



GOBIERNO DE CHILE  
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS  
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS  
DPTO. DE ESTUDIOS Y PLANIFICACIÓN

**RESUMEN EJECUTIVO  
PLAN DIRECTOR PARA LA GESTIÓN  
DE LOS RECURSOS HÍDRICOS  
CUENCA DEL RÍO MAIPO**

**FASE II  
ACTUALIZACIÓN DEL MODELO DE  
OPERACIÓN DEL SISTEMA  
Y FORMULACIÓN DEL PLAN**

**REALIZADO POR:**

**LUIS ARRAU DEL CANTO  
CONSULTORES EN INGENIERÍA HIDRÁULICA Y DE RIEGO**

**S.I.T. N° 133**

**SANTIAGO, MAYO, 2008**

**MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS**

Ministro de Obras Públicas  
Ingeniero Civil Industrial Sr. Sergio Bitar H.

Director General de Aguas  
Abogado Sr. Rodrigo Weisner L.

Jefe Departamento de Estudios y Planificación  
Ingeniero Civil Sr. Pedro Rivera I.

Inspector Fiscal  
Ingeniero Civil Sr. Andrés Arriagada T.

Profesionales Departamento Estudios y Planificación  
Ingeniero Civil Sra. Ana María Gangas P.  
Ingeniero Civil Sr. Miguel Ángel Caro H.  
Ingeniero Civil Sra. Andrea Osses V.

Asesor Inspección Fiscal  
Jorge Baechler R.

**LUIS ARRAU DEL CANTO**

Jefe de Proyecto  
Ingeniero Civil Sr. Felipe Espinoza C.

**Profesionales**

Ingeniero Rec. Nat. Renovables Sra. Claudia Lizana Z. (Coordinadora)  
Ingeniero Civil Sr. Luis Arrau del C.  
Ingeniero Civil Sr. José Lagos R.  
Ingeniero Civil Sr. Juan Pablo Schuster V.  
Ingeniero Agrónomo Sr. Jorge Vergara C.  
Ingeniero Civil Sra. Scarlett Vásquez P.  
Abogado Sr. Luis Vergara G.  
Antropólogo Sr. Luis Hernández A.  
Ingeniero Rec. Nat. Renovables Sr. Yuri Castillo A.  
Ingeniero Civil Srta. Bárbara Astudillo C.  
Antropólogo Sr. Andrés Lagarrigue I.  
Ingeniero Rec. Nat. Renovables (E) Sr. Wilson Ureta P.  
Ingeniero Rec. Nat. Renovables (E) Srta. Karina Palacios Q.  
Ingeniero Rec. Nat. Renovables (E) Srta. Pía García P.  
Ingeniero en Medio Ambiente y Recursos Naturales (E) Sr. Raimundo Barrios O.



## **1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS**

### **1.1 INTRODUCCIÓN**

El Plan Director para la gestión de recursos hídricos en una cuenca debe ser abordado de modo que se constituya en una herramienta para el desarrollo, económico y social, del territorio comprendido dentro de la cuenca.

En efecto, para un territorio con el potencial de desarrollo económico y social como la cuenca del río Maipo, el recurso agua, en sus múltiples expresiones y usos, se transforma en un elemento de importancia primordial, que puede facilitar el desarrollo futuro de la región, así como limitarlo, en el caso de que su uso y gestión sea inadecuada.

Como en todo sistema conformado por una componente física natural que admite múltiples componentes antrópicas, los problemas y conflictos pueden llegar a ser de gran complejidad. Es por ello, que para abordar dichos problemas y conflictos, se han considerado dos criterios importantes.

- El primero de los criterios adoptados para abordar los problemas y conflictos, guarda relación con las potencialidades de los recursos hídricos en la cuenca, es decir, tiene relación con el aprovechamiento de los mismos.
- El segundo de los criterios adoptados tiene relación con lograr alcanzar el objetivo principal de un Plan Director, el cual es contribuir a la maximización de la función económica, social y ambiental (en el corto, mediano y largo plazo) del agua. Ante el surgimiento de conflictos, debilidades, carencias, o problemas para alcanzar metas de desarrollo de los recursos hídricos, se pueden concebir muchas soluciones alternativas o combinaciones sinérgicas de ellas.

En ese contexto, el campo de acción de la Dirección General de Aguas, se enmarca dentro del ámbito de acción definido por las políticas gubernamentales, por su propia normativa legal y por la legislación específica existente relacionada.

La Dirección General de Aguas ha estado trabajando en la identificación de formas de gestión que permitan enfrentar los desafíos existentes para lograr avanzar en una utilización armónica del agua, conciliando intereses públicos y privados. En este marco se ha elaborado la Política Nacional de Recursos Hídricos, dentro de la cual se proponen un conjunto de acciones para abordar los problemas y desafíos existentes. De las acciones destinadas a la planificación surgen los planes directores como instrumentos de planificación indicativa destinada a orientar el accionar de los actores que interactúan dentro de una cuenca o en su área de influencia.

El concepto de Plan Director para la gestión de los recursos hídricos tomó forma por primera vez en Chile como resultado del Estudio de Factibilidad Manejo de Cuencas Hidrográficas, realizado en el año 1994-95, el cual fue realizado para 6 cuencas críticas del país.

Para las cuencas estudiadas y como resultado final de un proceso de evaluación de todas las acciones inicialmente propuestas, dentro de la componente de gestión y conservación de los recursos hídricos, se planteó la necesidad de elaborar Planes Directores para el ordenamiento y manejo de los recursos hídricos. Estos Planes tienen por objetivo fundamental constituir un elemento de planificación indicativa dentro de la cuenca respectiva, que, naciendo de las inquietudes y necesidades reales detectadas en ella, y enfocado hacia metas y objetivos desprendidos de esta realidad, constituya un ente de coordinación para las decisiones del sector público, como también una orientación para la acción privada.

Debido a su trascendencia, el Plan se ha desarrollado bajo los principales lineamientos del mensaje transmitido por S.E. la Presidenta de la República, Michelle Bachelet, en la Cuenta Pública del 21 de mayo de 2006, en el que destacó el incremento de la importancia medioambiental, el manejo integral de las cuencas, y la participación ciudadana en la toma de decisiones, haciendo hincapié en el apoyo “extraordinario” que se dará a la agricultura, a la vez que se apoyarán las obras hidráulicas que sean indispensables para el desarrollo de la misma. Se plantea como desafío el encontrar un equilibrio entre crecimiento, desarrollo y protección ambiental.

Del mensaje presidencial se infiere claramente que el Plan Director es un elemento clave para lograr un manejo integral de los recursos hídricos en el país, y en particular en la cuenca del río Maipo. De esta manera se potencia el desarrollo económico en forma sustentable tanto medioambientalmente como con respecto a los actores involucrados.

Adicionalmente, y en el marco de las XI Jornadas del Programa Hidrológico Internacional (Santiago, Noviembre 2007), el Ministro de Obras Públicas Sr. Eduardo Bitrán insistió en la necesidad de ir hacia una política nacional del manejo integrado de los recursos hídricos, en particular expresando la necesidad de incrementar el reuso del agua, especialmente en lo que se refiere a las aguas servidas tratadas, aumento en la fiscalización del uso efectivo de las aguas y otros temas relativos.

Dentro de este contexto se enmarca la elaboración del Plan Director para la Cuenca del Río Maipo. El desarrollo de este plan se ha dividido en 2 fases. La primera fase fue desarrollada por la empresa consultora Conic-Bf, la que se concluyó en Marzo de 2007.

## 1.2 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

### 1.2.1 OBJETIVO CENTRAL

El objetivo principal del estudio es la elaboración de un Plan Director para la cuenca del río Maipo. Este Plan Director será un instrumento de planificación que considerará los efectos agregados de las diversas intervenciones locales de tal manera que contribuya a orientar las decisiones públicas y privadas, con el fin último de maximizar la función económica, social y ambiental del agua, en armonía con el medioambiente y con condiciones de equilibrio que permitan la sustentabilidad dentro de una visión de corto y largo plazo.

Para lograr este objetivo, previo a la formulación del Plan, se actualizó y calibró el modelo desarrollado en el estudio “Bases Para la Elaboración del Plan Director Cuenca Río Maipo” desarrollado para la DGA por Conic-Bf (2007), con el fin de ***disponer de una herramienta matemática adecuada para describir la operación del sistema Maipo, tanto en situación actual como futura, y de esta manera permita facilitar la formulación del Plan.***

### 1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Teniendo en consideración el objetivo central, el presente estudio persigue los siguientes objetivos específicos:

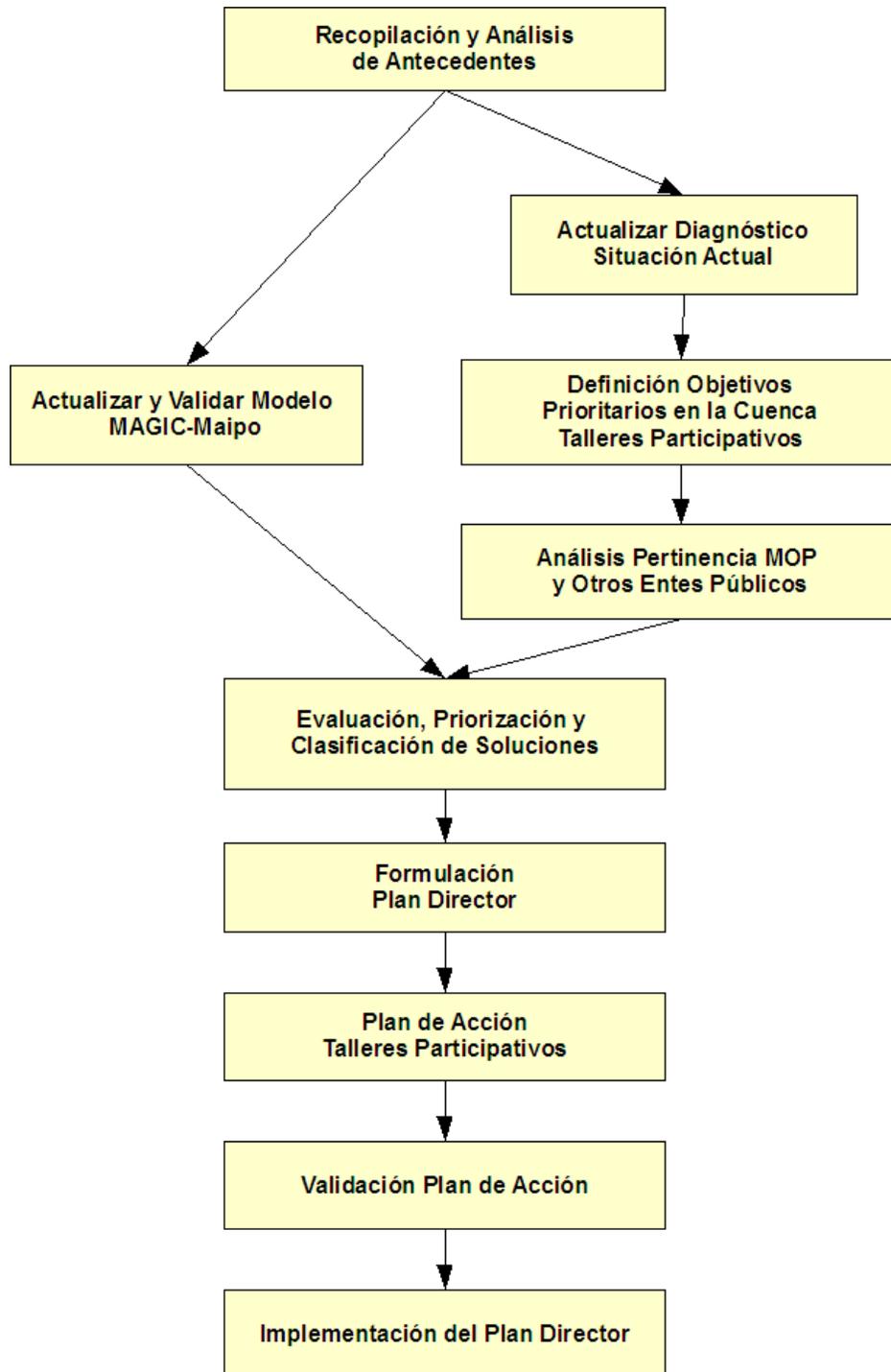
- ***Disponer del Modelo MAGIC-Maipo Actualizado y Calibrado***, como una herramienta de análisis que permita representar la situación actual, y para la posterior evaluación de los escenarios futuros a la hora de proponer el Plan
- ***Actualizar el Diagnóstico de la Cuenca*** elaborado en el estudio “Bases Para la Elaboración del Plan Director Cuenca Río Maipo” desarrollado para la DGA por Conic-Bf (2007).
- ***Efectuar un Ordenamiento y una Sistematización de la Información*** entregada por el diagnóstico actualizado, y obtener así las necesidades del territorio en el ámbito del agua, considerando los objetivos estratégicos de apoyo a los sectores productivos y competitividad, y las acciones para mejorar la calidad de vida de la población
- ***Establecer Objetivos Prioritarios para la Cuenca*** en el ámbito del agua y los recursos naturales, en base a la problemática y necesidades del territorio levantadas anteriormente
- ***Analizar las Intervenciones del MOP propuestas*** para ser iniciadas en los siguientes 10 años, en el marco de los objetivos prioritarios y con la idea de

evaluar su pertinencia, particularidades, y detectar los efectos sinérgicos entre las iniciativas sectoriales.

- **Analizar las Intervenciones de otros Entes Fiscales** siguiendo el mismo lineamiento seguido para el caso del MOP
- **Confección de la Matriz de Intervenciones/Objetivos Prioritarios** en base a la cartera de proyectos actualizada
- **Formular un Plan de Acciones en la Cuenca** (estudios, programas, proyectos y obras), que agrupe las iniciativas de todas las instituciones públicas y privadas
- **Realizar la Evaluación Económica del Plan**, a través de escenarios de desarrollo, radicado en la institución que corresponda, y priorizadas en un plan de acción de corto (5 años), mediano (10 años), y largo plazo (20 años)
- **Proponer las Formas de Coordinación entre Instituciones Públicas y/o Privadas**, para la concreción de dichas acciones y la implementación del plan como instrumento de apoyo, designando específicamente las formas de financiamiento y los responsables de cada acción
- **Validar el Plan Director Propuesto**, basado en la interacción con los usuarios del agua
- **Proponer los Mecanismos para la Implementación del Plan Director propuesto**, basado en la interacción con los usuarios del agua y analizando su factibilidad social

El proceso de formulación del Plan Director tal como ha sido presentado, se presenta esquemáticamente en el diagrama de flujo de la Figura 1.2.2-1. Este diagrama de flujo muestra como los objetivos específicos se relacionan para formar una secuencia de acciones conducentes a la formulación del plan.

**FIGURA 1.2.2-1  
PASOS PARA LA FORMULACIÓN DEL PLAN DIRECTOR**



**Fuente:** Elaboración Propia

## **1.3 ÁREA DE INFLUENCIA DEL ESTUDIO**

### **1.3.1 DIVISIÓN ADMINISTRATIVA**

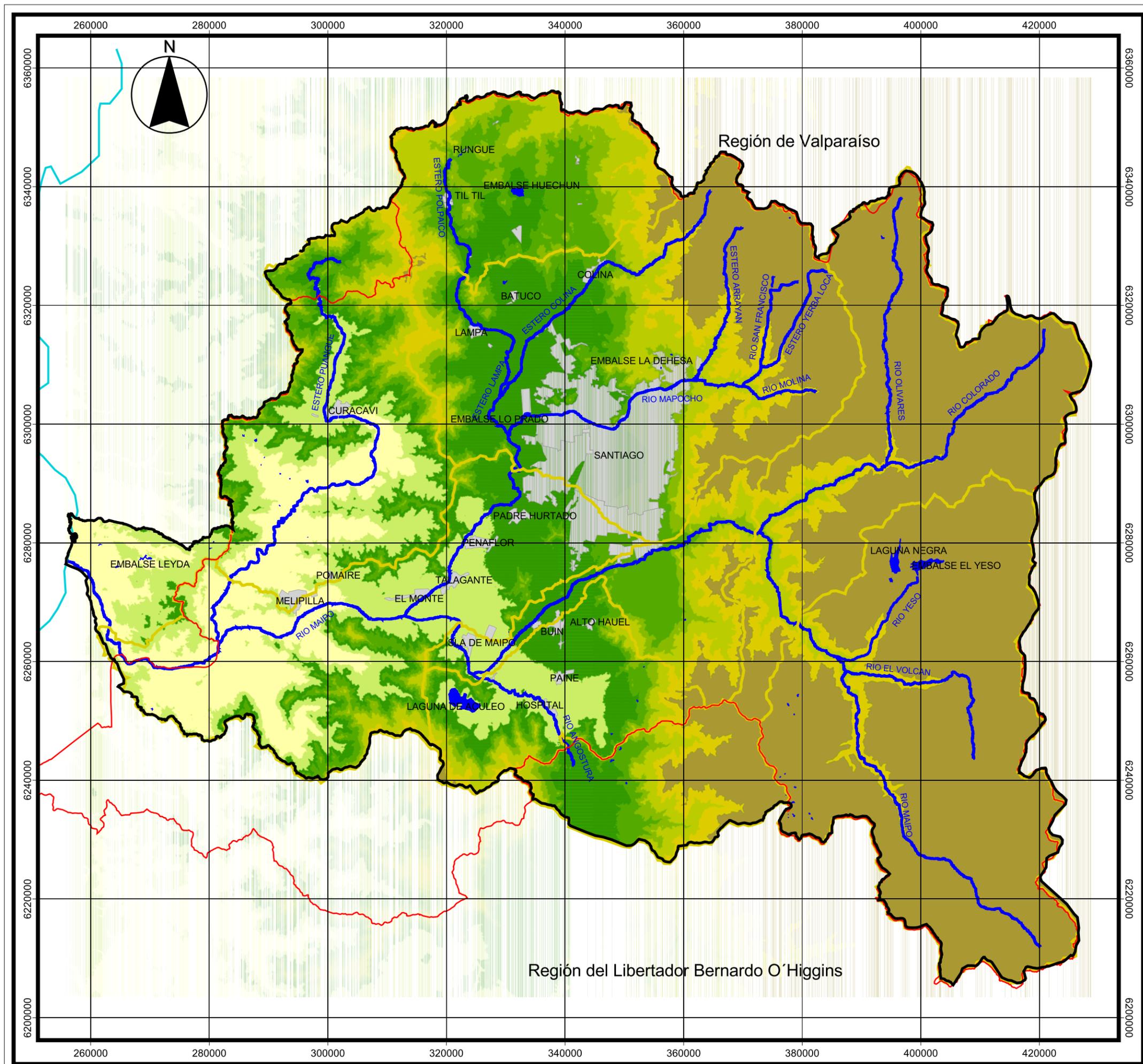
El estudio abarca la cuenca completa del río Maipo y su área de influencia. Desde el punto de vista administrativo, la cuenca del río Maipo se encuentra situada entre 32°55'-34°15' de latitud Sur y 69° 46' y 71° 43' de longitud Oeste, con una extensión aproximada de 15.157 km<sup>2</sup>. Geográficamente, esta cuenca cubre tres regiones político-administrativas: Región de Valparaíso, Región Metropolitana, y Región del Libertador General Bernardo O'Higgins. Sin embargo, es en la Región Metropolitana donde se encuentra la mayor parte de su superficie. La región Metropolitana, cuya capital regional es la ciudad de Santiago, cuenta con 6 provincias y 56 comunas, de las cuales la totalidad se encuentran dentro de la cuenca.

### **1.3.2 CUENCAS HIDROGRÁFICAS**

El área del estudio, por su naturaleza, comprende la totalidad de la cuenca del río Maipo, sus afluentes y área de influencia, la que cuenta con una red hidrográfica compuesta por los ríos Volcán, Yeso y Colorado en la parte alta, y su afluente principal en la parte media, el río Mapocho con sus afluentes, San Francisco, Molina, Estero Arrayán. También están incluidos los cauces ubicados en la zona media y baja, entre estos se puede mencionar el río Angostura, esteros Lampa, Puangue, y Colina, tal como se muestra en la Figura 1.3.2-1.

El sistema hídrico de esta cuenca presenta algunas características que hacen que sea especialmente interesante su modelación. En primer lugar, la mayor parte de los recursos de la parte media e inferior del río Mapocho provienen exclusivamente del río Maipo en la época de estiaje correspondiendo, por lo tanto, a un sistema artificialmente regulado. A su vez, los recursos superficiales del río Maipo son parcialmente regulados mediante el embalsamiento en la Laguna Negra y en el embalse El Yeso. El resto de los recursos proviene del sistema nivo-pluvial de los ríos Maipo y El Volcán, alimentados de las precipitaciones y los deshielos cordilleranos.

Por otra parte, existe una fuerte interacción entre los recursos superficiales y subterráneos, la que se hace notoria tanto en la cuenca del río Maipo como en la del río Mapocho. En efecto, en el río Maipo, aguas abajo de La Obra, se producen importantes filtraciones que representan la recarga más importante recibida por los acuíferos de la cuenca de Santiago, las que desaparecen aguas abajo dando origen a recuperaciones cuyos mayores montos ocurren en el sector de Isla de Maipo; por su parte, en la cuenca del río Mapocho, esta misma situación se genera aunque en mucho menor cantidad, existiendo una zona de fuertes infiltraciones en la parte superior e importantes recuperaciones en la parte media.



**SIMBOLOGÍA**

Límite Cuenca Maipo	Elevación (m.s.n.m)	0-200
Límite Regional		200-400
Línea de costa	400-600	
Hidrografía principal	600-800	
Lagunas y Embalses	800-1000	
Zonas Urbanas	1000-1500	
	1500-2000	
	2000-6500	

Datos Cartográficos Proyección Universal Transversal Mercator Huso 19 zona Sur	Datos Geodésicos Elipsoide World Geodetic System 1984 Datum World Geodetic System 1984
---	--

**GOBIERNO DE CHILE**  
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS  
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

CONSULTORES: LUIS ARRAU DEL CANTO CONSULTORES EN INGENIERÍA HIDRÁULICA Y DE RIEGO	PROYECTO: PLAN DIRECTOR PARA LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS CUENCA DEL RÍO MAIPO	PLANO: UBICACIÓN GENERAL
--	--	-----------------------------

DIRECTOR GENERAL DE AGUAS SR. RODRIGO WEISNER	JEFE DE DEPARTAMENTO SR. PEDRO RIVERA	INSPECTOR FISCAL: SR. ANDRÉS ARRIAGADA
--	--	---

ESCALA: 1:650000 	FIGURA: 1.3.2-1	FECHA MAYO DE 2008
-------------------------	--------------------	-----------------------



Es importante indicar que el sistema Maipo-Mapocho no tiene recursos superficiales disponibles en la actualidad, por lo que la satisfacción futura de la creciente demanda deberá hacerse a costa del uso más eficiente del agua, de un mayor aprovechamiento de recursos subterráneos o de la incorporación al uso de nuevos recursos superficiales en estiaje mediante obras de regulación. En cualquier caso, será necesario contar con un modelo confiable del sistema, tal como el MAGIC-Maipo, para evaluar las implicancias de las diferentes políticas de manejo posibles.

Su régimen hidrológico es de alimentación mixta, o nivo-pluvial. En sus zonas altas y media, el río Maipo es de régimen marcadamente nival, presentando un gran aumento de caudal en los meses de primavera producto de los deshielos cordilleranos. En la zona baja, el río Maipo posee un régimen pluvial, por lo cual presenta crecidas asociadas directamente con las precipitaciones.

### **1.3.3 POBLACIÓN**

Desde el punto de vista de la población, la Región Metropolitana registró un total de 6.045.192 habitantes (40% del total país) según el Censo del año 2002, lo que equivale aproximadamente a 803.248 habitantes más que en el censo anterior de 1992. Del total regional, un 96,9% corresponde a población urbana, es decir, 5.875.013 habitantes.

La provincia de Santiago y Cordillera son las que poseen mayor cantidad de habitantes, 4.668.473 y 522.852, respectivamente, además en la provincia Cordillera se encuentra la comuna con mayor número de habitantes en la Región Metropolitana, la que corresponde a Puente Alto, con una población de 492.915 habitantes (8,1% de la región). En la Provincia de Santiago, las cinco comunas con mayor población son: Maipú (7,7%), La Florida (6%), Las Condes (4,1%), Peñalolén (3,6%) y Santiago (3,3%). La densidad poblacional de la región alcanza a 393,5 habitantes/km<sup>2</sup>, siendo la provincia de Santiago la más densamente poblada, con 2.275,1 habitantes/km<sup>2</sup>.

El uso de suelo en la Región Metropolitana está dado por: praderas y matorrales (46,4%), áreas desprovistas de vegetación (23,6%), terrenos agrícolas (16%), bosque (7,3%), áreas urbanas e industriales (5,4%), nieves y glaciares (0,6%), humedales (0,4%) y cuerpos de agua (0,3%) (CONAF, 2006).

### **1.3.4 ACTIVIDAD ECONÓMICA**

En relación a la evolución económica, la Región Metropolitana es la región que concentra el mayor porcentaje del Producto Interno Bruto (PIB) del país, siendo la Región con mayor ritmo de crecimiento económico, superior al promedio Nacional (Banco Central, 2007). La Región Metropolitana aporta el 42,56% al PIB Nacional

Regionalizado (Banco Central, 2007), por lo que se constituye en la principal región generadora de recursos del país.

Las principales actividades económicas de la región corresponden a Servicios Financieros y Empresariales (27%), Industria Manufacturera (17%) y del Comercio, Restaurantes y Hoteles (14%), en base a lo establecido para el año 2003.

### **1.3.5 CLIMA Y AGROCLIMA**

Desde el punto de vista climático, la Región Metropolitana presenta un clima templado cálido, del tipo continental. Esta última característica está acentuada porque la Cordillera de la Costa actúa como biombo climático, impidiendo que la influencia marina actúe sobre la Cuenca. El clima de la región se caracteriza por un irregular régimen de precipitaciones, que se concentran en los meses de otoño e invierno, con un promedio anual de 384 mm. También presenta un verano seco, con temperaturas que en ocasiones sobrepasan los 30° C. La temperatura media anual de esta zona es de 14°C, con una media invernal de 9°C y una media en verano de 22,7°C. En el sector cordillerano las condiciones son más extremas, siendo frecuentes las temperaturas inferiores a los 0° C, generando un clima más frío. Dentro de la cuenca existen diferencias climáticas locales producidas por el efecto del relieve, al oriente de la cordillera de la costa se presentan áreas de mayor sequedad e incluso con características de semiaridez, debido al rol de biombo climático de ésta.

La Región Metropolitana se inserta en tres de las ocho regiones vegetacionales descritas para el país (Región de la Estepa Alto Andina, Región del Matorral y del Bosque Esclerófilo y Región del Bosque Caducifolio) y comprende nueve de las 84 formaciones vegetacionales descritas (Gajardo 1994, CONAF 1996), las cuales se extienden más allá de los límites de la Región. Éstas corresponden a: Bosque Caducifolio de Santiago; Bosque Esclerófilo Costero; Bosque Esclerófilo Andino; Bosque Espinoso Abierto; Estepa Alto Andina de Santiago; Matorral Espinoso de la Cordillera de la Costa; Matorral Espinoso del secano Costero; Matorral Espinoso de las Serranías y Matorral Esclerófilo Andino. A esta misma escala, también se reconocen zonas agrícolas y urbanas, que representan dos ecosistemas de origen antrópico que ocupan una amplia superficie en las zonas de valle.

### **1.3.6 ÁREAS PROTEGIDAS**

Con respecto a la protección de biodiversidad, en la Región Metropolitana existen 2 áreas pertenecientes al SNASPE (Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas por el Estado) y 5 áreas pertenecientes a los Sitios prioritarios de conservación de biodiversidad. Dentro del primer grupo se encuentran el Monumento Natural el Morado y la Reserva Nacional Río Clarillo, las que suman un área total de 13.194 ha.

Mientras que en el segundo grupo se encuentran Altos de Cantillana (sitio 26), El Roble (sitio 27), Altos del Río Maipo (sitio 28), El Morado y Río Colorado, Olivares y Tupungato (sitio 29) (<http://www.sinia.cl>).

#### **1.4 PROBLEMÁTICA GENERAL DE LOS PLANES DIRECTORES Y SU RELACIÓN CON LA CUENCA DEL RÍO MAIPO**

En general, la formulación de un Plan Director para la gestión de recursos hídricos en una cuenca debe realizarse armónicamente balanceando el contexto general del desarrollo de su territorio y las necesidades específicas de los usuarios de agua en la cuenca. En particular, en el caso del recurso agua, un recurso escaso en cuanto a su distribución temporal y espacial, la adecuada formulación del plan director puede facilitar el uso adecuado de los recursos disponibles.

Siguiendo esta línea de pensamiento, el accionar de la Dirección General de Aguas, debe seguir las directrices definidas por las políticas gubernamentales, y en segundo término por las directivas de estado, definidas por el Código de Aguas y la legislación relacionada.

Es importante notar que durante casi dos décadas, el accionar del gobierno ha mantenido reglas económicas sin alteraciones sustantivas, lo que ha permitido un sostenido y notorio desarrollo de la economía, con las correspondientes variaciones naturales asociadas a los cambios experimentados por la economía mundial. Dado que estas políticas son ampliamente compartidas por los diferentes grupos sociales del país, se espera su mantención en el mediano y largo plazo.

Dentro de estas políticas globales, destacan el rol subsidiario del Estado, junto a su papel fiscalizador y coordinador en algunas materias. Adicionalmente, se considera la profundización de políticas regionalizadoras, lo que se manifiesta en la nueva división geográfico-política del país en 15 regiones.

Es importante indicar, que el crecimiento económico del país y la región, se presenta con un sostenido crecimiento de las demandas de agua principalmente destinadas a uso potable y riego.

En lo que respecta al rol subsidiario del estado, se ha implementado como subsidio directo el programa de Agua Potable Rural destinado a disminuir el déficit de cobertura en la distribución de agua potable a nivel rural. Adicionalmente puede considerarse el mejoramiento de sistemas de riego mediante concursos de la ley de fomento a las obras de riego (Ley 18.450). Por último, recientemente se ha creado un nuevo concepto de concesiones de obras hidráulicas.

El esquema anterior de subsidios directos es complementado con el nuevo sistema de concesiones de obras hidráulicas. En este esquema de inversiones, las obras de abastecimiento de aguas son financiadas y construidas por empresas privadas, las

que posteriormente las administrarán, cobrando por dicho concepto una suma a los usuarios que haga rentable dichas inversiones. Tal es el caso del Embalse Convento Viejo en la Región del Libertador Bernardo O'Higgins. La ventaja de este tipo de programas está en la liberación de recursos fiscales, los que pueden aplicarse a programas de menor retorno privado pero mayor retorno social.

En el contexto de las mayores demandas de agua para el uso potable y de riego, es importante notar que a la Dirección General de Aguas le corresponde, entre otras atribuciones, la planificación y el desarrollo del recurso en las fuentes naturales con el fin de formular recomendaciones para su aprovechamiento, tal como lo establece el Código de Aguas, en su Título II, Artículo 299.

En el particular caso de esta cuenca, el crecimiento poblacional de la mano con un crecimiento de la superficie de la ciudad, trae aparejado un crecimiento en el mercado inmobiliario, un crecimiento de los sectores agroindustrial, industrial, y el turístico. Adicionalmente, el crecimiento de las demandas energía a nivel del país, implica en la necesidad de aumentar la generación hidroeléctrica. Esto trae como consecuencia la necesidad de analizar la interacción entre los diferentes actores para la correcta formulación del plan.

## 2. RECOPIACIÓN DE ANTECEDENTES

Con el objetivo central de levantar la información básica para la realización de este estudio, se analizaron como fuente de información un total de 37 estudios, los que han sido agrupados en las siguientes áreas temáticas:

- **Estudio Base (Ref. 1):** Este estudio corresponde a “Bases para la Formulación de un Plan Director para la Cuenca del Río Maipo”, preparado por Conic-BF para la DGA (2007). Se incluye un resumen de la información contenida en el referido estudio, seguida por información contenida en otros estudios considerados relevantes para formular el plan director.
- **Planes Directores:** En esta sección se incluyen los antecedentes de dos de los tres planes directores realizados previamente por la DGA, dado que consideran metodologías de trabajo, que pueden usarse parcialmente para la formulación de este nuevo plan director. No se consideró incluir el plan director del Río San José ya que su metodología de trabajo no se estima aplicable a este nuevo estudio. En este ítem se incluyen los siguientes 2 planes directores:
  - **Ref. 2:** Aconcagua
  - **Ref. 3:** Imperial
- **Estudios de tipo general:** Estos estudios presentan conceptos o lineamientos de tipo general, y que serán utilizados como referencia para la formulación del Plan Director. En este ítem se incluyen los siguientes 6 estudios:
  - **Ref. 4:** Estudio de Factibilidad. Programa Manejo de Cuencas Hidrográficas. Plan de Ordenamiento y Programa de Manejo, Cuenca del Río Maipo
  - **Ref. 5:** Estudio Integral de Riego Proyecto de Aprovechamiento de Aguas Servidas Planta de Tratamiento Santiago Sur, Región Metropolitana
  - **Ref. 6:** Política Nacional de los Recursos Hídricos
  - **Ref. 7:** Diagnóstico Actual de la Utilización de Aguas Servidas Tratadas en Riego, Región Metropolitana
  - **Ref. 8:** Evaluación de los Recursos Hídricos Superficiales en la Cuenca del Río Maipo
  - **Ref. 9:** Diagnóstico y Proposición Plan Maestro de Manejo de Cauces Naturales, Cuenca del Estero Lampa, Región Metropolitana
- **Estudios de Ingeniería Civil:** Estos estudios presentan información del área Ingeniería Civil que será utilizada para la formulación del Plan Director. En esta área se incluyen 9 estudios, los que se enumeran a continuación:

- **Ref. 10:** Modelo de Simulación Operacional de la Cuenca de los Ríos Maipo y Mapocho-Estudio Base
  - **Ref. 11:** Plan Maestro de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias del Gran Santiago
  - **Ref. 12:** Estudio Integral de Optimización del Regadío de la 3ª Sección del Río Maipo y Valles de Yali y Alhué
  - **Ref. 13:** Diagnóstico del Riego en Chile: Región Metropolitana
  - **Ref. 14:** Plan de Saneamiento Hídrico del Gran Santiago
  - **Ref. 15:** Identificación de las Principales Áreas Agrícolas y de Interés para el MINAGRI como aporte para el Ordenamiento Territorial del País
  - **Ref. 16:** Estudio de Pre-Factibilidad Mejoramiento de Riego en el Valle de Puangue, Comuna de Curacaví, Región Metropolitana
  - **Ref. 17:** Diagnóstico de Caudales en Cuencas No Controladas en Recuperación, Cuencas de Aconcagua y Maipo
  - **Ref. 18:** Uso Actual y Futuro Aguas Cuenca del Río Maipo
- **Estudios Agronómicos:** En esta sección se incluyen 10 estudios que presentan información de tipo agronómico, tales como suelos y cultivos:
    - **Ref. 19:** Descripciones de suelos: Estudio Agrológico, Proyecto Maipo. Región Metropolitana
    - **Ref. 20:** Descripciones de Suelos y Materiales y Símbolos. Estudio Agrológico Región Metropolitana
    - **Ref. 21:** Descripciones de Suelos. Estudio Agrológico V Región
    - **Ref. 22:** Clasificación de las Explotaciones Agrícolas del VI Censo Nacional Agropecuario según Tipo de Productor y Localización Geográfica.
    - **Ref. 23:** Sistema Integral de Riego Electrónico (e-SIIR)
    - **Ref. 24:** Catastro Frutícola: Principales Resultados. Región Metropolitana
    - **Ref. 25:** Catastro Vitivinícola Nacional 2004
    - **Ref. 26:** Distribución Espacial de los Huertos Frutícolas de Chile
    - **Ref. 27:** Compendio Estadístico Silvoagropecuario 1990-2004
    - **Ref. 28:** Centro de Investigación y Transferencia en Riego y Agroclimatología
  - **Estudios de Calidad de Aguas:** En esta sección se incluyen 3 estudios que presentan aspectos de la calidad de las aguas en la cuenca:
    - **Ref. 29:** Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Agua Según Objetivos de Calidad. Cuenca del Río Maipo
    - **Ref. 30:** Anteproyecto de Normas Secundarias de Calidad Ambiental para la Protección de las Aguas Continentales Superficiales de la Cuenca del Río Maipo

- **Ref. 31:** Impacto Económico de la Aplicación de la Norma Secundaria de Calidad de Agua en el Sector Agropecuario de la Cuenca Maipo-Mapocho
  
- **Estudios Relacionados con la Planificación Territorial:** En esta sección se incluyen 6 estudios que presentan información relativos a la planificación territorial en la cuenca:
  - **Ref. 32:** Análisis y Diagnóstico Plan Regional de Desarrollo Urbano Región Metropolitana (Informe Etapa 4)
  - **Ref. 33:** Proyecto OTAS. Bases para el Ordenamiento Territorial Ambientalmente Sustentable de la Región Metropolitana de Santiago
  - **Ref. 34:** Atlas Socioeconómico Región Metropolitana de Santiago (RMS)
  - **Ref. 35:** Diagnóstico de los suelos en la Región Metropolitana. CONAMA
  - **Ref. 36:** Infraestructura para la Competitividad 2007-2012 Región Metropolitana
  - **Ref. 37:** Planes Reguladores Comunales (PRC)

Para todos los estudios analizados, se identificó la información de utilidad para el desarrollo de este Plan Director.

### 3. DIAGNÓSTICO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

El diagnóstico de los recursos hídricos se presenta separado en 4 componentes principales:

- Marco Legal e Institucional
- Cantidad de Recursos Hídricos
- Calidad de los Recursos Hídricos y Medio Ambiente
- Infraestructura

#### 3.1 MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL

Este capítulo se presenta un análisis legal que incluye la legislación vigente relacionada con el agua, legislación ambiental, las instituciones ligadas al agua (directa o indirectamente), los derechos de agua, y el mercado del agua.

- **Marco Legal:** Incluye un análisis del Código de Aguas y la legislación ambiental vigente
- **Marco Institucional:** El marco institucional de la cuenca del río Maipo corresponde a los entes públicos y privados que se organizan en torno a la aplicación y ejecución de las normas, planes y programas relativos a la cuenca o bien cumplen funciones de administración de los recursos
- **Problemática Interinstitucional:** Se incluye un análisis de la coordinación institucional en torno al agua, tanto desde el punto de vista institucional como de sus usuarios. El análisis se divide en 2 puntos principales:
  - Interacción entre Instituciones
  - Interacción entre Usuarios e Instituciones

En lo que respecta a la relación entre instituciones, se puede concluir que:

- Al relacionarse distintos servicios que tienen dependencias jerárquicas distintas, cada uno su propio director nacional o equivalente, sus funciones no están exentas de problemas prácticos al no existir una visión común de las políticas públicas que se desarrollan en este ámbito

Por otra parte, en lo que respecta a la relación entre usuarios e instituciones, se puede concluir que:

- Las organizaciones no se relacionan en forma fluida con todas las instituciones relacionadas a la gestión de los recursos hídricos, esto puede provenir de desconocimiento o malas experiencias históricas
  - Las organizaciones se relacionan directamente con instituciones de fomento a la infraestructura y asignación de derechos de aguas
  - Las vinculaciones/interacciones, de existir, son no formales, por lo tanto el acoplamiento estructural con otras instituciones es incipiente y muy precario, lo que implica una pérdida de oportunidades disponibles para mejorar la gestión
- **Derechos de Agua:** El derecho de aprovechamiento es un derecho real que recae sobre las aguas y consiste en el uso y goce de ellas, con los requisitos y en conformidad a las reglas que prescribe el código de aguas.

Desde el punto de vista técnico en el informe de la Ref. 8 se concluye lo siguiente:

- En la Primera Sección del río Maipo no es posible constituir nuevos derechos consuntivos permanentes
- En la Segunda y Tercera Sección del río Maipo no es posible constituir nuevos derechos consuntivos permanentes, más allá de los comprometidos en esta sección
- A pesar de existir recursos al fin de la Segunda Sección, estos recursos se encuentran comprometidos en la Tercera Sección del río Maipo
- Para el caso de los derechos eventuales, tampoco existe la posibilidad de constituir nuevos derechos consuntivos, dado que ya no hay recursos disponibles al cierre de la cuenca, más allá del expediente ND-0506-3350. Esta línea de corte podría variar si existiera liberación de caudal producto de constituciones de derechos por caudales menores a los indicados en este estudio y/o por denegación de solicitudes
- A pesar de lo descrito anteriormente, aguas abajo de la estación Río Maipo en Cabimbao, el caudal promedio disponible a nivel anual es del orden de 43 m<sup>3</sup>/s descontado el caudal ecológico del tramo el que asciende a 15,4 m<sup>3</sup>/s<sup>1</sup>.

Desde el punto de vista legal, las secciones antes descritas no han sido declaradas como agotadas<sup>2</sup>, existiendo solamente la declaración de agotamiento para la Primera Sección del Río Mapocho<sup>3</sup>.

---

<sup>1</sup> Determinado en estudio Evaluación de los Recursos Hídricos Superficiales en la Cuenca del Río Maipo (2003). Según el artículo 129 bis 1 del Código de Aguas, la DGA velará por la preservación de la naturaleza y protección del medio ambiente, debiendo para ello establecer un caudal ecológico mínimo.

La información respecto del Caudal Ecológico fue corroborada mediante la revisión de distintas Resoluciones que constituyen derechos de aguas en la cuenca.

<sup>2</sup> Antecedentes recopilados en el Centro de Documentación de la DGA.

**Constitución de nuevos derechos de aprovechamiento relativos a aguas subterráneas:** En lo que respecta a la constitución de derechos de agua subterránea en la cuenca, se tiene que existen diversas zonas en las que no es posible solicitar nuevos derechos de agua subterránea. Estos sectores son:

- Área de restricción Yali Bajo El Prado<sup>4</sup>
- Área Restricción Maipo: sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común de TilTil, Chacabuco-Polpaico, Lampa, Colina Sur, Santiago Norte, Santiago Central, Chicureo y Colina Inferior<sup>5</sup>;
- Área de restricción para el Acuífero del Mapocho Alto<sup>6</sup>;
- Área de restricción del Acuífero de Chicureo<sup>6</sup>;
- Área de restricción del Acuífero de Colina Inferior<sup>7</sup>;

## **3.2 CANTIDAD DE RECURSOS HÍDRICOS**

### **3.2.1 Oferta de Recursos Hídricos**

En esta sección se presenta una actualización del diagnóstico presentado en la Ref. 1, incluyendo tanto la situación actual como la situación futura, y se divide en 5 secciones:

- Recursos Superficiales
- Recursos Subterráneos
- Aspectos Ambientales y Calidad del Agua
- Demandas de Agua
- Infraestructura de Aprovechamiento y Monitoreo

#### **3.2.1.1 Recursos Superficiales**

##### **a) Generalidades**

En Marzo de 2007, la Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas, terminó el estudio “Bases Plan Director para la Gestión de Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Maipo” a través de la empresa consultora Conic-Bf (Ref. 1). En dicho estudio, se analizó y completó la estadística necesaria para la operación del modelo MAGIC-Maipo, de forma de extender el período de calibración y validación hasta el

---

<sup>3</sup> Declarado a través de la Resolución DGA N° 383 de 1983.

<sup>4</sup> Declarada a través de la Resolución DGA N° 293 de 2004.

<sup>5</sup> Declarada a través de la Resolución DGA N° 286 de 2005.

<sup>6</sup> Declarada a través de las Resoluciones DGA N° 889, N° 890, ambas de 1999, y N° 62 de 2001.

<sup>7</sup> Declarada a través de la Resolución DGA N° 540 de 2001.

año 2004/05, extendiendo las estadísticas presentadas en el estudio de la Ref. 10. La información actualizada se refiere a:

- Precipitaciones
- Fluviometría

## **b) Pluviometría**

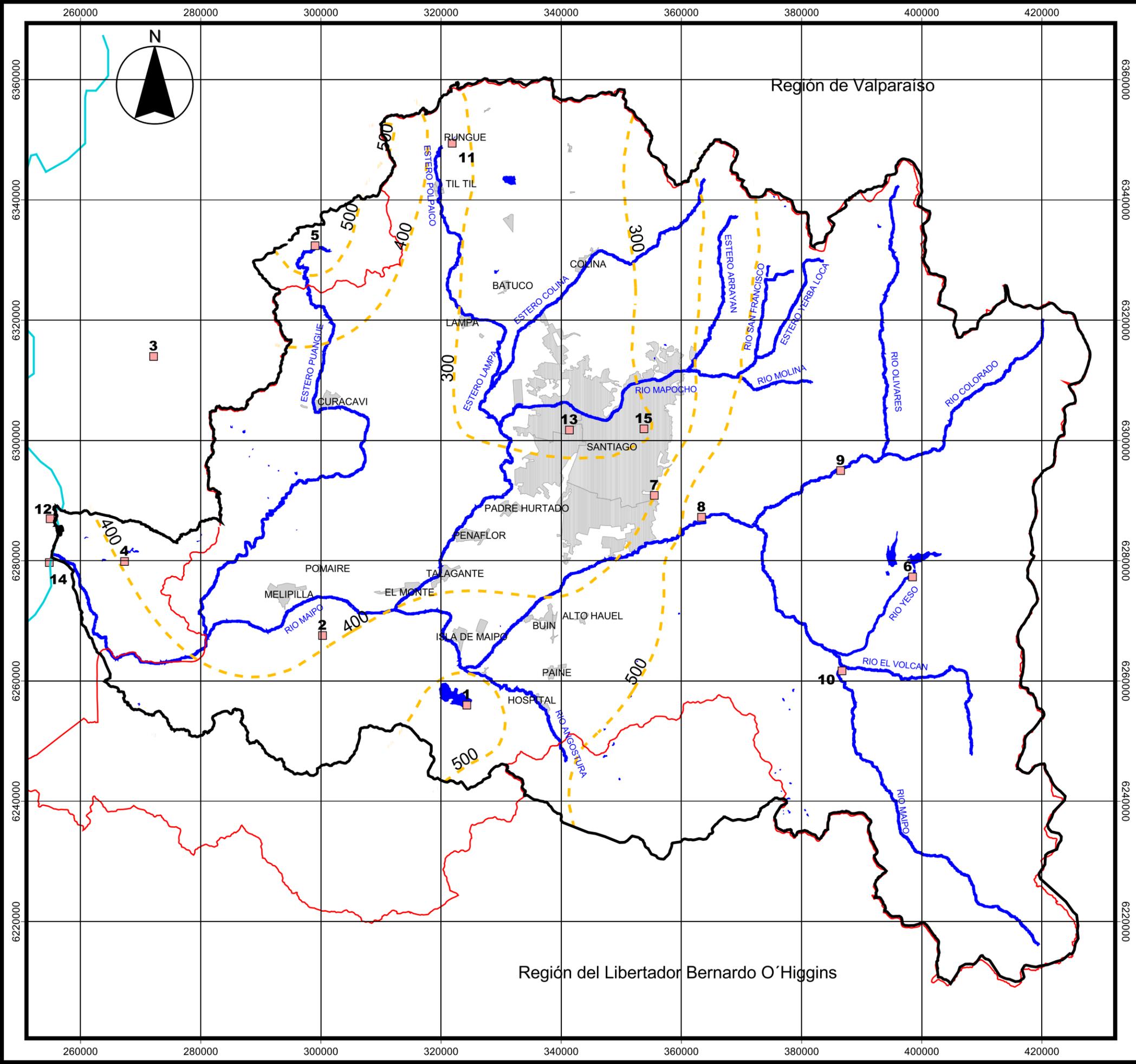
En el estudio de la Ref. 1 se generaron series pluviométricas completas (corregidas, rellenadas, extendidas y homogenizadas) para el período Abril de 1950 a Marzo de 2004 para las 17 estaciones requeridas para el modelo MAGIC-Maipo, el modelo pluvial para generar los caudales de las cuencas pluviales no controladas y para generar los caudales de las nivo-pluviales no controladas. El proceso de análisis se comenzó con la selección de 36 estaciones controladas por la DGA y la DMC. Este conjunto de estaciones incluía algunas estaciones ubicadas fuera de la cuenca para ayudar al relleno de las estadísticas. Posteriormente se seleccionó un sub-conjunto de 22 estaciones usadas para definir un patrón de precipitaciones a usarse para el relleno y corrección de las restantes estadísticas. Finalmente, y luego del relleno y la corrección de las estadísticas anuales y mensuales, se obtuvo un conjunto de 15 estaciones que son utilizadas por el modelo MAGIC-Maipo. Estas estaciones se indican en el Cuadro 3.2.1.1-1. En este cuadro se presentan su ubicación y la precipitación 50% probable. Finalmente, en el Cuadro 3.2.1.1-2 se presentan las precipitaciones medias mensuales para las mismas estaciones. La ubicación de estas estaciones se presenta en la Figura 3.2.1.1-1.

**CUADRO 3.2.1.1-1  
ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS FINALES EN LA CUENCA DEL MAIPO**

Nombre Estación	Ubicación	Altura (m.s.n.m.)	Precipitación 50% Probable (mm)
Aculeo	33° 53' 70° 53'	370	542,2
Carmen de Las Rosas	33° 45' 71° 09'	165	391,0
Casablanca (*)	33° 19' 71° 25'	230	343,9
Cerrillos de Leyda	33° 38' 71° 30'	150	398,4
Colliguay	33° 10' 71° 08'	488	555,9
El Yeso Embalse	33° 41' 70° 07'	2.475	505,0
La Florida	33° 33' 70° 33'	665	415,2
La Obra de Maipo	33° 35' 70° 30'	799	586,4
Maitenes Planta	33° 33' 70° 16'	1.140	395,4
Queltehues Chilectra	33° 49' 70° 12'	1.365	342,3
Rungue	33° 02' 70° 54'	710	649,1
Punta Panul San Antonio (*)	33° 34' 71° 38'	63	316,0
Santiago Quinta Normal	33° 27' 70° 42'	530	299,7
Santo Domingo	33° 37' 71° 38'	66	464,2
Tobalaba	33° 27' 70° 34'	640	299,7

**Nota:** (\*) Estaciones de utilidad al estudio ubicadas fuera de los límites de la cuenca del río Maipo.

**Fuente:** Modificado de Conic-Bf-DGA, 2007 (Ref. 1)



ID	Nombre Estacion	PP 50% probable (mm)
1	Aculeo	542.2
2	Carmen de Las Rosas	391.0
3	Casablanca	343.9
4	Cerrillos Leyda	398.4
5	Colliguay	555.9
6	El Yeso Embalse	505.0
7	La Florida	415.2
8	La Obra de Maipo	586.4
9	Maitenes Planta	395.4
10	Queltehue Chilectra	342.3
11	Rungue	649.1
12	Punta Panul San Antonio	316.0
13	Santiago Quinta Normal	299.7
14	Santo Domingo	464.2
15	Tobalaba	299.7

**SIMBOLOGÍA**

<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Límite Cuenca Maipo</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; border-bottom: 1px solid red; margin-right: 5px;"></span> Límite Regional</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; border-bottom: 1px dashed cyan; margin-right: 5px;"></span> Línea de costa</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; border-bottom: 1px solid blue; margin-right: 5px;"></span> Hidrografía principal</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: blue; margin-right: 5px;"></span> Lagunas y Embalses</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: grey; margin-right: 5px;"></span> Zonas Urbanas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; border-bottom: 1px dashed yellow; margin-right: 5px;"></span> Isoyetas actualizadas 2006</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: red; margin-right: 5px;"></span> Estaciones pluviométricas</li> </ul>
--	--

Datos Cartográficos Proyección Universal Transversal Mercator Huso 19 zona Sur	Datos Geodésicos Elipsoide World Geodetic System 1984 Datum World Geodetic System 1984
---	--

**GOBIERNO DE CHILE**  
**MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS**  
**DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS**

CONSULTORES: LUIS ARRAU DEL CANTO CONSULTORES EN INGENIERÍA HIDRÁULICA Y DE RIEGO	PROYECTO: PLAN DIRECTOR PARA LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS CUENCA DEL RÍO MAIPO	PLANO: CURVAS ISOYETAS ZONA PLUVIAL 50% PROBABILIDAD ACTUALIZADAS AÑO 2006
DIRECTOR GENERAL DE AGUAS SR. RODRIGO WEISNER	JEFE DE DEPARTAMENTO SR. PEDRO RIVERA	INSPECTOR FISCAL: SR. ANDRÉS ARRIAGADA

ESCALA: 1:650000 	FIGURA: 3.2.1.1-1	FECHA MAYO DE 2008
-------------------------	----------------------	-----------------------



**CUADRO 3.2.1.1-2  
ESTADÍSTICA PROMEDIO ANUAL ESTACIONES FINALES (mm)**

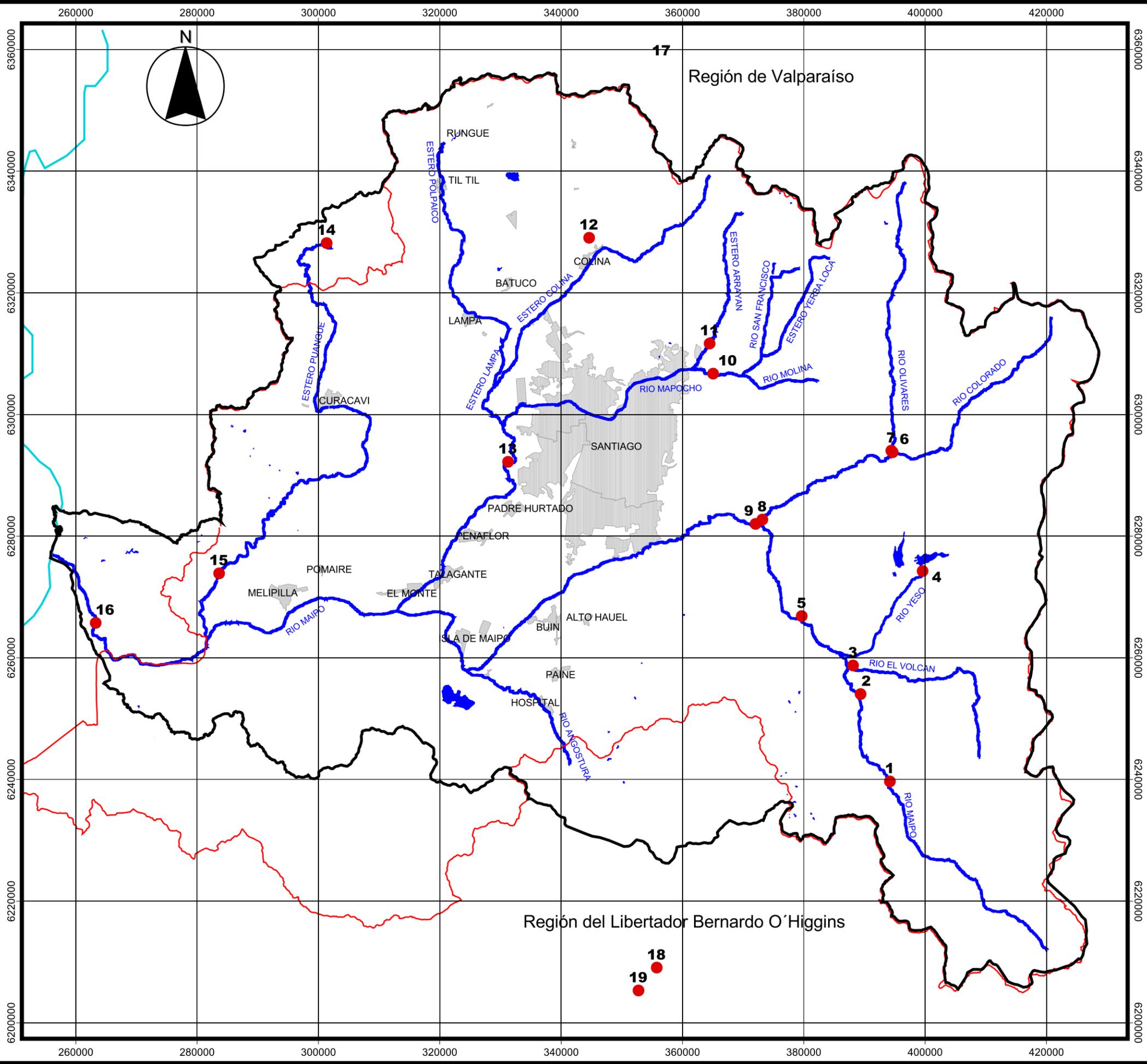
Estación	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Anual
Aculeo	27	107	160	151	94	41	12	9	4	0	1	5	611
Carmen de Las Rosas	20	75	113	103	65	30	11	8	3	1	1	5	433
Casablanca	18	66	94	88	66	27	14	5	2	1	0	6	385
Cerrillos de Leyda	23	80	103	103	68	33	12	8	3	1	0	6	439
Colliguay	21	98	150	167	104	53	15	9	3	1	1	5	625
El Yeso Embalse	39	90	136	115	90	47	20	18	7	5	6	9	583
La Florida	26	65	102	91	71	40	19	11	3	2	1	6	436
La Obra de Maipo	34	94	153	135	105	59	32	17	6	2	2	9	646
Maitenes Planta	24	66	107	87	68	38	22	15	6	2	3	8	446
Queltehues Chilectra	39	121	177	145	109	59	34	22	9	4	5	10	733
Rungue	15	63	92	94	56	26	8	7	1	1	1	3	365
Punta Panul San Antonio	21	68	88	90	56	30	10	9	2	1	1	5	380
Santiago Quinta Normal	18	52	76	73	54	27	12	7	3	1	1	5	328
Santo Domingo	26	89	121	121	74	44	15	8	3	1	1	9	512
Tobalaba	17	49	75	68	55	31	16	8	3	1	1	6	329

**Fuente:** Modificado de Conic-Bf-DGA, 2007 (Ref. 1)

### c) Fluviometría: Cuencas Controladas

La caracterización de las aguas superficiales se realiza usando las estaciones fluviométricas existentes en la cuenca. Con este fin, en el estudio de la Ref. 1 se analizaron las estaciones fluviométricas controladas por la DGA, y al final del análisis se eligieron 19 estaciones. El listado de estas estaciones se presenta en el Cuadro 3.2.1.1-3 y su ubicación se presenta en la Figura 3.2.1.1-2.





Indice	Nombre Estación
1	Maipo en las Hualtatas
2	Maipo en las Melosas
3	Volcan en Queltuhues
4	Yeso en Embalse el Yeso
5	Maipo en San Alfonso
6	Colorado Antes Junta Olivares
7	Olivares antes Junta Colorado
8	Colorado antes junta Rjo Maipo
9	Maipo en el Manzano
10	Mapocho en Los Almendros
11	Array n en las Montosas
12	Canal Colina en Compuerta Vargas
13	Mapocho en Rinconada de Maipo
14	Puangue en Boqueron
15	Puangue en Ruta 78
16	Maipo en Cabinmbao
17	Aconcagua en Chacabuquito
18	Cachapoal en Puente Termas
19	Claro en Campamento

### SIMBOLOGÍA

- Límite Cuenca Maipo
- Límite Regional
- Línea de costa
- ~ Hidrografía principal
- Lagunas y Embalses
- Zonas Urbanas
- Estaciones Fluviométricas Estudio CONIC-BF-DGA (2007)

<p style="font-size: 0.8em;">Datos Cartográficos Proyección Universal Transversal Mercator Huso 19 zona Sur</p>	<p style="font-size: 0.8em;">Datos Geodésicos Elipsoide World Geodetic System 1984 Datum World Geodetic System 1984</p>
---	---

GOBIERNO DE CHILE  
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS  
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

CONSULTORES: LUIS ARRAU DEL CANTO CONSULTORES EN INGENIERÍA HIDRÁULICA Y DE RIEGO	PROYECTO: PLAN DIRECTOR PARA LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS CUENCA DEL RÍO MAIPO	PLANO: ESTACIONES FLUVIOMÉTRICAS SELECCIONADAS
DIRECTOR GENERAL DE AGUAS SR. RODRIGO WEISNER	JEFE DE DEPARTAMENTO SR. PEDRO RIVERA	INSPECTOR FISCAL: SR. ANDRÉS ARRIAGADA

ESCALA: 1:650000 	FIGURA: 3.2.1.1-2	FECHA MAYO DE 2008
-------------------------	----------------------	-----------------------



**CUADRO 3.2.1.1-3  
ESTACIONES FLUVIOMÉTRICAS REQUERIDAS**

Número	Nombre de la Estación	Ubicación	Altura (m.s.n.m.)	Superficie Cuenca (km <sup>2</sup> )
1	Río Maipo en Las Hualtatas	33° 59' 70° 10'	1.820	843
2	Río Maipo en Las Melosas	33° 50' 70° 12'	1.527	1.488
3	Río Volcán en Queltehues	33° 48' 70° 12'	1.365	523
4	Afluentes al embalse El Yeso	33° 40' 70° 05'	2.475	353
5	Río Maipo en San Alfonso	33° 44' 70° 18'	1.108	2.850
6	Río Colorado antes Junta Río Olivares	33° 30' 70° 08'	1.500	834
7	Río Olivares antes Junta Río Colorado	33° 29' 70° 08'	1.500	531
8	Río Colorado Antes junta Río Maipo	33° 35' 70° 22'	890	1713
9	Río Maipo en el Manzano	33° 35' 70° 24'	850	4.968
10	Río Mapocho en los Almendros	33° 22' 70° 28'	1.024	620
11	Estero Arrayán en La Montosa	33° 21' 70° 29'	880	219
12	Canal Colina en Compuerta Vargas	33° 10' 70° 40'	500	248
13	Río Mapocho Rinconada de Maipú	33° 30' 70° 49'	420	4.068
14	Estero Puangue en Boquerón	33° 17' 71° 08'	488	137
15	Estero Puangue en Ruta 78	33° 39' 71° 21'	100	1.670
16	Río Maipo en Cabimbao	33° 47' 71° 32'	35	15.040
17	Río Aconcagua en Chacabuquito	32° 50' 70° 30'	1.030	2.400
18	Río Cachapoal en Puente Termas de Cauquenes	34° 15' 70° 34'	700	2.387
19	Río Claro en Campamento	34° 17' 70° 36'	774	210

**Fuente:** Conic-Bf-DGA, 2007 (Ref. 1)

Posterior al relleno, se tienen las estadísticas finales que caracterizan las cuencas controladas, las que son presentadas como caudales medios mensuales Cuadro 3.2.1.1-4.

**CUADRO 3.2.1.1-4**  
**CAUDALES PROMEDIO ESTACIONES SELECCIONADAS (m<sup>3</sup>/s)**

Nº	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Anual
1	20,5	16,6	14,5	13,5	12,7	14,1	21,1	43,8	69,9	67,6	46,8	31,5	31,1
2	26,9	19,7	20,4	18,7	17,6	20,7	34,4	69,1	101,4	94,9	58,9	41,1	43,7
3	11,0	9,1	8,6	8,4	8,0	8,6	11,9	20,8	32,0	32,6	23,9	16,6	16,0
4	6,0	4,6	4,0	3,5	3,3	3,7	5,2	9,6	16,1	18,1	13,7	9,2	8,1
5	13,0	10,2	9,2	8,4	8,1	8,8	11,7	19,8	31,6	33,0	24,7	18,7	16,4
6	5,9	4,2	3,6	3,5	3,5	4,3	6,5	10,6	17,3	22,3	19,4	12,2	9,4
7	20,0	16,1	16,0	15,8	15,8	18,4	24,8	40,3	59,2	63,5	50,8	34,1	31,2
8	68,1	56,2	59,4	58,4	60,7	68,1	96,5	158,1	226,0	218,0	154,1	102,8	110,5
9	18,2	21,8	32,2	34,5	34,5	29,3	27,0	30,3	29,7	23,4	20,3	20,2	26,8
10	15,4	12,9	14,6	14,7	15,7	19,8	32,1	59,6	76,7	63,4	39,8	24,9	32,5
11	46,4	40,1	47,5	48,7	48,9	57,2	81,0	132,5	185,3	167,0	125,0	80,6	88,4
12	0,8	2,5	6,9	9,6	8,3	8,5	6,7	5,5	3,7	2,2	1,0	0,2	4,7
13	2,1	2,3	3,5	3,7	5,3	7,4	10,9	12,2	11,0	7,6	4,5	2,9	6,1
14	0,7	0,8	1,1	1,1	1,3	1,5	2,2	3,0	2,8	1,6	1,0	0,8	1,5
15	0,0	0,1	2,1	1,7	1,6	1,0	0,5	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,6
16	0,6	0,7	0,7	0,8	1,1	1,6	2,7	3,1	2,2	1,4	0,8	0,6	1,4
17	15,3	18,4	24,1	21,3	18,1	15,0	11,2	9,6	7,3	5,5	7,4	11,1	13,7
18	73,0	106,5	160,7	176,6	177,0	120,2	85,5	110,9	139,8	121,2	79,3	67,1	118,2
19	45,8	38,3	38,1	36,5	36,0	41,0	61,1	114,0	166,7	150,1	102,1	66,3	74,7

**Fuente:** Modificado de Conic-Bf-DGA, 2007 (Ref. 1)

#### **d) Fluviometría: Calibración Modelo MAGIC-Maipo**

Adicionalmente, se seleccionó un grupo de 9 estaciones para la adecuada calibración del modelo MAGIC-Maipo, modelo que se describe brevemente en el Acápite 6. Es importante indicar que estas estaciones se seleccionaron luego de una visita conjunta entre la Inspección Fiscal y este Consultor a las estaciones fluviométricas existentes en la zona de estudio, con el fin de evaluar la pertinencia de las estaciones para el proceso de calibración. Es importante indicar que de estas 9 estaciones, 2 están suspendidas, por lo que no presentan registros actualizados, y 2 estaciones se usan sólo con fines referenciales. Las series observadas son utilizadas para contrastar los caudales generados por el modelo de simulación, en los nodos correspondientes. En caso de discrepancias, se realiza un proceso de calibración, ajustando por sucesivas iteraciones y a través del método de prueba y error, los parámetros que se designen como valores de ajuste. El listado de estas estaciones se presenta en el Cuadro 3.2.1.1-5.

**CUADRO 3.2.1.1-5  
ESTACIONES PARA CALIBRACIÓN  
MODELO MAGIC-MAIPO**

Nombre	Código BNA	Vigencia	Tipo
Río Maipo en San Alfonso	05704002-5	Vigente	Calibración
Río Maipo en el Manzano	05710001-K	Vigente	Calibración
Río Angostura en Angostura	05713001-6	Suspendida	Calibración
Río Angostura en Valdivia de Paine	05716001-2	Vigente	Calibración
Río Maipo en Naltahua	05717005-0	Suspendida	Referencia
Estero Polpaico en Chicauma	05734001-0	Vigente	Referencia
Río Mapocho en Rinconada	05737002-5	Vigente	Calibración
Estero Puengue en Ruta 78	05746001-6	Vigente	Calibración
Río Maipo en Cabimbao	05748001-7	Vigente	Calibración

**Fuente:** Elaboración Propia

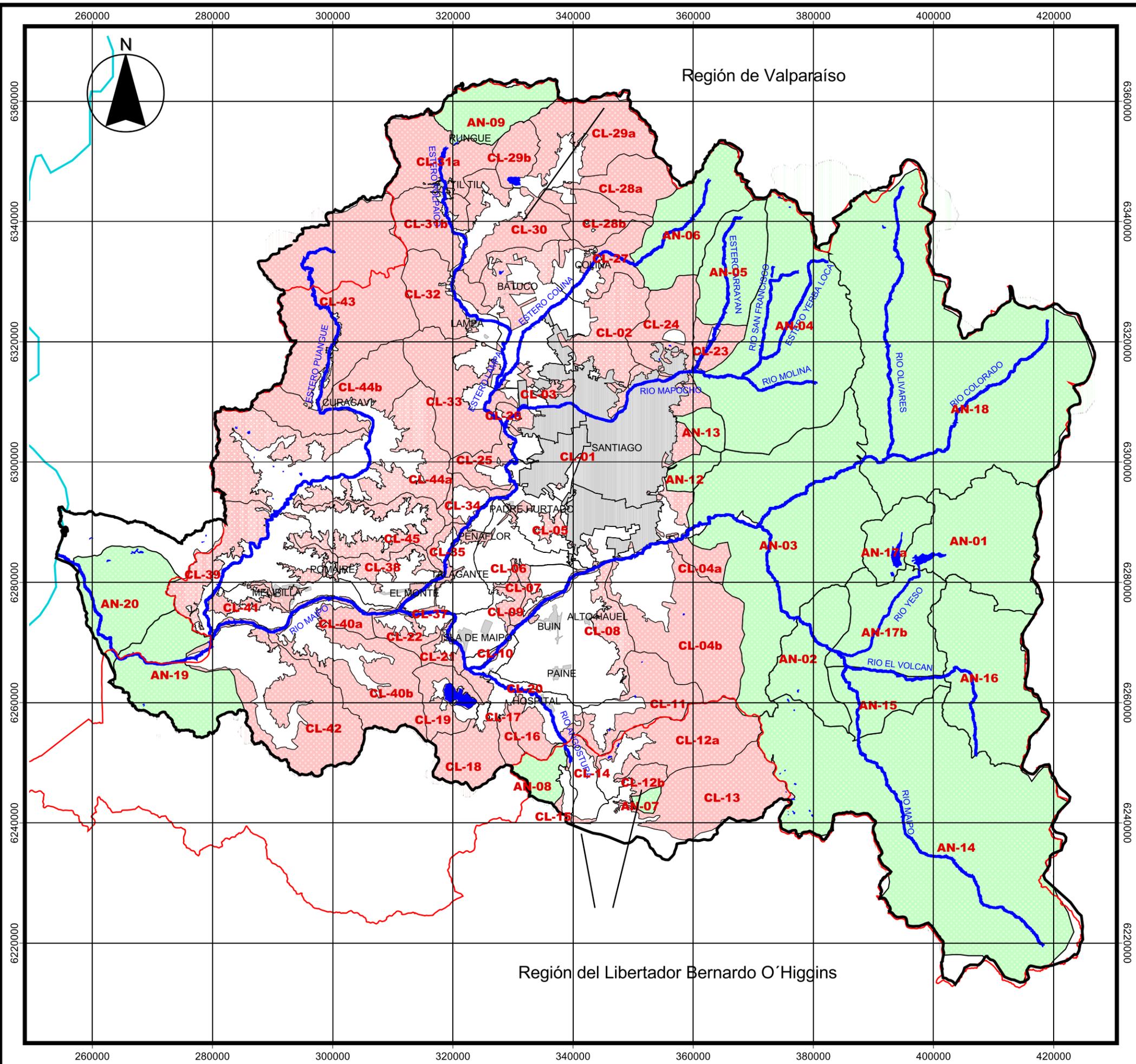
**e) Fluviometría: Caudales en Sub-Cuencas Modelo MAGIC-Maipo**

En la cuenca del río Maipo existe una cantidad importante de sub-cuencas, algunas de ellas con control fluviométrico, y otras sin control fluviométrico que se han considerado en la modelación superficial MAGIC-Maipo en el estudio de la Ref. 1. Por esta razón, el presente acápite tiene por finalidad actualizar las estadísticas existentes hasta el año hidrológico 2006. Es importante indicar que para las cuencas sin control fluviométrico, es necesario emplear métodos sintéticos de generación de caudales, tales como la aplicación de modelos matemáticos para cuencas pluviales o nivo-pluviales.

El sistema queda representado por 20 aportes naturales, y 45 cuencas laterales. Aportes naturales se refiere a las sub-cuencas de cabecera, y cuencas laterales son sub-cuencas intermedias ubicadas en los sectores de riego o con algún grado de intervención. La ubicación de las cuencas laterales y aportes naturales se presenta en la Figura 3.2.1.1-3, y el régimen asociado en la Figura 3.2.1.1-4. Adicionalmente, el régimen de escurrimiento en cada cuenca se presenta en los Cuadros 3.2.1.1-6 y 3.2.1.1-7, en el que se indica el tipo de método usado para generar las estadísticas. Estos métodos son:

- Control Fluviométrico Directo
- Control Fluviométrico Indirecto
- Modelo Pluvial
- Modelo Nivo-Pluvial





Región de Valparaíso

Región del Libertador Bernardo O'Higgins

**Observaciones:**  
 Existen dos aportes naturales que cumplen Funciones de trasvase en la cuenca:

AN-10: Traslada aguas desde la región del Libertador Bernardo O'higgins a través de los canales Lucano y Rafaelino a las zonas de riego ZR-15 y ZR-12 respectivamente.

AN-11: Traslada aguas desde la región de Valparaíso a través del canal Chacabuco Polpaico a la zona de riego ZR-29.

SIMBOLOGÍA			
	Límite Cuenca Maipo		
	Límite Regional		
	Línea de costa		
	Hydrografía principal		
	Lagunas y Embalses		
	Zonas Urbanas		
		Sub Cuenclas	
			Aporte Natural
			Cuenca Lateral

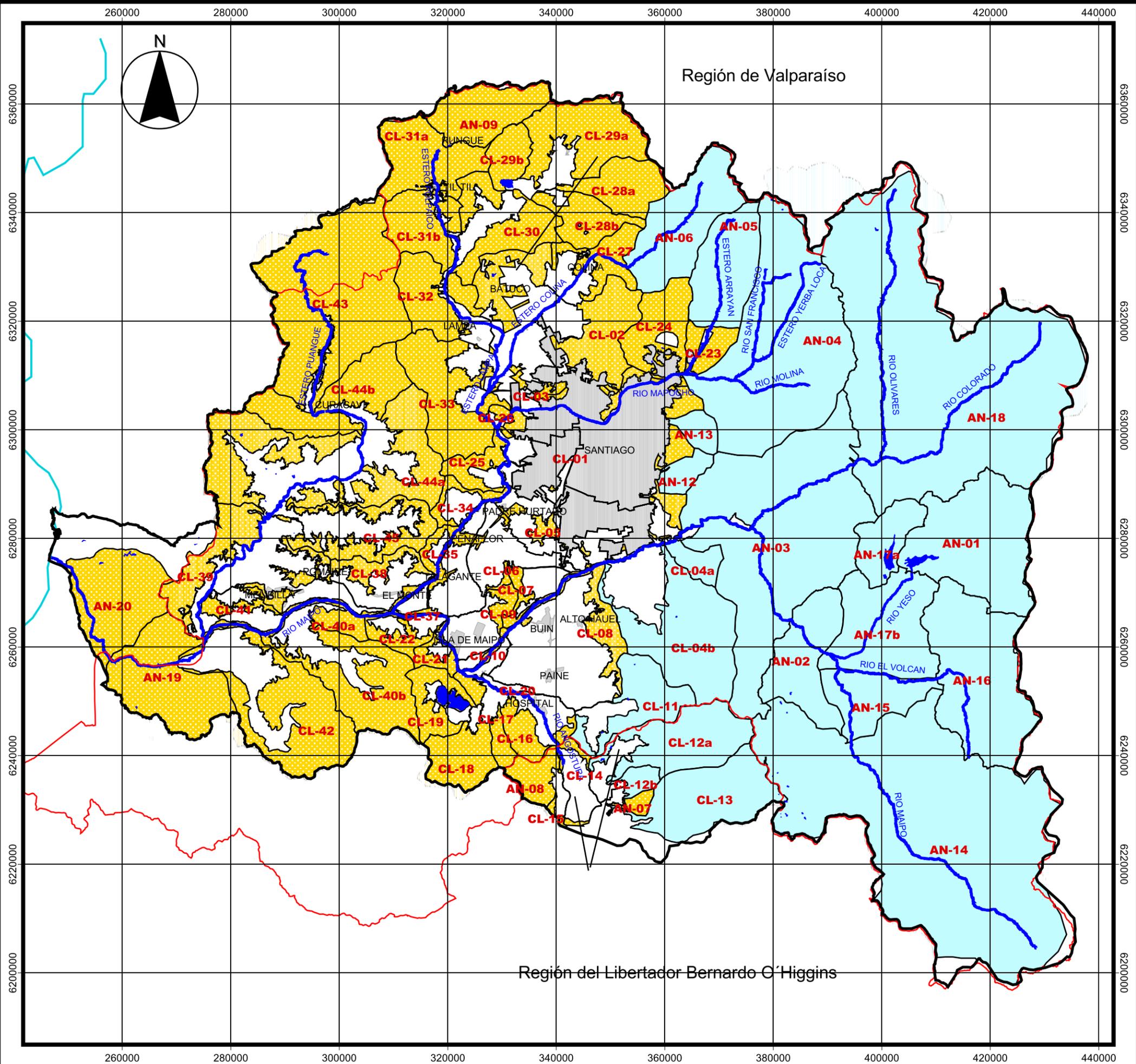
  

Datos Cartográficos Proyección Universal Transversal Mercator Huso 19 zona Sur		Datos Geodésicos Elipsoide World Geodetic System 1984 Datum World Geodetic System 1984	
---	--	--	--

<p><b>GOBIERNO DE CHILE</b>  <b>MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS</b>  <b>DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS</b></p>		
CONSULTORES: LUIS ARRAU DEL CANTO CONSULTORES EN INGENIERÍA HIDRÁULICA Y DE RIEGO	PROYECTO: PLAN DIRECTOR PARA LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS CUENCA DEL RÍO MAIPO	PLANO: CUENCAS LATERALES Y APORTES NATURALES
DIRECTOR GENERAL DE AGUAS SR. RODRIGO WEISNER	JEFE DE DEPARTAMENTO SR. PEDRO RIVERA	INSPECTOR FISCAL: SR. ANDRÉS ARRIAGADA
ESCALA: 1:650000 	FIGURA: 3.2.1.1-3	FECHA MAYO DE 2008





**SIMBOLOGÍA**

Límite Cuenca Maipo	Régimen Sub Cuenas Nivo-Pluvial
Límite Regional	Pluvial
Línea de costa	
Hidrografía principal	
Lagunas y Embalses	
Zonas Urbanas	

Datos Cartográficos Proyección Universal Transversal Mercator Huso 19 zona Sur	Datos Geodésicos Elipsoide World Geodetic System 1984 Datum World Geodetic System 1984
---	--

**GOBIERNO DE CHILE**  
**MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS**  
**DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS**

CONSULTORES: LUIS ARRAU DEL CANTO CONSULTORES EN INGENIERÍA HIDRÁULICA Y DE RIEGO	PROYECTO: PLAN DIRECTOR PARA LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS CUENCA DEL RÍO MAIPO	PLANO: TIPO DE RÉGIMEN DE SUB CUENCAS
DIRECTOR GENERAL DE AGUAS SR. RODRIGO WEISNER	JEFE DE DEPARTAMENTO SR. PEDRO RIVERA	INSPECTOR FISCAL: SR. ANDRÉS ARRIAGADA

ESCALA: 1:650000 	FIGURA: 3.2.1.1-4	FECHA MAYO DE 2008
-------------------------	----------------------	-----------------------



**CUADRO 3.2.1.1-6  
CARACTERIZACIÓN APORTES NATURALES**

<b>Cuenca</b>	<b>Origen Datos</b>	<b>Estación que Controla</b>
<b>AN-01</b>	Modelo Pluvio - Nival	Maipo en San Alfonso
<b>AN-02</b>	Modelo Pluvio - Nival	Maipo en San Alfonso Maipo en Las Melosas
<b>AN-03</b>	Modelo Pluvio - Nival	Maipo en El Manzano Maipo en San Alfonso
<b>AN-04</b>	Con Control Fluviométrico Directo	Mapocho en Los Almendros
<b>AN-05</b>	Con Control Fluviométrico Directo	Arrayán en La Montosa
<b>AN-06</b>	Con Control Fluviométrico Directo	Canal Colina en Compuerta Vargas
<b>AN-07</b>	Modelo Pluvial	-
<b>AN-08</b>	Modelo Pluvial	-
<b>AN-09</b>	Modelo Pluvial	-
<b>AN-10</b>	Con Control Fluviométrico Indirecto	Cachapoal en Puente Termas Claro en Campamento
<b>AN-11</b>	Con Control Fluviométrico Indirecto	Aconcagua en Chacabuquito
<b>AN-12</b>	Modelo Pluvio - Nival	Arrayán en La Montosa
<b>AN-13</b>	Modelo Pluvio - Nival	Arrayán en La Montosa
<b>AN-14</b>	Modelo Pluvio - Nival	Maipo en San Alfonso
<b>AN-15</b>	Modelo Pluvio - Nival	Maipo en San Alfonso Maipo en Las Melosas
<b>AN-16</b>	Modelo Pluvio - Nival	Maipo en San Alfonso
<b>AN-17</b>	Modelo Pluvio - Nival	Maipo en San Alfonso Maipo en Las Melosas
<b>AN-18</b>	Modelo Pluvio - Nival	Maipo en San Alfonso
<b>AN-19</b>	Modelo Pluvial	-
<b>AN-20</b>	Modelo Pluvial	-

**Fuente:** Modificado de Conic-Bf-DGA, 2007 (Ref. 1)

**CUADRO 3.2.1.1-7  
CARACTERIZACIÓN CUENCAS LATERALES**

<b>Sub-Cuenca</b>	<b>Origen Datos</b>	<b>Estación que Controla</b>
CL-01	Modelo Pluvial	-
CL-02	Modelo Pluvial	-
CL-03	Modelo Pluvial	-
CL-04	Modelo Pluvio - Nival	Arrayán en La Montosa
CL-05	Modelo Pluvial	-
CL-06	Modelo Pluvial	-
CL-07	Modelo Pluvial	-
CL-08	Modelo Pluvial	-
CL-09	Modelo Pluvial	-
CL-10	Modelo Pluvial	-
CL-11	Modelo Pluvio - Nival	Arrayán en La Montosa
CL-12	Modelo Pluvio - Nival	Arrayán en La Montosa
CL-13	Modelo Pluvio - Nival	Arrayán en La Montosa
CL-14	Modelo Pluvial	-
CL-15	Modelo Pluvial	-
CL-16	Modelo Pluvial	-
CL-17	Modelo Pluvial	-
CL-18	Modelo Pluvial	-
CL-19	Modelo Pluvial	-
CL-20	Modelo Pluvial	-
CL-21	Modelo Pluvial	-
CL-22	Modelo Pluvial	-
CL-23	Modelo Pluvial	-
CL-24	Modelo Pluvial	-
CL-25	Modelo Pluvial	-
CL-26	Modelo Pluvial	-
CL-27	Modelo Pluvial	-
CL-28	Modelo Pluvial	-
CL-29	Modelo Pluvial	-
CL-30	Modelo Pluvial	-
CL-31	Modelo Pluvial	-
CL-32	Modelo Pluvial	-
CL-33	Modelo Pluvial	-
CL-34	Modelo Pluvial	-
CL-35	Modelo Pluvial	-
CL-36	Modelo Pluvial	-
CL-37	Modelo Pluvial	-
CL-38	Modelo Pluvial	-
CL-39	Modelo Pluvial	-
CL-40	Modelo Pluvial	-
CL-41	Modelo Pluvial	-
CL-42	Modelo Pluvial	-
CL-43	Modelo Pluvial	-
CL-44	Modelo Pluvial	-
CL-45	Modelo Pluvial	-

**Fuente:** Conic-Bf-DGA, 2007 (Ref. 1)

**e.1) Control Fluviométrico**

La caracterización de las aguas superficiales se realiza usando las estaciones fluviométricas existentes en la cuenca. Con este fin, en el estudio de la Ref. 1 se analizaron las estaciones fluviométricas controladas por la DGA, y al final del análisis se eligieron 19 estaciones. De estas 19 estaciones, 3 se utilizan para el control fluviométrico directo de 3 aportes naturales, 3 para el control fluviométrico indirecto de 2 aportes naturales, y 4 se usan para la generación de 16 cuencas nivo-pluviales (aportes naturales y cuencas laterales). El listado de estas estaciones se presenta en el Cuadro 3.2.1.1-8.

**CUADRO 3.2.1.1-8  
ESTACIONES FLUVIOMÉTRICAS REQUERIDAS  
CONTROL FLUVIOMÉTRICO  
DIRECTO-INDIRECTO-PLUVIO-NIVAL**

Nº	Tipo Control	Nombre de la Estación	Ubicación	Altura (m.s.n.m.)	Superficie Cuenca (km <sup>2</sup> )
1	D	Río Mapocho en los Almendros	33° 22' 70° 28'	1.024	620
2	D / P-N	Estero Arrayán en La Montosa	33° 21' 70° 29'	880	219
3	D	Canal Colina en Compuerta Vargas	33° 10' 70° 40'	500	248
4	I	Río Aconcagua en Chacabuquito	32° 50' 70° 30'	1.030	2.400
5	I	Río Cachapoal en Puente Termas de Cauquenes	34° 15' 70° 34'	700	2.387
6	I	Río Claro en Campamento	34° 17' 70° 36'	774	210
7	P-N	Río Maipo en Las Melozas	33° 50' 70° 12'	1.527	1.488
8	P-N	Río Maipo en San Alfonso	33° 44' 70° 18'	1.108	2.850
9	P-N	Río Maipo en El Manzano	33° 35' 70° 24'	850	4.968

D: Control Fluviométrico Directo

I: Control Fluviométrico Indirecto

P-N: Control Fluviométrico Para el Modelo Nivo-Pluvial

**Fuente:** Conic-Bf-DGA, 2007 (Ref. 1)

- **Control Fluviométrico Directo:** Para las estaciones con control fluviométrico directo se consideran las estadísticas obtenidas de las estaciones seleccionadas, cuyos valores medios mensuales se presentaron anteriormente en el Cuadro 3.2.1.1-4.

- **Control Fluviométrico Indirecto:** En el caso de los aportes naturales definidos con un control fluviométrico indirecto se procede de la siguiente manera:
  - **AN-10:** Para obtener el aporte del canal Chacabuco Polpaico se usó la estadística de Aconcagua en Chacabucuito. El canal Chacabuco – Polpaico tiene derechos eventuales de  $3 \text{ m}^3/\text{s}$  en el río Aconcagua, los cuales se ejercen cuando el río se declara libre, lo que ocurre para un caudal entre  $27$  y  $30 \text{ m}^3/\text{s}$ . Para los meses del período abril a septiembre se consideró que el canal puede captar el exceso sobre  $27 \text{ m}^3/\text{s}$  y limitado a  $3 \text{ m}^3/\text{s}$ , en los meses de octubre a abril se definió el caudal captado en la misma forma sólo que considerando el excedente sobre  $30 \text{ m}^3/\text{s}$ .
  - **AN-11:** Para obtener los caudales de los canales del río Cachapoal (canal Lucano y Rafaelino), que riegan en la parte sur de la cuenca, se usaron las estadísticas de Cachapoal en Puente Termas y Claro en Campamento. Sus caudales se estimaron en la misma forma aplicada en el estudio “Proyecto Maipo” IPLA CNR 1984. Este criterio consistió en lo siguiente: El río Cachapoal se divide en 1000 acciones de las cuales 66,07 acciones les corresponden a las áreas regadas en el río Maipo con un máximo estimado en  $8 \text{ m}^3/\text{s}$ , así, el caudal se calculó como 6,607% de la suma de los caudales Cachapoal en Puente Termas más Claro en Campamento limitado a  $8 \text{ m}^3/\text{s}$ .
- **Control Fluviométrico Modelo Nivo-Pluvial:** La metodología de aplicación para estas cuencas se explica brevemente en el siguiente punto.

#### **e.2) Generación Caudales Cuencas No-Controladas Pluviales: Modelo MPL:**

Para generar la escorrentía asociada a las cuencas no controladas con régimen pluvial, se utiliza el modelo de generación sintética de caudales medios mensuales denominado MPL, el cual ha sido aplicado en diferentes estudios de la DGA a numerosas cuencas del país. Entre ellas cabe mencionar, el río Maule, el estero Puyehue al norte de Loncoche, la cuenca del río Mulchén en Mulchén, y últimamente, las cuencas de los ríos Ligua y Petorca, la del río Aconcagua y la del estero Quilimarí. El modelo MPL asume que parte de la lluvia escurre superficialmente en forma inmediata. Del remanente, parte se infiltra hasta que la humedad del suelo alcanza la capacidad de campo. Por último, el agua en exceso escurre superficialmente. Por otra parte, del agua que infiltra, una fracción percola al acuífero subterráneo, hasta que este acuífero se satura. Desde ese momento, el agua en exceso se suma a la escorrentía.

#### **e.3) Generación Caudales Cuencas No-Controladas Nivo-Pluviales:** Para generar los caudales en cuencas de tipo nivo-pluvial, se utiliza un método de transposición que considera el área, la lluvia y la altura media de la cuenca. De

acuerdo con las características de las cuencas, se debe escoger una estación con estadística de caudales medios mensuales como estadística base para cada cuenca

El método de transposición consiste en lo siguiente: los caudales del período de invierno, abril a septiembre, se calculan multiplicando los de la estadística base por un factor de invierno y, análogamente, los de verano usando un factor de verano.

#### e.4) Caudales Sub-Cuencas Modelo MAGIC-Maipo

El resultado de la generación de caudales medios mensuales para las sub-cuencas se presenta en la forma de caudales medios mensuales en el Cuadro 3.2.1.1-9 para los aportes naturales, y en el Cuadro 3.2.1.1-10 para las cuencas laterales.

**CUADRO 3.2.1.1-9  
CAUDALES PROMEDIO APORTES NATURALES (m<sup>3</sup>/s)**

Nº	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Anual
<b>AN01</b>	4,488	3,752	3,759	3,588	3,546	4,020	6,927	12,801	18,666	16,812	11,449	7,490	<b>8,108</b>
<b>AN02</b>	4,354	3,640	3,647	3,481	3,441	3,900	4,002	7,395	10,784	9,712	6,614	4,327	<b>5,441</b>
<b>AN03</b>	4,078	3,410	3,415	3,261	3,223	3,653	0,865	1,599	2,332	2,100	1,430	0,936	<b>2,525</b>
<b>AN04</b>	2,121	2,291	3,504	3,686	5,270	7,352	10,933	12,166	11,047	7,616	4,539	2,915	<b>6,120</b>
<b>AN05</b>	0,749	0,826	1,131	1,058	1,269	1,450	2,203	3,034	2,828	1,646	0,968	0,776	<b>1,495</b>
<b>AN06</b>	0,571	0,701	0,720	0,801	1,056	1,626	2,708	3,106	2,231	1,380	0,844	0,593	<b>1,362</b>
<b>AN07</b>	0,023	0,126	0,451	0,545	0,438	0,283	0,156	0,081	0,040	0,019	0,010	0,008	<b>0,182</b>
<b>AN08</b>	0,054	0,234	0,973	1,325	1,134	0,762	0,406	0,211	0,105	0,050	0,027	0,022	<b>0,442</b>
<b>AN09</b>	0,080	0,309	1,178	1,740	1,233	0,860	0,419	0,227	0,102	0,053	0,030	0,028	<b>0,522</b>
<b>AN10</b>	3,115	2,781	3,541	3,842	3,692	4,256	5,723	7,421	7,775	7,696	7,058	5,271	<b>5,181</b>
<b>AN11</b>	0,059	0,000	0,164	0,087	0,123	0,353	1,691	2,786	2,783	2,620	1,823	0,782	<b>1,106</b>
<b>AN12</b>	0,061	0,067	0,092	0,086	0,103	0,118	0,140	0,192	0,179	0,104	0,061	0,049	<b>0,104</b>
<b>AN13</b>	0,042	0,046	0,063	0,059	0,071	0,081	0,092	0,127	0,119	0,069	0,041	0,033	<b>0,070</b>
<b>AN14</b>	23,808	19,905	19,939	19,035	18,813	21,326	32,400	59,870	87,300	78,628	53,545	35,030	<b>39,133</b>
<b>AN15</b>	1,591	1,330	1,333	1,272	1,257	1,425	2,145	3,964	5,781	5,206	3,546	2,320	<b>2,598</b>
<b>AN16</b>	6,559	5,484	5,493	5,244	5,183	5,876	10,157	18,769	27,368	24,649	16,786	10,982	<b>11,879</b>
<b>AN17a</b>	1,457	1,218	1,220	1,165	1,151	1,305	1,591	2,940	4,287	3,861	2,629	1,720	<b>2,045</b>
<b>AN17b</b>	3,859	3,226	3,232	3,085	3,049	3,457	4,214	7,787	11,355	10,227	6,964	4,556	<b>5,418</b>
<b>AN18</b>	16,535	13,824	13,848	13,220	13,066	14,811	26,221	48,453	70,652	63,634	43,334	28,350	<b>30,496</b>
<b>AN19</b>	0,231	0,876	2,960	4,462	4,333	3,036	1,576	0,815	0,402	0,199	0,103	0,100	<b>1,591</b>
<b>AN20</b>	0,196	0,703	2,345	3,469	3,392	2,377	1,233	0,639	0,314	0,155	0,080	0,081	<b>1,249</b>
<b>Promedio</b>	<b>3,525</b>	<b>3,083</b>	<b>3,477</b>	<b>3,548</b>	<b>3,564</b>	<b>3,920</b>	<b>5,514</b>	<b>9,256</b>	<b>12,688</b>	<b>11,259</b>	<b>7,709</b>	<b>5,065</b>	<b>6,051</b>

Fuente: Elaboración Propia

**CUADRO 3.2.1.1-10**  
**CAUDALES PROMEDIO CUENCAS LATERALES (m<sup>3</sup>/s)**

Sub-Cuenca	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Annual
CL-01	0,037	0,080	0,378	0,431	0,458	0,355	0,195	0,100	0,049	0,026	0,015	0,017	<b>0,178</b>
CL-02	0,135	0,417	0,801	1,088	0,949	0,649	0,315	0,169	0,075	0,033	0,022	0,042	<b>0,391</b>
CL-03	0,006	0,016	0,030	0,049	0,043	0,030	0,015	0,008	0,004	0,002	0,001	0,002	<b>0,017</b>
CL-04a	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	<b>0,000</b>
CL-04b	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001	0,002	0,002	0,001	0,001	0,000	<b>0,001</b>
CL-05	0,005	0,013	0,024	0,034	0,035	0,024	0,011	0,006	0,003	0,001	0,001	0,002	<b>0,013</b>
CL-06	0,012	0,038	0,086	0,136	0,148	0,102	0,052	0,027	0,013	0,006	0,003	0,004	<b>0,052</b>
CL-07	0,028	0,095	0,355	0,538	0,496	0,346	0,182	0,094	0,047	0,022	0,012	0,011	<b>0,185</b>
CL-08	0,078	0,230	1,247	1,498	1,494	1,053	0,592	0,304	0,149	0,072	0,040	0,036	<b>0,566</b>
CL-09	0,020	0,077	0,297	0,449	0,397	0,273	0,143	0,074	0,037	0,017	0,010	0,008	<b>0,150</b>
CL-10	0,019	0,082	0,302	0,468	0,400	0,267	0,141	0,073	0,037	0,017	0,009	0,007	<b>0,152</b>
CL-11	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	<b>0,000</b>
CL-12a	0,001	0,001	0,002	0,001	0,002	0,002	0,003	0,003	0,003	0,002	0,001	0,001	<b>0,002</b>
CL-12b	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	<b>0,000</b>
CL-13	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,003	0,003	0,005	0,004	0,003	0,002	0,001	<b>0,002</b>
CL-14	0,004	0,019	0,116	0,111	0,095	0,070	0,038	0,020	0,010	0,005	0,003	0,002	<b>0,041</b>
CL-15	0,001	0,003	0,032	0,020	0,018	0,015	0,009	0,005	0,002	0,001	0,001	0,001	<b>0,009</b>
CL-16	0,055	0,251	1,039	1,376	1,169	0,783	0,419	0,218	0,109	0,052	0,028	0,023	<b>0,460</b>
CL-17	0,037	0,174	0,726	0,978	0,828	0,557	0,296	0,154	0,077	0,037	0,020	0,016	<b>0,325</b>
CL-18	0,112	0,534	2,158	2,962	2,492	1,666	0,882	0,457	0,228	0,109	0,059	0,047	<b>0,976</b>
CL-19	0,079	0,380	1,533	2,102	1,766	1,179	0,624	0,324	0,162	0,077	0,042	0,033	<b>0,692</b>
CL-20	0,001	0,004	0,015	0,022	0,019	0,013	0,006	0,003	0,001	0,000	0,000	0,000	<b>0,007</b>
CL-21	0,027	0,114	0,466	0,658	0,567	0,384	0,204	0,106	0,053	0,025	0,014	0,011	<b>0,219</b>
CL-22	0,041	0,143	0,560	0,832	0,766	0,529	0,277	0,144	0,071	0,034	0,018	0,016	<b>0,286</b>
CL-23	0,040	0,101	0,474	0,517	0,535	0,421	0,238	0,121	0,060	0,028	0,016	0,018	<b>0,214</b>
CL-24	0,081	0,205	0,793	0,859	0,929	0,727	0,406	0,207	0,102	0,047	0,028	0,035	<b>0,368</b>
CL-25	0,009	0,026	0,041	0,038	0,035	0,020	0,009	0,005	0,002	0,001	0,001	0,003	<b>0,016</b>
CL-26	0,001	0,004	0,006	0,006	0,005	0,003	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	<b>0,002</b>
CL-27	0,028	0,086	0,223	0,315	0,286	0,198	0,097	0,052	0,024	0,011	0,007	0,010	<b>0,111</b>
CL-28a	0,019	0,074	0,278	0,428	0,323	0,223	0,109	0,059	0,027	0,014	0,008	0,007	<b>0,131</b>
CL-28b	0,013	0,050	0,188	0,289	0,219	0,151	0,074	0,040	0,018	0,009	0,005	0,005	<b>0,088</b>
CL-29a	0,055	0,210	0,745	1,116	0,757	0,537	0,260	0,142	0,063	0,033	0,019	0,019	<b>0,330</b>
CL-29b	0,006	0,022	0,077	0,115	0,078	0,055	0,027	0,015	0,007	0,003	0,002	0,002	<b>0,034</b>
CL-30	0,070	0,269	1,026	1,501	1,057	0,742	0,361	0,196	0,088	0,046	0,026	0,025	<b>0,451</b>
CL-31a	0,068	0,398	1,495	2,043	1,470	0,990	0,516	0,273	0,128	0,066	0,036	0,029	<b>0,626</b>
CL-31b	0,032	0,145	0,590	0,864	0,653	0,450	0,229	0,121	0,057	0,029	0,016	0,013	<b>0,267</b>
CL-32	0,060	0,247	0,809	1,507	1,377	0,958	0,477	0,248	0,120	0,059	0,032	0,028	<b>0,494</b>
CL-33	0,062	0,200	0,311	0,372	0,347	0,212	0,095	0,053	0,022	0,009	0,007	0,018	<b>0,142</b>

**CUADRO 3.2.1.1-10**  
**CAUDALES PROMEDIO CUENCAS LATERALES (m<sup>3</sup>/s)**  
**(Continuación)**

Nº	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Anual
CL-34	0,012	0,033	0,049	0,049	0,045	0,026	0,012	0,007	0,003	0,001	0,001	0,003	<b>0,020</b>
CL-35	0,010	0,033	0,065	0,098	0,103	0,072	0,036	0,019	0,009	0,004	0,002	0,003	<b>0,038</b>
CL-36	0,011	0,037	0,090	0,125	0,128	0,093	0,047	0,025	0,012	0,006	0,003	0,004	<b>0,048</b>
CL-37	0,007	0,023	0,086	0,130	0,121	0,084	0,044	0,023	0,011	0,005	0,003	0,003	<b>0,045</b>
CL-38	0,033	0,116	0,400	0,540	0,529	0,379	0,198	0,104	0,050	0,024	0,013	0,013	<b>0,200</b>
CL-39	0,161	0,556	1,794	2,726	2,680	1,862	0,960	0,497	0,245	0,120	0,062	0,063	<b>0,977</b>
CL-40a	0,004	0,015	0,052	0,077	0,074	0,051	0,027	0,014	0,007	0,003	0,002	0,002	<b>0,027</b>
CL-40b	0,120	0,444	1,870	2,646	2,360	1,624	0,853	0,443	0,219	0,105	0,056	0,049	<b>0,899</b>
CL-41	0,043	0,167	0,585	0,930	0,872	0,590	0,307	0,158	0,078	0,038	0,020	0,018	<b>0,317</b>
CL-42	0,226	0,876	3,548	5,171	4,771	3,263	1,723	0,895	0,439	0,214	0,114	0,099	<b>1,778</b>
CL-43	0,403	2,035	7,808	12,605	11,156	7,776	4,134	2,129	1,049	0,512	0,272	0,216	<b>4,175</b>
CL-44a	0,229	0,754	1,793	2,905	2,950	2,046	1,016	0,532	0,256	0,123	0,066	0,082	<b>1,063</b>
CL-44b	0,065	0,287	0,981	1,736	1,571	1,136	0,589	0,304	0,149	0,072	0,038	0,032	<b>0,580</b>
CL-45	0,089	0,331	1,195	1,854	1,754	1,168	0,607	0,316	0,155	0,075	0,040	0,036	<b>0,635</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,051</b>	<b>0,200</b>	<b>0,722</b>	<b>1,064</b>	<b>0,949</b>	<b>0,657</b>	<b>0,343</b>	<b>0,179</b>	<b>0,087</b>	<b>0,042</b>	<b>0,023</b>	<b>0,021</b>	<b>0,362</b>

**Fuente:** Elaboración Propia

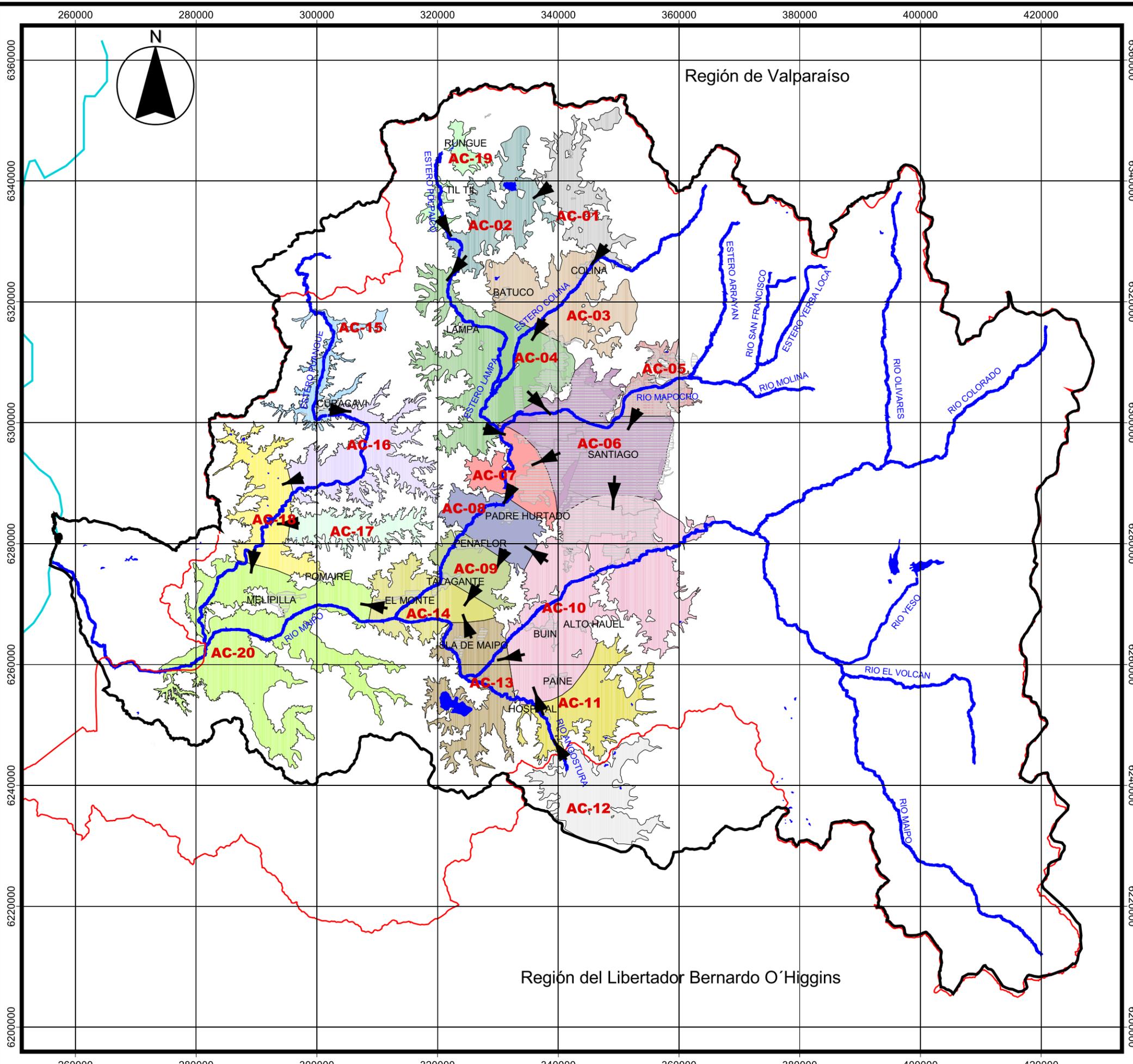
### 3.2.1.2 Recursos Subterráneos

La caracterización de los recursos subterráneos de la cuenca se basa en los resultados presentados en los estudios de la Ref. 1 y la Ref. 17. En ese último estudio se presentó en una forma ordenada y sistemática la información hidrogeológica necesaria para caracterizar adecuadamente el sistema subterráneo y la posterior aplicación del modelo MAGIC-Maipo. En particular la información necesaria para el modelo son los coeficientes de transmisibilidad, coeficientes de almacenamiento, definición del sistema acuífero e interconexiones, gradiente hidráulico, sectores de afloramiento, y propiedades geométricas del acuífero. Tal como se muestra en los estudios de la Ref. 1 y Ref. 10 el sistema subterráneo de la cuenca se divide en 2 grandes sistemas:

- Sistema Maipo-Mapocho
- Sistema Puangue

El sistema subterráneo se modela topológicamente como 20 sectores acuíferos, interconectados entre sí a través de flujos unidireccionales. La ubicación de los sectores acuíferos considerados en la malla topológica se presentan en la Figura 3.2.1.2-1. En general el flujo va de un sector acuífero a otro, pero en algunos casos, un sector acuífero se conecta con 2 sectores acuíferos.





**SIMBOLOGÍA**

Limite Cuenca Maipo	AC-01	AC-11
Limite Regional	AC-02	AC-12
Línea de costa	AC-03	AC-13
Hidrografía principal	AC-04	AC-14
Lagunas y Embalses	AC-05	AC-15
Zonas Urbanas	AC-06	AC-16
	AC-07	AC-17
	AC-08	AC-18
	AC-09	AC-19
	AC-10	AC-20

Dirección del flujo

Datos Cartográficos Proyección Universal Transversal Mercator Huso 19 zona Sur	Datos Geodésicos Elipsoide World Geodetic System 1984 Datum World Geodetic System 1984
---	--

**GOBIERNO DE CHILE**  
**MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS**  
**DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS**

CONSULTORES: LUIS ARRAU DEL CANTO CONSULTORES EN INGENIERÍA HIDRÁULICA Y DE RIEGO	PROYECTO: PLAN DIRECTOR PARA LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS CUENCA DEL RÍO MAIPO	PLANO: UBICACIÓN SECTORES ACUÍFEROS CUENCA RÍO MAIPO
--	--	---

DIRECTOR GENERAL DE AGUAS SR. RODRIGO WEISNER	JEFE DE DEPARTAMENTO SR. PEDRO RIVERA	INSPECTOR FISCAL: SR. ANDRÉS ARRIAGADA
--	--	---

ESCALA: 1:650000 	FIGURA: 3.2.1.2-1	FECHA MAYO DE 2008
-------------------------	----------------------	-----------------------



Desde el punto de vista geométrico, se consideró que los sectores acuíferos son rectangulares, y se calcularon las propiedades hidráulicas a la entrada y la salida de cada sección del sector acuífero, tales como permeabilidad y coeficiente de almacenamiento. Los resultados de este análisis se presentan en el Cuadro 3.2.1.2-1.

**CUADRO 3.2.1.2-1  
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS Y  
PARÁMETROS DE LOS SECTORES ACUÍFEROS**

CÓDIGO	Volumen (m <sup>3</sup> )	Área superficial (m <sup>2</sup> )	Permeabilidad en sección de entrada (m/mes)	Permeabilidad sección de Salida (m/mes)	Coficiente de Almacenamiento
AC-01	117,631,800	130,702,000	778	778	0,020
AC-02	277,499,025	160,869,000	778	104	0,020
AC-03	645,001,810	254,465,000	1.037	1.037	0,020
AC-04	307,451,275	367,106,000	1.037	518	0,005
AC-05	111,414,264	90,679,000	389	389	0,010
AC-06	1,123,398,000	374,466,000	518	3.110	0,020
AC-07	348,179,855	119,149,000	3.110	6.480	0,020
AC-08	357,674,935	126,941,000	6.480	2.592	0,020
AC-09	59,453,726	100,859,000	2.592	467	0,004
AC-10	2,394,885,600	665,246,000	2.074	2.074	0,040
AC-11	558,569,600	183,740,000	1.296	1.296	0,040
AC-12	43,371,877	198,347,000	518	518	0,040
AC-13	1,246,914,000	207,819,000	2.074	1.037	0,040
AC-14	58,505,378	160,603,000	467	2.333	0,004
AC-15	163,855,997	76,391,578	259	36	0,033
AC-16	1,855,116,896	203,818,292	36	78	0,071
AC-17	620,614,203	96,855,055	130	72	0,050
AC-18	2,133,531,503	171,301,385	75	75	0,082
AC-19	18,625,601	50,681,908	130	260	0,007
AC-20	4,535,500,246	522,343,301	2.333	510	0,100

**Volumen Total:** 16.977,2 Mm<sup>3</sup>

**Superficie Total:** 4.262,4 km<sup>2</sup>

**Fuente:** GCF Ingenieros Consultores, 2007 (Ref. 17)

La información de extracciones de agua subterránea se obtuvo directamente del catastro asumiendo que los pozos están extrayendo el caudal asociado a derechos. Ahora, dado que esta aproximación no es de buena calidad, se considera multiplicar estos caudales por un factor de uso que asocia el verdadero volumen extraído con el volumen legalmente extraíble. Estos factores de uso se evaluaron en base a la

información disponible. Los valores presentados en el estudio de la Ref. 17 se presentan en el Cuadro 3.2.1.2-2. Por otra parte, en el estudio de la Ref. 1 se detectó que los descensos de niveles modelados en la zona de Batuco- Colina-Lampa son mucho mayores que los descensos realmente medidos. Esto hace pensar que los factores de uso en esta zona son menores o diferentes que los considerados en el estudio de la Ref. 17, lo que se confirma con los resultados mostrados en el Cuadro 3.2.1.2-2.

**CUADRO 3.2.1.2-2  
COMPARACIÓN FACTORES DE USO**

Tipo Uso	GCF-CNR (2007)	ARRAU (2008)
Agua Potable	0,75	0,62
Riego	0,20	0,18
Industrial	0,30	-
Minería	0,75	-
Otro	1,00	-

Fuente: Elaboración Propia

### 3.2.1.3 Aspectos Ambientales y Calidad del Agua

En el presente capítulo se abordarán las distintas presiones ambientales a las que se encuentran sometidos los recursos hídricos y aquellos recursos relacionados con éstos, en la cuenca del río Maipo.

Este análisis adquiere un mayor énfasis al ser ésta la cuenca que acoge a la Capital del País, concentrando sobre el 40% de la población nacional y produciendo el 43% del PIB del país<sup>8</sup>.

#### a) Contaminación de los Recursos Hídricos

La contaminación de los cursos de agua, tanto naturales como artificiales, tiene dos tipos de fuentes, las puntuales y las difusas.

**a.1) Contaminación por Fuentes Difusas:** Las fuentes difusas son aquellas no localizadas geográficamente en forma puntual, pues es un fenómeno que abarca distintos procesos dispersos en el territorio y que tiene como consecuencia el ingreso de contaminantes a cursos de agua, sean estos superficiales o subterráneos,

<sup>8</sup> INE, 2002. CENSO de Población y Vivienda. Disponible en <http://www.ine.cl>

naturales o artificiales. En la cuenca del Maipo, los tipos de contaminación difusa identificados son las siguientes:

- Pesticidas, los que son aplicados mayoritariamente durante el verano, concentrándose su aplicación en las comunas rurales de Paine, Melipilla, San Bernardo, Talagante, Til Til y Buin.
- Residuos sólidos domiciliarios o desechos menores de la agricultura, como bolsas, botellas plásticas, envases plásticos de pesticidas, pañales, entre otros, sumado a la presencia de vertederos clandestinos a orillas de ríos y canales. Resulta muy complicado de fiscalizar al ser un problema de difícil detección puntual y de efectos generalizados para el territorio, por esto se cataloga como un problema de contaminación difusa.
- Infiltración a partir de pozos negros, especialmente en las zonas rurales.

**a.2) Contaminación por Fuentes Puntuales:** La calidad del agua en la cuenca se ve directamente afectada por las descargas de residuos industriales líquidos (RILes) y plantas de tratamiento de aguas servidas (PTAS).

- Descargas Residuos Industriales Líquidos (RILes): Las descargas de RILes corresponden a un tipo de fuente puntual. Los residuos industriales líquidos implican un alto riesgo para la población dada su alta capacidad contaminante, ya que contienen compuestos químicos orgánicos e inorgánicos, los cuales en una alta concentración, cantidad y frecuencia de descarga, pueden afectar a los ecosistemas y afectar directa o indirectamente al ser humano (Universidad de Chile, 2005)<sup>9</sup>. Según la SISS (2006)<sup>10</sup>, dentro de la caracterización global de los RILes se ha encontrado que la mayor frecuencia de agentes contaminantes se debe a la presencia de DBO<sub>5</sub>, sólidos suspendidos, grasas y aceites, y coliformes fecales. Si bien DBO<sub>5</sub> no corresponde a un contaminante, los altos índices de este indicador, revelan la presencia de contaminantes biológicos.
- Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS): La puesta en marcha de las plantas de tratamiento ha permitido recuperar la calidad de los cursos de agua dulce, un hecho de gran importancia si se considera que las descargas líquidas de origen domiciliario son la principal fuente contaminante de las aguas en Chile<sup>9</sup>. Según el estudio de la Ref. 1, en la región hay 23 plantas en operación. En total las PTAS descargan cerca de 17 m<sup>3</sup>/s en promedio. De las 23 PTAS, el 72% de las descargas son generadas por las plantas El Trenal y La Farfana de propiedad del Grupo Aguas. En conjunto estas plantas sirven una superficie superior a 130.000 ha.

---

<sup>9</sup> UNIVERSIDAD DE CHILE, 2005. Informe País. Estado del Medio Ambiente en Chile 2005.

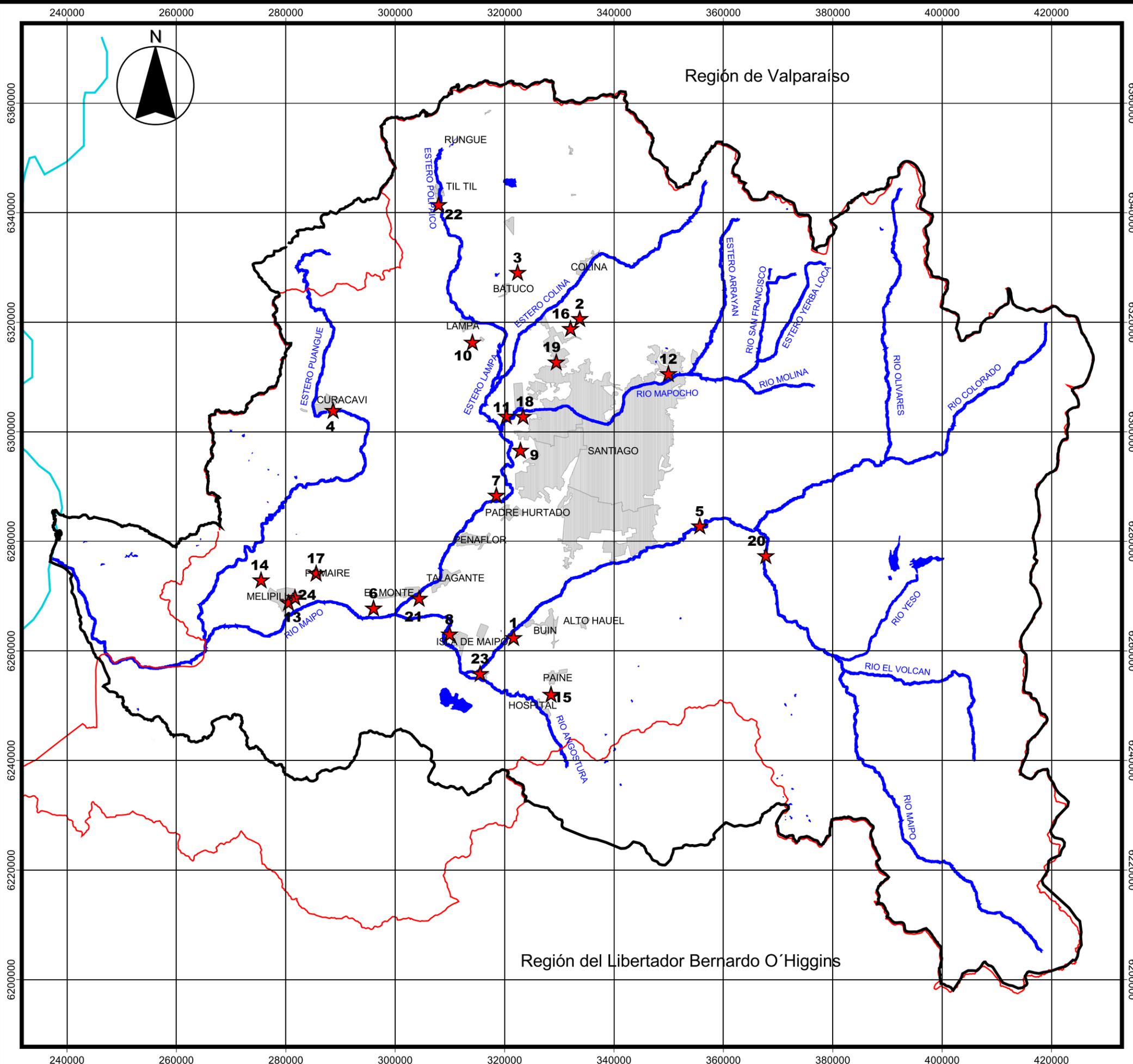
<sup>10</sup> SISS, 2006. Informe de Gestión del Sector Sanitario

- Contaminación Potencial por Disposición de Residuos Sólidos Domiciliarios (RSD): Las estadísticas medioambientales extraídas del Instituto Nacional de Estadísticas<sup>11</sup>, demuestran que las instalaciones de disposición final en la región son cuatro, las que funcionan con autorización sanitaria. De ellas dos – al año 2005 – tenían una vida útil menor a dos años.

La ubicación de las PTAS se presenta en la Figura 3.2.1.3-1, y en la Figura 3.2.1.3-2 la ubicación de los rellenos sanitarios.

---

<sup>11</sup> INE. 2005. Estadísticas del Medio Ambiente. Disponible en <http://www.ine.cl>, consultado en Septiembre de 2007



ID	Nombre PTAS
1	PTAS Buin-Maipo
2	PTAS Chicureo
3	PTAS Colina
4	PTAS Curacavi
5	PTAS El Canelo
6	PTAS El Monte
7	PTAS El Trebal
8	PTAS Isla de Maipo
9	PTAS La Farfana
10	PTAS Lampa
11	PTAS Los Nogales
12	PTAS Los Trapenses
13	PTAS Melipilla-Cexas
14	PTAS Melipilla
15	PTAS Paine
16	PTAS Pan de Azúcar y Chicureo Oriente
17	PTAS Pomaire
18	PTAS Pudahuel (ENEA)
19	PTAS Quilicura
20	PTAS San José de Maipo
21	PTAS Talagante
22	PTAS Til-Til
23	PTAS Valdivia de Paine
24	PTAS Villa Galilea

**SIMBOLOGÍA**

- Límite Cuenca Maipo
- Límite Regional
- Línea de costa
- Hidrografía principal
- Lagunas y Embalses
- Zonas Urbanas
- Descargas puntuales
- PTAS

Datos Cartográficos Proyección Universal Transversal Mercator Huso 19 Zona Sur	Datos Geodésicos Elipsoide World Geodetic System 1984 Datum World Geodetic System 1984
---	--

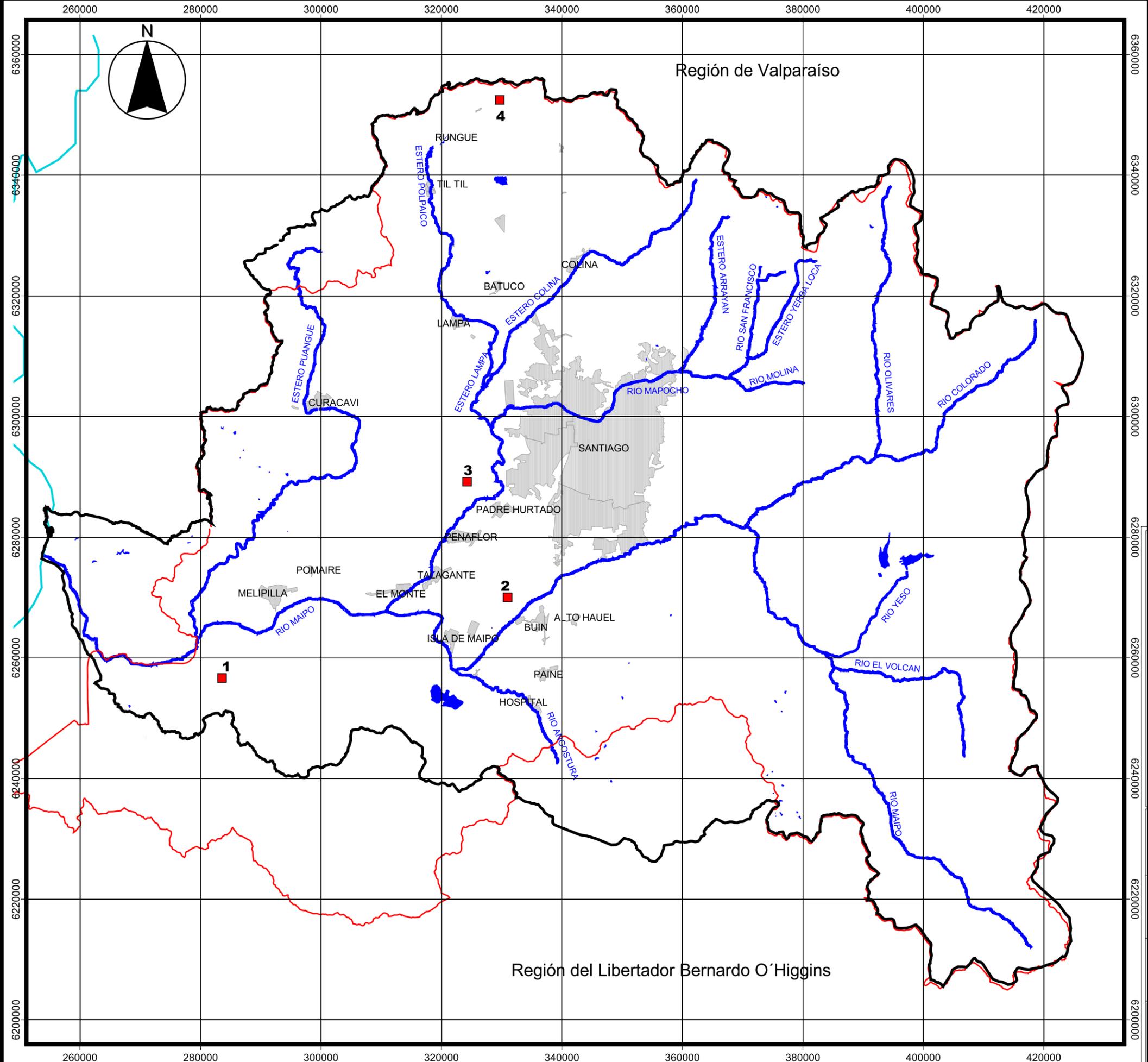

**GOBIERNO DE CHILE**  
**MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS**  
**DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS**

CONSULTORES: LUIS ARRAU DEL CANTO CONSULTORES EN INGENIERÍA HIDRÁULICA Y DE RIEGO	PROYECTO: PLAN DIRECTOR PARA LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS CUENCA DEL RÍO MAIPO	PLANO: DESCARGAS PUNTUALES: P.T.A.S. y RILes
--	--	--

DIRECTOR GENERAL DE AGUAS SR. RODRIGO WEISNER	JEFE DE DEPARTAMENTO SR. PEDRO RIVERA	INSPECTOR FISCAL: SR. ANDRÉS ARRIAGADA
--	--	---

ESCALA: 1:650000 	FIGURA: 3.2.1.3-1	FECHA MAYO DE 2008
-------------------------	----------------------	-----------------------





ID	Nombre
1	Popeta Mandinga
2	Santa Marta
3	Santiago Poniente
4	Loma los Colorados

**SIMBOLOGÍA**

- Límite Cuenca Maipo
- Límite Regional
- Línea de costa
- Hidrografía principal
- Lagunas y Embalses
- Zonas Urbanas
- Rellenos Sanitarios

Datos Cartográficos  
Proyección Universal Transversal Mercator  
Huso 19  
zona Sur

Datos Geodésicos  
Elipsoide World Geodetic System 1984  
Datum World Geodetic System 1984

**GOBIERNO DE CHILE**  
**MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS**  
**DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS**

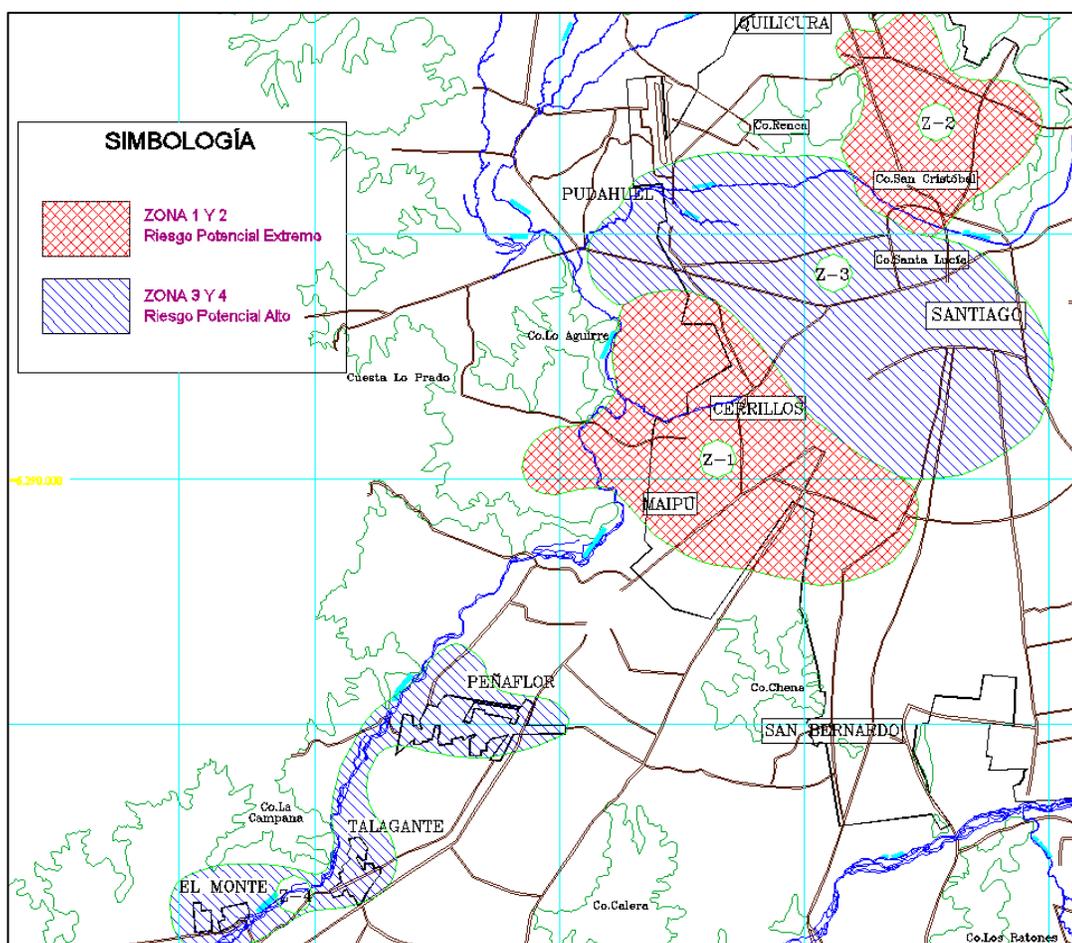
CONSULTORES: LUIS ARRAU DEL CANTO CONSULTORES EN INGENIERÍA HIDRÁULICA Y DE RIEGO	PROYECTO: PLAN DIRECTOR PARA LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS CUENCA DEL RÍO MAIPO	PLANO: RELLENOS SANITARIOS
DIRECTOR GENERAL DE AGUAS SR. RODRIGO WEISNER	JEFE DE DEPARTAMENTO SR. PEDRO RIVERA	INSPECTOR FISCAL: SR. ANDRÉS ARRIAGADA
ESCALA: 1:650000 0 10 Km	FIGURA: 3.2.1.3-2	FECHA MAYO DE 2008



## b) Vulnerabilidad de Acuíferos

En el año 1999, CONAMA publicó un plano de vulnerabilidad del acuífero con respecto a la contaminación por aguas servidas, generado a través del muestreo de pozos, que incluye tres variables: tipo de acuífero, profundidad del nivel de agua y permeabilidad del medio no saturado. En esta caracterización se creó una escala gráfica que señala el grado de susceptibilidad a ser contaminado, tal como se muestra en la Figura 3.2.1.3-3.

**FIGURA 3.2.1.3-3**  
**ZONAS DE RIESGO POTENCIAL EXTREMO Y ALTO DE CONTAMINACIÓN**  
**POR AGUAS SERVIDAS**



**Fuente:** Análisis de la Contaminación de Aguas Subterráneas en la Región Metropolitana por Aguas Servidas, CONAMA, 1999<sup>12</sup>

<sup>12</sup> CONAMA, 1999. Análisis de la Contaminación de Aguas Subterráneas en la Región Metropolitana por Aguas Servidas

Posteriormente, en el año 2004, el SERNAGEOMIN publicó un mapa de vulnerabilidad de los acuíferos (escala 1:250.000)<sup>13</sup>, el que se ha determinado según características geológicas y para la planificación y ordenamiento del territorio a escala regional. Para su evaluación se utilizó el método de vulnerabilidad simplificada GOD<sup>14</sup>, que considera los parámetros: tipo de acuífero (acuíferos libres, cubiertos, semiconfinados y confinados), las características litológicas de los sedimentos o roca (granulometría y/o grado de fracturamiento) de la zona no saturada y el espesor de ésta.

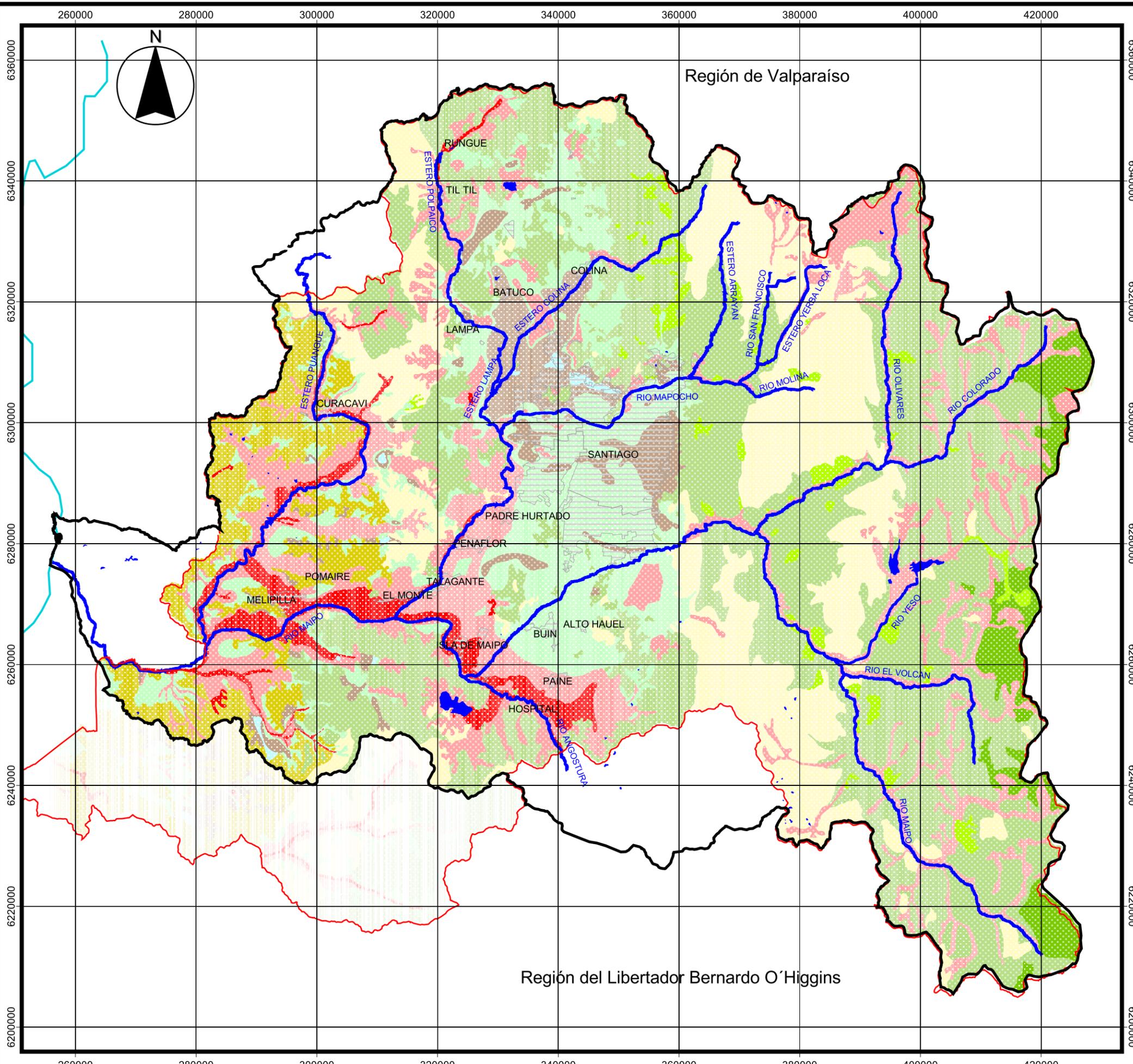
La Figura 3.2.1.3-4 muestra la sensibilidad del agua subterránea a la contaminación de un modo generalizado, en que la escala de vulnerabilidad específica lo siguiente:

- **Depósitos no consolidados:**
  - Muy Alta: donde el acuífero es vulnerable a la mayoría de los contaminantes del agua, con un rápido impacto en muchos escenarios de contaminación;
  - Alta: donde el acuífero es vulnerable a muchos contaminantes, excepto a aquellos fuertemente absorbidos o fácilmente transformados, en muchos escenarios de contaminación;
  - Moderada: donde el acuífero es vulnerable a algunos contaminantes del agua cuando estos son continuamente descargados o lixiviados;
  - Baja: donde el acuífero es vulnerable a contaminantes conservativos cuando son continua y ampliamente descargados o lixiviados durante largos periodos de tiempo;
  - Muy baja: donde existen unidades con niveles y flujos verticales despreciable;
  - Moderada a Alta: donde no existe adecuada información hidrogeológica que permita clasificarlos de mejor forma.
  
- **Rocas:** Por no existir estudios geológicos detallados en esta zona se ha optado por considerar estas unidades con una característica vulnerable variable, similar a las anteriormente descritas.
  - Moderada a Alta;
  - Moderada a Baja;
  - Baja a Moderada;
  - Baja a Nula.

---

<sup>13</sup> SERNAGEOMIN, 2004. Vulnerabilidad a la Contaminación de los Acuíferos de la Cuenca de Santiago. Región Metropolitana de Santiago.

<sup>14</sup> Fue desarrollada por Foster e Hirata (Foster, 1987; Foster e Hirata, 1988), para zonas con poca información. Este método calcula la vulnerabilidad intrínseca del acuífero, utilizando sólo tres parámetros: • G: groundwater hydraulic confinement (tipo de acuífero) • O: overlying lithology (litología de la zona no saturada) • D: deep to groundwater table (profundidad al agua subterránea)



Región de Valparaíso

Región del Libertador Bernardo O'Higgins



**SIMBOLOGÍA**

- |  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li> Límite Cuenca Maipo</li> <li> Límite Regional</li> <li> Línea de costa</li> <li> Hidrografía principal</li> <li> Lagunas y Embalses</li> <li> Zonas Urbanas</li> </ul> | <p>Vulnerabilidad de Acuífero</p> <ul style="list-style-type: none"> <li> Alta en depósitos no consolidados</li> <li> Baja-Moderada en rocas granítica del Pzo-Jr</li> <li> Baja-Nula en rocas</li> <li> Baja en depósitos no consolidados</li> <li> Moderada-Baja en rocas volcs y sedls del Jr-Mioceno</li> <li> Moderada a Alta en depósitos de Remoción en Masa</li> <li> Moderada a Alta en rocas volcánicas del Cuaternari</li> <li> Moderada en depósitos no consolidados</li> <li> Muy Alta en depósitos no consolidados</li> <li> Muy Baja en depósitos no consolidados</li> </ul> |
|--|---|

Datos Cartográficos  
Proyección Universal Transversal Mercator  
Huso 19  
zona Sur

Datos Geodésicos  
Elipsoide World Geodetic System 1984  
Datum World Geodetic System 1984

**GOBIERNO DE CHILE**  
**MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS**  
**DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS**

<p style="font-size: small;">CONSULTORES: LUIS ARRAU DEL CANTO CONSULTORES EN INGENIERÍA HIDRÁULICA Y DE RIEGO</p>	<p style="font-size: small;">PROYECTO: PLAN DIRECTOR PARA LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS CUENCA DEL RÍO MAIPO</p>	<p style="font-size: small;">PLANO: VULNERABILIDAD DE ACUÍFEROS SEGÚN MÉTODO GOD</p>
--	--	--

<p style="font-size: small;">DIRECTOR GENERAL DE AGUAS SR. RODRIGO WEISNER</p>	<p style="font-size: small;">JEFE DE DEPARTAMENTO SR. PEDRO RIVERA</p>	<p style="font-size: small;">INSPECTOR FISCAL: SR. ANDRÉS ARRIAGADA</p>
--	--	---

<p style="font-size: small;">ESCALA: 1:650000 </p>	<p style="font-size: small;">FIGURA: 3.2.1.3-4</p>	<p style="font-size: small;">FECHA MAYO DE 2008</p>
--	--	---



En la Figura 3.2.1.3-4 se aprecia que en las zonas de mayor vulnerabilidad, corresponden a sectores aledaños a cursos de agua y zonas costeras, donde los sectores con muy alta vulnerabilidad se encuentran en los valles de los ríos Maipo, Mapocho, Rapel y esteros Puangue y Yali (este último fuera de la cuenca del río Maipo). La mayor parte del área de la cuenca corresponde a sectores de vulnerabilidad moderada.

**Vulnerabilidad de Acuíferos en la Aplicación del DS 46/2000:** Para el caso de definición de la Vulnerabilidad, para la DGA, la vulnerabilidad de acuíferos tiene relación con el nivel de penetración con que un contaminante alcanza una posición específica en un sistema acuífero, después de su introducción en alguna posición sobre la zona no saturada. Por otro lado, el riesgo de contaminación está determinado básicamente por las características del acuífero, las que son relativamente estáticas (es decir, permanentes a escalas razonables de tiempo) y por la existencia de actividades potencialmente contaminantes, las que son esencialmente dinámicas (DGA, 2004)<sup>15</sup>.

Es la DGA quien determinará la vulnerabilidad del acuífero, específicamente para la aplicación del DS 46/2000, pudiendo solicitar los antecedentes que estime convenientes al responsable de la fuente emisora. Para esta determinación se desarrolló una metodología especial que resulta de la aplicación del método BGR<sup>16</sup>, que ha sido modificado para que sea aplicable a infiltraciones intencionales, considerando la profundidad del punto de descarga; propiedades del suelo, de la zona saturada y de la zona no saturada; características intrínsecas del acuífero, niveles freáticos y tipo de acuífero; además de características de la recarga y de la forma de realizar la infiltración. La vulnerabilidad que determina la DGA resulta del análisis de la zona no saturada del acuífero, más características de la obra destinada a infiltrar.

### **c) Protección del Componente Agua a través del Ordenamiento del Territorio**

En el estudio Bases para el Ordenamiento Territorial Ambientalmente Sustentable de la Región Metropolitana de Santiago (OTAS) (Ref. 33), se establecen áreas de protección del Componente Agua. Estas zonas se clasifican en Áreas de Importancia Hidrogeológica y Áreas de Protección de Fuentes de Agua. Ambas áreas se pueden visualizar en la Figura 3.2.1.3-5.

---

<sup>15</sup> DGA, 2004. Manual para la Aplicación del Concepto de Vulnerabilidad de Acuíferos Establecido en la Norma de Emisión de Residuos Líquidos a Aguas Subterráneas

<sup>16</sup> El método BGR (BGR-Länder, 1993; Hölting et al., 1995) fue desarrollado por el Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales en conjunto con los Servicios Geológicos Federales de Alemania. A diferencia del método anterior, además de considerar la litología de la zona no saturada y la profundidad del nivel freático, considera la recarga debido a precipitaciones, y la protección al acuífero generada por la capa de suelo vegetal.







**Áreas de Importancia Hidrogeológicas:** comprenden una zona en la que se localizan acuíferos de alta y extrema vulnerabilidad. En ellos se busca evitar la localización de actividades potencialmente emisoras de contaminantes y evitar mayores niveles de extracción de aguas subterráneas, evaluando la designación de nuevas áreas de restricción. Algunas de estas áreas son:

- La zona del sector Lampa es un sector de alta vulnerabilidad por lo que es recomendable la exclusión de algunos usos que provoquen la alteración de la calidad natural del recurso hídrico, especialmente en las zonas de recarga.
- El sector del tranque de relaves Ovejería es un sector de alta vulnerabilidad, asociado a sectores de alta contaminación, por lo que se requiere tomar medidas para evitar la contaminación para proteger los acuíferos.
- El sector del humedal de Batuco corresponde a un sector de fuerte presión antrópica, con altos niveles de contaminación, por lo que se requieren medidas para evitar la contaminación y extracción excesiva del recurso.
- Los sectores contiguos al río Maipo y al estero Puangue, en el sector poniente de la cuenca, corresponden a acuíferos vulnerables. Estos sectores tienen una importante presión antrópica producto de una vasta zona de producción agrícola, de ubicarse aguas abajo de la ciudad de Santiago y de otros centros poblados de importancia, además de experimentar cambios de uso del suelo por parcelaciones de agrado y el crecimiento urbano.
- En el sector del estero Puangue, aguas debajo de Curacaví, se debe proteger la función hídrica relevante de estas zonas, como lo son zonas de recarga inmediata para cauces superficiales de la región. Actividades contaminantes podrían provocar una alteración de la calidad de los recursos superficiales en el área.
- En el sector poniente también se ubica el sector de secano costero, que corresponde a sectores altamente degradados, en el que predomina la agricultura de subsistencia. La importancia de evitar la contaminación de los recursos hídricos subterráneos en esta zona se basa en que estos son la única fuente de abastecimiento.
- El sector del acuífero Peñaflores – Talagante, el acuífero Sector Hospital y el acuífero del sector Maipú se caracterizan por ser sectores destinados principalmente a la agricultura, asociada a una alta vulnerabilidad del acuífero, por lo que se deben evitar usos que provoquen una alteración de la calidad del recurso.
- El acuífero del sector sur, sur oeste de la cuenca, en las cercanías de Paine, presenta zonas de aporte al recurso hídrico

y zonas que no afectan en mayor medida la calidad del recurso, por lo que los usos que pudiesen alterar la calidad natural del recurso debieran evitarse.

- **Áreas de Protección de Fuentes de Agua:** Incluye los glaciares ubicados en las cumbres de Los Andes y los principales cuerpos de agua utilizados como fuentes de captación de aguas (como la Laguna Negra y el Embalse El Yeso) en la Cordillera de Los Andes. Además se incluye el embalse Huechún. En estas áreas se busca condicionar actividades económicas que potencialmente puedan contaminar o afectar negativamente los cuerpos de agua que son reservorios estratégicos para el desarrollo energético y socioeconómico de la región.

#### **d) Suelos**

**d.1) Erosión:** Los procesos erosivos constituyen una de las formas de degradación de mayor impacto ambiental y económico del país, afectando en forma generalizada a todo el territorio. Entre los distintos tipos la denominada erosión hídrica es una de las formas más importantes de degradación del suelo. Cabe destacar que el 80% de la erosión está afectada por lluvias erosivas. En la Región Metropolitana un 30,6% de la superficie presenta una erosión grave, lo que representa 483.000 ha<sup>17</sup>.

**d.2) Erodabilidad:** La erodabilidad es la condición de los suelos que posibilita su pérdida por erosión hídrica y/o eólica. En la cuenca, gran parte de la superficie (57%) posee un grado de erodabilidad media y un 19,6% presenta alta erodabilidad, lo que refleja que una porción importante del territorio estudiado podría clasificarse como frágil.

**d.3) Desertificación:** La desertificación ha sido definida por la FAO, en la Convención de las Naciones Unidas de Lucha Contra la Desertificación (1994), como “la degradación de las tierras áridas, semiáridas y zonas subhúmedas secas. Causado principalmente por las actividades humanas y variaciones climáticas”. La información del grado de desertificación por comuna, muestra que gran parte de la cuenca posee un grado de desertificación de moderado a leve. Sin embargo, se debe destacar que en una porción importante no se registra información, por lo que resulta necesario realizar los estudios pertinentes para determinarla en aquellos sectores<sup>18</sup>.

**d.4) Uso de Suelos:** El año 1999 la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) y la Corporación Nacional Forestal (CONAF), realizaron un estudio

---

<sup>17</sup> IREN, 1979. Fragilidad de los Ecosistemas Naturales de Chile. En: Universidad de Chile, 2005. Informe País. Estado del Medio Ambiente en Chile 2005.

<sup>18</sup> CONAF – CONAMA, 1997. Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile.

denominado Catastro de Bosque Nativo<sup>19</sup>, el que fue actualizado el año 2002. Este estudio muestra que el 4,25% del área era zonas urbanas e industriales. Por otra parte, el 17,21% eran terrenos agrícolas; un 36,64% eran paderas y matorrales; bosques cubrían un 4,81 %; humedales eran un 0,33%; áreas desprovistas de vegetación ascendían a un 30,93 %; nieves y glaciares cubrían un 5,55 %; cuerpos de agua era sólo de un 0,26 %; y un mínimo de superficie sin reconocimiento.

En un estudio realizado por la Universidad de Chile y el Gobierno Regional Región Metropolitana<sup>20</sup>, se estima que en la última década, el crecimiento del área del Gran Santiago (2,2%) ha superado su crecimiento demográfico (1,27%), implicando un consumo de 1.234 ha/año. A raíz de este crecimiento, se ha provocado la ocupación de sectores periféricos, ocupando sectores agrícolas en que se han realizado subdivisiones prediales, pudiendo llegar a subdivisiones de 5.000 m<sup>2</sup>; son las llamadas parcelas de agrado o parcelas agroresidenciales.

El Marco Orientador para el OTAS (Ref. 33), estima, para el año 2030, que la Región Metropolitana de Santiago alcance entre 7,8 y 7,9 millones de habitantes, en la que la Metrópoli de Santiago y su área de influencia inmediata albergará 6,5 millones de habitantes.

Según el mismo estudio, de urbanizarse todas las áreas planificadas, el área urbana y de expansión urbana sobre áreas de riesgos naturales alcanzaría 144 km<sup>2</sup>, quedando sobre terrenos inundables 17,6 km<sup>2</sup> (1.760 ha) y en zonas de riesgo de remoción en masa 37 km<sup>2</sup> (3.700 ha). Éstas últimas se localizan principalmente al oriente de la Metrópoli de Santiago.

### **e) Zonas de Importancia Natural**

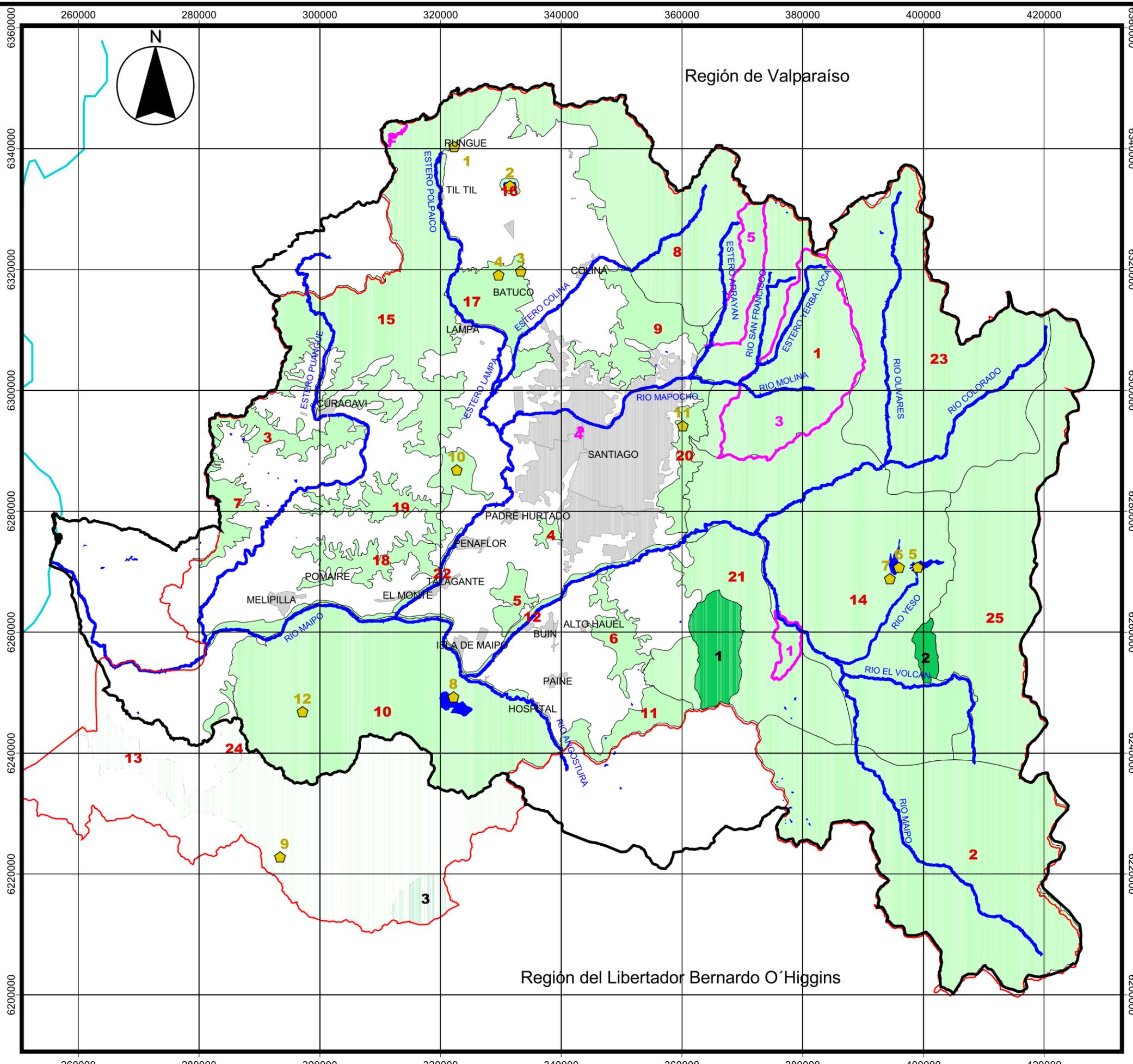
Para caracterizar territorialmente las zonas de importancia natural presentes en la cuenca, se ha confeccionado la Figura 3.2.1.3-6 en que aparecen las Áreas Silvestres Protegidas del Estado, los Santuarios de la Naturaleza, los Sitios Prioritarios para la Conservación y los Humedales.

---

<sup>19</sup> CONAF, 1999. Catastro de Uso del Suelo y Vegetación, Región Metropolitana

<sup>20</sup> Universidad de Chile y Gobierno Regional Región Metropolitana, 2003. Diagnóstico del Territorio de la Región Metropolitana de Santiago. Resumen Ejecutivo





ID	Humedales
1	Embalse Rungue
2	Embalse Huechún
3	Tranque San Rafael
4	Laguna Batuco
5	Embalse El Yeso
6	Laguna Negra
7	Laguna Azul
8	Laguna Aculeo
9	Embalse Caren
10	Quebrada de la Plata
11	Quebrada San Ramon
12	Palmar Tantehue

ID	Nombre
1	Alto de la Cuenca del Mapocho
2	Altos del Río Maipo
3	Cerro Aguilas
4	Cerro Chena
5	Cerro Lonquen
6	Cerros Alto Jahuel-Huelquen
7	Cerros Limitrofes Melipilla-San Antonio
8	Chacabuco-Peldehue
9	Colina-Lo Barnechea
10	Cordon de Cantillana
11	Corredor Limitrofe Sur (Angostura)
12	Corredor Río Maipo
13	Cuenca Estero El Yali
14	El Morado
15	El Roble
16	Fundo Huechun
17	Humedal de Batuco
18	Las Lomas-Cerro Pelucon
19	Mallarauco
20	Piedmont Andino
21	Río Clarillo
22	Río Mapocho Bajo
23	Río Olivares, Río Colorado, Tupungato
24	San Pedro Nor Oriente
25	Sector Alto Andino

ID	Santuarios de la Naturaleza
1	Cascada de Las Animas
2	Cerro el Roble
3	Fundo Yerba Loca
4	Parque Quinta Normal
5	Predio Los Nogales

ID	Nombre
1	Río Clarillo
2	El Morado
3	Loncha

**SIMBOLOGÍA**

Límite Cuenca Maipo	Humedales
Límite Regional	Snaspe
Línea de costa	Santuario de la Naturaleza
Hidrografía principal	Sitios prioritarios para la Conservación de la Biodiversidad
Lagunas y Embalses	
Zonas Urbanas	

Datos Cartográficos Proyección Universal Transversal Mercator Huso 19 zona Sur	Datos Geodésicos Elipsoide World Geodetic System 1984 Datum World Geodetic System 1984
---	--


**GOBIERNO DE CHILE**  
**MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS**  
**DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS**

CONSULTORES: LUIS ARRAU DEL CANTO CONSULTORES EN INGENIERÍA HIDRÁULICA Y DE RIEGO	PROYECTO: PLAN DIRECTOR PARA LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS CUENCA DEL RÍO MAIPO	PLANO: ZONAS NATURALES DE IMPORTANCIA
--	--	---

DIRECTOR GENERAL DE AGUAS SR. RODRIGO WEISNER	JEFE DE DEPARTAMENTO SR. PEDRO RIVERA	INSPECTOR FISCAL: SR. ANDRÉS ARRIAGADA
--	--	---

ESCALA: 1:650000 	FIGURA: 3.2.1.3-6	FECHA MAYO DE 2008
--	----------------------	-----------------------



- **SNASPE:** En 1984, como una forma de conservar las áreas naturales, se creó el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE) bajo la Ley 18.362, siguiendo las recomendaciones de la Estrategia Mundial para la Conservación de la Naturaleza. El sistema se encuentra bajo la competencia legal y administrativa de la Corporación Nacional Forestal (CONAF) y, en general, busca mantener áreas de carácter único representativas de la diversidad ecológica natural del país; mantener y mejorar recursos de la flora y fauna silvestre y racionalizar su utilización; y preservar y mejorar los recursos escénicos naturales. Las áreas protegidas del SNASPE se clasifican en categorías de manejo, de acuerdo a las actividades que se pueden realizar en ellas, y comprenden Parques Nacionales, Monumentos Naturales y Reservas Nacionales. En la región no se han declarado Parques Nacionales, contando con dos Reservas Nacionales y un Monumento Natural, los que se observan en la Figura 3.2.1.3-6
- **.Santuarios de la Naturaleza:** Corresponden a sitios terrestres o marinos de importancia para estudios e investigaciones geológicas, paleontológicas, zoológicas, botánicas, ecológicas o que posean formaciones naturales de interés para la ciencia o el Estado. Se rigen por la Ley de Monumentos Nacionales y su tuición está bajo el Consejo de Monumentos Nacionales. En la cuenca se ubican las siguientes: Cerro El Roble, Predio Los Nogales, Fundo Yerba Loca, Parque Quinta Normal y Cascada de las Ánimas.
- **Sitios Prioritarios para la Conservación:** A partir del año 2002 se inició un proceso en cada una de las regiones para elaborar Estrategias Regionales para la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad, en las que se identificaron sitios prioritarios para la conservación, con oportunidad de emprender acciones de protección, privilegiándose aquellos que reúnen características ecosistémicas relevantes junto con consideraciones sociales y culturales. Los sitios prioritarios para la conservación presentes en la cuenca del Maipo son:
  - Río Olivares, Río Colorado, Tupungato
  - Fundo Huechún
  - Colina – Lo Barnechea
  - Sector Alto Andino
  - Piedmont Andino
  - Cerro Águilas
  - Cerros Limítrofes Melipilla – San Antonio
  - Cerro Chena
  - Las Lomas – Cerro Pelucón
  - Corredor Río Maipo
  - Cerro Lonquén
  - Cerros Alto Jahuel – Huelquén
  - San Pedro Nor Oriente
  - Corredor Limítrofe Sur (Angostura)

- Cuenca Estero El Yali
- Altos del Río Maipo
- El Roble
- Humedal de Batuco
- Mallarauco
- Cordón de Cantillana
- Alto de la Cuenca del Mapocho
- Chacabuco – Peldehue
- Río Mapocho Bajo
- El Morado
- Río Clarillo
- **Humedales:** Según la Convención sobre Zonas Húmedas de Importancia Internacional como hábitat de las Aves Acuáticas, suscrita en la ciudad de Ramsar, Irán, en 1971, promulgada y ordenada cumplir como ley de la República por D.S. N° 771/81 del Ministerio de Relaciones Exteriores, define el concepto de humedal como: las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanente o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros<sup>21</sup>. En la cuenca, además del humedal de Batuco, es posible encontrar humedales de altura, la laguna de Aculeo, los cerros islas, el palmar de Tantehue y muchas quebradas, como la quebrada de la Plata y la quebrada de San Ramón, destacadas por su alta biodiversidad, el embalse Rungue, el embalse Huechún, el tranque San Rafael, el embalse El Yeso, la laguna Negra, la laguna Azul y el embalse Carén.

## f) Calidad de Aguas

**f.1) Aguas Superficiales:** El análisis se basa fundamentalmente en el estudio de la Ref. 29, el que recopila una cantidad importante de información para toda la extensión de la cuenca. En base a este estudio se tiene que:

- En la extensión de la cuenca, los parámetros que se han superado con mayor frecuencia son: Cloruro, Sulfato, Aluminio, Hierro, Manganeso y Molibdeno.
- En el río Maipo, el cloruro decrece en su concentración desde la cordillera al mar, a diferencia del río Mapocho, en que se produce un aumento en las concentraciones de éste, donde existe una mayor influencia antrópica. En

---

<sup>21</sup> MINSEGPRES, 2007. Chile contará con Sistema de Clasificación de Humedales para mejorar la gestión de estos ecosistemas. Disponible en [www.minsegpres.gob.cl/portal/noticias/2007-02/id\\_1170675792374.html](http://www.minsegpres.gob.cl/portal/noticias/2007-02/id_1170675792374.html)

- el punto de control del río San Francisco no se ve sobrepasado este parámetro para la NCh 1.333.
- La presencia de sulfatos en las subcuencas del Maipo es atribuible a la explotación de Yeso en la zona. En el río Maipo la tendencia es creciente aguas abajo, lo que podría explicarse por la evapotranspiración asociada al uso intensivo de agua en riego, a diferencia del río Mapocho en donde la concentración a lo largo del río es constante.
  - La aparición del Aluminio disuelto en el agua superficial se debe a la interacción de dos factores: las escorrentías de sedimentos compuestos principalmente de aluminios silicatos y el pH, los que forman naturalmente complejos de Aluminio en solución.
  - Según el presente análisis las concentraciones de Aluminio que superan la NCh 1.333 y los valores recomendados por FAO se presentan en la parte alta del río Maipo y en la estación río Mapocho en El Monte.
  - Los altos niveles de Hierro en el río Maipo se deben a la lixiviación y meteorización de las rocas, en adición a los procesos mineros desarrollados en la zona alta de la cuenca. Aguas abajo del río, la presencia de éste se incrementa producto de descargas de RILES. Los altos niveles presentados en el río Mapocho en el sector de Rinconada de Maipú se deben a las descargas de RILES con alto contenido de metales pesados.
  - La aparición del Manganeseo en el agua se debe a la lixiviación de las rocas de la alta cordillera, las actividades mineras desarrolladas en la subcuenca del río Maipo y el afloramiento de napas subterráneas en la sección más baja del Maipo, Mapocho y estero Puangue. Aguas debajo de la cuenca, los niveles aumentan debido a la presencia de RILES. El presente análisis arroja concentraciones mayores a la NCh 1.333 y a las recomendadas por FAO para todas las estaciones consideradas.
  - El Molibdeno presente en los cauces superficiales se puede atribuir a la existencia de éste asociado al cobre en la franja metalogénica F11<sup>22</sup> que le adiciona Molibdeno a las corrientes de agua. Potencialmente pueden contribuir a la presencia de éste los depósitos de material de descarte, los que adquieren importancia cuando ocurren precipitaciones. Se ha determinado que los niveles de este compuesto se superan – tanto para la NCh 1.333, como para las recomendaciones de FAO – en las estaciones Maipo en El Monte, Maipo en Los Morros y Maipo en Cabimbao.
  - La presencia de Cobre en la cuenca se debe a la existencia de la franja metalogénica F11, la cual por procesos de lixiviación de los filones mineralizados y derretimiento de nieves ácidas lo adicionan a los cursos de agua cordilleranos. En sectores la contaminación antropogénica

---

<sup>22</sup> Extensión mineralizada en sentido norte sur ubicada entre las latitudes 30° 13' y 37° 07' y longitudes 70° 50' a 71° 06', constituida por pórfidos cupríferos asociados a formaciones rocosas sedimentario volcánicas, formada por coladas y depósitos piroclásticos reolíticos, dacíticos andesíticos, basálticos, brechas, tobas e ignimbritas con intercambio de lutitas, calizas y areniscas.

proveniente del descarte de materiales de la minería del cobre adquiere mucha importancia.

- Los valores de Conductividad Eléctrica en el río Maipo sobrepasan la norma en todas las estaciones consideradas en el análisis, esto debido a las condiciones naturales por la presencia de sales, que son lixiviadas. En el río Mapocho el alto valor presentado en las estaciones ubicadas en Rinconada de Maipú y El Monte tiene influencia tanto por las aguas subterráneas que afloran en el sector de Rinconada de Maipú en el Mapocho y Melipilla en el Maipo, y por el efecto de las descargas de aguas servidas.
- Por último, según el estudio de la Ref. 29, los Coliformes Fecales se encuentran en altos niveles en toda la cuenca, lo que limita los cultivos rastreros por contaminación de tipo microbiológica y el uso directo como agua potable. Esto se debe a que los ríos reciben aguas servidas de distintos centros poblados y RILes con cargas orgánicas.

**b) Aguas Subterráneas:** De acuerdo a la información disponible, en el agua subterránea de la cuenca se tiene que:

- El Boro se ve sobrepasado para la NCh 1.333 en las estaciones Pozo Asentamiento Aguilar Sur, Pozo Cementerio Metropolitano y Pozo Asentamiento Malleco.
- El Cloruro ve sobrepasados los valores recomendados por la FAO en todas las estaciones analizadas, el que se encuentra presente en forma natural, debido a la litología de la zona y también puede deberse a la influencia antrópica. Igualmente los valores alcanzados no sobrepasan las normas estudiadas.
- El sulfato sobrepasa en todas las estaciones las recomendaciones de la FAO para riego. En Pozo Fundo El Algarrobal, Pozo Cementerio Metropolitano y Pozo Asentamiento Malleco sobrepasa también la NCh 1.333. Esto puede deberse a la alta actividad agrícola en algunos sectores de la cuenca, o a la lixiviación proveniente de la franja metalogénica F11.
- Las concentraciones de Molibdeno sobrepasan en todas las estaciones los valores establecidos en la NCh 1.333 y sugeridos por la FAO, en aproximadamente el 25% de los casos. Estos altos niveles se pueden deber a procesos de lixiviación, especialmente a la franja metalogénica F11. Se debe tener especial cuidado en el riego de empastadas para ganado, ya que puede tener un efecto tóxico.
- La conductividad específica o eléctrica detallada en la NCh 1.333 se ve superada en las estaciones Pozo Fundo El Algarrobal, Pozo Cementerio Metropolitano y Pozo Asentamiento Malleco. Esto indica un alto contenido de sales. Es uno de los parámetros críticos de la zona Maipo – Mapocho y Lampa – Colina – Mapocho.
- En las estaciones Pozo Fundo El Algarrobal y Pozo Estadio CORFO se superan los valores de la NCh 409 para Arsénico, en aproximadamente un

50% de los casos. El arsénico en el agua de consumo humano puede generar lesiones en la piel, trastornos circulatorios y alto riesgo de cáncer. Los altos valores en el estadio CORFO se deben principalmente a la existencia de actividad minera cuprífera en el sector alto de la cuenca del Mapocho. Cabe destacar que el valor considerado (0,01 mg/L) para este parámetro no es el valor actual que considera la norma, si no el que alcanzará en un plazo máximo de 10 años a contar de la publicación de la norma (año 2005).

- En las estaciones Pozo Fundo El Algarrobal, Pozo Asentamiento Malleco y Pozo Cementerio Metropolitano se ha sobrepasado la NCh 1.333 y la NCh 409 en forma ocasional para el elemento Mercurio. En la salud de las personas puede provocar lesiones renales.
- El Hierro se sobrepasa en forma ocasional en la estación Pozo Estadio CORFO y en la estación Pozo Asentamiento Malleco para la NCh 409. En esta última también supera ocasionalmente la NCh 1.333. Si bien este elemento no genera efectos nocivos, podría provocar efectos en la apariencia y sabor del agua.
- Según el estudio Análisis de la Contaminación de Aguas Subterráneas en la Región Metropolitana por Aguas Servidas<sup>23</sup>, citado por el estudio de la Ref. 1 se puede concluir que no existe contaminación bacteriológica en el área de estudio, con la excepción de un pozo de la comuna de Independencia, donde se observa un alto valor de coliformes fecales.
- Según el estudio Análisis de la Contaminación de Aguas Subterráneas en la Región Metropolitana por Aguas Servidas<sup>24</sup>, el elemento más abundante en las aguas subterráneas y que revela un proceso histórico de contaminación de las mismas es el Nitrógeno como Nitrato (N-NO<sub>3</sub>), con valores por sobre la concentración basal o supuestamente normal en el agua subterránea de Santiago. De toda la información revisada es posible afirmar que un valor de entre 2 a 4 mg/L corresponde aproximadamente al valor referencial o basal de las aguas subterráneas de la zona. Los sectores que – según los datos de 1998 - 1989 – percibían valores superiores al nivel basal de concentración de nitratos (más de 10 mg/L) corresponden a Maipú, Santiago Norte, Colina, Peñaflor, Paine, San Miguel y Lampa. Las causas de altas concentraciones en los sectores de Santiago Norte y La Cisterna puede deberse a la presencia de vertederos o rellenos sanitarios, además de tener en cuenta que en estas zonas se ubican los principales cementerios de la región. En los sectores de Lampa y Batuco, la alta concentración puede deberse a interacciones locales con aguas superficiales contaminadas. Según la información analizada desde el año 1960 a 1969, los sectores que en algún momento han acusado niveles altos de concentración de nitratos son Maipú, Colina, Batuco, Santiago Norte

---

<sup>23</sup> CONAMA, 1999. Análisis de la Contaminación de Aguas Subterráneas en la Región Metropolitana, por Aguas Servidas

<sup>24</sup> CONAMA, 1999. Análisis de la Contaminación de Aguas Subterráneas en la Región Metropolitana, por Aguas Servidas

(al norte del Mapocho, entre cerro Renca y San Cristobal, Santiago Sur (La Cisterna y San Miguel), Talagante-Peñaflor y Paine.

### **g) Conclusiones y Recomendaciones**

Para minimizar los daños que pudiese provocar el riego con concentraciones excesivas de alguno de los parámetros analizados, los agricultores deben estar en conocimiento de la calidad del agua con la que se riega y de cuáles son los cultivos más sensibles a la calidad del agua que utiliza, de manera de prevenir pérdidas o bajos rendimientos agrícolas por esta causa. Esta información puede ser canalizada y estudiada a través de las Organizaciones de Usuarios de Aguas, por medio de convenios con agencias públicas y/o de investigación.

Debido a que las principales causas de la contaminación en la cuenca corresponden a acción antrópica, las medidas destinadas al mejoramiento de la calidad de las aguas comprenden el mejoramiento de los sistemas de tratamiento de las aguas servidas urbanas y RILes, el mejoramiento de la cobertura de tratamiento y disposición de las aguas servidas en los sectores rurales y el mejoramiento del manejo de pesticidas y fertilizantes por parte de los agricultores. El tratamiento intrapredial de las aguas, además de encarecer los costos de los sistemas de tratamiento, corresponde solamente a una medida paliativa que no integra la visión de cuenca hidrográfica.

Respecto del agua potable, en aquellos sectores que presentan aguas subterráneas con parámetros excedidos en sus fuentes, se deberán invertir más recursos en tratamiento, de manera de cumplir cabalmente con la NCh 409, evitando cualquier tipo de consecuencia en la población. Además se deben tomar en cuenta ciertas medidas recomendadas para sectores urbanos, tales como la correcta ubicación de bombas bencineras, cementerios o rellenos sanitarios, lo que puede ser controlado por la DGA a través del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, ya que este tipo de proyectos debe ser sometido a esta evaluación. Respecto del agua potable proveniente de cursos de agua superficial, no se ha realizado un análisis a partir de la NCh 409 debido a que el agua utilizada para potabilización es extraída en sectores altos de la cuenca, careciendo del efecto antrópico negativo, además el uso principal del agua superficial es el riego.

#### **3.2.1.4 Demandas de Agua**

El análisis de las demandas de agua se divide en el análisis de 5 diferentes tipos de usos:

- Agua Para Riego
- Potable

- Hidroeléctrica
- Industria y Minería
- Sector Turístico

### **a) Demandas de Agua Para Riego**

Según lo determinado en los estudios de la Ref. 1 y 17, la zona bajo riego se sectoriza en 46 sectores de riego, y para cada uno de estos sectores se calcularon las demandas a través del tiempo. La evaluación de las demandas requiere 4 pasos:

- Definición de áreas cultivadas
- Caracterización Temporal de cultivos
- Evaluación precipitaciones zonas de riego
- Evaluación precipitaciones efectivas

Como resultado de la evaluación de los cuatro elementos anteriores, se obtuvo las demandas históricas de agua para riego, en la forma de necesidades netas mensuales, para cada uno de los 3 períodos de tiempo analizados. Estos resultados se presentan en el Cuadro 3.2.1.4-1 para el período 1950-82, en el Cuadro 3.2.1.4-2 para el período 1982-1997, y en el Cuadro 3.2.1.4-3 el período 1997-2006.

Usando como base la información de las demandas, fue posible evaluar la demanda a nivel anual, la que para el año 2006 se evalúa como 2.514,4 Mm<sup>3</sup>. Utilizando la proyección de crecimiento de superficies de la CNR que establece 207.000 ha para el año 2027, se puede proyectar la demanda de agua para riego, la que se muestra en el Cuadro 3.2.1.4-4. Es importante indicar que las demandas fueron calculadas usando el modelo MAGIC-Maipo que se describe posteriormente.

**CUADRO 3.2.1.4-1  
NECESIDADES NETAS MENSUALES (mm)  
1950-1982**

Zona de Riego	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Anual
ZR-01	29	0	0	0	0	11	53	111	152	153	130	75	714
ZR-02	33	1	0	0	0	19	60	118	157	160	134	79	760
ZR-03	33	1	0	0	0	21	59	117	157	159	134	78	758
ZR-04	24	0	0	0	0	2	39	105	148	153	129	73	673
ZR-05	29	0	0	0	0	10	53	111	152	153	130	75	714
ZR-06	27	0	0	0	0	6	50	110	151	153	129	75	702
ZR-07	27	0	0	0	0	6	51	110	151	153	130	75	702
ZR-08	28	0	0	0	0	8	56	112	151	154	130	75	714
ZR-09	28	0	0	0	0	9	56	112	151	154	130	75	716
ZR-10	25	0	0	0	0	9	59	109	140	138	123	77	681
ZR-11	27	0	0	0	0	5	55	111	150	154	130	75	706
ZR-12	26	0	0	0	0	3	53	110	150	154	130	75	700
ZR-13	25	0	0	0	0	3	52	109	149	154	129	74	695
ZR-14	27	0	0	0	0	6	55	111	150	154	130	75	709
ZR-15	28	0	0	0	0	6	55	111	151	154	130	75	710
ZR-16	28	0	0	0	0	7	56	112	151	154	130	75	712
ZR-17	29	0	0	0	0	8	57	114	154	158	133	77	730
ZR-18	29	0	0	0	0	8	58	116	156	160	135	79	742
ZR-19	29	0	0	0	0	8	58	116	156	160	135	79	742
ZR-20	28	0	0	0	0	6	56	111	151	154	130	76	711
ZR-21	25	0	0	0	0	10	60	109	140	139	123	78	683
ZR-22	25	0	0	0	0	11	58	108	140	138	123	77	681
ZR-23	26	0	0	0	0	3	44	108	149	153	129	73	685
ZR-24	29	0	0	0	0	7	49	110	150	154	129	74	703
ZR-25	30	0	0	0	0	16	56	114	154	157	132	77	737
ZR-26	32	0	0	0	0	21	58	116	156	159	134	78	753
ZR-27	35	0	0	0	0	21	62	120	160	161	136	81	777
ZR-28	35	0	0	0	0	19	64	121	162	161	137	81	780
ZR-29	37	1	0	0	0	21	65	122	162	162	137	82	790
ZR-30	36	0	0	0	0	21	64	121	161	161	137	81	783
ZR-31	33	0	0	0	0	16	60	118	160	160	136	80	764
ZR-32	33	0	0	0	0	16	59	119	159	161	136	80	763
ZR-33	32	0	0	0	0	18	57	117	157	159	134	79	754
ZR-34	29	0	0	0	0	11	54	112	151	154	130	75	715
ZR-35	29	0	0	0	0	11	56	112	151	154	130	75	718
ZR-36	30	0	0	0	0	13	56	113	152	154	130	76	724
ZR-37	29	0	0	0	0	11	55	111	151	154	130	75	716
ZR-38	29	0	0	0	0	12	56	112	151	154	130	76	720
ZR-39	23	0	0	0	0	16	64	110	138	133	119	74	677
ZR-40	22	0	0	0	0	12	61	109	138	133	119	73	668
ZR-41	23	0	0	0	0	15	63	109	137	132	118	73	671
ZR-42	21	0	0	0	0	11	59	104	133	128	115	71	642
ZR-43	24	0	0	0	0	12	61	114	142	137	123	75	688
ZR-44	32	0	0	0	0	16	59	117	157	159	134	78	752
ZR-45	32	0	0	0	0	16	59	117	156	158	134	78	750
ZR-46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Promedio	28	0	0	0	0	11	55	110	148	149	127	75	704

Fuente: Elaboración Propia

**CUADRO 3.2.1.4-2  
NECESIDADES NETAS MENSUALES (mm)  
1982-1997**

Zona de Riego	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Anual
ZR-01	32	0	0	0	0	11	56	107	144	149	129	82	711
ZR-02	35	1	0	0	0	21	63	120	162	166	135	71	775
ZR-03	32	2	0	0	0	29	70	120	145	138	115	65	715
ZR-04	39	0	0	0	0	2	45	107	139	146	135	101	713
ZR-05	37	0	0	0	0	12	57	114	150	152	133	87	743
ZR-06	40	0	0	0	0	8	56	114	148	150	135	95	746
ZR-07	39	0	0	0	0	7	55	114	147	149	135	97	744
ZR-08	33	0	0	0	0	9	58	112	142	143	126	86	710
ZR-09	33	0	0	0	0	8	54	106	138	145	129	90	701
ZR-10	34	0	0	0	0	7	52	109	140	145	130	92	710
ZR-11	28	0	0	0	0	8	62	113	139	134	116	73	674
ZR-12	0	0	0	0	0	21	91	112	73	23	16	2	338
ZR-13	0	0	0	0	0	18	88	111	76	28	20	3	343
ZR-14	0	0	0	0	0	26	92	114	75	25	17	3	351
ZR-15	0	0	0	0	0	26	93	114	74	23	16	2	348
ZR-16	29	0	0	0	0	11	63	114	139	134	116	73	679
ZR-17	30	0	0	0	0	11	65	117	142	138	119	75	697
ZR-18	31	0	0	0	0	12	66	119	144	140	120	76	708
ZR-19	31	0	0	0	0	12	66	119	144	140	120	76	708
ZR-20	31	0	0	0	0	8	61	112	140	139	121	80	693
ZR-21	32	0	0	0	0	7	51	106	136	143	128	91	693
ZR-22	32	0	0	0	0	8	49	105	136	143	128	90	690
ZR-23	54	0	0	0	0	0	40	119	163	177	164	127	843
ZR-24	59	0	0	0	0	3	45	121	165	177	165	129	864
ZR-25	23	0	0	0	0	18	59	113	156	158	125	57	709
ZR-26	39	0	0	0	0	26	66	120	152	152	130	80	766
ZR-27	37	0	0	0	0	20	58	121	168	173	143	80	802
ZR-28	37	0	0	0	0	18	60	121	169	174	144	81	805
ZR-29	41	0	0	0	0	21	63	123	169	173	146	86	821
ZR-30	44	0	0	0	0	20	65	122	164	169	148	96	829
ZR-31	40	0	0	0	0	16	62	118	163	168	145	92	803
ZR-32	31	0	0	0	0	18	61	118	162	166	132	63	752
ZR-33	38	0	0	0	0	22	65	119	151	151	129	79	752
ZR-34	34	0	0	0	0	16	64	114	141	138	118	74	698
ZR-35	38	0	0	0	0	13	62	114	144	145	128	87	731
ZR-36	45	0	0	0	0	14	63	116	151	157	141	100	786
ZR-37	37	0	0	0	0	13	62	114	143	142	126	85	722
ZR-38	24	0	0	0	0	15	62	112	147	144	117	58	679
ZR-39	34	0	0	0	0	19	68	116	135	128	114	77	692
ZR-40	33	0	0	0	0	15	66	115	134	127	114	77	682
ZR-41	35	0	0	0	0	19	68	115	134	126	113	77	686
ZR-42	31	0	0	0	0	14	64	110	128	120	107	73	648
ZR-43	26	0	0	0	0	13	60	115	144	139	122	72	691
ZR-44	30	0	0	0	0	19	70	116	145	143	124	76	723
ZR-45	37	0	0	0	0	22	73	120	139	132	117	79	719
ZR-46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Promedio	31	0	0	0	0	14	62	112	138	134	116	74	682

**Fuente:** Elaboración Propia

**CUADRO 3.2.1.4-3  
NECESIDADES NETAS MENSUALES (mm)  
1997-2006**

Zona de Riego	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Anual
ZR-01	32	0	0	0	0	11	56	107	144	149	129	82	711
ZR-02	35	1	0	0	0	21	63	120	162	166	135	71	775
ZR-03	32	2	0	0	0	29	70	120	145	138	115	65	715
ZR-04	38	0	0	0	0	2	44	103	137	145	132	99	699
ZR-05	37	0	0	0	0	12	57	114	150	152	133	87	743
ZR-06	40	0	0	0	0	8	56	114	148	150	135	95	746
ZR-07	40	0	0	0	0	7	55	114	147	149	135	97	744
ZR-08	33	0	0	0	0	9	58	112	142	143	126	86	710
ZR-09	33	0	0	0	0	8	54	106	138	145	129	90	701
ZR-10	34	0	0	0	0	7	52	109	140	145	130	92	710
ZR-11	28	0	0	0	0	8	62	113	139	134	116	73	674
ZR-12	0	0	0	0	0	21	91	112	73	23	16	2	338
ZR-13	0	0	0	0	0	18	88	111	76	28	20	3	343
ZR-14	0	0	0	0	0	26	92	114	75	25	17	3	351
ZR-15	0	0	0	0	0	26	93	114	74	23	16	2	348
ZR-16	6	0	0	0	0	1	9	15	21	22	19	12	104
ZR-17	30	0	0	0	0	11	65	117	142	138	119	75	697
ZR-18	31	0	0	0	0	12	66	119	144	140	120	76	708
ZR-19	31	0	0	0	0	12	66	119	144	140	120	76	708
ZR-20	31	0	0	0	0	8	61	112	140	139	121	80	693
ZR-21	32	0	0	0	0	7	51	105	136	143	128	91	693
ZR-22	32	0	0	0	0	8	49	105	136	143	128	90	690
ZR-23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ZR-24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ZR-25	23	0	0	0	0	18	59	113	156	158	125	57	709
ZR-26	39	0	0	0	0	26	66	120	152	152	130	80	766
ZR-27	37	0	0	0	0	20	58	121	168	173	143	80	802
ZR-28	78	0	0	0	0	38	124	251	352	361	299	168	1672
ZR-29	41	0	0	0	0	21	63	123	169	173	146	86	821
ZR-30	44	0	0	0	0	20	65	122	164	169	148	96	829
ZR-31	40	0	0	0	0	16	62	118	163	168	145	92	803
ZR-32	31	0	0	0	0	18	61	118	162	166	132	63	752
ZR-33	38	0	0	0	0	22	65	119	151	151	129	79	752
ZR-34	34	0	0	0	0	16	64	114	141	138	118	74	698
ZR-35	38	0	0	0	0	13	62	114	144	145	128	87	731
ZR-36	45	0	0	0	0	14	63	116	151	156	141	99	786
ZR-37	37	0	0	0	0	13	62	114	143	142	126	85	722
ZR-38	24	0	0	0	0	15	62	112	147	144	117	58	679
ZR-39	34	0	0	0	0	19	68	116	135	128	114	77	692
ZR-40	33	0	0	0	0	15	66	115	134	127	114	77	682
ZR-41	35	0	0	0	0	19	68	115	134	126	113	77	686
ZR-42	31	0	0	0	0	14	64	110	128	120	107	73	648
ZR-43	26	0	0	0	0	13	60	115	144	139	122	72	691
ZR-44	30	0	0	0	0	19	70	116	145	143	124	76	723
ZR-45	37	0	0	0	0	22	73	120	139	132	117	79	719
ZR-46	31	0	0	0	0	20	60	117	162	165	131	63	749
Promedio	30	0	0	0	0	15	61	110	136	132	113	71	668

Fuente: Elaboración Propia

**CUADRO 3.2.1.4-4  
PROYECCIÓN DE DEMANDAS Y SUPERFICIE**

Año	Superficie (ha)	Demanda (Mm <sup>3</sup> /año)	
		Nivel Cultivo	Nivel Bocatoma
2006	193.694	1.733,7	2.514,4
2007	194.328	1.739,4	2.522,6
2008	194.961	1.745,1	2.530,8
2009	195.595	1.750,7	2.539,1
2010	196.228	1.756,4	2.547,3
2011	196.862	1.762,1	2.555,5
2012	197.496	1.767,8	2.563,7
2013	198.129	1.773,4	2.572,0
2014	198.763	1.779,1	2.580,2
2015	199.396	1.784,8	2.588,4
2016	200.030	1.790,4	2.596,6
2017	200.664	1.796,1	2.604,9
2018	201.297	1.801,8	2.613,1
2019	201.931	1.807,5	2.621,3
2020	202.564	1.813,1	2.629,5
2021	203.198	1.818,8	2.637,8
2022	203.832	1.824,5	2.646,0
2023	204.465	1.830,1	2.654,2
2024	205.099	1.835,8	2.662,4
2025	205.732	1.841,5	2.670,7
2026	206.366	1.847,2	2.678,9
2027	207.000	1.852,8	2.687,1

**Fuente:** Elaboración Propia

**b) Demandas de Agua Potable**

Para efectuar el presente análisis se han dividido las demandas de agua potable en urbana y rural. La primera se encuentra asociada a las localidades perteneciente a áreas de las regiones Metropolitana, V y VI, abastecidas por una gran cantidad de empresas sanitarias, éstas son:

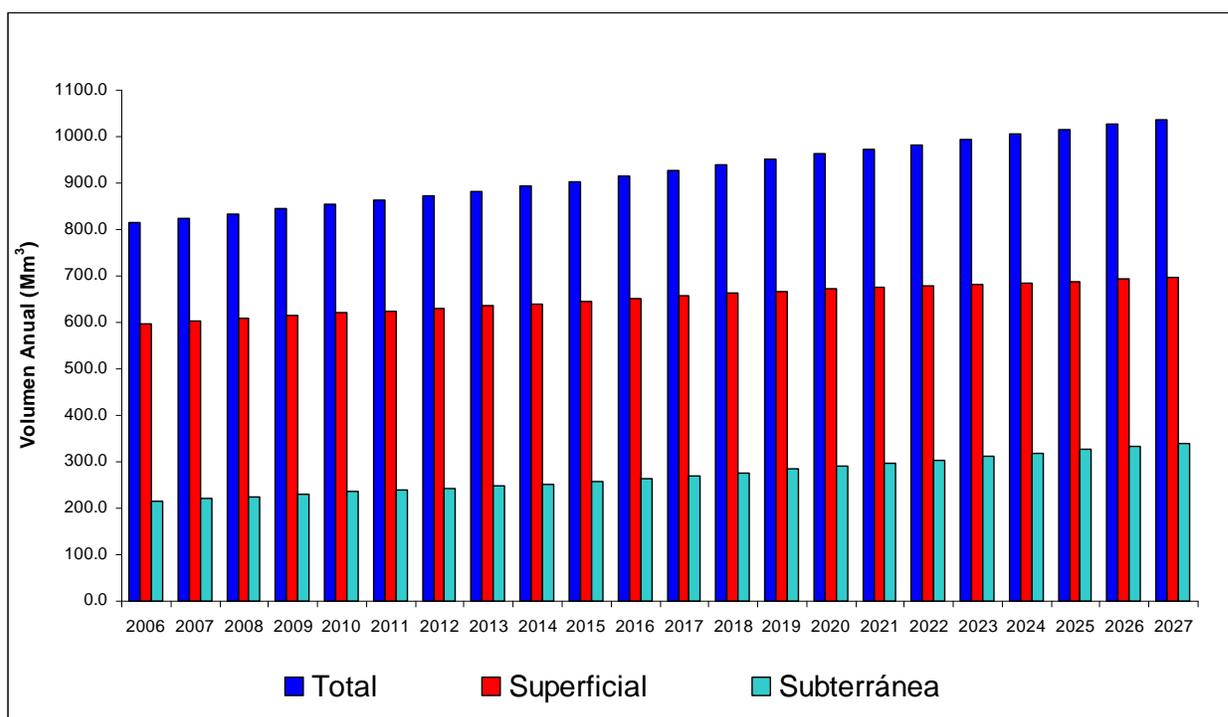
- En la Región Metropolitana:
  - Aguas Andinas S.A.
  - Aguas Cordillera S.A.
  - Aguas Manquehue S.A.
  - Aguas Los Domínicos S.A.
  - Servicio Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Maipú (SMAPA)
  - Aguas Santiago Poniente S.A. (ASP)
  - Servicomunal S.A.

- Aguas Santiago S.A.
- Empresa de Servicios Sanitarios Lo Prado S.A. - SEPPRA
- En la V Región:
  - Empresas de Servicios Sanitarios de Valparaíso S.A. (ESVAL)
  - Cooperativa de Agua Potable Santo Domingo Ltda. (COOPAGUA)
- En la VI Región:
  - Empresa de Servicios Sanitarios del Bío-Bío S.A. (ESSBIO)

Por otra parte las aguas rurales están asociadas a los sistemas de agua potable rural ubicados dentro de la cuenca.

Utilizando la información provista en los Planes de Desarrollo de las diferentes empresas sanitarias y DOH en lo que respecta a los APR's, se determinó las demandas totales anuales, las que se muestran en la Figura 3.2.1.4-1. En esta figura, las demandas están claramente desagregadas entre fuente superficial y subterránea.

**FIGURA 3.2.1.4-1  
PROYECCIÓN DE PRODUCCIÓN ANUAL (Mm<sup>3</sup>)**



**Fuente:** Elaboración Propia

### c) Demandas de Agua para Hidroelectricidad

El uso de recursos hídricos para generación de energía eléctrica corresponde principalmente a las centrales hidroeléctricas del Sistema Interconectado Central (SIC), las que utilizan recursos superficiales a través del ejercicio de derechos de aprovechamiento de aguas de tipo no consuntivo. También destacan las centrales termoeléctricas del SIC. Por último, también existen usos asociados a minicentrales hidroeléctricas, de empresas (industriales o mineras) o particulares, que utilizan recursos superficiales, para generar la energía necesaria para sus propios requerimientos. En el Cuadro 3.2.1.4-5 se presentan las características principales de las centrales.

**CUADRO 3.2.1.4-5  
CARACTERÍSTICAS CENTRALES**

Central (Nombre y Tipo)	Propietario	Ubicación	Potencia Nominal (MW)	Q Diseño (m <sup>3</sup> /s)	Fuente de Información
Central Hidroeléctrica Alfalfal - Pasada	AES Gener S.A.	San José de Maipo	160,0	30,0	<a href="http://www.cdec-sic.cl">www.cdec-sic.cl</a>
Central Hidroeléctrica Maitenes - Pasada	AES Gener S.A.	San José de Maipo	30,8	11,3	<a href="http://www.cdec-sic.cl">www.cdec-sic.cl</a>
Central Hidroeléctrica Volcán - Pasada	AES Gener S.A.	El Volcán	13,0	9,1	<a href="http://www.cdec-sic.cl">www.cdec-sic.cl</a>
Central Hidroeléctrica Carbomet - Pasada	Carbomet S.A.	San Bernardo	10,9	30,0	<a href="http://www.cdec-sic.cl">www.cdec-sic.cl</a>
Central Hidroeléctrica Florida - Pasada	Soc. del Canal del Maipo	La Florida	28,0	30,0	<a href="http://www.cdec-sic.cl">www.cdec-sic.cl</a>
Central Hidroeléctrica Puntilla - Pasada	E. E. Puntilla S. A.	Pirque	14,7	20,0	<a href="http://www.cdec-sic.cl">www.cdec-sic.cl</a>
Central Hidroeléctrica Queltehues - Pasada	AES Gener S.A.	Queltehues	41,1	28,1	<a href="http://www.cdec-sic.cl">www.cdec-sic.cl</a>
Central Termoeléctrica Renca	Soc. Eléctrica de Santiago S.A.	Renca	100,0	360,0	<a href="http://www.cdec-sic.cl">www.cdec-sic.cl</a>
Central Termoeléctrica Nueva Renca	Soc. Eléctrica Santiago S.A.	Renca	379,0	180,0	<a href="http://www.cdec-sic.cl">www.cdec-sic.cl</a>
Central Hidroeléctrica Carena - Pasada	Colbún S.A.	Puangue	9,6	s/i	<a href="http://www.cenelca.cl">www.cenelca.cl</a>

En lo que respecta a la situación futura de las demandas de agua, se tiene que las demandas adicionales de agua serán dadas por las nuevas centrales que entren en operación. De los proyectos identificados, sólo las centrales del Alto Maipo tienen una fecha de puesta en servicio. Las características de estas centrales, y su fecha de puesta en marcha, se presentan en el Cuadro 3.2.1.4-6.

**CUADRO 3.2.1.4-6  
CARACTERÍSTICAS CENTRALES FUTURAS**

CENTRAL (NOMBRE Y TIPO)	PROPIETARIO	UBICACIÓN	POTENCIA NOMINAL (MW)	Q Diseño (m <sup>3</sup> /s)	Puesta en Marcha
Central Hidroeléctrica Alfalfal II- Pasada	AES Gener S.A.	San José de Maipo	279,4	27	2010
Central Hidroeléctrica Las Lajas - Pasada	AES Gener S.A.	San José de Maipo	259,6	65	2010

**Fuente:** AES Gener S.A.

**d) Demandas de Agua Sector Industrial y Minero**

Para proyectar las demandas de uso industrial, en el estudio de la Ref. 18 se utilizó como base las demandas netas y brutas estimadas en la etapa anterior para el año 2005, las cuales a su vez fueron proyectadas a partir del estudio realizado por IPLA, “Análisis Uso Actual y Futuro de Los Recursos Hídricos de Chile” (1996), mediante indicadores de crecimiento económico regionales y por rubro.

Para cada cuenca, se presentan las demandas calculadas para los años 2005 (escenario base), 2006, 2015 y 2030. Estas demandas fueron calculadas utilizando los indicadores de crecimiento económico como valores constantes para todo el período 2006 – 2030. Dicho criterio se asumió a falta de proyecciones económicas detalladas para el largo plazo, las cuales por lo demás, no debieran fluctuar demasiado en torno al valor utilizado. Por otro lado, la coyuntura en 2005 indicaba un leve retroceso económico (en parte por la baja del precio del cobre) para el corto plazo, por lo que mantener el crecimiento presentado anteriormente fue un criterio conservador al suponer que las demandas de recurso hídrico por uso industrial aumentarían algo más de lo que la coyuntura económica lo percibía. Finalmente, el resultado del análisis se presenta en el Cuadro 3.2.1.4-7.

Al igual que en el Uso Industrial, del estudio realizado por IPLA<sup>1</sup> se obtuvieron valores base estimados para el año 1993, los cuales fueron proyectados hasta el año 2005 en el estudio de la Ref. 18 en función del crecimiento económico del sector minero asociado a la región, el cual fue expresado mediante la variación del indicador PIB.

Las demandas por uso minero correspondientes a 1993 para la cuenca del Maipo se presentan en el Cuadro 3.2.1.4-8.

<sup>1</sup> Análisis Uso Actual y Futuro de Los Recursos Hídricos de Chile – Informe Final, IPLA LTDA., Enero 1996

**CUADRO 3.2.1.4-7  
PROYECCIÓN DE DEMANDAS RECURSO HÍDRICO PARA USO INDUSTRIAL  
(m<sup>3</sup>/año)**

AÑO	NETA	BRUTA
<b>MAIPO MEDIO</b>		
1993		
2005	3.683.586	5.469.424
2006	3.830.193	5.687.107
2015	5.442.131	8.080.528
2030	9.772.736	14.510.652
<b>MAPOCHO</b>		
1993		
2005	191.283.379	322.690.237
2006	198.896.458	335.533.308
2015	282.602.088	476.742.596
2030	507.484.244	856.113.121
<b>MAIPO BAJO</b>		
1993	258.000	336.000
2005	377.129	491.145
2006	392.139	510.692
2015	557.171	725.617
2030	1.000.542	1.303.032

**Fuente:** Preparado a Partir de AC Ingenieros Consultores-DGA, 2007 (Ref. 18)

**CUADRO 3.2.1.4-8  
DEMANDAS POR USO MINERO  
1993-2005**

año	MAPOCHO (0572-0573)		MAIPO BAJO (0574)	
	m <sup>3</sup> /año	L/s	m <sup>3</sup> /año	L/s
1993	10.375.344	329	94.608	3
1994	10.655.478	338	97.162	3
1995	10.943.176	347	99.786	3
1996	11.238.642	356	102.480	3
1997	11.321.729	359	103.238	3
1998	11.805.588	374	107.650	3
1999	12.002.954	381	109.449	3
2000	12.202.709	387	111.271	4
2001	12.171.252	386	110.984	4
2002	12.365.698	392	112.757	4
2003	12.841.726	407	117.098	4
2004	14.107.099	447	128.636	4
2005	15.044.078	477	137.180	4

**Fuente:** AC Ingenieros Consultores-DGA, 2007 (Ref. 18)

Posteriormente, en el Cuadro 3.2.1.4-9 se presentan las proyecciones de las demandas anteriores hasta el año 2005. Finalmente, en el Cuadro 3.2.1.4-10, se muestra el resultado de la proyección.

**CUADRO 3.2.1.4-9  
DEMANDAS POR USO MINERO AÑOS 1993-2005  
RESUMEN POR SUBCUENCAS**

Nº CUENCA	CAPACIDAD FLOTACIÓN	CAPACIDAD LIXIVIACIÓN	NOMBRE	DERECHOS (L/s)
0572	12.500		C.M. DISPUTADA DE LAS CONDES	290
0573		3.000	SOC. MINERA PUDAHUEL LTDA. PLANTA LO AGUIRRE	35
0573	160		CÍA EXPLOTADORA DE MINAS PLANTA BATUCO	4
0574	110		OSCAR CUEVAS C. - PLANTA PALO ALTO	3

n/d: Sin información disponible

**Fuente:** Análisis Uso Actual y Futuro de Los Recursos Hídricos de Chile, Informe Final, IPLA, 1996

**CUADRO 3.2.1.4-10  
RECURSOS HÍDRICOS PARA USO MINERO**

Subcuenca	Año	Caudal Estimado Uso Minero	
		m³/s	L/s
Río Maipo Alto	2015	0,091	91,2
	2030	0,132	132,2
Río Maipo Medio	2015	0,034	33,5
	2030	0,049	48,6
Río Mapocho	2015	1,205	1205,4
	2030	1,748	1747,6
Río Maipo Bajo	2015	0,043	42,9
	2030	0,062	62,2

**Fuente:** AC Ingenieros Consultores-DGA, 2007 (Ref. 18)

### e) Demandas de Agua Paisajísticas, Turísticas y Recreacionales

Los caudales atribuibles a actividades de naturaleza turística en general están incluidos en los definidos como “Uso Agua Potable”, puesto que la infraestructura hotelera utiliza recursos directamente desde las redes de las empresas sanitarias correspondientes.

Las demandas de uso turístico se proyectaron en el estudio de la Ref. 18 como 1.400 litros de agua por turista, como valor inicial. Como el valor alcanzado representa el volumen requerido por cada turista, al convertirlo en caudal se debe considerar que la estadística que se usa es anual, por lo que dicho valor correspondería a 1,4 m<sup>3</sup>/año/turista. En base a este valor se presentan en el Cuadro 3.2.1.4-11 las proyecciones de demandas para la cuenca.

**CUADRO 3.2.1.4-11  
RECURSOS HÍDRICOS PARA USO TURISMO CUENCA RÍO MAIPO**

Código Subcuenca	Subcuenca	Año	Caudal Estimado Uso Turismo	
			(m <sup>3</sup> /s)	(L/s)
0571	Río Maipo Medio	2015	0,0024	2,4
		2030	0,0049	4,9
0572–0573	Río Mapocho	2015	0,0018	1,8
		2030	0,0031	3,1

**Fuente:** AC Ingenieros Consultores-DGA, 2007 (Ref. 18)

#### 3.2.1.1 Infraestructura de Aprovechamiento y Monitoreo

El análisis de la infraestructura de aprovechamiento del agua se divide en 6 grandes categorías:

- Riego
- Potable
- Electricidad
- Tranques de Relave
- Evacuación de Aguas Lluvia
- Prevención de Aluviones
- Sanitaria

### a) Infraestructura para Riego

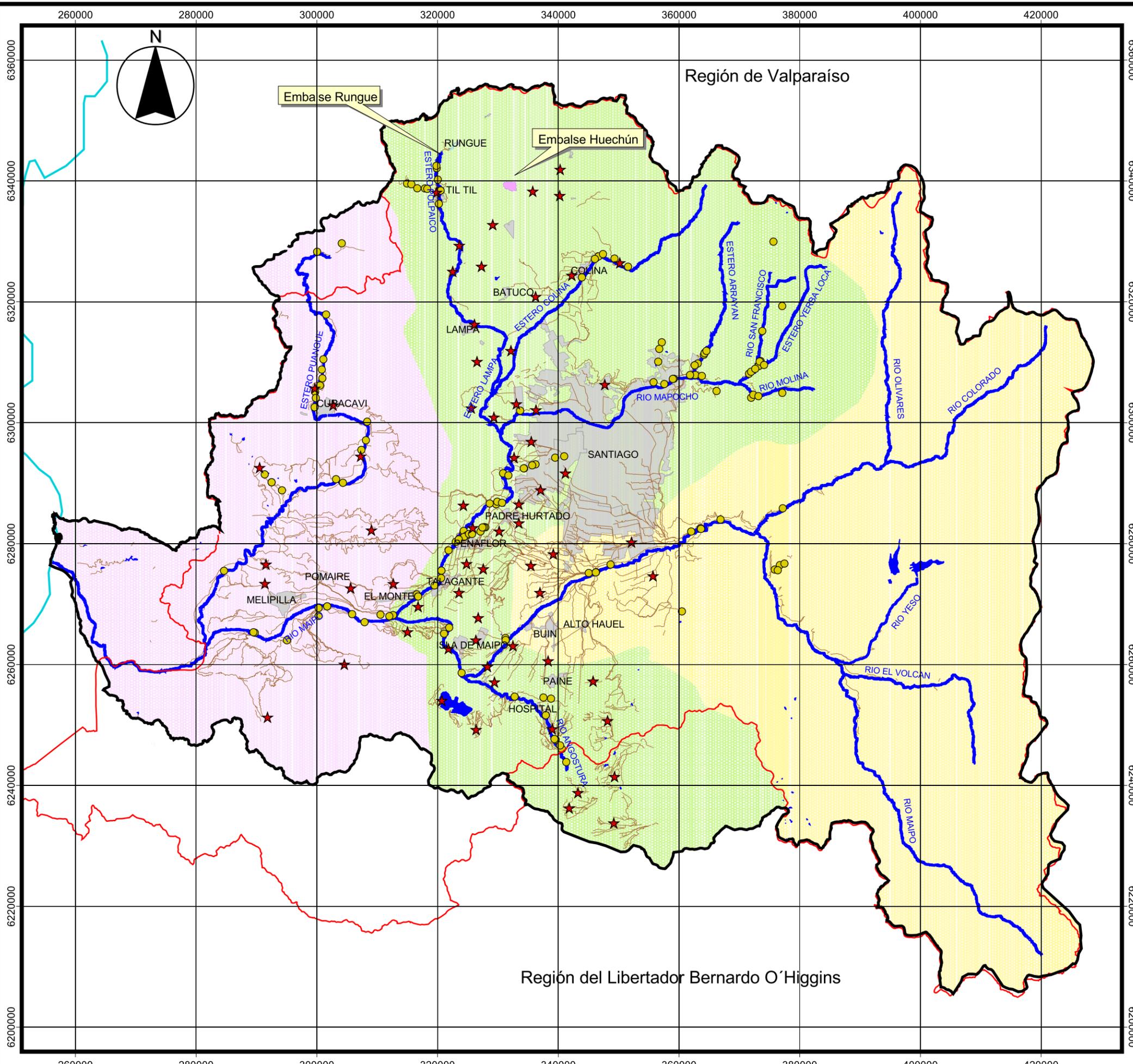
El análisis que se presenta se basa fundamentalmente en la información presentada en el estudio de la Ref. 1. Los elementos principales de la infraestructura de riego se presentan en la Figura 3.2.1.5-1. En esta figura se observan claramente las 3 secciones legales en las que se divide el río Maipo, la ubicación de embalses de riego (mayores y algunos menores), y la ubicación de sectores en los que hay sondajes de agua subterránea destinados a riego, y se describen brevemente como:

- **Canales:** Tal como se presenta en el estudio de la Ref. 1, los canales son antiguos en su mayoría. En el Cuadro 3.2.1.5-1 se presenta un resumen con las características de los canales que captan sus aguas desde el río Maipo. En total, se tienen 62 canales que riegan una superficie superior a 118.500 ha, con una longitud superior a 627 km. Se tiene que muchos de estos canales están en malas condiciones de mantención, lo que redundaría en altas pérdidas de conducción.
- **Embalses:** En lo que respecta a los embalses, se identifican 3 grandes tipos de embalses: Mayores (Rungue, Huechún, y Cerrillos de Leyda), Menores (Embalse San Juan, embalse Los Ángeles, embalse Lollole, y embalse Lo Prado), y Tranques de Regulación Nocturna (estructuras intraprediales con un volumen superior a 10 Mm<sup>3</sup>).
- **Captaciones Subterráneas:** El tercer tipo de infraestructura de abastecimiento corresponde a las captaciones subterráneas. Se tienen al menos 1.301 captaciones dedicadas a abastecer algunos sectores de riego. En total, estas captaciones tienen derechos por aproximadamente 58 m<sup>3</sup>/s. En el Cuadro 3.2.1.5-2 se presenta un cuadro resumen con la distribución de captaciones subterráneas en la cuenca.

**CUADRO 3.2.1.5-1**  
**CANALES ASOCIADOS AL SISTEMA DEL RÍO MAIPO**  
**CANALES PRINCIPALES Y SECUNDARIOS**

Sección	Número de Canales			Superficie Regada (ha)	Largo Total (km)
	Ribera Norte o Derecha	Ribera Sur o Izquierda	Total		
1	7	8	15	>72.900	> 134
2	5	10	15	>5.800	> 87
3	16	16	32	> 39.800	> 406
<b>Total</b>	<b>28</b>	<b>34</b>	<b>62</b>	<b>&gt; 118.500</b>	<b>&gt; 627</b>

**Fuente:** Elaborado Usando Información Contendida en el Estudio  
Conic-Bf-DGA, 2007 (Ref. 1)



**SIMBOLOGÍA**

Límite Cuenca Maipo	Bocatomas
Límite Regional	Pozos de Riego
Línea de costa	<b>Secciones legales</b>
Hidrografía principal	Primera
Zonas Urbanas	Segunda
Lagunas y Embalses	Tercera
Embalse Huechún	
Embalse Rungue	

Datos Cartográficos Proyección Universal Transversal Mercator Huso 19 zona Sur	Datos Geodésicos Elipsoide World Geodetic System 1984 Datum World Geodetic System 1984
---	--


**GOBIERNO DE CHILE**  
**MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS**  
**DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS**

CONSULTORES: LUIS ARRAU DEL CANTO CONSULTORES EN INGENIERÍA HIDRÁULICA Y DE RIEGO	PROYECTO: PLAN DIRECTOR PARA LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS CUENCA DEL RÍO MAIPO	PLANO: INFRAESTRUCTURA DE RIEGO
DIRECTOR GENERAL DE AGUAS SR. RODRIGO WEISNER	JEFE DE DEPARTAMENTO SR. PEDRO RIVERA	INSPECTOR FISCAL: SR. ANDRÉS ARRIAGADA
ESCALA: 1:650000 	FIGURA: 3.2.1.5-1	FECHA MAYO DE 2008



**CUADRO 3.2.1.5-2  
CAPTACIONES DE AGUA SUBTERRÁNEA PARA RIEGO**

Subcuenca	Pozos	Norias	Drenes	Total
Río Maipo Alto	0	0	0	0
Río Maipo Medio	195	44	28	267
Río Maipo Bajo	718	29	2	749
Río Mapocho Alto	0	0	0	0
Río Mapocho Bajo	212	52	21	285
<b>Total</b>	<b>1.125</b>	<b>125</b>	<b>51</b>	<b>1.301</b>

**Fuente:** Elaborado Usando Información Contendida en el Estudio Conic-Bf-DGA, 2007 (Ref. 1)

**b) Infraestructura para Agua Potable**

En general el agua potable se abastece tanto de fuentes superficiales como subterráneas, cuya ubicación se muestra en la Figura 3.2.1.5-2, donde se observan los elementos más importantes de la infraestructura para agua potable: embalses, captaciones puntuales, y sectores con sondajes para agua subterránea en la cuenca. En total, se dispone de aproximadamente de 870 captaciones subterráneas en la cuenca. De éstas, 169 cumplen más de un propósito, tal como se muestra en el Cuadro 3.2.1.5-3.

**CUADRO 3.2.1.5-3  
DISTRIBUCIÓN CAPTACIONES SUBTERRÁNEAS  
PARA AGUA POTABLE**

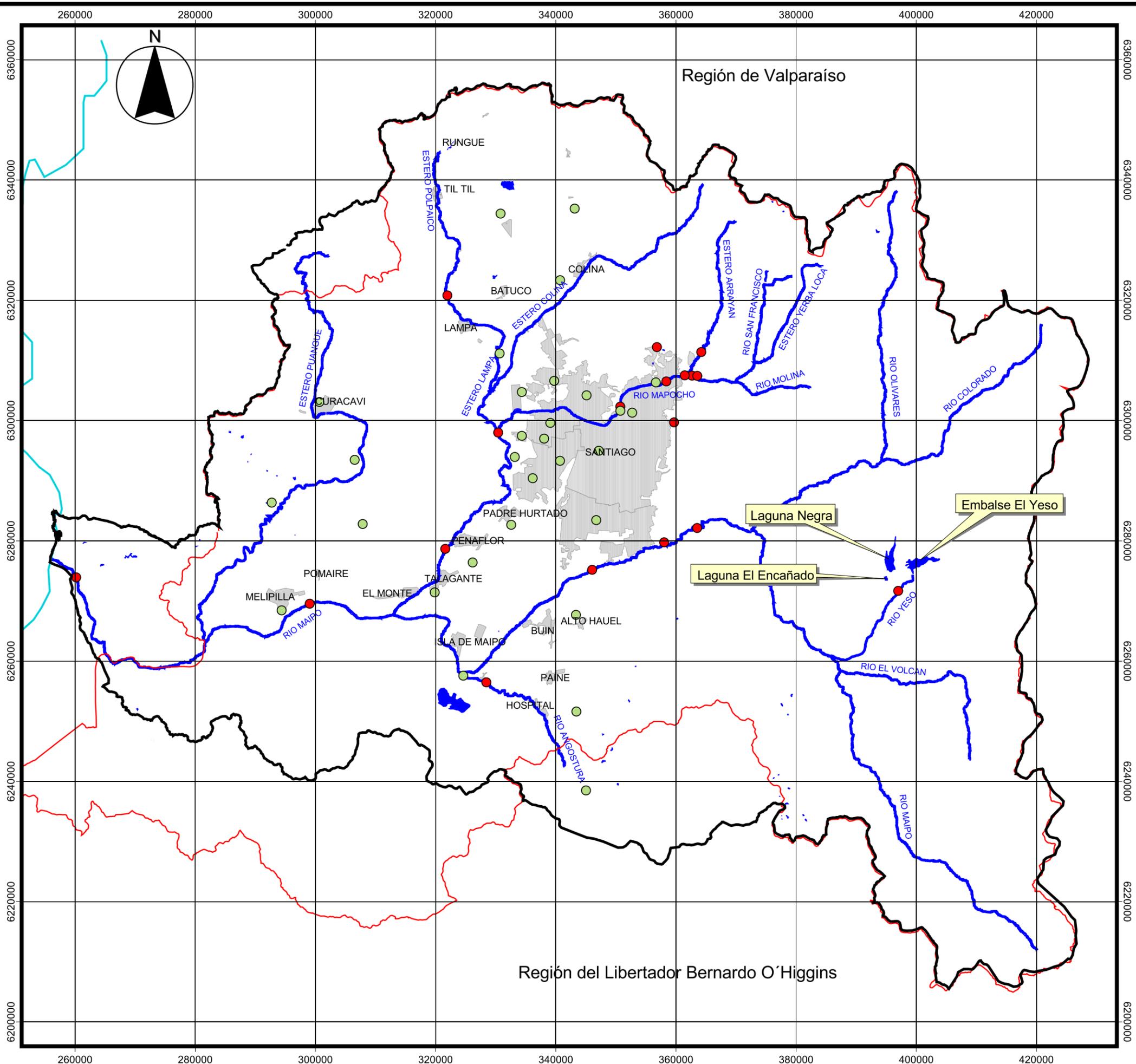
Descripción	Pozos		Norias		Drenes	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Potable	666	82,1	42	63,6	1	100
Riego – Potable	84	10,4	12	18,2	0	0
Potable – Industrial	43	5,3	11	16,7	0	0
Riego – Potable – Industrial	18	2,2	1	1,5	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>811</b>		<b>66</b>		<b>1</b>	

**Fuente:** Estudio Conic-Bf-DGA, 2007 (Ref. 1)

**c) Infraestructura para Hidroelectricidad**

En lo que respecta a hidroelectricidad, existen cerca de 10 centrales de pasada en la cuenca con una potencia instalada de 313,8MW y un caudal promedio de 116,2 m<sup>3</sup>/s. De estas centrales, 8 están conectadas al Sistema Interconectado Central (SIC) con una potencia de 300,3 MW y 94,7 m<sup>3</sup>/s como caudal promedio. La ubicación de estas centrales se presenta en la Figura 3.2.1.5-3, y sus características se presentaron anteriormente en el Cuadro 3.2.1.4-5.





**Embalses para Agua Potable**

Laguna Negra  
Embalse El Yeso  
Laguna del Encañado

**SIMBOLOGÍA**

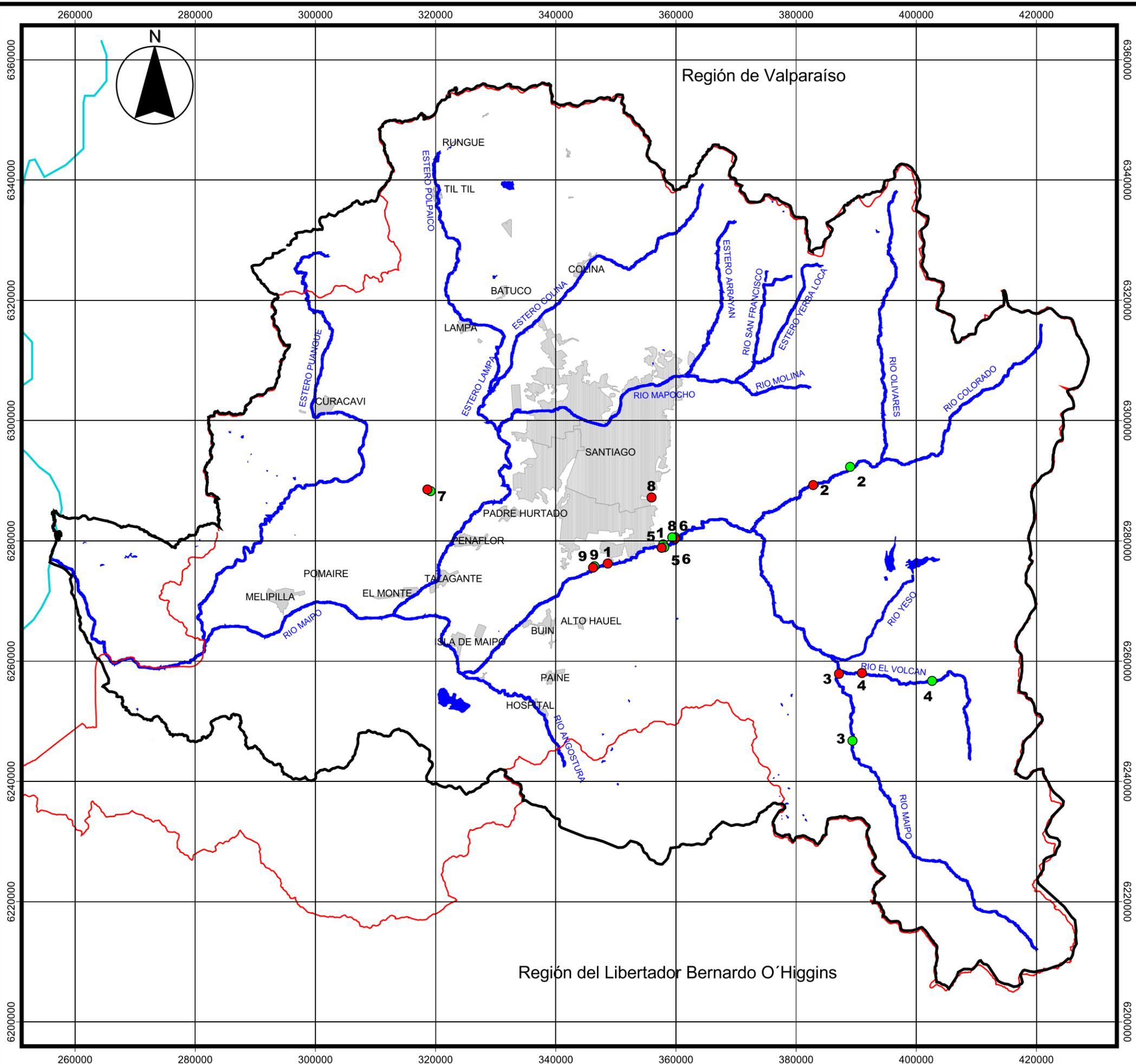
Límite Cuenca Maipo	Pozos Agua Potable
Límite Regional	Captaciones Agua Potable
Línea de costa	
Hidrografía principal	
Zonas Urbanas	
Lagunas y Embalses	

Datos Cartográficos Proyección Universal Transversal Mercator Huso 19 zona Sur	Datos Geodésicos Elipsoide World Geodetic System 1984 Datum World Geodetic System 1984
---	--

**GOBIERNO DE CHILE**  
**MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS**  
**DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS**

CONSULTORES: LUIS ARRAU DEL CANTO CONSULTORES EN INGENIERÍA HIDRÁULICA Y DE RIEGO	PROYECTO: PLAN DIRECTOR PARA LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS CUENCA DEL RÍO MAIPO	PLANO: INFRAESTRUCTURA AGUA POTABLE
DIRECTOR GENERAL DE AGUAS SR. RODRIGO WEISNER	JEFE DE DEPARTAMENTO SR. PEDRO RIVERA	INSPECTOR FISCAL: SR. ANDRÉS ARRIAGADA
ESCALA: 1:650000 	FIGURA: 3.2.1.5-2	FECHA MAYO DE 2008





ID	Nombre Central
1	Los Bajos y CAEMSA
2	Maitenes
3	Queltehues
4	Volcán
5	Puntilla
6	Eyzaguirre
7	CARENA
8	Florida
9	Los Morros

### SIMBOLOGÍA

<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px; margin-right: 5px;"></span> Límite Cuenca Maipo</li> <li><span style="border: 1px solid red; display: inline-block; width: 15px; height: 10px; margin-right: 5px;"></span> Límite Regional</li> <li><span style="border-bottom: 1px solid cyan; width: 15px; display: inline-block; margin-right: 5px;"></span> Línea de costa</li> <li><span style="border-bottom: 1px solid blue; width: 15px; display: inline-block; margin-right: 5px;"></span> Hidrografía principal</li> <li><span style="background-color: grey; display: inline-block; width: 15px; height: 10px; margin-right: 5px;"></span> Zonas Urbanas</li> <li><span style="background-color: blue; display: inline-block; width: 15px; height: 10px; margin-right: 5px;"></span> Lagunas y Embalses</li> </ul>	<p style="text-align: center;">Centrales Hidroeléctricas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: red; font-size: 15px; margin-right: 5px;">●</span> Descargas</li> <li><span style="color: green; font-size: 15px; margin-right: 5px;">●</span> Tomas</li> </ul>
--	---

<p>Datos Cartográficos Proyección Universal Transversal Mercator Huso 19 zona Sur</p>	<p>Datos Geodésicos Elipsoide World Geodetic System 1984 Datum World Geodetic System 1984</p>
---	---

**GOBIERNO DE CHILE**  
**MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS**  
**DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS**

<p style="font-size: 8px;">CONSULTORES: LUIS ARRAU DEL CANTO CONSULTORES EN INGENIERÍA HIDRÁULICA Y DE RIEGO</p>	<p style="font-size: 8px;">PROYECTO: PLAN DIRECTOR PARA LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS CUENCA DEL RÍO MAIPO</p>	<p style="font-size: 8px;">PLANO: INFRAESTRUCTURA HIDROELÉCTRICA</p>
<p style="font-size: 8px;">DIRECTOR GENERAL DE AGUAS SR. RODRIGO WEISNER</p>	<p style="font-size: 8px;">JEFE DE DEPARTAMENTO SR. PEDRO RIVERA</p>	<p style="font-size: 8px;">INSPECTOR FISCAL: SR. ANDRÉS ARRIAGADA</p>

<p style="font-size: 8px;">ESCALA: 1:650000</p>	<p style="font-size: 8px;">FIGURA: 3.2.1.5-3</p>	<p style="font-size: 8px;">FECHA MAYO DE 2008</p>
---	--	---



**d) Infraestructura Tranques de Relave**

En la cuenca existen dos importantes tranques de relave de la minería del cobre, pertenecientes a las empresas Anglo American Chile y a la División Andina de Codelco Chile, y tranques menores entre los que destacan los de la empresa Cementos Polpaico, tal como fue presentado en el estudio de la Ref. 1.

**e) Infraestructura Aguas Lluvia**

Desde el año 2001 a la fecha la DOH ha ido construyendo parte de los proyectos propuestos por el PM-01, que corresponde al diseño de la red primaria de aguas lluvia, junto con realizar una reprogramación de los mismos. La situación actual del proyecto se presenta en el Cuadro 3.2.1.5-4.

**CUADRO 3.2.1.5-4  
SITUACIÓN ACTUAL  
PROYECTOS RED PRIMARIA DE AGUAS LLUVIA**

Nº	SISTEMAS DE ÁREAS TRIBUTARIAS	ZONA	COMUNAS	PROYECTOS PRIORITARIOS	SITUACIÓN ACTUAL
1	Santa Rosa - Francisco Pizarro - Ochagavía - Talavera - Valenzuela Llanos (B.3)	CENTRO	La Pintana El Bosque San Ramón La Cisterna Lo Espejo P.Aguirre Cerde	Colector SAB (ramal principal)	Construido
				Ramal Ochagavía	Construido
				Ramal Los Morros	Construido
2	El Salto - Benítez - Cardenal Caro (NC.1)	NORTE - LC	Recoleta Conchali Huechuraba	Mejoramiento Canal Huechuraba y Canal Huechuraba 2.	Construido
				Proyecto El Salto (3 Colectores)	Construido
3	Vicuña Mackenna Sur - Santa Raquel - Colombia (B1)	CENTRO	La Florida Puente Alto	Colector Colombia	Construido
				Colector Santa Raquel	Información No Disponible
4	Barón Juras Reales - Apostol Santiago - Pueblo Quilicura - Lo Campino (NC.5)	NORTE - LC	Conchalí Quilicura	Colector Ruta 5N	Construido
				Canal Santa Luisa (tramo final)	En proyecto
				Canal San Luis (tramo final)	Construido
				Colector Vespuccio / Ruta 5N	Construido
				Colector Independencia	En proyecto

**CUADRO 3.2.1.5-4  
SITUACIÓN ACTUAL  
PROYECTOS RED PRIMARIA DE AGUAS LLUVIA  
(Continuación)**

Nº	SISTEMAS DE ÁREAS TRIBUTARIAS	ZONA	COMUNAS	PROYECTOS PRIORITARIOS	SITUACIÓN ACTUAL
5	Domingo Santa María – Aníbal Pinto – Renca (NM.6)	NORTE-M	Renca	Mejoramiento Canal La Punta	En proyecto
				Colector Nuevo Infante	En construcción
6	Maipú (B.5)	CENTRO	Maipú	Colector 3 Poniente	Construido
				Colector Bueras	Información No Disponible
				Colector Nueva Rinconada	En proyecto
				Colector 4 Poniente	En proyecto
7	Arrieta – Larraín – Q.Ramón – Bilbao (NM.1)	NORTE-M	Peñalolen La Reina Las Condes	Mejoramiento Canal San Carlos	En proyecto
				Q. Nido de Águilas, Colector Arrieta	En proyecto
				Proyecto Larraín (Colector y Estanque de Retención).	En proyecto
8	La Pincoya – Las Bandurrias (NC.2)	NORTE - LC	Huechuraba	Mejoramiento Canal El Carmen	En proyecto
				Mejoramiento Canal Los Choros	En proyecto
				Mejoramiento Canal Ochagavía	En proyecto
				Mejoramiento Canal Espejo	En proyecto
				Mejoramiento Canal Santa Marta	En proyecto
10	Concha y Toro – El Olivar (SMAI-2)	SUR	Puente Alto La Pintana	Interceptor Puente Alto	Construido
				Canal Interceptor	En proyecto
				Colector Básico Concha y Toro	En construcción
				Colector Básico Ejército Libertador	En proyecto
				Colector Básico 4 Oriente	En proyecto
				Colector Básico Santa Rosa	En proyecto
11	Acceso Sur – La Serena – Las Industrias (B,2)	CENTRO	Puente Alto La Florida La Granja San Joaquín	Colector Santa Rosa DOH	En construcción
				Colector Acceso Sur (Tramo II)	Construido
				Colector Acceso Sur (tramo III)	Construido

**CUADRO 3.2.1.5-4  
SITUACIÓN ACTUAL  
PROYECTOS RED PRIMARIA DE AGUAS LLUVIA  
(Continuación)**

Nº	SISTEMAS DE ÁREAS TRIBUTARIAS	ZONA	COMUNAS	PROYECTOS PRIORITARIOS	SITUACIÓN ACTUAL
12	Hondonada Río Viejo (NM-7.2)	NORTE-M	Pudahuel Cerro Navia	Colector J.J.Pérez	En proyecto
				Canal Río Viejo	Construido
13	Carretera Panamericana Sur – Los Cerrillos – Lo Errazúzriz (B.4)	CENTRO	Lo Espejo Cerrillos P.Aguirre Cerdea	Colector FACH	Construido
14	Buendía – Teniente Cruz – Bonilla – Laguna Sur (NM.7.3)	NORTE-M	Lo Prado Pudahuel	Mejoramiento Canal Derivado Ortuzano	Construido
				Colector Laguna Sur	En proyecto
				Colector San Pablo	En proyecto
15	Kennedy – Escrivá de Balaquer – Apoquindo (NM.2)	NORTE-M	Las Condes	Colector Pérez Zujovic Norte	En proyecto
				Colector Pérez Zujovic Sur	En proyecto
16	Villa Kennedy (A.7)	CENTRO	Estación Central	Colector Villa Kennedy	En proyecto
17	Chicureo (NC.3)	NORTE-LC	Colina Quilicura Huechuraba	Mejoramiento Canal Batuco	En proyecto
				Canalización Quebrada La Ñipa	En proyecto
				Mejoramiento Estero Los Patos	En proyecto
18	Los Industriales (A.2)	CENTRO	Macul	Colector Los Industriales	En proyecto

**Fuente:** Cade-Idepe-DOH, 2000 (Ref. 8)

#### **f) Infraestructura Prevención de Aluviones**

Con el fin de prevenir aluviones similares a los de 1993, en la zona de la Quebrada de Macul se instaló un sistema de piscinas decantadoras destinadas a captar parte del material arrastrado y almacenar parte del flujo de la quebrada, las que aún se encuentran operativas en la actualidad.

#### **g) Infraestructura Sanitaria**

El sistema de tratamiento y disposición de las aguas servidas en la cuenca del río Maipo, se enmarca en el Plan de Saneamiento Hídrico de la cuenca Maipo – Mapocho, el que es desarrollado por Aguas Andinas.

Este Plan de Saneamiento, considera la construcción y operación de colectores interceptores de aguas servidas y de plantas de tratamiento de aguas servidas localizadas en la Región Metropolitana. Los colectores interceptores permiten eliminar el vertido de aguas servidas a los cauces naturales para luego conducirlos hacia las plantas de tratamiento, donde son depuradas para ser descargadas a los cauces, cumpliendo la normativa de emisión vigente y contribuyendo significativamente a mejorar el medio ambiente en la cuenca.

En la actualidad, ya se encuentran en operación en el Gran Santiago dos plantas de tratamiento de aguas servidas correspondientes a El Trebal (también conocida como Santiago Sur) y La Farfana. Ambas cuentan con un sistema de colectores interceptores que conducen las aguas servidas hacia esas instalaciones, desde donde se descargan sus aguas tratadas al río Mapocho, cumpliendo con los límites de emisión establecidos por el D.S. 90/2000 del MINSEGPRES.

#### **h) Infraestructura de Monitoreo**

En lo que respecta al monitoreo de las aguas, se tiene que existen diferentes tipos de redes de medición del recurso. En particular se dispone de información para los siguientes tipos de redes de medición:

- Redes Pluviométricas: Medición de Precipitaciones
- Redes Fluviométricas: Medición de Caudales
- Red de Calidad: Evaluación Calidad Agua Superficial y Subterránea
- Red de Sedimentación: Medición de Sedimentos en la Cuenca

En lo que respecta a la red pluviométrica, la DGA cuenta con 40 estaciones vigentes, y 20 estaciones fuera de operación. Esta red es complementada con 16 estaciones en operación de la DMC y 48 estaciones fuera de operación. En promedio, las estaciones cubren una superficie de 273 km<sup>2</sup>, tal como se muestra en el Cuadro 3.2.1.5-5. Es importante indicar que este análisis se realizó sólo para las estaciones vigentes, y que se utilizaron como criterio de análisis las recomendaciones de la OMM (Organización Meteorológica Mundial). Es importante indicar que en este tipo de análisis, la definición de densidad de estaciones es contraintuitiva, ya que se liga la superficie controlada según el número de estaciones existentes, tal como lo define la OMM.

Por otra parte, en la actualidad la DGA está operando una red pluviométrica con 21 estaciones, las que cubren cada subcuenca con al menos una estación. Adicionalmente, existen 41 estaciones fuera de operación las que sirven para complementar la información histórica de la red. En promedio, cada estación cubre una superficie de 763,7 km<sup>2</sup> según lo mostrado en el Cuadro 3.2.1.5-6.

**CUADRO 3.2.1.5-5  
DENSIDAD ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS Y METEOROLÓGICAS**

Código	Subcuenca	Superficie (km <sup>2</sup> )	N° Estaciones	Densidad (km <sup>2</sup> /estación)
0570	Río Maipo Alto	4.859	10	486
0571	Río Maipo Medio	2.574	11	234
0572	Río Mapocho Alto	1.022	3	341
0573	Río Mapocho Bajo	3.456	21	165
0574	Río Maipo Bajo (Entre Río Mapocho y Desembocadura)	3.363	11	306
057	<b>Cuenca río Maipo (Totales)</b>	<b>15.274</b>	<b>56</b>	<b>273</b>

**Fuente:** Conic-Bf-DGA, 2007 (Ref. 1)

**CUADRO 3.2.1.5-6  
DENSIDAD ESTACIONES FLUVIOMÉTRICAS**

Código	Subcuenca	Superficie (km <sup>2</sup> )	N° Estaciones	Densidad (km <sup>2</sup> /estación)
0570	Río Maipo Alto	4.859	6	809,8
0571	Río Maipo Medio	2.574	4	643,5
0572	Río Mapocho Alto	1.022	3	340,8
0573	Río Mapocho Bajo	3.456	4	863,9
0574	Río Maipo Bajo (Entre Río Mapocho y Desembocadura)	3.363	3	1.121,1
057	<b>Cuenca río Maipo</b>	<b>15.274</b>	<b>20</b>	<b>763,7</b>

**Fuente:** Conic-Bf-DGA, 2007 (Ref. 1)

La red de calidad de aguas vigente en la cuenca está formada por 26 estaciones de monitoreo de calidad de aguas superficiales y 15 de calidad de aguas subterráneas, todas ellas de la DGA.

De acuerdo a la información disponible, las estaciones de la red de calidad de aguas superficiales se ubican, en su mayoría, en la parte central-alta de la cuenca. Esta ubicación coincide con la mayor densidad poblacional es razonable, debido a que la principal fuente de contaminación es la actividad humana, la cual se ubica mayoritariamente en la zona central de la cuenca. En todo caso, se hace necesario controlar de una mejor manera la parte baja de la cuenca.

La caracterización del agua subterránea se realiza con una red de 108 sondajes los que se miden 6 veces al año. Esta red presenta una densidad promedio de 141,4 km<sup>2</sup>. En general se acepta que la densidad de la red, así como su distribución

espacial es adecuada para la cuenca. A futuro debería densificarse el control de niveles en los acuíferos de los esteros Popeta, Cholqui y Puangue dada la creciente demanda por este recurso en dichas zonas. Esta red cubre en extensión las tres subcuencas donde existen acuíferos de interés, con 23 sondajes en la subcuenca Río Maipo Medio, 1 en la subcuenca Río Mapocho Alto, 67 sondajes en la subcuenca Río Mapocho Bajo y 17 sondajes en la subcuenca Río Maipo Bajo (Entre Río Mapocho y Desembocadura). Otro elemento que debería considerarse al momento de decidir en que sectores incrementar la densidad de la red está dado por los sectores acuíferos en los que se ha definido áreas de restricción, tales como TilTil, Chacabuco-Polpaico, Lampa, Colina Sur, Santiago Norte, Santiago Central, Chicureo y Colina Inferior, Mapocho Alto, Chicureo, y Colina Inferior. A juicio de este Consultor, debería disponerse de al menos 1 sondaje de monitoreo en cada una de las zonas anteriormente mencionadas.

La caracterización de los sedimentos se realiza con una red vigente de 6 estaciones, la que se complementa con una red fuera de servicio de 5 estaciones.

De acuerdo con el estudio “Análisis Crítico de la Red Fluviométrica Nacional, Red de Sedimentos, Región Metropolitana VI y VII”, BF Ingenieros Civiles, Octubre 1984, la Organización Meteorológica Mundial (OMM) recomienda que en regiones áridas y mediterráneas el 30% de las estaciones fluviométricas sean sedimentométricas, y se recomienda además una cobertura espacial en los rangos de 1.000 a 3.300 y de 2.000 a 6.000 km<sup>2</sup>/estación para las regiones montañosas mediterráneas y montañosas templadas respectivamente. En la cuenca del Maipo se tiene una relación sedimentométricas/fluviométricas entre las estaciones actualmente vigentes del 30% y una cobertura espacial de 2.546 km<sup>2</sup>/estación, indicadores que están dentro del rango recomendado.

#### 4. ACCIONES, PLANES, Y PROGRAMAS

En esta sección se realiza una actualización de la información levantada para el estudio de la Ref. 1. Se presenta en primer lugar en el Cuadro 4-1 las instituciones analizadas y las principales líneas de acción que están desarrollando. Posteriormente se presentan los proyectos que se detectaron para la cuenca del río Maipo, usando como base la información de la Ref. 1, el Banco Integrado de Proyectos (BIP), los Planes de Desarrollo de las Empresas Sanitarias, y la base de datos e-SIA.

**CUADRO 4-1  
INSTITUCIONES Y LÍNEAS DE ACCIÓN**

<b>Institución</b>	<b>Líneas de Acción</b>
<b>Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP)</b>	Líneas estratégicas 2006-2010: Desarrollo capital productivo Subsidios
<b>Comisión Nacional de Riego</b>	Ley 18.450
	Convenio con Comisión Nacional de Energía
	Convenio CNR-INDAP
<b>Dirección de Obras Hidráulicas</b>	PROMOSIR
<b>Comisión Nacional del Medioambiente (CONAMA)</b>	Proyecto Mapocho Urbano Limpio
	Plan de Acción de País para la Implementación de la Estrategia Nacional de Biodiversidad 2004-2015
	Estrategia para la Conservación de la Biodiversidad en la Región Metropolitana de Santiago
	Conservación de la Biodiversidad en los Altos de Cantillana, Chile
	Plan de Acción Humedal Batuco
	Plan de Acción Santiago Andino
<b>Servicio Agrícola y Ganadero (SAG)</b>	Fondo de Protección Ambiental (FPA)
	Fondo de Mejoramiento del Patrimonio Sanitario (FONDOSAG)

**Fuente:** Elaboración Propia

En el Cuadro 4-2 se resume la identificación del tipo de proyectos por cada sub-sector económico. Posteriormente, en el Cuadro 4-3 se muestra un listado con los proyectos y un código identificador. En este cuadro también se indica el origen del proyecto (B para indicar que proviene del estudio de la Ref. 1 y N para indicar que es un proyecto nuevo). También se indica el tipo de proyecto (E por estructural y NE por no-estructural), en que un proyecto estructural conlleva el diseño de obras, y un proyecto no-estructural no se materializa en obras.

**CUADRO 4-1  
PROYECTOS EN LA CUENCA DEL MAIPO**

Subsector	Código	Tipo de Proyecto	Situación		
			Bases	Nuevos	Total
Riego	RI	- Obras de Riego: tranques, embalses, canales, bocatomas, sistemas de regadío, tecnificación	3	3	6
Agua Potable	AP	- Agua Potable Rural (APR) - Redes de Distribución - Fuentes de Abastecimiento	9	12	21
Empresas Sanitarias	ES	- Planes de Desarrollo	-	7	7
Energía	EN	- Centrales Hidroeléctricas	3	2	5
Alcantarillado Aguas Servidas	AS	- Aguas Servidas - Alcantarillado - Plantas de Tratamiento	2	7	9
Alcantarillado Aguas Lluvia	AL	- Aguas Lluvias - Colectores	3	9	12
Industrial y Minero	IN	- Tratamiento de aguas servidas - Instalación/Ampliación I	-	-	-
Desarrollo Urbano	DU	- Planes Regionales Desarrollo Urbano - Planes Reguladores Comunes e Intercomunales	-	-	-
Recursos Hídricos	RH	- Gestión Recursos Hídricos	2	-	2
Defensas Fluviales, Marítimas y Cauces Artificiales	DF	- Obras de Defensas Fluviales y Marítimas - Construcción Abovedamiento de Canales - Plan de Manejo de Cauces	15	21	36
Paisajístico, Turismo y Recreacional	TU	- Planes de Desarrollo Turístico	3	-	3
Manejo Bosque Nativo	BO	- Manejo Bosque y cuenca asociada	1	-	1
<b>Total</b>			<b>41</b>	<b>61</b>	<b>102</b>

Fuente: Modificado de Conic-Bf-DGA, 2007 (Ref. 1)

**CUADRO 4-2  
CÓDIGO PROYECTOS EN LA CUENCA DEL MAIPO**

<b>CÓDIGO PROYECTO</b>	<b>ORIGEN</b>	<b>TIPO</b>	<b>NOMBRE</b>
<b>Sub-sector Riego</b>			
RI-01	B	E	Mejoramiento de Riego en el Valle de Puangue, Comuna de Curacaví
RI-02	B	E	Conservación y Reparación de Obras de Riego Fiscal en la Región Metropolitana
RI-03	B	E	Mejoramiento Sistema de Riego Localidades Chada – Culitrín
RI-04	N	E	Diagnóstico e Identificación Proyectos de Riego en Provincia de Chacabuco
RI-05	N	NE	Diagnóstico Obras de Regulación en la Cuenca del Maipo
RI-06	N	NE	Identificación de Alternativas de Riego y Mejoramiento de los Sistemas Existentes
<b>Sub-sector Agua Potable</b>			
AP-01	B	E	Instalación Servicio de Agua Potable Rural de Quilapilún
AP-02	B	E	Rehabilitación Servicio de Agua Potable Rural de Chifñihue
AP-03	B	E	Rehabilitación Servicio de Agua Potable de La Viluma
AP-04	B	E	Instalación Servicio de Agua Potable Rural Las Lomas de Culiprán
AP-05	B	E	Sistema Agua de Potable Rural Sector El Curato
AP-06	B	E	Rehabilitación Servicio de Agua Potable Rural de Rangue Los Hornos
AP-07	B	E	Rehabilitación Servicio de Agua Potable Rural El Melocotón
AP-08	B	E	Rehabilitación Servicio de Agua Potable Rural de Lo Ovalle
AP-09	B	E	Mejoramiento Servicio de Agua Potable Rural Huechún
AP-10	N	E	Construcción Planta de Agua Potable Portal Bicentenario
AP-11	N	E	Mejoramiento Servicio de Agua Potable Rural Santa Marta Las Turbinas
AP-12	N	E	Instalación de Servicio Agua Potable Rural La Red
AP-13	N	E	Mejoramiento de Servicio Agua Potable Rural Santa Elisa
AP-14	N	E	Mejoramiento de Servicio Agua Potable Rural Gacitúa
AP-15	N	E	Mejoramiento de Servicio Agua Potable Rural Noviciado – Peralito
AP-16	N	E	Instalación de Servicio Agua Potable Rural Santa Elena
AP-17	N	E	Instalación de Servicio Agua Potable Rural Chorrillos
AP-18	N	E	Instalación de Servicio Agua Potable Rural El Badén
AP-19	N	E	Instalación de Servicio Agua Potable Rural El Taco
AP-20	N	E	Instalación de Servicio Agua Potable Rural Lipangue
AP-21	N	E	Instalación de Servicio Agua Potable Rural El Volcán
<b>Sub-sector Empresas Sanitarias</b>			
ES-01	N	E	Plan de Desarrollo Aguas Andinas
ES-02	N	E	Plan de Desarrollo Aguas Cordillera
ES-03	N	E	Plan de Desarrollo Aguas Los Dominicos
ES-04	N	E	Plan de Desarrollo Manquehue
ES-05	N	E	Plan de Desarrollo Aguas Santiago Poniente
ES-06	N	E	Plan de Desarrollo SMAPA
ES-07	N	E	Plan de Desarrollo Servicomunal
<b>Sub-sector Energía</b>			
EN-01	B	E	Sistema Maipo Alto, Central Hidroeléctrica Alfalfal II y Las Lajas
EN-02	B	E	Central Hidroeléctrica Chacritas

**CUADRO 4-2**  
**CÓDIGO PROYECTOS EN LA CUENCA DEL MAIPO**  
**(Continuación)**

CÓDIGO PROYECTO	ORIGEN	TIPO	NOMBRE
EN-03	B	NE	Estimación del Potencial Hidroeléctrico Asociado a Obras de Riego Existentes o en Proyecto
EN-04	N	E	Central Melocotón
EN-05	N	E	Central Cabimbao
<b>Sub-sector Alcantarillado: Aguas Servidas</b>			
AS-01	B	E	Planta de Tratamiento de Aguas Servidas de Til Til
AS-02	B	E	Planta de Tratamiento de Aguas Servidas de Los Nogales – Mapocho Urbano Limpio
AS-03	N	E	Construcción Saneamiento Básico sector Aguas Claras – Peñaflores
AS-04	N	E	Construcción Macro Infraestructura Sanitaria Portal Bicentenario I Etapa
AS-05	N	E	Mejoramiento Sistema Alcantarillado Pob. Gacitua, I. de Maipo.
AS-06	N	E	Diagnóstico Calidad de Servicio, Recolección de Aguas Servidas
AS-07	N	E	Instalación Alcantarillado Diversas Calles Laterales Paine Centro
AS-08	N	E	Construcción Red de Alcantarillado Pob. San Ramón Comuna Pirque
AS-09	N	E	Ampliación Red de Alcantarillado de Localidad de Til-Til.
<b>Sub-sector Alcantarillado: Aguas Lluvias</b>			
AL-01	B	E	Construcción Colector José Joaquín Pérez
AL-02	B	E	Construcción Colector Receptor de Aguas Lluvias La Hondonada
AL-03	B	E	Mejoramiento Canal La Punta y Construcción Colector Nueva Infante
AL-04	N	E	Mejoramiento del Cauce del Estero las Cruces
AL-05	N	E	Construcción sistema de Evacuación de Aguas Lluvias Área Urbana
AL-06	N	E	Construcción de Sumideros de Aguas Lluvias, San Miguel
AL-07	N	E	Construcción Entubamiento Canal Desagüe Villa Esperanza
AL-08	N	E	Construcción canal Evacuador Vicuña Mackenna
AL-09	N	E	Construcción Colector lo Ovalle
AL-10	N	E	Construcción Colectores Aguas Lluvias Santa Anita y Villa los Lagos
AL-11	N	E	Construcción Colector de Aguas Lluvias Laguna Sur
AL-12	N	E	Conservación y Operación Sistemas de Aguas Lluvias RM
<b>Sub-sector Recursos Hídricos</b>			
RH-01	B	NE	Plan de Mejoramiento de la Coordinación entre Instituciones Públicas
RH-02	B	NE	Campaña de Difusión para el Uso Sustentable de los Cauces
<b>Sub-sector Recursos Defensas Fluviales</b>			
DF-01	B	E	Construcción Obras Fluviales Río Mapocho Sector Rural Región Metropolitana.
DF-02	B	E	Construcción Obras Quebrada de Macul: Mejoramiento Pozas de Decantación y Construcción de Obras de Retención en la Hondonada

**CUADRO 4-2**  
**CÓDIGO PROYECTOS EN LA CUENCA DEL MAIPO**  
**(Continuación)**

CÓDIGO PROYECTO	ORIGEN	TIPO	NOMBRE
DF-03	B	E	Construcción de Obras Manejo Cauces Cuenca Río Mapocho Sector Oriente.
DF-04	B	NE	Diagnóstico Plan Maestro Río Maipo y sus Afluentes Región Metropolitana
DF-05	B	NE	Levantamiento Aerofotogramétrico y Topografía del Río Maipo
DF-06	B	NE	Análisis del Beneficio y Priorización de Proyectos de Defensas Fluviales
DF-07	B	NE	Plan de Regulación del Uso del Cauce y del Suelo Adyacente
DF-08	B	NE	Plan de Ordenamiento de Extracción de Áridos
DF-09	B	NE	Programa de Inspección Rutinaria del Cauce y sus Obras
DF-10	B	E	Defensas Fluviales en el Estero Til Til – Km 25
DF-11	B	E	Defensas Fluviales en el Estero Til Til – Km 23
DF-12	B	E	Perfilamiento del Cauce en el Estero Polpaico – Km 5
DF-13	B	E	Perfilamiento del Cauce en el Estero Polpaico – Km 3
DF-14	B	E	Perfilamiento del Cauce en el estero Lampa – Km 30
DF-15	B	E	Perfilamiento del Cauce en el estero Lampa – Km 28
DF-16	N	E	Perfilamiento del Cauce en el estero Colina – Km 23,9
DF-17	N	E	Defensas Fluviales en el estero Colina – Km 16,2 a 16,5
DF-18	N	E	Canalización del estero Colina Km 6,0 a 9,6
DF-19	N	E	Conservación Defensas Fluviales Río Maipo, Sector Monte Las Mercedes, Comuna Isla de Maipo
DF-20	N	E	Conservación Defensas Fluviales Río Maipo, Sector Puntilla de Lonquén , Comuna Isla de Maipo
DF-21	N	E	Conservación Defensas Fluviales Río Maipo, Sector Aguas Abajo La Foresta, Comuna Melipilla
DF-22	N	E	Conservación Defensas Fluviales Río Colina, Sector Esmeralda – Pte. San Luis, Comuna Colina
DF-23	N	E	Conservación Defensas Fluviales Estero Lampa, Aguas Arriba Badén El Lucero, Comuna de Lampa
DF-24	N	E	Conservación Defensas Fluviales Río Colina, Sector Aguas Abajo Pte. San Luis , Comuna Colina
DF-25	N	E	Conservación de Defensas Fluviales, en Río Clarillo, Sector El Principal, Comuna de Pirque
DF-26	N	E	Conservación Defensas Fluviales Río Angostura, Sector Las Mulas, Comuna de Paine
DF-27	N	E	Conservación Defensas Fluviales Río Angostura, Sector Localidad de Champa, Comuna de Paine
DF-28	N	E	Conservación Defensas Fluviales Estero Til Til y Otros Cauces, Sector El Ventarrón, El Atajo , El Asiento , Comuna de Til Til
DF-29	N	E	Conservación Defensas Fluviales Río Mapocho, Sector Cerro La Virgen – Pte. Pelvin, Comuna de Peñaflo
DF-30	N	E	Conservación Defensas Fluviales Río Mapocho, Sector Aguas Abajo Pte. Rinconada de Maipú, Comuna de Maipú
DF-31	N	E	Conservación Defensas Fluviales Estero Lampa, Aguas Abajo Badén El Lucero, Comuna de Lampa
DF-32	N	E	Conservación Defensas Fluviales Río Mapocho, Sector El Trapiche, Comuna de Peñaflo
DF-33	N	E	Conservación Defensas Fluviales Estero Lampa, Sector Lo Vargas, Comuna de Lampa

**CUADRO 4-2  
CÓDIGO PROYECTOS EN LA CUENCA DEL MAIPO  
(Continuación)**

<b>CÓDIGO PROYECTO</b>	<b>ORIGEN</b>	<b>TIPO</b>	<b>NOMBRE</b>
DF-34	N	E	Conservación Defensas Fluviales Río Angostura, Sector Hospital, Comuna de Paine
DF-35	N	E	Conservación Defensas Fluviales Río Mapocho, Sector Pte. Rinconada de Maipú, Comuna de Maipú
DF-36	N	E	Conservación Defensas Fluviales Río Mapocho, Sector El Guanaco, Comuna de Peñaflores
<b>Sub-sector Turístico</b>			
TU-01	B	E	Mapocho Navegable
TU-02	B	NE	Plan de Desarrollo Turístico y Recreacional entorno a los Cauces
TU-03	B	NE	Plan de Aprovechamiento Turístico y Desarrollo Ecológico de Zonas Frecuentemente Inundables
<b>Sub-sector Bosque Nativo</b>			
BO-01	B	NE	Plan de Desarrollo de Forestal en Zonas Ribereñas

**B:** Bases

**N:** Nuevo

**E:** Estructural

**NE:** No-Estructural

**Fuente:** Elaboración Propia

## 5. DEFINICIÓN DE OBJETIVOS PRIORITARIOS Y PERTINENCIA DE INICIATIVAS MOP Y OTRAS INSTITUCIONES PÚBLICAS

### 5.1 GENERALIDADES

El objetivo de este capítulo es definir los objetivos prioritarios para el diseño del plan director, y la injerencia del MOP y de otras instituciones públicas en éste, dependiendo de las funciones establecidas en la institucionalidad orgánica. Entre otros insumos para este análisis se tienen los términos de referencia del estudio y los resultados del proceso de participación ciudadana.

El camino recorrido para la construcción de los objetivos prioritarios comprendió los resultados del Taller Participativo #1. En el taller, realizado en las ciudades de Melipilla y Santiago, se tuvieron como resultado los principales problemas percibidos por los participantes presentes en la cuenca – según ámbito – y las soluciones para éstos. Aquellos problemas que se han identificado como relevantes se presentan en el Cuadro 5.1-1.

**CUADRO 5.1-1  
RESUMEN DE PROBLEMAS DETECTADOS POR ÁMBITO  
TALLERES DE PARTICIPACIÓN #1: MELIPILLA Y SANTIAGO**

Ámbito	Problemas
<b>Recurso Hídrico</b>	Falta de infraestructura de acumulación (deficiente regulación)
	Falta infraestructura para mejoramiento de la eficiencia
	Deficiente legislación
	Falta de coordinación efectiva para regular la competencia
	Falta de preparación para adaptarse a los efectos del cambio climático
	Desconocimiento de estudios para caudal ecológico
<b>Medioambiental</b>	Falta de cultura y educación medioambiental
	Débil institucionalidad y falta de fiscalización
	Contaminación antrópica
	Mal manejo de residuos
<b>Infraestructura</b>	Falta de mantenimiento y modernización
	Déficit en obras de regulación, medición, y distribución
	Deficiencia en la gestión
<b>Legal y Gestión</b>	Falta de modernización institucionalidad
	Debilidad del Código de Aguas
	Deficiente gestión de los derechos de aprovechamiento de aguas
	Falta de coordinación
	Tribunales ineficientes

**Fuente:** Elaboración Propia

A partir de estos problemas y de la información recabada mediante la metodología desarrollada para el cumplimiento de los términos de referencia se procedió a la definición de los objetivos prioritarios.

## 5.2 OBJETIVOS GENERALES

Tal como se indicó anteriormente, los objetivos generales representan los lineamientos más amplios para definir el Plan Director. Del trabajo realizado se definieron los siguientes 7 objetivos generales:

- OG-01** Constituirse como un instrumento que permita mejorar la gestión y administración de los recursos hídricos de la cuenca
- OG-02** Propender la utilización sustentable del recurso, incluyendo la mejora en la eficiencia en el uso del recurso y el fomento a los usos no consuntivos
- OG-03** Potenciar las condiciones necesarias para reducir el nivel de contaminación hídrica
- OG-04** Facilitar la generación de acuerdos público-privados para el desarrollo de proyectos de inversión en la cuenca, sustentables económica, social y ambientalmente
- OG-05** Promover la incorporación de la visión de gestión integrada del recurso hídrico y de cuenca
- OG-06** Sentar las bases para el desarrollo de una instancia permanente de concertación entre los diferentes actores involucrados en la gestión del agua en la cuenca
- OG-07** Mejorar la productividad y rentabilidad de los pequeños agricultores en lo que respecta al uso de los recursos hídricos

## 5.3 OBJETIVOS PRIORITARIOS POR ÁREA TEMÁTICA JERARQUIZADOS

En este acápite se presentan los resultados del Taller de Participación Ciudadana #2. En este taller se jerarquizaron los objetivos prioritarios presentados, los que previamente fueron analizados por los participantes, y en algunos casos fueron modificados para hacerlos más pertinentes. En el Cuadro 5.3-1 se presenta un resumen de los objetivos prioritarios, el que muestra que un 43% de ellos proviene de las actividades de participación ciudadana. El significado de las siglas utilizadas en los siguientes cuadros es:

- P1 = objetivos propuestos o modificados como resultado del Taller 1 de participación ciudadana;
- P2 = objetivos propuestos o modificados como resultado del Taller 2 de participación ciudadana;
- O = objetivo original, sin modificaciones;
- M = objetivo original modificado o complementado para aumentar su pertinencia;
- C = objetivo nuevo propuesto por el Consultor

**CUADRO 5.3-1  
RESUMEN OBJETIVOS PRIORITARIOS JERARQUIZADOS  
FORMULACIÓN PLAN DIRECTOR CUENCA RÍO MAIPO**

ÁMBITO	PROCEDENCIA OBJETIVO					TOTAL
	O	M	C	P1	P2	
Cantidad Recursos ( C )	0	2	0	1	3	6
Calidad del Agua y Medio Ambiente (M)	2	0	4	9	4	19
Infraestructura (I)	1	1	2	8	1	13
Legal (L)	0	1	2	4	1	8
Gestión (G)	0	1	10	8	7	26
<b>TOTAL</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>18</b>	<b>30</b>	<b>16</b>	<b>72</b>

**Fuente:** Elaboración Propia

A continuación se presentan los objetivos prioritarios ordenados de acuerdo a los resultados del trabajo de Participación Ciudadana #2. A cada objetivo se le asignó un número según la preferencia obtenida en el Taller, de manera que el trabajo posterior de definición de pertinencia MOP o de otras entidades públicas pueda efectuarse en una forma simple. Los resultados también incluyen el puntaje obtenido.

Para el ámbito “Cantidad de Recursos Hídricos” se identificaron 6 objetivos prioritarios, de los cuales 2 fueron modificados por este Consultor, 1 propuesto en el primer taller de participación ciudadana y 3 como resultado del segundo taller de participación ciudadana. Los objetivos prioritarios se presentan para su análisis en el Cuadro 5.3-2.

**CUADRO 5.3-2**  
**OBJETIVOS PRIORITARIOS CUENCA RÍO MAIPO**  
**ÁMBITO: CANTIDAD DE RECURSOS HÍDRICOS**

#	Tipo	Objetivo	Puntaje
C01	P2	Propender e incentivar un uso eficiente de los recursos hídricos, mediante la disminución de pérdidas en el sistema de captación, conducción, distribución y aplicación	100,0
C02	P2	Estudiar la factibilidad de regular los recursos hídricos a través de la construcción de embalses, de modo de mejorar su disponibilidad	88,9
C03	P2	Evaluar la ubicación actual de las estaciones de monitoreo de los recursos hídricos y el posible mejoramiento de la red (Fluviométricas y pluviométricas)	77,8
C04	M	Estudiar la factibilidad de explotación hidroeléctrica respetando los usos existentes	11,1
C05	P1	Conocer la oferta de agua sujeta a la restricción de caudales ecológicos	11,1
C06	M	Evaluar la necesidad y factibilidad técnica de trasvases de agua	0,0

**Fuente:** Elaboración Propia

Los objetivos prioritarios del ámbito “Calidad Recurso Agua y Medioambiental” se presentan para su análisis en el Cuadro 5.3-3. En este ámbito se identificaron 19 objetivos prioritarios, de los cuales 2 son originales, 4 fueron propuestos por el consultor, 9 se prepararon a partir de los resultados del primer taller de participación ciudadana, y 4 fueron propuestos en el segundo taller de participación ciudadana.

En el ámbito “Infraestructura” se identificaron 13 objetivos prioritarios, de los cuales 1 es original, 1 fue modificado, 2 propuesto por este Consultor, 8 propuestos como resultado de la primera actividad de participación ciudadana, y 1 como resultado de la segunda actividad de participación ciudadana. Los objetivos prioritarios se presentan para su análisis en el Cuadro 5.3-4.

En el ámbito legal se identificaron 8 objetivos prioritarios, de los cuales 1 fue modificado, 2 fueron propuestos por este Consultor, 4 objetivos fueron propuestos como resultado del primer taller de participación ciudadana, y 1 fue propuesto en el segundo taller de participación ciudadana. Los objetivos prioritarios se presentan para su análisis en el Cuadro 5.3-5.

Finalmente, en el ámbito Gestión se identificaron 26 objetivos prioritarios, de los cuales 1 fue modificado, 10 fueron propuestos por este Consultor, 8 fueron propuestos como resultado del trabajo del primer taller de participación ciudadana y 6 fueron propuestos en el segundo taller de participación ciudadana. Los objetivos prioritarios se presentan para su análisis en el Cuadro 5.3-6.

**CUADRO 5.3-3**  
**OBJETIVOS PRIORITARIOS CUENCA RÍO MAIPO**  
**ÁMBITO: CALIDAD RECURSO AGUA Y AMBIENTAL**

#	Tipo	Objetivo	Puntaje
M01	P1	Prevenir y mitigar la contaminación de los cursos de agua superficiales (naturales y artificiales) y sistemas subterráneos de la Cuenca	100,0
M02	P1	Recuperar y/o conservar los suelos en la Cuenca afectados por erosión, desertificación, contaminación, y fenómenos de remoción en masa	81,8
M03	P1	Evaluar los caudales ecológicos ambientales en la Cuenca, mediante el estudio de una metodología conocida y validada en conjunto con los actores involucrados	72,7
M04	P2	Normar el uso y conservación de los lechos (extracción de áridos)	72,7
M05	P1	Mejorar y ampliar la representatividad, fiscalización y pertinencia de las redes de monitoreo de calidad de aguas tanto a nivel superficial como subterráneo	72,7
M06	P1	Relevar la temática medioambiental y de cuencas a la educación formal y no formal	72,7
M07	P2	Identificar y proteger los humedales y otras áreas naturales, presentes en la región	63,6
M08	P1	Conocer las necesidades de saneamiento de los cursos de aguas superficiales de la Cuenca, con el fin de reducir la contaminación de las aguas, y definir el emplazamiento de obras y plantas de tratamiento necesarias	54,5
M09	C	Evaluar el impacto ambiental de los posibles desarrollos hidroeléctricos	27,3
M10	P2	Generar mecanismos para la recolección de los residuos voluminosos (domésticos)	27,3
M11	O	Evaluar sustentablemente el aprovechamiento paisajístico-turístico-recreacional del río	18,2
M12	P2	Evaluar la contaminación de las aguas lluvias y sus efectos (Ej. por expansión de asfalto y otros)	18,2
M13	O	Evaluar técnica y ambientalmente la incidencia sobre la Cuenca de los embalses de relave abandonados, en operación y proyectados	18,2
M14	P1	Evaluar la viabilidad ambiental de la infiltración artificial hacia el sistema subterráneo	9,1
M15	P1	Evaluar efecto de los pesticidas en el agua de riego	9,1
M16	C	Evaluar la necesidad de nuevos parámetros de medición en lo que respecta a aspectos biológicos y químicos	9,1
M17	C	Evaluar el cambio climático en lo que respecta a sus efectos en variables agroclimáticas y ecológicas	9,1
M18	C	Evaluar efectos e impactos de la lluvia ácida en la cuenca	0,0
M19	P1	Evaluar la reutilización de efluentes tratados de aguas servidas, especialmente de las provenientes de plantas de tratamiento	0,0

**Fuente:** Elaboración Propia

**CUADRO 5.3-4**  
**OBJETIVOS PRIORITARIOS CUENCA RÍO MAIPO**  
**ÁMBITO: INFRAESTRUCTURA**

#	Tipo	Objetivo	Puntaje
I01	P1	Evaluar la necesidad de mejorar la infraestructura de riego, mediante el diseño de nuevas obras de captación y distribución de aguas, rediseño de obras existentes, la migración de superficie agrícola desde riego tradicional a riego tecnificado, y otros tipos de obras tales como trasvases de cuencas	100,0
I02	P2	Analizar las distintas alternativas para el manejo de aguas lluvias	54,5
I03	P1	Evaluar la contaminación de los cursos de agua superficiales (naturales y artificiales) y sistemas subterráneos de la Cuenca a través de una red de medición	40,9
I04	P1	Mejorar la captación y la conducción actual de los recursos hídricos de modo de obtener un uso eficiente de los mismos	36,4
I05	P1	Evaluar la necesidad de obras para una correcta medición de la cantidad de los recursos superficiales y el arrastre de sedimentos	31,8
I06	P1	Evaluar el diseño e instalación de obras para la protección de aluviones y control de crecidas	22,7
I07	P1	Dotar de servicios de agua potable y recolección de aguas servidas con disposición final, a las localidades rurales	18,2
I08	P1	Evaluar la viabilidad técnica de embalses subterráneos	18,2
I09	C	Actualizar el diseño de obras de mejoramiento existentes para el PROM (Programa de Obras Mayores)	13,6
I10	P1	Estudiar obras para la infiltración artificial de la napa subterránea	4,5
I11	O	Proponer medidas para mejorar las condiciones de drenaje, de modo de mejorar las condiciones de riego (excluyendo los humedales)	4,5
I12	C	Evaluar la viabilidad de sitios para la instalación de infraestructura hidroeléctrica	4,5
I13	M	Evaluar viabilidad técnica de Sistema de riego para el Secano Costero	0,0

**Fuente:** Elaboración Propia

**CUADRO 5.3-5**  
**OBJETIVOS PRIORITARIOS CUENCA RÍO MAIPO**  
**ÁMBITO: LEGAL**

#	Tipo	Objetivo	Puntaje
L01	P1	Normar la protección de las aguas subterráneas en términos de calidad y de cantidad, e introducir este criterio a la planificación territorial	100,0
L02	P2	Evaluar y motivar la posibilidad de reuso de las aguas servidas. Atender en particular el caso de las plantas de tratamiento	83,3
L03	M	Mejorar la disponibilidad legal de los recursos hídricos, en relación con los derechos de aprovechamiento, según los procedimientos de regularización descritos en el código de aguas vigente (Ej. Trasvase de aguas)	83,3
L04	P1	Conocer el impacto del cobro de patentes por no uso de derechos de agua (Ej. Reserva técnica de las sanitarias)	33,3
L05	C	Evaluar modificaciones a la legislación para garantizar la viabilidad del caudal ecológico bajo condiciones de agotamiento legal del recurso	33,3
L06	C	Promover la participación de las organizaciones de usuarios de aguas en los cambios futuros de la ley de Fomento al Riego y Drenaje, y evaluar la viabilidad de extender su periodo de vigencia	33,3
L07	P1	Definir el marco legal para el adecuado aprovechamiento de las aguas de infiltración artificial al sistema subterráneo	16,7
L08	P1	Promover cambios a la legislación vigente para reducir deficiencias técnicas, y en la aplicación de la normativa. (Ej. Nuevos parámetros que deben ser medidos, estándares de medición, elaboración de un reglamento para la correcta aplicación del Código de Aguas)	0,0

**Fuente:** Elaboración Propia

**CUADRO 5.3-6**  
**OBJETIVOS PRIORITARIOS CUENCA RÍO MAIPO**  
**ÁMBITO: GESTIÓN**

#	Tipo	Objetivo	Puntaje
G01	P2	Incorporar las conclusiones del Plan Director en los instrumentos de planificación territorial	100,0
G02	P1	Lograr un manejo integral de los cauces, conjugando fijación de deslindes, propiedad fiscal, extracción de áridos y determinación de zonas con riesgo de inundación (tales como lo estipulado en Planes Maestro de manejo de cauces elaborados por la DOH)	85,7
G03	P2	Disminuir y/o controlar los daños producidos por las inundaciones y/o erosiones generadas por los cauces naturales (Ej. Mediante sistemas de alerta temprana administrados por agencias públicas y las organizaciones de usuarios, que considere distintos escenarios de operación)	85,7
G04	P2	Mejorar coordinación entre instituciones públicas y privadas, de modo de abordar tareas comunes en forma efectiva y optimizando el uso de los recursos, con énfasis en el mejoramiento del accionar de las municipalidades en conjunto con las organizaciones de usuarios de aguas y agencias públicas pertinentes, en cuanto a control de contaminación por centros poblados, modificaciones de trazados de canales, autorizaciones de extracción de áridos, educación ambiental, autorización de evacuación de aguas lluvias, entre otros	78,6
G05	P1	Capacitar a los actores responsables de la fiscalización - públicos y privados - en una correcta medición de los parámetros de calidad	78,6
G06	P1	Complementar el currículum escolar a nivel local para que se incluyan contenidos básicos en relación al cuidado del agua. (Ej. Conocer el ciclo del agua en la cuenca, incluir a empresas privadas para promover salidas de reconocimiento del entorno ambiental)	78,6
G07	P2	Implementar medidas tendientes a disminuir contaminación del agua (Ej. gestiones entre empresas y distribuidores, dilución, reutilización, y reciclaje, promoción de sistemas de producción más amigables con el medioambiente como producción limpia, etc.)	71,4
G08	P2	Optimizar el uso y acceso a la información sobre la disponibilidad de los recursos hídricos subterráneos y superficiales (Ej. sistemas de monitoreo permanente y modelos de simulación)	64,3
G09	C	Promover la transferencia de información de los sistemas de información geográfica pertenecientes a instituciones públicas y organizaciones de usuarios	64,3
G10	C	Favorecer el perfeccionamiento de profesionales - tanto de instituciones públicas, como de organizaciones de usuarios - para manejar los sistemas de soporte de decisión	64,3
G11	C	Analizar la operación integral de los sistemas de riego, hidroeléctricos, regulación para riego, regulación de crecidas y otros a través de información SIG de estado de obras	50,0
G12	C	Coordinar y promover el desarrollo de pequeños proyectos de generación hidroeléctrica, con énfasis en la participación de organizaciones de usuarios de aguas	35,7

**CUADRO 5.3-6**  
**OBJETIVOS PRIORITARIOS CUENCA RÍO MAIPO**  
**ÁMBITO: GESTIÓN**  
**(Continuación)**

#	Tipo	Objetivo	Puntaje
G13	P2	Promover un uso planificado de los recursos hídricos mediante el uso de estudios de simulación de distintos escenarios en lo que respecta al uso del agua	35,7
G14	P1	Aumentar el conocimiento de los usuarios de aguas sobre las modificaciones del código de aguas, y los nuevos requisitos sobre el perfeccionamiento de los derechos de aprovechamiento	28,6
G15	P1	Definir los mecanismos presupuestarios para una adecuada mantención y operación de las redes de medición	28,6
G16	C	Evaluar, proponer y promover formas pertinentes de participación de las organizaciones de usuarios en la administración de las aguas subterráneas	28,6
G17	P2	Difundir, proponer y promover instrumentos de incentivo (subsídios, fomento) y desincentivo (tarifas, restricciones), tanto públicos como privados, para proyectos vinculados con el uso de los recursos hídricos	21,4
G18	P1	Generar un cambio en los hábitos de la población en cuanto a: la disposición de residuos sólidos domiciliarios y agrícolas en zonas rurales, mal uso del agua, etc.	21,4
G19	P1	Promover, desarrollar habilidades y capacitar a las organizaciones de usuarios de aguas en sistemas de actualización de los registros de usuarios	21,4
G20	P1	Mejorar la gestión de las instituciones de modo que puedan cumplir sus funciones a cabalidad (Ej. Restricción presupuestaria, integración de profesionales formados con nuevos currículos universitarios no reconocidos en la actualidad)	14,3
G21	C	Mejorar el sistema de recolección de residuos sólidos domiciliarios a nivel rural	14,3
G22	M	Fortalecer a las organizaciones de usuarios de aguas, mediante el co- financiamiento de programas de apoyo	7,1
G23	C	Favorecer el reconocimiento de los sistemas de riego por parte de las organizaciones de usuarios	7,1
G24	C	Promover la mayor participación y respaldo a garantías de las organizaciones de usuarios de aguas en los proyectos de mejoramiento de infraestructura PROM	0,0
G25	C	Mejorar y transparentar la participación ciudadana de las organizaciones de usuarios de aguas, tanto en los proyectos sometidos al SEIA, como en otras instancias de participación	0,0
G26	C	Elaborar planes de contingencia en caso de sequía que disminuyan efectos en los diferentes sectores de uso	0,0

**Fuente:** Elaboración Propia

## 6. MODELO MAGIC-MAIPO

### 6.1 INTRODUCCIÓN

Los modelos matemáticos son una herramienta muy usada para representar el funcionamiento de un sistema hidrológico. En esta categoría está el modelo MAGIC (acrónimo de **M**odelación **A**nalítica, **G**enérica e **I**ntegrada de **C**uencas) desarrollado por la DGA, el que ha estado en desarrollo desde el año 2000, para ser usado en diferentes cuencas de Chile, entre ellas el río Maipo.

La cuenca del río Maipo es una de las más estudiadas del país. Numerosas aproximaciones para modelar la cuenca han sido desarrolladas hasta el presente. La plataforma MAGIC se implementó por primera vez para la cuenca del río Maipo en el año 2004, en un trabajo conjunto para la CNR (Comisión Nacional de Riego) y la DGA. Por otra parte, y en el marco del estudio de la Ref. 1, la empresa consultora Conic-BF mejoró los datos del Modelo MAGIC, en términos de su calibración y dio los primeros lineamientos de base para el Plan Director. Finalmente, la CNR contrató el estudio “de la Ref. 17, terminado en octubre 2007, en el que se actualizó y se mejoró la modelación MAGIC-Maipo en términos topológicos y de actualización de los principales parámetros físicos de detalle.

Es así como se obtiene, a través de este último estudio, un modelo de referencia, visado por la DGA y que será considerado un elemento de base para la modelación y actualización en este estudio. Es importante hacer notar que la modelación en ejecución es un instrumento de gestión para la evaluación de los proyectos del Plan Director, mejorándola en términos temporales y topológicos, para extender hasta el año 2006 -de una manera representativa- cada uno de los períodos que involucran los diferentes elementos considerados en la modelación.

En términos generales, para realizar la simulación del balance hídrico en la cuenca, MAGIC utiliza 14 objetos, cuyos atributos los definen parámetros que permiten caracterizarlos, los cuales se ingresan en una base de datos MS ACCESS<sup>TM</sup> que contiene la topología de la red de simulación y una o más tablas para cada objeto que contienen los datos de entrada del modelo, alcanzando un número total de 56 tablas (en la versión 2.0 del MAGIC). Los diferentes objetos que definen el modelo MAGIC se presentan en el Cuadro 6.1-1, junto con el número de tablas que tienen asociados.

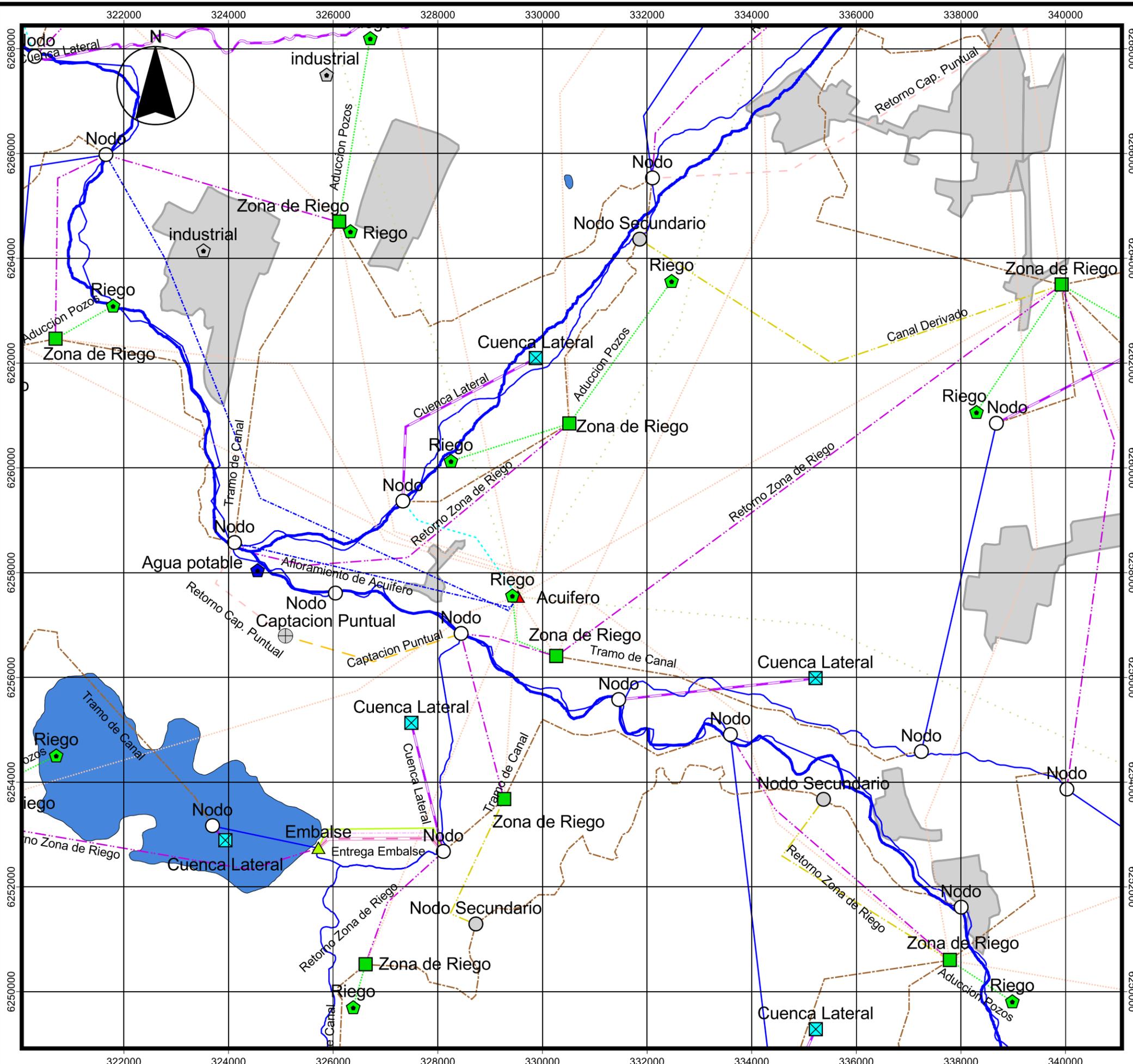
En general, cualquier sistema hidrográfico es representable usando MAGIC. Como ejemplo se muestra en la Figura 6.1-1 una vista parcial de la cuenca del río Maipo en la que se muestran algunos de los distintos objetos usados para representar la cuenca. En este ejemplo se observan nodos, sectores de riego, retornos desde los sectores de riego, y otros elementos. Es importante indicar, que MAGIC permite construir una red topológica lo más cercana a la realidad, considerando la complejidad de las interconexiones entre cada uno de los elementos.

**CUADRO 6.1-1  
OBJETOS MODELO MAGIC**

<b>Nº</b>	<b>Código</b>	<b>Objeto</b>	<b>Nº de Tablas</b>
1	AC	Acuífero	4
2	AN	Aporte Natural	1
3	CA	Canal (matriz, tramos de canal, canales derivados)	3
4	CL	Cuenca Lateral	1
5	CP	Captación Puntual	3
6	CH	Central Hidroeléctrica	2
7	DP	Descarga Puntual	2
8	EM	Embalse	10
9	NO	Nodo (principal y secundario)	6
10	PO	Pozos	3
11	QE	Caudal Ecológico	1
12	TR	Río y Tramos de Río	3
13	ZR	Zonas de Riego	12
14	SU	Sectores Urbanos	5
<b>Total</b>			<b>56</b>

**Fuente:** Manual de Referencia Técnica MAGIC–DGA, 2005 (MAGIC 1)





### SIMBOLOGÍA

<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: grey; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Zonas Urbanas</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: blue; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Lagunas y Embalses</li> <li><b>Objetos MAGIC</b></li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: red; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Acuífero</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: blue; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Agua potable</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: yellow; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Aporte Natural</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Captacion Puntual</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Central Hidroeléctrica</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Cuenca Lateral</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Embalse</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> industrial</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Nodo</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Nodo Secundario</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Riego</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: green; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Zona de Riego</li> </ul>	<p><b>Conectores MAGIC</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; border-bottom: 1px solid red; margin-right: 5px;"></span> Aduccion C. Hidroeléctrica</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; border-bottom: 1px dashed green; margin-right: 5px;"></span> Aduccion Pozos</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; border-bottom: 1px dashed blue; margin-right: 5px;"></span> Afloramiento de Acuífero</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; border-bottom: 1px dashed cyan; margin-right: 5px;"></span> Afloramiento Especial</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; border-bottom: 1px dashed magenta; margin-right: 5px;"></span> Aporte Natural</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; border-bottom: 1px dashed yellow; margin-right: 5px;"></span> Canal Derivado</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; border-bottom: 1px dashed orange; margin-right: 5px;"></span> Captacion Puntual</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; border-bottom: 1px dotted orange; margin-right: 5px;"></span> Caudal Subterráneo de Salida</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; border-bottom: 1px dashed magenta; margin-right: 5px;"></span> Cuenca Lateral</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; border-bottom: 1px dashed green; margin-right: 5px;"></span> Entrega Embalse</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; border-bottom: 1px dashed yellow; margin-right: 5px;"></span> Filtracion Embalse</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; border-bottom: 1px dotted orange; margin-right: 5px;"></span> Percolacion Z. Riego</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; border-bottom: 1px dashed magenta; margin-right: 5px;"></span> Rebase Embalse</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; border-bottom: 1px dashed cyan; margin-right: 5px;"></span> Retorno C. Hidroeléctrica</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; border-bottom: 1px dashed orange; margin-right: 5px;"></span> Retorno Cap. Puntual</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; border-bottom: 1px dashed magenta; margin-right: 5px;"></span> Retorno Zona de Riego</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; border-bottom: 1px dashed orange; margin-right: 5px;"></span> Tramo de Canal</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; border-bottom: 1px dashed blue; margin-right: 5px;"></span> Tramo de Río</li> </ul>
--	--

Datos Cartográficos Proyección Universal Transversal Mercator Huso 19 zona Sur	Datos Geodésicos Elipsoide World Geodetic System 1984 Datum World Geodetic System 1984
---	--

**GOBIERNO DE CHILE**  
**MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS**  
**DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS**

CONSULTORES: LUIS ARRAU DEL CANTO CONSULTORES EN INGENIERÍA HIDRÁULICA Y DE RIEGO	PROYECTO: PLAN DIRECTOR PARA LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS CUENCA DEL RÍO MAIPO	PLANO: EJEMPLO RED DE MODELACIÓN MODELO MAGIC MAIPO
--	--	--

DIRECTOR GENERAL DE AGUAS SR. RODRIGO WEISNER	JEFE DE DEPARTAMENTO SR. PEDRO RIVERA	INSPECTOR FISCAL: SR. ANDRÉS ARRIAGADA
--	--	---

ESCALA: 1:75000 	FIGURA: 6.1-1	FECHA MAYO DE 2008
------------------------	------------------	-----------------------



## **6.2 MODELACIONES DESARROLLADAS**

Para el desarrollo de las bases de datos del modelo, se consideraron 2 tipos de modelaciones hidrológicas:

- Modelación Determinística
- Modelación Estocástica

La primera modelación está basada en la generación de los datos hidrológicos mediante los métodos tradicionales del análisis hidrológico, tal como se realizó en el estudio de la Ref. 1. El detalle completo de este análisis se presenta en el Addendum Modelo MAGIC-Maipo. La segunda formulación está basada en el uso de un modelo de generación estocástica de precipitaciones y caudales desarrollado por José Pedro Montt<sup>2</sup>. Los detalles de la modelación se presenta en el Addendum Modelo MAGIC-Maipo Datos Estocásticos.

## **6.3 CALIBRACIÓN/VERIFICACIÓN MODELO MAGIC-MAIPO**

La última componente del desarrollo del modelo MAGIC-Maipo es la calibración del modelo. Este análisis se presenta separado en 4 partes:

- Proceso de Calibración/Validación
- Parámetros de Calibración
- Resultados del Proceso de Calibración/Validación
- Conclusiones del Proceso de Calibración/Validación

### **6.3.1 PROCESO DE CALIBRACIÓN/VERIFICACIÓN**

Posterior al llenado de tablas del modelo y verificación de la topología correspondiente a cada uno de los elementos que intervienen en la estructura del modelo, se realizó un proceso de calibración, por medio de un ajuste de diversos parámetros que se encuentran incorporados en las tablas del MAGIC y que representan algún efecto físico de la interrelación de los elementos que forman la topología del Modelo. Este proceso comprende una secuencia de cambios conforme a la lógica de “prueba y error”, es decir, se modifica uno o más parámetros, se verifican los resultados, y si el cambio es negativo se retorna al valor original. Por el contrario, si se mejora el ajuste entre los resultados de la modelación y los datos observados, se continúa con el proceso.

El ajuste entre los valores simulados y medidos se caracteriza con el cálculo de 10 indicadores de ajuste:

---

<sup>2</sup> Un Modelo Estocástico Espacial para la Precipitación Mensual en la Cuenca del Río Maipo Aplicación para Relleno Estocástico Condicionado y Simulación de Series Sintéticas Espaciales. SDT 255, 2007

**RM:** Razón de Masas

$$RM = \frac{\sum_i \tilde{Q}_i}{\sum_i Q_i}$$

**RV:** Razón de Varianzas

$$RV = \frac{\sum_i (\tilde{Q}_i - \bar{\tilde{Q}})^2}{\sum_i (Q_i - \bar{Q})^2}$$

**NS:** Coeficiente de Eficiencia de Nash-Suttcliffe

$$NS = 1 - \frac{\sum_i (Q_i - \tilde{Q}_i)^2}{\sum_i (Q_i - \bar{Q})^2}$$

**FB\_NS:** Eficiencia en Flujos Bajos

$$FB\_NS = 1 - \frac{\sum_i (\ln(Q_i) - \ln(\tilde{Q}_i))^2}{\sum_i (\ln(Q_i) - \ln(\bar{Q}))^2}$$

**FA\_NS:** Eficiencia en Flujos Altos

$$FA\_NS = 1 - \frac{\sum_i (Q_i + \bar{Q})(Q_i - \tilde{Q}_i)^2}{\sum_i (Q_i + \bar{Q})(Q_i - \bar{Q})^2}$$

**RMS:** Raíz del Valor Error Cuadrático Medio (m<sup>3</sup>/s)

$$RMS = \sqrt{\frac{\sum_i (Q_i - Q_o)^2}{N}}$$

**RMS Normalizado:** RMS dividido por la diferencia entre flujo máximo y mínimo

$$RMS \text{ NORMALIZADO} = \frac{RMS}{Q_{\text{máx}} - Q_{\text{mín}}}$$

**MAE:** Valor medio del Error Absoluto ( $m^3/s$ )

$$MAE = \frac{\sum_i |Q_i - Q_o|^2}{N}$$

**MAE Normalizado:** MAE dividido por la diferencia entre flujo máximo y mínimo

$$MAE \text{ NORMALIZADO} = \frac{MAE}{Q_{\text{máx}} - Q_{\text{mín}}}$$

**RMS/MAE:** Razón entre los errores cuadrático y absoluto

Para el análisis posterior es necesario entender el comportamiento de los índices y su significado. En primer lugar los primeros 5 indicadores son autosuficientes, es decir, su valor es suficiente para saber cómo es el ajuste entre modelo y datos observados.

Para los 2 primeros indicadores, si el valor es cercano a “1” se está frente a un buen ajuste. Al mismo tiempo un mal ajuste es un valor cercano a “0”. Por otra parte, los indicadores de eficiencia pueden variar entre  $-\infty$  y 1. en que “1” significa que se tiene un buen ajuste. Un valor cercano a “0” representa una situación con un 50% de ajuste, y un mal ajuste queda representado por un valor negativo, mientras más negativo más deficiente es el ajuste.

Por otra parte, para tener un significado de los restantes indicadores (6 al 10), se debe comparar el valor entre ellos de manera de saber cuál es el menor, y por ende, cuál es el mejor.

### 6.3.2 PARÁMETROS DE CALIBRACIÓN

La calibración del modelo tuvo sus mayores dificultades en la representación del comportamiento de embalses y de las centrales hidroeléctricas asociadas y en ello se enfocaron los mayores esfuerzos. Debido a los grandes caudales demandados a los embalses con fines de generación hidroeléctrica, una mala representación ocasionaba en los flujos observados efectos de gran magnitud. Principalmente se trabajó en mejorar la representación topológica de centrales hidroeléctricas y en el cálculo de aportes pluviales y nivales generados por los modelos de generación usados.

Una vez alcanzada la mejor representación posible de los embalses y centrales, se trabajó en afinar algunos parámetros, los cuales se mencionan a continuación:

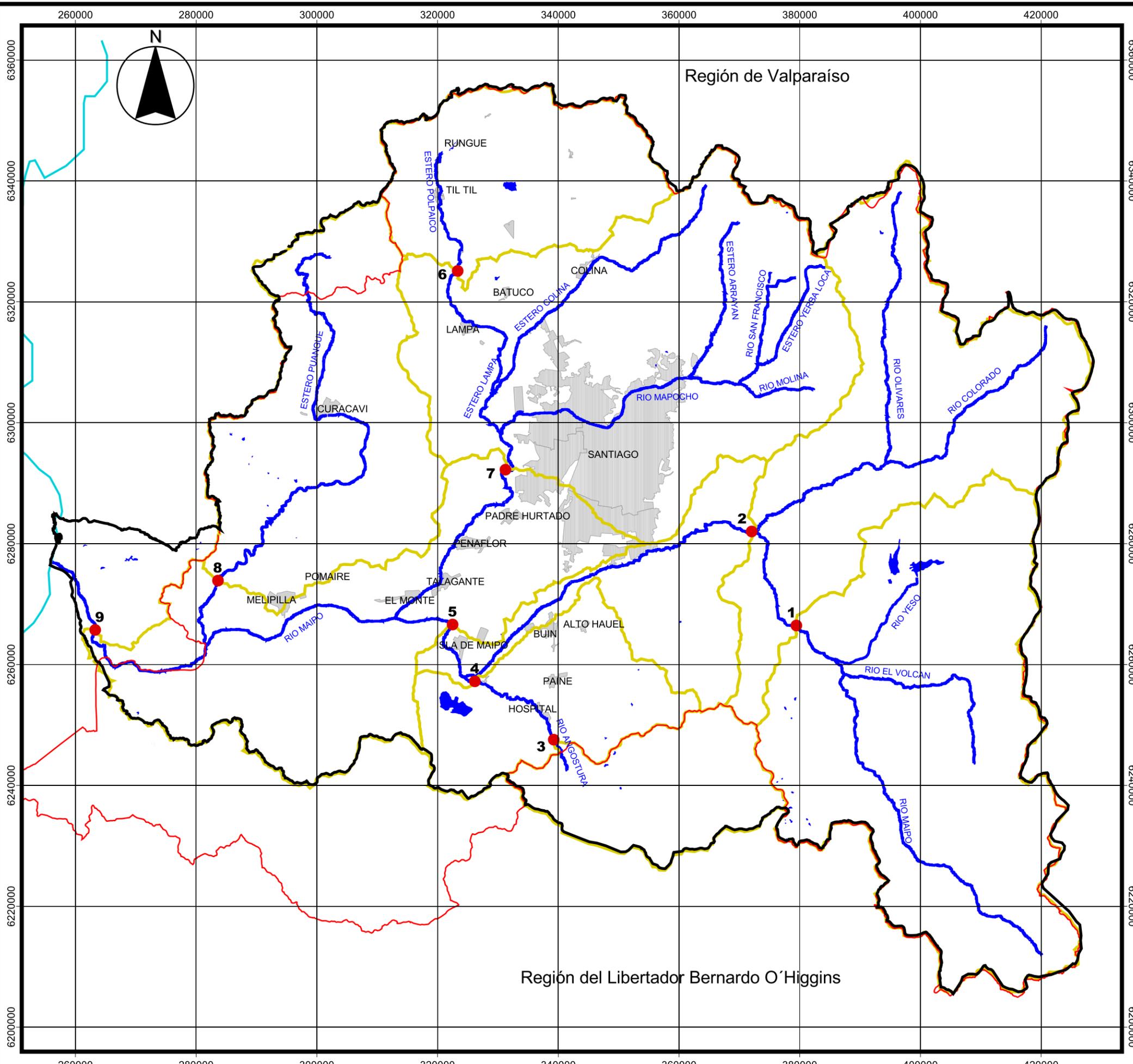
- **Zv:** Este parámetro se encuentra en la tabla AC\_QZV y corresponde a la fracción del afloramiento superficial total desde acuíferos que va a dar a algún nodo del sistema de escurrimiento superficial. Este parámetro resultó de gran importancia debido a que los acuíferos se encuentran llenos la mayor parte del tiempo y prácticamente todas las percolaciones desde canales y sectores de riego retornan al sistema superficial. Fueron estimados en función de las áreas de acuífero aportantes hacia algún sector de la cuenca en el que, debido a estrechamientos del valle, deberían ocurrir los afloramientos. Debido a las grandes dimensiones de algunos de los acuíferos definidos, resultó difícil lograr una representación de los afloramientos cuando estos ocurrían en distintos sectores del mismo acuífero. Los porcentajes del afloramiento total asignados a los distintos nodos fueron afinados de modo de mejorar el ajuste a los caudales y volúmenes observados.
- **Porcentaje de derechos permanentes:** Este parámetro se encuentra en la tabla NO\_DIST. Corresponde al porcentaje del caudal afluente a un nodo que será captado por un objeto. En particular, se calibró los porcentajes asociados a las captaciones de las centrales hidroeléctricas de modo que pudieran captar su caudal demandado la mayor parte del tiempo sin afectar otras demandas que pudieran haber en el mismo nodo.

La simulación efectuada con la información obtenida en la etapa de recopilación de antecedentes mostró ajustes aceptables en la mayor parte de la cuenca por lo que no se efectuaron mayores ajustes a otros parámetros de canales, sectores de riego, acuíferos, tramos de río, etc.

Adicionalmente durante este proceso se recalibró el modelo MPL para la generación de caudales en las cuencas no controladas.

### 6.3.3 RESULTADOS DEL PROCESO DE CALIBRACIÓN

En esta sección se entregan los resultados del proceso de calibración, conforme la metodología antes señalada. En primer lugar se presenta en la Figura 6.3.3-1 la ubicación de las estaciones fluviométricas consideradas, y en el Cuadro 6.3.3-1 el nombre y código de estas estaciones.



ID	Nombre	Calibración o Verificación
1	Maipo en San Alfonso	C
2	Maipo en el Manzano	C
3	Angostura en Angostura	C
4	Angostura en Valdivia de Paine	C
5	Maipo en Naltahua	V
6	Polpaico en Chicauma	V
7	Mapocho en Rinconada Maipu	C
8	Puangue en Ruta 78	C
9	Maipo en Cabinmbao	C

### SIMBOLOGÍA

<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px; margin-right: 5px;"></span> Límite Cuenca Maipo</li> <li><span style="border: 1px solid red; display: inline-block; width: 15px; height: 10px; margin-right: 5px;"></span> Límite Regional</li> <li><span style="color: cyan; font-size: 2em;">^</span> Línea de costa.shp</li> <li><span style="color: blue; font-size: 1.5em;">~</span> Hidrografía principal</li> <li><span style="background-color: blue; width: 15px; height: 10px; display: inline-block; margin-right: 5px;"></span> Lagunas y Embalses</li> <li><span style="background-color: gray; width: 15px; height: 10px; display: inline-block; margin-right: 5px;"></span> Zonas Urbanas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: red; font-size: 1.5em;">■</span> Estaciones Fluviométricas usadas en Calibración del Modelo MAGIC-MAIPO</li> <li><span style="border: 1px solid yellow; display: inline-block; width: 15px; height: 10px; margin-right: 5px;"></span> Límites Sub Cuenas Aportantes</li> </ul>
--	---

Datos Cartográficos Proyección Universal Transversal Mercator Huso 19 zona Sur	Datos Geodésicos Elipsoide World Geodetic System 1984 Datum World Geodetic System 1984
---	--

**GOBIERNO DE CHILE**  
**MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS**  
**DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS**

CONSULTORES: LUIS ARRAU DEL CANTO CONSULTORES EN INGENIERÍA HIDRÁULICA Y DE RIEGO	PROYECTO: PLAN DIRECTOR PARA LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS CUENCA DEL RÍO MAIPO	PLANO: ESTACIONES FLUVIOMÉTRICAS CALIBRACIÓN/VALIDACIÓN MODELO MAGIC-MAIPO
DIRECTOR GENERAL DE AGUAS SR. RODRIGO WEISNER	JEFE DE DEPARTAMENTO SR. PEDRO RIVERA	INSPECTOR FISCAL: SR. ANDRÉS ARRIAGADA

ESCALA: 1:650000 	FIGURA: 6.3.3-1	FECHA MAYO DE 2008
-------------------------	--------------------	-----------------------



**CUADRO 6.3.3-1  
ESTACIONES INCLUIDAS EN PROCESO DE CALIBRACIÓN**

<b>Nodo</b>	<b>Estación</b>
<b>NO-012</b>	Río Maipo en San Alfonso
<b>NO-017</b>	Río Maipo en El Manzano
<b>NO-052</b>	Río Angostura en Valdivia de Paine
<b>NO-053</b>	Río Maipo en Naltahua
<b>NO-102</b>	Río Mapocho en Rinconada de Maipú
<b>NO-127</b>	Estero Puangue en Ruta 78
<b>NO-133</b>	Río Maipo en Cabimbao
<b>NO-039</b>	Río Angostura en Angostura
<b>NO-077</b>	Estero Polpaico en Chicauma

**Fuente:** Elaboración Propia

**6.3.3.1 ESTACIONES FLUVIOMÉTRICAS DE CALIBRACIÓN**

En los Cuadros 6.3.3.1-1 y 6.3.3.1-2 se presenta un resumen con los valores de los indicadores de bondad de la calibración para cada una de las estaciones, para los modelos determinísticos y estocásticos, respectivamente.

**CUADRO 6.3.3.1-1  
RESULTADOS PROCESO DE CALIBRACIÓN:  
ESTACIONES FLUVIOMÉTRICAS MODELO DETERMINISTICO**

<b>Parámetros</b>	<b>Nodos</b>								
	<b>012</b>	<b>017</b>	<b>052</b>	<b>053</b>	<b>102</b>	<b>127</b>	<b>133</b>	<b>039</b>	<b>077</b>
<b>Razón de Masas</b>	0,97	0,90	0,78	1,42	1,00	0,88	1,10	1,82	2,72
<b>Razón de Varianzas</b>	1,00	0,98	0,92	0,81	1,00	0,99	0,98	0,75	0,93
<b>Coefficiente de Eficiencia (Nash &amp; Sutcliffe)</b>	0,98	0,89	0,71	0,63	0,23	0,59	0,83	-0,55	-2,21
<b>Eficiencia en Flujos Bajos</b>	0,97	0,81	0,52	0,24	0,67	0,12	0,85	0,02	-0,05
<b>Eficiencia en Flujos Altos</b>	0,99	0,92	0,75	0,83	0,30	0,69	0,85	0,23	-0,45
<b>RMS (m<sup>3</sup>/s)</b>	7,26	25,45	11,36	31,43	15,33	10,02	49,81	4,84	4,05
<b>RMS Normalizado</b>	0,02	0,04	0,08	0,10	0,10	0,09	0,06	0,22	0,14
<b>MAE (m<sup>3</sup>/s)</b>	4,47	18,32	7,42	26,36	8,67	6,92	32,08	3,32	1,60
<b>MAE Normalizado</b>	0,01	0,03	0,05	0,08	0,06	0,06	0,04	0,15	0,06
<b>RMS/MAE</b>	1,63	1,39	1,53	1,19	1,77	1,45	1,55	1,46	2,54

**Fuente:** Elaboración Propia

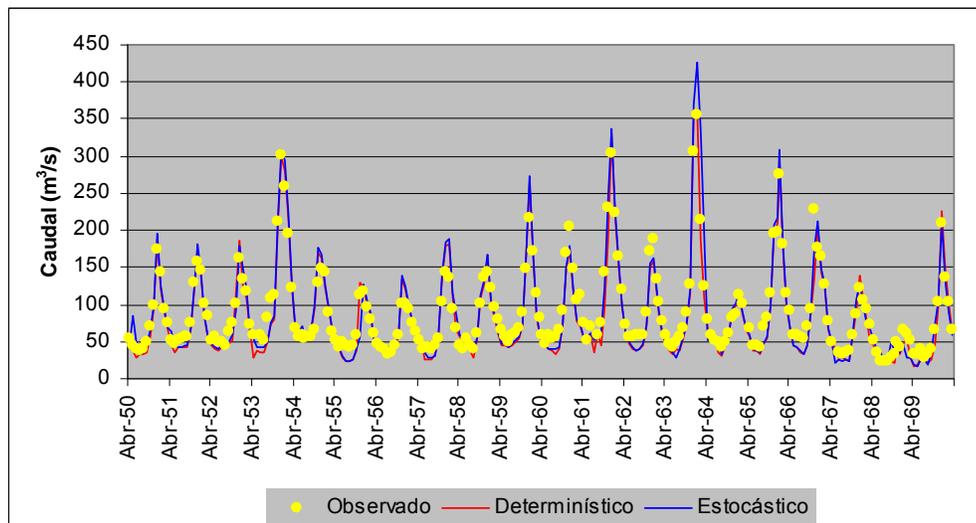
**CUADRO 6.3.3.1-2  
RESULTADOS PROCESO DE CALIBRACIÓN:  
ESTACIONES FLUVIOMÉTRICAS MODELO ESTOCÁSTICO**

Parámetros	Nodos								
	012	017	052	053	102	127	133	039	077
Razón de Masas	0,98	0,93	0,76	1,72	1,01	0,87	1,13	2,00	2,13
Razón de Varianzas	1,00	0,99	0,89	0,95	1,00	0,99	0,98	0,68	0,95
Coefficiente de Eficiencia (Nash & Sutcliffe)	1,00	0,83	0,68	-7,62	0,49	0,58	0,83	-0,83	-0,56
Eficiencia en Flujos Bajos	1,00	0,83	0,52	-0,11	0,68	0,22	0,84	-0,17	0,25
Eficiencia en Flujos Altos	1,00	0,83	0,71	-2,02	0,57	0,67	0,84	0,10	0,17
RMS (m <sup>3</sup> /s)	2,22	30,92	11,89	151,10	11,99	10,32	50,64	5,26	2,86
RMS Normalizado	0,01	0,05	0,08	0,47	0,08	0,09	0,06	0,24	0,10
MAE (m <sup>3</sup> /s)	1,67	17,85	7,44	47,04	7,80	6,56	33,50	3,89	1,20
MAE Normalizado	0,01	0,03	0,05	0,15	0,05	0,06	0,04	0,18	0,04
RMS/MAE	1,33	1,73	1,60	3,21	1,54	1,57	1,51	1,35	2,38

**Fuente:** Elaboración Propia

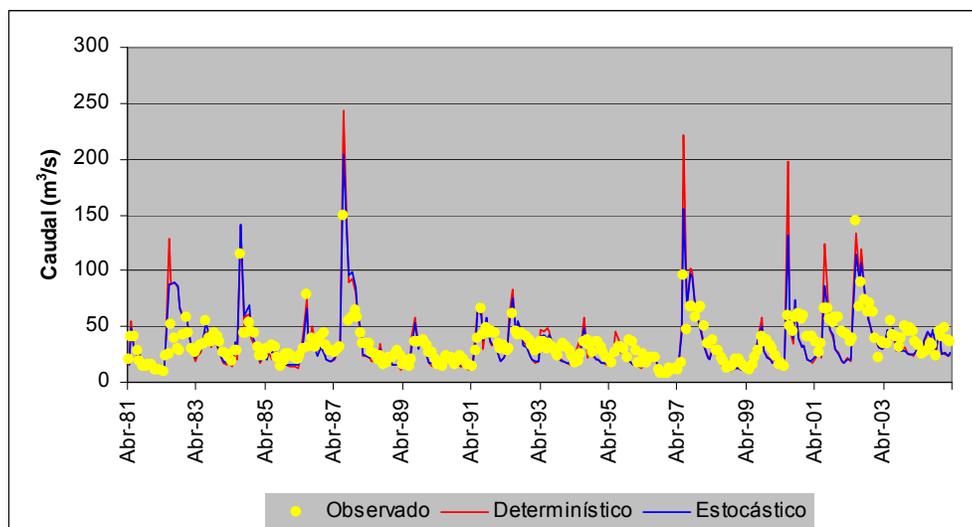
Como ejemplo de los resultados obtenidos, se presentan gráficamente los resultados para las estaciones Río Maipo en El Manzano y Río Mapocho en Rinconada de Maipú, en las Figuras 6.3.3.1-1 y 6.3.3.1-2, respectivamente.

**FIGURA 6.3.3.1-1  
RESULTADOS PROCESO DE CALIBRACIÓN:  
ESTACIÓN RÍO MAIPO EN EL MANZANO**



**Fuente:** Elaboración Propia

**FIGURA 6.3.3.1-2**  
**RESULTADOS PROCESO DE CALIBRACIÓN:**  
**ESTACIÓN RÍO MAPOCHO EN RINCONADA DE MAIPÚ**



**Fuente:** Elaboración Propia

Es interesante ver que tanto para el caso determinístico como para el estocástico se aprecian similares resultados, mostrando que las tendencias más importantes son claramente preservadas por ambas simulaciones.

Por ejemplo, para la estación Río Maipo en El Manzano, se puede señalar que está siendo representada en forma adecuada por el modelo, ya que -por ejemplo- la razón de varianzas es casi perfecta, al igual que la razón de masas. Para ambas variables, el valor obtenido con la modelación estocástica es ligeramente mejor. Por otra parte, el índice de eficiencia es alto, tanto globalmente, como para los flujos altos y los bajos. Los errores RMS y MAE son bastante altos, lo que se explica en parte por la dificultad de reproducir alguno de los caudales más altos, tanto con la modelación determinística como con la estocástica. Al mismo tiempo la razón RMS/MAE es bastante baja en el mismo orden de magnitud de estos parámetros para los otros nodos, para ambas modelaciones.

Un segundo ejemplo es el de la estación Río Mapocho en Rinconada de Maipú, para la que se tiene que si bien es cierto, que a nivel gráfico esta estación posee una representación aceptable por parte del modelo, este aspecto se hace más notorio sólo en algunos periodos de tiempo, lo que en definitiva se traduce en un índice NS muy bajo (0,23), que equivale a un poco más de un 50% de concordancia entre datos observados y modelados, para el modelo determinístico. Por otra parte, para el caso estocástico, el índice NS aumenta a 0,49. Debe hacerse notar que la estación posee

ciertos inconvenientes que fueron detectados en las visitas a terreno, percatándose aspectos de embancamiento, la existencia de más de un brazo y el cambio de posición de la estación en diversos momentos de su historia. Todos los aspectos señalados anteriormente implican que la calibración conseguida en esta estación, a lo menos a nivel analítico, no sea tan adecuada. Sin embargo, se considera apropiada o representativa para efectos de la modelación.

Cabe destacar que del total de estaciones analizadas en este proceso de calibración, solo las estaciones Angostura en Angostura (NO-039) y Polpaico en Chicauma (NO-077) se dejaron sólo para efectos de su análisis de tendencia a nivel gráfico (o verificación) y no numérico, debido a su deficiente nivel de medición y consecuente calibración. Para las restantes estaciones se alcanzó una calibración aceptable en la mayor parte de las estaciones siendo la más deficiente la estación Mapocho en Rinconada de Maipú (para el caso determinístico), estación que posee ciertos inconvenientes que fueron detectados en las visitas a terreno, percatándose aspectos de embancamiento, la existencia de más de un brazo y el cambio de posición de la estación en diversos momentos de su historia. Por otra parte, para el caso estocástico, el ajuste se obtiene para la estación Río Maipo en Naltahua. Las razones para estas diferencias se refieren a su ubicación en la zona media de la cuenca, zona en la que el modelo estocástico estaría sobrevaluando los recursos disponibles.

Todos los aspectos señalados anteriormente implican que la calibración conseguida en esta estación, a lo menos a nivel analítico, no sea tan adecuada. Sin embargo, se considera apropiada o representativa para efectos de la modelación.

### **6.3.3.2 ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DEL VOLUMEN DEL ACUÍFERO**

Con el fin de complementar el análisis presentado anteriormente, se presenta un análisis del funcionamiento del sistema acuífero en el área de estudio. Para esto se analizó la variación del volumen mensual del acuífero normalizado (con respecto al volumen máximo). Los resultados presentados en el Cuadro 6.3.3.2-1 muestran que todos los sectores acuíferos se encuentran completamente saturados en algún momento, ya que el valor máximo para todos ellos es igual a 1. Adicionalmente, se observa que en promedio los sectores de acuíferos se encuentran llenos un 40,4% del tiempo para el caso determinístico, y un 46,6% para el caso estocástico, aunque es necesario indicar que no necesariamente al mismo tiempo. En todo caso, esta cifra muestra el alto grado de utilización de las aguas subterráneas. Debe hacerse notar que los resultados obtenidos para ambos tipos de modelaciones son similares, lo que muestra que ambas modelaciones reproducen en promedio las mismas situaciones.

**CUADRO 6.3.3.2-1  
RESULTADOS VOLÚMENES  
SECTORES ACUÍFEROS**

Sector Acuífero	Determinístico				Estocástico			
	Mín	Prom	Máx	TAS (%)	Mín	Prom	Máx	TAS (%)
AC-01	0,00	0,26	1,00	0,2	0,25	0,67	1,00	1,7
AC-02	0,50	0,89	1,00	9,7	0,50	0,97	1,00	32,0
AC-03	0,03	0,26	1,00	0,2	0,43	0,64	1,00	0,2
AC-04	0,97	1,00	1,00	95,8	0,97	1,00	1,00	98,8
AC-05	0,00	0,53	1,00	0,2	0,00	0,49	1,00	0,2
AC-06	0,67	0,81	1,00	0,3	0,67	0,79	1,00	0,2
AC-07	0,41	0,64	1,00	0,2	0,48	0,69	1,00	0,2
AC-08	0,45	0,99	1,00	97,1	0,45	0,99	1,00	97,9
AC-09	1,00	1,00	1,00	0,2	1,00	1,00	1,00	0,2
AC-10	0,18	0,97	1,00	90,8	0,18	0,97	1,00	90,9
AC-11	0,94	0,99	1,00	42,0	0,98	1,00	1,00	81,5
AC-12	0,70	1,00	1,00	99,1	0,47	1,00	1,00	98,2
AC-13	0,97	1,00	1,00	0,2	0,98	1,00	1,00	0,2
AC-14	0,55	0,75	1,00	2,4	0,60	0,86	1,00	6,7
AC-15	0,53	0,77	1,00	1,1	0,95	0,98	1,00	6,4
AC-16	0,51	0,96	1,00	81,1	0,51	0,97	1,00	86,8
AC-17	0,76	0,99	1,00	94,8	0,76	1,00	1,00	96,5
AC-18	0,08	0,67	1,00	31,2	0,08	0,81	1,00	56,5
AC-19	0,97	1,00	1,00	93,5	0,99	1,00	1,00	98,9
AC-20	0,08	0,86	1,00	68,8	0,09	0,90	1,00	78,3
Mínimo	<b>0,00</b>	<b>0,26</b>	<b>1,00</b>	<b>0,2</b>	<b>0,00</b>	<b>0,49</b>	<b>1,00</b>	<b>0,2</b>
Promedio	<b>0,60</b>	<b>0,98</b>	<b>1,00</b>	<b>40,4</b>	<b>0,57</b>	<b>0,89</b>	<b>1,00</b>	<b>46,6</b>
Máximo	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>99,1</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>98,9</b>

**TAS:** Tiempo Acuífero 100% Saturado

**Fuente:** Elaboración Propia

### 6.3.3.3 ANÁLISIS DE LOS FLUJOS DE ENTRADA Y SALIDA A LOS SECTORES ACUÍFEROS

Un último elemento considerado para el análisis es relativo a los flujos de entrada y salida a los sectores acuíferos. Con este fin se evaluó para cada sector acuífero los caudales máximos, promedio, y mínimos de entrada y salida a cada uno de ellos. Los resultados presentados en el Cuadro 6.3.3.3-1, para el caso determinístico, muestran que existe una gran diferencia entre los distintos flujos, lo que se explica dado que parte del flujo se almacena en cada sector acuífero, y parte es entregado como bombeo. Los resultados para el caso estocástico se presentan en el Cuadro 6.3.3.3-2. Es necesario indicar que para ambos casos modelados se observa una situación similar, lo que nuevamente muestra que la modelación estocástica y la determinística son equivalentes.

**CUADRO 6.3.3.3-1  
CAUDALES DE ENTRADA Y SALIDA  
SECTORES ACUÍFEROS  
MODELO DETERMINÍSTICO**

Sector Acuífero	Entrada (m <sup>3</sup> /s)			Salida (m <sup>3</sup> /s)		
	Mínimo	Promedio	Máximo	Mínimo	Promedio	Máximo
AC-01	0,01	0,77	3,74	0,00	0,11	0,45
AC-02	0,25	2,00	30,87	0,00	0,01	0,01
AC-03	0,18	2,08	9,23	0,00	0,82	3,29
AC-04	0,56	7,90	291,87	0,00	1,27	1,28
AC-05	0,26	1,37	3,97	0,00	1,07	4,76
AC-06	3,31	6,94	13,45	0,00	7,93	11,01
AC-07	2,00	5,24	20,14	0,00	8,42	12,35
AC-08	0,01	1,87	6,76	0,00	7,14	7,15
AC-09	0,02	1,68	5,40	0,00	2,16	2,16
AC-10	3,38	20,95	45,41	0,00	6,43	6,44
AC-11	0,02	2,45	11,05	0,00	1,12	1,12
AC-12	0,10	2,68	11,37	0,00	0,15	0,15
AC-13	0,06	2,69	9,91	0,00	4,40	4,45
AC-14	0,07	1,99	7,85	0,00	1,75	3,73
AC-15	0,00	0,11	0,69	0,00	0,00	0,00
AC-16	0,00	2,58	9,15	0,00	0,03	0,03
AC-17	0,00	1,53	5,06	0,00	0,03	0,05
AC-18	0,00	1,12	7,22	0,00	0,03	0,04
AC-19	0,01	0,37	8,91	0,00	0,04	0,04
AC-20	0,02	6,18	21,31	0,00	0,22	0,25
<b>Mínimo</b>	<b>0,00</b>	<b>0,11</b>	<b>0,69</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,51</b>	<b>3,62</b>	<b>26,17</b>	<b>0,00</b>	<b>2,16</b>	<b>2,94</b>
<b>Máximo</b>	<b>3,38</b>	<b>20,95</b>	<b>291,87</b>	<b>0,00</b>	<b>8,42</b>	<b>12,35</b>

**Fuente:** Elaboración Propia

**CUADRO 6.3.3.3-2**  
**CAUDALES DE ENTRADA Y SALIDA**  
**SECTORES ACUÍFEROS**  
**MODELO ESTOCÁSTICO**

Sector Acuífero	Entrada (m <sup>3</sup> /s)			Salida (m <sup>3</sup> /s)		
	Mínimo	Promedio	Máximo	Mínimo	Promedio	Máximo
AC-01	0,03	1,06	4,09	0,00	0,30	0,45
AC-02	0,26	2,21	30,94	0,00	0,01	0,01
AC-03	0,28	3,31	12,16	0,00	2,09	3,30
AC-04	0,77	8,63	293,16	0,00	1,27	1,28
AC-05	0,24	1,06	3,02	0,00	0,76	4,75
AC-06	3,63	6,76	12,55	0,00	7,48	11,01
AC-07	2,32	5,44	19,93	0,00	8,55	12,35
AC-08	0,07	2,71	7,22	0,00	7,14	7,15
AC-09	0,08	2,56	5,98	0,00	2,16	2,16
AC-10	4,05	22,50	38,25	0,00	6,43	6,44
AC-11	0,02	3,01	10,76	0,00	1,12	1,12
AC-12	0,02	2,16	10,58	0,00	0,15	0,15
AC-13	0,07	3,45	10,35	0,00	4,43	4,45
AC-14	0,12	2,97	10,05	0,00	2,61	3,73
AC-15	0,01	0,16	0,83	0,00	0,00	0,00
AC-16	0,11	3,34	11,45	0,00	0,03	0,03
AC-17	0,05	2,08	6,20	0,00	0,03	0,05
AC-18	0,05	1,84	9,31	0,00	0,03	0,04
AC-19	0,03	0,38	8,87	0,00	0,04	0,04
AC-20	0,10	8,82	28,21	0,00	0,22	0,25
<b>Mínimo</b>	<b>0,01</b>	<b>0,16</b>	<b>0,83</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
<b>Promedio</b>	<b>0,61</b>	<b>4,22</b>	<b>26,69</b>	<b>0,00</b>	<b>2,24</b>	<b>2,94</b>
<b>Máximo</b>	<b>4,05</b>	<b>22,50</b>	<b>293,16</b>	<b>0,00</b>	<b>8,55</b>	<b>12,35</b>

**Fuente:** Elaboración Propia

#### 6.3.3.4 Análisis Variación Niveles en los Sectores Acuíferos

La última componente en el análisis de los sectores acuíferos es la relación entre niveles y volúmenes en los sectores acuíferos. Los niveles se obtienen del análisis presentado en el estudio de la Ref. 1, y el volumen como resultado de la operación del modelo MAGIC-Maipo. Para esto se consideraron 3 sectores acuíferos: AC-6, AC-11, y AC-20.

El primer sector acuífero se ubica en la zona de Santiago, y muestra un grado importante de relación entre la variación del volumen en el sector acuífero, y el nivel

en el pozo de observación seleccionado, situación que es similar para el caso estocástico y el determinístico.

El segundo sector acuífero seleccionado, AC-11, se ubica en la zona de Angostura. Este acuífero muestra altísimas variaciones en el volumen, variación que también se detecta en los niveles observados. Nuevamente se observa un buen grado de correlación entre el volumen del acuífero y el nivel en el mismo.

Por último, en el sector acuífero AC-20 se dispone de información en 3 sondajes. Si bien es cierto existe una alta variación entre los niveles medidos, sin mostrar una clara tendencia a subir o bajar, y el volumen del acuífero permanece relativamente constante.

En resumen, las variaciones generadas con el uso del modelo son concordantes con las mediciones medidas en sondajes existentes en el área de estudio, lo que garantiza que el modelo MAGIC-Maipo representa en forma adecuada el sistema subterráneo existente, tanto cuando se usa la modelación determinística como la estocástica.

### **6.3.3.5 Conclusiones del Proceso de Calibración/Verificación**

En general, es posible señalar una buena representación del modelo en las distintas estaciones que caracterizan la distribución de los recursos hídricos a nivel de cuenca, particularmente en la zona alta.

En cuanto a la zona media, debido a la gran interferencia y alteración de los cauces durante la historia de los registros, la representatividad no siempre es la más adecuada, no obstante el modelo responde en forma bastante aceptable en la mayoría de las estaciones ubicadas en este tramo medio. Sin embargo cabe destacar que, junto a una visión de las visitas a terreno realizadas, información que fue presentada en el Anexo 5-5, es relevante la mantención, readecuación y/o reactivación de algunas estaciones, tales como Maipo en Naltahua y Estero Polpaico en Chicauma, con el fin de una mejor caracterización del comportamiento de la cuenca conforme la creciente intervención y crecimiento de los entornos urbanos y la consecuente alteración del sistema hídrico.

Finalmente, en la salida de la cuenca es posible apreciar por medio de la estación fluviométrica de Maipo en Cabimbao, un muy buen ajuste por parte del modelo. Este aspecto es relevante considerando que esta estación cierra la cuenca desde el punto de vista de la calibración, la cual integra todos los efectos generados hacia aguas arriba, amortiguados probablemente por diversos efectos tales como la interacción del sistema superficial/subterráneo, derrames de riego, infraestructura de tratamiento de aguas servidas de los sectores urbano, entre otros. De esta forma, esta estación

cumple una función preponderante en el ordenamiento y gestión del sistema hídrico Maipo.

Ahora bien, desde el punto de vista de la aplicación del modelo MAGIC a la formulación del Plan Director, se tiene que ésta es adecuada ya que en la aplicación del modelo se trabaja con situaciones diferenciales en la que se compara la situación actual de una situación modificada. En este proceso de diferenciación, se eliminan bastantes problemas puntuales que presenta el registro, ya que al final sólo se resaltan las diferencias entre una situación y la otra. No obstante lo anterior, durante la etapa de análisis debe tenerse cuidado de elegir los puntos de análisis en forma adecuada, de manera de tener una correcta o apropiada representación del área en estudio.

En general, es posible señalar una buena representación del modelo en las distintas estaciones que caracterizan la distribución de los recursos hídricos a nivel de cuenca, particularmente en la zona alta.

Por otra parte, en lo que respecta al acuífero, se tiene una buena representación en lo que respecta a volúmenes, y flujos de entrada y salida. Lo anterior muestra que el modelo MAGIC-Maipo es adecuado también al representar el sistema subterráneo asociado a la cuenca.

En lo que respecta a la realización de dos modelaciones, una determinística y otra estocástica, se tiene que los resultados obtenidos para ambas situaciones son equivalentes. Ahora bien, como la segunda modelación es determinística, se podrían generar diferentes realizaciones de las estadísticas (estadísticas rellenas y corregidas con diferentes valores, pero con indicadores estadísticos iguales), y de esta manera analizar la modelación desde el punto de vista de la “robustidad” que es una medida que indica como se comporta la modelación frente a pequeños o grandes cambios en los parámetros de entrada.

## **7. FORMULACIÓN DEL PLAN DIRECTOR**

### **7.1 INTRODUCCIÓN**

Uno de los elementos básicos para la formulación del PD es la definición del horizonte de evaluación del mismo. De acuerdo a los Términos de Referencia (TR), el plan director debe tener 3 componentes: corto, mediano, y largo plazo. Para el corto plazo se define una duración de 5 años, y debe considerar todas las acciones que se deben realizar en este período. Por otra parte, para el largo plazo -20 años- se consideran aquellas acciones para las que se hace necesario recolectar más información, o también aquellas acciones que conciten un menor grado de acuerdo entre los actores relevantes, por lo que su ejecución se posterga en el tiempo.

Seguidamente se considera las siguientes etapas para la formulación del PD:

- Análisis de Escenarios para la Formulación del Plan Director
- Verificación del Cumplimiento de Objetivos Para la Cartera Original de Proyectos
- Formulación de Nuevos Proyectos a Nivel de Idea
- Priorización y Clasificación de Soluciones
- Formulación del Plan Director
- Formulación de Mecanismos de Actualización y Seguimiento del Plan

### **7.2 DESCRIPCIÓN ESCENARIOS DE EVALUACIÓN**

En esta sección se describen brevemente los escenarios de evaluación considerados en el presente estudio. Posteriormente se presenta la metodología de evaluación económica, finalmente se exponen los resultados de la evaluación técnico-económica.

#### **7.2.1 Escenario #0: Escenario Base**

El escenario base es una condición artificial que se define con el fin de tener una línea base de evaluación diferente a la situación histórica. Se define con toda la información que describe el modelo en la situación histórica, fijando los parámetros que describen el modelo con los valores evaluados para el último período de tiempo. Entre estos parámetros se incluyen:

- Coeficientes de percolación
- Coeficientes de derrames
- Coeficientes de Retornos
- Eficiencia en Canales

Por otra parte, el modelo se alimenta con la hidrología medida históricamente, y que representa el período desde abril de 1950 a marzo de 2006. De esta manera, el modelo se alimenta con una estadística de 56 años de extensión, en la que se suceden años secos, normales, y húmedos.

Dado que se requiere representar diferentes condiciones, se hace necesario definir diferentes condiciones iniciales o base para los 2 escenarios que interesa analizar:

- **Escenario Base Mejoramiento Eficiencia:** En este caso la situación agronómica se mantiene constante
- **Escenario Base con Expansión Urbana.** En este caso se evalúa el efecto que tiene el crecimiento de las ciudades en el funcionamiento hídrico de la cuenca, y cómo se ve afectado el riego en dicho proceso.

## **7.2.2 Escenario #1: Programa de Mejoramiento de la Eficiencia del Riego**

Este programa está definido en base a 6 componentes las que permiten analizar diversas formas de mejorar la eficiencia del uso del agua en riego en la cuenca. En lo que sigue se presentan y describen cada una de estas componentes.

### **7.2.2.1 Tecnificación del Riego**

Corresponde a la situación base, adicionando modificaciones de tecnificación del riego. En este escenario se identifican los sectores de la cuenca que son susceptibles de incrementar el grado de tecnificación existente, específicamente se definen 3 variaciones o sub-escenarios: Pesimista, Conservador y Optimista. Estas variaciones toman en consideración diversos grados de incorporación de la tecnificación a la cuenca, tomando en cuenta tanto el cambio experimentado en la cuenca, como el observado a nivel del país.

Para cada una de las variaciones se consideran 2 alternativas de modificación. En la primera sólo se considera la tecnificación parcial de los cultivos de mayor rentabilidad, tales como frutales y viñas. Por otra parte, la otra alternativa considera el cambio desde cultivos de bajo rendimiento económico a frutales y viñas.

### **7.2.2.2 Regulación Nocturna**

Este escenario pretende evaluar el grado de mejora que se puede lograr en lo que respecta al uso de los recursos cuando se dispone de suficiente regulación nocturna, en aquellos sectores susceptibles de mejorar y en que la demanda no se encuentre completamente satisfecha, de manera que el agua disponible es aprovechada de una

mejor manera. En este caso, se aplican 6 diferentes niveles de incremento a la regulación nocturna, para aquellos sectores seleccionados.

#### **7.2.2.3 Mejoramiento de Infraestructura Principal y Canales Secundarios**

Corresponde a la Situación Actual más el mejoramiento de la infraestructura principal e incluyendo los canales secundarios, para aquellos sectores susceptibles de mejorar, para distintos rangos de eficiencia actual. Para esto se consideran 4 niveles de reducción de las pérdidas: 20%, 40%, 60% y 80%. Esto se realizó calculando la longitud de canal que se requiere evaluar de manera de lograr el objetivo propuesto.

#### **7.2.2.4 Efecto Combinado Tecnificación + Regulación Nocturna + Mejoramiento de Infraestructura Principal y Canales Secundarios**

Corresponde a la combinación de las Componentes a), b) y c). Se pretende evaluar el efecto de los cambios en tecnología y eficiencia en el uso del agua, con la situación actual de riego. Con esto, se puede analizar la satisfacción de la demanda, en términos de áreas cubiertas o abastecidas con estas mejoras. Dado que sólo es posible determinar cuales son las combinaciones a considerar, esta componente sólo se definirá una vez que la evaluación económica de las 3 primeras componentes esté completa.

#### **7.2.2.5 Área Futura Con Tecnificación**

En este escenario se pretende evaluar la extensión de la superficie de la cuenca que en la actualidad se riega en forma eventual, y que podría verse afectado por mayor regulación o un uso más eficiente del agua. Este mejor uso eficiente se logra proponiendo un nivel adecuado de tecnificación. Para efectos de comparación, se consideran los resultados de la Componente a) como escenario base. Para fines de análisis se considera una componente similar al caso d).

#### **7.2.2.6 Efecto Combinado Riego Futuro con + Regulación Nocturna + Mejoramiento de Infraestructura Principal y Canales Secundarios**

Corresponde a una componente equivalente a d), pero tomando como punto de partida los resultados de la componente e).

### **7.2.3 Escenario #2: Evaluación del Efecto de la Expansión Urbana**

Considera crecimiento según la tendencia actual para la evaluación de la demanda. Detrás de este escenario se esconde un análisis previo de cambio de áreas (riego → urbano), cambio de uso del agua (riego → doméstico) que se ve reflejado en la compra y venta de derechos transacciones, demanda urbana en términos del crecimiento en altura. Para analizar este escenario, se definió como punto de partida, un escenario base de crecimiento urbano según lo explicado anteriormente.

### **7.2.4 Metodología para la Evaluación Económica**

Esta metodología se propone con el fin de evaluar económicamente los proyectos agropecuarios considerados para la formulación del Plan Director en la cuenca del Río Maipo. Los diferentes escenarios que se han planteado consideran la inclusión de tecnificación al manejo del riego, diversos tipos de mejoramiento de la infraestructura, la incorporación de nuevas superficies al riego.

La evaluación económica se ha realizado mediante la determinación de indicadores económicos habitualmente utilizados en proyectos de riego, tales como: el valor actualizado neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR). Estos indicadores se establecen considerando un horizonte de evaluación de 30 años, tanto a precios de mercado como a precios sociales.

Para desarrollar la evaluación económica, se ha definido una situación base (actual) y una que presenta cambios proyectados a futuro en diferentes escenarios. En ambos casos, se han definido los márgenes asociados durante todo el horizonte de análisis (30 años). Posteriormente, se establece la diferencia entre ambas situaciones para determinar los indicadores VAN y TIR. Esta situación diferencial se define como el nuevo escenario menos la situación base (actual). Adicionalmente, se considera el flujo de egresos definido por el costo de las obras necesario para materializar las mejoras agropecuarias propuestas.

### **7.2.5 Resultados de la Evaluación Técnico-Económica**

En primer lugar se presentan en el Cuadro 7.2.5-1 los resultados de la evaluación de las 6 componentes que definen el Escenario #1, observándose que la rentabilidad de las diferentes componentes del escenario es buena.

El primer resultado importante indica que tecnificación es un medio adecuado para mejorar el rendimiento económico de la cuenca. De hecho, el mejor resultado se obtiene con la mayor tasa de crecimiento considerada. Por otra parte, cuando se considera la situación futura se observa la misma tendencia. Por otra parte, cuando se considera el mejoramiento de la eficiencia, sólo un mejoramiento marginal del

20% mejora el rendimiento económico, ya que mayores cambios traen consigo costos altísimos que no se compensan con el aumento de los beneficios. Por último, cuando se considera tecnificación junto a los otros tipos de mejoramiento de la infraestructura, se obtiene una disminución de la razón beneficio costos c/r al caso de tecnificación pura, pero el rendimiento del escenario mejora considerablemente.

**CUADRO 7.2.5-1  
RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN ECONÓMICA  
POR ESCENARIO DE EVALUACIÓN**

Componente	Precios Mercado		Precios Sociales	
	IVAN	Tir (%)	IVAN	Tir (%)
<b>a) Tecnificación Actual</b>	5,19	15,0	6,79	16,8
<b>b) Regulación Nocturna</b>	0,61	15,5	0,65	16,1
<b>c) Mejoramiento Canales</b>	1,08	21,7	1,21	23,3
<b>d) Tecnificación + Regulación + Mejoramiento Canales</b>	1,56	16,9	1,90	18,3
<b>e) Riego Futuro</b>	2,56	14,6	4,58	18,6
<b>f) Riego Futuro + Regulación + Mejoramiento Canales</b>	2,63	15,5	4,26	19,0

**Fuente:** Elaboración Propia

En segundo lugar, en lo que respecta a las 3 componentes básicas de mejoramiento de la eficiencia, tales como tecnificación, mejoramiento de la regulación nocturna y el mejoramiento de los canales, si bien es cierto son económicamente rentables, el IVAN obtenido es mucho menor al obtenido para la componente a). Esto significa que individualmente, de las 3 componentes para el mejoramiento de la rentabilidad, la tecnificación es la más eficiente ya que se dirige directamente al predio que se está cultivando. Es importante indicar que en este proceso no se realizó un análisis de sensibilidad ya que el procedimiento usado engloba en si este tipo de análisis.

En siguiente lugar se realizó un análisis englobando los mejores resultados de cada una de las 3 componentes anteriormente analizadas. La rentabilidad de esta componente es superior a solamente tecnificar, lo que muestra que complementar las técnicas de tecnificación es mucho más eficiente que sólo usar un tipo de mejoramiento.

La siguiente componente del análisis es considerar mayor área regada y modificar la matriz productiva. En este caso se obtiene la mayor rentabilidad, ya que se considera

la inclusión de cultivos de altísimo rendimiento económico que justifica plenamente este tipo de inversión. Adicionalmente se consideró incluir mejoramiento de canales y de la regulación nocturna, lo que se traduce en una menor rentabilidad que el caso de tecnificación sola. Esto se puede explicar por el mayor gasto que en esencia permite mejorar las condiciones de riego de los cultivos de menor rendimiento económico, ya que la tecnificación fue focalizada en los cultivos más rentables.

Por otra parte, los resultados presentados muestran claramente que este tipo de proyectos deben ser incluidos de alguna manera en el Plan Director. Es por esto, que se considera incluir proyectos que se relacionen con cada uno de estos tópicos, tales como evaluación de las reales necesidades de tecnificación, y otros.

En lo que respecta al escenario de desarrollo urbano, se tiene que la satisfacción de la demanda en sectores urbanos se ve afectada por la expansión urbana, ya que este proceso conlleva un crecimiento poblacional y por consiguiente un aumento en el consumo de agua potable, Por otro lado la impermeabilización de los suelos afecta la recarga de los acuíferos perjudicando la disponibilidad de agua en los pozos,

A raíz de los resultados obtenidos y los análisis realizados puede concluirse que el crecimiento de las ciudades puede traer como consecuencia una mejoría en lo que es satisfacción de demanda en riego, sin embargo dicha mejoría se debe únicamente a la reducción de las zonas de riego, lo cual contribuye a otros problemas de diversa índole, Por un lado, la disminución de las zonas de riego afecta la seguridad alimentaria de la población, trayendo como consecuencia procesos de intensificación productiva en los pocos sectores agrícolas que van quedando, lo que incluye eventuales problemas de contaminación por agroquímicos y sobre explotación del recurso suelo, forzando por otro lado, a la expansión de las fronteras agrícolas hacia cerros y laderas hoy en día ocupados por vegetación nativa y bosques con las respectivas consecuencias en el medio ambiente y los servicios ecosistémicos que ellos conlleva

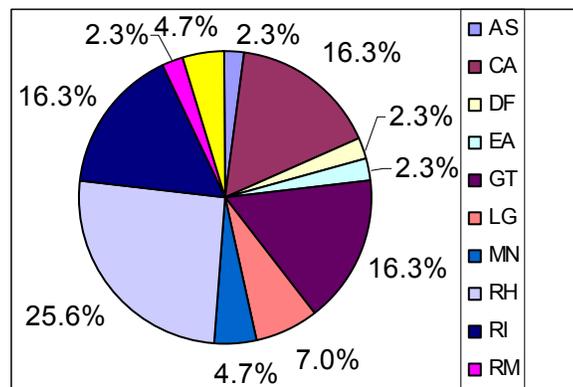
El escenario explosivo, permite reafirmar, desde una perspectiva más extremista, los efectos concretos que los procesos de expansión urbana traerían a la cuenca, poniendo de manifiesto una intensificación de los conflictos relacionados con la competencia por el recurso entre distintos usos, específicamente los usos agrícolas (riego) y sanitario (agua potable). Esto porque, como es sabido, el cambio de uso del suelo desde rural hacia urbano (impulsado por el aumento poblacional) implica también una expansión de la cobertura de agua potable, para lo cual se requiere la obtención de derechos de aprovechamiento. Y esos derechos serían traspasados desde el riego (pudiendo considerar además, un eventual aumento en la disponibilidad de agua por motivos de tecnificación). Se tiene entonces, un escenario en el que se ve forzado el cambio de uso en el suelo y derivado de esto, un cambio de uso en el agua con el inmenso costo de oportunidad que esto pueda significar en ámbitos tanto económicos, sociales y ambientales.

### 7.3 FORMULACIÓN DE NUEVOS PROYECTOS A NIVEL DE IDEA

En esta sección se presentan los nuevos proyectos, los que se han pensado como respuesta a los objetivos no cumplidos y a los que no presentan proyectos; otros se han concebido como una respuesta a la modelación por escenarios. La proposición de estos proyectos no se ha limitado a poder incluir proyectos que complementen objetivos calificados como cumplidos. En la Figura 7.3-1 se presenta un diagrama de sector que muestra la distribución de proyectos por área temática, para un total de 12 subsectores productivos seleccionados:

- **AS:** Aguas Servidas
- **CA:** Calidad de Aguas
- **DF:** Defensas Fluviales
- **EA:** Educación Ambiental
- **GT:** Gestión
- **LG:** Legislación
- **MN:** Manejo de Recursos Naturales
- **RH:** Recursos Hídricos
- **RI:** Riego
- **RM:** Redes de Monitoreo
- **TU:** Turismo

**FIGURA 7.3-1  
DISTRIBUCIÓN EN SUBSECTORES PROYECTOS NUEVOS**



Fuente: Elaboración Propia

El subsector que representa mayor cantidad de proyectos nuevos es Recursos Hídricos, con un 25,6%, seguido de Calidad de Aguas, Gestión y Riego, con un 16,3% cada subsector. Estos proyectos se despliegan por subsector productivo en el

Cuadro 7.3-1. También se indica el tipo de proyecto (E por estructural y NE por no-estructural), en que un proyecto estructural conlleva el diseño de obras, y un proyecto no-estructural no se materializa en obras.

**CUADRO 7.3-1  
NUEVOS PROYECTOS, CÓDIGO, TIPO Y NOMBRE**

<b>CÓDIGO PROYECTO</b>	<b>TIPO</b>	<b>NOMBRE</b>
<b>Sub-sector Riego</b>		
<b>PD-RI-01</b>	NE	Diagnóstico de la Infraestructura Actual de Canales Principales y Secundarios de la Cuenca
<b>PD-RI-02</b>	NE	Pronóstico de Disponibilidad de Agua por Temporada de Riego
<b>PD-RI-03</b>	NE	Evaluación del Mejoramiento y/o Emplazamiento de Tranques de Regulación Nocturna
<b>PD-RI-04</b>	NE	Análisis del Efecto de Tecnificación del Riego para la Situación Actual de la Cuenca
<b>PD-RI-05</b>	NE	Análisis de Cambios en la Situación Agropecuaria en la Cuenca del Río Maipo
<b>PD-RI-06</b>	NE y E	Programa de Construcción de Embalses Medianos y Mayores
<b>PD-RI-07</b>	NE y E	Tecnificación Extrapredial en el Riego
<b>Sub-sector Recursos Hídricos</b>		
<b>PD-RH-01</b>	NE	Estudiar los Proyectos Resultantes de EN-03 a Nivel de Prefactibilidad
<b>PD-RH-02</b>	NE	Estudio para la Determinación de una Nueva Metodología para la Determinación de Caudales Ecológicos y su Aplicación y Efectos en la Cuenca del Río Maipo
<b>PD-RH-03</b>	NE	Estudio Integral del Potencial de Traspase de aguas entre Cuencas Hidrográficas
<b>PD-RH-04</b>	NE	Estudio sobre los Efectos de los Embalses de Relave Abandonados, en Operación y Proyectados, en la Cuenca del Río Maipo
<b>PD-RH-05</b>	NE	Estudio de Viabilidad de Infiltración Artificial y Acumulación en Embalses Subterráneos
<b>PD-RH-06</b>	NE	Simulación de Distintos Escenarios de Cambio Climático en la Cuenca
<b>PD-RH-07</b>	NE	Estudio para el Reuso de las Aguas en la Cuenca del Río Maipo
<b>PD-RH-08</b>	NE	Acceso a los Diversos Estudios de Modelación a través del Sitio Web de la DGA
<b>PD-RH-09</b>	NE	Desarrollar un Modelo de Caracterización del Sistema Hídrico, Incluyendo Riego, Hidroelectricidad, Agua Potable, y Otros
<b>PD-RH-10</b>	NE	Establecer Metodología para el Pronóstico de Sequías, Asociada a Probabilidades, de Manera de Establecer Planes de Acción Anticipados a los Periodos Críticos
<b>PD-RH-11</b>	NE	Diseño de un Sistema de Alerta Frente a Procesos Meteorológicos Extremos

**CUADRO 7.3-1  
NUEVOS PROYECTOS, CÓDIGO, TIPO Y NOMBRE  
(Continuación)**

CÓDIGO PROYECTO	TIPO	NOMBRE
<b>Sub-sector Aguas Servidas</b>		
PD-AS-01	NE	Estudio de Diagnóstico sobre la Necesidad de Implementación de Soluciones de Tratamiento de Aguas Servidas en los Sectores Rurales de la Cuenca del Río Maipo
<b>Sub-sector Defensas Fluviales</b>		
PD-DF-01	NE	Estudio de Ordenamiento Territorial de los Lechos de los cauces de la cuenca del río Maipo
<b>Sub-sector Red de Monitoreo</b>		
PD-RM-01	NE	Mejoramiento de la Red de Monitoreo de los recursos hídricos
<b>Sub-sector Calidad de Aguas</b>		
PD-CA-01	NE	Estudio de la Contaminación de las Aguas Superficiales Conducidas a Través de Canales de Regadío
PD-CA-02	NE	Evaluación de Requerimientos para una Correcta Fiscalización a Establecimientos Emisores de RILES
PD-CA-03	NE	Diseño de un Instrumento para el Fomento de la Evaluación, Control y Mitigación de la Contaminación del Agua de los Sistemas Subterráneos de la Cuenca
PD-CA-04	NE	Evaluación de la Necesidad de Diseñar un Mecanismo de Recolección y disposición de Residuos Voluminosos
PD-CA-05	NE	Análisis de las Fuentes de Contaminación de las Aguas Lluvias en su Interacción con el Medio Físico
PD-CA-06	NE	Capacitación a Dirigentes de las Organizaciones de Usuarios de Aguas en Medición de Parámetros de Calidad
PD-CA-07	NE	Sistema de Gestión en Tiempo Real de la Calidad del Agua
<b>Sub-sector Educación Ambiental</b>		
PD-EA-01	NE	Educación Ambiental: Los Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Maipo
<b>Sub-sector Manejo de Recursos Naturales</b>		
PD-MN-01	NE	Estudio de Diagnóstico de los Humedales y Áreas de Importancia Presentes en la Región. Propuesta de Manejo Sustentable de los Mismos
PD-MN-02	NE	Evaluación de Instrumento que Exija Compensar, Mediante la Forestación y/o Reforestación, el Aumento del Coeficiente de Escorrentía en Proyectos de Infraestructura
<b>Sub-sector Turismo</b>		
PD-TU-01	NE	Plan de Desarrollo Turístico y Recreacional Entorno a los Cauces, para la Cuenca del Maipo
PD-TU-02	NE	Plan de Aprovechamiento Turístico y Desarrollo Ecológico de Zonas Frecuentemente Inundables, para la Cuenca del Maipo

**CUADRO 7.3-1  
NUEVOS PROYECTOS, CÓDIGO, TIPO Y NOMBRE  
(Continuación)**

CÓDIGO PROYECTO	TIPO	NOMBRE
<b>Sub-sector Legislación</b>		
PD-LG-01	NE	Modificaciones al Código de Aguas
PD-LG-02	NE	Elaboración de un Manual de Aplicación del Código de Aguas
PD-LG-03	NE	Incremento en el Control de la Contaminación Hídrica por vía Legislativa
<b>Sub-sector Gestión</b>		
PD-GT-01	NE	Jornadas de difusión sobre las Modificaciones al Código de Aguas
PD-GT-02	NE	Estudio Sobre el Impacto del Cobro de Patentes por No Uso de Derechos de Aguas en la Cuenca
PD-GT-03	NE	Transferencia de Información entre Agencias Públicas y Organizaciones de Usuarios de Aguas
PD-GT-04	NE	Centralización de la Información Geográfica a Través de un Sistema Integrado Único Nacional
PD-GT-05	NE	Diseño de Instrumento para el Fomento del Perfeccionamiento del Personal e Integración de Profesionales en las Organizaciones de Usuarios de Aguas
PD-GT-06	NE	Fortalecimiento Organizacional y Vinculación con el Territorio en las Organizaciones de Usuarios de Aguas
PD-GT-07	NE	Propuesta de Líneas de Financiamiento a Proyectos que Estimulen el Conocimiento de los Recursos Hídricos y la Dinámica de Cuencas

**Fuente:** Elaboración Propia

#### 7.4 PRIORIZACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE SOLUCIONES

Una vez evaluadas las medidas, acciones, planes, proyectos u obras, se procede a priorizarlos a través del Proceso Analítico Jerárquico (AHP, por sus siglas en inglés).

Este proceso permite estructurar la importancia del problema o del objetivo que se desea alcanzar, analizando los criterios que facilitarán la toma de decisiones. En este caso es la determinación de aquellos proyectos prioritarios (no estructurales y estructurales) para la gestión del recurso hídrico en la cuenca del río Maipo, diferenciando los proyectos que se implementarán en un corto, mediano y largo plazo.

La metodología AHP permite realizar de una manera sintética una evaluación multicriterio, permitiendo relevar distintos aspectos de los proyectos a evaluar,

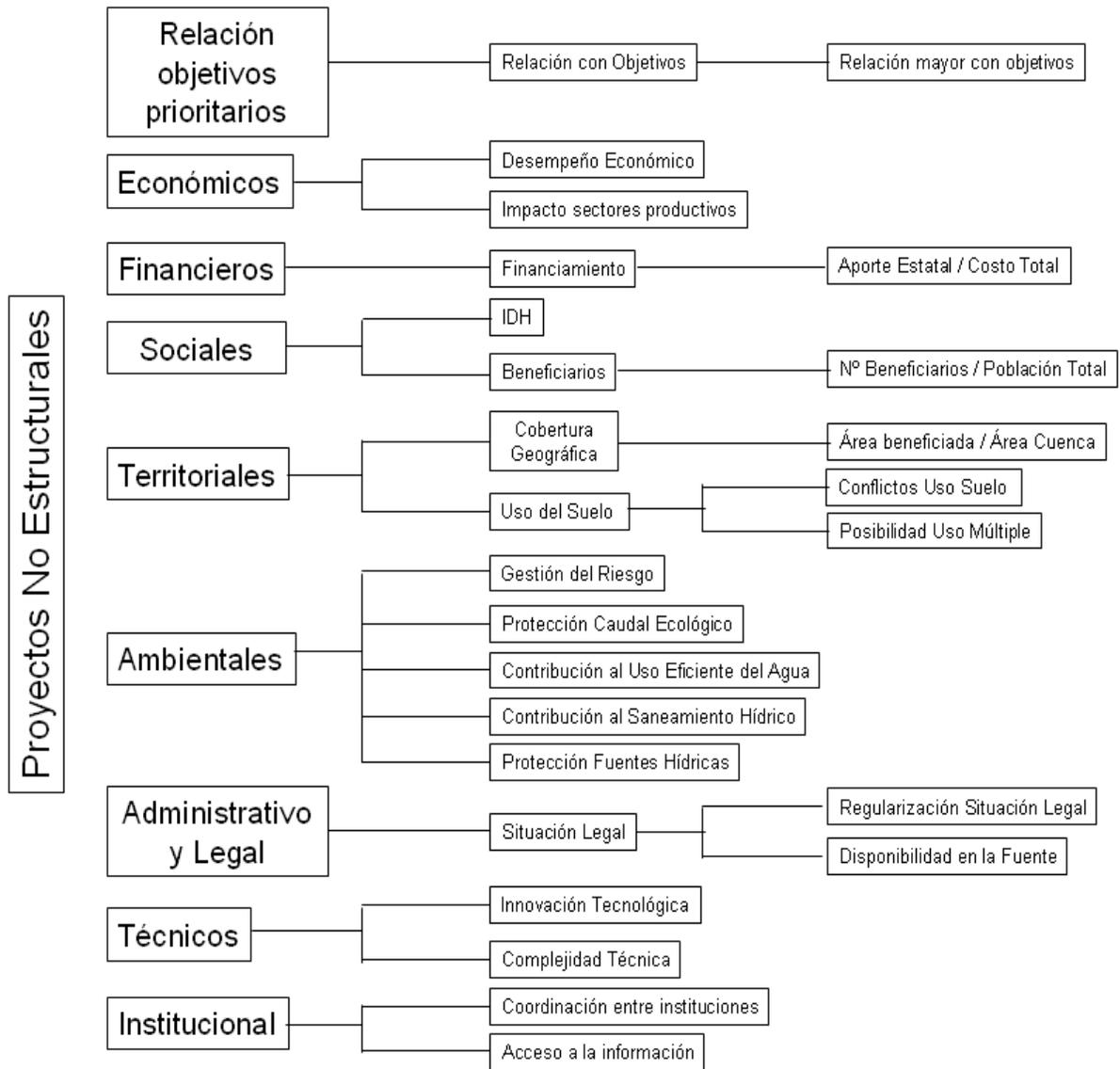
entregándole a cada criterio una importancia relativa; la que es obtenida a partir de la opinión de distintos tomadores de decisión.

Para representar el objetivo, junto con los criterios y subcriterios, se han estructurado dos modelos jerárquicos:

- Modelo de Jerarquización para proyectos No Estructurales
- Modelos de Jerarquización para proyectos Estructurales

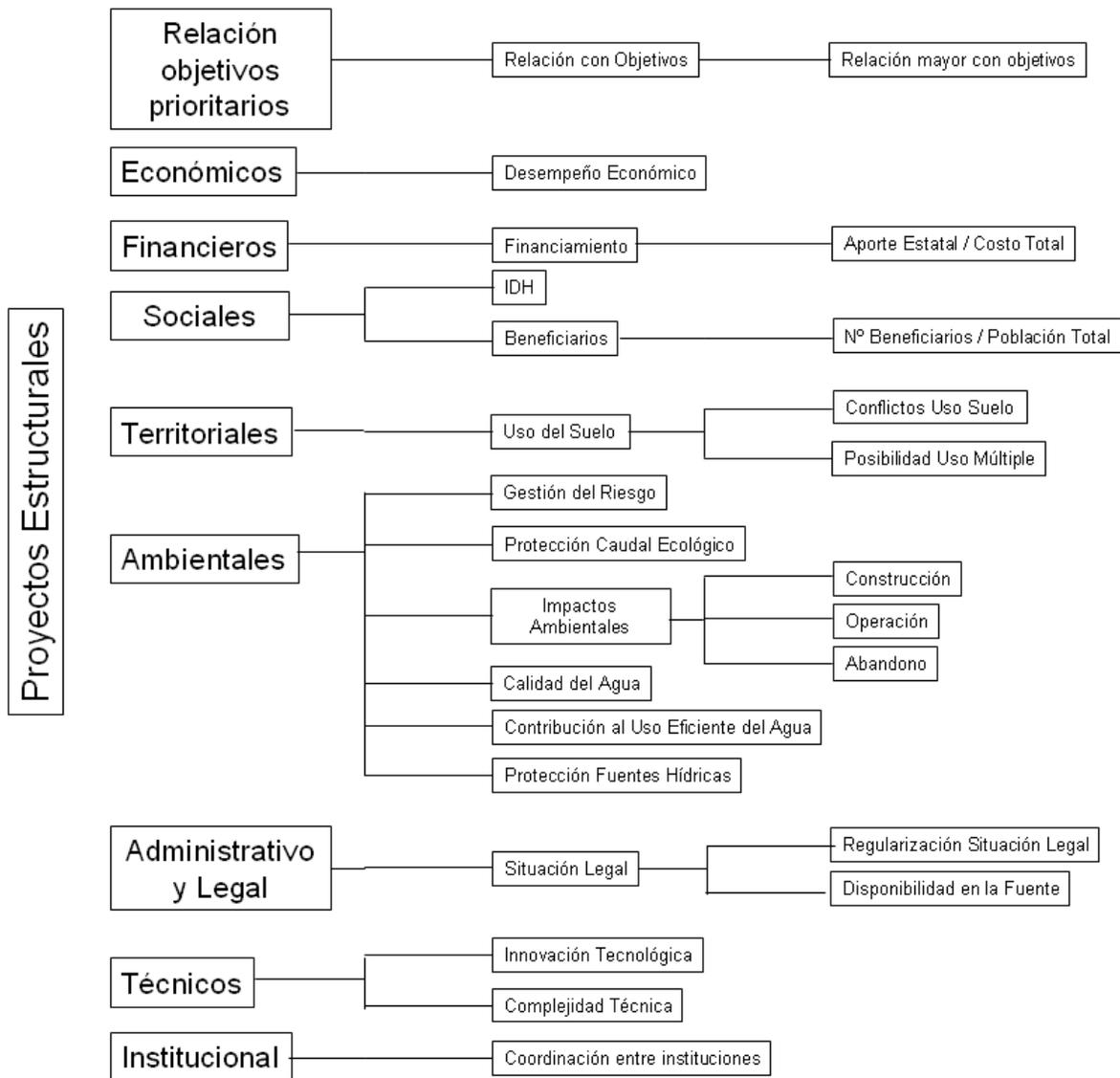
**Árbol de Jerarquías:** Consiste en elaborar una representación gráfica del problema en función de la meta global, los criterios de decisión considerados. Esta gráfica recibe el nombre de Árbol de Jerarquías e ilustra la jerarquía para el problema, la que en el caso del Plan Director, se dividió en 2 diferentes árboles. Un árbol para proyectos no-estructurales, según lo mostrado en la Figura 7.4-1, y un segundo árbol para proyectos estructurales mostrado en la Figura 7.4-2 (para ambos árboles, IDH significa Índice de Desarrollo Humano).

**FIGURA 7.4-1**  
**ÁRBOL DE JERARQUÍAS NO-ESTRUCTURAL**



Fuente: Elaboración Propia

**FIGURA 7.4-2**  
**ÁRBOL DE JERARQUÍAS ESTRUCTURAL**



Fuente: Elaboración Propia

## 7.5 FORMULACIÓN DEL PLAN DIRECTOR

Aplicando la metodología AHP a la cartera de proyectos (originales y nuevos) se procede a preparar el Plan Director fusionando los proyectos estructurales y no-estructurales seleccionados dividiéndolos en corto, mediano, y largo plazo, de acuerdo a su priorización. El resultado de este análisis se presenta en los Cuadros 7.5-1, 7.5-2, y 7.5-3 para los planes de corto plazo, mediano plazo, y largo plazo, respectivamente. En estos cuadros debe distinguirse entre proyectos estructurales y no-estructurales:

- **Proyectos Estructurales:** Los proyectos de Corto Plazo están compuestos principalmente por los proyectos de Agua Potable Rural, los que han obtenido un alto puntaje al beneficiar sectores de bajo IDH, los objetivos relacionados han sido jerarquizados en primer lugar y contribuye al mejoramiento de la calidad del agua, al uso eficiente del agua y protege la fuente hídrica de abastecimiento de agua potable.

Además al finalizar la etapa de corto plazo, se ubica el proyecto PD-RI-07, en su parte estructural, lo que se complementa con la clasificación de corto plazo en el comienzo del periodo en su parte no-estructural.

Los proyectos de mediano plazo son principalmente los proyectos de defensas fluviales, al igual que los de largo plazo, sin embargo los que han sido clasificados a mediano plazo son aquellos que benefician áreas más vastas, es decir, comunas más grandes con un mayor número de beneficiarios.

A largo plazo, finalizando el periodo, se ubica el proyecto PD-RI-06 en su parte estructural. El mismo proyecto en su parte no estructural se ubica en el corto plazo. Esto adquiere sentido en el plazo de ejecución de la parte no estructural y debido tanto a la complejidad técnica como a la coordinación entre instituciones requerida, además de los impactos ambientales que genera el proyecto estructural.

Así mismo se ubican en el largo plazo los proyectos del sub-sector energía, los que tienen una mayor complejidad técnica, requieren de la coordinación de las instituciones y tienen un impacto ambiental alto.

- **No Estructural:** Entre los proyectos No Estructurales no se pueden clasificar las múltiples causas que provocan esta jerarquización, ya que no hay un patrón que imponga sub-sectores de proyectos sobre otros. Sin embargo, cabe destacar que varios proyectos corresponden a análisis que podrían generar proyectos derivados.

### CUADRO 7.5-1

**PLAN DIRECTOR DE CORTO PLAZO**

<b>Año</b>	<b>Tipo</b>	<b>Código Proyecto</b>	<b>Costo (millones \$)</b>	
<b>1</b>	E	AP-12	23,3	649,5
	E	AP-20	23,3	
	E	AP-19	23,3	
	E	AP-18	23,3	
	E	AP-17	23,3	
	E	AP-16	23,3	
	E	AP-01	240,6	
	E	AP-14	14,4	
	E	AP-21	23,3	
<b>2</b>	E	PD-RI-07	231,4	811,6
	NE	PD-RI-05	307,3	
	E	DF-13	58,9	
	E	DF-11	138,5	
	NE	EN-03	40	
<b>3</b>	NE	PD-RH-11	266,9	908,4
	NE	PD-CA-07	424,1	
	E	RI-03	252,9	
<b>4</b>	NE	PD-RI-07	231,4	857,4
	NE	PD-RI-01	174,1	
	NE	PD-CA-06	32,3	
	NE	PD-CA-01	227,2	
	NE	PD-AS-01	113,6	
	NE	PD-CA-02	60,3	
<b>5</b>	NE	PD-RI-04	249,9	1.033,3
	NE	PD-DF-01	311,2	
	NE	PD-RI-02	61,8	
	NE	PD-CA-04	36,7	
	NE	PD-RI-03	215,3	
	NE	PD-MN-02	80	
	NE	PD-RH-01	65,1	
NE	PD-GT-03	57,1		
	NE	PD-GT-04	206,1	

**Fuente:** Elaboración Propia

El siguiente elemento es la fusión de los proyectos no-estructurales y estructurales en un solo PD con sus tres componentes temporales: corto, mediano, y largo plazo, tal como se muestra en los Cuadros 9.7-1 a 9.7-3. En estos cuadros se presentan los códigos de proyectos incluidos en cada componente del PD, su tipo, y costo asociado. A su vez, los proyectos han sido agrupados de manera tal que cada grupo de proyectos representa los proyectos que debe desarrollarse en un año específico. Es importante indicar que la

distribución de costos es no uniforme, ya que no es posible distribuir los costos en forma homogénea.

**CUADRO 7.5-2  
PLAN DIRECTOR DE MEDIANO PLAZO**

<b>Año</b>	<b>Tipo</b>	<b>Código Proyecto</b>	<b>Costo (millones \$)</b>	
<b>1</b>	E	DF-14	27,6	3.278,6
	E	DF-12	134,8	
	E	DF-15	3.116,2	
<b>2</b>	E	DF-18	8.146,5	8.146,5
<b>4</b>	E	DF-10	-	3.050,0
	E	DF-17	200,3	
	E	DF-16	107,3	
	E	DF-03	83,9	
	E	AP-15	209,4	
	E	AP-11	173,9	
	E	AS-02	136,4	
	E	DF-28	100,0	
	E	DF-20	149,0	
	NE	PD-RH-08	24,2	
	NE	PD-EA-01	531,0	
	NE	PD-TU-02	80,0	
	NE	PD-TU-01	104,1	
	NE	PD-RM-01	256,6	
	NE	PD-RH-07	234,1	
	NE	PD-RH-06	161,7	
	NE	PD-MN-01	204,2	
	NE	PD-GT-01	95,3	
NE	RH-01	-		
NE	PD-RH-10	198,6		
<b>5</b>	NE	PD-RI-06	1.701,9	2.573,2
	NE	PD-CA-03	36,8	
	NE	DF-08	-	
	NE	PD-GT-05	53,7	
	NE	PD-RH-09	530,8	
	NE	RI-06	250,0	

**Fuente:** Elaboración Propia

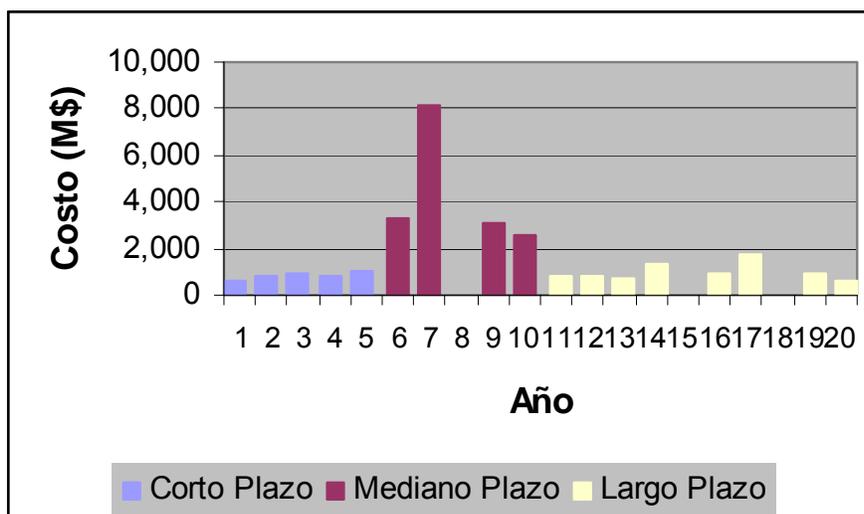
**CUADRO 9.7-3  
PLAN DIRECTOR DE LARGO PLAZO**

<b>Año</b>	<b>Tipo</b>	<b>Código Proyecto</b>	<b>Costo (millones \$)</b>	
1	E	DF-33	220,0	832,0
	E	DF-27	225,0	
	E	DF-23	238,0	
	E	DF-31	149,0	
2	E	DF-26	220,0	866,0
	E	DF-19	76,0	
	E	DF-24	240,0	
	E	DF-22	160,0	
	E	DF-34	170,0	
3	E	DF-21	160,0	720,0
	E	DF-36	120,0	
	E	DF-29	220,0	
	E	DF-32	220,0	
4	E	DF-30	220,0	1.329,1
	E	DF-35	100,0	
	E	DF-25	220,0	
	NE	PD-RH-02	789,1	
6	NE	PD-LG-01	26,1	969,3
	NE	PD-RH-05	252,2	
	NE	BO-01	-	
	NE	DF-07	-	
	NE	DF-09	-	
	NE	RH-02	-	
	NE	PD-RH-04	206,2	
	NE	PD-GT-02	37,3	
	NE	TU-03	-	
	NE	PD-GT-06	447,5	
7	E	PD-RI-06	1.701,9	1.701,9
9	NE	TU-02	-	964,6
	E	AL-03	121,4	
	NE	PD-LG-03	57,3	
	E	EN-05	-	
	E	EN-04	-	
	E	EN-02	169,4	
	E	EN-01	600,0	
	E	TU-01	16,5	
10	NE	RI-04	252,9	652,4
	NE	PD-GT-07	67,6	
	NE	PD-CA-05	122,1	
	NE	PD-LG-02	113,2	
	NE	PD-RH-03	96,6	

**Fuente:** Elaboración Propia

Los costos del PD se presentan en forma resumida en la Figura 7.5-1, en la que se observan los costos anuales distribuidos para cada una de las componentes del PD. Es importante notar que en algunos casos hay saltos en la distribución de costos, los que fueron definidos para absorber el costo de proyectos que son muy altos, estos saltos denotan que el proyecto se debe desarrollar en 2 o 3 años.

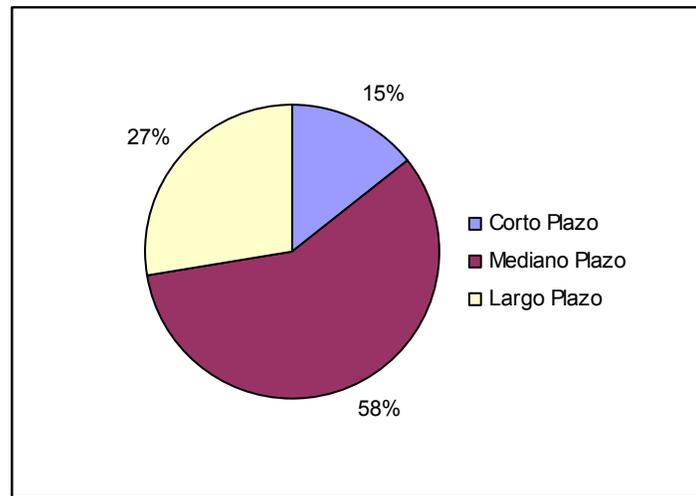
**FIGURA 7.5-1  
RESUMEN DE COSTOS PLAN DIRECTOR  
(millones \$)**



**Fuente:** Elaboración Propia

Finalmente, la Figura 7.5-2 muestra la distribución de costos del PD en forma global. En esta figura se muestra que con respecto al costo total considerado, el 15% corresponde al Corto Plazo, 58% al Mediano Plazo, y el restante 27% al Largo Plazo. Es importante indicar que el desbalance de costos se relaciona con el hecho de que a consecuencia de lo que ocurre en el Corto Plazo se desarrollaran nuevos proyectos que se agregarán en el futuro, por lo que el costo de la componente de Largo Plazo se incrementará. También debe hacerse notar que en esta componente no se dispone de los costos de 2 proyectos hidroeléctricos, los que usualmente son altos.

**FIGURA 7.5-2  
RESUMEN DE COSTOS PLAN DIRECTOR**



Fuente: Elaboración Propia

## 7.6 IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DIRECTOR

### a) Constitución de la Mesa de Aguas Para la Implementación del Plan Director

Dada la política actual de manejo de cuencas hidrográficas, se propone que el Plan Director sea administrado y llevado a cabo por la Mesa Regional de Aguas. Este organismo permite aunar las distintas visiones existentes en lo que respecta al uso de los recursos hídricos en la cuenca. La experiencia nacional en cuencas como la de Copiapó en que existe un alto grado de explotación de las aguas subterráneas, muestra claramente que este tipo de organismo es adecuado para llevar a cabo la tarea de coordinar y dirigir las actividades de los distintos organismos relacionados con el uso del agua en la cuenca.

Los objetivos, funciones y atribuciones de la Mesa de Aguas, están relacionados principalmente con el abastecimiento de las necesidades básicas de la población urbana y rural, incluidos los requerimientos para el desarrollo de las comunidades indígenas, promover una mayor eficiencia en el uso de los recursos hídricos, favorecer la localización del recurso en aquellos usos más beneficiosos desde el punto de vista económico y social, gestionar el presente Plan Director y promover la creación a futuro de la “Corporación Administradora de la Cuenca del Río Maipo” (organismo único a nivel de cuenca), entre otros aspectos.

Es necesario indicar, que dada la legislación existente y el constante deseo de descentralizar la toma de decisiones desde el nivel central al nivel regional, se

establece la viabilidad y conveniencia de que dicha Mesa de Aguas sea albergada en el Gobierno Regional de la Región del Maipo (GORE), y presidida por el Intendente

El Gobierno Regional está constituido fundamentalmente por el Intendente y el Consejo Regional (CORE) como ente de participación de la comunidad. El CORE tiene por finalidad hacer efectiva la participación de la comunidad regional y está investido de facultades normativas, resolutivas y fiscalizadoras.

En los aspectos presupuestarios se tiene el Fondo Nacional de Desarrollo Regional, que es un programa de inversiones, con finalidades de compensación territorial, destinado al financiamiento de acciones en los distintos ámbitos de infraestructura social económica en la región. Corresponderá al Consejo Regional resolver la inversión de los recursos que se asignen a la región.

Los programas, estudios o proyectos correspondientes a inversión sectorial de asignación regional, podrán incluir financiamiento conjunto del Gobierno Regional y del órgano o servicio público correspondiente.

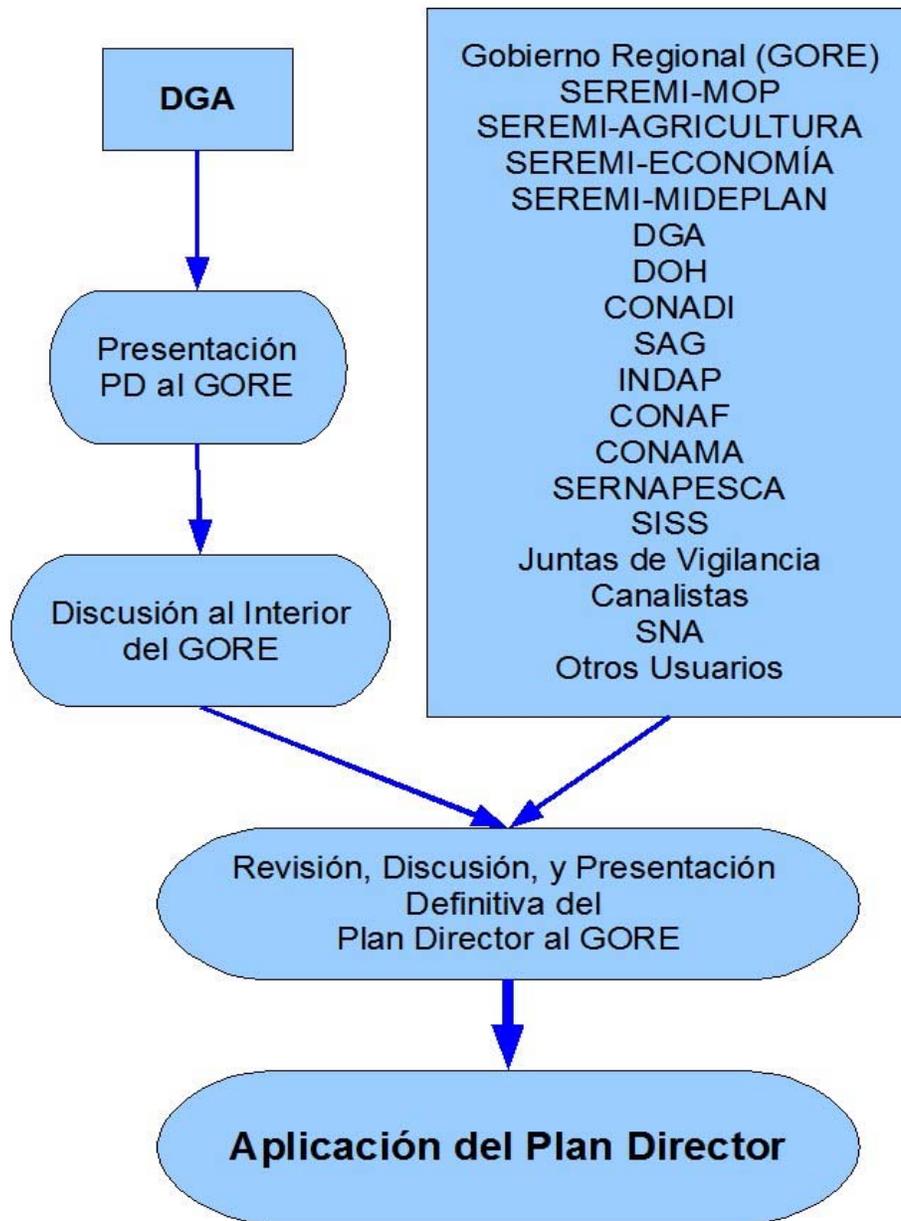
Como puede apreciarse, existen claras ventajas y conveniencias para operar la Mesa de Aguas al alero del Gobierno Regional, siendo el Intendente el que deba presidirla. En efecto, el Gobierno Regional posee facultades de planificación, de tipo resolutivo, de tipo normativo y de coordinación con otros entes públicos.

Por lo anteriormente expuesto, la Mesa será la encargada de gestionar la aplicación del PD, incluyendo el financiamiento que se acuerde, así como de su seguimiento y actualización de acuerdo con los criterios que más adelante se señalan.

En particular debe hacerse notar, que en la actualidad está funcionando la Comisión Regional de Riego que está encargada de coordinar las actividades públicas relacionadas con el riego, lo que demuestra que este tipo de organización es viable. En todo caso, las atribuciones de la Mesa de Aguas son más amplias, ya que no sólo reúne entidades públicas, sino que también incluye la participación de los usuarios, ya sea a nivel de juntas de vigilancia, o asociaciones de canalistas, o algún otro tipo de agrupaciones de usuarios del agua.

Para llevar a cabo lo anterior se requiere de una serie de pasos que permitan entre otras, la creación de la Mesa de Aguas y la aceptación y adopción del Plan por parte de la región. En la Figura 7.6-1 se entrega un diagrama con las acciones secuenciales y paralelas necesarias para la implementación general del Plan.

**FIGURA 7.6-1**  
**DIAGRAMA DE FLUJO ADOPCIÓN PLAN DIRECTOR**



**Fuente:** Adaptado de AC-DGA, 2001 (Ref. 3)

## **b) Recomendaciones Para la Implementación del Plan Director**

En lo que sigue se entregan recomendaciones para la implementación del Plan Director que se refieren a la identificación de las instituciones o unidades ejecutoras de cada proyecto, a su forma de participación y una proposición de medidas para la revisión y actualización periódica del Plan Director.

**Identificación de las Unidades Ejecutoras:** La identificación de las unidades ejecutoras de los proyectos se realiza considerando tanto las características de cada proyecto como las funciones y atribuciones de cada institución participante. Entre las unidades ejecutoras se han incluido a las instituciones públicas y/o privadas, cuando corresponda.

**Forma de Participación de las Unidades Ejecutoras.** Para la implementación del Plan Director se han identificado cinco actividades principales que comprenden las actividades o acciones necesarias para llevar a cabo el plan. Las actividades son las siguientes: financiamiento, estudio y supervisión, ejecución, operación y labores de soporte técnico.

## **c) Medidas de Verificación, Seguimiento, y Actualización**

La última componente para la formulación del plan director es la definición de medidas de verificación y seguimiento. El objetivo de estas medidas es por una parte verificar el correcto cumplimiento de las metas asociadas al Plan Director, su seguimiento en el tiempo, y de ser necesaria su actualización.

**Sobre la Actualización del Diagnóstico:** La revisión del plan se inicia por una actualización del diagnóstico de la cuenca. Para ello deberán incluirse los estudios recientes que se hayan ejecutado hasta la fecha de la revisión del plan, así como también los antecedentes relativos a nuevos proyectos en su fase de diseño o en ejecución. Utilizando los antecedentes consignados y analizados en el presente informe, y complementados con los nuevos antecedentes, se deberá ir actualizando el diagnóstico de la cuenca. Ello permitiría eventualmente redefinir algunos problemas y conflictos que deban ser resueltos dentro del nuevo Plan Director. Se sugiere que la primera actualización se realice al término del programa de corto plazo de 5 años.

**Sobre la Actualización del Plan Director:** Seguidamente, a partir del nuevo diagnóstico y en caso que hubiesen cambios importantes de proyectos o de información base, se deberán evaluar nuevamente algunas alternativas de solución para los problemas y conflictos detectados.

Para ello se puede recurrir a la cartera de proyectos evaluados en el presente estudio y señalados en forma de fichas de proyecto, las que podrían ser modificadas o complementadas con aquellas nuevas iniciativas que pudieran haber surgido hasta el momento de la actualización del Plan Director. Para este último caso se deberá incluir una evaluación técnico-económica a nivel de perfil, incluyendo aspectos legales y ambientales.

Los proyectos que presenten, de acuerdo a las metodologías exigidas por MIDEPLAN, mayor rentabilidad o que sean sindicados con mayor interés por parte de unos o varios actores de la cuenca (materia que deberá ser considerada por la Comisión Regional de Recursos Hídricos), serán los que se incluirán en el nuevo Plan Director.

El proceso de actualización del diagnóstico y del Plan Director se recomienda que se ejecute inicialmente a los 5 años y luego, al menos cada 5 años con planes quinquenales.

Es importante la secuencia propuesta, ya que ella permitirá ir avanzando en la dirección de las soluciones que los mismos actores de la cuenca han propuesto a sus problemas y así optimizar la gestión de los recursos hídricos en la cuenca del Río Maipo.

**Indicadores para el Seguimiento del Plan Director:** Con el objetivo de verificar los resultados de la ejecución del Plan Director, se sugieren un conjunto de indicadores que permitirían efectuar un seguimiento cuantitativo del Plan Director. Lo anterior permite que las instituciones involucradas en la ejecución y puesta en marcha del plan, y que lo deseen, puedan efectuar las correcciones necesarias en caso de no estarse cumpliendo las metas y directrices planteadas inicialmente.

Estos indicadores permiten tener una visión global sobre el impacto del cumplimiento del Plan Director aceptado en la Región. Cada institución involucrada puede usar estos indicadores o los que estime más convenientes para mejorar su labor.

A grandes rasgos es posible señalar que en la gestión de cuencas existen tres elementos principales a considerar: el hombre, la tierra y el agua. Por ello, la gestión cubre un amplio rango de actividades, cuya medición y evaluación de impactos requiere de procedimientos complejos.

Desafortunadamente, no existen muchas referencias sobre la selección de indicadores comunes para programas integrales de manejo de cuencas, y la mayoría de los existentes hacen alusión a proyectos individuales. En términos generales es necesario poner énfasis en tres tipos de indicadores: de logros, de impactos y externos.

A continuación se describen brevemente los tres tipos de indicadores mencionados y se proponen específicamente las variables a considerar en cada uno según el tipo de proyecto.

**Indicadores de logro:** Se refieren a los principales logros del proyecto, con relación a la situación original, en términos de logros físicos del proyecto y metas preestablecidas.

En particular, con el objetivo de evaluar los logros alcanzados a través de la materialización de los proyectos estructurales, se han establecido indicadores específicos para cada tipo de proyecto. Estos indicadores permitirían evaluar los beneficios percibidos con la materialización del proyecto, esto es, tanto durante el proceso de construcción como durante el de operación.

Como ya se señaló, para cada tipo de proyecto se definió uno o más indicadores de logros, donde la denominación, unidades, descripción y aplicabilidad de cada uno de ellos se presentan en el Cuadro 7.6-1.

**CUADRO 7.6-1  
INDICADORES DE LOGROS PARA CADA TIPO DE PROYECTO**

Tipo de Proyecto	Indicador	Unidad	Descripción
<b>Embalses de Regulación y Tranques de Noche</b>	Mano de obra	Días-Hombre	Mano de obra contratada durante la construcción y/o operación del proyecto
	Seguridad de Riego	%	Seguridad de riego observada en la zona beneficiada tras la materialización del proyecto
	Satisfacción de la Demanda	%	Porcentaje de la demanda suplida durante la temporada de riego, la que se define desde Septiembre a Marzo
	Superficie	ha	Superficie beneficiada (regada) con la materialización del proyecto
<b>Canales de Regadío</b>	Mano de obra	Días-Hombre	Mano de obra contratada durante la construcción del proyecto
	Seguridad de Riego	%	Seguridad de riego observada en la zona beneficiada tras la materialización del proyecto
	Satisfacción de la Demanda	%	Porcentaje de la demanda suplida durante la temporada de riego, la que se define desde Septiembre a Marzo
	Superficie	ha	Superficie beneficiada (regada) con la materialización del proyecto
	Longitud	km	Longitud de canales construidos (primarios y/o secundarios)
<b>Tecnificación del Riego</b>	Seguridad de Riego	%	Seguridad de riego observada en la zona beneficiada tras la materialización del proyecto
	Satisfacción de la Demanda	%	Porcentaje de la demanda suplida durante la temporada de riego, la que se define desde Septiembre a Marzo
	Superficie	ha	Superficie tecnificada con la materialización del proyecto: -Nuevo riego -Mejora tecnificación -Cambia riego no-tecnificado a tecnificado
<b>Riego con Agua Subterránea</b>	Seguridad de Riego	%	Seguridad de riego observada en la zona beneficiada tras la materialización del proyecto
	Satisfacción de la Demanda	%	Porcentaje de la demanda suplida durante la temporada de riego, la que se define desde Septiembre a Marzo
	Pozos	Nº	Cantidad de pozos perforados
	Caudal	L/s	Caudal extraído para riego
	Superficie	ha	Superficie beneficiada (regada) con la materialización del proyecto
<b>Sistemas de Agua Potable</b>	Beneficiarios	viv.	Cantidad de viviendas a las cuales abastece la red de agua potable
	Longitud	km	Longitud de la red de agua potable construida
<b>Colectores de Aguas Lluvias</b>	Longitud	km	Longitud de colectores de aguas lluvias construidos
	Superficie	ha	Superficie
<b>Sistemas de Alcantarillado</b>	Beneficiarios	Viv	Cantidad de viviendas a las cuales sirve la red de recolección, conducción, tratamiento y disposición final de aguas servidas.
	Longitud	km	Longitud de la red de alcantarillado construida
<b>Defensas Fluviales</b>	Longitud	Km	Longitud de defensas fluviales construidos
<b>Red Hidrometeorológica</b>	Estaciones	Nº	Cantidad de estaciones incorporadas a la red hidrometeorológica
<b>Red de Medición de Aguas Subterráneas</b>	Pozos	Nº	Cantidad de pozos incorporados a la red de medición de niveles de aguas subterráneas
<b>Desarrollo Forestal</b>	Superficie	ha	Superficie beneficiada con los planes de manejo y forestación

**Fuente:** Adaptado de AC-DGA, 2001 (Ref. 3)



**Indicadores de impacto:** Los indicadores de impacto miden los efectos directos e indirectos que el proyecto tiene sobre el ambiente físico y socioeconómico. Se refieren a los efectos de la operación del proyecto y su nivel de desempeño sobre los beneficiarios, tanto dentro como fuera del área de influencia del proyecto. La selección de los indicadores de impacto es más difícil y se basa en el alcance y naturaleza del proyecto y del medio ambiente original.

Dentro de esta categoría, se pueden diferenciar en dos tipos de indicadores de impacto; unos referidos al ambiente físico o indicadores físicos y otros sobre el impacto en el medio socioeconómico o indicadores socioeconómicos.

Entre los indicadores físicos figuran los que se refieren a aspectos tales como el suelo, la hidrología, el uso de la tierra y la calidad del agua, por ejemplo; cobertura de erosión, desbordes o inundaciones evitadas en zonas críticas, cumplimiento de las normas de calidad en los cursos de agua, reducción de la tasa de infecciones relacionadas con la contaminación bacteriológica de las aguas, etc.

Entre los indicadores socioeconómicos están los ingresos de la población y su distribución, grado de ocupación o porcentaje de cesantía, demografía, valor de las tierras y cambios en los rendimientos y producción.

Dichos indicadores deben evaluarse luego de efectuados los proyectos y una vez transcurrido un tiempo suficiente como para que se aprecien los efectos del mismo en el entorno físico y social.

**Indicadores externos:** Los indicadores externos se refieren a factores que están fuera del control de la administración del proyecto, tal como los efectos inesperados sobre productos agrícolas, y las condiciones climáticas, entre otras.

## 7.7 RESUMEN IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DIRECTOR

Se presenta en el Cuadro 7.7-1 para cada uno de los proyectos, las entidades ejecutoras, las medidas de ejecución y otros elementos para caracterizar el Plan Directos. En este cuadro se utiliza la siguiente nomenclatura:

F: Financiamiento

E: Realización del estudio

C: Ejecución del Proyecto

O: Operación

T: Soporte técnico

ND: No Disponible



**CUADRO 7.7-1  
RESUMEN ACTIVIDADES, PLAZOS, RESPONSABILIDAD E INDICADORES**

ACTIVIDADES	PLAZO DE EJECUCIÓN	UNIDAD EJECUTORA	TIPO DE PROYECTO	RESPONSABILIDAD					COSTO	DURACIÓN	MEDIO DE VERIFICACIÓN (INDICADORES)	FRECUENCIA DE MEDICIÓN	
				F	E	C	O	T					
RI-03	Mejoramiento Sistema de Riego Localidades Chada – Culitrín	MEDIANO	DOH	E	X	X	X	-	X	252,9	-	Mano de obra - Construcción	6 meses
			CNR			X						Superficie	Una vez finalizado el proyecto cada 1 año (en temporada de riego)
			USUARIOS		X			X				Seguridad de riego	Una vez finalizado el proyecto cada 1 año (en temporada de riego)
RI-04	Diagnóstico e Identificación Proyectos de Riego en Prov. Chacabuco	MEDIANO	DOH METROPOLITANA	NE	X	X	X	-	-	252,9	-	Informes de etapa	Según términos de referencia
			CNR			X	X					Informe final	Una vez finalizado el estudio
												Superficie actualmente regada v/s Superficie estimada en estudio	Una vez finalizado el estudio
RI-06	Identificación de alternativas de riego y mejoramiento de los sistemas existentes	MEDIANO	DOH	NE	X	X	X	-	-	250,0	-	Informes de etapa	Según términos de referencia
			CNR		X	X	X		X			Informe final	Una vez finalizado el proyecto
AP-01	Instalación Servicio de Agua Potable Rural de Quilapilún Alto y Bajo Comuna de Colina	CORTO	DOH	E	X	X	X		X	240,6	-	Beneficiarios	Una vez finalizado el proyecto
		USUARIOS	X				X						
AP-11	Mejoramiento Servicio de Agua Potable Rural Santa Marta Las Turbinas	CORTO	DOH	E	X	X	X		X	173,9	-	Beneficiarios	Una vez finalizado el proyecto
		USUARIOS	X				X						
AP-12	Instalación de un Sistema de Agua Potable Rural La Red Comuna de El Monte	CORTO	DOH	E	X	X	X		X	23,3	-	Beneficiarios	Una vez finalizado el proyecto
		USUARIOS	X				X						
AP-14	Mejoramiento de Servicio Agua Potable Rural Gacitúa Comuna de Isla de Maipo	CORTO	DOH	E	X	X	X		X	14,4	-	Beneficiarios	Una vez finalizado el proyecto
		USUARIOS	X				X						
AP-15	Mejoramiento de Servicio Agua Potable Rural Noviciado - Peralito	CORTO	DOH	E	X	X	X		X	209,4	-	Beneficiarios	Una vez finalizado el proyecto
		USUARIOS	X				X						
AP-16	Mejoramiento de Servicio Agua Potable Rural Santa Elena	CORTO	DOH	E	X	X	X		X	23,3	-	Beneficiarios	Una vez finalizado el proyecto
		USUARIOS	X				X						
		USUARIOS	X				X						



**CUADRO 7.7-1  
RESUMEN ACTIVIDADES, PLAZOS, RESPONSABILIDAD E INDICADORES  
(Continuación)**

ACTIVIDADES	PLAZO DE EJECUCIÓN	UNIDAD EJECUTORA	TIPO DE PROYECTO	RESPONSABILIDAD					COSTO	DURACIÓN	MEDIO DE VERIFICACIÓN (INDICADORES)	FRECUENCIA DE MEDICIÓN		
				F	E	C	O	T						
AP-17	Instalación de Servicio Agua Potable Rural Chorrillos	CORTO	DOH	E	X	X	X		X	23,3	-	Beneficiarios	Una vez finalizado el proyecto	
AP-18	Instalación de Servicio Agua Potable Rural El Baden	CORTO	DOH	E	X	X	X		X	23,3	-	Beneficiarios	Una vez finalizado el proyecto	
			USUARIOS		X			X						
AP-19	Instalación de Servicio Agua Potable Rural El Taco	CORTO	DOH	E	X	X	X		X	23,3	-	Beneficiarios	Una vez finalizado el proyecto	
			USUARIOS		X			X						
AP-20	Instalación de Servicio Agua Potable Rural Lipangue	CORTO	DOH	E	X	X	X		X	23,3	-	Beneficiarios	Una vez finalizado el proyecto	
			USUARIOS		X			X						
AP-21	Instalación de sistema de agua potable rural el Volcán	CORTO	DOH	E	X	X	X		X	23,3	-	Beneficiarios	Una vez finalizado el proyecto	
			USUARIOS		X			X						
EN-01	Sistema Maipo Alto, Central Hidroeléctrica Alfalfal II y Las Lajas	LARGO	AES GENER	E	X	X	X	X		600,0	-	Mano de obra - Construcción	6 meses	
			CNE						X			Energía generada - Operación	Mensual	
			DGA						X			Caudal generado - Operación	Mensual	
			CONAMA						X					
EN-02	Central Hidroeléctrica Chacritas	LARGO	AES GENER	E	X	X	X	X		169,3	-	Mano de obra - Construcción	6 meses	
			CNE						X			Energía generada - Operación	Mensual	
			DGA						X			Caudal generado - Operación	Mensual	
EN-03	Estimación del Potencial Hidroeléctrico Asociado a Obras de Riego Existentes o en Proyecto	CORTO	CNE	NE	X	X	X	-	X	40,0	8	Informes de etapa	Según términos de referencia	
			CNR		X	X	X	-	X			Informe final	Una vez finalizado el estudio	
EN-04	Central Melocotón	LARGO	ND	E	-	-	-	-	-	ND	-	Mano de obra - Construcción	6 meses	
													Energía generada - Operación	Mensual
													Caudal generado - Operación	Mensual
EN-05	Central Cambimbao	LARGO	ND	E	-	-	-	-	-	ND	-	Mano de obra - Construcción	6 meses	
													Energía generada - Operación	Mensual
													Caudal generado - Operación	Mensual
AS-02	Planta de Tratamiento de Aguas Servidas de Los Nogales	MEDIANO	GRUPO AGUAS	E	X	X	X	X		136,4	-	Caudal	Mensual	
			SISS						X			Calidad	Mensual	



**CUADRO 7.7-1**  
**RESUMEN ACTIVIDADES, PLAZOS, RESPONSABILIDAD E INDICADORES**  
**(Continuación)**

ACTIVIDADES	PLAZO DE EJECUCIÓN	UNIDAD EJECUTORA	TIPO DE PROYECTO	RESPONSABILIDAD					COSTO	DURACIÓN	MEDIO DE VERIFICACIÓN (INDICADORES)	FRECUENCIA DE MEDICIÓN	
				F	E	C	O	T					
AL-03	Mejoramiento Canal La Punta y Construcción Colector Nueva Infante	LARGO	DOH	E	X	X	X	X	X	121,4	-	Longitud mejorada	Una vez ejecutados trabajos
RH-01	Plan de Mejoramiento de la Coordinación entre Instituciones Públicas	CORTO	DOH	NE	X	X	X	-	X	ND	-	Nº de actividades coordinadas	Semestral
RH-02	Campaña de Difusión para el Uso Sustentable de los Cauces Estero Lampa	CORTO	DOH	NE	X	X	X	X		ND	-	Nº Personas Participantes	Una vez ejecutada la campaña
			UGAT					X					
			CONAMA		X	X	X						
DF-03	Construcción Obras Manejo Cauces Cuenca Río Mapocho Sector Oriente	MEDIANO	DOH	E	X	X	X	X	X	83,9	-	Informes de etapa	Según términos de referencia
									Informe final			Una vez finalizado el estudio	
DF-07	Plan de Regulación del Uso del Cauce y del Suelo Adyacente	MEDIANO	DOH	NE	X	X	X	X	X	ND	-	Informe final	Una vez finalizado el estudio
			MUNICIPIOS						X			% Cumplimiento Plan - Operación	Cada 6 meses
DF-08	Plan de Ordenamiento de Extracción de Áridos	MEDIANO	DOH	NE	X	X	X	X	X	ND	-	Informes de etapa	Según términos de referencia
									Informe final			Una vez finalizado el estudio	
DF-09	Proyecto de Inspección Rutinaria del Cauce y sus Obras	MEDIANO	DOH	NE	X	X	X	X	X	ND	-	Informe Plan de Inspección	Una vez finalizado
									Hallazgos			Según frecuencia inspecciones	
DF-10	Defensas Fluviales en el Estero Til Til - Km 25	MEDIANO	DOH	E	X	X	X	-	X	200,3	-	Longitud	Una vez ejecutados trabajos
DF-11	Defensas Fluviales en el Estero Til Til - Km 23	CORTO	DOH	E	X	X	X	-	X	138,5	-	Longitud	Una vez ejecutados trabajos
DF-12	Perfilamiento del Cauce en el Estero Polpaico - Km 5	MEDIANO	DOH	E	X	X	X	-	X	134,8	-	Longitud	Una vez ejecutados trabajos
DF-13	Perfilamiento del Cauce en el Estero Polpaico - Km 3	CORTO	DOH	E	X	X	X	-	X	58,9	-	Longitud	Una vez ejecutados trabajos



**CUADRO 7.7-1**  
**RESUMEN ACTIVIDADES, PLAZOS, RESPONSABILIDAD E INDICADORES**  
**(Continuación)**

ACTIVIDADES	PLAZO DE EJECUCIÓN	UNIDAD EJECUTORA	TIPO DE PROYECTO	RESPONSABILIDAD					COSTO	DURACIÓN	MEDIO DE VERIFICACIÓN (INDICADORES)	FRECUENCIA DE MEDICIÓN	
				F	E	C	O	T					
DF-14	Perfilamiento del Cauce en el estero Lampa - Km 30	MEDIANO	DOH	E	X	X	X	-	X	27,6	-	Longitud	Una vez ejecutados trabajos
DF-15	Perfilamiento del Cauce en el estero Lampa - Km 28	MEDIANO	DOH	E	X	X	X	-	X	3.116,2	-	Longitud	Una vez ejecutados trabajos
DF-16	Perfilamiento del Cauce en el estero Colina - Km 23,9	MEDIANO	DOH	E	X	X	X	-	X	107,3	-	Longitud	Una vez ejecutados trabajos
DF-17	Defensas Fluviales en el estero Colina - Km 16,2 a 16,5	MEDIANO	DOH	E	X	X	X	-	X	200,3	-	Longitud	Una vez ejecutados trabajos
DF-18	Canalización del estero Colina Km 6,0 a 9,6	MEDIANO	DOH	E	X	X	X	-	X	8.146,5	-	Longitud	Una vez ejecutados trabajos
DF-19	Conservación defensas fluviales río Maipo, sector monte las mercedes, comuna Isla de Maipo	LARGO	DOH	E	X	X	X	-	X	76,0	-	Longitud	Una vez ejecutados trabajos
DF-20	Conservación defensas fluviales río Maipo, sector puntilla de Lonquén , comuna Isla de Maipo	MEDIANO	DOH	E	X	X	X	-	X	149,0	-	Longitud	Una vez ejecutados trabajos
DF-21	Conservación defensas fluviales río Maipo, sector aguas abajo la foresta, comuna Melipilla	LARGO	DOH	E	X	X	X	-	X	160,0	-	Longitud	Una vez ejecutados trabajos
DF-22	Conservación defensas fluviales río Colina, Sector Esmeralda - pte. San Luis, Comuna Colina	LARGO	DOH	E	X	X	X	-	X	160,0	-	Longitud	Una vez ejecutados trabajos
DF-23	Conservación defensas fluviales Estero Lampa, aguas arriba badén el Lucero, Comuna de Lampa	LARGO	DOH	E	X	X	X	-	X	238,0	-	Longitud	Una vez ejecutados trabajos
DF-24	Conservación defensas fluviales río Colina, sector aguas abajo pte. San Luis , Comuna Colina	LARGO	DOH	E	X	X	X	-	X	240,0	-	Longitud	Una vez ejecutados trabajos
DF-25	Conservación de Defensas Fluviales, en Río Clarillo, Sector El Principal, Comuna de Pirque	LARGO	DOH	E	X	X	X	-	X	220,0	-	Longitud	Una vez ejecutados trabajos
DF-26	Conservación defensas fluviales río Angostura, Sector Las Mulas, Comuna de Paine	LARGO	DOH	E	X	X	X	-	X	220,0	-	Longitud	Una vez ejecutados trabajos
DF-27	Conservación Defensas Fluviales Río Angostura, Sector Localidad de Champa, Comuna de Paine	LARGO	DOH	E	X	X	X	-	X	225,0	-	Longitud	Una vez ejecutados trabajos



**CUADRO 7.7-1**  
**RESUMEN ACTIVIDADES, PLAZOS, RESPONSABILIDAD E INDICADORES**  
**(Continuación)**

ACTIVIDADES	PLAZO DE EJECUCIÓN	UNIDAD EJECUTORA	TIPO DE PROYECTO	RESPONSABILIDAD					COSTO	DURACIÓN	MEDIO DE VERIFICACIÓN (INDICADORES)	FRECUENCIA DE MEDICIÓN
				F	E	C	O	T				
<b>DF-28</b> Conservación Defensas Fluviales Estero Til Til y Otros Cauces, Sector El Ventarrón, El Atajo , El Asiento , Comuna de Til Til	MEDIANO	DOH	E	X	X	X	-	X	100,0	-	Longitud	Una vez ejecutados trabajos
<b>DF-29</b> Conservación Defensas Fluviales Río Mapocho, Sector Cerro La Virgen - Pte. Pelvin, Comuna de Peñaflor	LARGO	DOH	E	X	X	X	-	X	220,0	-	Longitud	Una vez ejecutados trabajos
<b>DF-30</b> Conservación defensas fluviales río Mapocho, sector Aguas Abajo Pte. Rinconada de Maipú, Comuna de Maipú	LARGO	DOH	E	X	X	X	-	X	220,0	-	Longitud	Una vez ejecutados trabajos
<b>DF-31</b> Conservación defensas fluviales Estero Lampa, Aguas Abajo Badén El Lucero, Comuna De Lampa	LARGO	DOH	E	X	X	X	-	X	149,0	-	Longitud	Una vez ejecutados trabajos
<b>DF-32</b> Conservación defensas fluviales río Mapocho, sector el Trapiche, comuna de Peñaflor	LARGO	DOH	E	X	X	X	-	X	220,0	-	Longitud	Una vez ejecutados trabajos
<b>DF-33</b> Conservación defensas fluviales estero Lampa, sector lo Vargas , comuna de Lampa	LARGO	DOH	E	X	X	X	-	X	220,0	-	Longitud	Una vez ejecutados trabajos
<b>DF-34</b> Conservación defensas fluviales río Angostura, sector Hospital, comuna de Paine	LARGO	DOH	E	X	X	X	-	X	170,0	-	Longitud	Una vez ejecutados trabajos
<b>DF-35</b> Conservación defensas fluviales río Mapocho, sector Pte. Rinconada de Maipú, comuna de Maipú	LARGO	DOH	E	X	X	X	-	X	100,0	-	Longitud	Una vez ejecutados trabajos
<b>DF-36</b> Conservación defensas fluviales río Mapocho, sector el Guanaco, comuna de Peñaflor	LARGO	DOH	NE	X	X	X	-	X	120,0	-	Longitud	Una vez ejecutados trabajos
<b>TU-01</b> Mapocho Navegable	LARGO	FUNDACIÓN FUTURO	E	X	X	X	X		16,5	-	Informe Diseño proyecto	Una vez finalizado el estudio
		DOH					X					
		DGA					X					
		CONAMA					X					
<b>TU-02</b> Plan de Desarrollo Turístico y Recreacional entorno a los Cauces	MEDIANO	DOH	NE	X	X	X	-		ND	-	Informe Diseño Plan	Una vez finalizado el estudio
		SERNATUR					X	% Cumplimiento Plan - Operación			Semestral	
<b>TU-03</b> Plan de Aprovechamiento Turístico y Desarrollo Ecológico de Zonas Frecuentemente Inundables	MEDIANO	DOH	NE	X	X	X	-	X	ND	-	Informe Diseño Plan	Una vez finalizado el estudio
		SERNATUR						X			% Cumplimiento Plan - Operación	Semestral
		MUNICIPIOS						X				



**CUADRO 7.7-1**  
**RESUMEN ACTIVIDADES, PLAZOS, RESPONSABILIDAD E INDICADORES**  
**(Continuación)**

ACTIVIDADES	PLAZO DE EJECUCIÓN	UNIDAD EJECUTORA	TIPO DE PROYECTO	RESPONSABILIDAD					COSTO	DURACIÓN	MEDIO DE VERIFICACIÓN (INDICADORES)	FRECUENCIA DE MEDICIÓN	
				F	E	C	O	T					
BO-01	Plan de Desarrollo Forestal en Zonas Ribereñas	MEDIANO	DOH	NE	X	X	X	-	X	ND	-	Informe Diseño Plan	Una vez finalizado el estudio
			CONAF						X			% Cumplimiento Plan - Operación	Semestral
PD-RI-01	Diagnóstico de la Infraestructura Actual de Canales Principales y Secundarios de la Cuenca	CORTO	DOH	NE	X	X	X	-	X	174,1	10	Informes de etapa	Según términos de referencia
			CNR		X				X				
			USUARIOS		X								
PD-RI-02	Pronóstico de Disponibilidad de Agua por Temporada de Riego	CORTO	DGA	NE	X	X	X	-	X	61,8	6	Informes de etapa	Según términos de referencia
													Informe final
PD-RI-03	Evaluación del Mejoramiento y/o Emplazamiento de Tranques de Regulación Nocturna	CORTO	CNR	NE						215,3	12	Informes de etapa	Según términos de referencia
			DOH									Informe final	Una vez finalizado el estudio
PD-RI-04	Análisis del Efecto de Tecnificación del Riego para la Situación Actual de la Cuenca	CORTO	CNR	NE	X	X	X	-	X	249,9	12	Informes de etapa	Según términos de referencia
			DOH		X	X	X	-	X			Informe final	Una vez finalizado el estudio
PD-RI-05	Análisis de Cambios en la Situación Agropecuaria en la Cuenca del Río Maipo	CORTO	CNR	NE	X	X	X	-	X	307,3	15	Informes de etapa	Según términos de referencia
			DOH		X	X	X	-	X			Informe final	Una vez finalizado el estudio
PD-RI-06	Programa de Construcción de Embalses Medianos y Mayores	CORTO (NO ESTRUCTURAL)	DOH	NE y E	X	X	X	-	X	1,701,9	72	Informe final prefactibilidad	Una vez finalizado el estudio
					Informe final factibilidad	Una vez finalizado el estudio							
					Informe final diseño	Una vez finalizado el estudio							
		LARGO (ESTRUCTURAL)	CNR			X	X	-	X			Programa de construcción	Una vez finalizado el estudio
					% Cumplimiento Programa - Construcción	Semestral							
PD-RI-07	Tecnificación Extrapredial en el Riego	CORTO	DOH	NE y E	X	X	X	X	X	231,4	12	Informe final evaluación	Una vez finalizado el estudio
			CNR		X	X	X		X			Nº obras puestas en marcha en plan piloto	Trimestral



**CUADRO 7.7-1  
RESUMEN ACTIVIDADES, PLAZOS, RESPONSABILIDAD E INDICADORES  
(Continuación)**

ACTIVIDADES	PLAZO DE EJECUCIÓN	UNIDAD EJECUTORA	TIPO DE PROYECTO	RESPONSABILIDAD					COSTO	DURACIÓN	MEDIO DE VERIFICACIÓN (INDICADORES)	FRECUENCIA DE MEDICIÓN	
				F	E	C	O	T					
PD-RH-01	Estudiar los Proyectos Resultantes de EN-03 a Nivel de Prefactibilidad	CORTO	CNE	NE	X	X	X	-	X	65,1	6	Informe Diseños Prefactibilidad	Una vez finalizado el estudio
			DGA					X					
			DOH					X					
			CNR		X				X				
			CONAMA					X					
			CORFO					X					
PD-RH-02	Estudio para la Determinación de una Nueva Metodología para la Determinación de Caudales Ecológicos y su Aplicación y Efectos en la Cuenca del Río Maipo	MEDIANO	DGA	NE	X	X	X	X	X	789,1	36	Informes de etapa	Según términos de referencia
			CONAMA					X	Informe final			Una vez finalizado el estudio	
PD-RH-03	Estudio Integral del Potencial de Traspase de aguas entre Cuencas Hidrográficas	MEDIANO	CNR	NE	X	X	X	X	X	96,6	9	Informes de etapa	Según términos de referencia
			DGA					X	Informe final			Una vez finalizado el estudio	
			DOH				X	X	X				
PD-RH-04	Estudio sobre los Efectos de los Embalses de Relave Abandonados, en Operación y Proyectados, en la Cuenca del Río Maipo	MEDIANO	DGA	NE	X	X	X	-	X	206,2	12	Informes de etapa	Según términos de referencia
			UGAT					X	Informe final			Una vez finalizado el estudio	
			CONAMA		X				X				
PD-RH-05	Estudio de Viabilidad de Infiltración Artificial y Acumulación en Embalses Subterráneos	MEDIANO	DGA	NE	X	X	X	-	X	252,2	15	Informes de etapa	Según términos de referencia
			UGAT					X	Informe final			Una vez finalizado el estudio	
			CONAMA					X					
PD-RH-06	Simulación de Distintos Escenarios de Cambio Climático en la Cuenca	CORTO	DGA	NE	X	X	X	-	X	161,7	12	Informes de etapa	Según términos de referencia
			CONAMA		X	X	X		X			Informe final	Una vez finalizado el estudio
			CNR						X				
			DOH						X				



**CUADRO 7.7-1  
RESUMEN ACTIVIDADES, PLAZOS, RESPONSABILIDAD E INDICADORES  
(Continuación)**

ACTIVIDADES	PLAZO DE EJECUCIÓN	UNIDAD EJECUTORA	TIPO DE PROYECTO	RESPONSABILIDAD					COSTO	DURACIÓN	MEDIO DE VERIFICACIÓN (INDICADORES)	FRECUENCIA DE MEDICIÓN			
				F	E	C	O	T							
PD-RH-07	Estudio para el Reuso de las Aguas en la Cuenca del Río Maipo	CORTO	DGA	NE						234,1	12	Informes de etapa	Según términos de referencia		
			SISS		X										
			CORFO		X										
			DOH											Informe final	Una vez finalizado el estudio
			UGAT												
			CNR		X										
PD-RH-08	Acceso a los Diversos Estudios de Modelación a través del Sitio Web de la DGA	CORTO	DGA	NE	X	X	X	X	X	27,2	3	Nº visitas sitio web	Mensual		
													Nº de estudios descargados	Mensual	
PD-RH-09	Desarrollar un Modelo de Caracterización del Sistema Hídrico, Incluyendo Riego, Hidroelectricidad, Agua Potable, y Otros	MEDIANO	CNR	NE	X	X	X	X	X	530,8	24	Nº de informes emitidos a otras unidades	Semestral		
			DGOP						X						
			DOH						X						
			CNE						X						
			CDEC						X						
PD-RH-10	Establecer Metodología para el Pronóstico de Sequías, Asociada a Probabilidades, de Manera de Establecer Planes de Acción Anticipados a los Periodos Críticos	CORTO	DGA	NE						198,6	12	Aprobación Plan de Contingencia	Una vez finalizado el estudio		
			DOH									Nº Sequías efectivas pronosticadas	Quinquenal		
			CNR									Nº Sequías no pronosticadas	Quinquenal		
PD-RH-11	Diseño de un Sistema de Alerta Frente a Procesos Meteorológicos Extremos	CORTO	ONEMI	NE	X			X	X	266,9	15	Aprobación Plan de Contingencia	Una vez finalizado el estudio		
			DGA		X	X	X	X	X			Aprobación Sistema de Alerta	Una vez finalizado el estudio		
			GOBIERNO REGIONAL		X										
			INTENDENTE												
			GOBERNACIÓN					X				Aplicación simulacro exitosa	Bianual		
MUNICIPIOS				X											
PD-AS-01	Estudio de Diagnóstico sobre la Necesidad de Implementación de Soluciones de Tratamiento de Aguas Servidas en los Sectores Rurales de la Cuenca del Río Maipo	CORTO	DGA	NE	X	X	X	-	X	113,6	9	Informes de etapa	Según términos de referencia		
			SISS						X						
			CONAMA		X							X	Informe final	Una vez finalizado el estudio	



**CUADRO 7.7-1**  
**RESUMEN ACTIVIDADES, PLAZOS, RESPONSABILIDAD E INDICADORES**  
**(Continuación)**

ACTIVIDADES	PLAZO DE EJECUCIÓN	UNIDAD EJECUTORA	TIPO DE PROYECTO	RESPONSABILIDAD					COSTO	DURACIÓN	MEDIO DE VERIFICACIÓN (INDICADORES)	FRECUENCIA DE MEDICIÓN	
				F	E	C	O	T					
PD-DF-01	Estudio de ordenamiento territorial de los lechos de los cauces de la cuenca del río Maipo	CORTO	DOH	NE	X	X	X	-	X	311,2	15	Informes de etapa	Según términos de referencia
			DV					X	Informe final			Una vez finalizado el estudio	
PD-RM-01	Mejoramiento de la Red de Monitoreo de los Recursos Hídricos	CORTO	DGA	NE	X	X	X	X	X	256,6	12	Nº nuevos parámetros medición	Una vez finalizado el estudio
			DIRPLAN		X							Nº nuevas estaciones de calidad de aguas superficiales y subterráneas propuestas	Una vez finalizado el estudio
								Nº nuevas obras medición sedimentométrica propuestas	Una vez finalizado el estudio				
								Nº estaciones fluviométricas modificadas o nuevas propuestas	Una vez finalizado el estudio				
PD-CA-01	Estudio de la Contaminación de las Aguas Superficiales Conducidas a Través de Canales de Regadío	CORTO	USUARIOS	NE	X					227,2	15	Informes de etapa	Según términos de referencia
			DGA			X	X	X	X			Informe final	Una vez finalizado el estudio
			CNR		X	X	X	X	X			Nº acciones puestas en marcha en plan	Trimestral
PD-CA-02	Evaluación de Requerimientos para una Correcta Fiscalización a Establecimientos Emisores de RILES	CORTO	SISS	NE	X	X	X	X	X	60,3	6	Informes de etapa	Según términos de referencia
												Informe final	Una vez finalizado el estudio



**CUADRO 7.7-1  
RESUMEN ACTIVIDADES, PLAZOS, RESPONSABILIDAD E INDICADORES  
(Continuación)**

ACTIVIDADES	PLAZO DE EJECUCIÓN	UNIDAD EJECUTORA	TIPO DE PROYECTO	RESPONSABILIDAD					COSTO	DURACIÓN	MEDIO DE VERIFICACIÓN (INDICADORES)	FRECUENCIA DE MEDICIÓN	
				F	E	C	O	T					
PD-CA-03 Diseño de un Instrumento para el Fomento de la Evaluación, Control y Mitigación de la Contaminación del Agua de los Sistemas Subterráneos de la Cuenca	MEDIANO	DGA	NE	X	X	X		X	36,8	6	Instrumento aprobado	Una vez finalizado el estudio	
		SAG		X			X	X			Monto destinado al instrumento	Anual	
		CNR		X	X	X		X					
PD-CA-04 Evaluación de la Necesidad de Diseñar un Mecanismo de Recolección y Disposición de Residuos Voluminosos	CORTO	SEREMI SALUD RM	NE	X				X	36,7	6	Informes de etapa	Según términos de referencia	
		GORE RM		X	X	X							
		MUNICIPIOS		X			X						
		DGA						X				Informe final	Una vez finalizado el estudio
		CONAMA						X					
PD-CA-05 Análisis de las Fuentes de Contaminación de las Aguas Lluvias en su Interacción con el Medio Físico	MEDIANO	DGA	NE					X	122,1	9	Informes de etapa	Según términos de referencia	
		CONAMA		X	X	X	-	X			Informe final	Una vez finalizado el estudio	
		SAG		X	X	X	-	X					
PD-CA-06 Capacitación a Dirigentes de las Organizaciones de Usuarios de Aguas en Medición de Parámetros de Calidad	CORTO	DGA	NE	X	X	X	-		32,3	4	Nº Personas Capacitadas	Una vez ejecutados los talleres	
		USUARIOS		X			X						
		SAG						X					
		CONAMA						X				% Cumplimiento Plan Monitoreo	Semestral
		CENMA						X					
PD-CA-07 Sistema de Gestión en Tiempo Real de la Calidad del Agua	CORTO	DGA	NE	X	X	X		X	424,1	36	Nº estaciones implementadas	Luego etapa implementación	
		CONAMA						X				Nº de organizaciones participantes	Semestral
		USUARIOS		X	X	X	X					% funcionamiento sistema gestión	Semestral



**CUADRO 7.7-1**  
**RESUMEN ACTIVIDADES, PLAZOS, RESPONSABILIDAD E INDICADORES**  
**(Continuación)**

ACTIVIDADES	PLAZO DE EJECUCIÓN	UNIDAD EJECUTORA	TIPO DE PROYECTO	RESPONSABILIDAD					COSTO	DURACIÓN	MEDIO DE VERIFICACIÓN (INDICADORES)	FRECUENCIA DE MEDICIÓN	
				F	E	C	O	T					
PD-EA-01	Educación Ambiental: Los Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Maipo	CORTO	NE	DGA	X	X	X	X		531,0	36	Nº empresas sanitarias asociadas	Anual
				CNR		X	X					Nº publicaciones asociadas al programa	Semestral
				UGAT		X	X					Nº personas receptoras campañas difusión	Anual
				CONAMA	X	X	X	X	X			Inclusión tema recursos hídricos a malla curricular	Bianual
				DIRPLAN	X							Visitas colegios a terreno relacionadas al programa	Anual
				MINEDUC	X	X	X		X				
				SANITARIAS	X		X						
				SISS			X						
				USUARIOS	X		X						
				SERNATUR	X		X						
PD-MN-01	Estudio de Diagnóstico de los Humedales y Áreas de Importancia Presentes en la Región. Propuesta de Manejo Sustentable de los Mismos	CORTO	NE	CONAMA	X	X	X	-	X	204,2	12	Informes de etapa	Según términos de referencia
				DGA					X			Informe final	Una vez finalizado el estudio
				UGAT					X				
				SERNATUR					X				
PD-MN-02	Evaluación de Instrumento que Exija Compensar, Mediante la Forestación y/o Reforestación, el Aumento del Coeficiente de Escorrentía en Proyectos de Infraestructura	CORTO	NE	DGA	X	X			X	80,0	6	Aprobación instrumento	Una vez finalizado el estudio
				CONAF					X			Nº aplicaciones instrumento	Anual
				MUNICIPIOS			X	X					
PD-TU-01	Plan de Desarrollo Turístico y Recreacional Entorno a los Cauces, para la Cuenca del Maipo	CORTO	NE	DOH	X	X	X	X	X	104,1	9	Informe Diseño Plan	Una vez finalizado el estudio
				SERNATUR	X			X	X			% Cumplimiento Plan - Operación	Semestral
				CONAMA				X	X				
				UGAT	X				X				
PD-TU-02	Plan de Aprovechamiento Turístico y Desarrollo Ecológico de Zonas Frecuentemente Inundables, para la Cuenca del Maipo	CORTO	NE	DOH	X	X	X	X	X	80,0	6	Informe Diseño Plan	Una vez finalizado el estudio
				SERNATUR					X			% Cumplimiento Plan - Operación	Semestral
				CONAMA	X				X				
				UGAT					X				



**CUADRO 7.7-1**  
**RESUMEN ACTIVIDADES, PLAZOS, RESPONSABILIDAD E INDICADORES**  
**(Continuación)**

ACTIVIDADES	PLAZO DE EJECUCIÓN	UNIDAD EJECUTORA	TIPO DE PROYECTO	RESPONSABILIDAD					COSTO	DURACIÓN	MEDIO DE VERIFICACIÓN (INDICADORES)	FRECUENCIA DE MEDICIÓN						
				F	E	C	O	T										
PD-LG-01	Nuevas Modificaciones al Código de Aguas	MEDIANO	DGA	NE	X	X	X	-	X	26,1	2	Cambios legislativos	Quinquenal					
PD-LG-02	Elaboración de un Manual de Aplicación del Código de Aguas	MEDIANO	DGA	NE	X	X	X	-	X	113,2	8	Nº receptores manual	Semestral					
PD-LG-03	Incremento en el Control de la Contaminación Hídrica por vía Legislativa	MEDIANO	SISS	NE	X	X	X	X	X	57,3	6	Cambios legislativos	Quinquenal					
			DGA				X	X										
			CONAMA				X	X										
			DIRECTEMAR				X	X										
PD-GT-01	Jornadas de difusión sobre las Modificaciones al Código de Aguas realizadas en el año 2005	CORTO	DGA	NE	X	X	X	-	X	95,3	6	Nº Receptores talleres analizados por género	Mensual					
			CNR		X	X	X	-	X									
PD-GT-02	Estudio Sobre el Impacto del Cobro de Patentes por No Uso de Derechos de Aguas en la Cuenca	MEDIANO	DGA	NE	X	X	X	-	X	37,3	4	Informes de etapa	Según términos de referencia					
												Informe final	Una vez finalizado el estudio					
PD-GT-03	Transferencia de Información entre Agencias Públicas y Organizaciones de Usuarios de Aguas	CORTO	DGA	NE	X	X	X	X	X	57,1	6	Nº convenios realizados	Bimensual					
			USUARIOS													X	X	
			DOH													X	X	
			DV													X	X	
			UGAT													X	X	
			DGOP													X	X	
			DIRPLAN													X	X	
			OP													X	X	
			CNR													X	X	
			SINIA													X	X	X
PD-GT-04	Integración de la Información Geográfica a Través de un Sistema Integrado de Información	CORTO	DGA	NE	X	X	X	X	X	206,1	15	Nº investigadores que acceden a la información	Mensual					
			MINISTERIO BIENES NACIONALES														X	
			DOH														X	
			UGAT											X				
			DGOP														X	
			DIRPLAN														X	
			OP														X	
			CNR														X	
			SINIA														X	
ORGANIZACIONES DE USUARIOS	X				X													



**CUADRO 7.7-1**  
**RESUMEN ACTIVIDADES, PLAZOS, RESPONSABILIDAD E INDICADORES**  
**(Continuación)**

ACTIVIDADES		PLAZO DE EJECUCIÓN	UNIDAD EJECUTORA	TIPO DE PROYECTO	RESPONSABILIDAD					COSTO	DURACIÓN	MEDIO DE VERIFICACIÓN (INDICADORES)	FRECUENCIA DE MEDICIÓN
					F	E	C	O	T				
PD-GT-05	Diseño de Instrumento para el Fomento del Perfeccionamiento del Personal e Integración de Profesionales en las Organizaciones de Usuarios de Aguas	MEDIANO	DGA	NE	X	X	X	-	X	53,7	6	Aprobación instrumento	Una vez finalizado el estudio
			ORGANIZACIONES DE USUARIOS		X							Nº beneficiarios por institución	Mensual
PD-GT-06	Fortalecimiento Organizacional y Vinculación con el Territorio en las Organizaciones de Usuarios de Aguas	MEDIANO	CNR	NE	X	X	X		X	447,5	24	Nº beneficiarios por institución	Bimensual
			DGA		X		X		X				
PD-GT-07	Propuesta de Líneas de Financiamiento a Proyectos que Estimulen el Conocimiento de los Recursos Hídricos y la Dinámica de Cuencas	MEDIANO	CONAMA	NE		X	X	X	X	67,6	6	Aprobación líneas financiamiento propuestas	Una vez finalizado el estudio
			CONICYT		X				X				
			CORFO		X				X				
			CNR						X				

Fuente: Elaboración Propia