



**GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS
DIVISIÓN DE ESTUDIOS Y PLANIFICACIÓN**

ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA ACTUAL, PROYECCIONES FUTURAS Y CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN CHILE

RESUMEN EJECUTIVO

REALIZADO POR:

**UNIÓN TEMPORAL DE PROVEEDORES
HÍDRICA CONSULTORES SPA Y AQUATERRA INGENIEROS LTDA**

S.I.T. Nº 419

Santiago, Agosto 2017

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

Ministro de Obras Públicas
Ingeniero Comercial Sr. Alberto Undurraga Vicuña

Director General de Aguas
Abogado Sr. Carlos Estévez Valencia

Jefe División de Estudios y Planificación
Ingeniero Civil Adrián Lillo Zenteno

Inspectora Fiscal
Ingeniera Civil Andrea Osses Vargas

Inspectores Fiscales Subrogantes
Ingeniero en Recursos Naturales Renovables Nicolás Ureta Parraguez
Geógrafo Paul Dourojeanni Schlotfeldt

HÍDRICA CONSULTORES SPA Y AQUATERRA INGENIEROS LTDA (UTP)

Jefe de Proyecto
Ingeniero Civil Félix Pérez Soto

Profesionales
Ingeniero Civil Jaime Vargas P.
Ingeniero Civil Jorge Castillo G.
Ingeniera Civil Maricel Gibbs R.
Ingeniera Civil en Geografía Karen Beltrán S.
Ingeniero Civil Julio Faúndes S.
Ingeniero Civil Felipe Orellana M.
Ingeniero Civil Sergio Duarte M.
Ingeniera Agrónoma Irene Bernaus L.
Ingeniero Civil Darío Vargas G.
Ingeniera Agrónoma Alba Llavona F.
Ingeniero Ambiental Matías Faúndes S.
Ingeniero Civil Alejandro de la Barra R.
Ingeniero Civil Iván Fuentes O.

GLOSARIO

ORGANISMOS

BCN	Biblioteca del Congreso Nacional
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CDEC-SIC	Centro de Despacho Económico de Carga - Sistema Interconectado Central
CDEC-SING	Centro de Despacho Económico de Carga - Sistema Interconectado Norte Grande
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CIREN	Centro de Información de Recursos Naturales
CNE	Comisión Nacional de Energía
CNR	Comisión Nacional de Riego
COCHILCO	Comisión Chilena del Cobre
CONADI	Corporación Nacional de Desarrollo Indígena
CONAF	Corporación Nacional Forestal
CONAMA	Comisión Nacional del Medio Ambiente
CORFO	Corporación de Fomento de la Producción
DGA	Dirección General de Aguas
DOH	Dirección de Obras Hidráulicas
FENAPRU	Federación Nacional de Agua Potable Rural
INE	Instituto Nacional de Estadísticas
INFOR	Instituto Forestal de Chile
IPCC	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>)
MINAGRI	Ministerio de Agricultura
MMA	Ministerio de Medio Ambiente
MOP	Ministerio de Obras Públicas
NNUU	Naciones Unidas
ODEPA	Oficina de Estudios y Políticas Agrarias
SAG	Servicio Agrícola y Ganadero
SEC	Superintendencia de Electricidad y Combustibles
SERNAGEOMIN	Servicio Nacional de Geología y Minería
SERNAPESCA	Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura
SERNATUR	Servicio Nacional de Turismo
SISS	Superintendencia de Servicios Sanitarios
SMA	Superintendencia del Medio Ambiente
SOCHID	Sociedad Chilena de Ingeniería Hidráulica
SOFOFA	Sociedad de Fomento Fabril

ABREVIATURAS TÉCNICAS

APR	Agua Potable Rural
BNA	Banco Nacional de Aguas
CE	Conductividad Eléctrica
CF	Coliformes Fecales
CPA	Catastro Público de Aguas
CT	Coliformes Totales
DAA	Derechos de Aprovechamiento de Agua
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DIA	Declaración de Impacto Ambiental
DQO	Demanda Química de Oxígeno
EIA	Estudio de Impacto Ambiental
GEI	Gases de Efecto Invernadero
IP	Instructivo Presidencial
OD	Oxígeno Disuelto
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
SEIA	Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental
SIG	Sistema de Información Geográfica
SIIR	Sistema de Información Integral de Riego
SINIA	Sistema Nacional de Información Ambiental
SITHA	Sistema de Información Territorial de Humedales Altoandinos
SNASPE	Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado
SST	Sólidos Solubles Totales
STD	Sólidos Totales Disueltos
ZOIT	Zona de Interés Turístico

CONTENIDO

CUADROS.....	III
FIGURAS.....	IV
CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN, OBJETIVOS Y ALCANCE.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 OBJETIVO GENERAL	1
1.3 ALCANCES GENERALES.....	2
CAPÍTULO 2 REVISIÓN Y ANÁLISIS DE ANTECEDENTES.....	3
CAPÍTULO 3 METODOLOGÍAS	4
3.1 INTRODUCCIÓN.....	4
3.2 USO AGUA POTABLE URBANA	5
3.3 USO AGUA POTABLE RURAL	6
3.4 USO AGRÍCOLA.....	7
3.5 USO PECUARIO.....	8
3.6 USO FORESTAL	9
3.7 USO ACUÍCOLA.....	10
3.8 USO MINERO.....	11
3.9 USO INDUSTRIAL.....	12
3.10 USO GENERACIÓN ELÉCTRICA.....	13
3.11 CAUDAL DE USO TURÍSTICO.....	14
3.12 CAUDAL PARA PROTECCIÓN AMBIENTAL.....	15
CAPÍTULO 4 ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA.....	17
4.1 XV REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA	17
4.2 I REGIÓN DE TARAPACÁ.....	19
4.3 II REGIÓN DE ANTOFAGASTA	21
4.4 III REGIÓN DE ATACAMA.....	22
4.5 IV REGIÓN DE COQUIMBO	24

4.6	V REGIÓN DE VALPARAISO.....	26
4.7	XIII REGIÓN METROPOLITANA.....	28
4.8	VI REGIÓN DE O´HIGGINS.....	30
4.9	VII REGIÓN DEL MAULE.....	32
4.10	VIII REGIÓN DEL BIOBÍO.....	33
4.11	IX REGIÓN DE LA ARAUCANIA.....	35
4.12	XIV REGIÓN DE LOS RIOS.....	37
4.13	X REGIÓN DE LOS LAGOS.....	39
4.14	XI REGIÓN DE AYSÉN.....	41
4.15	XII REGIÓN DE MAGALLANES.....	43
4.16	DEMANDA NO CONSUNTIVA TURISTICA Y DE PROTECCION AMBIENTAL.....	45
4.17	RESUMEN NACIONAL DE LAS DEMANDAS ACTUALES.....	46
4.18	RESUMEN NACIONAL DE LAS DEMANDAS FUTURAS 2030 Y 2040.....	49
CAPÍTULO 5 CALIDAD DE AGUAS.....		52
5.1	CALIDAD DE AGUAS.....	52
5.2	INDICE DE CALIDAD DE ACUIFEROS.....	55
CAPÍTULO 6 PRESIONES AMBIENTALES.....		58
6.1	INTRODUCCIÓN.....	58
6.2	PRESIONES SOBRE LA DISPONIBILIDAD DEL RECURSO HÍDRICO.....	58
6.2.1	Extracción de agua analizada a partir de las demandas.....	58
6.2.2	Impactos del cambio climático.....	59
6.3	PRESIONES SOBRE CALIDAD DE AGUAS.....	59
6.3.1	Condiciones de los cuerpos receptores de contaminantes.....	59
6.3.2	Descarga de Efluentes.....	59
6.4	PRESIONES POR ALTERACIONES MORFOLÓGICAS.....	60
6.5	PRESIONES POR PASIVOS AMBIENTALES.....	61
CAPÍTULO 7 ANÁLISIS DE RESULTADOS CON ESTUDIOS ANTERIORES.....		62
7.1	ANÁLISIS Y COMPARACIÓN CON ESTUDIO DGA-AC (2007).....	62
7.2	ANÁLISIS Y COMPARACION CON ATLAS DEL AGUA (2016).....	65
7.3	COMENTARIOS GENERALES.....	68
CAPÍTULO 8 RESULTADOS ESPERADOS DEL PRESENTE ESTUDIO.....		69
CAPÍTULO 9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		72
9.1	CONCLUSIONES A LAS ESTIMACIONES DE LAS DEMANDAS.....	72
9.2	CONCLUSIONES GENERALES.....	77
9.3	RECOMENDACIONES.....	78

CUADROS

Cuadro 4.1-1	Resumen Demanda Hídrica - XV Región Arica y Parinacota.....	17
Cuadro 4.2-1	Resumen Demanda Hídrica - I Región de Tarapacá.....	19
Cuadro 4.3-1	Resumen Demanda Hídrica - II Región de Antofagasta.....	21
Cuadro 4.4-1	Resumen Demanda Hídrica - III Región de Atacama	22
Cuadro 4.5-1	Resumen Demanda Hídrica - IV Región de Coquimbo	24
Cuadro 4.6-1	Resumen Demanda Hídrica - V Región de Valparaíso	26
Cuadro 4.7-1	Resumen Demanda Hídrica -XIII Región Metropolitana.....	28
Cuadro 4.8-1	Resumen Demanda Hídrica - VI Región de O’Higgins.....	30
Cuadro 4.9-1	Resumen Demanda Hídrica - VII Región del Maule.....	32
Cuadro 4.10-1	Resumen Demanda Hídrica - VIII Región del Biobío	33
Cuadro 4.11-1	Resumen Demanda Hídrica - IX Región de La Araucanía.....	35
Cuadro 4.12-1	Resumen Demanda Hídrica - XIV Región de Los Ríos	37
Cuadro 4.13-1	Resumen Demanda Hídrica - X Región de Los Lagos	39
Cuadro 4.14-1	Resumen Demanda Hídrica - XI Región de Aysén.....	41
Cuadro 4.15-1	Resumen Demanda Hídrica - XII Región de Magallanes.....	43
Cuadro 4.16-1	Caudales Turísticos Actuales (m ³ /s).....	45
Cuadro 4.16-2	Caudales Turísticos por ZOIT futuros (m ³ /s).....	45
Cuadro 4.16-3	Caudales para Protección Ambiental (m ³ /s).....	46
Cuadro 4.17-1	Resumen de Demanda Actual por Región y por Uso.....	47
Cuadro 4.17-2	Resumen de Demanda Actual por Región y por Uso (Continuación).....	48
Cuadro 4.18-1	Resumen de Demanda Futura 2030 y 2040 por Región y por Uso	50
Cuadro 4.18-2	Resumen de Demanda Futura 2030 y 2040 por Región y por Uso (Continuación)	51
Cuadro 7.1-1	Comparación de Demandas Presente Estudio y DGA – AC (2007) (m ³ /s)	64
Cuadro 7.2-1	Comparación de Demandas Presente Estudio y Atlas DGA (2016) (m ³ /s)	67

FIGURAS

Figura 3.2-1	Diagrama general de la metodología para Uso Agua Potable Urbano.....	5
Figura 3.3-1	Diagrama general de la metodología para Uso Agua Potable Rural	6
Figura 3.4-1	Diagrama general de la metodología para Uso Agrícola	7
Figura 3.5-1	Diagrama general de la metodología para Uso Pecuario	8
Figura 3.6-1	Diagrama general de la metodología para Uso Forestal	9
Figura 3.7-1	Diagrama general de la metodología para Uso Acuícola.....	10
Figura 3.8-1	Diagrama general de la metodología para Uso Minero	11
Figura 3.9-1	Diagrama general de la metodología para Uso Industrial	12
Figura 3.10-1	Diagrama general de la metodología para Uso Generación Eléctrica.....	13
Figura 3.11-1	Diagrama general de la metodología para Cálculo de Caudal de Uso Turístico.	14
Figura 3.12-1	Diagrama general de la metodología para Cálculo de Caudal de Protección Ambiental.....	16
Figura 4.1-1	Distribución Demanda Consuntiva Actual - XV Región Arica y Parinacota	18
Figura 4.2-1	Distribución Demanda Consuntiva Actual - I Región de Tarapacá	20
Figura 4.3-1	Distribución Demanda Consuntiva Actual - II Región de Antofagasta	22
Figura 4.4-1	Distribución Demanda Consuntiva Actual - III Región de Atacama.....	23
Figura 4.5-1	Distribución Demanda Consuntiva Actual - IV Región de Coquimbo	25
Figura 4.6-1	Distribución Demanda Consuntiva Actual - V Región de Valparaíso.....	27
Figura 4.7-1	Distribución Demanda Consuntiva Actual -XIII Región Metropolitana	29
Figura 4.8-1	Distribución Demanda Consuntiva Actual - VI Región de O’Higgins	31
Figura 4.9-1	Distribución Demanda Consuntiva Actual - VII Región del Maule.....	33
Figura 4.10-1	Distribución Demanda Consuntiva Actual - VIII Región del Biobío.....	34
Figura 4.11-1	Distribución Demanda Consuntiva Actual - IX Región de La Araucanía	36
Figura 4.12-1	Distribución Demanda Consuntiva Actual - XIV Región de Los Ríos.....	38
Figura 4.13-1	Distribución Demanda Consuntiva Actual - X Región de Los Lagos.....	40
Figura 4.14-1	Distribución Demanda Consuntiva Actual - XI Región de Aysén	42
Figura 4.15-1	Distribución Demanda Consuntiva Actual - XII Región de Magallanes	44
Figura 5.2-1	Esquema General y Diagrama de Flujo de la Metodología para IC	56
Figura 7.1-1	Estimación de Demandas DGA – AC (2007). Región de Ejemplo.....	62
Figura 7.2-1	Estimación de Demandas Atlas del Agua.....	65
Figura 9.1-1	Distribución Porcentual de Demanda Agrícola por Región	73

Figura 9.1-2 Distribución Porcentual de Demanda de Agua Potable Urbana y Rural por Región74

Figura 9.1-3 Distribución Porcentual de Demanda de Agua Industrial por Región.....75

Figura 9.1-4 Resumen Demandas Actuales (2015) de Uso Consuntivo a Nivel País77

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN, OBJETIVOS Y ALCANCE

1.1 INTRODUCCIÓN

En el marco de la iniciativa "Análisis para el Desarrollo de Plan Nacional de Recursos Hídricos (PNRH)" se requiere contar con un conjunto de estudios complementarios que generen la base de información para la preparación del anteproyecto del plan y su desarrollo. Entre ellos se encuentran los siguientes:

- a) Estimación de la demanda actual y proyectada de los recursos hídricos a nivel nacional.
- b) Caracterización de la calidad de las aguas a nivel nacional, estado de ecosistemas asociados y fuentes de contaminación.

En el caso del primer tema, han transcurrido 10 años desde el último estudio de demandas (DGA-AC, 2007), siendo necesario actualizar esta información. Para efectos del desarrollo del PNRH se requiere conocer las demandas y consumos de agua actualizados para los distintos usos asociados a distintos sectores económicos (agua potable, agrícola, minero, industrial, hidroeléctrico, forestal, turístico y acuícola), en todas las regiones y cuencas/subcuencas del país. Asimismo, es necesario realizar un análisis de las tendencias y cambios esperados a futuro como resultado del desarrollo económico y social, y los cambios tecnológicos, culturales y legales, para los años 2030 y 2040.

En cuanto al tema de caracterización de la calidad de aguas, el último estudio de calidad data del año 2014 (DGA-IE, 2014), el cual se elaboró para evaluar solamente la red de calidad de aguas de la DGA, y no contempló otras fuentes de información (estudios aislados por región, información APRs, líneas base SEIA, monitoreos SEIA, monitoreo normas secundarias, etc.). Dentro del presente estudio se pretende actualizar el análisis de la información de calidad de aguas disponible en el BNA e incorporar otras fuentes de datos (APR, DOH, SEA, SMA, MMA) para la caracterización de la calidad del agua (superficial y subterránea) de las distintas cuencas y/o subcuencas.

1.2 OBJETIVO GENERAL

El objetivo general del estudio fue obtener una estimación de la demanda de agua actual y proyectada para los años 2030 y 2040, para los distintos usos, además de disponer de una caracterización de la situación actual de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos, en relación a su calidad. Para esto se considera una escala espacial a nivel de todas las regiones, cuencas y/o subcuencas del país.

1.3 ALCANCES GENERALES

Atendiendo a los objetivos del estudio, la metodología contempló la estimación de la demanda actual y futura de agua, para cada uno de los usos principales del país, productivos y no productivos:

- uso en agua potable urbana,
- uso en agua potable rural,
- uso agrícola,
- uso pecuario,
- uso forestal (plantaciones, bosque nativo y otras coberturas vegetales),
- uso acuícola,
- uso minero,
- uso industrial,
- uso en generación eléctrica,
- uso turístico y protección ambiental.

La metodología aplicada en cada uso, considera tanto la estimación de demanda actual como las proyecciones de demanda a los años 2030 y 2040. Respecto de la calidad de agua, la metodología aplicada se basa en la caracterización hidroquímica de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos.

El estudio tiene alcance nacional, considerando una escala espacial a nivel de regiones, cuencas y/o subcuencas para el análisis y los resultados.

El presente Resumen Ejecutivo incorpora resultados de las demandas por uso a nivel regional, indicando valores actuales y futuros proyectados.

CAPÍTULO 2 REVISIÓN Y ANÁLISIS DE ANTECEDENTES

La revisión de antecedentes se enfocó principalmente en los siguientes:

- Antecedentes Bibliográficos, solicitados en las bases de licitación, y que se deben revisar según metodología –Bases Técnicas.
- Estudios Adicionales que se propuso revisar, así como otros documentos recomendados por la DGA y que se disponían digitalmente, tanto de temática general de demandas de agua y/o calidad como estudios u otro tipo de fuentes específicos de cada uso.
- Coberturas bases a utilizar en el SIG (lo anterior se refiere a cuencas, subcuencas, ubicación estaciones de calidad, APR, límites comunales, provinciales, regionales, sitios de protección ambiental, ubicación faenas mineras, localidades abastecidas por empresas sanitarias, etc.).

Adicionalmente, se solicitó información a la DGA, para ésta solicitara en forma interna a los organismos que pudieran contar con información relevante para el estudio. Las entidades consultadas, además de la propia Dirección General de Aguas (DGA), fueron:

- Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS)
- Federación Nacional de Agua Potable Rural (FENAPRU)
- Dirección de Obras Hidráulicas (DOH)
- Comisión Chilena del Cobre (COCHILCO)
- Sociedad de Fomento Fabril (SOFOFA)
- Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN)
- Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC)
- Comisión Nacional de Energía (CNE)
- Centro de Despacho Económico de Carga - SI Central (CDEC SIC)
- Centro de Despacho Económico de Carga - SI Norte Grande (CDEC SING)
- Ministerio de Medio Ambiente (MMA)
- Superintendencia del Medio Ambiente (SMA)
- Servicio Nacional de Turismo (SERNATUR)
- Comisión Nacional de Riego (CNR)

CAPÍTULO 3 METODOLOGÍAS

3.1 INTRODUCCIÓN

El análisis de la demanda hídrica está referido a la necesidad de agua para el consumo directo o indirecto en el desarrollo de actividades humanas, que para fines de este estudio fueron definidas a través de los diferentes usos productivos y no productivos mencionados al comienzo. Basado en lo anterior, las metodologías propuestas se desarrollaron utilizando la información recopilada y relacionada a cada uso, adicionando registros históricos que permitiesen definir tendencias en el tiempo para la posterior proyección y la utilización de herramientas SIG para asignar cada estimación generada a las entidades geográficas consideradas.

Las metodologías se describen sintéticamente de manera gráfica, para mostrar la lógica y el flujo de la información empleada para estimar las demandas hídricas en cada uso. Cabe mencionar que el detalle de cada metodología se puede consultar en el Volumen I del presente estudio.

Asimismo, se destaca que la demanda calculada a nivel de cuenca y subcuenca, se relaciona con la superficie, localidad, punto de operación o demanda efectiva para cada uso.

No se ha determinado la demanda a nivel de fuente, debido a que para ello se requeriría de un estudio adicional que incorpore la infraestructura de aprovechamiento y su representación (modelo de simulación).

3.2 USO AGUA POTABLE URBANA

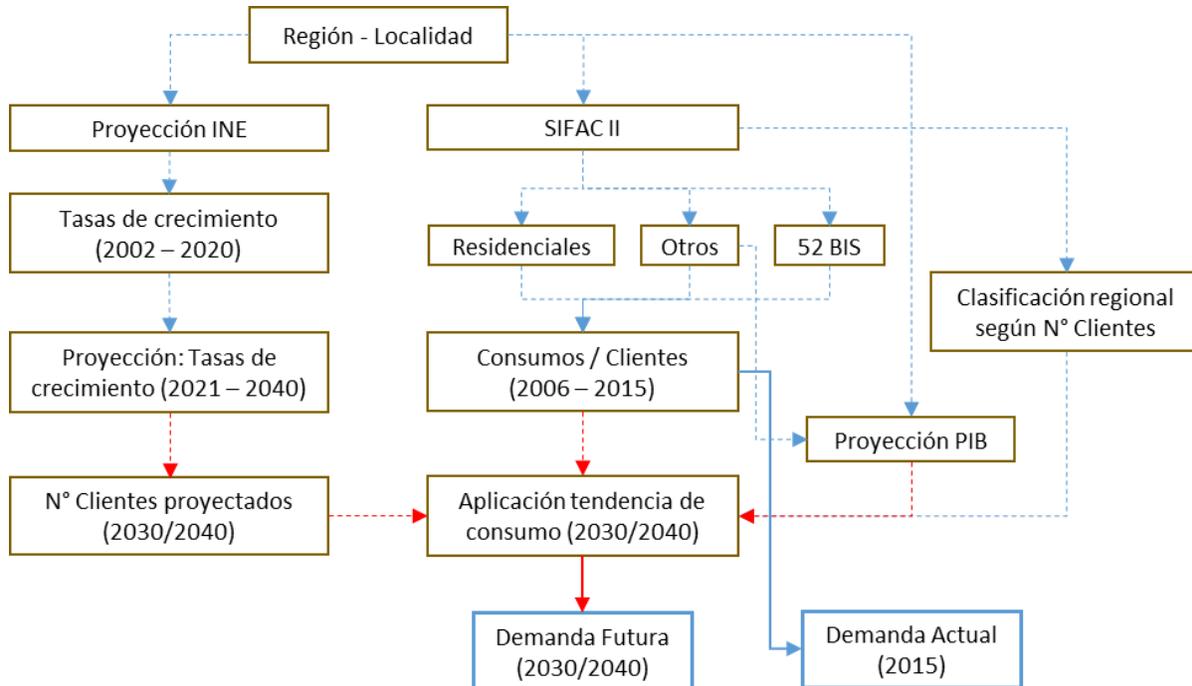
Se utilizó como información base la procedente del SIFAC II, que contiene consumos y número de clientes anuales en cada localidad abastecida por una empresa sanitaria. De estos datos fue posible separar según tipo de clientes, agrupándolos en residenciales, otros (industriales, comerciales, institucionales y no asociados a inmueble) y 52 BIS (no regulados) que al año 2015 componen la demanda actual de este uso.

Para la proyección de la demanda, se siguieron tres vías dependiendo del tipo de cliente.

- Para clientes residenciales se utilizó la proyección de la población urbana del INE y las tasas de crecimiento anual fueron aplicadas al número de clientes registrados por el SIFAC II.
- Para clientes agrupados en la categoría “otros”, se usaron los datos históricos del PIB correspondiente a cada región y se proyectó, para encontrar la correlación entre el consumo y el crecimiento del PIB.
- Para los clientes no regulados, correspondientes a los denominados 52 BIS, se proyectaron según la incidencia que tuviesen históricamente en la localidad analizada con respecto al consumo total del recurso hídrico.

En la siguiente figura se puede ver un diagrama general de la metodología de cálculo de demanda de agua potable urbano.

Figura 3.2-1 Diagrama general de la metodología para Uso Agua Potable Urbano



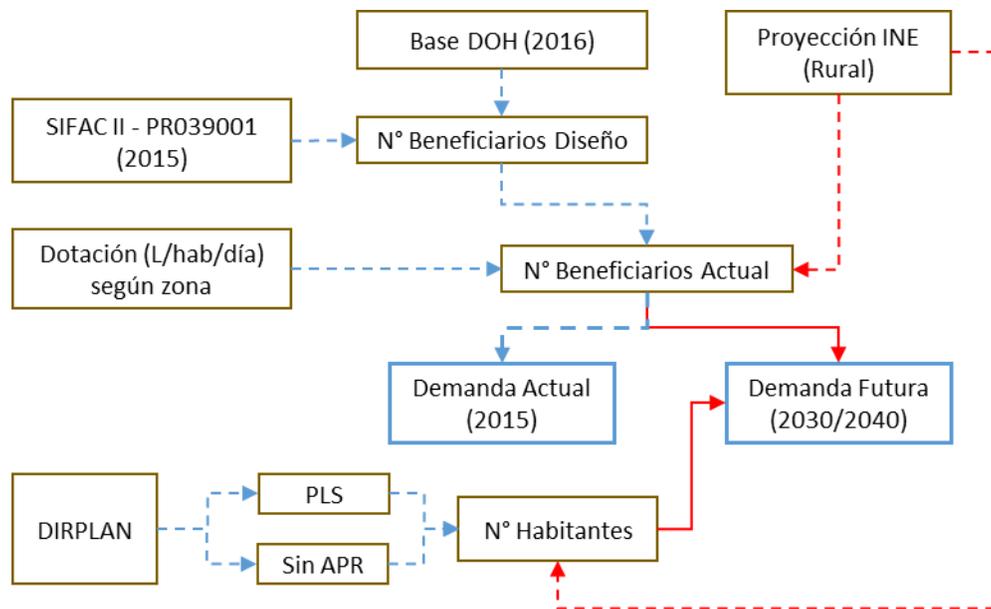
Fuente: Elaboración propia.

3.3 USO AGUA POTABLE RURAL

La principal fuente de información corresponde a la base de datos de la Dirección de Obras Hidráulicas del MOP (DOH), donde se identifican los sistemas APR existentes hasta el año 2016. Sin embargo, el dato relevante para la estimación de la demanda correspondiente al número de beneficiarios en la actualidad, se obtiene del SIFAC II de la SISS, más específicamente del PR039001. A partir del cruce de ambas informaciones, se obtienen los APR existentes y el número de beneficiarios al año 2015. Luego, se aplica una dotación (l/hab/día) previamente establecida para cada zona del país (Norte, Centro y Sur), y se obtiene la demanda hídrica actual.

Para la proyección de la demanda se utilizó la variación de población rural determinada por el INE, y las tasas de crecimiento anual fueron aplicadas al número de beneficiarios registrados al 2015. Además, para esta proyección se consideraron las localidades sin sistema APR y las pertenecientes al plan de localidades semiconcentradas (PLS), donde fue incorporada la proyección de la demanda según la fase en que se encuentren dentro del PLS. En la siguiente figura se puede ver un diagrama general de la metodología de cálculo de demanda de agua potable rural.

Figura 3.3-1 Diagrama general de la metodología para Uso Agua Potable Rural



Fuente: Elaboración propia.

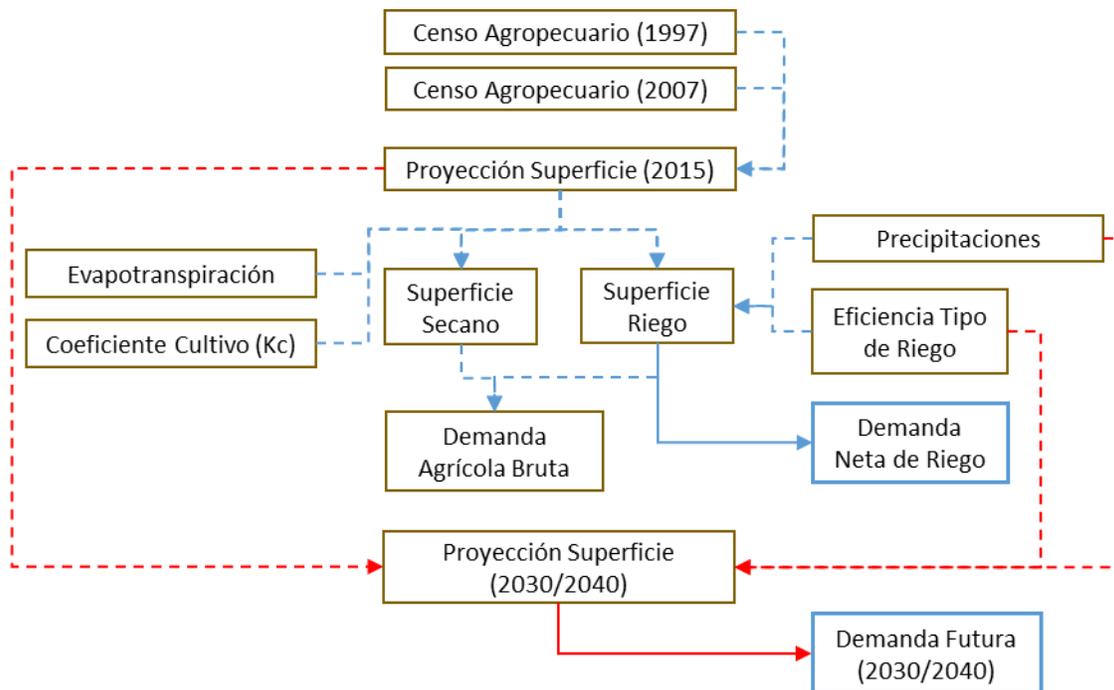
3.4 USO AGRÍCOLA

La estimación de la demanda de agua del sector agrícola se estima a partir del cálculo de las necesidades evapotranspirativas, según superficies y tipologías de cultivo. Con ello se obtiene una demanda hídrica agrícola, equivalente a lo que se denomina agrónomicamente como demanda bruta de riego, pero aplicada tanto a zonas bajo riego como a superficies productivas agrícolas en seco.

Posteriormente, y exclusivamente para la superficie regada, en base a las precipitaciones de cada subcuenca, se calcula la demanda neta de riego, esto es, la diferencia entre la demanda bruta y los aportes de lluvia, obteniendo valores de demanda neta de riego. Finalmente, incorporando las eficiencias en la aplicación de riego, que se obtienen de los criterios que establece la Comisión Nacional de Riego en su guía metodológica de Formulación y Evaluación de Proyectos postulados a la ley 18.450, se determina la demanda bruta de riego. En la siguiente figura se puede ver un diagrama general de la metodología de cálculo de demanda de agua para uso agrícola.

Cabe mencionar que el término “Secano” considerado en el total evapotranspirativo de cada región, corresponde a áreas agrícolas que se abastecen únicamente de los aportes de lluvia, que pueden ser: Forrajeras Permanentes; Hortalizas, Flores y Semilleros; Viñas; Frutales no regados; Praderas Mejoradas; Praderas Naturales; Barbechos y Descansos.

Figura 3.4-1 Diagrama general de la metodología para Uso Agrícola



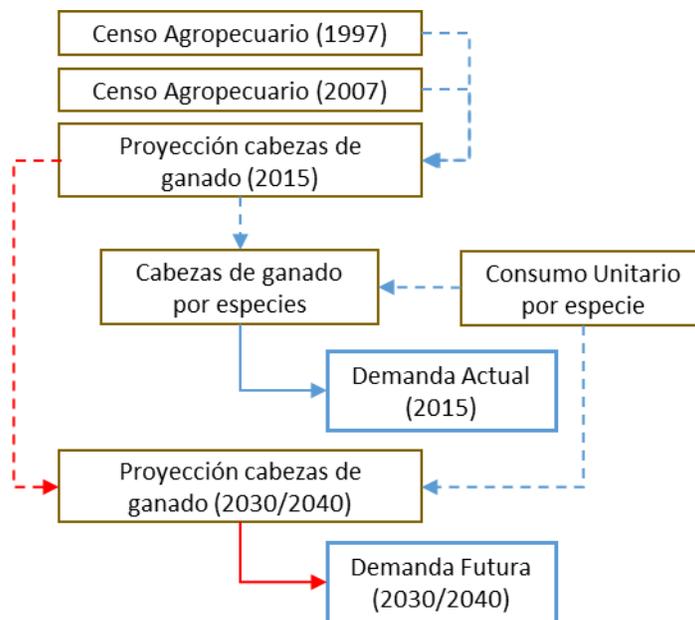
Fuente: Elaboración propia.

3.5 USO PECUARIO

A partir de los datos de cabezas de ganado por distrito censal, se calcula la demanda de agua diaria aplicando tasas de consumo unitarias obtenidas de diversas fuentes, tales como, Resolución 1431 de la DGA, Fundamentos de la producción ovina en IX Región (INIA, 2012) y Reporte de Huella Hídrica: Sectores prioritarios de la cuenca del Río Rapel. Para ello, se toman en primer lugar los datos de cabezas de ganado a escala de distrito del Censo Agropecuario del año 2007 y se actualizan las cifras de ganado a la fecha de referencia actual (año 2015), se determina la tendencia a partir de dos fuentes adicionales: las encuestas de ODEPA y el censo del año 1997.

La proyección de la demanda pecuaria futura se ha planteado a partir de la evolución histórica del número de cabezas de ganado. De esta forma, los datos de partida para la estimación de animales hasta el año 2040 coinciden con aquellas cifras ya trabajadas en la determinación del ganado actual. En la siguiente figura se puede ver un diagrama general de la metodología de cálculo de demanda de agua para uso pecuario.

Figura 3.5-1 Diagrama general de la metodología para Uso Pecuario



Fuente: Elaboración propia.

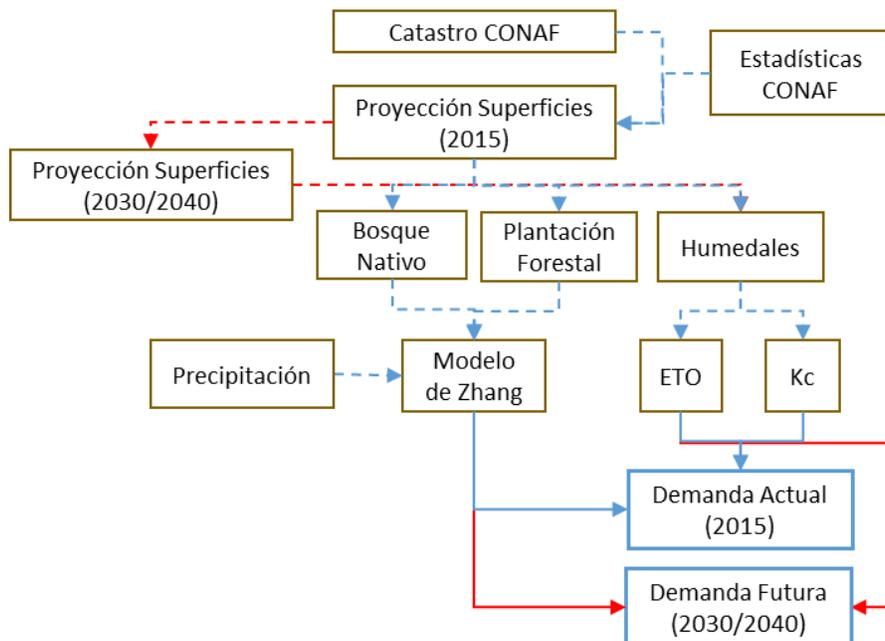
3.6 USO FORESTAL

La estimación de la demanda para el uso forestal, considera la cantidad de agua consumida por las coberturas vegetales bajo el concepto de evapotranspiración, separando en demanda productiva a todas las coberturas que correspondan a plantaciones forestales con fines comerciales y demanda no productiva a los bosques nativos y humedales. De esta forma, la demanda forestal no estaría clasificada como consuntiva ni como no consuntiva, sino que como productiva y no productiva.

La base la información para esta estimación corresponde al Catastro de CONAF, donde se obtienen las superficies de interés para el análisis. Para homogenizar al año de referencia (2015), se actualizaron los Catastros en todas las regiones utilizando las Estadísticas de CONAF con información histórica de forestación, reforestación y sustitución de especies. Una vez que se definen las superficies de interés, las correspondientes a bosque nativo y plantaciones forestales son evaluadas en el modelo de Zhang (2001), mientras que para humedales se utilizó un Kc representativo para estos ecosistemas. Finalmente, de ambos métodos se obtiene la demanda actual. Bosque Nativo y Humedales, son considerados como parte de la demanda forestal no productiva.

La estimación de la demanda futura en este caso está basada en la proyección de las superficies obtenidas del Catastro y el uso de las Estadísticas como datos históricos para analizar las tendencias, seguido de la aplicación de los mismos métodos anteriores. Cabe destacar, que la información de donde se obtuvieron las precipitaciones es del año 1987, por lo tanto, se debiese considerar la actualización de estos datos. En la siguiente figura se puede ver un diagrama general de la metodología de cálculo de demanda de agua para uso forestal.

Figura 3.6-1 Diagrama general de la metodología para Uso Forestal



Fuente: Elaboración propia.

3.7 USO ACUÍCOLA

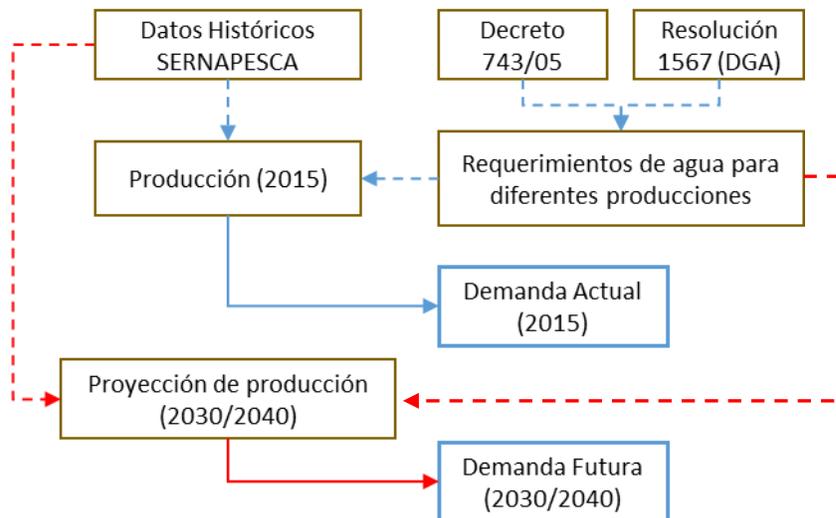
Para la estimación de la demanda de agua dulce de los centros acuícolas, se determina en primer lugar la producción de cada explotación por grupo de cultivo, para el año actual de referencia, 2015. Las producciones, expresadas en toneladas anuales, se multiplican por una tasa de consumo de agua, característica de cada especie.

Las proyecciones se basan en la tendencia productiva histórica, ya que se dispone de una serie extensa de registros anuales por centro acuícola. Lo anterior se realizó tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- i. Se asume que las producciones futuras según la clase de cultivo se comportan de forma homogénea a escala regional.
- ii. Se mejoran las eficiencias de uso del recurso hídrico mediante aplicación de tecnologías de recirculación de agua en los centros de tierra.

En la siguiente figura se puede ver un diagrama general de la metodología de cálculo de demanda de agua para uso acuícola.

Figura 3.7-1 Diagrama general de la metodología para Uso Acuícola



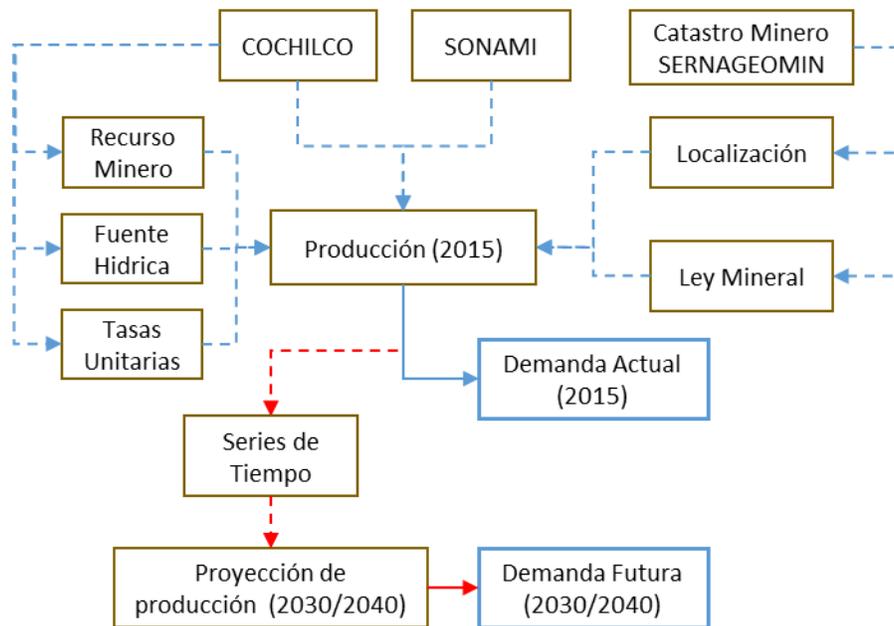
Fuente: Elaboración propia.

3.8 USO MINERO

Para determinar la demanda del uso minero, fue necesario identificar las faenas mineras de las cuales se cuenta con información de producción (según Catastro Minero 2016) y, que además correspondan al recurso minero considerado en la metodología. Una vez identificadas las faenas, se utilizan las tasas unitarias de consumo que corresponda y los datos de la ley mineral, para efectuar la estimación de la demanda. Además, se identificaron, aparte, las faenas mineras que hacen uso de agua de mar desalada para incorporar a sus procesos. Es importante destacar que el valor de la demanda minera se asocia a la cuenca donde se ubica la faena minera.

Finalmente, para estimar la demanda futura, se proyectaron las series de tiempo (históricas) de producción en las faenas previamente identificadas y seleccionadas. Es importante destacar que, para los cálculos no se consideraron los proyectos mineros en cartera, ya que se asume que sus consumos hídricos potenciales se encuentran incorporados en el rango de caudales calculado y en el nivel de confianza asignado (incertidumbre implícita). En la siguiente figura se puede ver un diagrama general de la metodología de cálculo de demanda de agua para uso minero.

Figura 3.8-1 Diagrama general de la metodología para Uso Minero



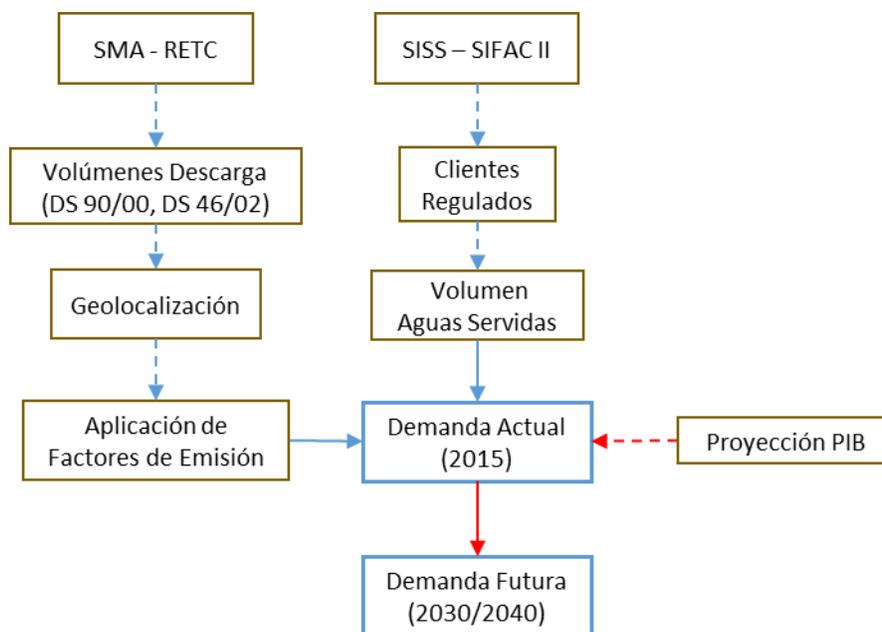
Fuente: Elaboración propia.

3.9 USO INDUSTRIAL

La estimación de la demanda para el uso industrial está constituida por dos fuentes de información. La primera proviene de los registros de la Superintendencia de Medio Ambiente a través del sistema de ventanilla única RETC, donde se obtiene la localización de los puntos de descarga y los registros de caudales de RILes asociados a dichos puntos. De esa forma, clasificando las empresas según su rubro, se aplican los factores de emisión y se estiman el consumo de agua. Además, se cuenta con los registros de la SISS en el SIFAC II de volúmenes de descarga al alcantarillado por parte de las industrias. Cabe mencionar que los factores efluente/demanda empleados son obtenidos de “Industrial Water Use - Statistics Canada” (Canadá, 2011).

Para la proyección de la demanda se consideró la información disponible tanto del RETC como del SIFAC II y se determinó una correlación con la proyección del PIB de la industria manufacturera de cada región según corresponda. En la siguiente figura se puede ver un diagrama general de la metodología de cálculo de demanda de agua para uso industrial.

Figura 3.9-1 Diagrama general de la metodología para Uso Industrial



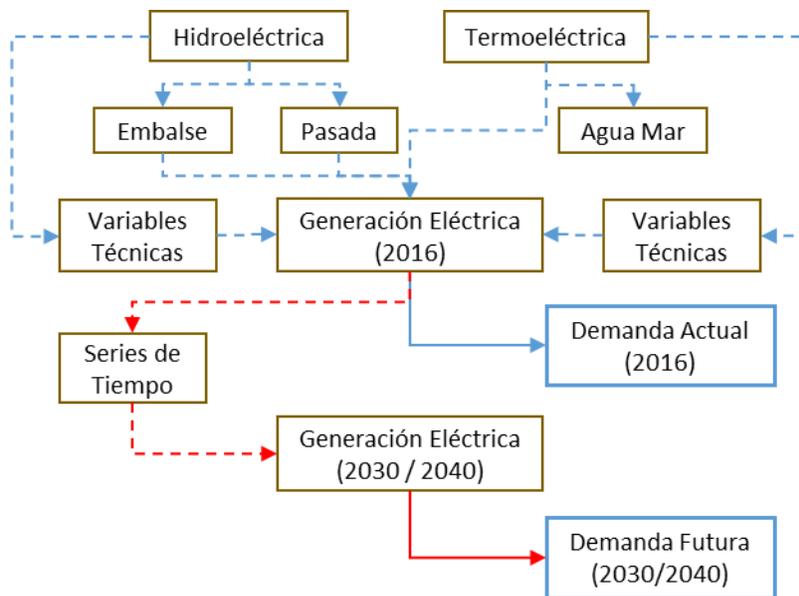
Fuente: Elaboración propia.

3.10 USO GENERACIÓN ELÉCTRICA

La estimación de la demanda asociada a la generación de energía eléctrica consistió en la identificación de las centrales hidroeléctricas de embalse o pasada y termoeléctricas, que tienen una demanda intensiva de agua para la generación, ya sea un uso directo o indirecto. También se identificaron las centrales termoeléctricas que utilizan agua de mar para sus procesos. A partir de este filtro previo, se estima la demanda para cada tipo de central por separado, considerando como variables las características técnicas relevantes de cada una, tales como: tipo de turbina, altura de operación, altura de caída, potencia instalada y tipo de combustible. Cabe mencionar que la demanda puede ser consuntiva o no consuntiva, según el tipo de central.

Para la proyección de la demanda, se utilizaron las series de tiempo de datos históricos para estimar las demandas futuras de generación eléctrica. A partir de estos nuevos registros de generación más el resto de variables utilizadas en la estimación de demanda actual, se obtiene la demanda futura. En la siguiente figura se puede ver un diagrama general de la metodología de cálculo de demanda de agua para uso de generación eléctrica.

Figura 3.10-1 Diagrama general de la metodología para Uso Generación Eléctrica



Fuente: Elaboración propia.

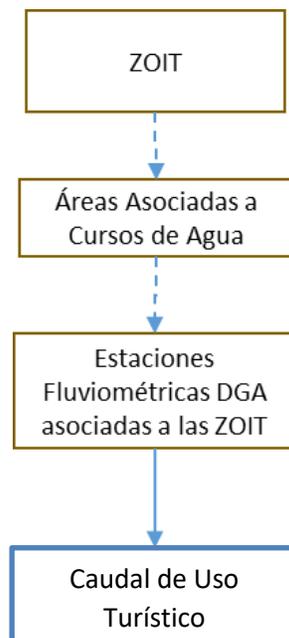
3.11 CAUDAL DE USO TURÍSTICO

La estimación de caudales para uso turístico se basó en el estudio “Análisis de Metodología y Determinación de Caudales de Reserva Turísticos” (DGA-AQT, 2010). La principal conclusión fue que, en general, caudales mensuales con probabilidad de excedencia entre un 20% y un 50% son los adecuados para mantener el río en condiciones de poder efectuar actividades con y sin contacto directo. Por debajo de esos valores, comienza a desdibujarse el patrón de comportamiento natural del río y por tanto la lectura de los usuarios del paisaje natural.

Se identificaron las Zonas de Interés Turístico (ZOIT) que involucren ríos dentro de sus dominios territoriales, y, a través de los caudales medios mensuales actualizados de las estaciones fluviométricas cercanas o dentro de las ZOIT, se determinaron los caudales según lo señalado en el párrafo anterior.

La demanda o caudal de uso turístico futuro tiene que ver directamente con posibles declaraciones de Zonas de Interés Turística por parte de Sernatur. De acuerdo con lo anterior, para efectos de determinar proyecciones de demandas futuras turísticas, fue necesario consultar directa y formalmente a Sernatur si es que a futuro se ha planificado la declaración de nuevas ZOIT en el territorio nacional. En la siguiente figura se puede ver un diagrama general de la metodología de cálculo del caudal de reserva para uso turístico.

Figura 3.11-1 Diagrama general de la metodología para Cálculo de Caudal de Uso Turístico



Fuente: Elaboración propia.

3.12 CAUDAL PARA PROTECCIÓN AMBIENTAL

La determinación del caudal para protección ambiental tiene involucrado el denominado caudal ecológico (Decreto N° 71 del 30/09/14) y el de reserva por interés nacional, que es el tramo comprendido entre el caudal ecológico y el 20% de probabilidad de excedencia.

La relación que se utiliza es:

- Caudal para protección ambiental:

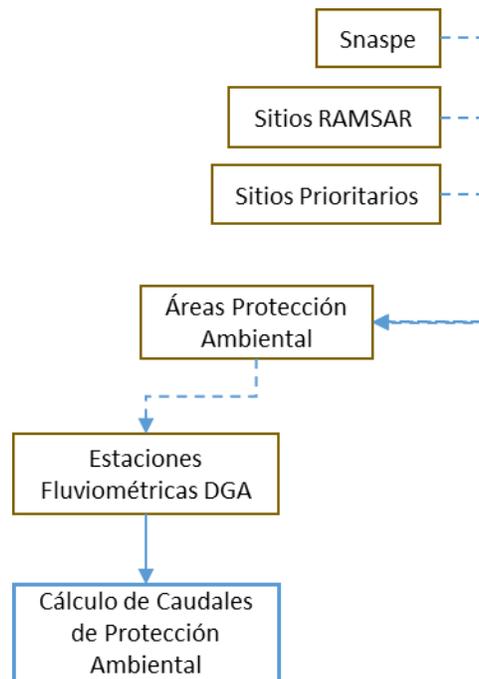
$$Q_{\text{ambiental}} = Q_{\text{prob.de excedencia 20\%}} - Q_{\text{ecológico}}$$

Este cálculo se aplica a las zonas de protección (SNASPE, Sitios Prioritarios para la Conservación de la Diversidad Biológica y Sitios Ramsar) existentes en cada región, identificando y asociando una estación fluviométrica de referencia de la red hidrométrica de la DGA en cada caso, a través de la cual, con los caudales medios mensuales actualizados, y aplicando la relación anterior, se determinan los caudales correspondientes. En la siguiente figura se puede ver un diagrama general de la metodología de cálculo del caudal de reserva para protección ambiental.

Los caudales de reserva de protección ambiental futuros están relacionados con la creación o declaraciones de nuevos SNASPE, Ramsar y/o Sitios Prioritarios de Conservación para la Biodiversidad. Es así como se hicieron las consultas y el subcomité técnico de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (Ministerio del Medio Ambiente, Ministerio de Bienes Nacionales y Corporación Nacional Forestal), señaló que se había acordado un portafolio de optimización del SNASPE, en Enero del 2017, que constituye una planificación de trabajo técnico hasta el año 2019. La información entregada (portafolio de las áreas planificadas) no venía georreferenciada (se hizo la consulta y no hubo respuesta), razón por la cual no fue posible ubicarlas y por lo tanto determinar los caudales de reserva correspondientes.

En la siguiente figura se puede ver un diagrama general de la metodología de cálculo del caudal de protección ambiental.

Figura 3.12-1 Diagrama general de la metodología para Cálculo de Caudal de Protección Ambiental



Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO 4 ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA

Aplicando la metodología de cálculo de demandas actuales y futuras, a continuación, se incluye un resumen de la demanda para el año 2015 y la proyección de ésta para los años 2030 y 2040, para cada uso y para cada una de las regiones del país.

4.1 XV REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA

En el siguiente cuadro se resume la estimación de la demanda actual y futura para todos los usos en la XV Región de Arica y Parinacota.

Cuadro 4.1-1 Resumen Demanda Hídrica - XV Región Arica y Parinacota

	Demanda (Mm ³ /año)		
	2015	2030	2040
Agua Potable Urbano	12.926	27.049	35.772
Agua Potable Rural	604	683	694
Agrícola	73.010	68.087	63.067
Pecuario	330	479	555
Minero	571	719	849
Industrial	195	255	290
Generación Eléctrica	0	0	0
TOTAL CONSUNTIVO	87.635	97.272	101.226
Acuícola	0	0	0
Generación Eléctrica	16.170	18.518	14.951
TOTAL NO CONSUNTIVO	16.170	18.518	14.951
Secano	953.583	793.988	656.071
Forestal (Productivo)	155.874	43	48
Forestal (No Productivo)	37	155.897	155.899
TOTAL EVAPOTRANSPIRATIVO	1.109.494	949.929	812.018

Fuente: Elaboración propia.

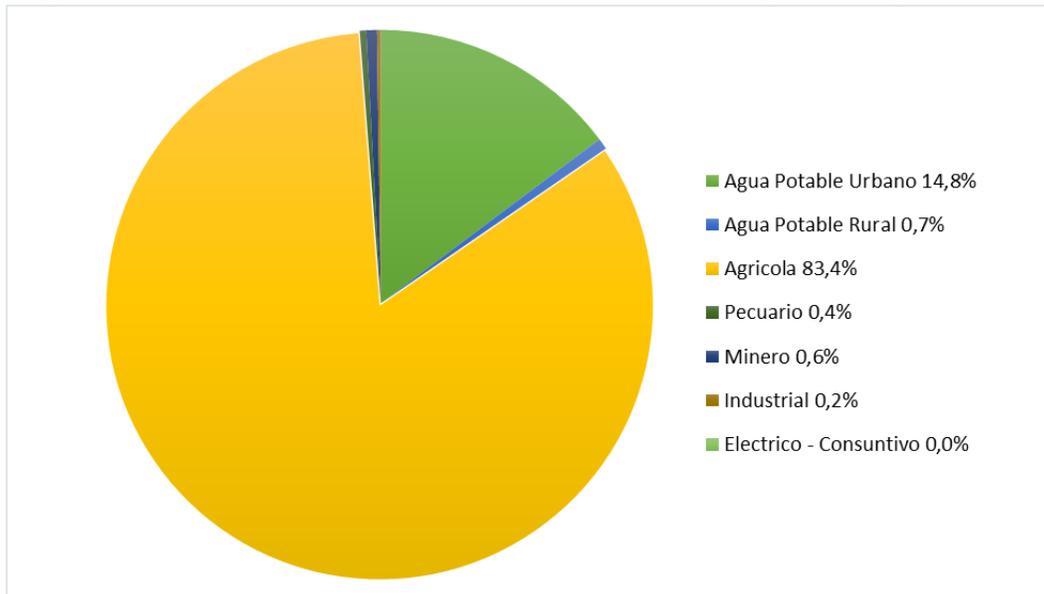
Del cuadro anterior se verifica que la demanda agrícola va disminuyendo en el tiempo, debido principalmente a la menor superficie cultivable en la región y al aumento de la eficiencia en los sistemas de riego. En el caso del agua potable urbano se aprecia un aumento importante, casi triplicando la demanda actual de agua. Lo mismo ocurre con la demanda minera, donde en el año 2040 la demanda habrá aumentado en un 49% respecto al 2015. La demanda de agua potable rural presenta un aumento,

pero menor al del agua potable, toda vez que el aumento de la población rural en esta región es mucho menos importante que la urbana. La demanda de agua industrial presenta un aumento apreciable pero no explosivo en el tiempo, ya que en particular en esta región el desarrollo industrial de los últimos años no ha sido importante, mientras que la demanda pecuaria aumenta en un 68%, ya que los datos históricos en la cual se basa la estimación han tenido un aumento apreciable en los últimos años. Con relación al uso no consuntivo en acuícola y eléctrica, se mantiene y disminuye, respectivamente; la demanda eléctrica no consuntiva tenderá a disminuir debido a la entrada de energías renovables, solar y eólica principalmente.

La mayor demanda actual de uso consuntivo es la demanda agrícola, seguido por el agua potable urbana; la menor demanda la constituye la de uso industrial (demanda eléctrica es cero).

De manera gráfica, en la siguiente figura se presenta la distribución de cada uso respecto del total de la demanda actual consuntiva del recurso hídrico.

Figura 4.1-1 Distribución Demanda Consuntiva Actual - XV Región Arica y Parinacota



Fuente: Elaboración propia.

4.2 I REGIÓN DE TARAPACÁ

En el siguiente cuadro se resume la estimación de la demanda actual y futura para todos los usos en la I Región de Tarapacá.

Cuadro 4.2-1 Resumen Demanda Hídrica - I Región de Tarapacá

	Demanda (Mm ³ /año)		
	2015	2030	2040
Agua Potable Urbano	21.698	29.249	34.387
Agua Potable Rural	337	534	552
Agrícola	17.087	17.472	16.933
Pecuario	106	150	182
Minero	51.534	48.043	49.368
Industrial	4.387	6.973	8.683
Generación Eléctrica	0	0	0
TOTAL CONSUNTIVO	95.149	102.421	110.103
Acuícola	0	4.240	5.063
Generación Eléctrica	39.210	33.499	32.026
TOTAL NO CONSUNTIVO	39.210	37.739	37.089
Secano	3.010.893	3.204.009	3.206.686
Forestal (Productivo)	967	968	969
Forestal (No Productivo)	108.432	108.432	108.432
TOTAL EVAPOTRANSPIRATIVO	3.120.292	3.313.410	3.316.087

Fuente: Elaboración propia.

Del cuadro anterior se puede observar que la demanda agrícola se mantiene en el tiempo, al igual que la demanda minera y pecuaria; la demanda minera presenta una leve baja, siendo el uso de mayor demanda de la región, seguido por el agua potable urbana y por el uso agrícola (usos consuntivos).

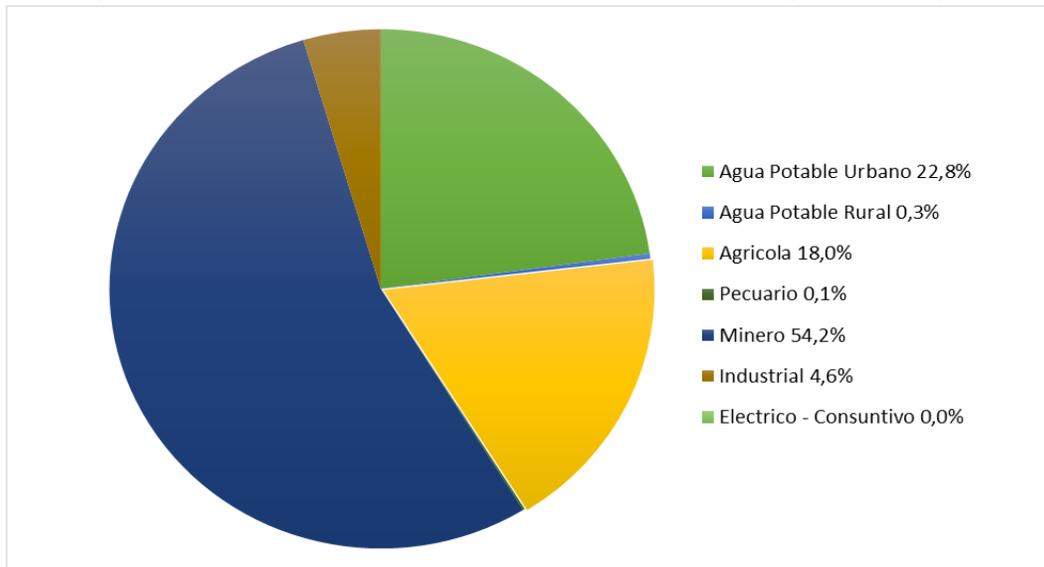
Las demandas de agua potable urbana, rural e industrial también aumentan, en un 58%, 64% y 98%, respectivamente, debido al mayor dinamismo de la industria en esta región, y además en las cifras de aumento de la población urbana y rural que se da en esta región de Tarapacá.

Con relación al uso no consuntivo en acuícola y eléctrica, aumenta y disminuye, respectivamente; la demanda eléctrica no consuntiva tenderá a disminuir debido a la entrada de energías renovables, solar y eólica principalmente. Es importante destacar que en caso de la demanda acuícola que, no obstante, es nula en el año 2015, en el período 1996-2016 sí hay demanda, y por lo tanto en base a esa demanda fue que se proyectó a futuro, es por ello que en los años 2030 y 2040 si existe demanda hídrica no consuntiva.

La mayor demanda actual de uso consuntivo es minero, seguido por la demanda de agua potable y agrícola; la menor demanda la constituye el de uso pecuario (demanda eléctrica es cero).

De manera gráfica, en la siguiente figura se presenta la distribución de cada uso respecto del total de la demanda actual consuntiva del recurso hídrico.

Figura 4.2-1 Distribución Demanda Consuntiva Actual - I Región de Tarapacá



Fuente: Elaboración propia.

4.3 II REGIÓN DE ANTOFAGASTA

En el siguiente cuadro se resume la estimación de la demanda actual y futura para todos los usos en la II Región de Antofagasta.

Cuadro 4.3-1 Resumen Demanda Hídrica - II Región de Antofagasta

	Demanda (Mm ³ /año)		
	2015	2030	2040
Agua Potable Urbano	38.705	44.480	49.085
Agua Potable Rural	481	569	577
Agrícola	46.230	42.315	42.395
Pecuario	102	146	177
Minero	151.072	99.566	75.990
Industrial	29.563	48.836	59.700
Generación Eléctrica	0	0	0
TOTAL CONSUNTIVO	266.153	235.912	227.924
Acuícola	0	0	0
Generación Eléctrica	5.397	8.353	8.790
TOTAL NO CONSUNTIVO	5.397	8.353	8.790
Secano	4.879.423	5.282.348	5.281.119
Forestal (Productivo)	1.347	1.374	1.376
Forestal (No Productivo)	372.537	372.550	372.551
TOTAL EVAPOTRANSPIRATIVO	5.253.307	5.656.272	5.655.045

Fuente: Elaboración propia.

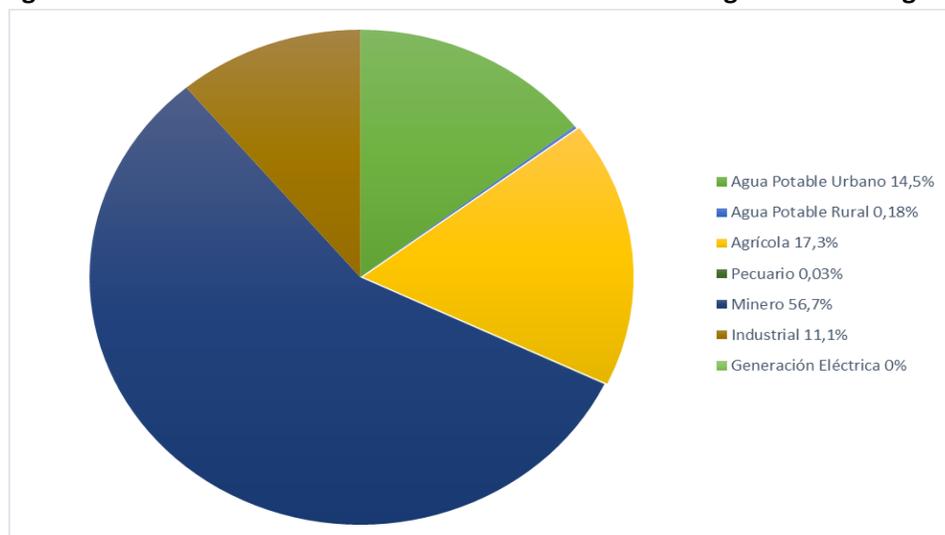
En el caso del agua potable urbano se aprecia un aumento de un 27%, el cual está asociado al crecimiento urbano en la región, mientras que en el caso de la demanda de agua potable rural el aumento entre 2015 y 2040 es de un 20%. La demanda agrícola disminuye levemente. La demanda minera disminuye drásticamente (50%), y las razones debiesen ser por un aumento en las eficiencias en los procesos de extracción del material. La demanda industrial aumenta en un 102% en 25 años, principalmente asociado a las industrias Enaex y Corpesca (Planta Mejillones).

La mayor demanda actual de uso consuntivo es minero, seguido por la demanda agrícola y agua potable urbana; la menor demanda la constituye el de uso pecuario (demanda eléctrica consuntiva es nula).

La demanda acuícola es nula el 2015, y entre el 2030 y 2040 se mantiene nula. Respecto de la demanda hídrica relativa a la generación eléctrica de tipo no consuntiva, se aprecia un incremento del 63 %.

En la siguiente figura se presenta la distribución de cada uso respecto del total de la demanda actual consuntiva del recurso hídrico.

Figura 4.3-1 Distribución Demanda Consuntiva Actual - II Región de Antofagasta



Fuente: Elaboración propia.

4.4 III REGIÓN DE ATACAMA

En el siguiente cuadro se resume la estimación de la demanda actual y futura para todos los usos en la III Región de Atacama.

Cuadro 4.4-1 Resumen Demanda Hídrica - III Región de Atacama

	Demanda (Mm ³ /año)		
	2015	2030	2040
Agua Potable Urbano	17.005	18.388	19.465
Agua Potable Rural	689	779	812
Agrícola	140.215	189.213	210.312
Pecuario	239	474	568
Minero	39.950	48.629	33.543
Industrial	15	26	33
Generación Eléctrica	0	0	0
TOTAL CONSUNTIVO	198.114	257.508	264.733
Acuícola	0	0	0
Generación Eléctrica	89.266	198.717	198.717
TOTAL NO CONSUNTIVO	89.266	198.717	198.717
Secano	1.475.180	1.439.161	1.425.431
Forestal (Productivo)	1.066	1.140	1.144
Forestal (No Productivo)	18.377	18.371	18.373
TOTAL EVAPOTRANSPIRATIVO	1.494.622	1.458.672	1.444.948

Fuente: Elaboración propia.

En el caso del agua potable urbano se aprecia un aumento leve de un 14%, debido probablemente a que en esta III Región de Atacama se producirá un estancamiento de las tasas de crecimiento poblacional, tal como se indica en las proyecciones del INE para zonas urbanas, mientras que en el caso de la demanda de agua potable rural el aumento entre 2015 y 2040 es de un 18%.

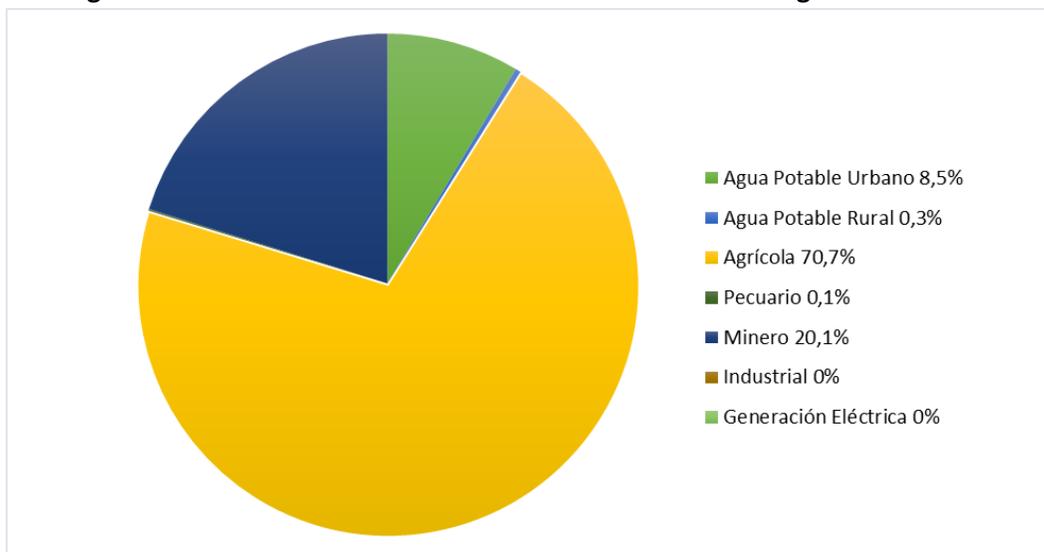
En la demanda agrícola se produce un importante aumento de un 50%, por la mayor superficie agrícola que se estima será plantada. La demanda minera aumenta en el año 2030 y luego disminuye a valores similares al año 2015, por las razones dadas antes relacionadas con el incremento en las energías renovables no convencionales. La demanda industrial aumenta en un 120 % en 25 años, asociada a la industria manufacturera en las comunas de Caldera y Tierra Amarilla.

La demanda acuícola es nula el 2015, y entre el 2030 y 2040 se mantiene constante. La demanda de generación eléctrica no consuntiva aumenta entre el año 2015 al 2030 en un 123 %, y luego se mantiene constante hasta el año 2040.

La mayor demanda actual de uso consuntivo es agrícola, seguido por la demanda de agua potable urbana y minera; la menor demanda la constituye el de uso industrial (demanda eléctrica es cero).

En la siguiente figura se presenta la distribución de cada uso respecto del total de la demanda actual consuntiva del recurso hídrico.

Figura 4.4-1 Distribución Demanda Consuntiva Actual - III Región de Atacama



Fuente: Elaboración propia.

4.5 IV REGIÓN DE COQUIMBO

En el siguiente cuadro se resume la estimación de la demanda para todos los usos en la IV Región.

Cuadro 4.5-1 Resumen Demanda Hídrica - IV Región de Coquimbo

	Demanda (Mm ³ /año)		
	2015	2030	2040
Agua Potable Urbano	39.496	47.667	52.123
Agua Potable Rural	6.214	7.230	7.505
Agrícola	462.090	720.118	790.984
Pecuario	1.470	2.664	3.198
Minero	41.967	46.021	40.900
Industrial	4.742	6.629	8.034
Generación Eléctrica	0	0	0
TOTAL CONSUNTIVO	555.979	830.328	902.744
Acuícola	154	556	211
Generación Eléctrica	189.100	214.735	229.268
TOTAL NO CONSUNTIVO	189.254	215.290	229.479
Secano	25.783.317	25.666.796	25.166.147
Forestal (Productivo)	29.543	34.288	36.654
Forestal (No Productivo)	343.960	339.922	339.965
TOTAL EVAPOTRANSPIRATIVO	26.156.819	26.041.006	25.542.766

Fuente: Elaboración propia.

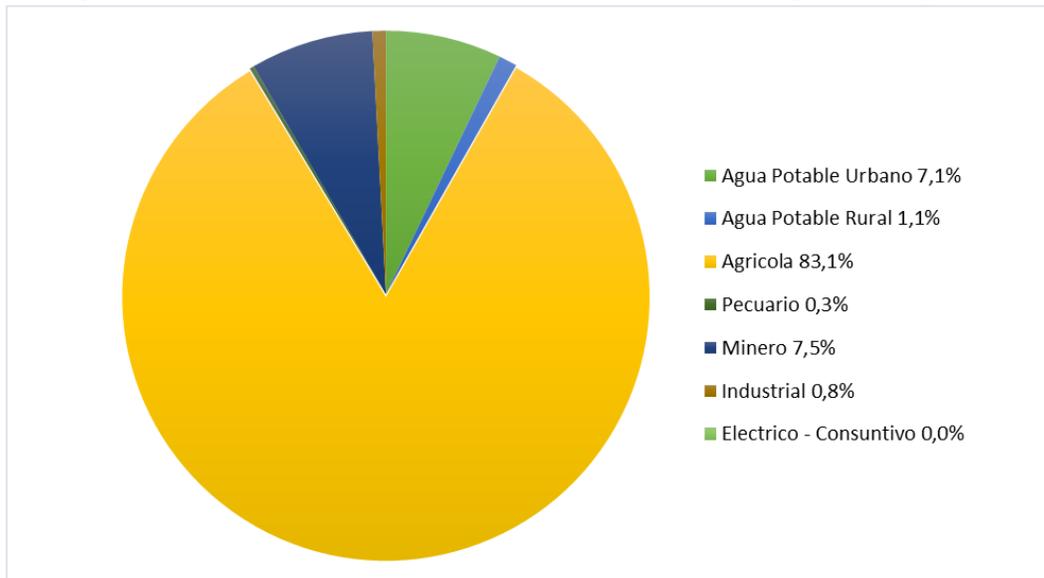
En el caso del agua potable urbano se aprecia un aumento de un 32%, mientras que en el caso de la demanda de agua potable rural el aumento entre 2015 y 2040 es de un 21%, ambos aumentos concuerdan y se relacionan directamente con la dinámica poblacional de la región. Con relación a la demanda agrícola, se produce un importante aumento de un 71% entre los años 2015 y 2040, por lo que esta región se estima como productora agrícola de la zona norte. La demanda pecuaria aumenta en más de un 118%, mientras que la demanda minera aumenta en el año 2030 y luego, en el año 2040, disminuye a valores similares al año 2015, principalmente debido a las mejoras tecnológicas en términos de eficiencia de procesos. La demanda industrial aumenta en un 69% en 25 años, principalmente atribuible al desarrollo del sector pesquero y destilerías alcohólicas; por otra parte, no existe demanda consuntiva en uso de generación eléctrica.

La demanda acuícola aumenta al año 2030 en un 37%, y se mantiene constante hasta el año 2040. La demanda de generación eléctrica no consuntiva aumenta entre el año 2015 y el 2040 en sólo un 21%.

La mayor demanda actual de uso consuntivo es agrícola, seguido por la demanda de agua potable urbana y minera; la menor demanda la constituye el de uso pecuario (demanda eléctrica de uso consuntivo es cero).

En la siguiente figura se presenta la distribución de cada uso respecto del total de la demanda actual consuntiva del recurso hídrico.

Figura 4.5-1 Distribución Demanda Consuntiva Actual - IV Región de Coquimbo



Fuente: Elaboración propia.

4.6 V REGIÓN DE VALPARAISO

En el siguiente cuadro se resume la estimación de la demanda para todos los usos en la V Región.

Cuadro 4.6-1 Resumen Demanda Hídrica - V Región de Valparaíso

	Demanda (Mm ³ /año)		
	2015	2030	2040
Agua Potable Urbano	102.003	112.158	117.727
Agua Potable Rural	10.766	12.207	12.495
Agrícola	672.337	736.452	779.568
Pecuario	3.378	5.320	6.521
Minero	47.571	48.169	42.604
Industrial	16.554	19.302	20.911
Generación Eléctrica	221.370	169.880	174.115
TOTAL CONSUNTIVO	1.073.979	1.103.489	1.153.939
Acuícola	189	853	248
Generación Eléctrica	1.473.620	1.166.331	878.372
TOTAL NO CONSUNTIVO	1.473.809	1.167.184	878.620
Secano	2.391.439	1.995.507	2.056.135
Forestal (Productivo)	216.288	225.433	231.639
Forestal (No Productivo)	1.234.678	1.226.185	1.226.226
TOTAL EVAPOTRANSPIRATIVO	3.842.405	3.447.126	3.514.000

Fuente: Elaboración propia.

En el caso del agua potable urbano se aprecia un aumento de un 15%, mientras que en el caso de la demanda de agua potable rural el aumento entre 2015 y 2040 es de un 16%, muy similar al aumento de la demanda urbana.

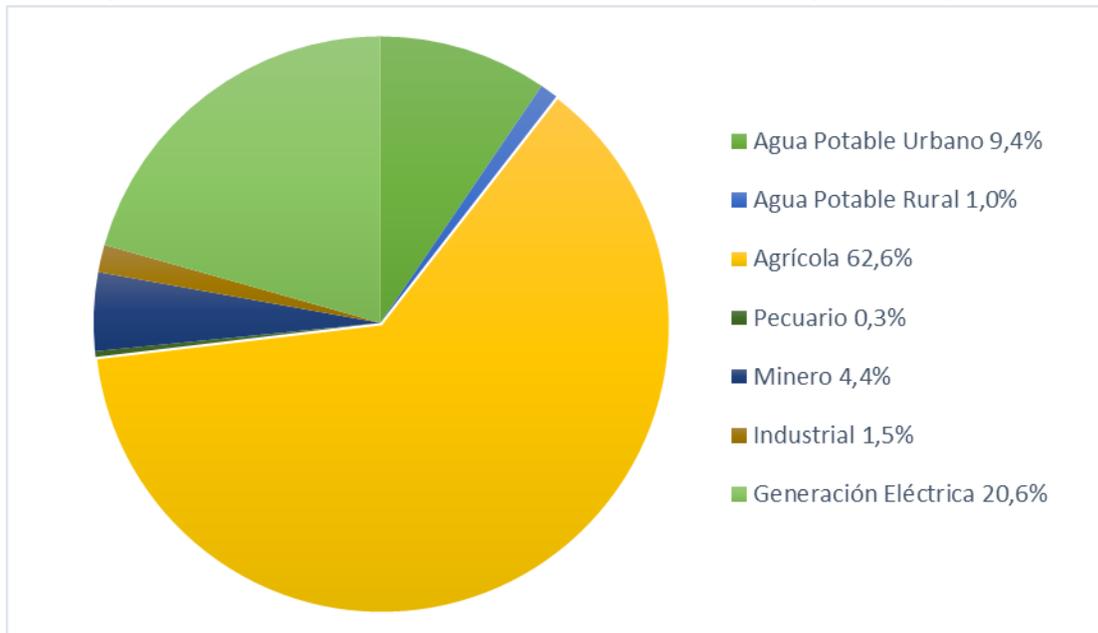
Con relación a la demanda agrícola, se produce un aumento de un 16% entre los años 2015 y 2040. La demanda pecuaria aumenta en cerca de un 93%, acorde a las proyecciones del PIB de este sector económico, mientras que la demanda minera va disminuyendo en el tiempo, llegando a una disminución de un 10% en 25 años; si bien no es una disminución importante, es posible que sea producto de la antigüedad de las actuales explotaciones mineras y la no existencia de futuros proyectos en la región. La demanda industrial aumenta en un 26% al año 2030, manteniéndose similar hasta el año 2040. La demanda consuntiva en uso de generación eléctrica disminuye en un 21% en 25 años.

La demanda acuícola aumenta 4 veces al año 2030 y luego disminuye en 3 veces al año 2040. La demanda de generación eléctrica no consuntiva disminuye en un 40% en 25 años, siguiendo el patrón encontrado a nivel nacional producto del aumento e incentivo de proyectos ERNC.

La mayor demanda actual de uso consuntivo es agrícola, seguido por la demanda en generación eléctrica y de agua potable urbana; la menor demanda la constituye el de uso pecuario.

En la siguiente figura se presenta la distribución de cada uso respecto del total de la demanda actual consuntiva del recurso hídrico.

Figura 4.6-1 Distribución Demanda Consuntiva Actual - V Región de Valparaíso



Fuente: Elaboración propia.

4.7 XIII REGIÓN METROPOLITANA

En el siguiente cuadro se resume la estimación de la demanda para todos los usos en la XIII Región.

Cuadro 4.7-1 Resumen Demanda Hídrica -XIII Región Metropolitana

	Demanda (Mm ³ /año)		
	2015	2030	2040
Agua Potable Urbano	659.893	772.105	841.915
Agua Potable Rural	11.570	14.255	15.360
Agrícola	1.269.824	1.216.806	1.253.000
Pecuario	18.226	31.696	39.240
Minero	23.442	26.152	25.649
Industrial	38.468	75.894	99.170
Generación Eléctrica	37.166	24.895	24.966
TOTAL CONSUNTIVO	2.058.589	2.161.802	2.299.300
Acuícola	65.183	4.908.972	1.165.658
Generación Eléctrica	5.603.549	5.487.195	4.780.766
TOTAL NO CONSUNTIVO	5.668.732	10.396.166	5.946.423
Secano	1.766.563	1.647.144	1.708.810
Forestal (Productivo)	93.598	103.210	108.008
Forestal (No Productivo)	463.098	459.109	460.108
TOTAL EVAPOTRANSPIRATIVO	2.323.259	2.209.463	2.276.925

Fuente: Elaboración propia.

En el caso del agua potable urbano se aprecia un aumento de un 28%, mientras que en el caso de la demanda de agua potable rural el aumento entre 2015 y 2040 es de un 33%, algo mayor que el aumento de la demanda urbana. A pesar de que la región es el foco principal de la creciente migración tanto desde regiones como del extranjero, los sistemas de agua potable están consolidados y los niveles de eficiencia son óptimos; por tanto, el aumento de la demanda no presenta un aumento desmedido.

Con relación a la demanda agrícola, ésta se mantiene bastante pareja entre 2015 y 2040, debido a que la región al ser la más poblada del país, la distribución del territorio es extremadamente ajustada. Por otra parte, la demanda pecuaria aumenta en poco más de 2 veces sin ser demasiado explosiva como en otras regiones donde la distribución del territorio lo permite, mientras que la demanda minera aumenta en un 9%, aumento sutil y correspondido por la etapa productiva que se encuentran los proyectos mineros de la región. La demanda industrial aumenta en 2,6 veces entre 2015 y 2040, siendo la fabricación y procesamiento de papel en conjunto al procesamiento de alimentos los mayores contribuyentes a esta demanda. La demanda consuntiva en uso de generación eléctrica disminuye en un 33% en 25 años, siguiendo el patrón encontrado a nivel nacional producto del aumento e incentivo de proyectos ERNC.

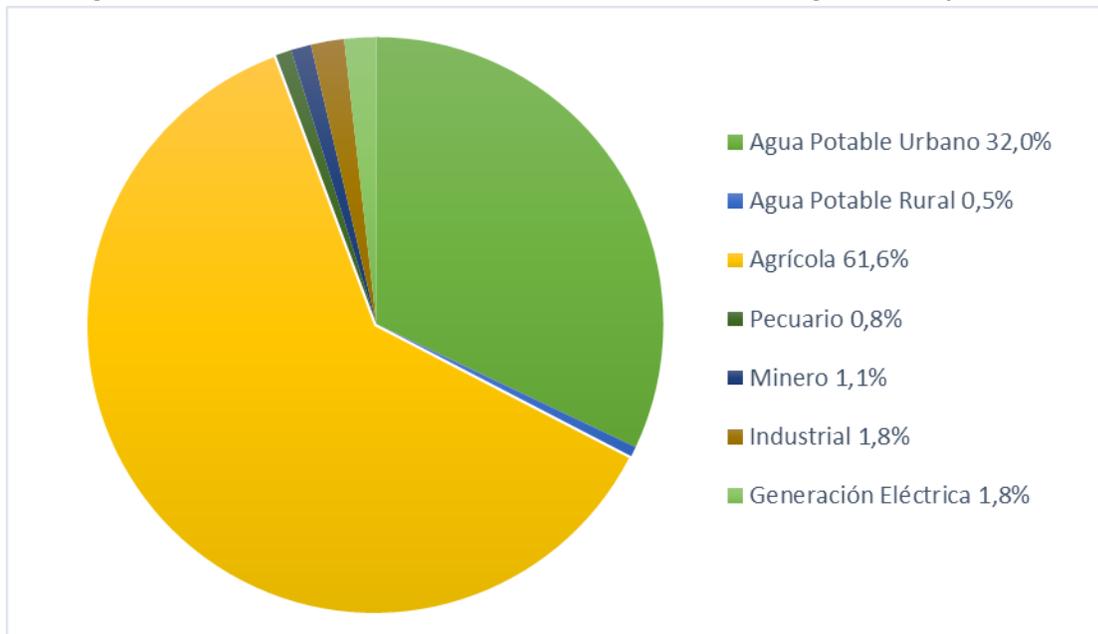
La demanda acuícola estimada (no consuntiva) aumenta 75 veces al año 2030 y luego disminuye en 4 veces hasta el año 2040. Lo anterior se debe a que la serie con la cual se hizo la estimación, datos entre 1996 a 2016, tienen un comportamiento similar al descrito a futuro, es decir, la producción acuícola aumenta

ostensiblemente los primeros años para luego ir disminuyendo en forma paulatina. La demanda de generación eléctrica se mantiene pareja, disminuyendo levemente en al año 2040.

La mayor demanda actual de uso consuntivo es agrícola, seguido por la demanda en agua potable urbana e industrial; la menor demanda la constituye el agua potable rural.

En la siguiente figura se presenta la distribución de cada uso respecto del total de la demanda actual consuntiva del recurso hídrico.

Figura 4.7-1 Distribución Demanda Consuntiva Actual -XIII Región Metropolitana



Fuente: Elaboración propia.

4.8 VI REGIÓN DE O'HIGGINS

En el siguiente cuadro se resume la estimación de la demanda para todos los usos en la VI Región.

Cuadro 4.8-1 Resumen Demanda Hídrica - VI Región de O'Higgins

	Demanda (Mm ³ /año)		
	2015	2030	2040
Agua Potable Urbano	43.074	47.473	49.418
Agua Potable Rural	28.524	34.574	36.153
Agrícola	1.723.417	1.838.778	1.954.694
Pecuario	17.479	30.105	37.507
Minero	70.721	75.154	73.960
Industrial	12.276	16.597	18.985
Generación Eléctrica	66	76	80
TOTAL CONSUNTIVO	1.895.558	2.042.757	2.170.798
Acuícola	53	6	2
Generación Eléctrica	9.195.100	8.158.524	8.280.484
TOTAL NO CONSUNTIVO	9.195.153	8.158.530	8.280.486
Secano	3.194.485	2.971.641	2.899.717
Forestal (Productivo)	808.710	923.966	1.111.055
Forestal (No Productivo)	1.355.813	1.276.031	1.275.961
TOTAL EVAPOTRANSPIRATIVO	5.359.008	5.171.637	5.286.733

Fuente: Elaboración propia.

En el caso del agua potable urbano, la demanda se mantiene relativamente pareja, aumentando un 15% en 25 años, mientras que en el caso de la demanda de agua potable rural el aumento entre 2015 y 2040 es de un 27%.

Con relación a la demanda agrícola, ésta aumenta un 13% entre 2015 y 2040, mientras que la demanda pecuaria aumenta al doble en 25 años; lo anterior podría deberse, respecto a la demanda agrícola, por el actual grado de tecnificación en riego de la región, mientras que la demanda pecuaria podría deberse a la proyección histórica influenciada por la cercanía con la Región Metropolitana. La demanda minera se mantiene bastante pareja durante los 25 años de análisis, debido a que no se vislumbran nuevos proyectos mineros en la región.

La demanda industrial aumenta un 55% entre 2015 y 2040, siendo el procesamiento de alimentos la actividad económica que más contribuye a esta demanda hídrica. La demanda consuntiva en uso de generación eléctrica se mantiene bastante pareja y muy baja en relación al resto de regiones.

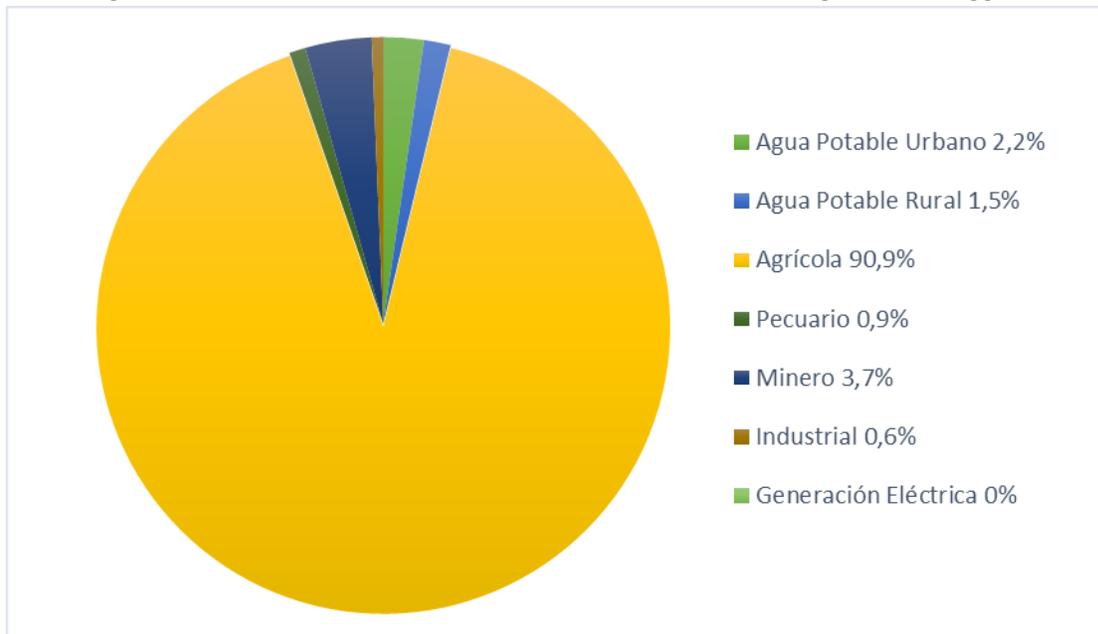
La demanda acuícola (no consuntiva) disminuye hasta casi 0 al año 2040, dado que la tendencia de la producción en los últimos años en esta región es a la baja, probablemente por la temporalidad que afecta a las fuentes de agua en esta región, que no se muestra como punto fuerte para el desarrollo acuícola de

agua dulce. Por otra parte, la demanda de generación eléctrica no consuntiva también disminuye al año 2040, pero levemente.

La mayor demanda actual de uso consuntivo es agrícola, seguido por la demanda minera y de agua potable urbana; la menor demanda la constituye la acuícola.

En la siguiente figura se presenta la distribución de cada uso respecto del total de la demanda actual consuntiva del recurso hídrico.

Figura 4.8-1 Distribución Demanda Consuntiva Actual - VI Región de O'Higgins



Fuente: Elaboración propia.

4.9 VII REGIÓN DEL MAULE

En el siguiente cuadro se resume la estimación de la demanda para todos los usos en la VII Región.

Cuadro 4.9-1 Resumen Demanda Hídrica - VII Región del Maule

	Demanda (Mm ³ /año)		
	2015	2030	2040
Agua Potable Urbano	41.848	43.741	46.223
Agua Potable Rural	17.389	19.914	20.905
Agrícola	2.822.598	2.503.605	2.437.756
Pecuario	4.342	4.495	4.609
Minero	1	0	0
Industrial	33.304	50.660	62.628
Generación Eléctrica	7.709	9.069	8.974
TOTAL CONSUNTIVO	2.927.192	2.631.484	2.581.096
Acuícola	389.865	3.090.439	869.194
Generación Eléctrica	18.959.984	11.464.061	6.972.880
TOTAL NO CONSUNTIVO	19.349.849	14.554.500	7.842.074
Secano	7.895.969	8.194.768	8.326.177
Forestal (Productivo)	4.387.938	4.673.593	4.489.755
Forestal (No Productivo)	2.169.888	2.090.464	2.486.977
TOTAL EVAPOTRANSPIRATIVO	14.453.795	14.958.825	15.302.910

Fuente: Elaboración propia.

En el caso del agua potable urbano, la demanda se mantiene relativamente pareja, aumentando un 10% en 25 años, mientras que en el caso de la demanda de agua potable rural el aumento entre 2015 y 2040 es de un 20%, siguiendo el comportamiento proyectado por INE.

Con relación a la demanda agrícola, ésta disminuye levemente en un 14% en 25 años (puede deberse al mayor grado de tecnificación de riego esperado), mientras que la demanda pecuaria se mantiene pareja. La demanda minera es nula en el período de análisis.

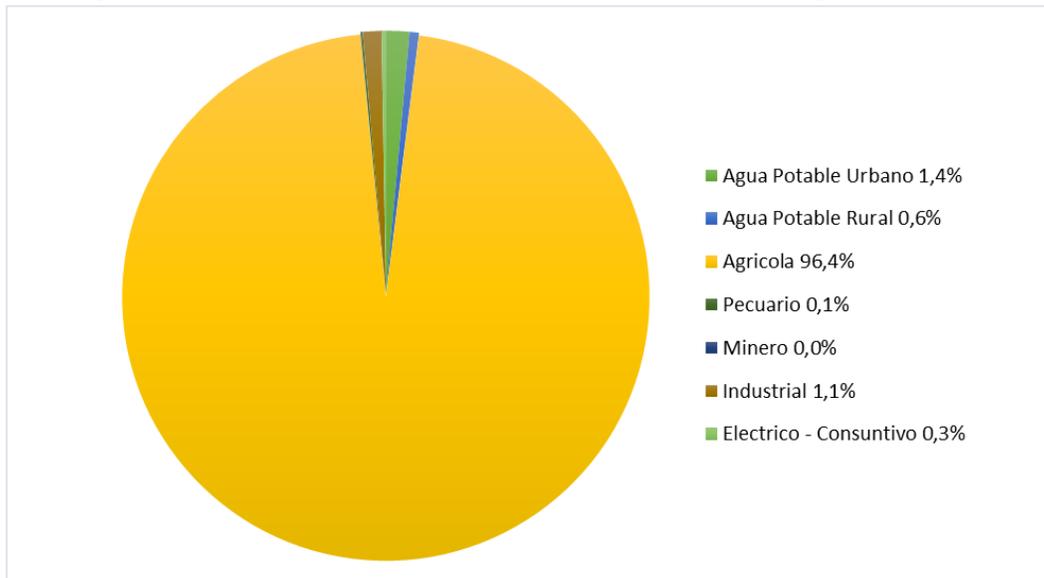
La demanda industrial aumenta un 88% entre 2015 y 2040; este aumento está sustentado básicamente en el crecimiento de la planta Celulosa Arauco en Constitución y Licantén y Cartulinas CMPC en Yervas Buenas. La demanda consuntiva en uso de generación eléctrica se mantiene bastante pareja en 25 años.

La demanda acuícola (no consuntiva) aumenta en casi 8 veces al año 2030 y luego disminuye en 3,6 veces al año 2040, manteniendo el comportamiento oscilante que presentan los datos históricos. La demanda de generación eléctrica disminuye en 2,7 veces al año 2040, principalmente debido al desarrollo e incentivo de ERNC.

La mayor demanda actual de uso consuntivo es agrícola, seguido por la demanda de agua potable urbana e industrial; la menor demanda la constituye la minera.

En la siguiente figura se presenta la distribución de cada uso respecto del total de la demanda actual consuntiva del recurso hídrico.

Figura 4.9-1 Distribución Demanda Consuntiva Actual - VII Región del Maule



Fuente: Elaboración propia.

4.10 VIII REGIÓN DEL BIOBÍO

En el siguiente cuadro se resume la estimación de la demanda para todos los usos en la VIII Región.

Cuadro 4.10-1 Resumen Demanda Hídrica - VIII Región del Biobío
Demanda (Mm³/año)

	2015	2030	2040
Agua Potable Urbano	100.744	108.604	112.385
Agua Potable Rural	12.189	15.812	16.203
Agrícola	475.978	432.803	416.301
Pecuario	2.117	2.152	1.836
Minero	31	34	32
Industrial	350.470	423.289	544.534
Generación Eléctrica	194.400	172.530	183.951
TOTAL CONSUNTIVO	1.135.928	1.155.224	1.275.241
Acuícola	5.110.805	4.060.730	1.144.837
Generación Eléctrica	21.389.400	39.215.317	39.592.590
TOTAL NO CONSUNTIVO	26.500.204	43.276.046	40.737.428
Secano	4.449.759	4.099.545	3.956.278
Forestal (Productivo)	11.981.592	12.264.590	12.675.364
Forestal (No Productivo)	5.545.127	5.480.044	5.449.901
TOTAL EVAPOTRANSPIRATIVO	21.976.479	21.844.179	22.081.543

Fuente: Elaboración propia.

En el caso del agua potable urbano, la demanda se mantiene relativamente pareja, mientras que en el caso de la demanda de agua potable rural el aumento entre 2015 y 2040 es de un 33%, si bien los aumentos no son excesivos, si van de acuerdo a lo proyectado por INE, considerando, que la región concentra bastante población por poseer centros urbanos considerables a nivel nacional.

Con relación a la demanda agrícola, ésta disminuye levemente en un 13% en 25 años (puede deberse al mayor grado de tecnificación de riego esperado), mientras que la demanda pecuaria se mantiene pareja. La demanda minera es muy baja en el período de análisis.

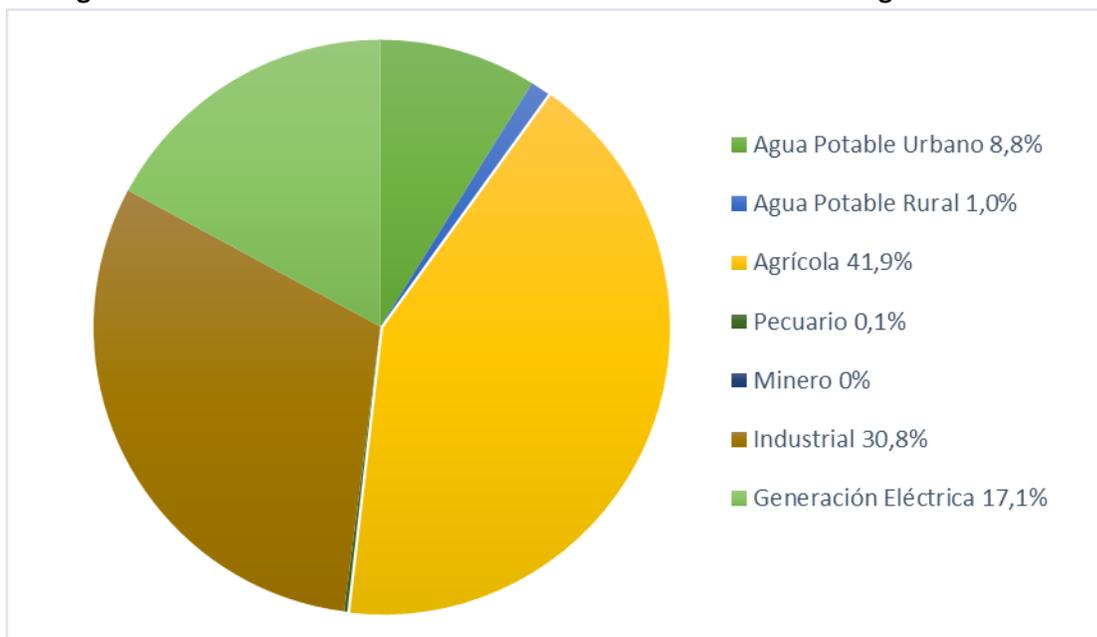
La demanda industrial aumenta un 55% entre 2015 y 2040, asociado principalmente a que la región posee grandes centros urbanos, destacando la industria del papel y refinería de hidrocarburos. La demanda consuntiva en uso de generación eléctrica se mantiene bastante pareja en 25 años, sin presentar nuevos proyectos asociados y siguiendo la tendencia nacional a fomentar proyectos ERNC.

La demanda acuícola (no consuntiva) disminuye en 4,5 veces al año 2030; ello se produce por la tendencia a la baja en la producción acuícola en los últimos años en esta región del Biobío. La demanda de generación eléctrica aumenta en un 85% al año 2040.

La mayor demanda actual de uso consuntivo es agrícola, seguido por la demanda industrial y de agua potable urbana; la menor demanda la constituye la minera.

En la siguiente figura se presenta la distribución de cada uso respecto del total de la demanda actual consuntiva del recurso hídrico.

Figura 4.10-1 Distribución Demanda Consuntiva Actual - VIII Región del Biobío



Fuente: Elaboración propia.

4.11 IX REGIÓN DE LA ARAUCANIA

En el siguiente cuadro se resume la estimación de la demanda para todos los usos en la IX Región.

Cuadro 4.11-1 Resumen Demanda Hídrica - IX Región de La Araucanía

	Demanda (Mm ³ /año)		
	2015	2030	2040
Agua Potable Urbano	38.322	41.032	43.437
Agua Potable Rural	6.742	8.337	8.582
Agrícola	172.483	167.521	171.064
Pecuario	6.195	6.732	6.135
Minero	0	0	0
Industrial	25.822	47.107	60.444
Generación Eléctrica	27.910	25.387	19.215
TOTAL CONSUNTIVO	277.474	296.116	308.878
Acuícola	33.172.215	24.956.169	6.969.446
Generación Eléctrica	1.452.633	1.352.134	1.339.998
TOTAL NO CONSUNTIVO	34.624.848	26.308.303	8.309.444
Secano	6.310.715	6.183.248	6.057.093
Forestal (Productivo)	6.468.147	6.536.371	6.667.595
Forestal (No Productivo)	6.484.530	6.480.569	6.468.150
TOTAL EVAPOTRANSPIRATIVO	19.263.391	19.200.189	19.192.838

Fuente: Elaboración propia.

En el caso del agua potable urbano, la demanda se mantiene relativamente pareja, aumentando en un 13% en 25 años, mientras que en el caso de la demanda de agua potable rural el aumento entre 2015 y 2040 es de un 27%, en ambos casos manteniendo coherencia a las proyecciones de poblacionales.

Con relación a la demanda agrícola, ésta se mantiene sin grandes variaciones en los 25 años de análisis, al igual que la demanda pecuaria. La demanda minera es nula en el período de análisis.

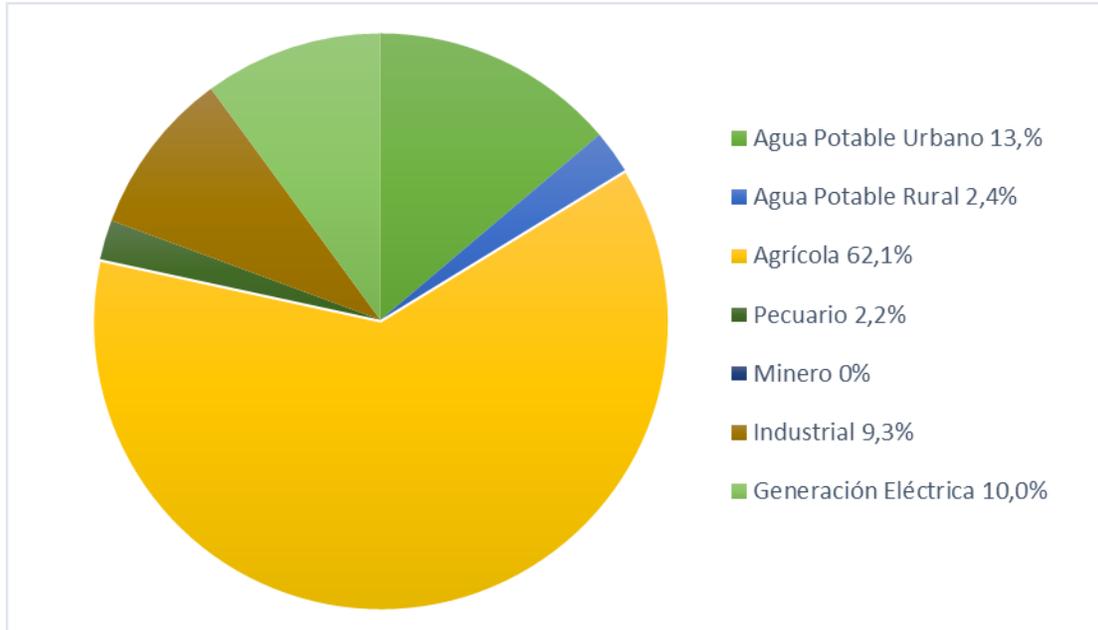
La demanda industrial aumenta un 2,33 veces entre el año 2015 y 2040, principalmente asociado a la industria del papel y alimenticia. La demanda consuntiva en uso de generación eléctrica disminuye un 31% en 25 años, en concordancia al desarrollo y mayor incentivo a nivel nacional de proyectos ERNC.

La demanda acuícola (no consuntiva) disminuye en 4,8 veces al año 2040, siguiendo la misma tendencia de otras regiones donde esta demanda es considerable. La demanda de generación eléctrica se mantiene pareja hasta el año 2040, sin presentar nuevos proyectos asociados.

La mayor demanda actual de uso consuntivo es agrícola, seguido por la demanda industrial y de agua potable urbana; la menor demanda la constituye la minera (demanda nula).

En la siguiente figura se presenta la distribución de cada uso respecto del total de la demanda actual consuntiva del recurso hídrico.

Figura 4.11-1 **Distribución Demanda Consuntiva Actual - IX Región de La Araucanía**



Fuente: Elaboración propia.

4.12 XIV REGIÓN DE LOS RÍOS

En el siguiente cuadro se resume la estimación de la demanda para todos los usos en la XIV Región.

Cuadro 4.12-1 Resumen Demanda Hídrica - XIV Región de Los Ríos

	Demanda (Mm ³ /año)		
	2015	2030	2040
Agua Potable Urbano	16.118	17.273	17.835
Agua Potable Rural	7.316	16.501	16.974
Agrícola	5.457	7.028	8.171
Pecuario	7.201	11.871	12.606
Minero	0	0	0
Industrial	75.491	146.189	196.059
Generación Eléctrica	2.640	2.456	2.358
TOTAL CONSUNTIVO	114.223	201.318	254.004
Acuícola	17.562.074	15.946.380	4.549.375
Generación Eléctrica	5.354.550	8.298.976	8.876.417
TOTAL NO CONSUNTIVO	22.916.624	24.245.356	13.425.792
Secano	2.817.629	2.562.477	2.464.736
Forestal (Productivo)	2.728.687	2.846.535	2.931.660
Forestal (No Productivo)	9.505.204	9.499.435	9.495.089
TOTAL EVAPOTRANSPIRATIVO	15.051.520	14.908.447	14.891.485

Fuente: Elaboración propia.

En el caso del agua potable urbano, al año 2040 la demanda aumenta sólo en un 11%, mientras que en el caso de la demanda de agua potable rural el aumento entre 2015 y 2040 es de 2,3 veces, acercándose bastante en cifras a la demanda urbana, siendo esto producto de que la región aun cuenta con amplios territorios para que la expansión urbana se lleve a cabo y la creciente actividad económica.

Con relación a la demanda agrícola, ésta aumenta en un 50% en los 25 años de análisis, relacionado con el aumento de superficie bajo riego proyectado, mientras que la demanda pecuaria aumenta en un 75%. La demanda minera es nula en el período de análisis.

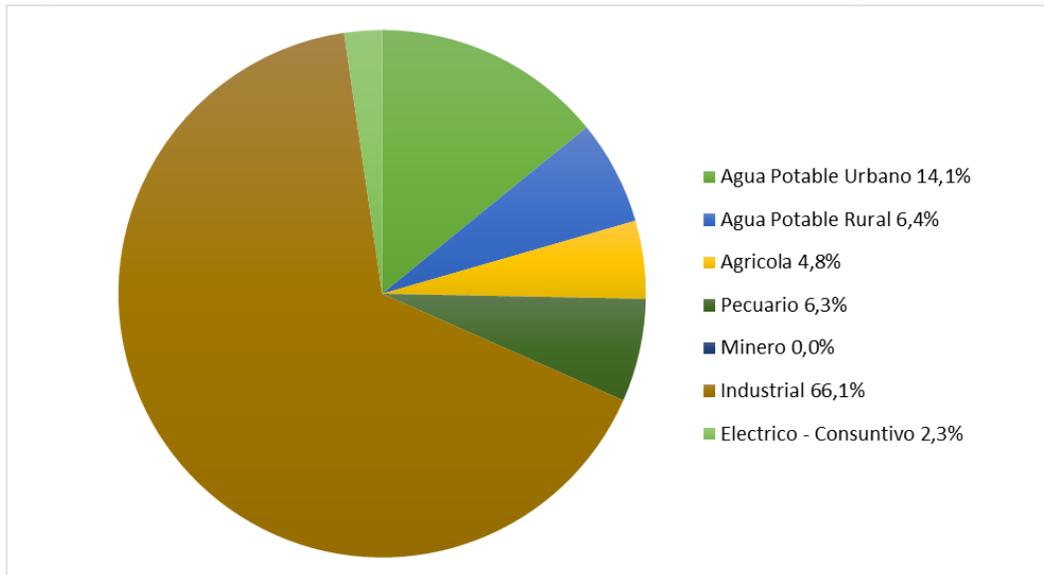
La demanda industrial aumenta en 2,6 veces entre el año 2015 y 2040, principalmente asociado a la industria del papel y alimenticia, específicamente a productos marinos. La demanda consuntiva en uso de generación eléctrica es baja y se mantiene pareja en los 25 años de análisis, siguiendo la tendencia nacional a desarrollar proyectos ERNC.

La demanda acuícola (no consuntiva) disminuye en un 74% al año 2040; ello se produce por la tendencia a la baja en la producción acuícola en los últimos años en esta región de Los Ríos. La demanda de generación eléctrica no consuntiva aumenta en un 66% al año 2040, principalmente asociado a proyectos hidroeléctricos en la región.

La mayor demanda actual de uso consuntivo es la industrial, seguido por la demanda de agua potable urbana y pecuario; la menor demanda la constituye la minera (nula).

En la siguiente figura se presenta la distribución de cada uso respecto del total de la demanda actual consuntiva del recurso hídrico.

Figura 4.12-1 Distribución Demanda Consuntiva Actual - XIV Región de Los Ríos



Fuente: Elaboración propia.

4.13 X REGIÓN DE LOS LAGOS

En el siguiente cuadro se resume la estimación de la demanda para todos los usos en la X Región.

Cuadro 4.13-1 Resumen Demanda Hídrica - X Región de Los Lagos

	Demanda (Mm ³ /año)		
	2015	2030	2040
Agua Potable Urbano	31.235	34.369	35.977
Agua Potable Rural	7.349	8.940	9.262
Agrícola	2.613	3.173	3.719
Pecuario	9.457	17.740	18.121
Minero	0	0	0
Industrial	137.943	186.168	211.415
Generación Eléctrica	0	0	0
TOTAL CONSUNTIVO	188.597	250.389	278.494
Acuícola	29.762.343	28.519.225	8.065.092
Generación Eléctrica	1.833.760	2.351.256	1.915.030
TOTAL NO CONSUNTIVO	31.596.103	30.870.481	9.980.123
Secano	3.991.134	3.845.313	3.819.426
Forestal (Productivo)	1.013.204	1.093.247	1.150.092
Forestal (No Productivo)	23.477.681	23.475.049	23.473.294
TOTAL EVAPOTRANSPIRATIVO	28.482.019	28.413.609	28.442.812

Fuente: Elaboración propia.

En el caso del agua potable urbano, al año 2040 la demanda aumenta en un 15%, mientras que en el caso de la demanda de agua potable rural el aumento entre 2015 y 2040 es de un 26%, siguiendo la tendencia de regiones con terrenos aptos para la expansión urbana y el aumento de la actividad económica.

Con relación a la demanda agrícola, ésta aumenta en un 42% en los 25 años de análisis; de forma análoga a la Región de Los Ríos, se debería al aumento de la superficie bajo riego, mientras que la demanda pecuaria aumenta en un 92%. La demanda minera es nula en el período de análisis.

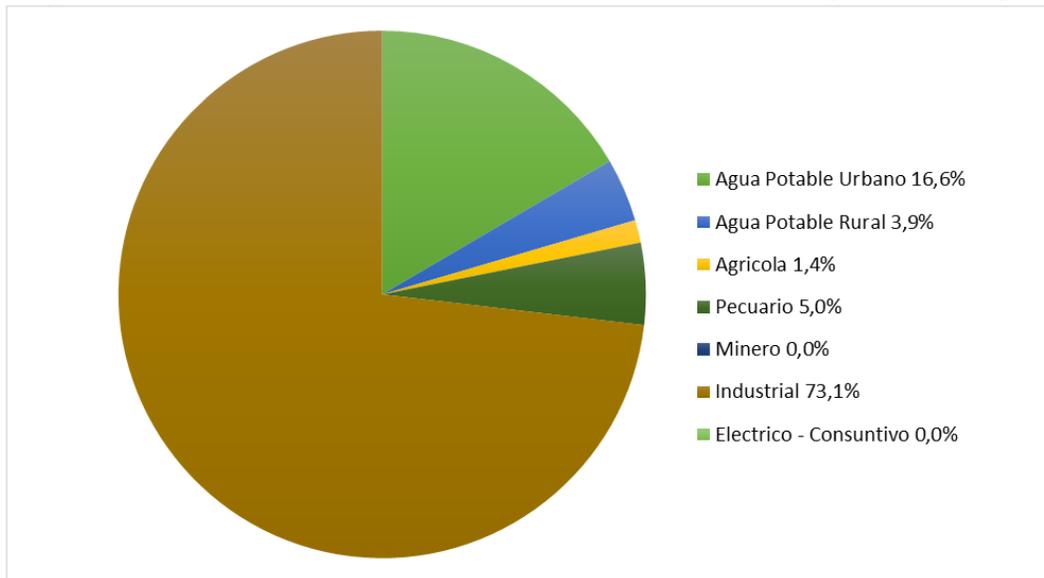
La demanda industrial aumenta en un 53% entre el año 2015 y 2040, principalmente asociado a la industria alimenticia de origen marino. La demanda consuntiva en uso de generación eléctrica es nula durante los 25 años de análisis (2015 al 2040).

La demanda acuícola (no consuntiva) disminuye en 8,2 veces al año 2040; ello se produce por la tendencia a la baja en la producción acuícola en los últimos años en esta región de Los Lagos. La demanda de generación eléctrica no consuntiva aumenta levemente al año 2040.

La mayor demanda actual de uso consuntivo es la industrial, seguido por la demanda de agua potable urbana y pecuario; la menor demanda la constituye la minera y generación eléctrica, ambas nulas.

En la siguiente figura se presenta la distribución de cada uso respecto del total de la demanda actual consuntiva del recurso hídrico.

Figura 4.13-1 Distribución Demanda Consuntiva Actual - X Región de Los Lagos



Fuente: Elaboración propia.

4.14 XI REGIÓN DE AYSÉN

En el siguiente cuadro se resume la estimación de la demanda para todos los usos en la XI Región.

Cuadro 4.14-1 Resumen Demanda Hídrica - XI Región de Aysén

	Demanda (Mm ³ /año)		
	2015	2030	2040
Agua Potable Urbano	5.388	5.947	6.454
Agua Potable Rural	1.332	1.389	1.391
Agrícola	734	488	482
Pecuario	1.337	2.482	2.514
Minero	2.846	971	1.654
Industrial	1.018	1.611	2.010
Generación Eléctrica	0	0	0
TOTAL CONSUNTIVO	12.656	12.888	14.505
Acuícola	2.192.689	1.753.138	408.433
Generación Eléctrica	145.787	211.277	92.206
TOTAL NO CONSUNTIVO	2.338.476	1.964.415	500.639
Secano	3.901.948	4.162.388	4.255.046
Forestal (Productivo)	351.464	360.963	367.771
Forestal (No Productivo)	23.289.656	23.289.656	23.289.656
TOTAL EVAPOTRANSPIRATIVO	27.543.068	27.813.007	27.912.473

Fuente: Elaboración propia.

En el caso del agua potable urbano, al año 2040 la demanda aumenta en un 20%, mientras que en el caso de la demanda de agua potable rural se mantiene pareja, reflejando la tendencia expresada por las proyecciones del INE.

Con relación a la demanda agrícola, ésta disminuye en 2 veces en los 25 años de análisis, mientras que la demanda pecuaria aumenta en un 88%. La demanda minera disminuye casi a la tercera parte al año 2030, para luego aumentar su demanda hasta el año 2040 en un 70%, estas oscilaciones son explicadas debido a la tendencia histórica de generar periodos de aumento y disminución, pero de forma general la tendencia de la producción en la región es hacia la baja.

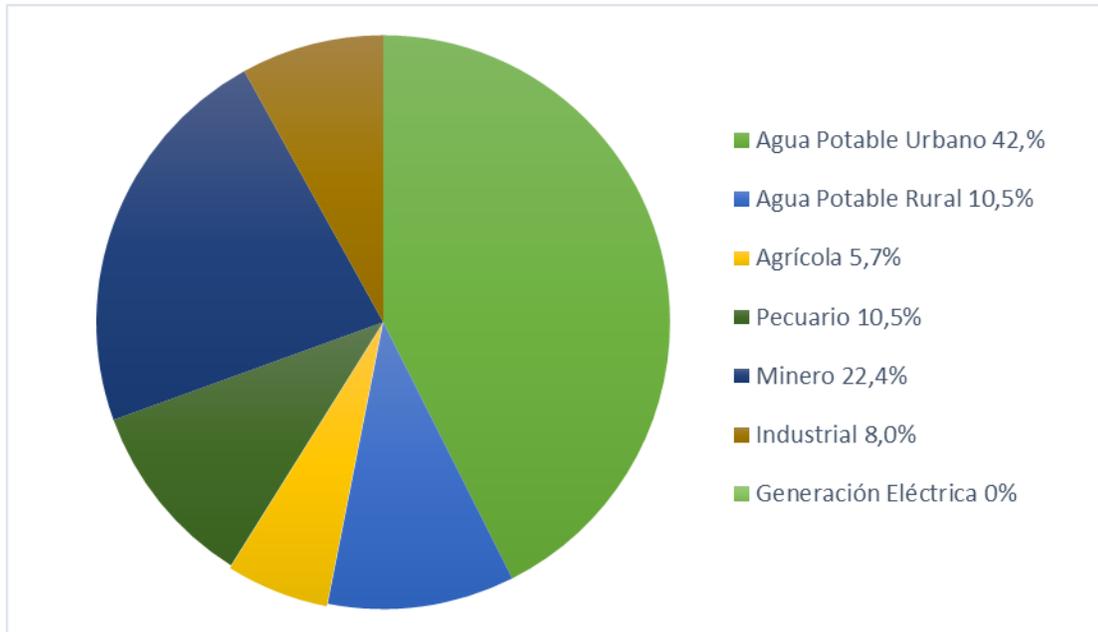
La demanda industrial aumenta en un 97% entre el año 2015 y 2040, principalmente asociado a la industria alimenticia. La demanda consuntiva en uso de generación eléctrica es nula.

La demanda acuícola (no consuntiva) disminuye en 5,4 veces al año 2040, en coherencia a la baja en la producción acuícola de los últimos años en la región. La demanda de generación eléctrica de uso no consuntivo disminuye un 37% durante todo el período de análisis.

La mayor demanda actual de uso consuntivo es la de agua potable urbana, seguido por minero, y pecuario; la menor demanda la constituye la generación eléctrica consuntiva (nula).

En la siguiente figura se presenta la distribución de cada uso respecto del total de la demanda actual consuntiva del recurso hídrico.

Figura 4.14-1 Distribución Demanda Consuntiva Actual - XI Región de Aysén



Fuente: Elaboración propia.

4.15 XII REGIÓN DE MAGALLANES

En el siguiente cuadro se resume la estimación de la demanda para todos los usos en la XII Región.

Cuadro 4.15-1 Resumen Demanda Hídrica - XII Región de Magallanes

	Demanda (Mm ³ /año)		
	2015	2030	2040
Agua Potable Urbano	10.756	11.272	11.578
Agua Potable Rural	184	334	312
Agrícola	2.096	2.648	2.987
Pecuario	3.157	4.254	4.231
Minero	591	643	1.041
Industrial	603	788	908
Generación Eléctrica	4.120	4.964	4.591
TOTAL CONSUNTIVO	21.506	24.904	25.648
Acuícola	759.968	375.423	117.707
Generación Eléctrica	0	0	0
TOTAL NO CONSUNTIVO	759.968	375.423	117.707
Secano	15.612.469	17.358.297	17.553.385
Forestal (Productivo)	82	95	105
Forestal (No Productivo)	23.244.661	23.244.691	23.244.711
TOTAL EVAPOTRANSPIRATIVO	38.857.212	40.603.083	40.798.200

Fuente: Elaboración propia.

En el caso del agua potable urbano, la demanda se mantiene pareja hasta el año 2040, mientras que en el caso de la demanda de agua potable rural aumenta en un 70%, siguiendo la tendencia de regiones con disponibilidad de terreno para la expansión urbana y con aumento de la actividad económica.

Con relación a la demanda agrícola, ésta aumenta en un 43% en los 25 años de análisis, previéndose un desarrollo bastante considerable en esta región austral, mientras que la demanda pecuaria aumenta en un 34%. La demanda minera aumenta en un 76%, principalmente asociado a la explotación de hidrocarburos descubiertos en la región.

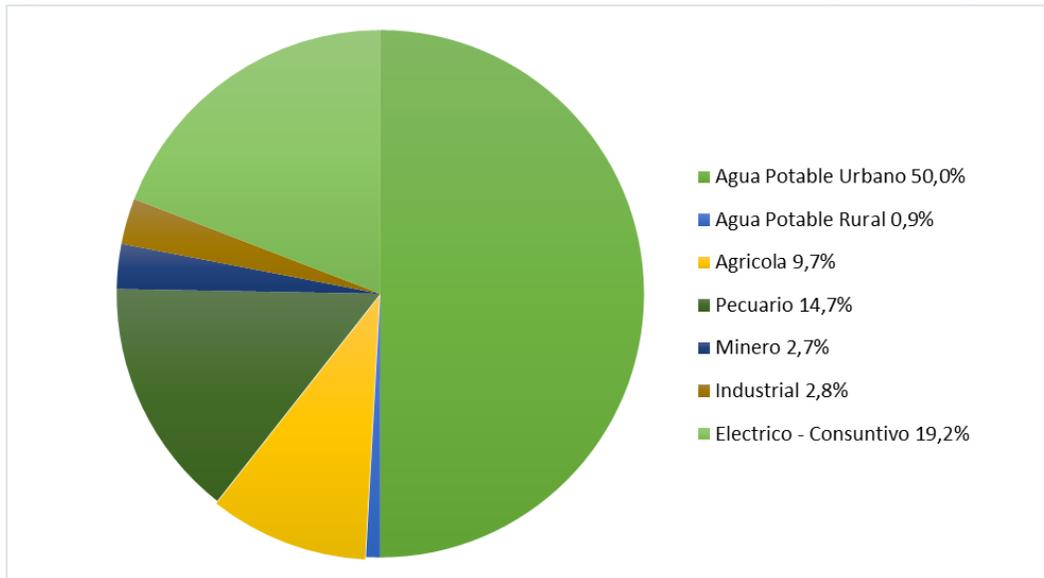
La demanda industrial aumenta en un 51% entre el año 2015 y 2040, principalmente asociado a la industria alimenticia de origen marino. La demanda consuntiva en uso de generación eléctrica se mantiene pareja durante los 25 años de análisis, sin nuevos proyectos asociados y siguiendo la tendencia nacional por fomentar proyectos ERNC.

La demanda acuícola (no consuntiva) disminuye en un 85% al año 2040, siguiendo con la tendencia a la baja en la producción de los últimos años. La demanda de generación eléctrica de uso no consuntivo es nula durante todo el período de análisis.

La mayor demanda actual de uso consuntivo es la de agua potable urbana, seguido por minero, y pecuario; la menor demanda la constituye la generación eléctrica (nula).

En la siguiente figura se presenta la distribución de cada uso respecto del total de la demanda actual consuntiva del recurso hídrico.

Figura 4.15-1 Distribución Demanda Consuntiva Actual - XII Región de Magallanes



Fuente: Elaboración propia.

4.16 DEMANDA NO CONSUNTIVA TURISTICA Y DE PROTECCION AMBIENTAL

En el siguiente cuadro se resume la estimación de los caudales no consuntivos turísticos.

Cuadro 4.16-1 Caudales Turísticos Actuales (m³/s)

Región	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
XV	2,6	3,2	2,8	0,6	0,8	1	1	0,6	0,4	0,4	0,6	0,6	1,4
I	0,7	0,78	0,735	0,63	0,69	0,75	0,75	0,675	0,675	0,6	0,615	0,6	0,675
II	0,9	0,888	0,846	0,862	0,912	0,962	0,954	0,896	0,864	0,772	0,78	0,796	0,888
IV	9,8	9,1	8,02	7,5	6,98	6,46	7,5	7,5	7,5	8,74	10,3	10,54	8,82
XIII	469,7	337,7	234,7	164,2	131,7	137,2	137,2	137,2	157,2	233,7	370,7	511,7	268,7
VIII	161,0	99	90,5	119,5	267	436	456	439	417	399	398	287	304
IX	263,0	185	159	194	374	689	709	569	564	474	429	334	434
X	820,0	580	502	592	874	1141	1021	978	820	874	957	877	827
XIV	75,0	46	36	43	109	239	213	187	165	161	173	121	141
XI	1050,9	1000,5	1030,7	945,8	940,6	815,6	780,7	660,7	610,9	667,4	802,6	967	846,2
TOTAL	2853,6	2262,2	2065,3	2068,1	2705,7	3467,0	3327,1	2980,6	2743,5	2819,6	3142,6	3110,2	2832,7

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en el cuadro anterior, los caudales turísticos más altos se dan en la zona sur del país, y los más bajos en la zona norte. Lo señalado es coherente ya que la mayor cantidad de ZOIT (Zonas de Interés Turístico) se da en la X Región, y además los caudales de los ríos de dicha región son importantes en magnitud.

Respecto a la demanda futura, se proyecta un incremento de los caudales para uso turístico según la información disponible de nuevos ZOIT en las regiones II, IV, VIII, IX, X, XI y XII, tal como se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro 4.16-2 Caudales Turísticos por ZOIT futuros (m³/s)

Región	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
II	1,172	1,156	1,132	1,164	1,224	1,294	1,278	1,212	1,148	1,044	1,03	1,062	1,166
IV	9,8	9,1	8,02	7,5	6,98	6,46	7,5	7,5	7,5	8,74	10,3	10,54	8,82
VIII	168	106	95,5	126,5	286	465	491	472	440	416	411	296	323
IX	321	234	200	243	451	844	857	725	702	585	531	426	536
X	820	580	502	592	874	1141	1021	978	820	874	957	877	827
XI	2.587,9	2.266,5	2.181,7	2.241,8	2.364,6	2.319,6	2.015,7	2.017,7	1.643,9	1.996,4	2.423,6	2.617,0	2.207,2
XII	2,6	3,2	2,8	0,6	0,8	1	1	0,6	0,4	0,4	0,6	0,6	1,4

Fuente: Elaboración propia.

En el siguiente cuadro se resume la estimación de los caudales no consuntivos para protección ambiental.

Cuadro 4.16-3 Caudales para Protección Ambiental (m³/s)

Región	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
XV	5,9	10,5	8,3	4,3	3,0	3,3	3,4	3,2	2,8	2,6	2,5	2,9	4,1
I	11,2	18,3	15,5	4,6	4,2	4,2	4,2	3,3	2,8	2,7	2,5	3,7	6,3
II	2,3	2,5	2,0	1,7	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,7	1,7	1,9	1,8
III	27,0	24,3	20,1	18,9	17,6	17,0	17,6	16,5	15,6	18,0	20,9	25,7	20,6
IV	21,0	11,6	9,8	13,5	19,7	37,0	42,9	37,2	31,9	39,5	63,7	48,7	38,5
V	31,4	19,0	11,5	5,7	6,8	14,0	20,3	23,7	22,4	28,1	32,7	38,0	23,9
XIII	700,1	476,0	316,6	236,9	273,7	386,8	399,0	383,3	360,4	339,5	530,5	764,7	394,9
VI	124,8	72,0	39,2	31,0	46,0	77,3	89,0	73,0	67,2	81,2	118,5	151,7	73,9
VII	85,3	49,7	35,0	43,5	131,8	216,5	187,4	170,9	149,3	137,0	149,0	147,6	112,8
VIII	400,7	304,8	311,2	303,5	422,4	947,5	1292,0	1073,8	1086,5	1009,3	1080,6	827,8	644,3
IX	23,7	14,0	12,0	28,9	101,2	207,5	216,9	160,1	126,7	97,6	73,4	50,4	79,8
XIV	118,7	65,5	48,2	98,1	318,4	654,7	693,3	555,7	388,7	335,3	295,8	239,9	281,1
X	1675,2	1208,7	1159,2	1650,1	1990,3	2495,3	2440,0	2220,8	1773,9	1985,5	2102,2	2063,0	1651,6
XI	1060,8	1045,0	1052,5	979,1	939,5	880,7	793,4	697,5	628,1	701,2	793,2	915,1	818,9
XIII	1163,4	1218,5	1051,0	700,4	462,7	301,8	263,7	256,8	262,4	357,9	560,7	883,7	556,3
TOTAL	5451,5	4540,6	4092,0	4120,1	4739,2	6245,3	6465,0	5677,6	4920,3	5137,1	5827,8	6164,9	4708,8

Fuente: Elaboración propia.

De los valores incluidos en el cuadro anterior, se puede señalar que los caudales para protección ambiental más altos se producen en la XI Región, y los más bajos en la I Región. Lo señalado significa que los sitios de protección ambiental (Snaspe, Ramsar, etc.) se localizan en ríos de abundante caudal (extremo Sur del país).

Sobre la demanda hídrica futura para protección ambiental, cabe señalar que no está planificado la declaración de Sitios Prioritarios de Conservación para la Biodiversidad en el corto o mediano plazo. Respecto a nuevas o futuras creaciones de áreas protegidas, el subcomité técnico de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (Ministerio del Medio Ambiente, Ministerio de Bienes Nacionales y Corporación Nacional Forestal), acordó un portafolio de optimización del SNASPE, en Enero del 2017, que constituye una planificación de trabajo técnico hasta el año 2019. Está previsto, por ese mismo subcomité, una planificación más minuciosa y a largo plazo, a realizarse a fines de este año (2017) e inicios del próximo, que resultará en un Mapa Nacional de referencia de vacíos de representatividad para ecosistemas terrestres y costeros – marinos. Por lo anterior, en este estudio no se han podido calcular los caudales futuros correspondientes.

4.17 RESUMEN NACIONAL DE LAS DEMANDAS ACTUALES

A continuación, se muestra el resumen de la Demanda Nacional Actual por región y por uso.

Cuadro 4.17-1 Resumen de Demanda Actual por Región y por Uso

Región	Nombre	DEMANDA CONSUNTIVA 2015 (Mm3/año)							
		APU	APR	AGR	PEC	MIN	IND	ELE*	TOTAL
XV	Arica y Parinacota	12.926	604	73.010	330	571	195	0	87.635
I	Tarapacá	21.698	337	17.087	106	51.534	4.387	0	95.149
II	Antofagasta	38.705	481	46.230	102	151.072	29.563	0	266.153
III	Atacama	17.005	689	140.215	239	39.950	15	0	198.114
IV	Coquimbo	39.496	6.214	462.090	1.470	41.967	4.742	0	555.979
V	Valparaíso	102.003	10.766	672.337	3.378	47.571	16.554	221.370	1.073.979
XIII	Metropolitana	659.893	11.570	1.269.824	18.226	23.442	38.468	37.166	2.058.589
VI	O'Higgins	43.074	28.524	1.723.417	17.479	70.721	12.276	66	1.895.558
VII	Maule	41.848	17.389	2.822.598	4.342	1	33.304	7.709	2.927.192
VIII	Biobío	100.744	12.189	475.978	2.117	31	350.470	194.400	1.135.928
IX	Araucanía	38.322	6.742	172.483	6.195	0	25.822	27.910	277.474
XIV	Los Ríos	16.118	7.316	5.457	7.201	0	75.491	2.640	114.223
X	Los Lagos	31.235	7.349	2.613	9.457	0	137.943	0	188.597
XI	Aysén	5.388	1.332	734	1.337	2.846	1.018	0	12.656
XII	Magallanes y Antártica	10.756	184	2.096	3.157	591	603	4.120	21.506
TOTAL NACIONAL		1.179.209	111.684	7.886.169	75.136	430.296	730.853	495.382	10.908.731

Fuente: Elaboración propia.

(*) Corresponde a Demanda año 2016

Cuadro 4.17-2 Resumen de Demanda Actual por Región y por Uso (Continuación)

Región	Nombre	DEMANDA NO CONSUNTIVA 2015 (Mm3/año)			DEMANDA EVAPOTRANSPIRATIVA 2015 (Mm3/año)			
		ACU	ELE*	TOTAL	AGR (S)	FOR (P)	FOR (NP)	TOTAL
XV	Arica y Parinacota	0	16.170	16.170	953.583	37	155.874	1.109.494
I	Tarapacá	0	39.210	39.210	3.010.893	967	108.432	3.120.292
II	Antofagasta	0	5.397	5.397	4.879.423	1.347	372.537	5.253.307
III	Atacama	0	89.266	89.266	1.475.180	1.066	18.377	1.494.622
IV	Coquimbo	154	189.100	189.254	25.783.317	29.543	343.960	26.156.819
V	Valparaíso	189	1.473.620	1.473.809	2.391.439	216.288	1.234.678	3.842.405
XIII	Metropolitana	65.183	5.603.549	5.668.732	1.766.563	93.598	463.098	2.323.259
VI	O'Higgins	53	9.195.100	9.195.153	3.194.485	808.710	1.355.813	5.359.008
VII	Maule	389.865	18.959.984	19.349.849	7.895.969	4.387.938	2.169.888	14.453.795
VIII	Biobío	5.110.805	21.389.400	26.500.204	4.449.759	11.981.592	5.545.127	21.976.479
IX	Araucanía	33.172.215	1.452.633	34.624.848	6.310.715	6.468.147	6.484.530	19.263.391
XIV	Los Ríos	17.562.074	5.354.550	22.916.624	2.817.629	2.728.687	9.505.204	15.051.520
X	Los Lagos	29.762.343	1.833.760	31.596.103	3.991.134	1.013.204	23.477.681	28.482.019
XI	Aysén	2.192.689	145.787	2.338.476	3.901.948	351.464	23.289.656	27.543.068
XII	Magallanes y Antártica	759.968	0	759.968	15.612.469	82	23.244.661	38.857.212
TOTAL NACIONAL		89.015.537	65.747.526	154.763.063	88.434.504	28.082.668	97.769.515	214.286.688

Fuente: Elaboración propia.

(*) Corresponde a Demanda año 2016

(S) Corresponde a Demanda de Secano año 2015

(NP) Corresponde a Demanda No Productiva año 2015

(P) Corresponde a Demanda Productiva año 2015

4.18 RESUMEN NACIONAL DE LAS DEMANDAS FUTURAS 2030 Y 2040

A continuación, se muestra el resumen de la Demanda Nacional Futura 2030 y 2040 por región y por uso.

Cuadro 4.18-1 Resumen de Demanda Futura 2030 y 2040 por Región y por Uso

Región	DEMANDA CONSUNTIVA FUTURA (Mm3/año)															
	APU		APR		AGR		PEC		MIN		IND		ELE		TOTAL	
	2030	2040	2030	2040	2030	2040	2030	2040	2030	2040	2030	2040	2030	2040	2030	2040
XV	27.049	35.772	683	694	68.087	63.067	479	555	719	849	255	290	0	0	97.272	101.226
I	29.249	34.387	534	552	17.472	16.933	150	182	48.043	49.368	6.973	8.683	0	0	102.421	110.103
II	44.480	49.085	569	577	42.315	42.395	146	177	99.566	75.990	48.836	59.700	0	0	235.912	227.924
III	18.388	19.465	779	812	189.213	210.312	474	568	48.629	33.543	26	33	0	0	257.508	264.733
IV	47.667	52.123	7.230	7.505	720.118	790.984	2.664	3.198	46.021	40.900	6.629	8.034	0	0	830.328	902.744
V	112.158	117.727	12.207	12.495	736.452	779.568	5.320	6.521	48.169	42.604	19302	20911	169.880	174.115	1.103.489	1.153.939
XIII	772.105	841.915	14.255	15.360	1.216.806	1.253.000	31.696	39.240	26.152	25.649	75.894	99.170	24.895	24.966	2.161.802	2.299.300
VI	47.473	49.418	34.574	36.153	1.838.778	1.954.694	30.105	37.507	75.154	73.960	16.597	18.985	76	80	2.042.757	2.170.798
VII	43.741	46.223	19.914	20.905	2.503.605	2.437.756	4.495	4.609	0	0	50.660	62.628	9.069	8.974	2.631.484	2.581.096
VIII	108.604	112.385	15.812	16.203	432.803	416.301	2.152	1.836	34	32	423.289	544.534	172.530	183.951	1.155.224	1.275.241
IX	41.032	43.437	8.337	8.582	167.521	171.064	6.732	6.135	0	0	47.107	60.444	25.387	19.215	296.116	308.878
XIV	17.273	17.835	16.501	16.974	7.028	8.171	11.871	12.606	0	0	146.189	196.059	2.456	2.358	201.318	254.004
X	34.369	35.977	8.940	9.262	3.173	3.719	17.740	18.121	0	0	186.168	211.415	0	0	250.389	278.494
XI	5.947	6.454	1.389	1.391	488	482	2.482	2.514	971	1.654	1.611	2.010	0	0	12.888	14.505
XII	11.272	11.578	334	312	2.648	2.987	4.254	4.231	643	1.041	788	908	4.964	4.591	24.904	25.648
TOTAL	1.360.806	1.473.779	142.059	147.776	7.946.505	8.151.433	120.761	138.000	394.100	345.590	1.030.325	1.293.804	409.256	418.250	11.403.812	11.968.632

Fuente: Elaboración Propia.

Cuadro 4.18-2 Resumen de Demanda Futura 2030 y 2040 por Región y por Uso (Continuación)

Región	DEMANDA NO CONSUNTIVA FUTURA (Mm3/año)						DEMANDA EVAPOTRANSPIRATIVA FUTURA (Mm3/año)							
	ACU		ELE		TOTAL		SECANO		FOR (P)		FOR (NP)		TOTAL	
	2030	2040	2030	2040	2030	2040	2030	2040	2030	2040	2030	2040	2030	2040
XV	0	0	18.518	14.951	18.518	14.951	793.988	656.071	43	48	155.897	155.899	949.929	812.018
I	4.240	5.063	33.499	32.026	37.739	37.089	3.204.009	3.206.686	968	969	108.432	108.432	3.313.410	3.316.087
II	0	0	8.353	8.790	8.353	8.790	5.282.348	5.281.119	1.374	1.376	372.550	372.551	5.656.272	5.655.045
III	0	0	198.717	198.717	198.717	198.717	1.439.161	1.425.431	1.140	1.144	18.371	18.373	1.458.672	1.444.948
IV	556	211	214.735	229.268	215.290	229.479	25.666.796	25.166.147	34.288	36.654	339.922	339.965	26.041.006	25.542.766
V	853	248	1.166.331	878.372	1.167.184	878.620	1.995.507	2.056.135	225.433	231.639	1.226.185	1.226.226	3.447.126	3.514.000
XIII	4.908.972	1.165.658	5.487.195	4.780.766	10.396.166	5.946.423	1.647.144	1.708.810	103.210	108.008	459.109	460.108	2.209.463	2.276.925
VI	6	2	8.158.524	8.280.484	8.158.530	8.280.486	2.971.641	2.899.717	923.966	1.111.055	1.276.031	1.275.961	5.171.637	5.286.733
VII	3.090.439	869.194	11.464.061	6.972.880	14.554.500	7.842.074	8.194.768	8.326.177	4.673.593	4.489.755	2.090.464	2.486.977	14.958.825	15.302.910
VIII	4.060.730	1.144.837	39.215.317	39.592.590	43.276.046	40.737.428	4.099.545	3.956.278	12.264.590	12.675.364	5.480.044	5.449.901	21.844.179	22.081.543
IX	24.956.169	6.969.446	1.352.134	1.339.998	26.308.303	8.309.444	6.183.248	6.057.093	6.536.371	6.667.595	6.480.569	6.468.150	19.200.189	19.192.838
XIV	15.946.380	4.549.375	8.298.976	8.876.417	24.245.356	13.425.792	2.562.477	2.464.736	2.846.535	2.931.660	9.499.435	9.495.089	14.908.447	14.891.485
X	28.519.225	8.065.092	2.351.256	1.915.030	30.870.481	9.980.123	3.845.313	3.819.426	1.093.247	1.150.092	23.475.049	23.473.294	28.413.609	28.442.812
XI	1.753.138	408.433	211.277	92.206	1.964.415	500.639	4.162.388	4.255.046	360.963	367.771	23.289.656	23.289.656	27.813.007	27.912.473
XII	375.423	117.707	0	0	375.423	117.707	17.358.297	17.553.385	95	105	23.244.691	23.244.711	40.603.083	40.798.200
TOTAL	83.616.129	23.295.265	78.178.893	73.212.496	161.795.022	96.507.761	89.406.631	88.832.258	29.065.815	29.773.233	97.516.407	97.865.293	215.988.853	216.470.784

Fuente: Elaboración Propia.

CAPÍTULO 5 CALIDAD DE AGUAS

5.1 CALIDAD DE AGUAS

Como parte del presente estudio, se realizó un análisis y caracterización de la calidad de las aguas continentales a nivel de cuenca, según la información analizada y seleccionada como apta para tal efecto.

De esa forma, se caracterizaron tanto las aguas superficiales como las subterráneas en base a una serie de parámetros definidos para el estudio, los que correspondieron a Cationes (Calcio, Magnesio, Sodio y Potasio), Aniones (Carbonato, Bicarbonato, Cloruro, Sulfato y Nitrato), Metales (Arsénico, Plomo, Cobre, Molibdeno, Cromo, Mercurio y Zinc), y parámetros físico-químicos (pH, Conductividad Eléctrica y Sólidos Disueltos Totales). Los resultados de los análisis fueron presentados de manera gráfica en forma de diagramas de Piper, Stiff y BoxPlot. Además, se presentan comentarios de los resultados para las cuencas.

Asimismo, se efectuó un análisis de las tendencias temporales observadas por medio de gráficos temporales para el parámetro Conductividad Eléctrica, indicador general de la evolución de la calidad de un cuerpo de agua.

A continuación, se presentan algunas observaciones asociadas a las cuencas estudiadas:

- Cuenca del río San José: Esta cuenca posee escasa información de calidad, principalmente en su zona alta, la cual no puede ser caracterizada de manera adecuada e impide realizar un análisis espacial. En términos promedios, destacan valores elevados de Arsénico por sobre la norma de agua potable en el agua superficial, mientras que en las aguas subterráneas se observan valores elevados de cloruros y sulfatos.
- Cuenca de la Pampa del Tamarugal: Esta cuenca posee escasa información actual de calidad en aguas superficiales, mostrando una composición variable dependiendo de la quebrada aportante a la pampa, aunque la componente sódica es siempre relevante. En tanto, las aguas subterráneas muestran, en términos generales, una composición clorurada sódica/potásica. En cuanto a sus concentraciones, las aguas superficiales muestran altos valores en Arsénico, Cloruro, Conductividad Eléctrica y SDT, lo cual se ve también reflejado en las aguas subterráneas.
- Cuenca del río Loa: Esta cuenca destaca por poseer, en general una composición clorurada sódica/potásica tanto en aguas superficiales como subterráneas, la cual es aportada en gran medida por el río Salado. EN cuanto a las concentraciones, se observan valores que superan la

norma en Arsénico, Cloruro, CE y SDT, destacando el hecho de que los valores van aumentando hacia aguas abajo en el caso de las aguas superficiales.

- Cuenca del río Copiapó: Tanto las aguas superficiales como las subterráneas de la cuenca muestran una composición sulfatada cálcica, la cual varía sólo en la zona baja, donde se observa un aumento de la componente clorurada y la sódica. Esta cuenca muestra una gran interacción superficial-subterránea. En cuanto a las concentraciones, se observa que éstas son más elevadas en el río Jorquera que en los ríos Pulido y Manflas. Además, se observa un aumento de concentraciones en la zona baja de la cuenca, lo cual también se observa en las aguas subterráneas.
- Cuenca del río Elqui: Se aprecia que la composición predominante en las aguas superficiales de la Cuenca del Elqui corresponde a la del tipo sulfatada cálcica, principalmente influenciada por la afluencia del río Turbio. En cuanto a las aguas subterráneas, sólo existe información en la parte baja, la cual no muestra una composición hidroquímica única. En cuanto a los valores de los diferentes parámetros, se observa una influencia negativa a través del río Turbio, la que es diluida hacia aguas abajo, mientras que las aguas subterráneas presentan una buena calidad en términos generales.
- Cuencas de los ríos Ligua y Petorca: Ambas cuencas presentan una composición hidroquímica uniforme, correspondiente a bicarbonatada cálcica. En tanto, las aguas subterráneas presentan sólo información en la parte alta del río Ligua, mostrando la misma composición de las aguas superficiales. En cuanto a la calidad de sus aguas, ambas cuencas muestran los diferentes parámetros en norma, a excepción del Molibdeno.
- Cuenca del río Maipo: La cuenca del río Maipo posee una composición en sus aguas que, en términos generales, se mantiene en toda la cuenca y en todos los cauces en que tiene influencia. De este modo, las aguas del río Maipo y la zona baja del Mapocho poseen aguas sulfatadas cálcicas con una importante componente clorurada. En cuanto a las aguas subterráneas, su composición es más variada espacialmente. En cuanto a la calidad de las aguas, se observan valores altos de Arsénico y Cobre asociados al río San Francisco y estero Yerba Loca, los que se diluyen hacia aguas abajo. Además, se observa la influencia del río Maipo en la cuenca baja del río Mapocho, debido al aporte a través del Canal San Carlos.
- Cuenca del río Rapel: La composición predominante corresponde a la sulfatada cálcica, con la aparición de la componente bicarbonatada en algunos cauces afluentes del sector medio de la cuenca. En cuanto a las aguas subterráneas, se aprecia que las composiciones hidroquímicas de las aguas subterráneas son concordantes con las composiciones que muestran las aguas superficiales dentro del mismo sector. En cuanto a la calidad de sus aguas, los límites de las normas son excedidos en Cobre y Sulfato en la cuenca de Cachapoal Alto, mientras que el Molibdeno posee valores elevado en toda la cuenca tanto en aguas subterráneas como superficiales.

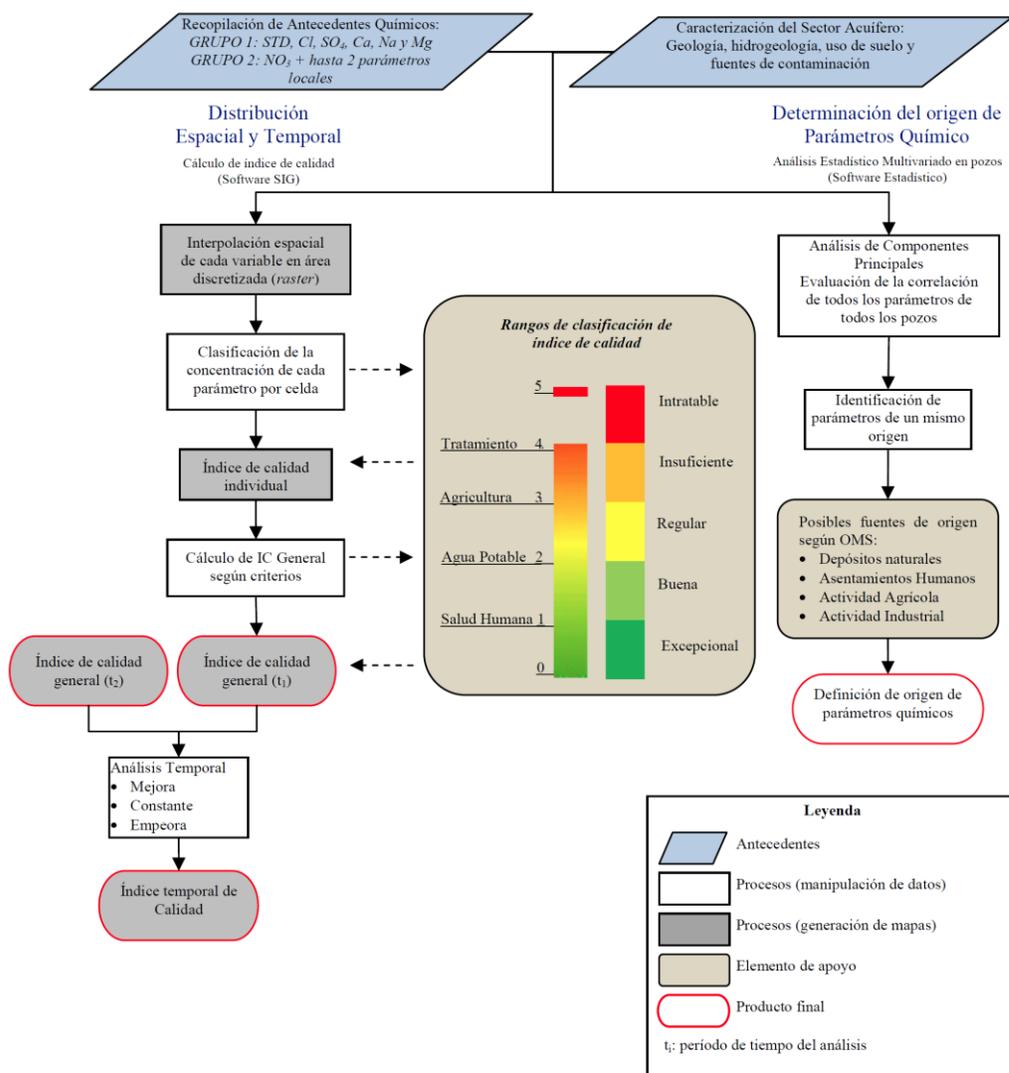
- Cuenca del río Maule: la cuenca del río Maule posee en términos generales una composición de sus aguas bicarbonatada cálcica, tanto superficial como subterránea, con la única excepción del río Purapel. En cuanto a la calidad de sus aguas, éstas poseen valores relativamente bajos en todos sus parámetros, a excepción del Molibdeno y el Mercurio.
- Cuenca del río Itata: Mientras en la parte alta de la cuenca predominan las aguas bicarbonatadas cálcicas, en la zona media se aprecian componentes sódicas y magnésicas, además de la cálcica. En la zona baja, las aguas se aprecian de composición bicarbonatada cálcica, aun cuando las componentes sódicas y magnésicas muestran un peso relativo importante. En cuanto a las aguas subterráneas, sólo se dispone de información en la subcuenca Ñuble Bajo, cuya composición es bicarbonatada cálcica. En cuanto a la calidad de sus aguas, éstas poseen valores relativamente bajos en todos sus parámetros, a excepción del Molibdeno y el Mercurio.
- Cuenca del río Imperial: Los resultados muestran una composición bicarbonatada cálcica y sódica/potásica para las aguas superficiales. Además, se observa que las cargas de los diferentes componentes son bajas a lo largo de toda la cuenca. En cuanto a las aguas subterráneas, no se posee información en ningún punto. La calidad de las aguas superficiales de la cuenca del río Imperial se observa en norma en toda su extensión y en la mayor parte de los elementos analizados, con excepción del Molibdeno y el Mercurio. Es importante destacar que la mayor parte de los elementos se encuentran varias veces por debajo de los límites de la norma más restrictiva.
- Cuenca del río Bueno en Región de Los Ríos: En términos generales de cuenca, se aprecia que la composición hidroquímica de las aguas superficiales corresponde al tipo bicarbonatado cálcico, con componente sódica importante observada tanto en la parte alta como media de la cuenca. La calidad de las aguas superficiales y subterráneas se observa en norma en toda su extensión y en la mayor parte de los elementos analizados, con excepción del Molibdeno y el Mercurio.
- Cuenca del río Bueno en Región de Los Lagos: En este caso, la composición de las aguas resulta ser similar a la observada en el sector de la cuenca ubicado en la región de Los Ríos. La calidad de las aguas superficiales y subterráneas se observa en norma en toda su extensión y en la mayor parte de los elementos analizados, con excepción del Molibdeno y el Mercurio.
- Cuenca del río Aysén: La cuenca del río Aysén posee una composición de sus aguas bicarbonatada cálcica, la que está presente en todas las estaciones analizadas. Otro punto destacable corresponde a la baja carga de cada uno de los componentes analizados, lo que también es común a lo largo de toda la cuenca. En cuanto a la calidad de las aguas, se observa en norma en toda su extensión y en la mayor parte de los elementos analizados, con excepción del Molibdeno y el Mercurio. En relación a las aguas subterráneas, no se dispone de registros de calidad dentro de la cuenca.
- Cuencas costeras entre Seno Andrew y río Holleberg e islas al oriente: Los análisis muestran que la composición hidroquímica principal de las aguas superficiales en su parte alta, media y baja,

corresponde al tipo bicarbonatado cálcico, composición que se observa en la totalidad de las estaciones analizadas. En cuanto a la calidad de las aguas, se observa en norma en toda su extensión y en la mayor parte de los elementos analizados, con excepción del Molibdeno y el Mercurio. En relación a las aguas subterráneas, no se dispone de registros de calidad dentro de la cuenca.

5.2 INDICE DE CALIDAD DE ACUIFEROS

Se incluyó como parte del estudio, el cálculo del Índice de Calidad de acuíferos (IC), para algunas cuencas del país que fueron seleccionadas en función de la información disponible necesaria para poder efectuar su cálculo, y, que no se hubieran estudiado antes. La metodología para estimar el IC, se indica en forma sintetizada en el esquema de la Figura 5.2-1.

Figura 5.2-1 Esquema General y Diagrama de Flujo de la Metodología para IC



Fuente: DGA-GEOH (2009).

Las cuencas seleccionadas corresponden a Pampa del Tamarugal, Río Copiapó y Río Imperial y los principales resultados son los siguientes:

- Pampa del Tamarugal: Se observan sólo zonas con IC Regular, Insuficiente e Intratable. Este resultado responde principalmente a lo obtenido para los SDT y Cl en la parte centro y sur del área de análisis donde poseen IC Insuficiente y en la zona nor-poniente donde se alcanza un IC Intratable. En la parte nor-oriental, cercana a la quebrada de Aroma, la calidad mejora alcanzando un IC Regular, asociada a la influencia de los niveles de As y Fe. En particular, se aprecia que probablemente la calidad química real en esa zona debiese ser mejor que la indicada según la metodología, ya que los demás parámetros poseen IC Buenos o Excepcionales en esa parte de la cuenca. En definitiva, la calidad química de gran parte de la zona Norte del acuífero de la Pampa del Tamarugal, en base a la metodología utilizada, posee una calidad deficiente para consumo humano, restringiendo su uso para otros fines.
- Río Copiapó: Se observa que los sectores 4, 5 y 6 alcanzan calidad Insuficiente, asociada a la influencia del IC individual de SO₄. Al ser un parámetro prioritario asociado a relaves mineros, los resultados indican que existiría a la fecha de los muestreos (periodo 2008 – 2010) una afectación por parte de estos desechos a la calidad del recurso en esa zona, restringiéndolo al uso en agricultura. Por otro lado, en los sectores 2 y 3 la calidad oscila de Regular a Bueno, lo que permitiría su uso para consumo. En la parte alta del acuífero (sector 1), la calidad se categoriza como Buena, debido a que las fuentes del recurso hídrico no se ven afectadas por ningún tipo de acción antrópica y están sujetas a las propiedades geológicas de la zona.
- Río Imperial: Se observa que la calidad química del agua subterránea de la cuenca del río Imperial posee una calidad Buena a Excepcional, lo que permitiría su uso para potabilización y consumo directo, ya que no posee concentraciones dañinas para la salud de ninguno de los parámetros contemplados en el análisis. En particular, las condiciones geográficas y el clima de la cuenca, bastante lluvioso, permiten una renovación continua del recurso hídrico y de esa forma se mantiene la calidad del agua en esta zona. Notar finalmente que las zonas de calidad Buena, se ven restringidas principalmente por la concentración de Plomo, parámetro local escogido, por lo que posiblemente la calidad en algunos de esos sectores pudiese ser incluso aún mejor.

CAPÍTULO 6 PRESIONES AMBIENTALES

6.1 INTRODUCCIÓN

El presente estudio contempla el levantamiento de las presiones ambientales actuales sobre el recurso hídrico. Estas corresponden a las actividades o factores que generan un cambio en la condición natural del recurso (MMA, 2011). Se considera el levantamiento a partir de información existente de las presiones directa en disponibilidad, e indirectas como son calidad de las aguas, alteraciones morfológicas y pasivos ambientales.

6.2 PRESIONES SOBRE LA DISPONIBILIDAD DEL RECURSO HÍDRICO

6.2.1 Extracción de agua analizada a partir de las demandas

El ejercicio del uso del agua es una presión en si misma a los distintos servicios ecosistémicos relacionados con el recurso hídrico, toda vez que significan una intervención del sistema hidrológico e hidrogeológico, e impacta en la disponibilidad del recurso. Considerando las demandas totales se destaca a nivel nacional que la mayor presión proviene de los requerimientos de reserva, específicamente caudales de reserva turística y ambiental, seguido de las demandas evapotranspirativas, demandas no consuntivas y, finalmente, de las demandas consuntivas. Entre las Regiones del Biobío y Magallanes se concentra la mayor demanda del recurso, siendo la Región de Los Lagos la de mayor demanda agregada. Entre las Regiones de Arica-Parinacota y de Atacama, se aprecian las menores demandas totales respecto del resto del país. Agregando todos los usos a nivel nacional, son más intensivos en demanda los sectores de generación eléctrica, acuícola, forestal (productivo y no productivo), y los requerimientos de reserva como son los caudales de reserva ambiental y de reserva para turismo.

En las demandas consuntivas, se destaca a nivel nacional la demanda agrícola por sobre los otros usos, seguido de la demanda para la producción de agua potable e industrial, y en menor magnitud por las demandas del sector eléctrico, minero, agua potable rural y pecuario. Las Regiones Metropolitana, O'Higgins y Maule concentran la mayor demanda; mientras que las Regiones de Aysén y Magallanes-Antártica las de menor demanda consuntiva.

6.2.2 Impactos del cambio climático

El impacto del cambio climático (CC) aumenta la presión sobre los recursos hídricos, toda vez que incide en la disponibilidad de agua futura, aumentando la presión entre distintos usos. En el marco del presente trabajo, se revisan estudios locales que abarcan principalmente cuencas de cabecera que van desde la Región de Coquimbo hasta la Región de Los Lagos, que a pesar de las diferencias metodológicas, permiten tener una referencia del impacto del CC en el recurso.

Todas las cuencas estudiadas proyectan una disminución del caudal medio anual aproximadamente entre un 2 y un 8% en las ventanas de tiempo cercanas (2010-2040/60) y entre un 15% y 30% en el largo plazo (2041-2070/2100). Los estudios son consistentes en reiterar que las cuencas de régimen mixto de caudales en el largo plazo estarán sujetas a un cambio en el régimen debido a una menor acumulación de nieve, junto con una disminución del área cubierta por nieve. Se puede inferir que el CC influirá directamente en la disponibilidad de agua, aumentando las presiones ambientales sobre el recurso. En efecto, se verá afectado el rendimiento de los derechos de aprovechamiento, el cumplimiento de los caudales ambientales, la capacidad de dilución de los cuerpos receptores de Riles, entre otros.

6.3 PRESIONES SOBRE CALIDAD DE AGUAS

6.3.1 Condiciones de los cuerpos receptores de contaminantes

Para describir las condiciones de los cuerpos receptores de contaminantes, se considera el *caudal de dilución* que apunta a caracterizar la disponibilidad del recurso para dilución en un punto de descarga. Este caudal es determinado en Resolución DGA, previa solicitud de la fuente emisora (DS N° 90/2000), y bajo la metodología de cálculo actualizada en minuta DCPRH N°29/2013. Para efectos del presente estudio, no se logra acceder a información sistematizada respecto del número de resoluciones, puntos de descarga, ni caudales aprobados.

Para lograr caracterizar esta presión ambiental, se requiere entonces como primer paso sistematizar las resoluciones con la estimación de caudales de dilución; y, en un segundo paso, se debe actualizar la estimación de dichos caudales con las nuevas condiciones hidrológicas de cada sistema bajo la nueva metodología indicada en la minuta DCPRH N°29/2013. Este esfuerzo ya fue aplicado al caso de las descargas de las Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas, teniendo como resultado que 8 de 22 casos cumplen con caudal de dilución original, en el resto de las plantas existe por lo menos un mes en que el caudal actualizado es menor al otorgado (DGA, 2015).

6.3.2 Descarga de Efluentes

Para efectos del estudio, se levanta información respecto a descargas puntuales y difusas. En cuanto a descargas puntuales, la base del RETC al 2015 indica un total nacional de 890 descargas

puntuales, siendo 508 en cuerpos de aguas fluviales sin capacidad de dilución, 115 en cuerpos de aguas fluviales considerando la capacidad de dilución del cuerpo receptor, 39 en cuerpos lacustres, 89 a cuerpos de aguas marinos, y 139 descargas en zonas de protección litoral.

Respecto de las descargas difusas del sector agrícola, según el VII Censo del 2007, existe un total nacional de 906.223,74 hectáreas de riego y 14.367.047,04 de secano, con una alta concentración de áreas de riego entre las regiones Metropolitana, O'Higgins, Maule y Biobío, seguidas por las regiones de Coquimbo y Atacama. Se destaca que en todas las regiones del país existe actividad asociada al sector agrícola.

En el mismo Censo del 2007, se identifican las descargas difusas del sector pecuario. Las principales zonas de producción están entre las regiones Metropolitana, Valparaíso y O'Higgins, seguidas de las regiones desde Maule hacia el sur y la región de Arica-Parinacota. A nivel nacional, la mayor producción es avícola, seguida de la producción bovina y porcina. Para el sector pecuario también se destaca que existe producción pecuaria a lo largo de todo el país, con menor presencia en las regiones de Tarapacá, Antofagasta y Atacama.

Finalmente, en cuanto a las descargas difusas por disposición final de residuos sólidos domiciliarios, no existe un catastro exhaustivo de estas instalaciones. La información más actualizada corresponde al Segundo catastro realizado por la Revista Ecoamérica, donde se identifica un total de 302 rellenos sanitarios e industriales al 2012, que se concentran principalmente en la zona sur y centro del país. No se dispone de su disposición geográfica.

6.4 PRESIONES POR ALTERACIONES MORFOLÓGICAS

Las alteraciones morfológicas corresponden a presiones que afectan la calidad y cantidad del cuerpo de agua, situación en la que el río o curso de agua se ve obligado a cambiar su estado de equilibrio (Castro, 2016). En el marco del estudio se considera el levantamiento de infraestructura de acumulación de agua para distintos usos y de generación hidroeléctrica. La infraestructura asociada a embalses se obtiene del IDE del Gobierno (actualizada a diciembre de 2016). El registro permite identificar 1.270 embalses a lo largo de Chile, no obstante 809 de estos no identifican el uso o destino de los recursos embalsados. La mayoría de los embalses con información, están destinados a riego, seguidos en menor medida de "otros usos" y agua potable. La infraestructura relacionada a generación hidroeléctrica se obtiene del IDE Energía (actualizada a diciembre de 2016). Al norte del país en las regiones conectadas al SING existen 5 plantas hidráulicas de pasada. En la zona centro-sur, las regiones conectadas al SIC, cuentan con una alta presencia de plantas de generación hidroeléctrica, con 10 embalses, 100 plantas de pasada y 14 mini hidráulicas de pasada. Los principales polos de generación hidroeléctrica determinados por su potencia

instalada, están en las Regiones del Maule y Biobío. Finalmente, en la zona sur-austral, región de Aysén hay presencia de 4 grandes centrales de pasada.

6.5 PRESIONES POR PASIVOS AMBIENTALES

Los Pasivos Ambientales Mineros más relevantes son los depósitos de relaves. La presión que esta infraestructura ejerce sobre el recurso hídrico se refiere al potencial de contaminación de las aguas superficiales y subterráneas. El SERNAGEOMIN, actualiza el Catastro de Depósito de Relaves del país. A diciembre de 2016, hay un total de 696 depósitos de relave registrados, con 112 activos, 436 no activos y 148 abandonados. Estos están distribuidos entre las regiones Arica-Parinacota a Maule, además de la Región de Aysén. Un 52% se concentra en la Región de Coquimbo, seguido de un 22% en la Región de Atacama.

CAPÍTULO 7 ANÁLISIS DE RESULTADOS CON ESTUDIOS ANTERIORES

En el presente capítulo se presenta una comparación entre los resultados de las demandas por uso y por región para el presente estudio y los estimados en dos estudios previos. En particular, se compara con los resultados proyectados por el estudio DGA – AC (2007) y con el Atlas del Agua, Chile 2016, realizado por la DGA.

7.1 ANÁLISIS Y COMPARACIÓN CON ESTUDIO DGA-AC (2007)

De acuerdo a la información recopilada del estudio DGA – AC (2007), la estimación de demandas proyectada hacia el año 2015, se realizó en términos de m³/s. En la siguiente Figura se muestra el ejemplo de una región en particular (IV Región).

Figura 7.1-1 Estimación de Demandas DGA – AC (2007). Región de Ejemplo

TABLA 5.1-9
DEMANDAS POR USO – IV REGIÓN – SITUACIÓN FUTURA A 10 AÑOS

Región	Código Cuenca	Nombre Cuenca	Código Subcuenca	Nombre Subcuenca	Caudal por Uso [m ³ /s]										
					Agrop.	Agua Potable	Indust.	Minero	Energía	Forestal	Acuícola	Turismo	Receptor Contam.	Caudal Ecológ.	
IV	040	Costera - límite regional - Los Choros			0,002	0,003					0,000		0,000	0,000	
	041	Río Los Choros			0,038	0,005		0,156			0,000		0,000	0,000	
	042	Costera - Loa Choros - Elqui			0,003	0,004					0,000		0,000	0,000	
	043	Río Elqui	0430, 0431	Elqui Alto	4,135	0,014		0,030			0,011		0,000	0,300	0,960
			0432, 0433	Elqui Bajo	6,466	0,095	0,257	1,206			0,000		0,002	0,024	
	044	Costera - Elqui - Limarí			4,074	1,104	0,022				0,001		0,003	0,000	
	045	Río Limarí	0450	Río Hurtado	1,041	0,019		0,131			0,002		0,000	0,000	0,250
			0451, 0452, 0454	Río Grande	3,343	0,027	0,072	0,002	1,250		0,004		0,000	0,017	0,890
			0453	Río Guatulame	1,222	0,102		0,324			0,003		0,000	0,022	
			0455	Río Limarí	5,274	0,225		0,430			0,001		0,001	0,164	
	046	Costera - Limarí - Choapa			1,957	0,004		0,003			0,001		0,000	0,000	
	047	Río Choapa	0470, 0471	Choapa Alto y Medio	3,826	0,070		0,322			0,004		0,000	0,025	1,030
			0472	Illapel	1,719	0,053	0,036	0,659			0,003		0,000	0,047	0,310
			0473	Choapa Bajo	0,234	0,007		0,246			0,000		0,000	0,003	
	048	Costera - Choapa - Quilimarí			0,063	0,006		0,120			0,000		0,000	0,000	
	049	Costera - Quilimarí			0,101	0,012		0,025			0,000		0,000	0,000	
		TOTAL			33,496	1,749	0,387	3,654	1,250	0,031	0,000	0,006	0,602	3,440	

Como se puede apreciar, la identificación de usos se refiere a los consumos consuntivos y no consuntivos de agua. Para poder realizar una comparación efectiva y coherente, los usos evaluados en el presente estudio se agruparon de la siguiente forma:

- Uso Agropecuario según DGA-AC = Uso Agrícola + Uso Pecuario
- Uso Agua Potable según DGA-AC = Uso Agua Potable Urbana + Uso Agua Potable Rural
- Uso Industrial según DGA-AC = Uso Industrial
- Uso Minero según DGA-AC = Uso Minero

- Uso Eléctrico según DGA-AC considera demanda integrada consuntiva y no consuntiva, por lo tanto, no se compara en esta oportunidad, porque la valorización total de las demandas en el presente estudio está diferenciada entre consuntiva y no consuntiva.
- Uso Forestal según DGA-AC no se compara en esta oportunidad, debido a mecanismos diferentes en el cálculo. En el presente estudio se considera la demanda evapotranspirativa de bosques nativos y plantaciones forestales, y en el caso de DGA-AC solo se contempla demandas de viveros forestales.

En el siguiente Cuadro se muestra los valores de demandas expresados en m³/s para el actual estudio y el Estudio DGA-AC (2007). Se hace mención que en el estudio DGA-AC no estaban definidas las regiones XIV (Región de Los Ríos) y XV (Región de Arica y Parinacota), las cuales se incluyen en la X y I Región respectivamente.

Cuadro 7.1-1 Comparación de Demandas Presente Estudio y DGA – AC (2007) (m3/s)

Región	DGA-AC – Agro pecuario	Actual - AGR+PEC	Dif.	DGA-AC - Agua Potable	Actual - APU+APR	Dif.	DGA-AC - Industrial	Actual - IND	Dif.	DGA-AC - Minero	Actual - MIN	Dif.	DGA-AC - Total [m3/s]	Actual - Total [m3/s]	Dif.
XV	8,93	2,87	6,06	2,11	1,13	0,98	3,24	0,15	3,09	4,16	1,65	2,51	18,44	5,8	12,64
I															
II	3,31	1,47	1,84	1,1	1,24	-0,14	1,91	0,94	0,97	18,77	4,79	13,98	25,08	8,44	16,64
III	12,69	4,45	8,24	0,65	0,56	0,09	1,02	0	1,02	4,18	1,27	2,91	18,55	6,28	12,27
IV	33,5	14,7	18,8	1,75	1,45	0,3	0,39	0,15	0,24	3,65	1,33	2,32	39,29	17,63	21,66
V	42,05	21,43	20,62	4,66	3,58	1,08	6,92	0,52	6,4	3,64	1,51	2,13	57,27	34,06	23,21
RM	80,46	40,84	39,62	23,35	21,29	2,06	15,4	1,22	14,18	1,37	0,74	0,63	120,58	65,28	55,3
VI	100,87	55,2	45,67	2,18	2,27	-0,09	1,65	0,39	1,26	8,21	2,24	5,97	112,91	60,11	52,8
VII	172,1	89,64	82,46	2,51	1,88	0,63	5,16	1,06	4,1	0,01	0	0,01	179,79	92,82	86,97
VIII	84,36	15,16	69,2	4,93	3,58	1,35	77,83	11,11	66,72	0,8	0	0,8	167,92	36,02	131,9
IX	35,23	5,67	29,56	1,6	1,43	0,17	0,38	0,82	-0,44	0	0	0	37,21	8,8	28,41
XIV	3,58	0,78	2,8	1,81	1,97	-0,16	6	6,77	-0,77	1,5	0	1,5	12,89	9,6	3,29
X															
XI	0,64	0,07	0,57	0,19	0,21	-0,02	0,12	0,03	0,09	26,03	0,09	25,94	26,98	0,4	26,58
XII	1,12	0,17	0,95	0,38	0,35	0,03	8,32	0,02	8,3	0,26	0,02	0,24	10,08	0,68	9,4
TOTAL	578,84	252,45	326,39	47,23	40,93	6,3	128,31	23,18	105,13	72,6	13,64	58,96	826,97	345,91	481,06

(*) Valores expresados en m3/s

(**) Dif. se refiere a la diferencia entre Valor Atlas – Valor Presente Estudio

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar en el cuadro anterior, existe una diferencia importante entre ambos estudios de un total de 481,06 m³/s. La mayor diferencia que afecta dicho valor corresponde al uso agropecuario, en donde la diferencia alcanza los 326,39 m³/s. Para el caso del uso industrial se obtiene una diferencia de 105,13 m³/s y de 58,96 m³/s para el uso minero.

Dentro del uso agropecuario, entre las regiones IV y VIII se concentra el 93% de la diferencia de demanda agropecuaria. Para el caso industrial, las regiones con mayor diferencia entre los estudios corresponden a la RM y VIII región. Para el caso del uso minero, las mayores diferencias se aprecian en la región II y XI.

Asimismo, para el caso del uso minero resulta cuestionable que en el estudio DGA-AC la mayor demanda se verifica para la XI Región, situación que se contradice con el número de faenas mineras de la zona.

7.2 ANÁLISIS Y COMPARACION CON ATLAS DEL AGUA (2016)

De acuerdo a la información obtenida del Atlas del Agua, la estimación de demandas se realiza en términos de m³/s. En la siguiente Figura se muestra el resumen de los caudales de demanda estimados por tipo de uso y región.

Figura 7.2-1 Estimación de Demandas Atlas del Agua

Macrozona	Región	Agropecuario	Agua Potable	Industrial	Minero	Total [m ³ /s]
Norte	XV	3,71	0,96	0,25	0,00	4,92
	I	5,21	0,69	1,43	1,54	8,87
	II	3,31	1,68	1,29	6,26	12,54
	III	12,03	0,87	0,52	1,90	15,32
	IV	27,19	1,89	0,25	0,71	30,04
Centro	V	42,44	5,82	4,81	1,26	54,33
	RM	82,36	27,41	10,42	0,90	121,09
	VI	97,96	2,41	1,23	1,88	103,48
	VII	166,49	2,53	3,77	0,00	172,79
Sur	VIII	69,44	5,16	9,54	1,21	85,35
	IX	11,51	2,34	0,26	0,00	14,11
	XIV	2,21	1,02	1,63	0,00	4,86
	X	1,10	1,39	2,46	1,50	6,45
Austral	XI	0,64	0,29	0,08	2,60	3,61
	XII	1,12	0,38	5,91	0,23	7,64
		526,72	54,84	43,85	19,99	645,40

Fuente: Atlas del Agua (2016).

Como se puede apreciar, la identificación de usos se refiere a los consumos consuntivos de agua. Para poder realizar una comparación efectiva y coherente, los usos evaluados en el presente estudio se agruparon de la siguiente forma:

- Uso Agropecuario según Atlas = Uso Agrícola + Uso Pecuario
- Uso Agua Potable según Atlas = Uso Agua Potable Urbana + Uso Agua Potable Rural
- Uso Industrial según Atlas = Uso Industrial + Uso Eléctrico
- Uso Minero = Uso Minero

En el siguiente Cuadro se muestra los valores de demandas expresados en m³/s para el actual estudio y el Atlas del Agua.

Cuadro 7.2-1 Comparación de Demandas Presente Estudio y Atlas DGA (2016) (m3/s)

Región	Atlas DGA – Agro pecuario	Actual - AGR+PEC	Dif.	Atlas DGA - Agua Potable	Actual - APU+APR	Dif.	Atlas DGA - Industrial	Actual - IND+ELE	Dif.	Atlas DGA - Minero	Actual - MIN	Dif.	Atlas DGA - Total [m3/s]	Actual - Total [m3/s]	Dif.
XV	3,71	2,33	1,38	0,96	0,43	0,53	0,25	0,01	0,24	0,00	0,02	-0,02	4,92	2,78	2,14
I	5,21	0,55	4,66	0,69	0,70	-0,01	1,43	0,14	1,29	1,54	1,63	-0,09	8,87	3,02	5,85
II	3,31	1,47	1,84	1,68	1,24	0,44	1,29	0,94	0,35	6,26	4,79	1,47	12,54	8,44	4,10
III	12,03	4,45	7,58	0,87	0,56	0,31	0,52	0,00	0,52	1,90	1,27	0,63	15,32	6,28	9,04
IV	27,19	14,70	12,49	1,89	1,45	0,44	0,25	0,15	0,10	0,71	1,33	-0,62	30,04	17,63	12,41
V	42,44	21,43	21,01	5,82	3,58	2,24	4,81	7,54	-2,73	1,26	1,51	-0,25	54,33	34,06	20,27
RM	82,36	40,84	41,52	27,41	21,29	6,12	10,42	2,40	8,02	0,90	0,74	0,16	121,09	65,28	55,81
VI	97,96	55,20	42,76	2,41	2,27	0,14	1,23	0,39	0,84	1,88	2,24	-0,36	103,48	60,11	43,37
VII	166,49	89,64	76,85	2,53	1,88	0,65	3,77	1,30	2,47	0,00	0,00	0,00	172,79	92,82	79,97
VIII	69,44	15,16	54,28	5,16	3,58	1,58	9,54	17,28	-7,74	1,21	0,00	1,21	85,35	36,02	49,33
IX	11,51	5,67	5,84	2,34	1,43	0,91	0,26	1,70	-1,44	0,00	0,00	0,00	14,11	8,80	5,31
XIV	2,21	0,40	1,81	1,02	0,74	0,28	1,63	2,48	-0,85	0,00	0,00	0,00	4,86	3,62	1,24
X	1,10	0,38	0,72	1,39	1,22	0,17	2,46	4,37	-1,91	1,50	0,00	1,50	6,45	5,98	0,47
XI	0,64	0,07	0,57	0,29	0,21	0,08	0,08	0,03	0,05	2,60	0,09	2,51	3,61	0,40	3,21
XII	1,12	0,17	0,95	0,38	0,35	0,03	5,91	0,15	5,76	0,23	0,02	0,21	7,64	0,68	6,96
TOTAL	526,72	252,45	274,27	54,84	40,93	13,91	43,85	38,88	4,97	19,99	13,64	6,35	645,40	345,91	299,49

(*) Valores expresados en m3/s

(**) Dif. se refiere a la diferencia entre Valor Atlas – Valor Presente Estudio

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en el cuadro anterior, existe una diferencia entre ambos estudios de un total de 299,49 m³/s. La mayor diferencia que afecta dicho valor corresponde al uso agropecuario en donde la diferencia alcanza los 274,27 m³/s. Para el resto de los usos, la diferencia oscila entre los 5 y 14 m³/s.

Dentro del uso agropecuario, entre las regiones IV y VIII se concentra el 90% de la diferencia de demanda agropecuaria. Para el resto de los usos y regiones se aprecia una variación positiva o negativa de baja magnitud.

7.3 COMENTARIOS GENERALES

Cuando se comparan las cifras del presente estudio con los de DGA-AC y Atlas del Agua, la mayor diferencia se verifica para el uso agropecuario. En el caso del estudio DGA-AC la estimación arrojó un valor de 579 m³/s y para el caso del Atlas del Agua, este valor alcanza 527 m³/s. Ambas cifras son similares por cuanto el Atlas del Agua utilizó como información válida la del estudio DGA-AC.

En ambos estudios de comparación, la fuente de cálculo de los datos agropecuarios se basó en el Censo Agropecuario del año 1997. Por el contrario, en el actual estudio se utilizó la proyección de superficies agrícolas según el censo agropecuario del año 2007. Dicha información indica que la superficie cultivable ha disminuido desde el año 1997 a la fecha, y las eficiencias de riego han aumentado, por lo que las cifras que arrojó este estudio, lo que explica la reducción de la demanda estimada.

Por otro lado, el actual estudio utilizó información actualizada al año 2014 y 2016 del censo frutícola que realiza ODEPA. Además, se contó con información georeferenciada del año 2015 de la evaporación potencial disponible de CNR Agrimed.

Finalmente, el cálculo de demandas agrícolas del presente estudio utilizó información en formato SIG para el cálculo más preciso de todas las variables.

De acuerdo con lo señalado, las demandas agrícolas, que en definitiva son las de mayor monto de entre todas las demandas de uso consuntivo en las mayorías de las regiones del país, reflejan de mejor forma la situación actual y futura de dicha demanda a nivel de predio agrícola.

CAPÍTULO 8 RESULTADOS ESPERADOS DEL PRESENTE ESTUDIO

A continuación, se detallan los resultados esperados que forman parte de las Bases de Licitación del presente estudio:

1. Información base sistematizada y depurada, que haya sido recopilada durante la ejecución del estudio. Esta sistematización considera la construcción de coberturas SIG y base de datos cuyas tablas deben estar debidamente relacionadas, y sus campos identificados en forma clara.

Se desarrolló un SIG con la información recopilada y sistematizada. Asimismo, se hace entrega de los Anexos con la información:

- Anexo B: Planillas de Calculo
- Anexo C Planos
- Anexo D SIG
- Anexo E Calidad de Aguas

2. Metodología para la estimación de la demanda de agua actual para los distintos sectores (agrícola, minero, industrial, energía, forestal, acuicultura, turismo, caudal ecológico, etc.) considerando una escala espacial regional y de cuenca y/o subcuenca.

En la Parte II del Volumen I del presente estudio, se entregan todas las metodologías utilizadas en el desarrollo del mismo, para el cálculo de las demandas por uso a nivel regional, cuenca y subcuenca.

3. Metodología para la proyección de la demanda de agua para los distintos sectores, considerando como horizonte los años 2030 y 2040, y con al menos 3 escenarios futuros (optimista, tendencia y pesimista).

En la Parte III del Volumen I del presente estudio se entregan todas las metodologías utilizadas en el desarrollo del mismo, para el cálculo de las demandas futuras, con 3 escenarios por uso a nivel regional, cuenca y subcuenca.

4. Valores de las estimaciones de las demandas de agua actuales y proyectadas (años 2030 y 2040) para diferentes sectores considerando una escala espacial de regional y de cuenca/subcuenca.

En la Parte IV y V del Volumen II y Parte VIII y IX del Volumen III del presente estudio se entregan todas de las estimaciones de las demandas de agua actual y proyectada (años 2030 y 2040) para diferentes sectores considerando una escala espacial de regional, cuenca y subcuenca.

5. Análisis de los valores estimados de la demanda actual, incluyendo una comparación con los resultados obtenidos en estudios anteriores y/o de otras fuentes, e identificación de brechas encontradas tanto en la recopilación de información y en los supuestos y simplificaciones de la metodología propuesta.

En la Parte V del Volumen II se entrega una comparación con los estudios desarrollados por la DGA, correspondientes a “Estimaciones de Demanda de agua y Proyecciones Futuras. AC Ingenieros Consultores Ltda. 2007” y “Atlas del Agua. DGA. 2016”.

6. Caracterización de la calidad de los recursos hídricos, tanto superficiales como subterráneos, en todo el país.

En la Parte VI del Volumen II del presente estudio se entrega la caracterización de la calidad de los recursos hídricos a nivel regional.

7. Resultados de la evolución temporal de la calidad en las aguas en los últimos años.

En la Parte VI del Volumen II del presente estudio se entrega evolución temporal de la calidad en las aguas en los últimos años.

8. Base de datos que sistematice toda la información de calidad de aguas recopilada y validada durante la ejecución del estudio. Las unidades en las cuales se expresen cada una de las variables consideradas deberán estar debidamente homogenizadas. Los campos de esta base de datos deberán estar identificados en forma clara.

En el Anexo E Calidad de Aguas se entrega toda la información recopilada y sistematiza separada por región, y según análisis de concentración de parámetros e información de índice de calidad de acuíferos.

9. Base de datos que sistematice la información de isótopos ambientales.

En el Anexo H Isotopo Ambientales se incluye la información recopilada en el estudio.

10. Caracterización de acuíferos en función del Índice de Calidad (IC).

En la Parte VI del Volumen II del presente estudio se entrega la caracterización de los acuíferos seleccionados, en función del Índice de Calidad (IC).

11. Análisis de presiones actuales sobre la calidad de aguas, superficiales y subterráneas.

En la Parte VII del Volumen II del presente estudio se entrega el análisis de presiones ambientales actuales sobre la calidad de aguas, superficiales y subterráneas.

12. Proyecto SIG que contenga los resultados obtenidos con el estudio.

En la carpeta 03 SIG de la entrega digital del proyecto, se incluyen todas las coberturas, mapas y planos del estudio.

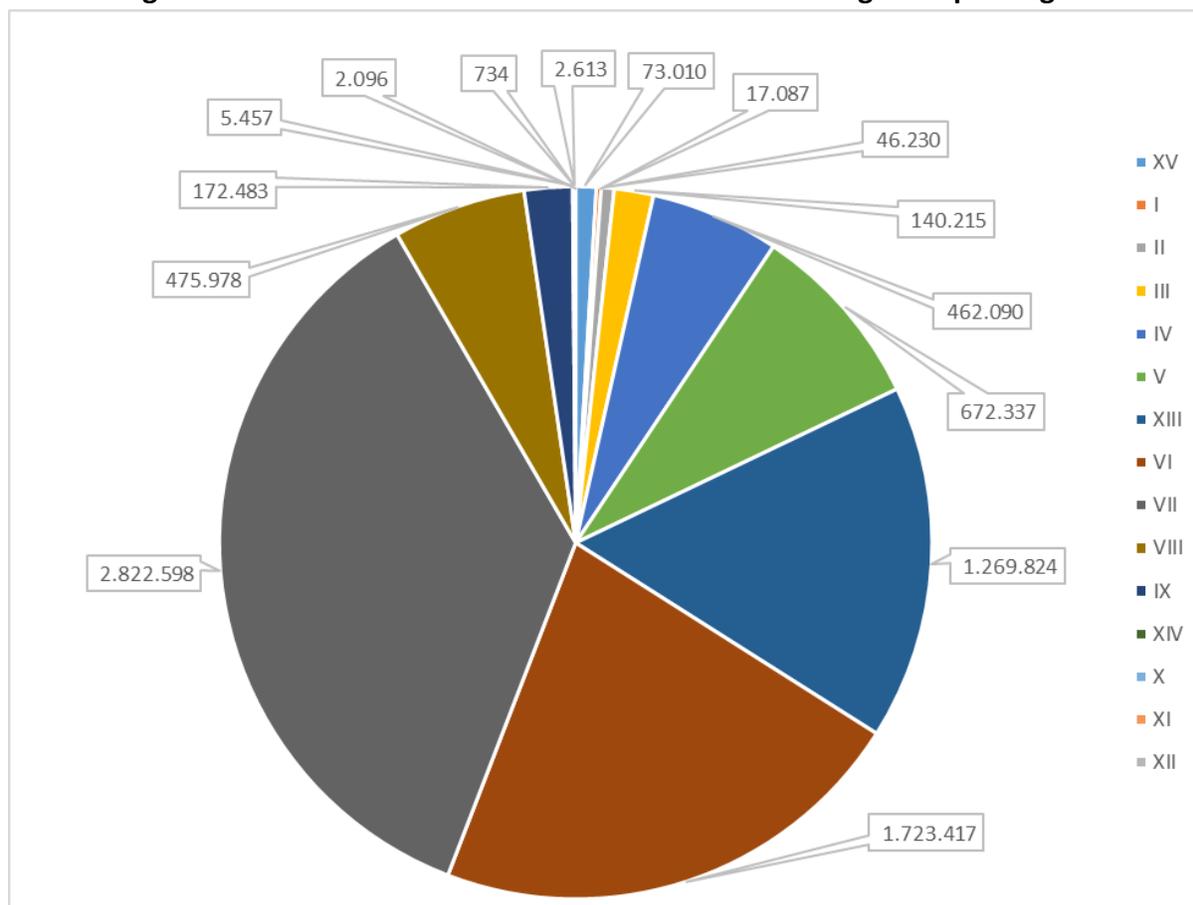
CAPÍTULO 9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1 CONCLUSIONES A LAS ESTIMACIONES DE LAS DEMANDAS

Respecto de las demandas de agua estimadas para los distintos usos, actual y futura, se puede señalar lo siguiente:

- a) Con respecto a las demandas consuntivas actuales (año 2015), el uso agrícola es el de mayor monto de entre todos los usos analizados, superando, como demanda total a nivel país, en casi 8 veces a la demanda que le sigue, que corresponde al uso en agua potable urbano. La demanda en uso industrial es el que le sigue al agua potable urbano, con un monto total a nivel de país de un 60% menor al agua potable urbano.
- b) En términos de caudales totales a nivel de país, la demanda agrícola y pecuaria (2015) a nivel de predio es del orden de 256 m³/s, la de agua potable urbana y rural es del orden de 41 m³/s y la demanda de uso industrial es de 23 m³/s.
- c) En términos de distribución regional, la mayor demanda de uso agrícola y pecuaria se produce en la VII Región (90 m³/s), seguido por la VI Región (55 m³/s) y por la Región Metropolitana (40 m³/s). Respecto a la demanda de agua potable urbana y rural, y como era de suponer, el máximo valor se produce en la Región Metropolitana (21 m³/s), seguido de lejos por la V y VIII Región. Respecto a la demanda de uso industrial, la máxima demanda se produce en la VIII Región (10 m³/s), seguido por la X y XIV Regiones. En las Figuras 9.1-1, 9.1-2 y 9.2-3 se muestra la distribución porcentual de estos tres usos.

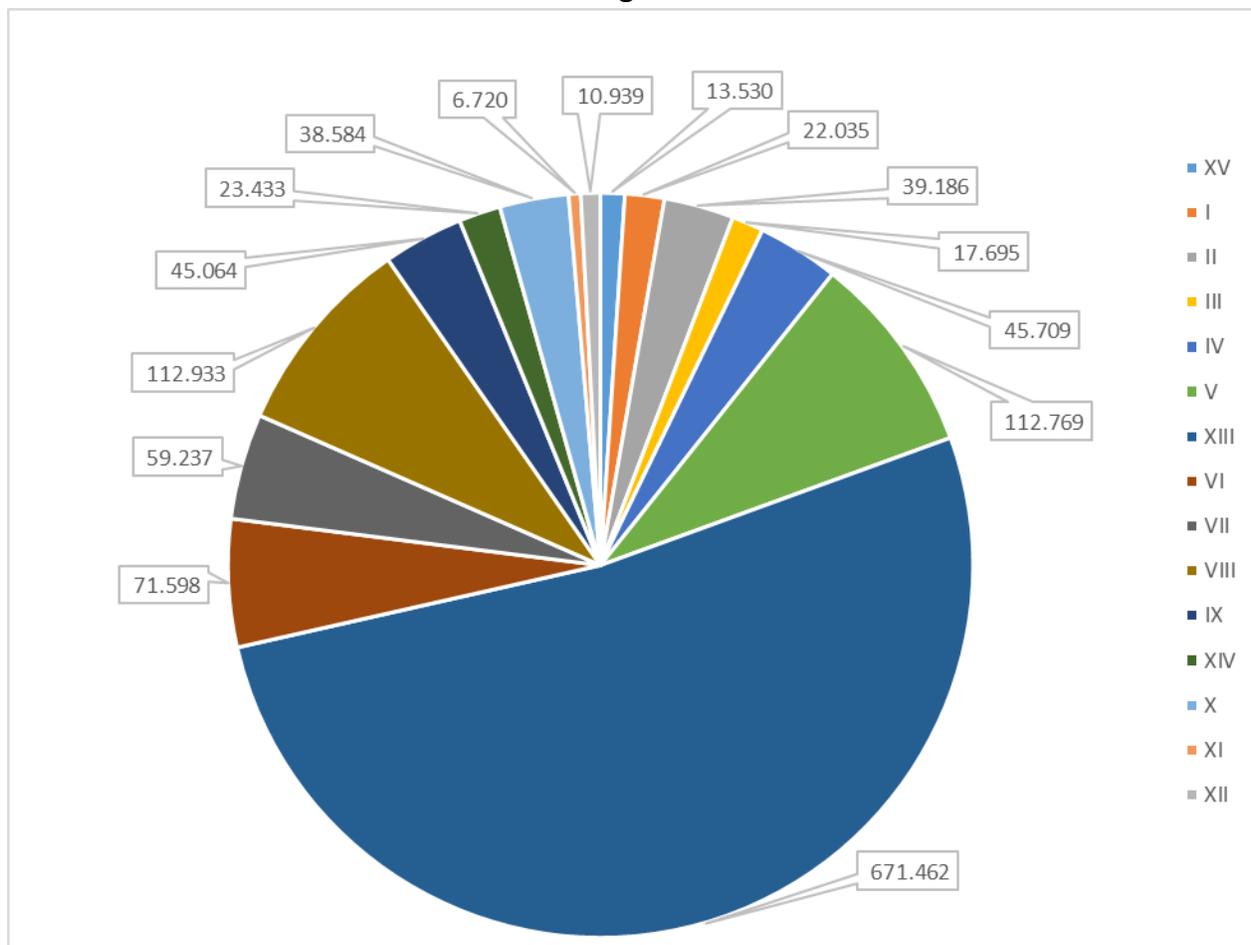
Figura 9.1-1 Distribución Porcentual de Demanda Agrícola por Región



XV	I	II	III	IV	V	XIII	VI	VII	VIII	IX	XIV	X	XI	XII
0,9	0,2	0,6	1,8	5,9	8,5	16,1	21,9	35,8	6,0	2,2	0,1	0,0	0,0	0,0
%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%

Fuente: Elaboración propia.

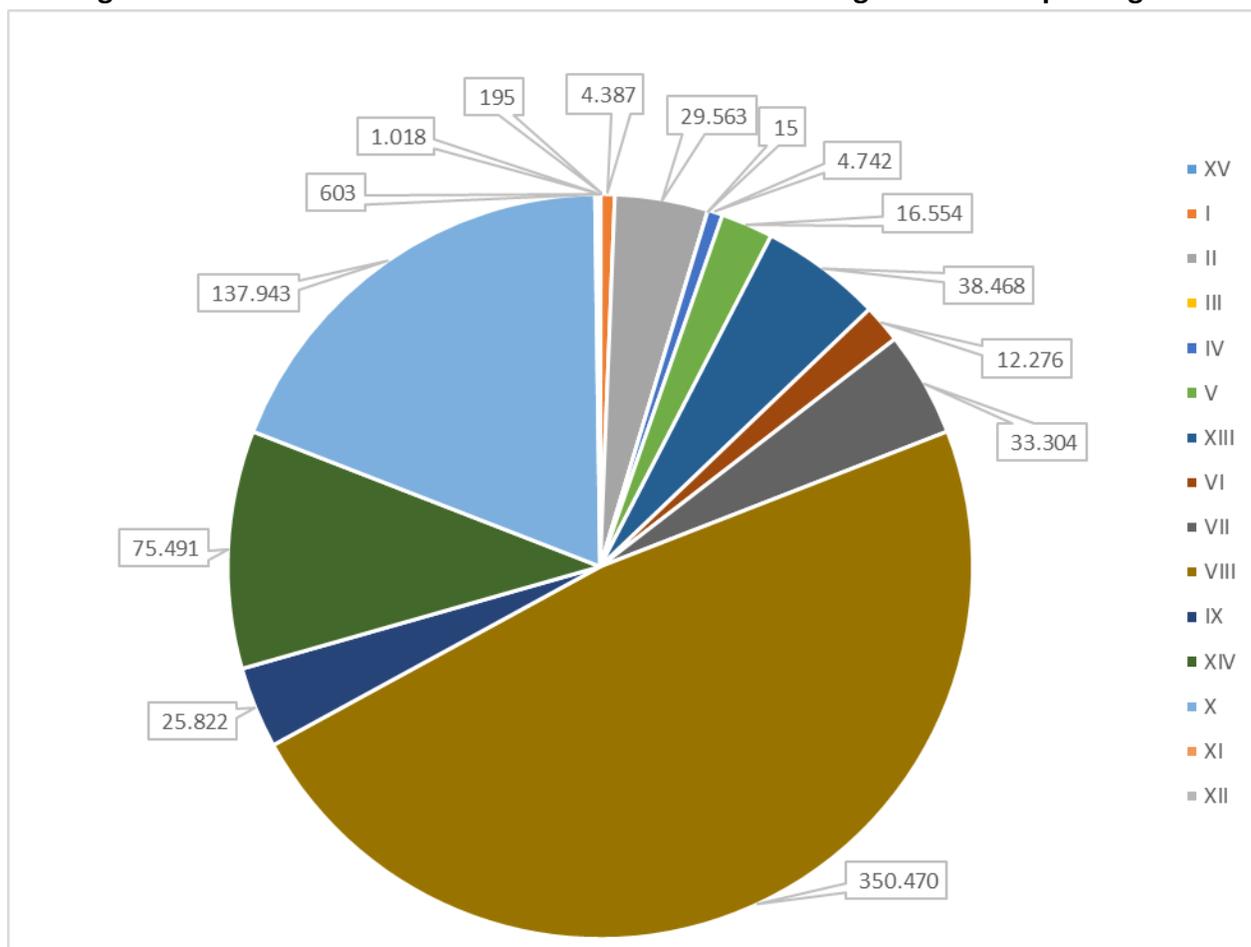
Figura 9.1-2 Distribución Porcentual de Demanda de Agua Potable Urbana y Rural por Región



XV	I	II	III	IV	V	XIII	VI	VII	VIII	IX	XIV	X	XI	XII
1,0%	1,7%	3,0%	1,4%	3,5%	8,7%	52,0%	5,5%	4,6%	8,7%	3,5%	1,8%	3,0%	0,5%	0,8%

Fuente: Elaboración propia.

Figura 9.1-3 Distribución Porcentual de Demanda de Agua Industrial por Región

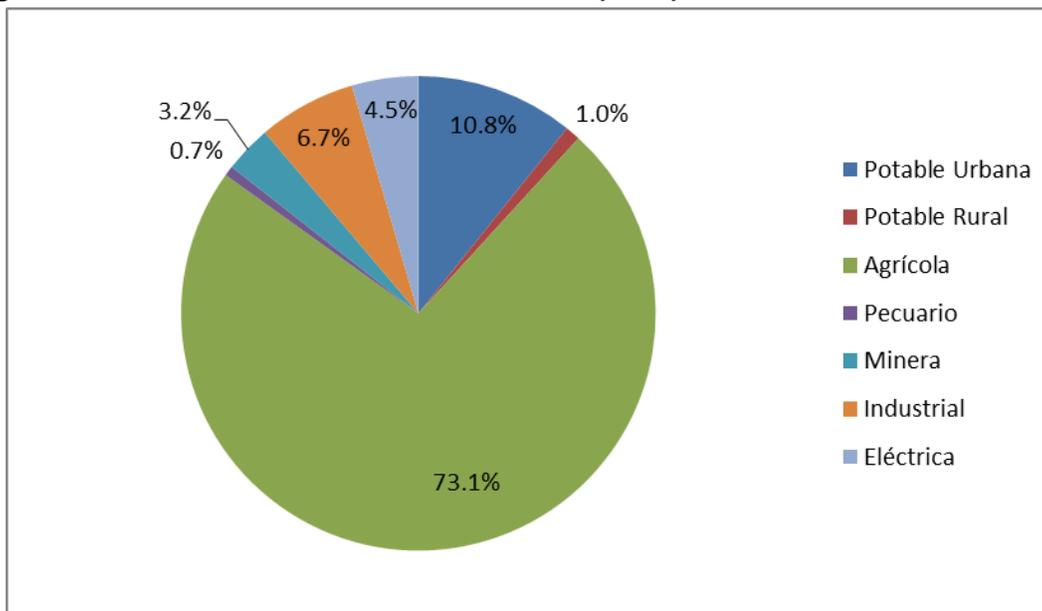


XV	I	II	III	IV	V	XIII	VI	VII	VIII	IX	XIV	X	XI	XII
0,0	0,6	4,0	0,0	0,6	2,3	5,3	1,7	4,6	48,0	3,5	10,3	18,9	0,1	0,1
%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%

Fuente: Elaboración propia.

- d) Para el caso del uso minero, la mayor demanda se produce en la II Región (2,7 m³/2), seguido por la VI Región.
- e) En términos generales, la demanda agrícola se mantiene en el tiempo, excepto en las regiones III, IV y V, donde se produce un aumento de ésta hasta el año 2030, y luego se mantiene relativamente constante hasta el año 2040. Lo anterior significaría que en esas regiones existirían nuevas tierras que podrían ser regadas y que hoy no están siendo regadas.
- f) Con relación a la demanda de agua potable urbana y su variación en el tiempo, hasta el año 2040, el aumento es de entre un 10% y un 20%, aproximadamente, excepto en las regiones XV, I, IV y RM. Ello significa que el aumento de la población contemplada en esas regiones debiese ser mayor que en el resto del país y/o el crecimiento del PIB en esas regiones es mayor que en el resto de las regiones. Analizando la gravitación regional de esta demanda, la Región Metropolitana es donde se produce la máxima demanda de agua potable (21 m³/s), seguido muy de lejos por la VIII y V Región (ambas con 3,2 m³/s cada una).
- g) Respecto a la demanda de agua industrial y su variación en el tiempo, hasta el año 2040, el aumento es muy dispar, en algunas regiones sobre el 100 % de aumento (II, III, RM, IX y XIV) y en el resto de las regiones entorno al 50% de aumento; en la V Región se produce una disminución del 8 % de la demanda industrial. La proyección de la demanda tiene directa relación con el PIB regional y su comportamiento de los últimos años, de modo que en la V Región la variación del PIB histórico habría ido disminuyendo, al menos hasta el año 2015. Lo mismo ocurre con la demanda minera y eléctrica, que para la región, V, también se produce una disminución de la demanda de agua al año 2040. Con relación a la gravitación regional de la demanda, la VIII Región es donde se produce la máxima demanda de agua industrial (10,6 m³/s), seguido por la X Región (5,4 m³/s); en el resto de las regiones, la demanda está por debajo de 1,4 m³/s.
- h) Finalmente, en la Figura 9.1-4 se puede ver el porcentaje de relevancia a nivel nacional de los distintos tipos de demandas de uso consuntivo, donde se destaca, como ya fuera señalado, la demanda agrícola (254 m³/s) que está muy por sobre el resto de las demandas de agua (el uso que le sigue es potable urbana con 37 m³/s).

Figura 9.1-4 Resumen Demandas Actuales (2015) de Uso Consuntivo a Nivel País



Fuente: Elaboración propia.

9.2 CONCLUSIONES GENERALES

De acuerdo al desarrollo del estudio, se logró recopilar y sistematizar una base robusta de datos con información relevante para la estimación de las demandas actuales y futuras. Dicha información se encuentra respaldada por región, para todos los usos analizados.

Asimismo, se definieron nuevas metodologías para las estimaciones de las demandas actuales y futuras, para los distintos sectores (agrícola, minero, industrial, energía, forestal, acuicultura, turismo, caudal ecológico, etc.). En particular, se usaron todas las herramientas computacionales disponibles (planillas de cálculo, coberturas SIG, información web, etc), para el desarrollo de cálculos más precisos. En todos los casos se analizó la demanda a nivel de usuario, es decir por ejemplo la demanda a nivel de cliente en el caso del agua potable, o a nivel de predio en el caso agrícola.

En el caso particular de la demanda forestal, se propuso una nueva metodología que incluyera la demanda evapotranspirativa a nivel de bosque nativo o plantaciones forestales, dependiendo de la cantidad de precipitación disponible. En este caso, la demanda forestal de las plantaciones forestales es mayor a la demanda de bosque nativo, para un mismo sector. Esto refleja cambios en la disponibilidad del recurso hídrico en zonas con mayor crecimiento de plantaciones forestales.

Por otro lado, las proyecciones de demanda futura utilizaron crecimiento de población, demandas unitarias, proyección de usos en sectores particulares (forestal, por ejemplo), o proyecciones con intervalos de confianza, como por ejemplo en el caso minero. En todos los casos se evaluaron tres escenarios de proyección.

De igual manera, se realizaron comparaciones de los resultados de la demanda actual con otros estudios vigentes. En ambos casos de demuestra una disminución relevante en la demanda hídrica, gatillado principalmente por la menor demanda agrícola. El origen de esta menor demanda agrícola se debe a mejores técnicas de riego, y una disminución en el área cultivable en varias de las regiones del país. En el caso de la demanda de agua potable urbana y rural, la diferencia se debe principalmente a la condición de borde del análisis. En el caso del presente estudio, la demanda se estima a nivel de usuario (demanda a nivel de medidor de agua), y para el caso de los estudios anteriores, la demanda se calcula a nivel de fuente (demanda a nivel de captación, incluyendo las pérdidas de conducción).

En el caso de la caracterización de la calidad de aguas de los recursos hídricos, se realizó una sistematización de toda la información disponible en las estaciones de monitoreo de la DGA, realizando evaluaciones por tipo de parámetro, balance iónico, análisis temporal de la calidad y evaluación estadística de parámetros relevantes. Toda la información fue sistematizada y de fácil acceso y uso.

Asimismo, se realizó la caracterización de tres acuíferos (Pampa del Tamarugal, Río Copiapó y Río Imperial), respecto de la determinación del Índice de Calidad (IC), complementando el trabajo en otros estudios DGA.

Finalmente, se realizó un análisis detallado de las presiones ambientales sobre la calidad de aguas, superficiales y subterráneas, a nivel regional.

9.3 RECOMENDACIONES

Las principales brechas identificadas durante el desarrollo del estudio se presentan en torno a la información disponible para el cálculo de la demanda agrícola. En particular, la información disponible actualizada del censo agropecuario es del año 2007, debido a que el año 2017 no se llevó a cabo una actualización del censo.

A pesar que existe información actualizada en los catastros frutícolas y vitícola (2014 y 2015), la proyección de superficie agrícola se realiza en función de datos del año 2007. Sin embargo lo anterior, la proyección de superficies agrícolas del presente estudio, utiliza las mejores herramientas disponibles de georreferenciación de superficies.

Respecto al cálculo de la demanda forestal, este estudio incorpora una innovación a la metodología anterior, ya que reconoce la diferencia entre demandas evapotranspirativas de bosque nativo y plantación forestal. A pesar que existe información internacional que corrobora dicha diferencia, en nuestro país no existen estudios formales que acrediten la menor demanda de los bosques nativos. De esta forma, se sugiere la realización de estudios precisos que permitan aclarar la diferencia de las demandas de ambos tipos (bosque nativo y plantación forestal).

Para el caso de la demanda industrial, el presente estudio utiliza una matriz de demanda por tipo de industria, según información que se dispone de industrias canadienses. Esta metodología incorpora una mejor aproximación que la considerada en la estimación realizada en el año 2007, la cual utilizó una matriz de demandas por tipo de industrias de la década del 60 realizado en Hungría. A pesar de la mejor metodología del presente estudio, es conveniente desarrollar estudios nacionales que determinen la demanda efectiva por tipo de industria.