



Dirección
General de
Aguas
Ministerio de Obras
Públicas

Gobierno de Chile

GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS
DEPTO. DE ADM. DE RECURSOS HÍDRICOS

DETERMINACIÓN DE NECESIDADES DE RESERVA DE AGUAS, ART. 147 BIS DEL CÓDIGO DE AGUAS – REGIONES IX, XIV Y X

RESUMEN EJECUTIVO

REALIZADO POR:

AQUATERRA INGENIEROS LIMITADA

S.I.T. N° 352

Santiago, Diciembre 2014

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

Ministro de Obras Públicas
Ingeniero Comercial Sr. Alberto Undurraga Vicuña

Director General de Aguas
Abogado Sr. Carlos Estévez Valencia

Jefe Dpto. de Adm. De Recursos Hídricos
Ingeniero Civil Sr. Luis Alberto Moreno Rubio

Inspector Fiscal
Ingeniero Civil Agrícola Sr. Rodrigo Opazo Rodríguez

AQUATERRA INGENIEROS LIMITADA

Jefe de Proyecto
Ingeniero Civil Jaime Vargas Paysen

Profesionales

Ingeniero Civil Jorge Baechler R.
Ingeniera Civil Paula Contreras T.
Ingeniero Agrónomo Sady Guzmán B.
Ingeniera Civil en Geografía Claudia Hernández L.
Ingeniera Civil en Geografía Karen Beltrán

INDICE

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUCCIÓN, OBJETIVOS Y ALCANCES | 1 |
| 1.1. Objetivos y Alcances..... | 1 |
| 1.1.1. Objetivo General | 1 |
| 1.1.2. Objetivos Específicos..... | 1 |
| 1.2. Área de Estudio y Consideraciones Generales | 2 |
| 2. RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE ANTECEDENTES | 6 |
| 3. SUBSUBCUENCAS CON SOLICITUDES DE DERECHOS CONSUNTIVOS Y NO CONSUNTIVOS | 7 |
| 4. SOLICITUDES DE DERECHOS CONSUNTIVOS Y NO CONSUNTIVOS QUE AFECTARÍAN POBLACIÓN NO ABASTECIDA..... | 9 |
| 5. ABREVAMIENTO ANIMAL Y RIEGO | 11 |
| 5.1. Generalidades..... | 11 |
| 5.2. Abrevamiento Animal | 12 |
| 5.3. Riego | 14 |
| 6. DETERMINACIÓN DE LAS DEMANDAS DE RESERVA DE AGUA..... | 16 |
| 6.1. Proyección de la Población No Abastecida de Agua Potable | 16 |
| 6.2. Demanda de Agua Potable en Localidades No Abastecidas..... | 16 |
| 6.3. Demanda de Agua para Riego y Abrevamiento Animal | 17 |
| 6.4. Demandas Totales para Reserva | 18 |
| 7. ANÁLISIS AMBIENTAL..... | 20 |
| 7.1. Generalidades | 20 |
| 7.2. Análisis Hidrológico | 21 |
| 7.3. Procedimiento para la Definición de los Caudales de Reserva para Protección Ambiental..... | 25 |

| | |
|---|-----------|
| 8. PRIZACIÓN DE SUBSUBCUENCAS..... | 26 |
| 8.1. Generalidades..... | 26 |
| 8.2. Aplicación del AHP al Análisis de Cuencas..... | 27 |
| 8.3. Resultados del modelo AHP en el Análisis de Priorización de | |
| Subsubcuencas. | 28 |
| 9. IDENTIFICACIÓN DE CUENCAS COSTERAS CON POBLACIÓN NO | |
| ABASTECIDAS | 30 |
| 10. DISPONIBILIDAD DE RECURSOS PARA OTORGAMIENTO DE | |
| DERECHOS DE AGUA CONSUNTIVOS | 30 |
| 11. BALANCES..... | 31 |
| 12. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA | 32 |
| 12.1. Introducción..... | 32 |
| 12.2. Plataforma Computacional | 32 |
| 12.3. Base Cartográfica | 33 |
| 12.4. Presentación de Resultados | 33 |
| 13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 33 |

PLANOS

| | |
|--------------------|---|
| PLANO 1.2-1 | Área de Estudio, IX Región de la Araucanía |
| PLANO 1.2-2 | Área de Estudio, XIV Región de los Ríos |
| PLANO 1.2-3 | Área de Estudio, X Región de los Lagos |

1. INTRODUCCIÓN, OBJETIVOS Y ALCANCES

1.1. Objetivos y Alcances

1.1.1. Objetivo General

El objetivo general de este proyecto es la generación de informes y estudios de evaluación hidrológica en la IX, XIV y X región del país, y de los usos del agua para abastecimiento de la población, en protección ambiental, abrevadero animal y riego, que es necesario reservar en dichos sectores, de acuerdo con lo previsto en el artículo 147 Bis, inciso 3, del código de aguas.

Lo anterior servirá de apoyo a la resolución de solicitudes relacionadas con la adquisición y ejercicios de nuevos derechos de aprovechamiento de aguas en esas fuentes.

1.1.2. Objetivos Específicos

Los objetivos específicos del estudio son los siguientes:

- ✓ Identificar aquellas zonas de las regiones IX, XIV y X que no cuentan con los medios para abastecer a la población.
- ✓ Identificar al interior de las regiones IX, XIV y X, aquellas cuencas y/o fuentes en las cuales existan situaciones particulares (SNASPE, ZOIT, etc.) que puedan afectar el patrimonio ambiental o el desarrollo local de la zona.
- ✓ Identificar solicitudes de inscripción de derechos de aprovechamiento de aguas presentadas por Comités APR, Comunidades Indígenas u otro peticionario, que puedan ser consideradas como necesidad de reserva en alguna determinada cuenca y/o fuentes.
- ✓ Cuantificar la superficie de riego y ganado existente en las regiones IX, XIV y X. Lo anterior se refiere a población que no dispone de los medios para el sustento del ganado y riego de su propiedad.
- ✓ Cuantificar las demandas actuales y futuras de las regiones IX, XIV y X, para el abastecimiento de la población (Sistemas de Agua Potable Rural), abrevadero animal y riego.

- ✓ Cuantificar las necesidades hídricas para usos ambientales y turismo en dichas zonas.
- ✓ Generar un Sistema de Información Geográfica (SIG) que permita integrar toda la información relevante recopilada, generada/sistematizada y los análisis espaciales desarrollados en el estudio.
- ✓ Identificar al interior de las regiones IX, XIV y X aquellas cuencas y/o fuentes en las cuales se deben reservar caudales.

1.2. Área de Estudio y Consideraciones Generales

El área general de estudio abarca las regiones IX, XIV y X, y se puede ver en los planos 1.2-1 a 1.2-3.

Algunas consideraciones generales se incluyen a continuación:

- El nivel de desagregación del estudio es la subsubcuenca, por lo que los caudales de reserva se obtendrán a esa escala.
- Las solicitudes de derechos de aguas a considerar en la determinación de caudales de reserva, son aquellas asociadas a derechos consuntivos y no consuntivos de ejercicio permanente (para que puedan ser utilizados para abastecimiento de agua potable).
- En el caso de fuentes superficiales, los caudales de reserva se determinan por el balance de demanda y disponibilidad para reserva. En caso de no disponer de la disponibilidad de una determinada subsubcuenca, se dejará establecido el monto del caudal de reserva calculado.
- En el caso de fuentes subterráneas, los caudales de reserva quedan definidos sólo a nivel de demanda, y sólo en las zonas costeras.

Tal cual fuera señalado, los caudales de reserva que se determinan en este estudio, han sido agrupados por subsubcuenca según delimitación DGA. Un análisis a nivel de fuentes, debiera ser analizado caso a caso, frente a cada solicitud de derecho de aguas correspondiente.

PLANO 1.2-1
ÁREA DE ESTUDIO IX REGIÓN

PLANO 1.2-2
ÁREA DE ESTUDIO XIV REGIÓN

PLANO 1.2-3
ÁREA DE ESTUDIO X REGIÓN

2. RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE ANTECEDENTES

Se revisaron y analizaron los siguientes estudios y documentos:

- Estudio SIT N° 116, DGA, MOP, 2006. Análisis y Determinación de Caudales de Reserva para Abastecimiento de la Población y Usos de Interés Nacional.
- Informe sobre Caudales de Reserva para Abastecimiento de la Población y Usos de Interés Nacional en el Río Rahue.
- Informe sobre Caudales de Reserva para Abastecimiento de la Población y Usos de Interés Nacional en el Río Pilmaiquén, DGA, MOP, 2007.
- Informe sobre Caudales de Reserva para Abastecimiento de la Población y Uso de Interés Nacional en el Río Toltén, DGA, 2007
- Informes Técnicos DARH, DGA, MOP, N°27, N°28, N°74, N° 278, N° 279 y N° 324, años 2013 y 2014 (corresponden a estudios relacionados con reservas de aguas subterráneas)
- Reserva para el Abastecimiento de la Población que Habita la Cordillera de la Costa entre los Ríos Bueno y Maullín. Informe Técnico IT DRA de Los Lagos N°48, DGA, MOP, 2013.
- Determinación de Reservas de Aguas Superficiales de acuerdo a lo dispuesto en el Artículo 147 Bis Inciso 3 de la Ley 20.017 de 2005 que modifica el Código de Aguas. Caudales de Reserva para Abastecimiento de la Población y Usos de Interés Nacional, SIT N° 147, 2008.
- Análisis de Metodología y Determinación de Caudales de Reserva Turísticos, SIT 206.
- Determinación de Caudales de Reserva en las Regiones VII y VIII”, SIT N° 326, 2013
- Informes Técnicos N°2, N°4, N°5, N°6, N°7, N°8, N°1 y N°2 (informes relacionados con reservas para la conservación ambiental y el desarrollo local de varias cuencas del Sur de Chile).

Información recopilada de otras fuentes fueron las siguientes:

- Información de los derechos en trámite consuntivos y no consuntivos en las regiones IX, XIV y X
- Informe “Chile: Ciudades, Pueblos, Aldeas y Caseríos”, 2005, INE
- Información de Sistemas de Agua Potable Rural (APR) para las Regiones IX, XIV y X
- Áreas de Concesión Sanitaria IX, XIV y X Regiones
- Cartografía para la IX, XIV y X Regiones con la localización de poblados, INE.
- SIG DGA, actualizado a 2014.

- Censo Agropecuario 2007, INE.
- Información Programas Prodesal y PDTI Regiones de La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos, INDAP
- Censo Nacional de Población y Vivienda. INE, 2002

3. SUBSUBCUENCAS CON SOLICITUDES DE DERECHOS CONSUNTIVOS Y NO CONSUNTIVOS

Para la identificación de las subsubcuencas con solicitudes pendientes de derechos consuntivos y no consuntivos, se trabajó sobre la base de la información proporcionada por el DARH de la DGA, la que fue extraída del Catastro Público de Aguas, y contabiliza las solicitudes pendientes ingresadas a Catastro hasta **Mayo de 2014**.

Se seleccionaron las solicitudes correspondientes a derechos tipo ND (Derechos de Aprovechamiento, artículos 130 y siguientes del Código de Aguas) y las coordenadas fueron transformadas a un único Datum, WGS 84, Huso 19.

De la revisión de esta información, se detectaron las siguientes situaciones anómalas:

Solicitudes sin coordenadas

- Solicitudes sin Datum
- Solicitudes con coordenadas anómalas
- Solicitudes con caudales nulos
- Solicitudes con caudales anómalos
- Incongruencias en caudales entre lo publicado en el diario oficial y el listado entregado por el DARH

Estas situaciones fueron informadas a la inspección de la DGA, las que a su vez fueron aclaradas en su totalidad.

En el área de estudio, se identificaron un total de 279 subsubcuencas con solicitudes de derechos consuntivos y no consuntivos, de los cuales:

- 97 pertenecen a la IX Región de la Araucanía
- 60 pertenecen a la XIV Región de los Ríos
- 122 pertenecen a la X Región de Los Lagos

En los cuadros siguientes, se presenta un resumen de los derechos de agua en trámite, en l/s, por cuenca.

CUADRO 3-1
DERECHOS DE AGUA (l/s) CONSUNTIVOS, NO CONSUNTIVOS Y
SUBTERRÁNEOS, IX REGIÓN DE LA ARAUCANÍA

| Cuenca | Q Anual (l/s) | | |
|---|----------------|-------------------|--------------|
| | Consuntivos | No consuntivos | Subterráneos |
| 083: Río Bio-Bio | 462,5 | 2.618.999,7 | 241,2 |
| 089: Costeras e Islas entre R.Paicavi y Limite Region | 3,0 | 2.330,0 | 0,0 |
| 090: Costeras Limite Region y R. Imperial | 18,5 | 0,0 | 0,0 |
| 091: Río Imperial | 39.327,0 | 5.248.064,0 | 1.667,6 |
| 092: Río Budi | 5,0 | 0,0 | 1,5 |
| 093: Costeras Entre Río Budi y Río Tolten | 45,0 | 0,0 | 29,0 |
| 094: Río Toltén | 167.174,4 | 17.793.772,5 | 1.098,9 |
| 095: Río Queule | 0,0 | 50.000,0 | 0,0 |
| 101: Río Valdivia | 271,4 | 93.697,0 | 163,6 |
| Total General | 207.307 | 25.806.863 | 3.202 |

CUADRO 3-2
DERECHOS DE AGUA (l/s) CONSUNTIVOS, NO CONSUNTIVOS Y
SUBTERRÁNEOS, XIV REGIÓN DE LOS RÍOS

| Cuenca | Q Anual (l/s) | | |
|--|-----------------|---------------------|----------------|
| | Consuntivos | No consuntivos | Subterráneos |
| 100: Costeras entre límite Región y R.Valdivia | 144,5 | 40.000,0 | 12,6 |
| 101: Río Valdivia | 53.266,5 | 7.521.760,6 | 1.383,6 |
| 102: Costeras entre R.Valdivia y R.Bueno | 81,5 | 14.500,0 | 0,0 |
| 103: Río Bueno | 5.747,3 | 5.002.235,7 | 1.104,3 |
| Total General | 59.239,8 | 12.578.496,3 | 2.500,5 |

CUADRO 3-3
DERECHOS DE AGUA (l/s) CONSUNTIVOS, NO CONSUNTIVOS Y
SUBTERRÁNEOS, X REGIÓN DE LOS LAGOS

| Cuenca | Q Anual (l/s) | | |
|---|----------------|-------------------|--------------|
| | Consuntivos | No consuntivos | Subterráneos |
| 103: Río Bueno | 33.729,0 | 4.784.246,1 | 2.737,1 |
| 104: Cuencas e Islas entre R.Bueno y R. Puelo | 45.560,3 | 5.079.533,5 | 1.508,5 |
| 105: Río Puelo | 3.269,5 | 7.101.614,0 | 8,3 |
| 106: Costeras entre R.Puelo y R.Yelcho | 2.827,5 | 1.697.370,3 | 122,9 |
| 107: Río Yelcho | 610,4 | 4.075.310,0 | 10,5 |
| 108: Costeras entre R.Yelcho y límite Regional | 14.053,0 | 245.000,0 | 0,0 |
| 109: Islas Chiloé y Circundantes | 1.577,2 | 306.877,0 | 338,5 |
| 110: Río Palena y Costeras Límite Décima Región | 408,0 | 1.666.805,0 | 5,8 |
| Total General | 102.035 | 24.956.756 | 4.732 |

4. SOLICITUDES DE DERECHOS CONSUNTIVOS Y NO CONSUNTIVOS QUE AFECTARÍAN POBLACIÓN NO ABASTECIDA

Para la identificación de las solicitudes pendientes de derechos consuntivos y no consuntivos que podrían afectar a población que no cuenta con cobertura de agua potable, se utilizó la información georreferenciada de las localidades sin abastecimiento contenidas en el SIG del estudio SIT DGA N° 116 del año 2006. La gran mayoría de esas localidades son pequeños poblados dispersos (caseríos).

Para actualizar la información del abastecimiento actual a través de APR, se contactaron a los jefes de APR de las regiones IX, XIV y X, de modo de conocer la situación actual de las localidades abastecidas. De ese modo, fue posible determinar cuáles localidades se encuentran actualmente sin abastecimiento de agua potable, para luego poder cuantificar los montos de agua que habría que reservar para dicho uso.

A su vez, se cruzó la información de las localidades no abastecidas con la información de las solicitudes de derechos de agua consuntivos, de modo de no tomar en cuenta aquellas localidades que sí tienen sus derechos en trámite. Con este cruce, se eliminaron en total 3 localidades, 1 de la IX Región y 2 de la X Región.

Con la información recibida de los jefes de los APR Regionales, fue posible identificar las localidades con sistemas APR actualmente en operación.

En el estudio del SIT N° 116 del año 2006, se encontraron algunas anomalías que tienen que ver principalmente con la incorrecta ubicación de algunas localidades. Lo anterior se corrigió usando la mapoteca 2014 de la DGA, la cual fue facilitada por la unidad SIG de la División de Estudios y Planificación de la DGA, y utilizando además toda la información contenida en el informe “Chile: Ciudades, Pueblos, Aldeas y Caseríos”- INE 2005.

Por otro lado, al analizar la relación espacial entre los puntos de restitución de las solicitudes de derechos de agua no consuntivos, y las localidades sin cobertura de agua potable dentro de cada subsubcuenca en estudio, se pudo apreciar que una parte importante de la información no estaría generando la situación de reserva de caudales. Esto, por no haber la relación espacial necesaria (ubicación relativa aguas arriba - aguas abajo respecto a un cauce), entre solicitudes y localidades que defina la potencial afectación a la población a causa del otorgamiento de esos derechos de agua no consuntivo.

De acuerdo con lo anterior, se realizó una depuración de la información en cada una de las subsubcuencas. Esta depuración consistió en el descarte de las solicitudes de derechos no consuntivos cuyo punto de restitución se ubicara de manera tal, que no existiesen localidades sin cobertura de agua potable aguas arriba del punto.

En el caso de los derechos consuntivos, si se analiza la relación espacial entre los puntos de captación de las solicitudes y la ubicación de las localidades sin cobertura de agua potable dentro de cada una de las subsubcuencas en estudio, se puede afirmar que independiente de donde se ubique el derecho de agua superficial consuntivo, siempre influirán en la reserva de agua, ya que la constitución de dicho derecho siempre tendrá afectación a la población que no dispone de agua potable. Lo anterior ocurre sólo si en la subsubcuenca donde se localizan esos derechos consuntivos haya alguna localidad sin abastecimiento.

En los casos en que se presenten derechos de agua consuntivos en subsubcuencas donde no haya localidades sin abastecimiento, esos derechos fueron eliminados de los análisis.

De acuerdo con lo señalado, el universo de solicitudes de derechos de aguas superficiales consuntivos y no consuntivos se redujo en forma importante.

En cuanto a las solicitudes de derechos no consuntivos y consuntivos, se identificaron un total de 1738 solicitudes en subsubcuencas con población sin cobertura de agua potable, 432 en subsubcuencas de la región de La Araucanía, 267 de la región de Los Ríos y 1039 de la región de Los Lagos.

5. ABREVAMIENTO ANIMAL Y RIEGO

5.1. Generalidades

La información de abrevamiento animal y riego se obtuvo del Programa de Desarrollo Local, PRODESAL.

El Prodesal es un instrumento impulsado y financiado por el INDAP para apoyar a pequeños productores agrícolas y campesinos de menores recursos, para contribuir al mejoramiento de sus ingresos potenciando el uso de la actividad silvoagropecuaria de sus predios. Este programa se lleva a efecto a través de los Municipios, y cada programa tiene un límite de beneficiarios, por lo que un Municipio puede tener varios programas.

Dadas las características de los beneficiarios de PRODESAL, se averiguó sobre las características del segmento que busca beneficiar INDAP con el programa, particularmente porque en su definición se incluyen como beneficiarios a “pequeños productores”. Se concluyó que el segmento de la población rural que atiende el programa, es asimilable a la población que se analiza este estudio.

De acuerdo con lo anterior, se solicitó, a través del marco de la Ley 20.285 de transparencia de la función pública y acceso a la información, información de los Prodesal y de los PDTI (Programa de Desarrollo Territorial Indígena), relativas al ganado y cultivos por comuna, cantidad y tipo de animales por familia, y la superficie agrícola por familia, información que fue entregada por la Dirección Nacional de la División Estratégica de Indap.

Los datos están organizados por encuestado, el que viene asociado a una comuna determinada. Se verificó con INDAP que cada encuestado puede asumirse como el jefe de una familia. Adicionalmente, se consultó si se tenía información sobre el tamaño del grupo familiar de los beneficiarios de los programas, informándose un valor medio de 3,6 personas/familia. Las bases de datos recopiladas vienen separadas según la información sobre ganado y aquella sobre cultivos.

La información de ganado, recoge datos por comuna y encuestado, sobre la cantidad de los distintos tipos de animales que posee, tales como bovinos, ovinos, porcinos, etc.

En el caso de los cultivos, se entregó, por comuna y por encuestado, información de la superficie agrícola, separada por superficie invernadero y superficie libre.

Con la información recopilada, se busca determinar el consumo de agua para abrevamiento animal por habitante, así como el consumo de agua para riego de cultivo por habitante, de manera de asociar esos valores a la población proyectada que se calculará en puntos posteriores.

En virtud de que los datos de cada encuestado se asocian a una comuna, se buscó determinar los indicadores de consumo por habitante, para cada comuna.

De acuerdo a lo informado (3,6 hab/encuestado), para los cálculos que se efectuarán más adelante, se adoptará un valor de 4 habitantes por familia, es decir, por encuestado.

5.2. Abrevamiento Animal

En el caso del abrevamiento animal, y dada la variedad recopilada por INDAP en cuanto a las distintas especies de animales, se buscó relacionar los consumos de agua para abrevamiento de cada especie con los bovinos, definiendo como indicador para cada comuna, el **número de bovinos equivalentes/habitante**. Esta equivalencia dice relación exclusivamente con el consumo de agua para abrevamiento.

De acuerdo con las distintas fuentes recopiladas, además de haber consultado a diferentes ingenieros agrónomos de amplia experiencia, se adoptaron los siguientes consumos diarios de bebida para las distintas especies informadas:

CUADRO 5.2-1
CONSUMO ABREVAMIENTO Y BOVINOS EQUIVALENTES
POR ESPECIE ENCUESTADA POR PRODESAL Y PDTI

| ESPECIE | CONSUMO | BOVINOS |
|-----------------|---------------|--------------|
| | l/animal/día) | EQUIVALENTES |
| Avícola | 0,2 | 0,003 |
| Bovinos | 70 | 1,000 |
| Caprinos | 8 | 0,114 |
| Equinos | 40 | 0,571 |
| Ovino | 7 | 0,100 |
| Porcinos | 8 | 0,114 |

Nota: El número de bovinos equivalentes se obtiene de la razón entre el consumo de abrevamiento de la especie y el consumo de abrevamiento de un bovino (70 l/día)

Es decir, el consumo de agua para 1 bovino es de 70 l/animal/día. Así, todos los demás consumos estarán referidos a los 70 l/animal/día; por ejemplo:

- Especie Avícola consume 0,2 l/día; dicho consumo de agua, al hacer su equivalencia al consumo de un bovino, resulta = $0,2/70 = 0,003$ bovinos equivalentes (en términos de consumo de agua).

Lo mismo se hace para las demás especies.

Con la equivalencia presentada, y los valores de 4 habitantes por encuestado y un consumo por bovino equivalente de 70 l/día, se obtiene la demanda de agua para abrevamiento animal por habitante para cada comuna.

Esos valores se asocian a las localidades en análisis según la comuna de emplazamiento, y con ello se obtiene el caudal de demanda por subsubcuenca.

En el caso de las localidades emplazadas en comunas que no tienen programas PRODESAL ni PDTI, se asimilarán los valores de las comunas más cercanas donde sí se tiene información de esos programas.

5.3. Riego

Para el caso de la demanda de agua para riego, a partir de la información entregada por Indap (Prodesal), se obtuvo la superficie agrícola por encuestado.

En los siguientes cuadros se incluyen los valores adoptados para abrevamiento animal y riego que se aplicarán en la determinación de la demanda.

CUADRO 5.3-1
VALORES ADOPTADOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA DE RIEGO Y ABREVAMIENTO ANIMAL - REGIÓN DE LA ARAUCANÍA

| COMUNA | Bovinos Equiv./fmla | Hás./familia |
|-----------------|------------------------|--------------|
| Angol | 4,6 | 1,7 |
| Carahue | 3,5 | 2,9 |
| Cholchol | 2,7 | 1,3 |
| Collipulli | 1,1 | 1,9 |
| Cunco | 7,9 | 2,9 |
| Curacautín | 5,5 | 1,8 |
| Curarrehue | 5,8 | 0,6 |
| Ercilla | 4,3 | 1,8 |
| Freire | 4,1 | 2,5 |
| Galvarino | 2,1 | 2,4 |
| Gorbea | 4,4 | 2,9 |
| Lautaro | 2,3 | 2,8 |
| Loncoche | 3,6 | 2,1 |
| Lonquimay | 5,5 | 0,0 |
| Los Sauces | 3,7 | 3,6 |
| Lumaco | 2,7 | 1,9 |
| Melipeuco | 6,8 | 1,0 |
| Nueva Imperial | 2,5 | 2,3 |
| Padre Las Casas | 1,0 | 1,4 |
| Perquenco | 2,1 | 2,7 |
| Pitrufquén | 4,9 | 1,5 |
| Pucón | 5,1 | 0,0 |
| Purén | 3,8 | 1,3 |
| Renaico | 8,0 | 1,9 |
| Saavedra | 7,1 | 2,2 |
| Temuco | 2,6 | 1,7 |
| Teodoro Schmidt | 5,5 | 3,7 |
| Toltén | 6,5 | 1,5 |
| Traiguén | 2,8 | 7,2 |
| Victoria | 2,7 | 3,1 |
| Vilcún | 1,3 | 15,4 |
| Villarrica | 6,9 | 2,0 |
| PROMEDIO | 4,2 | 2,6 |

CUADRO 5.3-2
VALORES ADOPTADOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA
DE RIEGO Y ABREVAMIENTO ANIMAL - REGIÓN DE LOS RÍOS

| COMUNA | Bovinos Equiv./fmla | Hás./familia |
|-----------------|------------------------|--------------|
| Corral | 11,2 | 0,05 |
| Futrono | 6,4 | 1,52 |
| La Unión | 4,0 | 2,84 |
| Lago Ranco | 8,8 | 2,42 |
| Lanco | 11,2 | 1,49 |
| Los Lagos | 15,1 | 6,84 |
| Máfil | 7,9 | 1,88 |
| Mariquina | 6,1 | 1,30 |
| Paillico | 12,9 | 2,50 |
| Panguipulli | 4,2 | 1,00 |
| Río Bueno | 12,8 | 0,35 |
| Valdivia | 5,1 | 0,00 |
| PROMEDIO | 8,8 | 1,8 |

CUADRO 5.3-3
VALORES ADOPTADOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA
DE RIEGO Y ABREVAMIENTO ANIMAL - REGIÓN DE LOS LAGOS

| Comuna | Bovinos Equiv./fmla | Hás./familia |
|----------------------|------------------------|--------------|
| Ancud | 13,1 | 19,8 |
| Calbuco | 2,2 | 0,1 |
| Castro | 4,3 | 1,2 |
| Chaitén | 9,6 | - |
| Chonchi | 7,7 | 0,3 |
| Cochamó | 6,0 | 0,8 |
| Curaco de Vélez | 6,0 | 0,6 |
| Dalcahue | 3,2 | 0,4 |
| Fresia | 13,1 | 0,9 |
| Frutillar | 18,9 | 1,2 |
| Llanquihue | 12,9 | 6,0 |
| Los Muermos | 10,2 | 0,9 |
| Mauñín | 13,9 | 1,1 |
| Osorno | 3,0 | 2,5 |
| Palena | 24,2 | 5,0 |
| Puerto Montt | 14,5 | 2,0 |
| Puerto Octay | 10,4 | 0,0 |
| Puerto Varas | 5,3 | 0,0 |
| Puqueldón | 2,5 | 0,3 |
| Purranque | 16,0 | 7,0 |
| Puyehue | 11,2 | 0,3 |
| Queilén | 6,2 | - |
| Quellón | 3,0 | 0,0 |
| Quemchi | 9,0 | 0,1 |
| Quinchao | 5,6 | 0,8 |
| Río Negro | 6,3 | 2,2 |
| San Juan de la Costa | 3,3 | 0,7 |
| San Pablo | 1,8 | 1,3 |
| PROMEDIO | 8,7 | 2,1 |

De acuerdo a lo expuesto, a continuación se procede a determinar los caudales de demanda de reserva para abrevamiento animal y riego de cultivo para la población que pudiera ser afectada por el otorgamiento de derechos no consuntivos.

6. DETERMINACIÓN DE LAS DEMANDAS DE RESERVA DE AGUA

6.1. Proyección de la Población No Abastecida de Agua Potable

Las localidades en análisis, corresponden en su generalidad a pequeños poblados dispersos que el INE clasifica en la categoría de caseríos. Así, para la proyección de la población se contempló una tasa de crecimiento igual al 2 %, asimilando el criterio que se aplica en los estudios y proyectos de sistemas de Agua Potable Rural.

El horizonte de análisis fue de 50 años, por lo que los escenarios actual y futuro correspondieron a los años 2014 y 2064, respectivamente.

Con lo expuesto, se obtuvieron las proyecciones de población que podría ser afectada por otorgamiento de derechos no consuntivos para los escenarios actual y futuro.

Por otro lado, uno de los objetivos del estudio tiene que ver con el análisis de las necesidades de reserva de agua en las cuencas costeras. Debido a que en muchas de dichas cuencas no hay derechos de aguas superficiales, o bien estos son escasos, se podría pensar en reservar derechos de agua subterránea.

Aplicando los criterios expuestos anteriormente, se proyectó la población sin cobertura de agua potable para las subsubcuencas pertenecientes a cuencas costeras según la denominación de la DGA. Adicionalmente, se incluyeron subsubcuencas que aunque no forman parte de cuencas denominadas como costeras por la DGA (cuencas con gran parte de su territorio alejado de la costa), se encuentran a borde de mar.

6.2. Demanda de Agua Potable en Localidades No Abastecidas

Dadas las características de la población en análisis, en general ubicada en pequeños poblados dispersos (caseríos), para la determinación de la demanda para reserva asociada a las necesidades de agua potable se consideraron los criterios de diseño que se aplican a los Sistemas de Agua Potable Rural en cuanto a la dotación y el nivel de pérdidas de producción:

- (a) Dotación: 150 l/hab/día
- (b) Coeficiente de Caudal Máximo diario: 1,5.
- (c) Pérdidas de Producción: 10 %.

Con estos criterios de diseño y la población proyectada, se determinaron las necesidades actuales y futuras de agua potable para la población sin cobertura que podría ser afectada por el otorgamiento de derechos consuntivos y no consuntivos.

6.3. Demanda de Agua para Riego y Abrevamiento Animal

En virtud de la variedad de cultivos informados (Prodesal), se asumieron como cultivos típicos de autosustento para cada región, aquellos que presentaban una mayor superficie plantada, y, de acuerdo con la asesoría de un ingeniero agrónomo de vasta experiencia, se adoptaron tasas de riego según el tipo de cultivo, y cantidad de meses que se deben aplicar dichas tasas. En el Cuadro 6.3-1 se incluyen las tasas de riego según tipo de cultivo que fueron adoptadas.

**CUADRO 6.3-1
TASAS DE RIEGO SEGÚN RUBRO Y CULTIVO**

| Rubro | Cultivo | Región | Tasa Riego (l/s/ha) | Meses de Riego | Tasa Anual (l/s/ha) |
|------------------------|------------|-------------|---------------------|----------------|---------------------|
| Cereales | Trigo | IX, XIV y X | 1,2 | 3 | 0,30 |
| Hortalizas | Papa | IX | 0,8 | 4 | 0,27 |
| | Ajo | X | 0,6 | 3 | 0,15 |
| | Cilantro | XIV | 0,4 | 5 | 0,17 |
| Flores y Ornamentales | Verónicas | XIV | 0,6 | 3 | 0,15 |
| Frutales | Frambuesas | IX, XIV y X | 0,8 | 6 | 0,40 |
| Producción de semillas | Papa | X | 0,8 | 4 | 0,27 |

Aplicando la tasa correspondiente al rubro presente en cada comuna, fue posible obtener un consumo teórico de riego de las localidades en análisis, relacionándolas con la comuna a la cual pertenecen.

6.4. Demandas Totales para Reserva

Los caudales totales de demanda de reserva para el abastecimiento de la población, corresponden a la suma de los caudales de demanda de agua potable, abrevamiento animal y riego. Se ha optado definir la demanda de reserva asociada al escenario futuro, es decir, año 2064.

De acuerdo con los resultados obtenidos en los capítulos precedentes, en los cuadros que siguen se presentan los valores de los caudales totales de demanda para reserva por subsubcuenca (año 2064).

Hay que destacar que en los Cuadros 9.4-1, 9.4-2 y 9.4-3 se incluyen todas las cuencas del área de estudio, incluyendo las costeras.

CUADRO 6.4-1
CAUDALES DE DEMANDA DE RESERVA PARA LAS SUBSUBCUENCAS
CON SOLICITUDES DE DERECHOS CONSUNTIVOS Y NO
CONSUNTIVOS EN TRÁMITE REGIÓN DE LA ARAUCANÍA
(AÑO 2064)

| Cuenca | Qap (l/s) | Qriego (l/s) | Qabrev (l/s) | Q dda reserva (l/s) |
|----------------------|--------------|-----------------|-----------------|------------------------|
| 083: Río Bio-Bio | 6,4 | 292,2 | 1,2 | 299,7 |
| 091: Río Imperial | 45,8 | 3.001,9 | 11,4 | 3.059,1 |
| 092: Río Budi | 1,6 | 90,9 | 0,8 | 93,4 |
| 094: Río Tolten | 19,8 | 711,4 | 8,6 | 739,8 |
| 095: Río Queule | 1,2 | 47,2 | 0,5 | 48,9 |
| 101: Río Valdivia | 1,3 | 74,3 | 0,4 | 76,0 |
| Total General | 76,1 | 4.218,0 | 22,9 | 4.317,0 |

CUADRO 6.4-2
CAUDALES DE DEMANDA DE RESERVA PARA LAS SUBSUBCUENCAS
CON SOLICITUDES DE DERECHOS CONSUNTIVOS Y NO
CONSUNTIVOS EN TRÁMITE REGIÓN DE LOS RÍOS (AÑO 2064)

| Cuenca | Qap (l/s) | Qriego (l/s) | Qabrev (l/s) | Q dda reserva (l/s) |
|--|--------------|----------------|--------------|---------------------|
| 100: Costeras entre límite Región y R.Valdivia | 4,0 | 21,5 | 1,5 | 27,0 |
| 101: Río Valdivia | 42,7 | 2.552,7 | 28,9 | 2.624,2 |
| 102: Costeras entre R.Valdivia y R.Bueno | 1,1 | 30,2 | 0,6 | 31,9 |
| 103: Río Bueno | 89,2 | 5.841,8 | 36,2 | 5.967,3 |
| Total General | 136,9 | 8.446,2 | 67,3 | 8.650,4 |

CUADRO 6.4-3
CAUDALES DE DEMANDA DE RESERVA PARA LAS SUBSUBCUENCAS
CON SOLICITUDES DE DERECHOS CONSUNTIVOS Y NO
CONSUNTIVOS EN TRÁMITE REGIÓN DE LOS LAGOS (AÑO 2064)

| Cuenca | Qap (l/s) | Qriego (l/s) | Qabrev (l/s) | Q dda reserva (l/s) |
|---|--------------|-----------------|--------------|---------------------|
| 103: Río Bueno | 60,0 | 3.285,7 | 40,9 | 3.386,6 |
| 104: Cuencas e Islas entre R.Bueno y R. Puelo | 208,2 | 8.969,8 | 154,8 | 9.332,8 |
| 105: Río Puelo | 0,1 | 2,6 | 0,0 | 2,8 |
| 106: Costeras entre R.Puelo y R.Yelcho | 48,1 | 1.162,0 | 20,7 | 1.230,8 |
| 107: Río Yelcho | 0,9 | 55,3 | 1,2 | 57,4 |
| 109: Islas Chiloé y Circundantes | 51,9 | 8.168,8 | 28,7 | 8.249,5 |
| 110: Río Palena y Costeras Límite Décima Región | 0,4 | 23,8 | 0,6 | 24,8 |
| Total General | 369,5 | 21.668,0 | 247,1 | 22.284,6 |

Como puede apreciarse, los valores asociados a la demanda para agua potable y abrevamiento animal, son sólo entre un 2% y un 3 % del caudal total de demanda para reserva, por lo que la demanda queda en la práctica definida por las necesidades de agua para riego de cultivos.

7. ANÁLISIS AMBIENTAL

7.1. Generalidades

El concepto de protección ambiental está referido a todas aquellas acciones personales o comunitarias que tiendan a defender, mejorar o potenciar la calidad de los recursos naturales de determinado ecosistema. Esto se relaciona con las acciones modificadoras causadas por las actividades humanas, las cuales se ven reflejadas en el deterioro significativo que presentan una gran cantidad de ecosistemas a nivel nacional. En este aspecto se definen tres medios de protección ambiental:

- **Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE):** Conformado por Parques Nacionales, Reservas Nacionales y Monumentos Naturales. Se encuentran administradas por la Corporación Nacional Forestal.
- **Sitios Prioritarios para la Conservación de la Diversidad Biológica:** corresponden a zonas o áreas en las cuales se ha detectado la presencia de especies de flora y/o fauna con problemas de conservación o bien con características particulares que los convierten en susceptibles de proteger. Dada su enorme fragilidad ecológica, estas áreas presentan urgencia en cuanto a su protección. Estos sitios son definidos a escala regional, de acuerdo con las Estrategias Regionales de Conservación de la Diversidad Biológica; en éstas se entregan los lineamientos para hacer factible la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad.
- **Sitios Ramsar:** corresponden a aquellos humedales que han sido declarados de importancia a través del Tratado Intergubernamental denominado Convención sobre los Humedales, aprobado el 2 de Febrero de 1971 en la ciudad Iraní de Ramsar. Los humedales son zonas donde el agua es el principal factor controlador del medio y la vida vegetal y animal asociada a él. Los humedales se forman donde la capa freática se halla en la superficie terrestre o cerca de ella o donde la tierra está cubierta por aguas poco profundas. Se localizan en la XV, II, III, IV, V y XIV región. **Para efectos del presente trabajo, interesarán aquellos sitios Ramsar que se localizan en la XIV Región.**

Por otro lado, y relacionado con los mismos temas, se encuentran las denominadas áreas de interés nacional asociadas al turismo.

La definición de áreas de interés turístico y zonas de interés turístico (ZOIT) es realizada por el Servicio Nacional de Turismo (Sernatur), a través del Plan Maestro de Desarrollo Turístico.

Los tipos de áreas antes señaladas se han identificado en cada una de las 3 regiones que se estudian. La base de información utilizada corresponde a la mapoteca de la DGA, Unidad SIG, actualizada al año 2014. Otra fuente de información en la identificación de dichas áreas fue:

- Unidad de Gestión de Información Territorial del MOP (UGIT)
- Bienes Nacionales
- Convención Ramsar

En lo que sigue se procede a determinar los caudales de reserva que debieran asignarse a las cuencas identificadas bajo los tópicos indicados anteriormente.

Las bases teóricas para la determinación de dichos caudales han sido obtenidas de informes técnicos realizados por la División de Estudios y Planificación de la DGA (por ejemplo, el Informe Técnico N° 1 Reserva del Río Chaihuín para la Conservación Ambiental y el Desarrollo Local de la Cuenca, SDT N° 292, Enero de 2010).

7.2. Análisis Hidrológico

En función de las áreas de protección ambiental y turísticas identificadas en cada una de las 3 regiones, y de los derechos de aguas superficiales de que, de otorgarse, podrían afectar dichas áreas, se han escogido una serie de cuencas hidrográficas en las cuales se procederá a desarrollar un análisis hidrológico específico.

El carácter de las solicitudes de derechos de aguas que podrían afectar a las áreas mencionadas, son solicitudes no consuntivas. Según los solicitantes, se advierte un claro interés por el aprovechamiento de las aguas para usos no consuntivos ligados a proyectos hidroenergéticos de pasada o bien para piscicultura, que alterarían las áreas a resguardar.

El objetivo del análisis hidrológico es que en cada una de las cuencas identificadas, se determine el caudal disponible que podría ser factible de otorgar, de modo de no afectar las áreas de interés ambiental.

Se solicitó al CIRH (vía web), información de los caudales medios mensuales de una serie de estaciones fluviométricas ubicadas en cada una de las 3 regiones de estudio.

En la zona de interés se cuenta con un total de 53, 27 y 44 estaciones fluviométricas, para las regiones IX, XIV y X, respectivamente.

Del conjunto de estaciones fluviométricas, se han seleccionado aquellas más cercanas a las áreas de interés ambiental.

Se analizaron con detalle las estaciones antes consignadas, y se eliminaron varias de ellas, producto principalmente de la corta data que presentaban; las estadísticas de dichas estaciones fueron rellenas con los métodos habituales usados para estos casos.

➤ **Estimación de Caudales en Cuencas Sin Control Fluviométrico**

Para efectos de lograr determinar caudales medios mensuales y anuales en cuencas sin control fluviométrico, se procedió a trabajar con relaciones empíricas que involucran caudales específicos y precipitaciones medias anuales en las cuencas de interés.

El procedimiento es simple, y consistió básicamente en:

- Determinación del área de drenaje de cada una de las estaciones fluviométricas seleccionadas.
- Determinación de la precipitación media anual (utilizando el balance hídrico) de las cuencas que abarcan dichas estaciones fluviométricas seleccionadas.
- Determinación de los caudales específicos (l/s/km²) de cada una de esas cuencas.
- Determinación de una relación empírica, para cada una de las cuencas con control fluviométrico seleccionadas, que relacione los caudales específicos con las precipitaciones medias anuales.

Por otro lado, en la determinación de precipitación media anual de cada una de las cuencas de interés, se utilizaron las isoyetas del balance hídrico de la DGA. Dicha precipitación media anual se estimó como un promedio ponderado de las precipitaciones y las áreas que abarcan.

El caudal específico no es más que el cociente entre el caudal medio anual de la estación fluviométrica de interés y el área de drenaje asociada a dicha estación.

Así, para cualquier cuenca sin control fluviométrico, conocida su área y precipitación media anual, con las relaciones obtenidas es factible calcular su correspondiente caudal medio anual.

➤ **Determinación de Coeficientes de Distribución Mensual de Frecuencia**

A cada una de las series de caudales medios mensuales de las estaciones fluviométricas de interés, se les realizó un análisis de frecuencia para las probabilidades de excedencia de 10%, 20% y 50%, analizando la bondad del ajuste con el test chi cuadrado. Así, se escogió para cada mes, la distribución que representara el mejor ajuste para las probabilidades de excedencia utilizadas.

Una vez que determinados los caudales medios mensuales para las 3 probabilidades de excedencia señaladas, se procedió a obtener los denominados coeficientes mensuales de frecuencia. Dichos coeficientes se calcularon como la razón entre los caudales medios mensuales señalados y los caudales medios anuales correspondientes a la estación utilizada.

Los coeficientes calculados se asumieron como representativos de la variación estacional y de frecuencia de los caudales medios mensuales de alguna cuenca cercana a la estación fluviométrica de interés que se utilice.

Así, los caudales medios mensuales para las probabilidades de excedencia 10%, 20% y 50% de alguna cuenca sin control fluviométrico, se obtendrán como el producto de los coeficientes mensuales de frecuencia de la estación más cercana a la cuenca que se analice, y el caudal medio anual de esa cuenca, calculado con la relación empírica antes presentada.

➤ **Caudales Medios Mensuales Según Diferentes Probabilidades de Excedencia**

Los caudales medios mensuales según diferentes probabilidades de excedencia, son determinados según el siguiente procedimiento:

- a) Se ubica un determinado punto donde se desea calcular los caudales medios mensuales para diferentes probabilidades de excedencia. Dicho punto tendrá directa relación con la ubicación de un derecho o un conjunto de derechos de aguas superficiales que pudiesen afectar el área ambiental identificada.
- b) En dicho punto se calcula el caudal medio anual con las relaciones empíricas determinadas. Para ello se debe conocer el área de la cuenca asociada al punto de control y la precipitación media anual de esa cuenca.
- c) Conocido el caudal medio anual, se aplican (multiplican) los coeficientes mensuales de frecuencia obtenidos en la estación fluviométrica más cercana al punto de control antes identificado.
- d) Los coeficientes se asumen como representativos de la variación estacional y de frecuencia de los caudales medios mensuales de alguna cuenca cercana a la estación fluviométrica de interés que se utilice.
- e) De ese modo, se obtienen los caudales medios mensuales para probabilidades de excedencia 10%, 20% y 50%, en aquellos puntos de control identificados.

Es importante destacar que el análisis de solicitudes de derechos de aguas superficiales que podrían afectar a las áreas de interés nacional asociadas a protección ambiental y desarrollo turístico, se realiza con la ubicación de los puntos de captación de los derechos de aguas superficiales no consuntivos, ya que éste es el punto que determina dónde se produciría el impacto en las áreas mencionadas.

Por otro lado, se trabaja con derechos de aguas superficiales no consuntivos en trámite, ya que los derechos consuntivos son de montos muy bajos, y si dichos derechos fueran concedidos, la posible afectación sobre las áreas de protección ambiental sería marginal. Además, con relación al ejercicio del derecho, se trabajó sólo con los derechos de ejercicio permanente.

Se han dejado fuera de los análisis aquellos derechos cuyas captaciones se ubican en los límites de las áreas ambientales de interés, siempre y cuando se cumpla la condición de que el cauce en donde se produzca la

captación vaya saliendo de la zona en cuestión. Así, cualquier zona aguas abajo de estos puntos de captación se encontraría fuera de las áreas a proteger.

Analizando las solicitudes de derechos de aguas superficiales que pudiesen afectar las áreas ambientales identificadas, se determinan las cuencas asociadas a dichos derechos.

Dichas cuencas fueron asociadas ya sea para sólo un derecho o bien para un conjunto de derechos de aguas. En efecto, cuando se tuvieron varios derechos de agua cercanos entre sí, y que captaban desde un mismo cauce, se definió una sola cuenca para ese conjunto de derechos.

7.3. Procedimiento para la Definición de los Caudales de Reserva para Protección Ambiental

Como procedimiento general para fijar el monto de caudal a reservar, se utilizaron los siguientes principios:

- Según el decreto N° 14 del 22/5/2012, se define como caudal ecológico al valor mínimo equivalente al 20% del caudal medio mensual con un límite máximo del 20% del caudal medio anual. En el caso de estudio, de modo de ser conservadores en los cálculos, se trabajará con el valor máximo, es decir, 20 % del Q medio anual.
- Se busca encontrar un caudal de conservación ambiental, definido por la suma del caudal ecológico, que para este caso será el 20% del caudal medio anual más el de reserva por interés nacional, que es el tramo comprendido entre el caudal ecológico y el 20 % de probabilidad de excedencia. Esto permitirá mantener la mayor parte del tiempo, en su condición natural, la distribución de caudales en la cuenca, y de esta manera mantener prácticamente inalterada la magnitud, frecuencia, y duración del régimen.
- La disponibilidad de caudales para constituir derechos de aprovechamiento de aguas, será el tramo comprendido entre 20% y el 10% de probabilidad de excedencia.

Las relaciones que se ocuparán en los cálculos son las siguientes:

$$Q_{\text{ecológico}} = 0,2 * Q_{\text{Medio Anual}}$$

$$Q_{\text{reserva ambiental}} = Q_{\text{prob.de excedencia 20\%}} - Q_{\text{ecológico}}$$

$$Q_{\text{reserva ambiental}} = Q_{\text{prob.de excedencia 20\%}} - 0,2 * Q_{\text{Medio Anual}}$$

$$Q_{\text{disponible a otorgar eventual}} = Q_{\text{prob.de excedencia 10\%}} - Q_{\text{reserva ambiental}} - Q_{\text{ecológico}}$$

$$Q_{\text{disponible a otorgar eventual}} = Q_{\text{prob.de excedencia 10\%}} - (Q_{\text{prob.exc.20\%}} - Q_{\text{ecológico}}) - Q_{\text{ecológico}}$$

$$Q_{\text{disponible a otorgar eventual}} = Q_{\text{prob.de excedencia 10\%}} - Q_{\text{prob.exc.20\%}}$$

Finalmente, se procedió a calcular el caudal a denegar para cada solicitud de derecho, o bien al conjunto de ellas, según se ha definido. Esto se realizó efectuando la resta de los caudales solicitados de derechos menos los caudales disponibles a otorgar como:

$$Q_{\text{a denegar}} = Q_{\text{solicitado}} - Q_{\text{disponible a otorgar}}$$

Para los casos en que el caudal solicitado es inferior al caudal disponible a otorgar, se adoptó un valor cero como el caudal a denegar.

8. PRIORIZACIÓN DE SUBSUBCUENCAS

8.1. Generalidades

Para efectos de llevar a cabo una priorización de subsubcuencas, de modo que la DGA pueda tomar la decisión en cuáles subsubcuencas se proceda a determinar “disponibilidad de agua”, y con ello sea factible calcular la reserva de agua para esa cuenca en particular, se ha desarrollado una metodología de priorización que está basada en una denominada “Evaluación Multicriterio”.

Las metodologías multicriterio permiten tomar una decisión considerando diferentes variables y/o criterios que estén relacionados a un objetivo central, considerando un conjunto de alternativas factibles. El método multicriterio puede ser usado para:

- Identificar una única opción de mayor preferencia
- Clasificar las opciones (priorización)
- Lista de preselección de un número limitado de opciones, para su posterior valoración detallada
- Para distinguir las posibilidades aceptables de las inaceptables

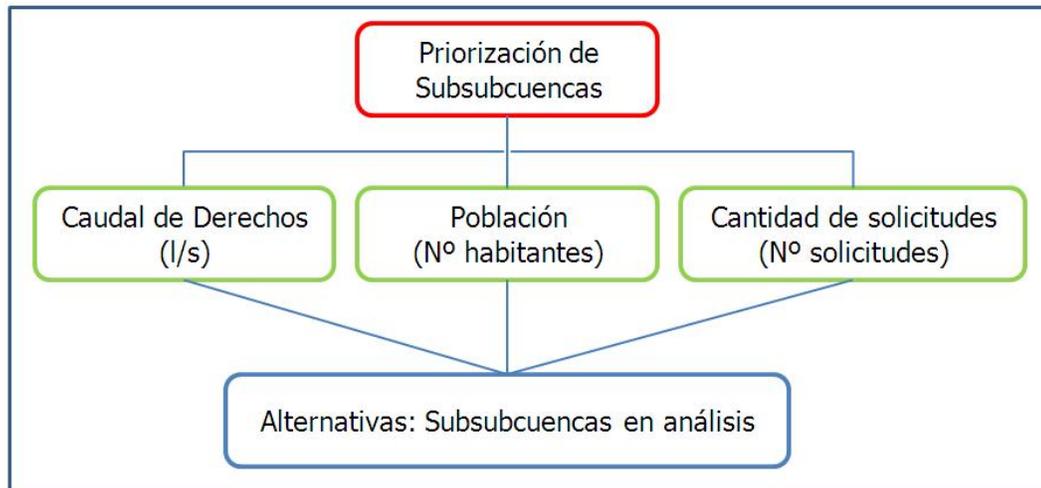
La evaluación multicriterio puede ser utilizada en Identificación de Ideas, Análisis de Alternativas, Priorización de Alternativas, Programas de Inversión, etc.

Un proceso de decisión implica, necesariamente, la comparación entre las alternativas sobre las que se puede optar frente a cierta disyuntiva presente.

En primer lugar, se hace necesario separar un problema de decisión en los elementos que lo componen, para la posterior comparación entre ellos, de esta manera la toma de decisión implica el hecho de comparar elementos que se traduce en la necesidad de realizar mediciones que permitan aplicar los criterios de comparación para establecer preferencias entre ellos, es decir, una jerarquía (priorización).

8.2. Aplicación del AHP al Análisis de Cuencas

A continuación se presenta el árbol de jerarquización general a utilizar en el estudio, (se realiza un árbol de jerarquización por región):



Objetivo: obtener una jerarquización de las subsubcuencas en análisis, que permita presentar a la DGA aquellas donde se necesitaría conocer la disponibilidad de recursos.

Criterios: se consideran tres criterios: Caudal de Solicitudes de Derechos presentes en cada sub-subcuenca (caudales l/s), Población de los APR sin

abastecimiento existente en cada sub-subcuenca (habitantes) y número de Solicitudes de cada sub-subcuenca.

Establecimiento de Prioridades: la prioridad se realiza en función de comparaciones a pares con respecto a un criterio dado, para este caso, usando la escala de proporciones de Saaty, se le asigna una importancia fuerte a moderada (valor 4) al criterio de población por sobre el número de solicitudes y caudal presente en cada sub-subcuenca, en tanto que el caudal tiene una moderada importancia con respecto al número de solicitudes (valor 3).

En el cuadro siguiente se muestra la relación entre los criterios definidos, donde los valores en rojo dan cuenta de la importancia de los criterios que se encuentran en la fila por sobre los que están en la columna.

| Criterios | Nº Solicitudes | Caudal | Población |
|----------------|----------------|--------|-----------|
| Nº Solicitudes | | 3,0 | 4,0 |
| Caudal | | | 3,0 |
| Población | | | |

Alternativas: Se consideran como alternativas todas aquellas sub-subcuencas consideradas para el análisis.

8.3. Resultados del modelo AHP en el Análisis de Priorización de Subsubcuencas.

A continuación se presentan los resultados de la priorización de subsubcuencas realizadas para las regiones de La Araucanía, de Los Ríos y de Los Lagos.

En los siguientes cuadros se muestran los nombres de las subsubcuencas, para cada una de las regiones, que resultaron con los 3 mayores valores de la función objetivo.

CUADRO 8.3-1 RESULTADOS PRIORIZACIÓN IX REGIÓN

| Subsubcuenca | Nombre | Función Objetivo | Prioridad |
|--|--|------------------|-------------|
| 09134 09401 | Rio Huichahue entre Rio Caihuico y Rio Quepe Rio Zahuelhue y Rio Guallerrupe | 0,046 | Prioridad 1 |
| 09124 09125 09420 09422 | Rio Cautin Entre Arriba Junta Estero Guacolda y Rio Muco Rio Muco hasta junta Rio Collins Lago Villarrica Rio Pedregoso | 0,042 | Prioridad 2 |
| 09129 | Rio Cautin Entre Estero Pumalal y Rio Quepe | 0,040 | Prioridad 3 |

CUADRO 8.3-2 RESULTADOS PRIORIZACIÓN XIV REGIÓN

| Código | Nombre | Función Objetivo | Prioridad |
|--|---|------------------|-------------|
| 10310 10311 | Rio Bueno Entre Lago Ranco y Bajo Rio Ralitrán Rio Bueno Entre Rio Ralitrán y Rio Lollehue | 0,047 | Prioridad 1 |
| 10144 10307 10323* 10330* | Rio Valdivia Lago Ranco Lago Puyehue Rio Bueno entre Rio Pilmaiquen y Rio Rahue | 0,043 | Prioridad 2 |
| 10304 | Lago Maihue y Rio Calcurrupe | 0,041 | Prioridad 3 |

* Subsubcuenca presente en la Region de Los Ríos y Los Lagos

CUADRO 8.3-3 RESULTADOS PRIORIZACIÓN X REGIÓN

| Código Subsubcuenca | Nombre | Función Objetivo | Prioridad |
|--|--|------------------|-------------|
| 10405 10410 10411 10431 10442 10610 | Rio Llico Lago Llanquihue y afluentes Rio Maullin Entre Desague Lago Llanquihue y Rio Calabozo Rio Chamiza Entre Desague Lago Chapo y Bajo Estero Pangal Costeras Entre Rio Lenca y Rio Chilco (Incluido) Costeras Entre Punta Tentelhue y Rio Negro (Incluido) | 0,022 | Prioridad 1 |
| 10323* 10414 | Lago Puyehue Rio Maullin entre Rio Calabozo y Rio Gomez | 0,021 | Prioridad 2 |
| 10330* 10343 10443 10903 | Rio Bueno entre Rio Pilmaiquen y Rio Rahue Rio Coihueco entre Rio Blanco y Rio Rahue Costeras Entre Rio Chilco (Excluido) y Rio Petrohue Costeras Vertientes Norte Entre Punta Quetrelquen y Rio Chepu | 0,020 | Prioridad 3 |

* Subsubcuenca presente en la Region de Los Ríos y Los Lagos

9. IDENTIFICACIÓN DE CUENCAS COSTERAS CON POBLACIÓN NO ABASTECIDAS

El principal interés es analizar aquellas zonas donde se tiene menor disponibilidad de recursos superficiales permanentes, como es el caso de las cuencas costeras, que pudieran necesitar reservar agua para el abastecimiento de la población. Debido a la menor disponibilidad de recursos superficiales que se dan en estas zonas, es que la idea es, eventualmente, reservar aguas subterráneas.

En el área de estudio no existe restricción de constitución de nuevos derechos de aguas subterráneas, por lo que, en teoría, existiría disponibilidad de recursos subterráneos (derechos en trámite) para eventualmente constituir reservas.

En las zonas costeras no existen estudios que den cuenta con capacidades de acuíferos. Debido a ello, es que sólo se han identificado las subsubcuencas donde existiría una potencial demanda de reserva de caudales, y que además se localicen localidades sin cobertura de agua potable, determinando posibles demandas potenciales sobre dichos acuíferos; en resumen se tiene:

- IX Región de la Araucanía: 9 localidades sin cobertura de agua potable
- XIV Región de los Ríos: 20 localidades sin cobertura de agua potable
- X Región de los Lagos: 175 localidades sin cobertura de agua potable

10. DISPONIBILIDAD DE RECURSOS PARA OTORGAMIENTO DE DERECHOS DE AGUA CONSUNTIVOS

La disponibilidad de recursos hídricos para reserva, corresponde a la disponibilidad natural en el cauce, descontando los caudales asociados a derechos consuntivos permanentes y continuos, y al caudal ecológico.

Esta información fue proporcionada por el DARH para una parte importante de las subsubcuencas en análisis (sin considerar las costeras). Con esta información, es factible realizar el balance oferta – demanda para reserva, y así determinar el caudal de reserva a nivel de subsubcuenca, como el valor mínimo entre el caudal de oferta para reserva y el de demanda para reserva.

La información de disponibilidad fue entregada por las DGA´s regionales en conjunto con el DARH del nivel central.

11. BALANCES

Como se ha mencionado en capítulos anteriores, los caudales de reserva son el resultado de realizar el balance oferta – demanda de reserva. Esto es, los caudales de reserva serán iguales al menor valor entre el caudal de demanda para reserva y el caudal de oferta para reserva.

Así, se han realizado los balances entre los caudales de demanda para reserva presentados en capítulos anteriores, y los caudales de oferta entregados por las DGA´s Regionales.

Es importante mencionar que la disponibilidad de recursos hídricos para reserva corresponde a la disponibilidad natural en el cauce, descontando los caudales asociados a derechos consuntivos permanentes y continuos, y el caudal ecológico. Lo anterior se debe a que los derechos consuntivos permanentes y continuos siempre son preponderantes a los derechos eventuales. No obstante, podría ser factible realizar los cálculos de reserva de agua tomando en cuenta los derechos eventuales.

En todos los casos, la reserva de agua quedó determinada por la demanda, ya que la oferta siempre fue superior a la demanda.

Por otro lado, se elaboraron 26 fichas gráficas donde se presentan, por separado, cada una de las subsubcuencas que presentan situación de reserva, en las que se incluyó información útil para el administrador del recurso hídrico, tales como:

- Identificación
- Ubicación y caudales de las solicitudes de derechos consuntivos y no consuntivos (punto de restitución) que podrían afectar a población sin cobertura de agua potable.
- Identificación de las localidades sin cobertura de agua potable que podrían ser afectadas por el otorgamiento de las solicitudes de derechos consuntivos y no consuntivos identificadas en la ficha.
- Caudales de demanda de reserva, y sus tres componentes (agua potable, abrevamiento animal y riego de cultivos).

12. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

12.1. Introducción

Se desarrolló un SIG especialmente para el presente estudio, el cual constituye, para la DGA-MOP, en una herramienta que facilita la visualización, consulta y procesamiento de los datos y resultados obtenidos en el estudio. La plataforma a utilizada para generar el SIG fue ArcGis 10.

12.2. Plataforma Computacional

Mediante la elaboración de un Sistema de Información Geográfica (SIG) se facilitan las labores de recolección, análisis, gestión y representación de datos geoespaciales. La representación de la información recopilada se expone en una serie de capas temáticas, con las cuales es posible realizar el procesamiento y análisis de datos, obteniendo los resultados requerido según el objetivo de este estudio.

De esta forma, el SIG funciona como una representación geoespacial de información geográfica que tiene asociada una base de datos alfanumérica y que se caracteriza por entregar un identificador único a cada uno de los elementos representados gráficamente.

Una de las particularidades del SIG es que permite realizar consultas automáticas para conocer los atributos de un tema, así como también seleccionarlos directamente desde la base de datos asociada al tema en cuestión.

Para la elaboración del SIG se ha utilizado el Software ArcGis 10, desarrollado por la empresa ESRI. Toda la información está contenida en una Geodatabase, la que está compuesta por dos Dataset distintos, a saber:

- Dataset Información Base: contienen todas las coberturas y tablas entregadas por la DGA y que en el desarrollo del estudio no fueron modificadas.
- Dataset Información Recopilada/Generada: contiene todas las coberturas y tablas recopiladas desde otras fuentes de información (PRODESAL, INE, SEA, otros estudios relacionados, etc.), las coberturas y tablas generadas y sistematizadas en el desarrollo del estudio, y las coberturas DGA que fueron modificadas.

12.3. Base Cartográfica

La presente implementación utilizó como base cartográfica la Cartografía Regular del IGM en escala 1:50.000, referida a coordenadas UTM, con origen en el Datum WGS 84 Huso 19 Sur. Adicionalmente, se contó con información de la mapoteca de la Unidad de Sistemas de Información Geográfica de la División de Estudios y Planificación de la DGA, actualizado al año 2014.

Además se utilizó información de recopilada de estudios anteriores y otras instituciones.

12.4. Presentación de Resultados

Para cada uno de los proyectos implementados se construyeron Layouts en formato A2, que permiten la representación gráfica de los resultados generados.

Se generaron además 12 planos temáticos con información de utilidad para una mejor comprensión de la problemática del estudio.

13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El objetivo final del trabajo fue determinar caudales de reserva obtenidos a través de un balance oferta – demanda. El área de estudio fueron las regiones de La Araucanía (IX), de Los Ríos (XIV) y de Los Lagos (X).

Algunas consideraciones generales fueron las siguientes:

- El nivel de desagregación del estudio fue la subsubcuenca, por lo que los caudales de reserva se obtuvieron a esa escala.
- Las solicitudes de derechos de aguas consideradas en la determinación de caudales de reserva, fueron aquellas asociadas a derechos consuntivos y no consuntivos de ejercicio permanente (para que puedan ser utilizados para abastecimiento de agua potable, riego y abrevamiento animal).
- En el caso de fuentes superficiales, los caudales de reserva se determinaron por balances de demanda y disponibilidad para reserva. En caso de no disponer de la disponibilidad de una determinada subsubcuenca, se dejó establecido el monto del caudal de reserva calculado.

- En el caso de fuentes subterráneas, los caudales de reserva quedaron definidos sólo a nivel de demanda, y sólo en las zonas costeras.

Para la identificación de las subsubcuencas con solicitudes pendientes de derechos consuntivos y no consuntivos, se trabajó sobre la base de la información proporcionada por el DARH de la DGA, la que fue extraída del Catastro Público de Aguas, y contabiliza las solicitudes pendientes ingresadas a Catastro hasta **Mayo de 2014**.

En el área de estudio, se identificaron un total de 279 subsubcuencas con solicitudes de derechos consuntivos y no consuntivos, de los cuales:

- 97 pertenecen a la IX Región de la Araucanía
- 60 pertenecen a la XIV Región de los Ríos
- 122 pertenecen a la X Región de Los Lagos

Para actualizar la información del abastecimiento actual a través de APR, se contactaron a los jefes de APR de las regiones IX, XIV y X, de modo de conocer la situación actual de las localidades abastecidas. De ese modo, fue posible determinar cuáles localidades se encuentran actualmente sin abastecimiento de agua potable, para luego poder cuantificar los montos de agua que habría que reservar para dicho uso.

La información de abrevamiento animal y riego se obtuvo del Programa de Desarrollo Local, PRODESAL.

Luego de haber depurado la información de derechos de agua, relacionándola además con la ubicación de dichos derechos y de las localidades sin abastecimiento de agua potable, finalmente se determinaron caudales de reserva (agua potable, riego y abrevamiento animal) para:

- IX Región de La Araucanía: 35 subsubcuencas y 3 costeras
- XIV Región de Los Ríos: 31 subsubcuencas y 8 costeras
- X Región de Los Lagos: 72 subsubcuencas y 39 costeras

Respecto a los caudales de demanda de reserva determinados, se pudo concluir que los caudales asociados a la demanda para agua potable y abrevamiento animal, son sólo entre un 2% y un 3 % del caudal total de demanda para reserva, por lo que la demanda para reserva queda en la práctica definida por las necesidades de agua para riego de cultivos.

Por otro lado, se analizó la la reserva de agua en cuencas o zonas que tengan áreas de interés nacional asociadas a protección ambiental y desarrollo turístico. Para ello, se llevó a cabo un análisis hidrológico en cada una de las cuencas identificadas, con el objetivo de determinar el caudal disponible que podría ser factible de otorgar, de modo de no afectar las áreas de interés ambiental.

Analizando las solicitudes de derechos de aguas superficiales que pudiesen afectar las áreas ambientales identificadas, se determinaron las cuencas asociadas a dichos derechos. Dichas cuencas fueron asociadas ya sea para sólo un derecho o bien para un conjunto de derechos de aguas.

En la IX Región se definieron un total de 34 cuencas a analizar, en la XIV Región un total de 73 cuencas y en la X Región un total de 154 cuencas a analizar.

Siguiendo una metodología aplicada en otros estudios ambientales similares desarrollados por la DGA, fue posible determinar caudales ecológicos, caudales de reserva, caudales de disponibilidad eventual y caudales a denegar, para cada uno de los derechos o conjunto de derechos de aguas superficiales no consuntivos en trámite.

Para efectos de llevar a cabo una priorización de subsubcuencas, de modo que la DGA pueda tomar la decisión en cuáles subsubcuencas se proceda a determinar “disponibilidad de agua”, y con ello sea factible calcular la reserva de agua para esa cuenca en particular, se ha desarrollado una metodología de priorización que está basada en una denominada “Evaluación Multicriterio”.

Con respecto a los balances oferta – demanda efectuados, al menos en aquellas subsubcuencas con que se contó con la oferta de agua superficial (oferta entregada por las DGA´s Regionales y el DARH), la reserva quedó siempre determinada por la demanda, ya que la oferta siempre fue muy superior a la demanda.

Es importante señalar, que si bien el alcance planteado para el estudio fue la subsubcuenca, las situaciones de reserva dadas por la relación espacial entre solicitudes y población, es localizada, abarcando uno o más sectores dentro del territorio de la subsubcuenca.

Lo anterior debe tenerse en cuenta al momento de utilizar los resultados para los caudales de reserva, ya que en rigor provienen de un balance

cuya demanda proviene de una parte de la hoya hidrográfica que contempló la oferta o disponibilidad.

Por otro lado, se elaboraron 26 fichas gráficas, donde se presentan, por separado, cada una de las subsubcuencas que presentan situación de reserva, en las que se incluyó información útil para el administrador del recurso hídrico, tales como: identificación, ubicación y caudales de las solicitudes de derechos consuntivos y no consuntivos (punto de restitución) que podrían afectar a población sin cobertura de agua potable, identificación de las localidades sin cobertura de agua potable que podrían ser afectadas por el otorgamiento de las solicitudes de derechos consuntivos y no consuntivos identificadas en la ficha, se incluyen los caudales de demanda de reserva, y sus tres componentes (agua potable, abrevamiento animal y riego de cultivos).

Se desarrolló un SIG especialmente para el presente estudio, el cual constituye, para la DGA-MOP, en una herramienta que facilita la visualización, consulta y procesamiento de los datos y resultados obtenidos en el estudio. La plataforma a utilizada para generar el SIG fue ArcGis 10. Para la elaboración del SIG se utilizó el Software ArcGis 10, desarrollado por la empresa ESRI. Toda la información está contenida en una Geodatabase, la que estuvo compuesta por dos Dataset distintos, a saber:

- Dataset Información Base: contienen todas las coberturas y tablas entregadas por la DGA y que en el desarrollo del estudio no fueron modificadas.
- Dataset Información Recopilada/Generada: contiene todas las coberturas y tablas recopiladas desde otras fuentes de información (PRODESAL, INE, SEA, otros estudios relacionados, etc.), las coberturas y tablas generadas y sistematizadas en el desarrollo del estudio, y las coberturas DGA que fueron modificadas.

De acuerdo con el trabajo desarrollado y a la experiencia adquirida en este tipo de estudios, se plantean las siguientes recomendaciones para futuros estudios:

- Reevaluar incluir la demanda de riego en los cálculos de reserva, ya que ésta constituye cerca del 98 % del total de demanda de agua potable, abrevamiento animal y riego.
- Respecto al estudio ambiental, es conveniente siempre trabajar en forma individual con sólo un derecho, no con un conjunto de derechos. En ese sentido, para futuros trabajos, podría ser

conveniente realizar una depuración de derechos, relacionada específicamente por ejemplo con montos de caudales, tratando de lograr tener solo un derecho por punto a evaluar el caudal de reserva.

- Sería muy conveniente desarrollar un manual de procedimientos para el administrador del recurso hídrico, que acote y de pautas metodológicas para la determinación de los caudales de denegación para reserva en la resolución de solicitudes de derechos consuntivos y no consuntivos; incluyendo en este manual los caudales de reserva ambiental.