactación y corroborar otros factores como presencia de limos, sodicidad, etc. es necesario para determinar si un suelo es adecuado o no para la construcción de una presa de tierra. La correlación de estos resultados, donde se evalúan con precisión las cantidades de limo, arcilla, arena y otras partículas en un suelo, en conjunto con el trabajo previo en terreno permitirá realizar estimaciones del material de relleno disponible, también material para ser eliminado y evitar áreas inadecuadas.

La importancia de un análisis correcto para determinar los tipos de suelo para la construcción de una presa de tierra no puede subestimarse. Aunque el análisis de muestras en un laboratorio de suelos es costoso, los resultados de los análisis pueden más que pagar el costo involucrado. Este proceso asegurará la selección del material de relleno y permitirá la exclusión de material dudoso en el proceso de construcción.

### **Pruebas de laboratorio:**

Las pruebas de laboratorio deben realizarse en muestras seleccionadas para confirmar las evaluaciones de campo y determinar las propiedades físicas de los suelos. Se recomienda seguir las siguientes pruebas:

Tamaño de partículas (Grading): tanto tamizado como mecánico y pruebas de hidrómetro serán necesarios para determinar la distribución del tamaño de partículas, identificando el tipo de suelo predominante y permeabilidad del material.

Pruebas de Atterberg: mide el límite plástico y el límite líquido del suelo para permitir clasificar el material y evaluar su idoneidad como material de relleno.

Prueba de Proctor: se utiliza para determinar la densidad seca máxima y el contenido de humedad óptimo para uso en control de compactación durante la construcción. Los suelos compactados a la densidad seca máxima se encuentran en su máxima fuerza.

En resumen se requiere conocer la densidad máxima compactada húmeda, la humedad óptima, la densidad compactada seca, límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad, clasificación USCS, cohesión y ángulo de fricción interna.

### **Costo de ensayos geotécnicos:**

Se solicitó cotización de los ensayos geotécnicos en Laboratorio Pampa Austral Ltda. En la ciudad de Chillán. La siguiente Tabla muestra el costo unitario de cada ensayo necesario.

Tabla 84. Costo unitario para realizar ensayo geotécnico de densidad máxima compactada para suelo húmedo (Densidad Máxima, compactada húmeda), densidad máxima compactada para

suelo seco (Densidad Máxima, compactada seca), humedad del suelo (Humedad), pruebas de Atterberg (Limite Atterberg, NCh 1517/1 Of.79 y NCh 1517/2 Of.79) y clasificación de suelo según American Association of State Highway Officials - Unified Soil Classification System (Clasificación AASHTO – USCS).

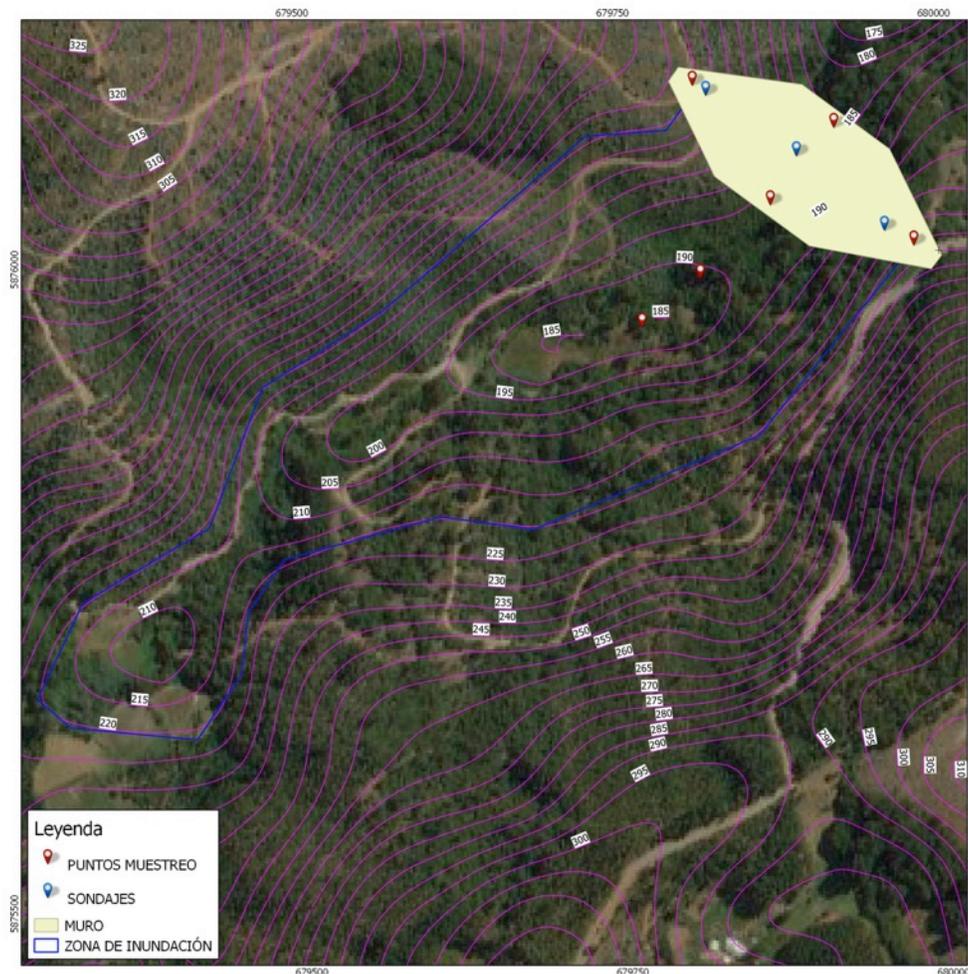
<b>Ensayo Geotécnico</b>	<b>Valor unitario neto UF</b>
Densidad Máxima, compactada húmeda	0,73
Densidad Máxima, compactada seca	0,73
Humedad	0,35
Limite Atterberg, NCh 1517/1 Of.79 y NCh 1517/2 Of.79	0,65
Clasificación AASHTO - USCS	0,35
Costo total por ensayo	2,81
Ensayos Geotécnicos	Valor unitario neto UF
Sondaje	4,8 x ml
Permeabilidad	6
Refracción sísmica	25

Fuente: Elaboración propia.

#### 14.2.4 Ubicación de los ensayos geotécnicos en los potenciales lugares de Embalse

La ubicación de los ensayos geotécnicos fue determinada por parte del equipo técnico, se recomendó realizar dos ensayos en el sitio del muro, un ensayo en cada zona limitante al muro y dos ensayos en la zona de inundación (zona preliminar de empréstito), estos ensayos deben considerar una profundidad de 4 metros. La Figura 72 muestra un mapa con la ubicación de los ensayos para cada idea de proyecto de Embalse, en el Anexo A14 se encuentran todos los mapas.

Figura 72. Ubicación de ensayos geotécnicos para Embalse Pellines (N°1).

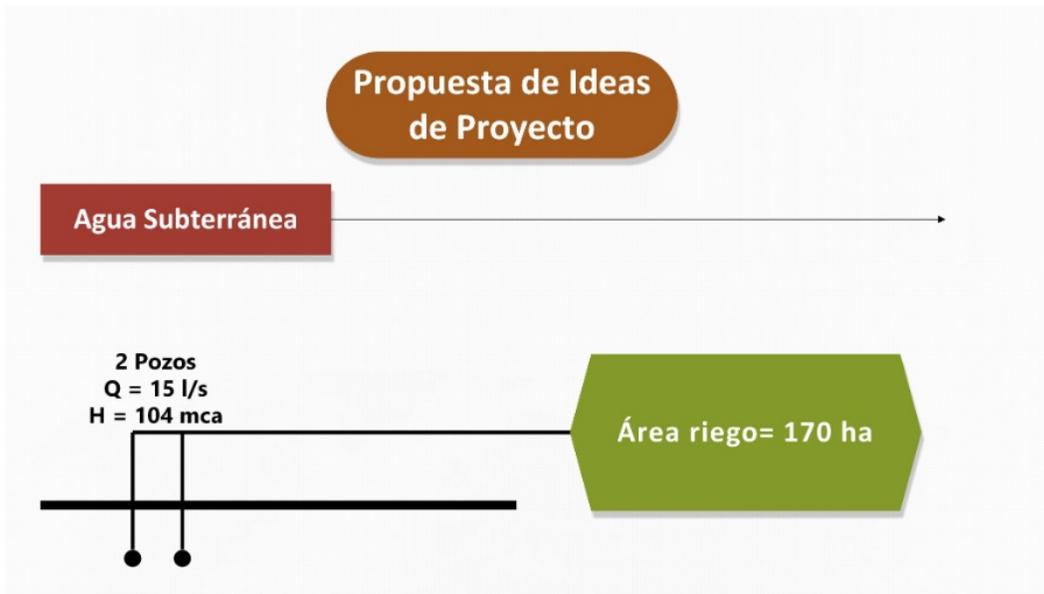


Fuente: Elaboración propia.

### 14.3 Idea de proyecto aguas subterráneas

Esta idea de proyecto corresponde a la abastecer el área de riego mediante una batería de pozos, para esto deberá basarse en la información recopilada en etapas anteriores y proponer la ubicación de estas obras, un esquema de esta idea se muestra en la Figura 73.

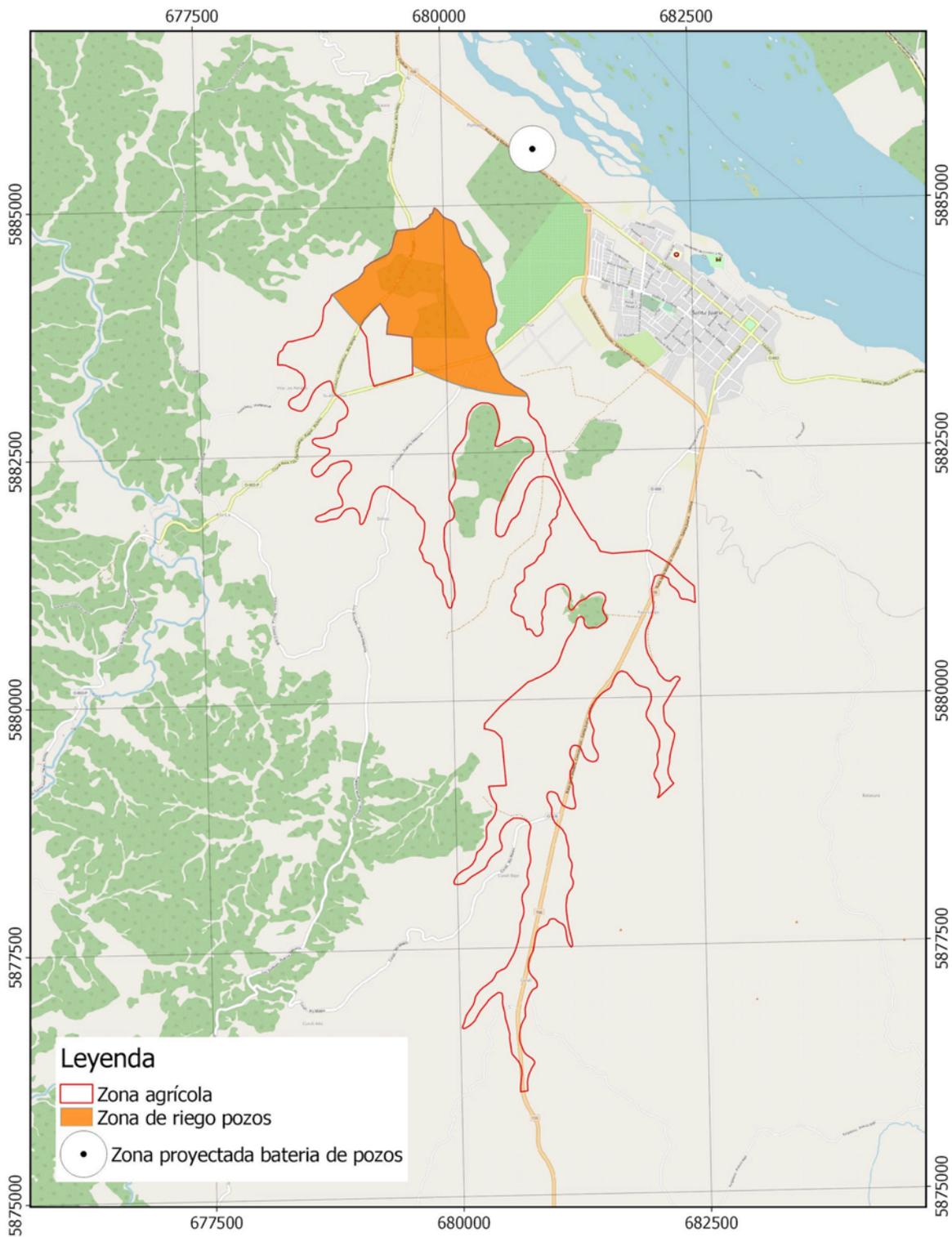
Figura 73. Esquema idea de proyecto aguas subterráneas.



Fuente: Elaboración propia.

Según bases de licitación, se evaluó la construcción de pozos para abastecer con agua para riego en la zona del proyecto. Así, se estableció los costos de construcción, habilitación y operación de dos pozos ubicados en las cercanías de Santa Juana, que según la disponibilidad de agua existente, de 50 m de profundidad que se estimó un caudal por pozo de 15 L/s. La limitación de esta idea de proyecto, viene dada por la ubicación de las zonas agrícolas, que se encuentran mayormente en el valle del Catirai hacia el interior (Figura 74). Así, se dimensionó un sistema de extracción de aguas subterráneas de dos pozos de 50 m de profundidad, capaz de extraer 15 L/s con H de 104 m (cada pozo). Esto considera la conducción por 2500 m de tubería PVC para entregar al último agricultor con presión suficiente para instalar un equipo de riego por goteo o aspersión (presión final en emisor de 20 m). Se cotizó tres modelos de bombas sumergibles (cotización adjunta) aún cuando se seleccionó una Marca Tecson S20-12 para el diseño del sistema fotovoltaico.

Figura 74. Idea de proyecto aguas subterráneas.



Fuente: Elaboración propia.

El resumen de los costos de construcción, habilitación y bombas, se muestra en la Tabla siguiente:

Tabla 85. Costos de perforación, habilitación y bombas batería de 2 pozos profundos.

Ítem	Unidades	Precio total
Bomba sumergible Tecson S20-12	2	\$2.251.480
Perforación y habilitación pozo 8" y 50 m	2	\$30.345.000
Prueba de bombeo 15 L/s 40 kVA	2	\$3.327.000
Instalación bombas	2	\$1.000.000

Fuente: Elaboración propia.

Los costos asociados a la conducción se estiman a continuación. Se consideró una conducción de 2500 m en diámetro 200 mm PN6 en todo el trayecto (aun cuando en los primeros metros se requiere PN10 y los diámetros serían menores en los últimos metros, dependiendo de la ubicación de las entregas).

Tabla 86. Costos de conducción 2500 m.

Ítem	Unidades	Precio total
Tubería hidráulica 200 mm PN6	420 tiras 6 m	\$ 46.200.000
Instalación	2500 m	\$ 4.000.000
Válvulas retención, mariposa,		\$ 1.500.000
TOTAL		\$ 51.700.000

Fuente: Elaboración propia.

Para el análisis de bombeo, se han considerado una bomba de 30 hp cuyos datos principales se muestran en la Tabla 87.

Tabla 87. Datos de la electrobomba.

Marca	Tecson
Modelo	S 20-12
Potencia (kW)	22
Voltaje (V)	380
Corriente (A)	47
Velocidad (rpm)	2900

Marca	Tecson
Ef. Eléctrica (%)	0,91
Cosfi	0,87
Pabsorbida (kW)	26,9

Fuente: Elaboración propia.

Además, se han considerado los datos de diseño mostrados en la Tabla 88.

Tabla 88. Punto de operación de la bomba.

Datos de operación	
Tiempo de uso (h)	8
Energía consumida (kWh/día)	215
Presión diseño (mca)	104
Caudal diseño (Ls <sup>-1</sup> )	15
Caudal diseño (m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> )	54
Volumen día (m <sup>3</sup> )	432

Fuente: Elaboración propia.

El costo energético del funcionamiento de la electrobomba, considera tanto el costo de la energía como la potencia demanda, \$80 por kWh y \$8.800 por kW respectivamente, lo que corresponde a una tarifa AT 4.3. Además, se considera el funcionamiento de la bomba durante 7 meses, de septiembre a marzo.

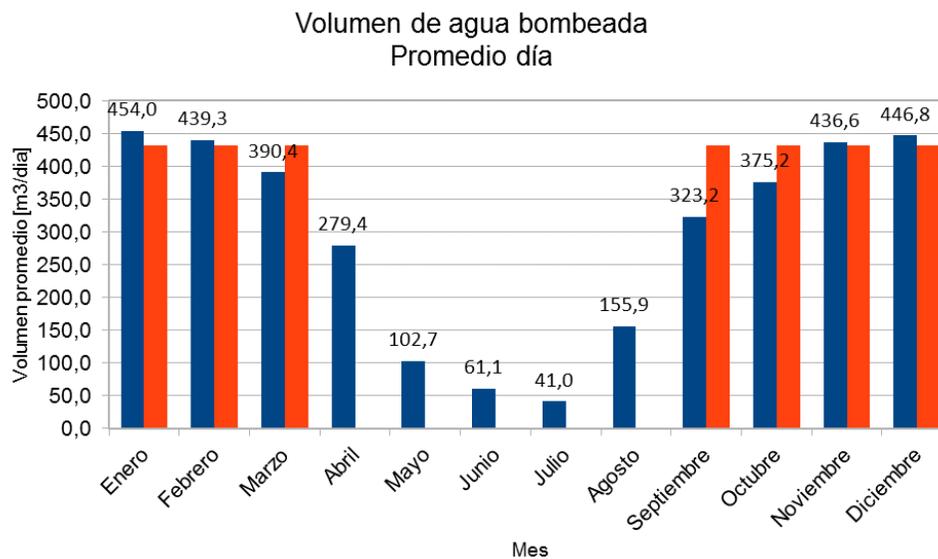
Tabla 89. Costos de operación de la electrobomba conectada a la red eléctrica con tarifa AT4.3.

Costos de operación desde red eléctrica	
Energía consumida al mes(kWh)	6.459
Costo energía por mes (\$80 kWh)	\$516.729
Costo demanda potencia (\$8800 kW)	\$236.834
Gasto temporada	\$6.459.108

Fuente: Elaboración propia.

Se diseñó un sistema fotovoltaico de bombeo con la capacidad de proveer, en promedio, igual cantidad de horas de funcionamiento que la conexión a la red eléctrica, considerando el mes de mayor radiación. El arreglo fotovoltaico resultante es de 35,2 kWp con 110 paneles de 320 Wp. El sistema de bombeo puede funcionar 7 horas a capacidad nominal y dos horas a carga parcial durante un día promedio del mes de enero. Para el mes de septiembre el sistema trabajará 3 horas a capacidad nominal y cuatro horas a carga parcial. Los detalles de los volúmenes bombeados en promedio al día se muestran en la Figura 75. Al tener capacidad de almacenamiento de agua, al año se tienen excedentes de 14.000 m<sup>3</sup> incluyendo el bombeo de agua en los meses sin demanda.

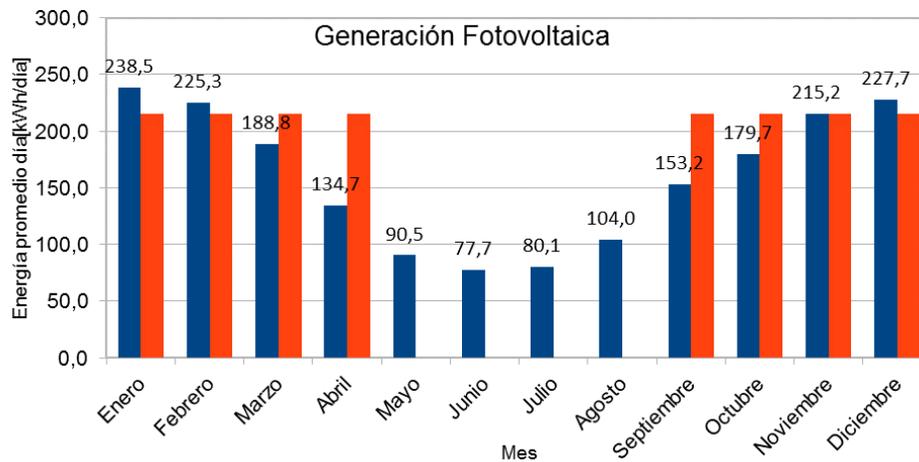
Figura 75. Volumen de agua promedio diario para un sistema de bombeo fotovoltaico directo.



Se observan excedentes de agua para cuatro meses de la temporada de riego, con respecto a la demanda de agua al día.

Se analizó un sistema de bombeo con apoyo de un sistema fotovoltaico on-grid. En este caso, se consideró que la planta fotovoltaica conectada a la red eléctrica, por lo que solo se demandará de ella la energía deficitaria en las horas de menor radiación. Por otra parte, los excedentes serán inyectados a la red eléctrica y serán acumulados para los meses de mayor demanda, siendo rebajados del consumo eléctrico. No se considera pago por los excedentes acumulados. Los detalles de la generación energética mensual se muestran en la Figura 76.

Figura 76. Comparación entre la energía generada y consumida.



Fuente: Elaboración propia.

Al considerar la generación anual, se tienen excedentes energéticos de 5.000 kWh aproximadamente, equivalente al 76% del consumo mensual.

Cabe destacar que bajo esta idea de proyecto, se puede adaptar según el ahorro de energía que se desee.

Tabla 90. Presupuesto sistema de bombeo fotovoltaico directo.

<b>Materiales sistema generación fotovoltaico</b>	<b>\$24.300.000</b>
Paneles	
Inversor	
Cables CC	
Gabinete eléctrico	
<b>Alimentación Corriente Alterna</b>	<b>\$2.200.000</b>
Línea en CA	
Puestas a tierra	
Cable de control	
<b>Soporte paneles inclinación fija</b>	<b>\$14.800.000</b>
Soporte fijo	
Hormigón	
<b>Diseño e Instalación</b>	<b>\$11.600.000</b>
Diseño	
Ingeniería de detalle	

Mano de obra	
Excavaciones	
Declaración TE1	
Gastos Generales	
<b>Valor Neto</b>	<b>\$52.900.000</b>
<b>IVA</b>	<b>\$10.051.000</b>
<b>Total</b>	<b>\$62.951.000</b>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 91. Presupuesto sistema on grid.

<b>Materiales sistema generación fotovoltaico</b>	<b>\$27.900.000</b>
Paneles	
Inversor	
Cables CC	
Gabinete eléctrico	
<b>Alimentación Corriente Alterna</b>	<b>\$2.300.000</b>
Línea en CA	
Puestas a tierra	
Cable de control	
<b>Soporte paneles inclinación fija</b>	<b>\$14.800.000</b>
Soporte fijo	
Hormigón	
<b>Diseño e Instalación</b>	<b>\$12.500.000</b>
Diseño	
Ingeniería de detalle	
Mano de obra	
Excavaciones	
Declaración TE4	
Gastos Generales	
<b>Valor Neto</b>	<b>\$57.500.000</b>
<b>IVA</b>	<b>\$10.925.000</b>

<b>Materiales sistema generación fotovoltaico</b>	<b>\$27.900.000</b>
<b>Total</b>	<b>\$68.425.000</b>

Fuente: Elaboración propia.



MÁS Y MEJOR  
RIEGO PARA CHILE



## 15 PROCEDIMIENTOS LEGALES

### 15.1 Solicitud de traslado del ejercicio del Derecho de Aprovechamiento de Aguas

Las aguas, como lo señala el artículo 5 del Código de Aguas son *“Bienes Nacionales de Uso Público y se otorga a los particulares el Derecho de Aprovechamiento de ellas en conformidad a las disposiciones del código”*, en este sentido es de toda lógica que si hubiera una modificación, respecto de la forma de utilizar este bien de uso público o en su punto de captación, se requerirá de la autorización del servicio para su ejecución. Respecto de la idea de proyecto Embalse río Lía y conducción (canal o entubamiento) a otros esteros o acumuladores, podría ser necesario estar a lo dispuesto artículo 163 del Código de Aguas que señala que *“todo traslado del ejercicio de los derechos de aprovechamiento en cauces naturales deberá efectuarse mediante autorización del Director General de Aguas, la que se tramitará conforme al párrafo 1º de este título.*

*Si la solicitud fuera realmente procedente, no se afectan derechos de terceros y existe disponibilidad del recurso en el nuevo punto de captación, la Dirección General de Aguas deberá autorizar el traslado”.*

Además, en el artículo 140, numeral 4 del Código de Aguas, establece que *“El o los puntos donde se desea captar el agua. Si la captación se efectúa mediante un embalse o barrera ubicado en el álveo, se entenderá por punto de captación aquél que corresponda a la intersección del nivel de aguas máximas de dicha obra con la corriente natural”.*

Así, toda vez que se hiciera modificación del punto de captación o en la forma del ejercicio de Derecho de Aprovechamiento de Aguas, será necesario solicitar un traslado de los Derechos de Aprovechamiento de Aguas ya constituidos, lo anterior sin perjuicio de la real factibilidad de aprobación por parte del servicio de dicha solicitud.

#### 15.1.1 Procedimiento de tramitación traslado Derecho de Aprovechamiento de Aguas

Podría definirse, como el mecanismo por medio del cual se obtiene la autorización de la Dirección General de Aguas, para el traslado del ejercicio del Derecho de Aprovechamiento de Aguas en cauces naturales, en este caso referido a un cambio de punto de captación.

Encuentra su fuente legal en el Art. 163 y normas contenidas en el párrafo 1 del título I del Código de Aguas.

La figura jurídica del traslado del ejercicio Derecho de Aprovechamiento de Agua supone llevar o cambiar el derecho de un lugar a otro, esto es, *que las aguas que se captan desde un punto pasan a captarse desde otro, debiendo necesariamente abandonarse el anterior* (Dictamen N°37.602, de 27 de noviembre de 1996, Contraloría General de la República).

La misma Contraloría en su Dictamen número 2.911, de 31 de enero de 1992, ha señalado que las autorizaciones para que la extracción de aguas amparada por un derecho aprovechamiento se efectúe en un punto distinto del señalado en el acto constitutivo o en una modificación del mismo, pero siempre dentro de un mismo cauce, *constituye un traslado del ejercicio del*

*derecho*, que debe someterse al procedimiento general regulado el párrafo I del Título I del libro segundo del Código de Aguas.

El traslado del ejercicio del Derecho de Aprovechamiento, supone necesariamente el cambio de punto de captación del derecho, sin el cual no tendría sentido el traslado. *Esto es, constituye un elemento de la esencia del traslado del ejercicio de un derecho, el cambio de punto de captación.*

Además, cabe señalar que el Código de Aguas, no contempla ninguno de sus artículos el cambio de punto de captación del derecho como mecanismo independiente, distinto del traslado del ejercicio del derecho ello, precisamente en atención a que el traslado incluye el punto de captación.

En el inciso segundo del artículo 163, se establecen los requisitos de admisibilidad de una solicitud del traslado del ejercicio Derecho de Aprovechamiento de Aguas.

El procedimiento que regula el traslado del ejercicio de los Derechos de Aprovechamiento de Aguas, establecido en el Título I del II del Código de Aguas, es un procedimiento claramente reglado y conformado por normas constitucionales que resguardan la legalidad del mismo y los principios fundamentales en los que está inspirado el actuar de la administración, entre los cuales deben destacarse las normas contenidas en los artículos 6 y 7 de la Constitución Política de la República (principio de la legalidad de los actos de la administración).

El mencionado procedimiento es vinculante para la DGA, cuando el petionario cumple con todos los requisitos necesarios para obtener la autorización del traslado del ejercicio del Derecho de Aprovechamiento de Aguas.

En efecto, de conformidad con lo previsto en los artículos 22, 141 inciso final y 163 del Código de Aguas DGA deberá autorizar una solicitud de traslado de ejercicio Derecho Aprovechamiento, cuando se cumplen los siguientes requisitos:

*a) Que la solicitud sea legalmente procedente; b) Que exista caudal disponible en el lugar en que se traslada el derecho; c) Que en ningún caso se perjudiquen o menoscaban derechos de terceros, y d) Que el traslado se realice dentro de un mismo cauce natural.*

*a) Que la solicitud sea legalmente procedente.*

La solicitud de traslado del ejercicio Derecho de Aprovechamiento de Agua debe cumplir con todos los requisitos establecidos en el artículo 163 del Código de Aguas; en el manual ARH aprobado, por medio de Resolución (exenta) N° 3.504, del 17 de diciembre 2008, de la DGA, que establece los requisitos propios de toda solicitud de traslado de Ejercicio Derecho Aprovechamiento de Aguas, así como también, en dictamen N° 40.961, de 1994 de Contraloría General de la República.

De esta forma en la solicitud correspondiente debe indicarse con claridad lo siguiente:

- Individualización completa del derecho de que se traslada, señalando claramente las especificidades propias del derecho, esto es, el derecho de uso consuntivo y no

consuntivo; si es de ejercicio permanente eventual, y si es de ejercicio continuo, discontinuo o alternado con otras personas. También debe expresarse el caudal cuyo traslado se solicita.

- El petitionerario debe acreditar con copia de la inscripción de dominio correspondiente que es propietario del derecho aprovechamiento cuyo traslado se solicita.
- El punto donde se ejerce actualmente el derecho, indicando la provincia y región en que se encuentra ubicada.
- El lugar al cual se traslada el derecho. Al respecto es importante destacar que debe indicarse la provincia y región que corresponde al lugar hacia el cual se traslada el derecho, este punto debe indicarse con referencia a puntos conocidos, o en coordenadas UTM, para lo cual debe señalarse la Carta, escala y Datum utilizado para determinar las coordenadas.

En suma tanto la solicitud respectiva, como las publicaciones que ordena el Código de Aguas deben contener todos los requisitos indicados, que constituyen los datos necesarios para la acertada inteligencia de la petición, tal como lo exige el artículo 131 inciso tercero, del mencionado ordenamiento.

*b) Que exista caudal disponible en el lugar en que se traslada el derecho.*

Para que la DGA acceda a una solicitud de traslado de ejercicio del Derecho de Aprovechamiento de Aguas, es necesario que en el lugar en el cual se trasladan los derechos exista disponibilidad física y jurídica del recurso, lo que dicho de otro modo supone que se puede extraer el derecho en el nuevo punto, sin perjuicio ni menoscabo de derechos de tercero existentes en el lugar.

Para ello DGA debe efectuar los estudios técnicos y legales con la finalidad de determinar la procedencia o improcedencia de la petición. Dentro de los estudios indicados se encuentra en el análisis hidrológico del cauce y de la cuenca correspondiente, como también sobre los Derechos de Aprovechamiento constituidos y las solicitudes pendientes en el lugar, para lo cual dicho servicio cuenta con un importante instrumento como lo es el CPA, al que se refiere el artículo 122 del Código de Aguas.

*c) Que en ningún caso se perjudiquen o menoscaban derechos de terceros.*

La DGA para autorizar el traslado del ejercicio de un derecho de aprovechamiento debe, por expreso mandato de la ley velar por el respeto de los derechos de terceros. Es así, que sólo se accederá al traslado en la medida que no se perjudique ni menoscaben a otros derechos.

Lo anterior es una consecuencia de uno de los principios fundamentales del Derecho de Aguas Chileno, como lo es el respeto irrestricto a los derechos de terceros.

*d) Que el traslado se realice dentro de un mismo cauce natural.*

Las solicitudes de traslado del ejercicio Derecho Aprovechamiento en cauces naturales, deben corresponder necesariamente a una misma cuenca hidrográfica, y más específicamente, dentro de un mismo cauce natural.

El sujeto activo de la solicitud podrá ser persona natural o jurídica (obrando por si o legalmente representada), titular de Derechos de Aprovechamiento de Aguas, debidamente inscritos en el Conservador de Bienes Raíces y en el Catastro Publico de Aguas.

Las solicitudes se tramitarán conforme al procedimiento administrativo general regulado los artículos 130 y siguientes del Código de Aguas.

Sin perjuicio de lo anterior podemos señalar que la solicitud deberá contener, a los menos, todas las menciones que establece el Artículo 163 y siguientes del Código de Aguas, esto es; la individualización del solicitante, el nombre del cauce y la ubicación del punto de captación del derecho originalmente constituido, la forma o el modo por el cual se realizará la captación de las aguas, los títulos que justifiquen el dominio del derecho de aprovechamiento, el nombre del cauce y la ubicación del nuevo punto de captación al cual se solicita trasladar el derecho originalmente constituido, indicando el Datum y Huso y por último la nueva distancia y desnivel entre el nuevo punto de captación y restitución.

La solicitud deberá presentarse conforme lo dispone el artículo 130 del Código de Aguas, *ante la oficina de este servicio del lugar, o ante el Gobernador respectivo.*

La solicitud de traslado de Derecho de Aprovechamiento de Aguas deberá llevar adjuntos los antecedentes legales que justifiquen el dominio del derecho de aprovechamiento, es decir; inscripción del derecho en el catastro público de aguas, resolución D.G.A. que constituyó originalmente el derecho de aprovechamiento, inscripción en el Registro de Propiedad de Aguas del Conservador de Bienes Raíces correspondiente. En el caso que las solicitudes sean presentadas por personas jurídicas, a éstas deberán acompañarse Certificado de vigencia de la sociedad y poder conferido al representante legal con vigencia.

Se deberá presentar un ejemplar de la solicitud, un extracto de la solicitud, un plano de ubicación, además de un ejemplar de antecedentes legales y/o técnicos y fotocopia de cédula de identidad. Además es necesario que se presenten, en hojas separadas de la solicitud, cinco extractos de ella, a fin de que sean timbrados en la oficina de ingreso, para ser presentadas en las oficinas de los diarios en que se realizarán las publicaciones respectivas.

Los extractos de las solicitudes se publicarán por una sola vez, dentro de un plazo de 30 días hábiles, contados desde el día siguiente de la fecha de ingreso de la solicitud, en el Diario Oficial, y además en forma destacada en un Diario de Santiago y en un diario de la provincia respectiva o de la capital de la región respectiva. Adicional a las publicaciones, el extracto deberá ser difundido por a lo menos tres veces en una radioemisora con cobertura en el punto o puntos de la solicitud.

Dentro de los 15 días posteriores a la última publicación, se deberá acreditar la realización de estas y de la difusión radial, en la misma oficina donde se ingresó la solicitud, presentando las hojas completas de las publicaciones en el diario y certificado de difusión radial.

Toda vez que la Dirección General de Aguas o estime necesario, se deberá realizar un nuevo estudio de disponibilidad del recurso, para lo que será imperativa a lo menos una inspección ocular en el punto de captación. Los gastos asociados a dicha inspección serán de costo del interesado, conforme lo señala el artículo 135, del Código de Aguas.

#### 15.1.2 Costos asociados a la tramitación

Tabla 92. Se estima que los costos asociados a la tramitación son del siguiente orden aproximado .

ETAPA I	VALOR UF
Informe Técnico Para presentación previa de expediente.	15
Elaboración de carpetas y solicitudes	15
Presentación de la solicitud y los antecedentes legales técnicos requeridos por la DGA o Gobernación.	Sin costo
Publicaciones y respuestas a eventuales oposiciones.	20
<b>ETAPA II</b>	
Informe técnico de la DGA	5
Resolución DGA	Sin costo
Reducción a escritura pública resolución DGA.	4
Costos notariales	3
Inscripción CBR	3
SUB-TOTAL (Incluye visita a terreno de la DGA)	65
<b>ETAPA III, solo en caso de resolución DGA NEGATIVA.</b>	
Recursos ante la DGA	10
Recursos ante la Corte de Apelaciones respectiva.	25

Fuente: Fuente INDAP.

#### 15.1.3 Interferencias entre solicitudes de traslado de ejercicio y solicitudes de Derechos de Aprovechamiento.

Para tales efectos la DGA, ha sentado el criterio, en el sentido de que si se tratase de una solicitud de traslado de ejercicio presentada sin existir solicitudes de derechos de aprovechamiento de aguas pendientes, no se esperara 6 meses para su resolución, por el contrario, si existiesen solicitudes de Derechos de Aprovechamientos de Aguas pendientes cuando se realice la presentación de la solicitud de traslado, será precisamente ese plazo el que

se considerara para la resolución de la solicitud, contado desde el ingreso de la primera solicitud de Derechos de Aprovechamientos de Aguas y la o las solicitudes se resolverán en forma directa si existe disponibilidad o vía remate si la disponibilidad no es suficiente para satisfacer lo solicitado. Una vez resuelta la o las solicitudes de Derecho de Aprovechamiento, se podrá resolver la solicitud de traslado de ejercicio.

Sin perjuicio de las precisiones procedimentales ya realizadas, y en atención a la situación particular en análisis, es menester señalar que en el evento de solicitarse el traslado de Derecho de Aprovechamiento que el Fisco tiene constituido en el río Lía, este traslado se solicitaría realizar hacia donde existen dos Derechos de Aprovechamiento de Aguas Consuntivos ya constituidos y de propiedad (conforme al Catastro Publico de Aguas) de Marco Antonio Cáceres Ule y Astrid Beatriz Díaz Astudillo, titulares que podrían oponerse al pretendido traslado, eventualmente no pudiendo inscribirse el traslado del derecho jamás.

Otro aspecto a considerar, es el Derecho de Aprovechamiento de Aguas de que es titular la Forestal Collicura limitada en el río Lía (de carácter no consuntivo), el que se vería afectado desde el punto de vista de su restitución, ya que conforme a los antecedentes tenidos a la vista, el punto de restitución se encuentra emplazado en la potencial zona de inundación, situación que eventualmente motivaría la oposición al traslado por parte del titular del derecho ya señalado.

En otro orden de ideas, y en referencia al derecho perteneciente al Fisco, aun cuando el Derecho de Aprovechamiento tenga un punto de captación específico, si la solicitud de traslado es para la construcción de una obra de acumulación, el servicio considera como captación, toda la zona de inundación, por tanto si se pretende trasladar el punto de captación, se verían afectados los derechos ya constituidos y que se encontrasen en la zona de inundación, por lo que eventualmente la solicitud de traslado podría ser rechazada de plano por el servicio.

Sin perjuicio de todo lo dicho, y en relación a la eventual afectación del caudal del derecho fiscal producto del traslado (si este fuese aceptado), es menester señalar que el expediente número 134, que contiene la resolución que constituye el Derecho de Aprovechamiento en favor del Fisco en el río Lía, el 6 de noviembre del año 1997, en su punto número 5 contiene una restricción de caudal que podría estimarse asimilable a una restricción de caudal ecológico.

Por el hecho de existir este “presunto caudal ecológico”, se estima que no debiesen aplicarse nuevas restricciones al caudal en el caso de lograrse el traslado del Derecho.

Sin perjuicio de lo anterior, es menester presente que el traslado de punto de captación, aguas arriba, presumiblemente mermaría los caudales otorgados en la resolución original, producto del nuevo estudio de disponibilidad, alterando eventualmente el caudal nominal o en su defecto el ejercicio del derecho (ej. pasando de ejercicio permanente a eventual).

## 15.2 Solicitud de Construcción de grandes obras hidráulicas

Respecto de la construcción del muro que propiciaría el Embalse en el río Lía, se estima que este debiera considerarse dentro de las denominadas “Obras hidráulicas mayores” toda vez que se proyecta que este tenga más de 5 metros de altura.

En relación con lo anterior, el artículo 294 del Código de Aguas que establece *“Requerirán la aprobación del Director General de Aguas, de acuerdo al procedimiento indicado en el Título I del Libro Segundo, la construcción de las siguientes Obras: a) Los Embalses de capacidad superior a cincuenta mil metros cúbicos o cuyo muro tenga más de 5m. de altura (...)”*, luego y conforme a lo dicho, se estima que debiese ingresarse una solicitud de construcción de grandes obras hidráulicas.

### 15.2.1 Procedimiento de tramitación

El procedimiento para obtener la mencionada autorización se encuentra regulado en los artículos 130 y siguientes del Código de Aguas y en el en el manual ARH aprobado, por medio de Resolución (exenta) N° 3.504, del 17 de diciembre 2008, de la DGA, por lo que nos remitimos a lo descrito respecto del procedimiento de Traslado de Derecho de Aprovechamiento de aguas.

Sin perjuicio de lo anterior, es menester señalar que el propio artículo 294 en su inciso final, establece regla de excepción a tal tramitación señalando que *“(...)Quedan exceptuados de cumplir los trámites y requisitos a que se refiere este artículo, los Servicios dependientes del Ministerio de Obras Públicas, los cuales deberán remitir los proyectos de obras a la Dirección General de Aguas dentro del plazo de seis meses contado desde la recepción final de la obra, para su conocimiento, informe e inclusión en el Catastro Público de Aguas”*, excepción que pudiese ser pertinente a la idea de proyecto.

Los dicho debe relacionarse con lo dispuesto en el artículo 295 prescribe que, *“La Dirección General de Aguas otorgará la autorización una vez aprobado el proyecto definitivo y siempre que haya comprobado que la obra no afectará la seguridad de terceros ni producirá la contaminación de las aguas.*

*Un reglamento especial fijará las condiciones técnicas que deberán cumplirse en el proyecto, construcción y operación de dichas obras”* el citado artículo, tiene íntima relación con lo dispuesto en el Art. 41° del mismo cuerpo legal, del que se desprende que *“el proyecto y construcción de las modificaciones que fueren necesarias realizar en cauces naturales o artificiales que puedan causar daño a la vida, salud o bienes de la población o que de alguna manera alteren el régimen de escurrimiento de las aguas, serán de responsabilidad del interesado y deberán ser aprobadas previamente por la Dirección General de Aguas de conformidad con el procedimiento establecido en el párrafo 1 del Título I del Libro Segundo del Código de Aguas. La Dirección General de Aguas determinará mediante resolución fundada cuáles son las obras y características que se encuentran o no en la situación anterior.*

*Se entenderá por modificaciones no sólo el cambio de trazado de los cauces, su forma o dimensiones, sino también la alteración o sustitución de cualquiera de sus obras de arte y la construcción de nuevas obras, como abovedamientos, pasos sobre o bajo nivel o cualesquiera otras de sustitución o complemento”, todo lo dicho guarda estrecha relación con lo dispuesto en el artículo 171 del mismo cuerpo reglamentario, en cuanto a necesidad de autorización del servicio refiriéndose además a excepciones a la norma.*

De acuerdo a toda la normativa citada, es evidente la necesidad de autorización del servicio para realizar cualquier modificación a un cauce natural y en particular en el río Lía, así lo dicho es plenamente aplicable a la potencial construcción del muro, construcción de bocatomas y canal de trasvasije.

No obstante las referencias realizadas al procedimiento general administrativo, regulado por el Art. 130 y siguientes del Código de Aguas, podemos precisar que se debe ingresar una solicitud elaborada por el interesado o por el representante legal, en su caso, y dirigida al Sr. Director General de Aguas, la cual debe contener, a lo menos: la individualización del solicitante con su nombre completo, individualización de la resolución que constituyo originariamente el Derecho, si corresponde, Individualización de la inscripción en el Registro de Propiedad de Aguas del Conservador de Bienes Raíces competente, si corresponde, el nombre del cauce donde se desea construir la obra de captación, y la Provincia en que están ubicadas o que recorren ubicación precisa de las obras de captación y breve descripción de las obras que se solicita aprobar.

Respecto de la documentación necesaria; el peticionario debe obrar por si o representado por mandatario con suficiente poder para representarlo, cuando corresponda debe acompañar los antecedentes legales de la persona Jurídica, copia de la resolución que constituyo originariamente el derecho, cuando corresponda, inscripción de dominio vigente del Derecho, certificado de Inscripción en el Catastro Público de Aguas emitido por la Dirección General de Aguas, el proyecto de la obra se ajustará a lo solicitado por la Dirección General de Aguas y la constitución de una garantía que permita financiar el costo de una eventual, modificación o demolición de la obra, para que no constituya peligro, si fuere abandonada durante su construcción.

En lo relativo al ingreso del expediente al catastro público de aguas, publicaciones y aviso radial, oposiciones, revisión formal, solicitud de antecedentes técnicos y otros, deberemos estarnos a lo dispuesto en el Art. 130 y siguientes del Código de Aguas y al manual ARH aprobado, por medio de Resolución (exenta) N° 3.504, del 17 de diciembre 2008, de la DGA.

#### 15.2.2 Interferencia entre obra y DAA de terceros

A este respecto damos por reproducido lo expresado al respecto al tratar la temática en el traslado del Derecho de Aprovechamiento del Fisco.

### 15.3 Solicitud de uso de cauces públicos

Respecto del uso de cauces públicos el artículo 39 del CA señala que *“Las aguas de aprovechamiento particular podrán vaciarse en cauces naturales de uso público para ser extraídas en otra parte de su curso, previa autorización de la Dirección General de Aguas. Serán de cargo del concesionario los gastos que ocasionen la introducción y extracción de las aguas y los perjuicios que se causaren, como también los gastos de conservación de las nuevas obras”*.

Conforme a lo dicho, es factible solicitar autorización del servicio para conducir aguas a través de un cauce natural de uso público, con el fin de aprovecharlas extrayéndolas desde otro punto del mismo. Sin perjuicio de que para efectuar dicha conducción se requeriría de una autorización previa de la DGA, la que daría origen a una concesión, haciéndose presente que todos los gastos que irrogue la introducción y extracción de las aguas, posibles perjuicios y gastos de conservación corresponderán al concesionario.

Por su parte el artículo 40 del Código de Aguas señala que *“El concesionario no podrá extraer del cauce mayor cantidad de agua que la vaciada, deducidas las mermas por evaporación e infiltración, tomando en cuenta la distancia recorrida por las aguas y la naturaleza del lecho. La junta de vigilancia respectiva o cualquier interesado podrá, en caso justificado, solicitar la revocación de la autorización a que se refiere el artículo anterior”*, así, el artículo 40 señala la cantidad de agua que el titular del Derecho de Aprovechamiento podrá extraer desde otro punto del cauce natural. En esta línea, la norma citada establece que no se podrá extraer del cauce mayor cantidad de agua que la vaciada, deducidas las mermas por evaporación e infiltración, tomando en cuenta la distancia recorrida por las aguas y la naturaleza del lecho. Agrega en su inciso segundo, que la junta de vigilancia respectiva o cualquier interesado podrá en caso justificado solicitar la revocación de la autorización dada, para estos efectos, por la DGA.

La posibilidad de conducir aguas de aprovechamiento particular por un cauce natural de uso público determinado, tiene varios inconvenientes y dificultades; dentro de ellos el más importante es el señalado en el inciso primero del artículo 40, que se refiere que se puede limitar la extracción deducidas las mermas por evaporación e infiltración, quedando en manos de la DGA determinar finalmente la cantidad que efectivamente se puede extraer en el nuevo punto, lo que es un riesgo mayor, ya que podría llegar a reducir en forma considerable el caudal que podría captarse el nuevo punto. Otro inconveniente es que esta autorización está sujeta al procedimiento administrativo contemplado en los artículos 130 y siguientes del Código de Aguas, procedimiento que debe cumplir con exigencias de publicaciones y difusión radial, medidas de publicidad que pueden provocar la presentación de oposiciones al proyecto, y cuya tramitación también puede demorar mucho hasta el otorgamiento de la autorización respectiva por parte de la DGA. Adicionalmente, la utilización de un cauce natural de uso público para la conducción de aguas de aprovechamiento particular implicaría posiblemente la modificación del mismo y la construcción de una obra de captación; para todo lo cual se requiere también, aprobación previa conforme a lo dispuesto en los artículos 4, 171, 151 y siguientes todo del Código de Aguas y para obtener dicha aprobación previa; de seguirse asimismo, con el

procedimiento regulado en los artículos 130 y siguientes del Código de Aguas, con el riesgo que ello conlleva y que ya ha sido señalado.

#### 15.3.1 Procedimiento de tramitación

El procedimiento para obtener la mencionada autorización, se encuentra regulado en los artículos 130 y siguientes del Código de Aguas y en el en el manual ARH aprobado, por medio de Resolución (exenta) N° 3.504, del 17 de diciembre 2008, de la DGA, por lo que nos remitimos a lo descrito respecto del procedimiento de Traslado de Derecho de Aprovechamiento de aguas.

#### 15.4 Servidumbres o expropiaciones para el paso del canal o entubamiento de la conducción del agua desde el río Lía a esteros del valle

En relación a la **eventual necesidad de realizar servidumbres y/o expropiaciones para el paso del canal o entubamiento de la conducción del agua desde el río Lía a esteros del valle**, es preciso realizar una precisión preliminar, las servidumbres conforme a lo dispuesto por el Código Civil Chileno son *“Es un gravamen impuesto sobre un predio en utilidad de otro predio de distinto dueño”*, luego el artículo 69 del CA hace aplicable el concepto dado a materias de aguas. Por su parte la expropiación es un fenómeno de Derecho Público, constitucional y administrativo, que consiste en la transferencia coactiva de la propiedad privada desde su titular al Estado, mediante indemnización: concretamente, a un ente de la Administración Pública dotado de patrimonio propio. Conforme a lo dicho, es preciso determinar, quien sería el ejecutor de la idea de proyecto que se realizare, a fin de determinar normas procedimentales y costos asociados.

Sin perjuicio de lo anterior, el legislador, ha tratado ampliamente el tema de las servidumbres encontrándose regulado el tema en normas contenidas en el Código Civil y en el Código de Aguas.

#### 15.5 Derechos de Aprovechamiento Embalse estero los Pellines

En relación a la idea de proyecto emplazada en este cauce, es necesario tener presente que consta en los antecedentes, la existencia de un comité de riego denominado Curalí, que no cuenta con Derechos de Aprovechamientos de Aguas Inscritos, sin perjuicio de que es posible apreciar que cuentan con una bocatoma bastante antigua.

Respecto de lo anterior, se estima que la manera más apropiada de regularizar dichos Derechos de Aguas sería Conforme a lo dispuesto en el Artículo Segundo Transitorio del Código de Aguas, que establece que *“Los derechos de aprovechamiento inscritos que estén siendo utilizados por personas distintas de sus titulares a la fecha de entrar en vigencia este código, podrán regularizarse cuando dichos usuarios hayan cumplido cinco años de uso ininterrumpido, contados desde la fecha en que hubieren comenzado a hacerlo, en conformidad con las reglas siguientes:*

- a) *La utilización deberá haberse efectuado libre de clandestinidad o violencia, y sin reconocer dominio ajeno;*
- b) *La solicitud se elevará a la Dirección General de Aguas ajustándose en la forma, plazos y trámites a lo prescrito en el párrafo 1° del Título I del Libro II de este código;*
- c) *Los terceros afectados podrán deducir oposición mediante presentación que se sujetará a las reglas señaladas en la letra anterior, y*
- d) *Vencidos los plazos legales, la Dirección General de Aguas remitirá la solicitud y todos los antecedentes más la oposición, si la hubiere, al Juez de Letras en lo Civil competente, quien conocerá y fallará de acuerdo al procedimiento establecido en el artículo 177 y siguientes de este código.*
- e) *El mismo procedimiento se aplicará en los casos de las personas que, cumpliendo todos los requisitos indicados en el inciso anterior, solicitaren inscribir derechos de aprovechamiento no inscritos, y aquellos que se extraen en forma individual de una fuente natural”.*

Conforme a lo dicho, el Artículo 2° Transitorio del Código de Aguas, establece que los derechos de aprovechamiento inscritos que estén siendo utilizados por personas distintas de sus titulares, derechos no inscritos, y aquellos que se extraen en forma individual de una fuente natural, podrán regularizarse cuando dicho/as usuario/as hayan cumplido cinco años de uso ininterrumpido, contados hacia atrás desde la fecha de entrada en vigencia del Código de Aguas de 1981, es decir, antes del 29 de octubre de 1976, en conformidad con las reglas siguientes:

- a) La utilización deberá haberse efectuado libre de clandestinidad o violencia y sin reconocer dominio ajeno;
- b) La solicitud se elevará a la Dirección General de Aguas, ajustándose en la forma, plazos y trámites a lo concerniente a cualquier otra solicitud presentada ante la D.G.A.
- c) Lo/as tercero/as que se vean afectado/as podrán deducir oposiciones, hasta treinta días hábiles después de realizada la última publicación.
- d) Vencidos los plazos legales, la D.G.A., remitirá la solicitud y sus antecedentes al Juez de letras en lo Civil competente, quien conocerá y fallará de acuerdo al procedimiento establecido en el Código de Aguas.

Para solicitar una regularización del derecho de aprovechamiento, es necesario presentar una solicitud dirigida al Director General de Aguas, la cual debe ser ingresada de acuerdo a su procedencia en la Oficina de Partes de la Dirección General de Aguas de la provincia en que se encuentra ubicado el punto de captación de las aguas que se desean regularizar. Si no existe la citada oficina en el lugar, deberá presentarse ante el Gobernador Provincial respectivo.

Las solicitudes de regularización de derecho de aprovechamiento de aguas, deben contener, al menos la siguiente información:

El nombre del álveo (cauce) de las aguas que se están aprovechando, su naturaleza, superficiales o subterráneas, corrientes o detenidas y la provincia y comuna en que están ubicadas o que recorren. En el caso de aguas subterráneas indicar además, radio de protección. La cantidad de agua que se solicita regularizar, expresada en medidas métricas de volumen y de tiempo (L/s, m<sup>3</sup>/s, etc.). El o los puntos donde se capta el agua. La forma o el modo por el cual

se realizará la captación de las aguas (por gravedad o mecánicamente). Si el derecho es consuntivo o no consuntivo, de ejercicio permanente o eventual, continuo, discontinuo o alternado con otras personas. Si la solicitud recae en un derecho para usos no consuntivos, se indicará además, el punto de restitución de las aguas, la distancia y el desnivel entre la captación y la restitución. El derecho no consuntivo, permite emplear el agua sin consumirla y obliga a restituirla en la misma calidad, cantidad y oportunidad (Ejemplo: generación eléctrica, pisciculturas, etc.). El derecho consuntivo permite consumir el total de las aguas en cualquier actividad (Ejemplo: riego, agua potable, abrevamiento de animales, etc.).

Las solicitudes presentadas por personas jurídicas deberán acompañar los siguientes documentos, actualizados (con una antigüedad menor a 60 días) y en original o autorizados ante notario:

- Certificado de vigencia de la sociedad.
- Poder conferido al representante legal con vigencia.

Es conveniente, que junto a la solicitud se anexen todo tipo de antecedentes que permitan certificar y mejor resolver si se trata de un derecho factible de regularizar.

Entre estos antecedentes se pueden mencionar los siguientes:

- Título de dominio del predio con certificado de vigencia (necesario en aguas subterráneas) y títulos antiguos si se transfirió recientemente.
- Boletas o facturas que acrediten la construcción de la obra.
- Fotografías antiguas o aéreas que se constate la existencia de la obra.
- Otro antecedente que entregue información al respecto.

Se deberán presentar dos ejemplares de la solicitud y un plano de ubicación, además de un ejemplar de la carpeta de antecedentes legales y/o técnicos, si corresponde anexarlo y fotocopia cédula de identidad. Además es necesario que se presenten, en hojas separadas de la solicitud, seis extractos de ella, a fin de que sean timbrados en la oficina de ingreso, para ser presentadas en las oficinas de los diarios en que se realizarán las publicaciones y en la radio donde se radiodifundirá.

Los extractos de las solicitudes se publicarán por una sola vez, dentro de un plazo de 30 días hábiles, contados desde la fecha de ingreso de la solicitud, en cada uno de los siguientes diarios:

- Diario Oficial, que solo publica para estos efectos, los días 1 o 15 de cada mes o el primer día hábil inmediato si aquellos fuesen feriados.
- Diario de Santiago, en forma destacada.
- Diario de la Provincia, y si no hubiere, en un diario de la Capital Regional correspondiente.

Adicionalmente, el extracto será difundido al menos tres veces por una radioemisora con cobertura en la o las provincias que abarque la solicitud, o en su defecto, en una con cobertura



MÁS Y MEJOR  
RIEGO PARA CHILE



en la capital de la región o regiones correspondientes (listado disponible en la página web [www.dga.cl](http://www.dga.cl)), dentro de los 30 días hábiles siguientes al ingreso de la solicitud, los días 1 o 15 de cada mes, o al día siguiente hábil si aquellos fueren feriados, en cualquier horario entre las ocho y las veinte horas, dejándose constancia de ello en el medio de comunicación respectivo, mediante un certificado de difusión radial (certificado está disponible en las oficinas de la Dirección y Gobernaciones Provinciales), según se indica en la Resolución D.G.A. Nº 3464 de 15 de diciembre de 2008, en vigencia a contar del 23 de enero de 2009 **IMPORTANTE:** La fecha de emisión del Certificado deberá ser posterior a la radiodifusión respectiva.

En un plazo de 15 días contados desde la fecha de la última publicación, se deberán hacer llegar al lugar en que se realizó la presentación de la solicitud, las hojas enteras originales de los periódicos en que se realizaron las publicaciones. En su defecto, también se aceptan fotocopias de la página completa del diario en que se realizó la publicación, autenticada ante notario.



MÁS Y MEJOR  
RIEGO PARA CHILE



## 16 ANÁLISIS DE PERTINENCIA DE INGRESO AL SEIA

En función de la tipología y características de cada idea de proyecto planteada en el presente informe, se efectúa un análisis de pertinencia de ingreso de las mismas al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), conforme a los artículos 10 de la Ley N°19.300 y según tipología, señalada en el artículo 3 del D.S. N°40 – Reglamento del SEIA que define lo siguiente en su literal a):

*a) Acueductos, Embalses o tranques y sifones que deban someterse a la autorización establecida en el artículo 294 del Código de Aguas.*

Presas, drenajes, desecación, dragado, defensa o alteración, significativos, de cuerpos o cursos naturales de aguas, incluyendo a los glaciares que se encuentren incorporados como tales en un Inventario Público a cargo de la Dirección General de Aguas.

a.1. Presas cuyo muro tenga una altura superior a cinco metros (5 m) medidos desde el coronamiento hasta el nivel del terreno natural, en el plano vertical que pasa por el eje de éste y que soportará el Embalse de las aguas, o que generen un Embalse con una capacidad superior a cincuenta mil metros cúbicos (50.000 m<sup>3</sup>).”

Considerando lo estipulado en el Código de Aguas, artículo 294 al cual hace referencia el artículo 3 del Reglamento del SEIA y señala lo siguiente:

*ARTICULO 294°.- Requerirán la aprobación del Director General de Aguas, de acuerdo al procedimiento indicado en el Título I del Libro Segundo, la construcción de las siguientes Obras:*

- a) Los Embalses de capacidad superior a cincuenta mil metros cúbicos o cuyo muro tenga más de 5m. de altura;*
- b) Los acueductos que conduzcan más de dos metros cúbicos por segundo;*
- c) Los acueductos que conduzcan más de medio metro cúbico por segundo, que se proyecten próximos a zonas urbanas, y cuya distancia al extremo más cercano del límite urbano sea inferior a un kilómetro y la cota de fondo sea superior a 10 metros sobre la cota de dicho límite, y*
- d) Los sifones y canoas que crucen cauces naturales.*

*Quedan exceptuados de cumplir los trámites y requisitos a que se refiere este artículo, los Servicios dependientes del Ministerio de Obras Públicas, los cuales deberán remitir los proyectos de obras a la Dirección General de Aguas dentro del plazo de seis meses contado desde la recepción final de la obra, para su conocimiento, informe e inclusión en el Catastro Público de Aguas.*

A continuación, en la siguiente Tabla, se describe para cada idea de proyecto presentada el análisis de pertinencia de ingreso al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) en función de lo expuesto anteriormente:

Tabla 93. Análisis de pertinencia de ingreso para cada idea de proyecto.

<p>Ideas de proyecto sin regulación</p> <p>(Figura 77)</p>	<p>Canal</p>	<p>Según las características de la idea de proyecto presentada, esta no está obligada a ingresar al sistema de evaluación de impacto ambiental, toda vez que no cumple con los requisitos establecidos en la legislación ambiental vigente no lo obligan a evaluarse ambientalmente previa a su fase de construcción. Lo anterior, es sin perjuicio de las autorizaciones sectoriales que se requieran, las que deberán ser tramitadas y aprobadas ante los servicios públicos correspondientes, previa fase de construcción.</p> <p>Lo anterior en función de no cumplir con lo estipulado en el artículo 294 del código de aguas, debido a que para ambos escenarios analizados; el primero considera la conducción de solamente los derechos de aprovechamiento de tipo permanentes y continuos (310 L/s) y la segunda considera además los derechos de aprovechamiento de tipo permanente y eventuales (610 L/s), no superan lo establecido por el artículo 294 del Código de Aguas (2.000 L/s) señalado en el artículo 3 del Reglamento del SEIA.</p>
<p>Ideas de proyecto con regulación</p> <p>(Figura 78)</p>	<p>Embalse Lía</p>	<p>Según las características de la idea de proyecto presentada, esta si está obligada a ingresar al sistema de evaluación de impacto ambiental, toda vez que cumple con los requisitos establecidos en la legislación ambiental vigente no lo obligan a evaluarse ambientalmente previa a su fase de construcción.</p> <p>Lo anterior en función de cumplir con lo estipulado en el artículo 3 del Reglamento del SEIA, literal a.1., debido a que el Embalse Lía, se requeriría un canal para un caudal de 980 L/s y un Embalse que necesitaría acumular unos 6,35 millones de m<sup>3</sup> y tendría una altura de unos 24 m.</p>
	<p>Embalse Pellines</p>	<p>Según las características de la idea de proyecto presentada, esta si está obligada a ingresar al sistema de evaluación de impacto ambiental, toda vez que cumple con los requisitos establecidos en la legislación ambiental vigente no lo obligan a evaluarse ambientalmente previa a su fase de construcción.</p> <p>Lo anterior en función de cumplir con lo estipulado en el artículo 3 del Reglamento del SEIA, literal a.1., debido a que el Embalse necesitaría acumular 500.000 m<sup>3</sup> y tendría</p>

		una altura de muro de unos 15 m.
	Embalse Estero S/N	<p>Según las características de la idea de proyecto presentada, esta si está obligada a ingresar al sistema de evaluación de impacto ambiental, toda vez que cumple con los requisitos establecidos en la legislación ambiental vigente no lo obligan a evaluarse ambientalmente previa a su fase de construcción.</p> <p>Lo anterior en función de cumplir con lo estipulado en el artículo 3 del Reglamento del SEIA, literal a.1. debido a que el Embalse necesitaría acumular 800.000 m<sup>3</sup> y tendría una altura de muro de unos 17 m.</p>
Aguas Subterráneas  (Figura 79)	De acuerdo a las bases de licitación esta idea de proyecto corresponde a la idea de proyecto de abastecer el área de riego mediante una batería de pozos	<p>Según las características de la idea de proyecto presentada, esta no está obligada a ingresar al sistema de evaluación de impacto ambiental, toda vez que no cumple con los requisitos establecidos en la legislación ambiental vigente no lo obligan a evaluarse ambientalmente previa a su fase de construcción. Lo anterior, es sin perjuicio de las autorizaciones sectoriales que se requieran, las que deberán ser tramitadas y aprobadas ante los servicios públicos correspondientes, previa fase de construcción.</p> <p>Lo anterior en función de no cumplir con lo estipulado en el artículo 294 del código de aguas.</p>

Del análisis anterior se desprende que las ideas de proyecto que deben ser sometido al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) corresponden a: Embalse Lía, Embalse Pellines y Embalse Estero S/N, debido a que cumplen con lo estipulado en el artículo 3 del Reglamento del SEIA, literal a.1. *“cinco metros (5 m) medidos desde el coronamiento hasta el nivel del terreno natural o que generen un Embalse con una capacidad superior a cincuenta mil metros cúbicos (50.000 m<sup>3</sup>)”*.

Es dable señalar que las consideraciones para el caso de cada idea de proyecto que debe ser evaluada obligatoriamente (Embalses) se deberán realizar presentando una **Declaración de Impacto Ambiental (DIA)**, salvo que dicho proyecto genere o presente alguno de los siguientes efectos, características o circunstancias contemplados en el artículo 11 de la Ley, caso en el cual deberá presentar un Estudio de Impacto Ambiental (EIA):

- Riesgo para la salud de la población, debido a la cantidad y calidad de efluentes, emisiones y residuos;
- Efectos adversos significativos sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables, incluido el suelo, agua y aire;
- Reasentamiento de comunidades humanas, o alteración significativa de los sistemas de vida y costumbres de los grupos humanos;
- Localización en o próxima a poblaciones, recursos y áreas protegidas, sitios prioritarios para la conservación, humedales protegidos, glaciares, susceptibles de ser afectados, así como el valor ambiental del territorio en que se pretende emplazar;
- Alteración significativa, en términos de magnitud o duración, del valor paisajístico o turístico de una zona;
- Alteración de monumentos, sitios con valor antropológico, arqueológico, histórico y, en general, los pertenecientes al patrimonio cultural.

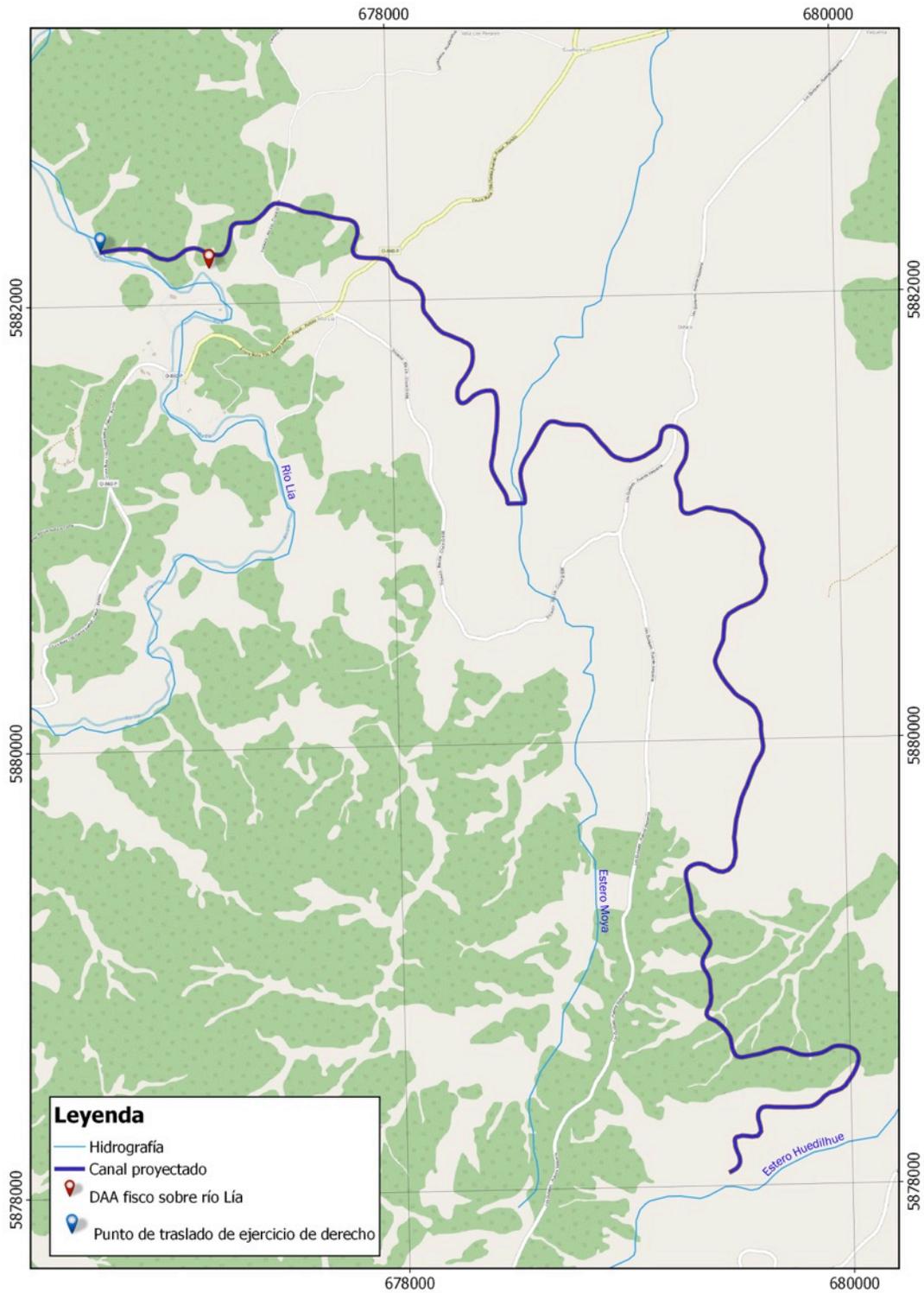
En el Título II del Reglamento del SEIA se establecen un conjunto de variables y criterios que especifican el alcance de los efectos, características o circunstancias antes indicados.

Según el artículo 4 del Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental, D.S. N°40/12, el cual señala:

*“Artículo 4.- Vía de Evaluación.*

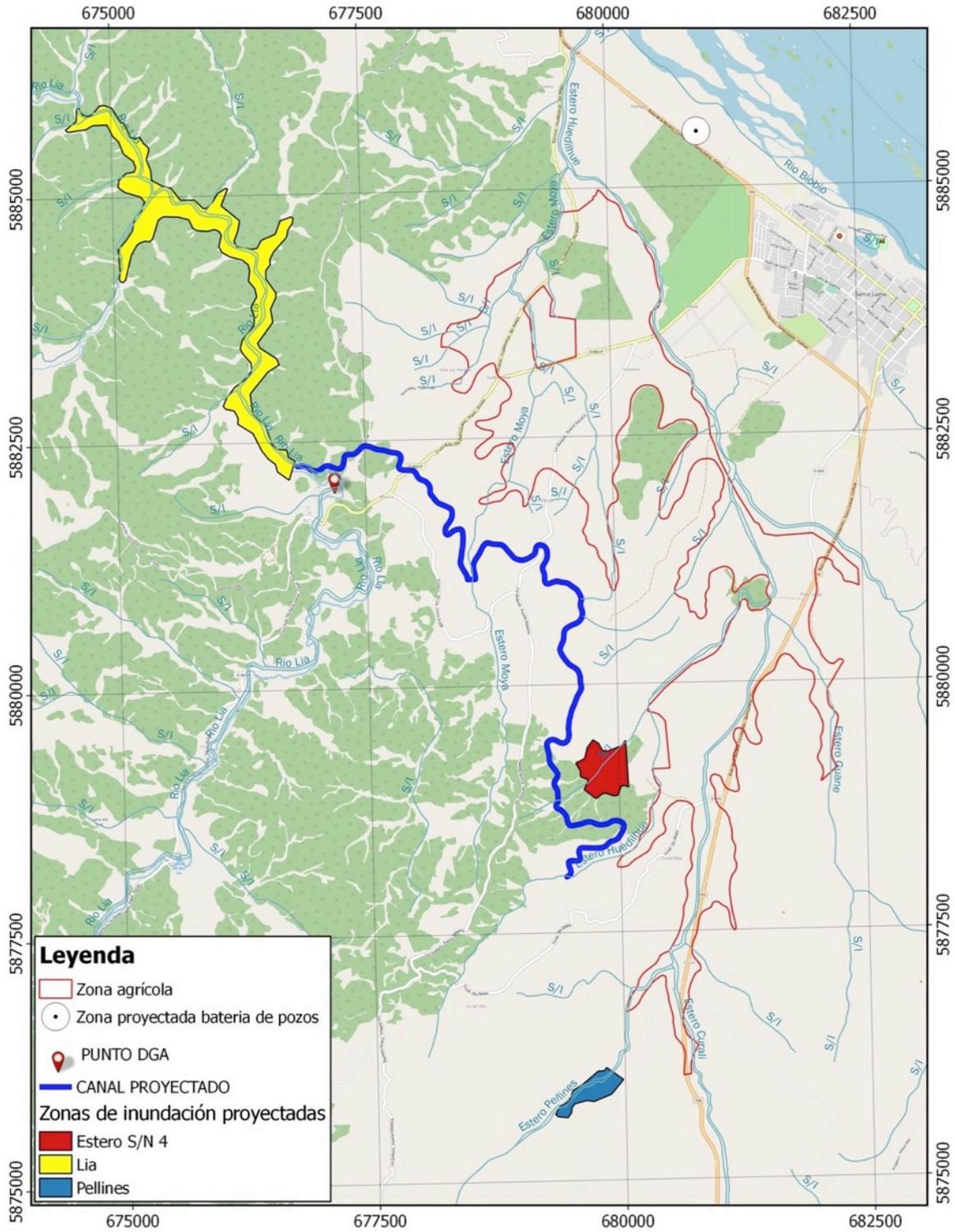
*El titular de un proyecto o actividad que se someta al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, lo hará presentando una Declaración de Impacto Ambiental, salvo que dicho proyecto o actividad genere o presente alguno de los efectos, características o circunstancias contemplados en el artículo 11 de la Ley y en los artículos siguientes de este Título, en cuyo caso deberá presentar un Estudio de Impacto Ambiental”*.

Figura 77. Trazado del canal proyectado con bocatoma en río Lía.



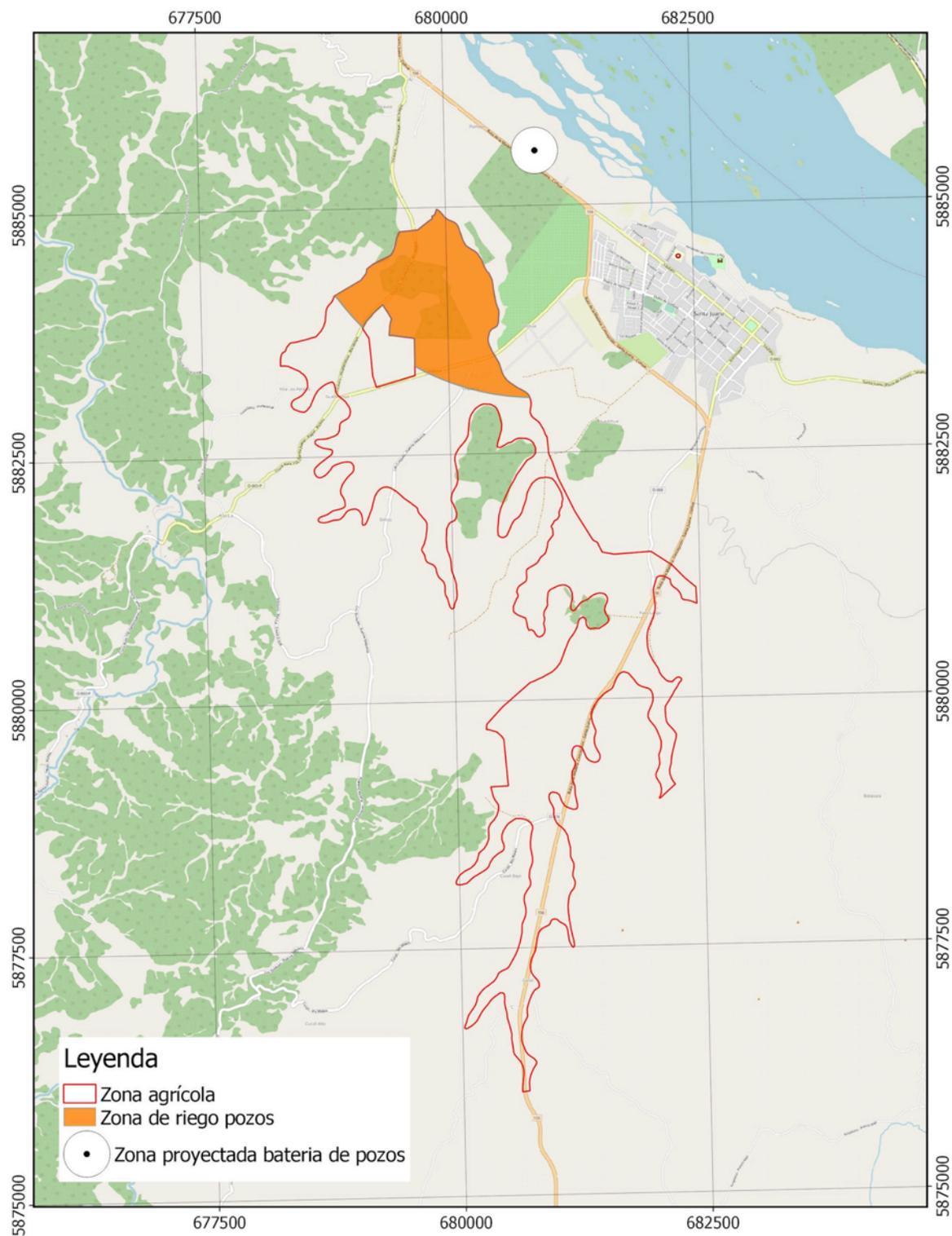
Fuente: Elaboración propia.

Figura 78. Ideas de proyecto con regulación.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 79. Idea de proyecto aguas subterráneas.



Fuente: Elaboración propia.



MÁS Y MEJOR  
RIEGO PARA CHILE



A continuación se presenta el análisis del porque las ideas de proyectos no requiere presentar un Estudio de Impacto Ambiental, de acuerdo a los artículos 5 al 11 del Título II del Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental en la siguiente Tabla:

Tabla 94. Análisis efectos, características o circunstancias del artículo 11 de la ley.

<p><b>Artículo 5.- Riesgo para la salud de la población.</b></p> <p>El titular deberá presentar un Estudio de Impacto Ambiental si su proyecto o actividad genera o presenta riesgo para la salud de la población, debido a la cantidad y calidad de efluentes, emisiones o residuos.</p>	<p>a) La superación de los valores de las concentraciones y períodos establecidos en las normas primarias de calidad ambiental vigentes o el aumento o disminución significativos, según corresponda, de la concentración por sobre los límites establecidos en éstas. A falta de tales normas, se utilizarán como referencia las vigentes en los Estados que se señalan en el artículo 11 del presente Reglamento.</p> <p>b) La superación de los valores de ruido establecidos en la normativa ambiental vigente. A falta de tales normas, se utilizarán como referencia las vigentes en los Estados que se señalan en el artículo 11 del presente Reglamento.</p> <p>c) La exposición a contaminantes debido al impacto de las emisiones y efluentes sobre los recursos naturales renovables, incluidos el suelo, agua y aire, en caso que no sea posible evaluar el riesgo para la salud de la población de acuerdo a las letras anteriores.</p> <p>d) La exposición a contaminantes debido al impacto generado por el manejo de residuos sobre los recursos naturales renovables, incluidos el suelo, agua y aire.</p>	<p>El análisis general se basa en la normativa ambiental vigente, es por tanto que los estudios específicos, tales como impacto ruido, generación de residuos sólidos, generación de residuos líquidos y emisiones atmosféricas son importantes para dar una conclusión respecto a si existe riesgo o no para la salud de la población.</p> <p>Embalse Lía: En general no se observan receptores (población) cercana a las áreas de influencia de los proyectos, para el caso de impacto por ruido, lo que no provocaría riesgo a la salud de la población por este punto. En cuanto a la exposición a contaminantes, según estudios similares en el SEIA, no se produciría una superación de la normativa asociado a estos (residuos líquidos, residuos sólidos, emisiones atmosféricas), lo que se debe verificar con los estudios correspondientes.</p> <p>Embalse Pellines: En general no se observan receptores (población) cercana a las áreas de influencia de los proyectos, para el caso de impacto por ruido, lo que no provocaría riesgo a la salud de la población por este punto. En cuanto a la exposición a contaminantes, según estudios similares en el SEIA, no se produciría una superación de la normativa asociado a estos (residuos líquidos, residuos sólidos, emisiones atmosféricas), lo que se debe verificar con los</p>
---	---	---

		estudios correspondientes.
		Embalse Estero S/N: En general no se observan receptores (población) cercana a las áreas de influencia de los proyectos, para el caso de impacto por ruido, lo que no provocaría riesgo a la salud de la población por este punto. En cuanto a la exposición a contaminantes, según estudios similares en el SEIA, no se produciría una superación de la normativa asociado a estos (residuos líquidos, residuos sólidos, emisiones atmosféricas), lo que se debe verificar con los estudios correspondientes.
<p><b>Artículo 6.- Efecto adverso significativo sobre Recursos Naturales Renovables.</b></p> <p>El titular deberá presentar un Estudio de Impacto Ambiental si su proyecto o actividad genera o presenta efectos adversos significativos sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables, incluidos el suelo, agua y aire.</p>	<p>a) La pérdida de suelo o de su capacidad para sustentar biodiversidad por degradación, erosión, impermeabilización, compactación o presencia de contaminantes.</p> <p>b) La superficie con plantas, algas, hongos, animales silvestres y biota intervenida, explotada, alterada o manejada y el impacto generado en dicha superficie. Para la</p>	Embalse Lía: Según las características generales del área de emplazamiento y tomando en consideración que se evalúan en estos momentos modificaciones en el Plan Regulador Metropolitano de Concepción, existirían áreas sensibles desde el punto de vista territorial, AR-5 De Alta Relevancia Ecológica, es posible presentar efectos adversos significativos sobre recursos naturales que hagan necesario un Estudio de

<p>Se entenderá que el proyecto o actividad genera un efecto adverso significativo sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables, incluidos el suelo, agua y aire si, como consecuencia de la extracción de estos recursos; el emplazamiento de sus partes, obras o acciones; o sus emisiones, efluentes o residuos, se afecta la permanencia del recurso, asociada a su disponibilidad, utilización y aprovechamiento racional futuro; se altera la capacidad de regeneración o renovación del recurso; o bien, se alteran las condiciones que hacen posible la presencia y desarrollo de las especies y ecosistemas. Deberá ponerse especial énfasis en aquellos recursos propios del país que sean escasos, únicos o representativos. A objeto de evaluar si se presenta la situación a que se refiere el inciso anterior, se considerará:</p>	<p>evaluación del impacto se deberá considerar la diversidad biológica, así como la presencia y abundancia de especies silvestres en estado de conservación o la existencia de un plan de recuperación, conservación y gestión de dichas especies, de conformidad a lo señalado en el artículo 37 de la Ley.</p> <p>c) La magnitud y duración del impacto del proyecto o actividad sobre el suelo, agua o aire en relación con la condición de línea de base.</p> <p>d) La superación de los valores de las concentraciones establecidos en las normas secundarias de calidad ambiental vigentes o el aumento o disminución significativos, según corresponda, de la concentración por sobre los límites establecidos en éstas. A falta de tales normas, se utilizarán como referencia las normas vigentes en los Estados que se señalan en el artículo 11 del presente Reglamento. En caso que no sea posible evaluar el efecto adverso de acuerdo a lo anterior, se considerará la magnitud y duración del efecto generado sobre la biota por el proyecto o actividad y su relación con la condición de línea de base.</p>	<p>Impacto Ambiental.</p> <p>Desde el punto de vista normativo (normas secundarias) no se prevé la generación de impacto sobre los recursos naturales renovables.</p> <hr/> <p>Embalse Pellines: Según las características generales del área de emplazamiento y tomando en consideración que se evalúan en estos momentos modificaciones en el Plan Regulador Metropolitano de Concepción, Zona • AR-3, Área Rural 3 – Destinada Preferentemente a la Actividad Silvoagropecuaria y Zona de Protección de Exclusión de Intervención y Manejo Limitado (ZPEI), no existirían áreas sensibles desde el punto de vista territorial, por lo tanto no se presentan efectos adversos significativos sobre recursos naturales que hagan necesario un Estudio de Impacto Ambiental.</p> <p>Desde el punto de vista normativo (normas secundarias) no se prevé la generación de impacto sobre los recursos naturales renovables.</p> <hr/> <p>Embalse Estero S/N: Según las características generales del área de emplazamiento y tomando en consideración que se evalúan en estos momentos modificaciones en el Plan Regulador Metropolitano de Concepción, existirían áreas sensibles desde el punto de vista territorial, AR-5 De Alta Relevancia Ecológica, es posible presentar efectos adversos significativos sobre recursos naturales que hagan necesario un Estudio de</p>
--	--	---

		<p>Impacto Ambiental.</p> <p>Desde el punto de vista normativo (normas secundarias) no se prevé la generación de impacto sobre los recursos naturales renovables.</p>
<p><b>Artículo 7.- Reasentamiento de comunidades humanas, o alteración significativa de los sistemas de vida y costumbres de grupos humanos.</b></p> <p>El titular deberá presentar un Estudio de Impacto Ambiental si su proyecto o actividad genera reasentamiento de comunidades humanas o alteración significativa de los sistemas de vida y costumbres de grupos humanos.</p> <p>Se entenderá por comunidades humanas o grupos humanos a todo conjunto de personas que comparte un territorio, en el que interactúan permanentemente, dando origen a un sistema de vida formado por relaciones sociales, económicas y culturales, que eventualmente tienden a generar tradiciones, intereses comunitarios y sentimientos de arraigo.</p> <p>A objeto de evaluar si el proyecto o actividad genera reasentamiento de comunidades humanas, se considerará el desplazamiento y reubicación de grupos humanos que habitan en el área de</p>	<p>La intervención, uso o restricción al acceso de los recursos naturales utilizados como sustento económico del grupo o para cualquier otro uso tradicional, tales como uso medicinal, espiritual o cultural.</p> <p>La obstrucción o restricción a la libre circulación, conectividad o el aumento significativo de los tiempos de desplazamiento.</p> <p>La alteración al acceso o a la calidad de bienes, equipamientos, servicios o infraestructura básica.</p> <p>La dificultad o impedimento para el ejercicio o la manifestación de tradiciones, cultura o intereses comunitarios, que puedan afectar los sentimientos de arraigo o la cohesión social del grupo.</p>	<p>Este artículo puede ser un punto a tener en consideración una vez efectuado el estudio de medio humano. Por lo general y vistas las áreas de emplazamiento de los proyectos estos no obstruirán ni restringirán la libre circulación, conectividad o el aumento significativo de los tiempos de desplazamiento, no restringirá la calidad de bienes, equipamientos, servicios o infraestructura, por el contrario el objetivo de los proyectos es asegurar la disponibilidad de agua de riego para las localidades de la comuna.</p> <p>Además, en base a la información proporcionada por el Sistema Integrado de Información CONADI (SIIC), es posible concluir que no hay comunidades indígenas en el entorno de las áreas de Proyecto susceptibles de ser afectadas por el mismo.</p> <p>Si es importante considerar la pérdida de terrenos que puedan afectar a personas en específico, lo que traería consigo algunas medidas de mitigación, compensación y/o reparación.</p>

<p>influencia del proyecto o actividad.</p> <p>Cuando excepcionalmente el traslado y la reubicación de grupos humanos pertenecientes a pueblos indígenas se consideren necesarios, sólo deberán efectuarse con su consentimiento, dado libremente y con pleno conocimiento de causa. Cuando no pueda obtenerse su consentimiento y existan causas establecidas en la legislación vigente, el traslado y la reubicación sólo deberá tener lugar al término de procedimientos adecuados, incluidas encuestas públicas, cuando haya lugar, en que dichos grupos tengan la posibilidad de estar efectivamente representados.</p> <p>A objeto de evaluar la alteración significativa a los sistemas de vida y costumbres de los grupos humanos, se considerará la generación de efectos adversos significativos sobre la calidad de vida de éstos, en consideración a la duración o magnitud de cualquiera de las siguientes circunstancias:</p>		
---	--	--

<p><b>Artículo 8.- Localización y valor ambiental del territorio.</b></p> <p>“El titular deberá presentar un Estudio de Impacto Ambiental si su proyecto o actividad se localiza en o próxima a poblaciones, recursos y áreas protegidas, sitios prioritarios para la conservación, humedales protegidos y glaciares, susceptibles de ser afectados, así como el valor ambiental del territorio en que se pretende emplazar.</p> <p>Se entenderá que el proyecto o actividad se localiza en o próxima a población, recursos y áreas protegidas, sitios prioritarios para la conservación, humedales protegidos, glaciares o a un territorio con valor ambiental, cuando éstas se encuentren en el área de influencia del proyecto o actividad.</p> <p>Se entenderá por poblaciones protegidas a los pueblos indígenas, independiente de su forma de organización.</p> <p>Se entenderá por recursos protegidos aquellos colocados bajo protección oficial mediante un acto administrativo de autoridad competente, con la finalidad de asegurar la diversidad biológica, tutelar la preservación de la naturaleza o conservar el patrimonio ambiental.</p>		<p><b>Embalse Lía y Embalse Estero S/N:</b></p> <p>Tomando en consideración que el área de influencia de los proyectos se emplaza en áreas sensibles desde el punto de vista territorial, AR-5 De Alta Relevancia Ecológica, especificadas en las modificaciones planteadas para el Plan Regulador Metropolitano de Concepción (PRMC) es imperativo que realizar estudios de flora, fauna y paisaje a nivel de detalle para evaluar si se considera al área de influencia del proyecto como un territorio que cuenta con valor ambiental, considerando la definición del D.S. N°40/12 <i>“cuenta con valor ambiental cuando corresponda a un territorio con nula o baja intervención antrópica y provea de servicios ecosistémicos locales relevantes para la población, o cuyos ecosistemas o formaciones naturales presentan características de unicidad, escasez o representatividad”</i>.</p> <p>A continuación se abordan algunos impactos específicos sobre el componente fauna silvestre y sobre el ecosistema, área sensible AR-5, considerando entre otros efectos, los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Impacto del roce y despeje total o parcial de la vegetación del área de inundación.</li> <li>• Impacto del roce total o parcial de la vegetación presente en la franja superior o del perímetro del Embalse.</li> <li>• Efectos adversos significativos por pérdida de huevos y de individuos recién nacidos</li> </ul>
---	--	---

<p>Se entenderá por áreas protegidas cualesquiera porciones de territorio, delimitadas geográficamente y establecidas mediante un acto administrativo de autoridad competente, colocadas bajo protección oficial con la finalidad de asegurar la diversidad biológica, tutelar la preservación de la naturaleza o conservar el patrimonio ambiental.</p> <p>Se entenderá por humedales protegidos aquellos ecosistemas acuáticos incluidos en la Lista a que se refiere la Convención Relativa a las Zonas Húmedas de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de las Aves Acuáticas, promulgada mediante Decreto Supremo N°771, de 1981, del Ministerio de Relaciones Exteriores.</p> <p>Se entenderá que un territorio cuenta con valor ambiental cuando corresponda a un territorio con nula o baja intervención antrópica y provea de servicios ecosistémicos locales relevantes para la población, o cuyos ecosistemas o formaciones naturales presentan características de unicidad, escasez o representatividad.</p>		<p>(crías o polluelos) de fauna silvestre en general y de fauna silvestre en peligro o vulnerable, las que presentan baja o nula movilidad. En el caso que se llenan en primavera o verano, el impacto sobre la fauna silvestre aumenta significativamente por pérdida de huevos y crías.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluar la pérdida de vegetación y la factibilidad de supervivencia de las especies de fauna silvestre en las “islas”, por cuanto dependiendo de la topografía del lugar existe la posibilidad de formación de “islas” o desaparición de otras existentes por la inundación del vaso del Embalse.</li> </ul> <p>Asimismo, se debe considerar que por las especies arbóreas encontradas en el lugar se considere que estos proyectos, ubicados y/o colindantes a áreas sensibles AR-5, intervengan o alteren el hábitat de éstas con problemas de conservación que forman parte de un bosque nativo, por lo que los proyectos futuros quedarían sometidos a lo establecido en el artículo 19 de la Ley N°20.283.</p> <p>El artículo 19 de la Ley N° 20.283, como regla general, prohíbe la intervención de especies vegetales que reúnan los tres atributos descritos a continuación, como asimismo la alteración del hábitat de estas especies que:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Sean nativas;</li> <li>b) Estén clasificadas en alguna categoría de conservación conforme el artículo 37 de</li> </ol>
---	--	---

		<p>la Ley N° 19.300; y</p> <p>c) Formen parte de un bosque nativo.</p> <p>Del mismo modo, el artículo 19° de la Ley N° 20.283 establece como excepciones, la intervención de especies o alteración del hábitat cuando tengan por objeto, entre otras, la ejecución de obras o actividades comprendidas en el inciso cuarto del artículo 7° (construcción de caminos, ejercicio de concesiones o servidumbres mineras, de gas, de servicios eléctricos, de ductos u otras reguladas por ley), cuyo caso corresponde al de los presente proyectos, por tratarse de una obra de riego.</p> <p>Finalmente, en el mismo artículo 19° de la Ley N° 20.283 se establece una serie de requisitos para efecto de las excepciones:</p> <p>a) Que las intervenciones de bosques sean imprescindibles;</p> <p>b) Que exista razón fundada de que no se amenaza la continuidad de la especie, lo que deberá ser avalado por un Informe de Experto;</p> <p>c) Que cuando se trate de las obras o actividades del artículo 7° de la Ley N° 20.283, éstas deban ser de “interés nacional”, lo cual será calificado por la Corporación, la que, al efecto, podrá solicitar los informes que estime necesarios a otras entidades del Estado;</p> <p>d) Que para llevar adelante una intervención excepcional, el solicitante deberá elaborar un</p>
--	--	---

		<p>Plan de Manejo de Preservación;</p> <p>e) Que la Corporación deberá autorizar – previamente – una intervención mediante Resolución Fundada, conteniendo medidas para asegurar la continuidad de la especie. Asimismo, el Plan de Manejo de Preservación deberá considerar tales medidas.</p> <p>Según lo anteriormente expuesto, este punto podría presentar efectos, características o circunstancias del artículo 11 de la ley que hagan necesario un Estudio de Impacto Ambiental.</p> <p><b>Embalse Pellines:</b></p> <p>Respecto al área de influencia de Embalse Pellines, no se advierte un efecto adverso según este artículo debido a que su emplazamiento en el territorio no se localiza en o próxima a poblaciones, recursos y áreas protegidas, sitios prioritarios para la conservación, humedales protegidos y glaciares, susceptibles de ser afectados, así como el valor ambiental del territorio en que se pretende emplazar. Si bien, se debe considerar el mismo análisis, estudios de flora, fauna y paisaje a nivel de detalle, para evaluar si se considera al área de influencia del proyecto como un territorio que cuenta con valor ambiental, considerando la definición del D.S. N°40/12 <i>“cuenta con valor ambiental cuando corresponda a un territorio con nula o baja intervención antrópica y provea de servicios</i></p>
--	--	--

		<p><i>ecosistémicos locales relevantes para la población, o cuyos ecosistemas o formaciones naturales presentan características de unicidad, escasez o representatividad”.</i></p>
<p><b>Artículo 9.- Valor paisajístico o turístico.</b></p> <p>El titular deberá presentar un Estudio de Impacto Ambiental si su proyecto o actividad genera alteración significativa, en términos de magnitud o duración, del valor paisajístico o turístico de una zona</p> <p>Se entenderá que una zona tiene valor paisajístico cuando, siendo perceptible visualmente, posee atributos naturales que le otorgan una calidad que la hace única y representativa.</p> <p>A objeto de evaluar si el proyecto o actividad, en cualquiera de sus fases, genera o presenta alteración significativa del valor paisajístico de una zona, se considerará:</p>	<p>a) La duración o la magnitud en que se obstruye la visibilidad a una zona con valor paisajístico.</p> <p>b) La duración o la magnitud en que se alteren atributos de una zona con valor paisajístico.</p>	<p><b>Embalse Lía:</b></p> <p>Si bien el área de influencia del Embalse no se ubican dentro de una zona o centro de interés turístico nacional, según lo dispuesto en el Decreto Ley N°1.224 de 1975, es necesario, para el análisis de ambos puntos un estudio paisaje que nos demuestre que la diferentes áreas no poseen valor paisajístico.</p> <hr/> <p><b>Embalse Pellines:</b></p> <p>Si bien el área de influencia del Embalse no se ubican dentro de una zona o centro de interés turístico nacional, según lo dispuesto en el Decreto Ley N°1.224 de 1975, es necesario, para el análisis de ambos puntos un estudio paisaje que nos demuestre que la diferentes áreas no poseen valor paisajístico.</p>

<p>a) La duración o la magnitud en que se obstruye la visibilidad a una zona con valor paisajístico.</p> <p>b) La duración o la magnitud en que se alteren atributos de una zona con valor paisajístico.</p> <p>Se entenderá que una zona tiene valor turístico cuando, teniendo valor paisajístico, cultural y/o patrimonial, atraiga flujos de visitantes o turistas hacia ella.</p> <p>A objeto de evaluar si el proyecto o actividad, en cualquiera de sus fases, genera o presenta alteración significativa del valor turístico de una zona, se considerará la duración o magnitud en que se obstruya el acceso o se alteren zonas con valor turístico.</p> <p>En caso que el proyecto o actividad genere alteración significativa, en términos de magnitud o duración, del valor paisajístico o turístico de una zona, en lugares con presencia de pueblos indígenas se entenderá que el proyecto o actividad es susceptible de afectarlos, en los términos del artículo 8 del presente Reglamento y deberá ser especialmente analizada la posible afectación a sus sistemas de vida de acuerdo a lo señalado en el artículo 7.</p>		<p><b>Embalse Estero S/N:</b></p> <p>Si bien el área de influencia del Embalse no se ubican dentro de una zona o centro de interés turístico nacional, según lo dispuesto en el Decreto Ley N°1.224 de 1975, es necesario, para el análisis de ambos puntos un estudio paisaje que nos demuestre que la diferentes áreas no poseen valor paisajístico.</p>
---	--	--

<p><b>Artículo 10. Alteración del patrimonio cultural.</b></p> <p>El titular deberá presentar un Estudio de Impacto Ambiental si su proyecto o actividad genera o presenta alteración de monumentos, sitios con valor antropológico, arqueológico, histórico y, en general, los pertenecientes al patrimonio cultural.</p> <p>A objeto de evaluar si el proyecto o actividad genera o presenta alteración de monumentos, sitios con valor antropológico, arqueológico, histórico y, en general, los pertenecientes al patrimonio cultural, se considerará:</p>	<p>a) La magnitud en que se remueva, destruya, excave, traslade, deteriore, intervenga o se modifique en forma permanente algún Monumento Nacional de aquellos definidos por la Ley N° 17.288.</p> <p>La magnitud en que se modifiquen o deterioren en forma permanente construcciones, lugares o sitios que por sus características constructivas, por su antigüedad, por su valor científico, por su contexto histórico o por su singularidad, pertenecen al patrimonio cultural, incluido el patrimonio cultural indígena.</p>	<p><b>Embalse Lía:</b></p> <p>Dentro del área de emplazamiento del proyecto no se encuentra ningún Monumento Nacional, de aquellos definidos por la Ley de Monumentos Nacionales N°17.288, información obtenida en el link <a href="http://www.monumentos.cl/consejo/606/w3-propertyvalue-41895.html">http://www.monumentos.cl/consejo/606/w3-propertyvalue-41895.html</a>, lo cual se refuerza con el Informe de Inspección arqueológica cuyo estudio tuvo como objetivos caracterizar los aspectos referidos a la presencia de elementos patrimoniales en el área de influencia del proyecto.</p> <p>Para el análisis del punto b. se hace estrictamente necesario un estudio Arqueológico.</p> <p><b>Embalse Pellines:</b></p> <p>Dentro del área de emplazamiento del proyecto no se encuentra ningún Monumento Nacional, de aquellos definidos por la Ley de Monumentos Nacionales N°17.288, información obtenida en el link <a href="http://www.monumentos.cl/consejo/606/w3-propertyvalue-41895.html">http://www.monumentos.cl/consejo/606/w3-propertyvalue-41895.html</a>, lo cual se refuerza con el Informe de Inspección arqueológica cuyo estudio tuvo como objetivos caracterizar los aspectos referidos a la presencia de elementos patrimoniales en el área de influencia del proyecto.</p>
--	---	--

		<p>Para el análisis del punto b. se hace estrictamente necesario un estudio Arqueológico.</p>
		<p><b>Embalse Estero S/N:</b></p> <p>Dentro del área de emplazamiento del proyecto no se encuentra ningún Monumento Nacional, de aquellos definidos por la Ley de Monumentos Nacionales N°17.288, información obtenida en el link <a href="http://www.monumentos.cl/consejo/606/w3-propertyvalue-41895.html">http://www.monumentos.cl/consejo/606/w3-propertyvalue-41895.html</a>, lo cual se refuerza con el Informe de Inspección arqueológica cuyo estudio tuvo como objetivos caracterizar los aspectos referidos a la presencia de elementos patrimoniales en el área de influencia del proyecto.</p> <p>Para el análisis del punto b. se hace estrictamente necesario un estudio Arqueológico.</p>

En vista de lo anteriormente expuesto en la tabla precedente y considerando que aún no se tienen detalles de ingeniería o descripción del proyecto como lo solicita el Servicio de Evaluación Ambiental (SEIA) indicando las principales partes, obras y acciones de cada una de las etapas (construcción, operación y cierre), se concluye que el proyecto debiese ser presentado mediante una Declaración de Impacto Ambiental (DIA), siempre y cuando subsane los puntos indicados en los artículos número 6 y 7.

Es dable mencionar que si bien existen áreas con usos de suelo restringido propuestos en la 11° modificación del Plan Regulador Metropolitano de Concepción (PRMC), su condición de ruralidad permite la ejecución de proyectos de infraestructura según lo establecido en la Ley General de Urbanismo y Construcción, Párrafo 1°.- De los permisos, cito textual:

*“Párrafo 1°.- De los permisos*

*No requerirán permiso las obras de infraestructura de transporte, sanitaria y energética que ejecute el Estado, sin perjuicio de lo establecido en el inciso final del artículo 55, ni las obras urbanas o rurales de carácter ligero o provisorio, en la forma que determine la Ordenanza General.”*

Además, considerando lo señalado en Inciso final del artículo 55.-, cito textual:

*“Inciso final, artículo 55.-*

*Igualmente, las construcciones industriales, de infraestructura, de equipamiento, turismo, y poblaciones, fuera de los límites urbanos, requerirán, previamente a la aprobación correspondiente de la Dirección de Obras Municipales, del informe favorable de la Secretaría Regional del Ministerio de Vivienda y Urbanismo y del Servicio Agrícola que correspondan. El mismo informe será exigible a las obras de infraestructura de transporte, sanitaria y energética que ejecute el Estado.”*

Asimismo la Ley General de Urbanismo y Construcción permite y considera, una vez aprobado un Plan Regulador Intercomunal, realizar modificaciones o “enmiendas” a los mismos según lo siguiente, cito textual:

*“Artículo 37 bis.-*

*Podrán aprobarse enmiendas a los planes reguladores intercomunales cuando se trate de modificaciones que no sean sustantivas y recaigan en disposiciones relativas al ámbito de competencia propio de estos instrumentos, dentro de los márgenes y de acuerdo al procedimiento simplificado que establezca la Ordenanza General, el que en todo caso deberá contemplar una consulta a las municipalidades correspondientes y un proceso de consulta pública.*

*Tratándose de modificaciones en los trazados de las vías intercomunales, será necesario un informe favorable de la autoridad regional o metropolitana competente en materia urbanística.”*

## 16.1 Presupuesto

Se debe considerar que los valores planteados son estimados y estos pueden variar dependiendo del consultor que preste los servicios tendientes a asegurar la evaluación

ambiental del proyecto dentro del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA). A continuación se detallan, siendo valorizados en UF, los siguientes estudios necesarios:

<b>1.- CONFECCIÓN INFORME</b>	
Costo asociado a la elaboración de la DIA, Profesionales, GG y operacionales.	400 UF
Campañas de Terrenos de la DIA, Reuniones con Servicios Públicos, Presentaciones y Terrenos para Levantamiento Estudios de Línea Base	60UF
Campaña de Difusión del Proyecto (Radial)	20 UF
Trabajo de Impresión, Presentación, Respaldos Magnéticos y Físicos, así como entrega de ejemplares.	20 UF

<b>2.- ESTUDIOS ANEXOS</b>	
Permisos Ambientales Sectoriales (PAS) Arts. Nº140, 142, 148, 150, 155, 156, 160 del D.S. Nº 40/12 de MMA.	
Estudio y Modelación de Emisiones Atmosféricas	300 UF
Estudio de Flora	90 UF
Estudio de Fauna	90 UF
Estudio Íctiofauna	150 UF
Estudio Impacto Acústico	60 UF
Estudio Arqueológico	80 UF
Estudio del Medio Humano y Socio Cultural	70 UF
Estudio Paisajístico	80 UF
Estudio Hidrogeológico e Hidrológico	70 UF
<b>TOTAL DIA Y ANEXOS</b>	<b>1.490 UF</b>

**\*Impuestos Incluidos**

## 16.2 La elaboración de la declaración de impacto ambiental (DIA), contendrá los siguientes aspectos técnicos:

La elaboración de la Declaración de Impacto Ambiental deberá considerar a lo menos la siguiente información, según el D.S. N°40/12:

- A. Antecedentes Generales.
  - Antecedentes del titular.
  - Indicación del tipo de proyecto según art. 10 de la Ley 19.300 y art. 3º del Reglamento del SEIA.
- B. Descripción del proyecto.
  - Localización.
  - Descripción del emplazamiento del proyecto.
  - Definición de sus partes, acciones y obras físicas
  - Indicações de las acciones que se realizarán en las etapas de construcción.
  - Cronograma de actividades del proyecto.
- C. Principales emisiones, descargas y residuos del proyecto.
  - Descripción de emisiones a la atmósfera generadas por el proyecto en las etapas de construcción y operación.
  - Identificación de descarga de residuos líquidos durante las etapas de construcción y operación del proyecto.
  - Identificación de residuos sólidos generados durante las etapas de construcción y operación del proyecto.
- D. Antecedentes para evaluar que el proyecto o actividad no requiere presentar un Estudio de Impacto Ambiental.
  - Argumentación de que el proyecto de construcción del aeródromo NO genera o No presenta un riesgo para la salud de la población, debido a la cantidad y calidad de los efluentes, emisiones o residuos que genera o produce.
  - Argumentación de que el proyecto NO genera o No presenta efectos adversos significativos sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables, incluidos el suelo, agua y aire.
  - Argumentación de que el proyecto No genera reasentamiento de comunidades humanas o alteración significativa de los sistemas de vida y costumbres de grupos humanos.
  - Argumentación de que el proyecto No alterará la localización próxima a la población, recursos y áreas protegidas susceptibles a ser afectados, así como del valor ambiental del territorio que se pretende emplazar.
  - Argumentación de que el proyecto No altera significativamente, en términos de magnitud o duración del valor paisajístico o turístico de la zona.

- Argumentación de que el proyecto de construcción del aeródromo NO considera la alteración de monumentos, sitios con valor antropológico, arqueológico, histórico y, en general, los pertenecientes al patrimonio cultural.
- E. Antecedentes Para Evaluar El Cumplimiento De La Normativa Ambiental Del Proyecto.
- Normativa Ambiental General
  - Normativa Ambiental Sectorial
  - Recurso Agua
  - Recurso Aire
  - Recurso Suelo
  - Patrimonio Arqueológico y Cultural
  - Flora y Fauna
  - Residuos Sólidos
  - Otras normas de relevancia ambiental
- F. Detalle de los Permisos Ambientales Sectoriales a solicitar (por confirmar dependiendo de las características del entorno).
- G. Compromisos ambientales voluntarios.
- H. Relación Del Proyecto Con Políticas, Planes Y Programas De Desarrollo Regional Y Planes De Desarrollo Comunal.
- I. Ficha Resumen Proyecto.
- J. Firma de la declaración.



MÁS Y MEJOR  
RIEGO PARA CHILE



## 17 PRESENTACIÓN IDEAS DE PROYECTO

Se realizó una reunión participativa con los agricultores del valle, el jueves 11 de julio en la comuna de Santa Juana, para validar las ideas de proyectos que permitirán abastecer de agua para riego al valle de Catirai.

Para esta actividad se plantearon los siguientes objetivos:

- Comunicar adecuadamente el estado de avance del estudio y los resultados preliminares.
- Dejar espacio para responder dudas acerca de lo presentado.
- Validar a través de metodologías participativas apropiadas para ello, las propuestas de ideas de proyecto planteadas por la consultoría, consignando todas las observaciones, sugerencias, expectativas y comentarios realizadas por la comunidad.

### 17.1 Metodología de validación

La validación de las ideas de proyecto, se realizó en el marco de una reunión participativa y se invitó a los actores relevantes y/o usuarios del territorio identificados en la primera y segunda etapa del estudio. El objetivo fue presentar y validar las ideas de proyectos generados e incorporar los últimos aportes de los diferentes actores.

Fotografía 35. Presentación de las ideas de proyectos.



Fuente: Propia.

Hubo un facilitador, su rol permitió el apoyo en el desarrollo de la jornada a nivel logístico (disponibilidad y entrega de material, elaborar registros durante la jornada, apoyar en la votación, etc.), con el propósito de no afectar la calidad del trabajo participativo.

Se contó con la presencia de los profesionales del área técnica del proyecto, esto dado que las instancias participativas se entienden como un medio para producir información respecto a la temática del uso del recurso agua para riego y drenaje, el cual tiene definiciones o marcos legales y técnicas a considerar para dar contexto y marco de viabilidad a las necesidades, propuestas y percepción de la comunidad.

Se estableció en conjunto con los participantes “acuerdos para el desarrollo de la reunión” el que permite dar una dinámica de funcionamiento del espacio participativo, que incluye aspectos como mantener celulares en silencio, el principio de que todas las ideas valen, hasta modalidad para pedir la palabra, para asegurar el derecho a participar de todos/as y regular el tiempo de intervención de los participantes para permitir el logro de los objetivos en la sesión.

Al inicio de la sesión se contextualizó a los participantes respecto al estudio en que están participando y el objetivo concreto o producto a lograr.

Posterior a ello, se realizó un trabajo grupal para una mayor comprensión de los resultados obtenidos. Se utilizó la metodología de mapas participativos para ayudar a los participantes a graficar visualmente las ideas de proyectos presentadas por la consultora, permitiendo reconocer las relaciones espaciales en el territorio. Esto estuvo ayudado con las siguientes preguntas de inducción al trabajo.

- 1.- Indique las ventajas y desventajas de para cada una de las ideas de proyecto (localizándolas en los mapas).
- 2.- De las soluciones planteadas. ¿Hay alguna que prefiera por sobre las otras?.
- 3.- De las soluciones planteadas.¿Hay alguna que no le parezca buena idea?.

Se formaron tres mesas de trabajo, las cuales fueron dirigidas por un profesional de la consultora, quien actuó como facilitador técnico, que explicó los aspectos relevantes de cada idea propuesta.

Cada mesa se discutió las ideas de proyectos, donde, mediante mapas de cada alternativa y usando iconografía representativa para explicar tanto las obras de gran, mediano y pequeño tamaño, como bocatomas, sifones, alcantarillas, trazado de canales y tuberías u obras importantes, así como también de los costos de cada una de las ideas, se discutió las tres preguntas planteadas. Por cada pregunta, los asistentes tuvieron 10 minutos para resolver sus inquietudes y concluir con la mejor alternativa de las ideas de proyecto y la menos atractiva. Finalmente, se realizó una exposición del trabajo de cada una de las mesas.

Fotografía 36. Fotografía 37. Grupo 1 de trabajo.



Fuente: Propia.

Fotografía 38. Grupo 2 de trabajo.



Fuente: Propia.

Fotografía 39. Grupo 3 de trabajo.



Fuente: Propia.

En esta sesión participativas contó con una participación de 65 personas, en el Anexo A17 se encuentran fotos y listado de asistencia.

### 17.2 Resultados

A continuación, se muestra los resultados obtenidos de la actividad de participación ciudadana:

<b>TALLER PARTICIPACIÓN CIUDADANA</b> <b>“DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA PARA EL DESARROLLO DEL RIEGO EN LA COMUNA DE SANTA JUANA”</b>	
<b>Grupo N°1</b>	Integrantes: Inés Olate, María Hernández, María Romero, Marco Anamera, Paulina Ancatrio, Nelson Castillo, Jaime Fernández y Héctor Oliva.
<b>Considerando las alternativas de solución propuestas.</b> Canal desde río Lía Pozos para extracción de agua subterránea Acumulador Río Lía + canal de trasvase Acumulador en estero Sin Nombre Acumulador en estero Pellines Obras en cauce natural	
<b>Indique las ventajas y desventajas para cada una de las alternativas de proyecto</b>	
<b>Canal desde río Lía</b> Ventaja: Más barato. Desventaja:	

Poca agua.

**Pozos para extracción de aguas subterránea**

Desventaja:

Beneficia poca superficie.

**Acumulador río Lía + canal de trasvase**

Ventaja:

Más agua y mayor superficie

Desventaja:

Es más caro y más tiempo.

**Acumulador de estero sin nombre**

Ventaja:

Si se une a otro es beneficioso.

Desventaja:

Sólo para un sector.

**Acumulador estero Pellines**

Ventaja:

Buen complemento con otro.

Desventaja:

No será suficiente agua.

**Obras en cauce natural**

Ventaja:

Beneficia a muchas personas.

**De las soluciones planteadas, ¿hay alguna que prefiera por sobre las otras?**

1º Acumulación en el río Lía más embalses.

2ª Drenaje.

3º Canal desde el río Lía.

4ª Acumulador estero sin nombre.

5ª Acumulador en estero Pellines.

6º Pozos.

**De las soluciones planteadas, ¿hay alguna que no le parezca buena idea?**

Pozos para extracción de agua subterránea.

<b>TALLER PARTICIPACIÓN CIUDADANA “DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA PARA EL DESARROLLO DEL RIEGO EN LA COMUNA DE SANTA JUANA”</b>	
<b>Grupo N°2</b>	Integrantes: Marcos Aroca, Ricardo Benítez, Carlos Hidalgo, Bernardo Benítez, Aarón Oliva, Enrique Benítez, María Cortez, Flor Gavilán, Juana Cansino, Miriam Cofré, Benito Neira, Domingo Milan y Juan Moscoso.
<b>Indique las ventajas y desventajas para cada una de las alternativas de proyecto</b>	
<p><b>Canal desde río Lía</b></p> <p>Ventaja:</p> <p>Captación lateral.</p> <p>Menor impacto ambiental.</p> <p>Mayor rentabilidad.</p> <p>Mayor superficie beneficiada.</p> <p>Desventaja:</p> <p>No asegura el agua en el verano.</p>	

<p>Posible costo de impulsión, se podría utilizar bombeo solar.</p> <p><b>Pozos para extracción de aguas subterráneas</b></p> <p>Desventaja:</p> <p>Alto costo de energía.</p> <p>Poca superficie de riego.</p> <p>Beneficiarios de sectores urbanos no rurales.</p> <p><b>Acumulador río Lía + canal de trasvase</b></p> <p>Ventaja:</p> <p>Disponibilidad de agua mayor superficie.</p> <p>Disponibilidad en escasez.</p> <p>No disminuye caudal en verano.</p> <p>No afecta al turismo.</p> <p>Más beneficiarios.</p> <p>Seguridad de agua.</p> <p>Desventaja:</p> <p>Mayor impacto ambiental.</p> <p>Mayor costos de obras.</p> <p>Mayor tiempo de financiamiento.</p> <p><b>Acumulador en estero Sin Nombre</b></p> <p>Ventaja:</p> <p>Podría complementar todos los proyectos.</p> <p>Desventaja:</p> <p>No se observan.</p> <p><b>Acumulador en estero los Pellines</b></p> <p>Ventaja:</p> <p>Es necesario para complementar todos los proyectos.</p> <p>Desventajas:</p> <p>No se observan.</p>
<p><b>De las soluciones planteadas, ¿hay alguna que prefiera por sobre las otras?</b></p>
<p>Canal de trasvase sin acumulador en río Lía más el acumulador en el estero Pellines y estero sin nombre y mejoramiento del drenaje.</p> <p>Otra opción: Disminuir el tamaño del acumulador del estero sin nombre y agregar otro embalse intermedio en quebrada Huedilhue (Beto Riquelme)</p>
<p><b>De las soluciones planteadas, ¿hay alguna que no le parezca buena idea?</b></p>
<p>Explotación de aguas subterráneas, mayor costo, poca superficie beneficiadas y sectores urbanos.</p>

<p><b>TALLER PARTICIPACIÓN CIUDADANA</b></p> <p><b>“DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA PARA EL DESARROLLO DEL RIEGO EN LA COMUNA DE SANTA JUANA”</b></p>	
<b>Grupo N°3</b>	<p>Integrantes: Fermín Soto, Elsa Soto, José Rebolledo, Cristina Benavides. Ingrid Medina, Alicia González, Beatriz Soto, Mercedes Oñate, Clara Mella, María Hidalgo, Lucila Varela, Dominga Vial, María Jofré, Irma Valencia, Edita Hidalgo, Ruth Fonseca.</p>
<p><b>Indique las ventajas y desventajas para cada una de las alternativas de proyecto</b></p>	
<p><b>Canal desde río Lía</b></p> <p>Ventaja:</p> <p>Canal entubado sin riego a derrumbe.</p> <p>Desventaja:</p>	

<p>No acumula agua.</p> <p><b>Pozos para extracción de aguas subterráneas</b></p> <p>Desventaja: Menor superficie, sin seguridad de agua.</p> <p><b>Acumulador río Lía + canal de trasvase</b></p> <p>Ventaja: Agua más limpia. Agua segura. Canal entubado por riesgo de derrumbe y caídas de personas o animales.</p> <p>Desventaja: Riesgo de Colapso.</p> <p><b>Acumulador en estero Sin Nombre</b></p> <p>Ventaja: Buena acumulación de aguas.</p> <p>Desventaja: Estaría cota muy baja.</p> <p><b>Acumulador en estero los Pellines</b></p> <p>Ventaja: Está a mayor altura. Trae mucha agua.</p> <p>Desventajas: No hay.</p> <p><b>Obras en cauce</b></p> <p>Muy necesario para el atraso en la preparación de suelo. Se debe drenar antes de regar.</p>
<p><b>De las soluciones planteadas, ¿hay alguna que prefiera por sobre las otras?</b></p>
<p>Embalse Lía más canal entubado. Mayor seguridad de agua, agua más limpia y sin riesgo de derrumbes.</p>
<p><b>De las soluciones planteadas, ¿hay alguna que no le parezca buena idea?</b></p>
<p>Pozos. Poca superficie a regar, no hay seguridad de extraer el agua.</p>

### 17.3 Conclusiones

Finalmente, se concluye que de las ideas de proyectos planteadas por la consultoría, los tres grupos manifestaron que los pozos para extracción de aguas subterráneas, no era una buena idea de proyecto, principalmente porque es muy poca la superficie beneficiada.

La preferencia de dos grupos entre las ideas de proyecto, fue el acumulador en el río Lía con el canal de trasvase entubado y uno de los grupos incorporó además los acumuladores en el estero sin nombre y estero Pellines.

Hubo un grupo que prefirió la siguiente alternativa de proyecto, canal de trasvase sin acumulador en río Lía más el acumulador en el estero Pellines y estero sin nombre. Con la ventaja de un menor impacto ambiental, ya que no es necesaria la acumulación en el río Lía.

Cabe destacar, que todos los grupos concluyeron que hay que realizar las obras de drenaje para cualquier proyecto que se realice.



MÁS Y MEJOR  
RIEGO PARA CHILE



## 18 CIERRE DEL ESTUDIO

Se realizó la actividad de cierre del estudio, el miércoles 16 de octubre, en el salón Japonés del Liceo Nueva Zelandia de la comuna de Santa Juana.

En dicha actividad se contó con la presencia 52 asistentes de agricultores, regantes, autoridades locales y representantes de servicios públicos involucrados en temáticas de riego y desarrollo agrícola.

Se planteó los siguientes objetivos:

- Dar a conocer los resultados del estudio y comentar acerca del futuro del proyecto y las etapas sucesivas para la concreción de las obras.
- Dejar espacio para responder dudas acerca de lo presentado.

Fotografía 40. Cierre del estudio.



Fuente: Propia.

En el Anexo A18 se encuentra la invitación, fotos y listado de asistencia.



MÁS Y MEJOR  
RIEGO PARA CHILE



## 19 SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son una herramienta de análisis geoespacial y de producción de cartografía que está orientada a mostrar fenómenos o situaciones que ocurren en el territorio (DGA, 2019). Para este estudio, el objetivo del uso del SIG tuvo tres aspectos:

- 1) Una herramienta de análisis.
- 2) Una herramienta para la construcción de cartografía que muestra variables del estudio.
- 3) Un producto por sí mismo, como una aplicación o plataforma informática.

A continuación, se describen estos tres aspectos de cómo el SIG fue usado dentro de la consultoría.

### 19.1 SIG Como herramienta de análisis

Se requirió una base de datos cartográfica para facilitar los análisis de la cuenca a fin de no sólo entender la cuenca como un sistema en constante evolución, sino también para desarrollar escenarios de evaluación de los niveles de conservación y protección ambiental. A su vez, la generación de curvas de nivel por medio de un Modelo Digital de Elevación (MDE) permitió analizar las distintas alternativas de solución para acumulación de aguas, poniendo énfasis en aquellos lugares donde se observó una microcuenca y donde se produce un angostamiento de esta a fin de establecer un muro de contención.

Se utilizó un MDE del Satélite ALOS con resolución espacial de 12.5m x 12.5 m, el cual fue obtenido de la página web “Alaska Satellite Facility’s”, (<https://vertex.daac.asf.alaska.edu>), con fecha de adquisición 17/01/2011. El Satélite Avanzado de Observación Terrestre (ALOS), también llamado DAICHi, fue desarrollado por la Agencia de Exploración Aeroespacial de Japón (JAXA,2008). ALOS Contienen tres sensores, dos captan imágenes ópticas (PRISM y YAVNIR-2), y el tercero es un radar de banda L de apertura sintética (JAXA EORC; RESTEC, 2006). Éste sistema tenía como objetivo obtener información fiable de la superficie terrestre, incluyendo cartografía, observación regional, monitorear desastres y recursos naturales (JAXA EORC; RESTEC, 2006; Michel et al., 2012).

Para apoyar el análisis espacial de todas las variables, se generó una ortofoto de la zona de estudio en base a imágenes de google earth. Los resultados se presentan en formato Raster y shape en el SIG y además en formato CAD escala 1:10.000 versión 2010.

Así, se desarrolló un estudio integrado de los paisajes de las cuencas hidrográficas utilizando herramientas de detección remota combinadas con un sistema de información geográfica. Para la generación, clasificación y el análisis de la unidad de mapeo, se produjeron capas a partir de modelos digitales de elevación, imágenes satelitales (google earth) y evaluaciones de campo.

A partir de la base de datos cartográfica digital, se desarrollaron varios aspectos del análisis espacial para el área de estudio, que se presentaron en los anteriores capítulos, dinámicas espacio-temporales en el río y las alternativas de solución de embalsamiento. Además, la georreferenciación de la cartografía del plan metropolitano contribuyó a la identificación de conflictos entre uso de la tierra y restricciones legales en el río.

## 19.2 SIG Como herramienta de producción de cartografías de las variables del estudio

Como parte del análisis espacial las variables involucradas en el estudio, se generó una serie de mapas representativos de cada temática de análisis. Estos mapas se muestran en el ANEXO A19.

Para generar los mapas del estudio se utilizó cartografía base proveniente de la infraestructura de datos geospaciales, del Ministerio de Bienes Nacionales.

Entre estas capas destacan:

- Modelos digitales de elevación (utilizados para representar el relieve).
- Red de drenajes (ríos, esteros, quebradas).
- Ciudades y poblados.
- División político administrativa (DPA), Regiones, Provincias, Comunas.
- Límites administrativos.
- Red de caminos.

Todas las coberturas utilizadas se presentan en formato SHAPEFILE, incluyendo los archivos con las siguientes extensiones: SHP, SHX, DBF y PRJ.

## 19.3 SIG como un producto por sí mismo, como una aplicación o plataforma informática

Finalmente, con la información recabada durante la primera etapa del estudio, se ha elaborado un Sistema de Información Geográfica (SIG), facilitando la visualización, gestión, edición y consulta de los datos geospaciales procesados. El sistema fue desarrollado en el programa de código libre "QGIS", compatible con el SIG de la Comisión Nacional de Riego.

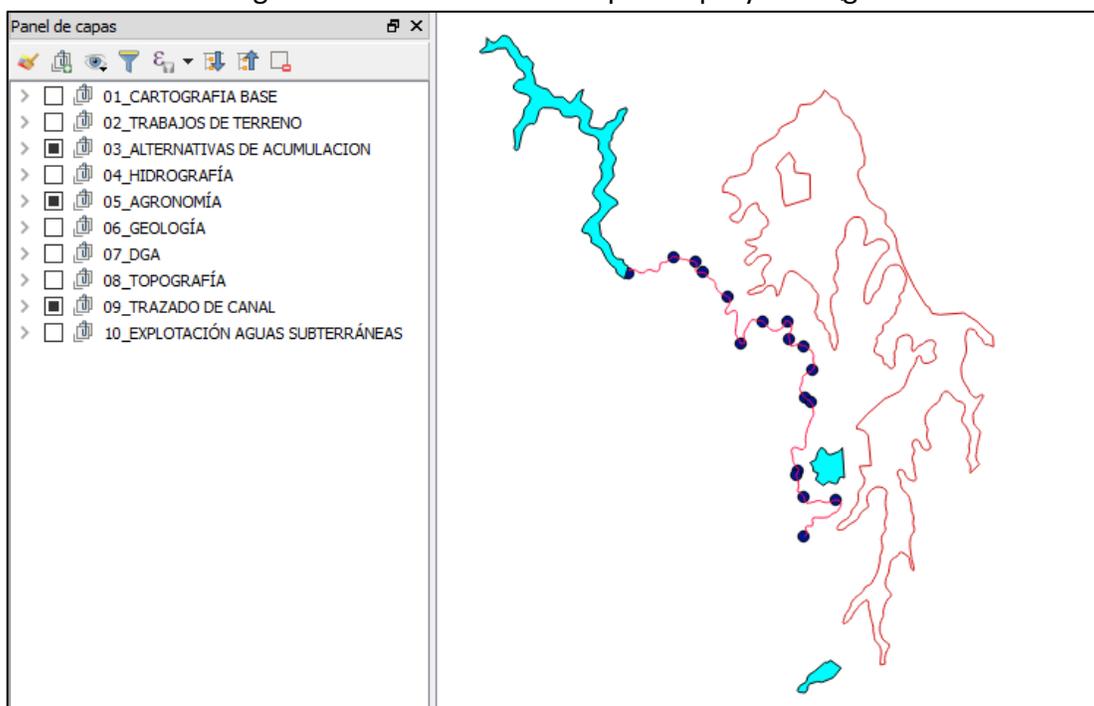
Las coberturas fueron generadas en formato shape compuestos de elementos gráficos y su espacialización, además de una completa base de datos con la información correspondiente al levantamiento de información y análisis realizados.

A través una recopilación de información secundaria obtenida de distintas fuentes como: la Dirección General de Aguas (DGA), la Mapoteca de la Biblioteca del Congreso Nacional (BCN) y el portal de Infraestructura de Datos Geospaciales (IDE), se llevó a cabo la sistematización de la información geográfica disponible mediante el software libre QGIS (Figura 80). La estructura de las capas presentadas responde a los siguientes grupos temáticos:

- 01\_Cartografía base: red vial, ubicación de municipios, manzanas precensales, límites regionales y comunales, entes rurales, distritos censales, roles y plan metropolitano de Concepción.
- 02\_Trabajos de terreno: Agricultores encuestados, puntos de aforo, canales, esteros y vertientes, desagües.
- 03\_Alternativas de acumulación: Puntos de muestreo, zonas de embalse, muros.

- 04\_Hidrografía: Cauces DGA, Esteros principales, Río Lía, Cuencas, subcuencas, subsubcuencas, estaciones fluviométricas y de calidad de aguas.
- 05\_Agronomía: Usuarios PRODESAL, distritos agroclimáticos, censo agropecuario y suelos.
- 06\_Geología: Fallas geológicas, estudio sismo-eléctrico.
- 07\_DGA: DAA Catastro público de aguas, DAA inscritos por la municipalidad.
- 08\_Topografía: Curvas de nivel a 5M, DEM.
- 09\_Trazado de canal
- 10\_Exploración aguas subterráneas

Figura 80. Visualización de capas en proyecto Qgis



El detalle de cada capa contenida en cada grupo temático se muestra en Tabla 95. El SIG se encuentran adjunto a este informe en el apéndice digital: “SIG”.

Tabla 95. Capas del SIG, contenido, fecha de actualización y procedencia

Grupo temático	Nombre cubierta	Contenido	Fecha actualización	Procedencia
Cartografía base	Municipios VIII	Capa de puntos que representan la localización de los municipios de todas las comunas de la región del Biobío.	06-12-2018	Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo (SUBDERE)
	Red Vial	Contiene actualización en base al proceso de Homologación de caminos. La Red Vial esta segmentada con información de los tipos de carpeta o rodadura, incluyendo información de los Caminos Básicos con data	08-04-2019	Ministerio de Obras Públicas

Grupo temático	Nombre cubierta	Contenido	Fecha actualización	Procedencia
		actualizada a agosto de 2015.		
	Manzana Precensal Santa Juana	Contienen información georreferenciada de las manzanas precensales de la comuna de Santa Juana. Algunas manzanas se encuentran indeterminadas en la base de datos y la cartografía debido al secreto estadístico	03-12-2018	Instituto Nacional de Estadísticas
	Límite región del Biobío	Contiene el límite regional de la región del Biobío	12-06-2019	Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo
	Límite comunal Santa Juana	Contiene el límite comunal de la Comuna de Santa Juana	12-06-2019	Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo
	Entidades Rurales	Cobertura con los límites de Entidades Rurales de Santa Juana.	03-12-2018	Instituto Nacional de Estadísticas
	Propiedades rurales	Subdivisión y/o fusión de roles.	2015	CIREN
	Distrito Censal	Contiene los distritos censales del área de estudio	03-12-2018	Instituto Nacional de Estadísticas
	Ortofoto	Imagen satelital del área de estudio	01-12-2018	Google Earth
	Zonificación plan metropolitano	Raster que contiene la propuesta de modificación del plan regulador metropolitano de Concepción.	nov-17	Ministerio de vivienda y urbanismo
Trabajos de Terreno	Puntos de aforo	Contiene los puntos de aforo que se llevaron a cabo en las campañas de terreno.	jun-19	Elaboración Propia
	Agricultores encuestados	Ubicación de lo agricultores que fueron encuestados para realizar la caracterización agroproductiva de la zona.	mar-19	Elaboración Propia
	Desagües	Capa vectorial de tipo línea que contiene ubicación de desagües de descarga de aguas lluvia o bien, descarga de eventuales escurrimientos superficiales desde los cerros. Estos desagües en su mayoría son ampliaciones de los pequeños cursos de agua que escurren desde los cerros, y luego son conducidos por los bordes de los potreros en forma de drenes abiertos.	mar-19	Elaboración Propia
	Estero	Contiene ubicación de estero afluente del estero Curalí. Este estero nace producto de quebradas en la zona este de la carretera que une Santa Juana con Nacimiento, y los agricultores lo utilizan para regar algunos pequeños potreros en la zona. Sin embargo, este estero principalmente sirve para drenar el agua de ese pequeño valle.	mar-19	Elaboración Propia
	Canales	Contiene red de canales intraprediales detectados en terreno.	mar-19	Elaboración Propia
Alternativas de acumulación	Ensayos geotécnicos	Contiene propuesta de ubicación de ensayos geotécnicos	abr-19	Elaboración Propia
	Sondajes propuestos	Contiene propuesta de ubicación de sondajes	may-19	Elaboración Propia
	Muros	Contiene la ubicación de potenciales muros de las zonas de embalsamiento analizadas.	jun-19	Elaboración Propia
	Zonas de embalse	Contiene todas las áreas de inundación analizadas como potenciales zonas de acumulación.	jul-19	Elaboración Propia
	Zonas de embalse seleccionadas	Contiene las áreas de inundación de las alternativas de embalse que fueron seleccionadas	ago-19	Elaboración Propia
Hidrografía	Red hidrográfica Santa Juana	Contiene polilíneas que representan las red de drenaje de la comuna de Santa Juana	2012	Biblioteca del Congreso Nacional de Chile
	Principales cursos de agua	Grupo que enmarca los principales cursos de agua del área de estudio		
	Río Lía	Contiene polilíneas que representa el curso del Río Lía	2012	Biblioteca del Congreso Nacional de Chile
	Estero Curalí	Contiene polilíneas que representa el curso del Estero Curalí	2012	Biblioteca del Congreso Nacional de

Grupo temático	Nombre cubierta	Contenido	Fecha actualización	Procedencia
				Chile
	Estero Guane	Contiene polilíneas que representa el curso del Estero Guane	2012	Biblioteca del Congreso Nacional de Chile
	Estero Huedilhue	Contiene polilíneas que representa el curso del Estero Guane	2012	Biblioteca del Congreso Nacional de Chile
	Estero Pellines	Contiene polilíneas que representa el curso del Estero Pellines	2012	Biblioteca del Congreso Nacional de Chile
	Cuencas área de estudio	Capa de información vectorial de las cuencas del área de estudio	22-02-2017	Dirección general de aguas
	Subcuencas área de estudio	Capa de información vectorial de las Subcuencas del área de estudio	22-02-2017	Dirección general de aguas
	Subsubcuencas área de estudio	Capa de información vectorial de las Subsubcuencas del área de estudio	22-02-2017	Dirección general de aguas
	Estaciones Fluviométricas	Capa de información en formato Shape de las estaciones fluviométricas del área de estudio	14-09-2017	Dirección general de aguas
	Calidad de aguas	Capa de información en formato Shape de las estaciones calidad de aguas del área de estudio	14-09-2017	Dirección general de aguas
Agronomía	Límites del valle para uso agrícola	Contiene el límite del valle destinado para uso agrícola. Capa construida con el apoyo información proveniente del plan regulador metropolinatio	ene-19	Elaboración Propia
	Usuarios PRODESAL	Contiene la ubicación de agricultores del área de estudio atendidos por programa PRODESAL	ene-19	Elaboración Propia
	Distritos Agroclimáticos	Contiene el límite de los distritos agroclimáticos de la zona de estudio	2017	Centro de Agricultura y Medioambiente (AGRIMED)
	<b>Censo Agropecuario</b>	Grupo que enmarca los resultados del último censo agropecuario		
	Industria Forestal	Ubicación de aserraderos	2008	Oficina de Estudios y Políticas Agrarias
	Viñas	Superficie plantada de viñas	2009	Oficina de Estudios y Políticas Agrarias
	Riego	Superficie con riego, segmentada por tipo de riego	2010	Oficina de Estudios y Políticas Agrarias
	Hortalizas	Superficie por distrito destinada a producción de hortalizas	2011	Oficina de Estudios y Políticas Agrarias
	Infraestructura	Infraestructura agrícola-agroindustrial en los distritos que abarca el área de estudio	2012	Oficina de Estudios y Políticas Agrarias
	Frutales menores	Superficie por distrito destinada a la producción de frutales menores	2013	Oficina de Estudios y Políticas Agrarias
	Frutales mayores	Superficie por distrito destinada a la producción de frutales mayores	2014	Oficina de Estudios y Políticas Agrarias
	Forrajeras anuales	Superficie por distrito destinada a la producción de forrajeras anuales	2015	Oficina de Estudios y Políticas Agrarias
	Forrajeras permanente	Superficie por distrito destinada a la producción de forrajeras permanentes	2016	Oficina de Estudios y Políticas Agrarias
	Forestal	Superficie por distrito destinada a la producción forestal	2007	Oficina de Estudios y Políticas Agrarias
	Cultivos industriales	Superficie por distrito destinada a la producción de cultivos industriales	2007	Oficina de Estudios y Políticas Agrarias
	Chacra	Superficie por distrito destinada a Chacras	2007	Oficina de Estudios y Políticas Agrarias
	Cereales	Superficie por distrito destinada a la producción de cereales	2007	Oficina de Estudios y Políticas Agrarias
	Caprino	Cantidad de caprinos por distritos	2007	Oficina de Estudios y Políticas Agrarias

Grupo temático	Nombre cubierta	Contenido	Fecha actualización	Procedencia
	Bovino	Cantidad de bovinos por distritos.	2007	Oficina de Estudios y Políticas Agrarias
	Suelos	Grupo que enmarca las temáticas relacionadas al estudio de suelos		
	Calicatas	Ubicación de calicatas realizadas para realizar descripción de perfil, análisis textural y físico-hídrico del suelo	mar-19	Elaboración Propia
	Categorías de drenaje	Modificaciones a capa CIREN con categorías de drenaje según información obtenida de calicatas	mar-19	Elaboración Propia
	Series de suelo	Modificaciones a capa CIREN de series de suelos según información obtenida de calicatas	mar-19	Elaboración Propia
	Suelos_Ciren	Estudio Agrológico Región del Biobío. Descripciones de suelos. Materiales y símbolos. Santiago, CIREN, 2014 (Pub. CIREN, No 181). Registro de Propiedad Intelectual: No 258.017. ISBN: 978-956-9365-07-2	28-11-2018	CIREN
	Riesgo de erosión potencial	Contiene el riesgo de erosión actual de la VIII Región del Bio-Bío.	10-01-2011	CIREN
	Erosividad	Contiene la erosividad del suelo, entendida como la facilidad que presenta el suelo para ser movilizado. Esta cobertura es producto de la realización del estudio Elaboración de pre diagnóstico nacional del componente suelo para la discusión regional de la política para la sustentabilidad ambiental del patrimonio natural renovable, encargado a la Universidad Austral de Chile el año 2002.	01-01-2002	Ministerio del Medio Ambiente
Erodabilidad	Información de la erodabilidad del suelo para la zona de estudio, define la condición de los suelos que posibilita su pérdida por erosión hídrica y/o eólica.	01-01-2002	Ministerio del Medio Ambiente	
Geología	Fallas geológicas Biobío	Contiene las fallas geológicas presentes en la región del Biobío	dic-13	Estudio hidrogeológico Cuenca Biobío
	Geología Itata_Biobío	Contiene las formaciones geológicas del área de estudio	dic-13	Estudio hidrogeológico Cuenca Biobío
	Estudio sismo eléctrico muni	Contiene información de estudio sismoeléctrico desarrollado por la municipalidad de Santa Juana	SF	Municipalidad de Santa Juana
DGA	DAA Fisco	Contiene la ubicación de los DAA inscritos a favor del Fisco en el río Lía	nov-18	Elaboración Propia
	DAA en río Lía	Contiene la ubicación de los DAA inscritos sobre el río Lía	nov-18	Elaboración Propia
	DAA Catastro público DGA	Contiene la ubicación de los DAA del catastro público de aguas presentes en el área de estudio	nov-18	Elaboración Propia
	DAA Nuevos (municipalidad)	Regularizaciones-Inscripciones de DAA inscritos con apoyo municipal	nov-18	Elaboración Propia
Topografía	CN_5M_Zona estudio	Contiene curvas de nivel cada 5 metros generadas con MDE ALOS	nov-18	Elaboración Propia
	AP_26541_FFBS_F4 370_RT1.dem	MDE ALOS del área de estudio	nov-18	Elaboración Propia
Trazado de canal	Canal Proyectado 980_C	Contiene trazado de canal proyectado para caudal estimado de 980 l/s conducción cerrada	may-19	Elaboración Propia
	Canal Proyectado 980_A	Contiene trazado de canal proyectado para caudal estimado de 980 l/s conducción abierta	may-19	Elaboración Propia
	Canal Proyectado 640_C	Contiene trazado de canal proyectado para caudal estimado de 640 l/s conducción cerrada	may-19	Elaboración Propia
	Canal Proyectado 640_A	Contiene trazado de canal proyectado para caudal estimado de 640 l/s conducción abierta	may-19	Elaboración Propia
	Canal Proyectado 310_C	Contiene trazado de canal proyectado para caudal estimado de 310 l/s conducción cerrada	may-19	Elaboración Propia
	Canal Proyectado 310_A	Contiene trazado de canal proyectado para caudal estimado de 310 l/s conducción abierta	may-19	Elaboración Propia
	Punto de traslado de ejercicio de	Contiene ubicación del punto sugerido para efectuar un traslado de ejercicio de DAA (traslado a cabecera de	may-19	Elaboración Propia

Grupo temático	Nombre cubierta	Contenido	Fecha actualización	Procedencia
	derecho	embalse proyectado)		
	Singularidades canal matriz	Contiene la potencial ubicación de obras estimadas para el canal proyectado.	may-19	Elaboración Propia
Explotación Aguas Subterráneas	Zona de riego pozos	Contiene el área de alcance proyectada para una posible explotación de aguas subterránea	may-19	Elaboración Propia
	Zona explotación aguas subterráneas	Punto sugerido para la explotación de aguas subterráneas	may-19	Elaboración Propia



MÁS Y MEJOR  
RIEGO PARA CHILE



## 20 CONCLUSIONES GENERALES

Las principales conclusiones generales obtenidas durante la ejecución de este estudio son:

a) En la zona de estudio, de un total de 1750 ha potenciales existirían unas 827 hectáreas de suelos regables, sin embargo la zona no dispone de riego, salvo pequeños caudales que escurren hasta finales de primavera desde vertientes y esteros.

b) La encuesta aplicada a los predios demostró que el 83% de los agricultores tienen superficies menores a 10 hectáreas y solo el 17% de los predios tienen más de 10 hectáreas lo que significa que la mayor parte de los potenciales beneficiarios son pequeños agricultores.

c) El valle presenta un problema de drenaje por efecto de las precipitaciones invernales, la conformación topográfica del área de riego y posibles compactación de estratas superficiales lo que provoca un lento drenaje, que perjudica y retrasa las siembras provocando efectos negativos en el crecimiento y desarrollo de los cultivos.

d) Los estudios hidrológicos demostraron que existen recursos superficiales disponibles en el río Lía que permitirían mejorar la disponibilidad de agua en el valle de Catirai.

e) Los recursos subterráneos por su parte, son un aporte marginal de recursos para el riego del valle de Catirai.

f) Los suelos del valle son de origen sedimentario y se caracterizan por tener topografía plana con escasa pendiente y donde existen numerosos cauces naturales que fluyen a lo largo del valle y desembocan al río Biobío. En los suelos del valle existen importantes problemas de drenaje. Durante la ejecución del estudio fue posible constatar que el 23 % de los suelos son de drenaje imperfecto y el 35% de drenaje moderado. Las principales fuentes de recarga que dan origen al problema de drenaje del valle son la recarga por lluvia, la escorrentía superficial desde los cerros adyacentes y el agua transportada por la red natural de esteros que eventualmente pueden desbordar bajo condiciones de máximo caudal durante el invierno.

g) Se analizaron los Derechos de Aprovechamiento de Aguas (DAA) que pudieran interferir con las ideas de proyectos propuestas. Se identificaron sólo 4 DAA que se verían afectados por una obra de acumulación dos derechos son consuntivos de uso permanente y discontinuo y dos de uso eventual y discontinuo.

h) Finalmente las ideas de proyectos propuestas se dividieron en tres grupos i) sin regulación, ii) con regulación y iii) aguas subterráneas. En cada una de estas ideas, se debe considerar la solución previa del drenaje del valle. Las ideas de proyecto "Sin Regulación" corresponden al trasvase directamente desde el río Lía mediante una bocatoma y un canal de conducción hasta la zona de riego. El canal propuesto consideró dos alternativas: Canal abierto en hormigón y Canal cerrado en tubería HDPE. Los proyectos "Con Regulación" corresponden a: i) Un Embalse en el río Lía asociado a un canal de conducción hasta la zona de riego y ii) Un Embalse ubicado en estero sin nombre asociado a una bocatoma en el río Lía y un canal de conducción. Paralelamente se analizó una tercera idea que consiste en la acumulación de agua en el estero Pellines con aguas propias del estero. Con respecto a la idea de proyecto con "aguas subterráneas", se analizó la habilitación de dos pozos ubicados en las cercanías de Santa Juana.

Todas las alternativas anteriormente planteadas fueron preliminarmente cuantificadas económicamente a nivel de Perfil y fue evaluada la pertinencia de ingreso al sistema de evaluación de impacto ambiental y los procedimientos y estudios que serían necesarios.

i) Al término del estudio se realizó una reunión participativa con los agricultores del valle para validar las ideas de proyectos que permitirán abastecer de agua para riego al valle de Catirai. La preferencia de dos grupos entre las ideas de proyecto, fue la opción de embalse en el río Lía con el canal de trasvase entubado y uno de los grupos incorporó además los acumuladores en el estero sin nombre y estero Pellines. Hubo un grupo que prefirió la alternativa, canal de trasvase sin acumulador en río Lía más el acumulador en el estero Pellines y estero sin nombre. Es importante destacar, que todos los grupos concluyeron que es necesario realizar las obras de drenaje para cualquier proyecto que se realice.

La información recopilada en este estudio básico permitirá una posterior evaluación económica y social asociada a cada una de las ideas de proyectos. Con esta evaluación será posible determinar la pertinencia y factibilidad de continuar con estudios más detallados que permitan definir con mayor precisión la mejor alternativa de solución.