



GOBIERNO DE CHILE
COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO
SECRETARÍA EJECUTIVA

DIVISIÓN ESTUDIOS Y DESARROLLO

**DIAGNÓSTICO DE CAUDALES EN CUENCAS NO
CONTROLADAS EN RECUPERACIÓN, CUENCAS DE
ACONCAGUA Y MAIPO**

INFORME FINAL

OCTUBRE 2007

GCF INGENIEROS CONSULTORES LTDA.

Ricardo Matte Pérez 0535 - Fono 56 2 209 7179 · Fax 56 2 209 7103
e-mail gcabrera@entelchile.net Providencia Santiago Chile

EQUIPO PROFESIONAL DEL ESTUDIO

- Por parte de la COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO, participaron los siguientes profesionales:

Nelson Pereira M.	Secretario Ejecutivo.
Gastón Sagredo T.	Coordinador del Estudio.

- Por parte de la DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS del MOP, participaron los siguientes profesionales:

Ana María Gangas P.	Jefa de Unidad Fuentes y Desarrollo, Departamento de Estudios y Planificación.
Andrea Osses V.	Ingeniero de Estudios, Departamento de Estudios y Planificación.
Miguel Caro H.	Ingeniero de Estudios, Departamento de Estudios y Planificación.

- Por parte de la empresa Consultora GCF Ingenieros Consultores Ltda., participaron los siguientes profesionales:

Félix Pérez S.	Jefe del Proyecto.
Carlos Granifo G.	Coordinador del Proyecto.
Guillermo Cabrera F.	Asesor del Proyecto.
Lem Mimica V.	Especialista Modelación.
Patricio Murúa S.	Ingeniero Agrónomo
Felipe Orellana M..	Ingeniero de Proyecto.
Marcelo Allende B.	Ingeniero de Proyecto.
Salomón Vielma P.	Cartógrafo.
Lorena Bustamante J.	Cartógrafo.
Carlos Aranda M.	Programador Interfaz SIG MAGIC.
Daniel Lagos H.	Programador Interfaz SIG MAGIC.

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	I-1
II.	RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE ANTECEDENTES DISPONIBLES	II-1
II.1	INTRODUCCIÓN	II-1
II.2	ANÁLISIS DE ANTECEDENTES.....	II-1
II.3	ANÁLISIS DE SUFICIENCIA DE LA INFORMACIÓN RECOPIADA	II-9
II.4	CARACTERIZACIÓN ZONAS DE RECUPERACIÓN.....	II-17
II.4.1	ZONAS DE RECUPERACIÓN EN CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA	II-17
II.4.2	ZONAS DE RECUPERACIÓN CUENCA DEL RÍO MAIPO .	II-19
III.	ANÁLISIS CRÍTICO Y PROPOSICIÓN DE MEJORAS INTERFAZ SIG-MAGIC	III-1
III.1	DESARROLLO DE MEJORAS INTERFAZ SIG-MAGIC.....	III-2
III.2	RECOMENDACIÓN FUTURAS MEJORAS INTERFAZ SIG-MAGIC	III-17
IV.	IMPLEMENTACIÓN MAGIC CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA	IV-1
IV.1	INTRODUCCIÓN	IV-1
IV.2	GENERALIDADES	IV-1
IV.3	BASE DE DATOS MAGIC	IV-2
IV.4	ANTECEDENTES PARA POBLAMIENTO DE MAGIC V2.0	IV-5
IV.4.1	MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN Y RED HÍDRICA.....	IV-5
IV.4.2	ACUÍFEROS	IV-8
IV.4.2.1	CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS	IV-8
IV.4.2.2	PARÁMETROS HIDROGEOLOGÍCOS	IV-8
IV.4.2.3	AFLORAMIENTOS.....	IV-10
IV.4.2.4	PREPARACIÓN INFORMACIÓN PARA INTERFAZ SIG-MAGIC	IV-10
IV.4.3	POZOS	IV-12
IV.4.4	CANALES	IV-15
IV.4.5	ZONAS DE RIEGO.....	IV-21
IV.4.5.1	DEFINICIÓN E IDENTIFICACIÓN ZONAS DE RIEGO	IV-21
IV.4.5.2	IDENTIFICACIÓN DE ACUÍFEROS ADYACENTES.....	IV-22
IV.4.5.3	IDENTIFICACIÓN DE CULTIVOS.....	IV-22
IV.4.5.4	IDENTIFICACIÓN DE MÉTODOS DE RIEGO	IV-25
IV.4.5.5	EVAPOTRANSPIRACIÓN DE CULTIVOS.....	IV-27
IV.4.5.6	PRECIPITACIÓN EFECTIVA.....	IV-31
IV.4.5.7	PRECOLACIONES	IV-33
IV.4.5.8	DERRAMES O RETORNOS.....	IV-33
IV.4.5.9	IDENTIFICACIÓN DE ZONAS CULTIVABLES Y NO CULTIVABLES.....	IV-34
IV.4.6	CENTRALES HIDROELÉTRICAS	IV-37
IV.4.7	EMBALSES	IV-38
IV.4.8	CUENCAS NO CONTROLADAS	IV-42

IV.4.9	DESCARGAS PUNTUALES	IV-46
IV.4.10	CAUDALES ECOLÓGICOS	IV-49
IV.4.11	TOPOLOGÍA	IV-51
	IV.4.11.1 NODOS	IV-51
	IV.4.11.2 RÍOS	IV-55
	IV.4.11.3 RECUPERACIONES.....	IV-56
IV.4.12	FLUVIOMETRÍA	IV-60
IV.4.13	PLUVIOMETRÍA	IV-63
IV.4.14	CAPTACIONES PUNTUALES	IV-66
IV.5	CALIBRACIÓN Y RESULTADOS	IV-69
	IV.5.1 CALIBRACIÓN Y RESULTADOS COMPONENTE SUPERFICIAL	IV-69
	IV.5.1.1 ESTACIÓN RÍO ACONCAGUA EN SAN FELIPE	IV-70
	IV.5.1.2 ESTACIÓN RÍO ACONCAGUA EN ROMERAL ..	IV-77
	IV.5.1.3 ESTACIÓN RÍO ACONCAGUA EN PANAMERICANA.....	IV-81
	IV.5.1.4 ESTACIÓN RÍO ACONCAGUA EN TABOLANGO	IV-86
	IV.5.2 CALIBRACIÓN Y RESULTADOS COMPONENTE SUBTERRÁNEA	IV-93
	IV.5.3 ANÁLISIS PUNTOS DE RECUPERACIÓN.....	IV-100
V.	IMPLEMENTACIÓN MAGIC CUENCA DEL RÍO MAIPO.....	V-1
V.1	INTRODUCCIÓN	V-1
V.2	GENERALIDADES	V-1
V.3	BASE DE DATOS MAGIC	V-2
V.4	ANTECEDENTES PARA POBLAMIENTO DE MAGIC V2.0	V-5
	V.4.1 MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN Y RED HÍDRICA	V-5
	V.4.2 ACUÍFEROS	V-8
	V.4.2.1 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS	V-8
	V.4.2.2 PARÁMETROS HIDROGEOLOGÍCOS	V-8
	V.4.2.3 AFLORAMIENTOS.....	V-11
	V.4.3 POZOS	V-11
	V.4.4 CANALES	V-17
	V.4.5 ZONAS DE RIEGO.....	V-25
	V.4.5.1 DEFINICIÓN E IDENTIFICACIÓN ZONAS DE RIEGO	V-25
	V.4.5.2 IDENTIFICACIÓN DE ACUÍFEROS ADYACENTES.....	V-27
	V.4.5.3 IDENTIFICACIÓN DE CULTIVOS.....	V-29
	V.4.5.4 IDENTIFICACIÓN DE MÉTODOS DE RIEGO	V-29
	V.4.5.5 EVAPOTRANSPIRACIÓN DE CULTIVOS.....	V-31
	V.4.5.6 PRECIPITACIÓN EFECTIVA.....	V-35
	V.4.5.7 PERCOLACIONES	V-38
	V.4.5.8 DERRAMES O RETORNOS	V-38
	V.4.5.9 IDENTIFICACIÓN DE ZONAS CULTIVABLES Y NO CULTIVABLES.....	V-39
	V.4.6 SECTORES URBANOS	V-53

V.4.6.1	SUPERFICIE DE LOS SECTORES	V-53
V.4.6.2	PERCOLACIÓN	V-55
V.4.6.3	RETORNOS	V-58
V.4.7	CENTRALES HIDROELÉCTRICAS	V-58
V.4.8	EMBALSES	V-62
V.4.8.1	EMBALSE EL YESO	V-64
V.4.8.2	EMBALSE RUNGUE	V-64
V.4.8.3	EMBALSE HUECHÚN.....	V-65
V.4.8.4	LAGUNA NEGRA.....	V-65
V.4.8.5	LAGUNA DE ACUÍFERO	V-65
V.4.9	CUENCAS NO CONTROLADAS.....	V-67
V.4.10	DESCARGAS PUNTUALES	V-72
V.4.10.1	AGUAS SERVIDAS.....	V-72
V.4.10.2	RILES	V-73
V.4.11	CAUDALES ECOLÓGICOS	V-76
V.4.12	TOPOLOGÍA	V-77
V.4.12.1	NODOS	V-77
V.4.12.2	RÍOS	V-87
V.4.12.3	RECUPERACIONES.....	V-87
V.4.13	FLUVIOMETRÍA	V-91
V.4.14	PLUVIOMETRÍA	V-95
V.4.15	CAPTACIONES PUNTUALES.....	V-100
V.4.15.1	AGUA POTABLE.....	V-100
V.4.15.2	INDUSTRIAL.....	V-102
V.5	CALIBRACIÓN Y RESULTADOS.....	V-104
V.5.1	CALIBRACIÓN Y RESULTADOS COMPONENTE SUPERFICIAL	V-104
V.5.1.1	ESTACIÓN RÍO ANGOSTURA EN VALDIVIA DE PAINE (N 0-052)	V-105
V.5.1.2	ESTACIÓN ESTERO PUANGUE EN RUTA 78 (NODO N 0-127).....	V-108
V.5.1.3	ESTACIÓN RÍO MAPOCHO EN RINCONADA DE MAIPÚ (NODO N0-102)	V-110
V.5.1.4	ESTACIÓN RÍO MAIPO EN CABIMBAO (NODO N0-133).....	V-113
V.5.2	CALIBRACIÓN Y RESULTADOS COMPONENTE SUBTERRÁNEA... V-117	
VI.	CAUDALES CON SEGURIDAD DE 50% Y 85% EN LAS ZONAS DE RECUPERACIÓN	VI-1
VI.1	INTRODUCCIÓN	VI-1
VI.2	RESULTADOS COMPONENTES DE LA RECUPERACIÓN CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA	VI-1
VI.2.1	AFLORAMIENTOS DISTRIBUIDOS.....	VI-14
VI.2.2	AFLORAMIENTOS PUNTUALES.....	VI-15
VI.2.3	DERRAMES DE RIEGO	VI-15
VI.2.4	RECUPERACIÓN EN LOS NODOS.....	VI-17
VI.3	RESULTADOS COMPONENTES DE LA RECUPERACIÓN CUENCA DEL RÍO MAIPO	VI-27
VI.3.1	AFLORAMIENTOS DISTRIBUIDOS.....	VI-38

VI.3.2	AFLORAMIENTOS PUNTUALES	VI-39
VI.3.3	DERRAMES DE RIEGO	VI-39
VI.3.4	RECUPERACIÓN EN LOS NODOS	VI-42
VII.	RELACIÓN ENTRE RESULTADOS OBTENIDOS POR MAGIC Y OTROS MÉTODOS EN ZONAS DE RECUPERACIÓN	VII-1
VII.1	INTRODUCCIÓN	VII-1
VII.2	ANÁLISIS DE PROYECTOS DE RIEGO Y DE OBRAS CIVILES IMPLEMENTADOS EN ZONAS DE RECUPERACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA	VII-3
VII.3	ANÁLISIS DE PROYECTOS DE RIEGO Y DE OBRAS CIVILES IMPLEMENTADOS EN ZONAS DE RECUPERACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO MAIPO	VII-7
VIII.	METODOLOGÍA PARA EL SEGUIMIENTO Y ACTUALIZACIÓN DEL MODELO	VIII-1

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 2-1	CLASIFICACIÓN TABLAS MAGIC V2.0 POR ÁREAS TEMÁTICAS.....	II-2
CUADRO 2-2	RESUMEN ESTADO DE LA INFORMACIÓN PARA IMPLEMENTACIÓN DE MAGIC EN CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA	II-10
CUADRO 2-2	RESUMEN ESTADO DE LA INFORMACIÓN PARA IMPLEMENTACIÓN DE MAGIC EN CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA (CONTINUACIÓN)	II-11
CUADRO 2-2	RESUMEN ESTADO DE LA INFORMACIÓN PARA IMPLEMENTACIÓN DE MAGIC EN CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA (CONTINUACIÓN)	II-12
CUADRO 2-2	RESUMEN ESTADO DE LA INFORMACIÓN PARA IMPLEMENTACIÓN DE MAGIC EN CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA (CONTINUACIÓN)	II-13
CUADRO 2-3	RESUMEN ESTADO DE LA INFORMACIÓN PARA IMPLEMENTACIÓN DE MAGIC EN CUENCA DEL RÍO MAIPO.....	II-13
CUADRO 2-3	RESUMEN ESTADO DE LA INFORMACIÓN PARA IMPLEMENTACIÓN DE MAGIC EN CUENCA DEL RÍO MAIPO (CONTINUACIÓN).....	II-14
CUADRO 2-3	RESUMEN ESTADO DE LA INFORMACIÓN PARA IMPLEMENTACIÓN DE MAGIC EN CUENCA DEL RÍO MAIPO (CONTINUACIÓN).....	II-15
CUADRO 2-3	RESUMEN ESTADO DE LA INFORMACIÓN PARA IMPLEMENTACIÓN DE MAGIC EN CUENCA DEL RÍO MAIPO (CONTINUACIÓN).....	II-16
CUADRO 2-4	CAUDALES DE RECUPERACIÓN RÍO ACONCAGUA [m ³ /s].....	II-18
CUADRO 2-5	CAUDALES DE RECUPERACIÓN RÍO ANGOSTURA [m ³ /s].....	II-22
CUADRO 2-6	CAUDALES DE RECUPERACIÓN RÍO MAPOCHO [m ³ /s].	II-22
CUADRO 2-7	CAUDALES DE RECUPERACIÓN RÍO MAIPO [m ³ /s].....	II-22
CUADRO 4-1	CLASIFICACIÓN TABLAS MAGIC POR ÁREAS TEMÁTICAS	IV-4
CUADRO 4-2	RESUMEN ACUÍFEROS CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA	IV-11
CUADRO 4-3	POZOS AGRUPADOS	IV-13
CUADRO 4-4	CANALES IMPORTANTES PRIMERA SECCIÓN	IV-15
CUADRO 4-5	CANALES IMPORTANTES SEGUNDA SECCIÓN	IV-16
CUADRO 4-6	CANALES IMPORTANTES TERCERA SECCIÓN.....	IV-17
CUADRO 4-7	CANALES IMPORTANTES CUARTA SECCIÓN	IV-18
CUADRO 4-8	CANALES IMPORTANTES SECCIÓN PUTAENDO.....	IV-18
CUADRO 4-9	MÉTODOS DE RIEGO.....	IV-25
CUADRO 4-10	MÉTODOS DE RIEGO POR CULTIVO.....	IV-25

CUADRO 4-11	COEFICIENTE DE CULTIVO.....	IV-27
CUADRO 4-12	EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL POR ZONA DE RIEGO.....	IV-30
CUADRO 4-13	PRECIPITACIÓN EFECTIVA POR ZONA DE RIEGO.....	IV-32
CUADRO 4-14	GRUPO DE TEXTURAS.....	IV-33
CUADRO 4-15	NECESIDADES NETAS MENSUALES DE ZONAS CULTIVADAS.....	IV-35
CUADRO 4-16	NECESIDADES NETAS MENSUALES DE ZONAS NO CULTIVADAS.....	IV-36
CUADRO 4-17	CENTRALES HIDROELÉCTRICAS.....	IV-37
CUADRO 4-18	EMBALSE LOS AROMOS.....	IV-38
CUADRO 4-19	APORTE NATURAL Y CUENCA LATERAL.....	IV-43
CUADRO 4-20	ENTRADA EN OPERACIÓN PTAS.....	IV-46
CUADRO 4-21	CAUDALES PTAS.....	IV-46
CUADRO 4-22	CAUDALES ECOLÓGICOS.....	IV-50
CUADRO 4-23	PORCENTAJE DE DISTRIBUCIÓN DE LOS NODOS.....	IV-53
CUADRO 4-23	PORCENTAJE DE DISTRIBUCIÓN DE LOS NODOS (CONTINUACIÓN).....	IV-54
CUADRO 4-23	PORCENTAJE DE DISTRIBUCIÓN DE LOS NODOS (CONTINUACIÓN).....	IV-55
CUADRO 4-24	NODOS DE RECUPERACIÓN EN LA CUENCA.....	IV-56
CUADRO 4-25	ESTACIONES FLUVIOMÉTRICAS CONSIDERADAS EN ESTUDIO MOSACN.....	IV-61
CUADRO 4-26	ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS.....	IV-63
CUADRO 4-27	ENTRADA EN OPERACIÓN CAPTACIONES.....	IV-66
CUADRO 4-28	CAUDAL DE LAS CAPTACIONES.....	IV-67
CUADRO 4-29	INDICADORES ESTADÍSTICOS MODELACIÓN EN RÍO ACONCAGUA EN SAN FELIPE (1950-1998).....	IV-74
CUADRO 4-30	INDICADORES ESTADÍSTICOS MODELACIÓN EN RÍO ACONCAGUA EN SAN FELIPE (1980-1998).....	IV-76
CUADRO 4-31	INDICADORES ESTADÍSTICOS MODELACIÓN EN RÍO ACONCAGUA EN ROMERAL.....	IV-80
CUADRO 4-32	INDICADORES ESTADÍSTICOS MODELACIÓN EN RÍO ACONCAGUA EN PANAMERICANA.....	IV-85
CUADRO 4-33	INDICADORES ESTADÍSTICOS MODELACIÓN EN RÍO ACONCAGUA EN TABOLANGO.....	IV-90
CUADRO 4-34	RESULTADOS BALANCE SUPERFICIAL POR SECCIÓN.....	IV-92
CUADRO 4-35	ASOCIACIÓN DE ACUÍFEROS POR SECCIÓN DE LA CUENCA.....	IV-96
CUADRO 4-36	RESUMEN BALANCE SUBTERRÁNEO EN LA CUENCA (m ³ /s). Período 1950-1959.....	IV-97
CUADRO 4-37	RESUMEN BALANCE SUBTERRÁNEO EN LA CUENCA (m ³ /s). Período 1960-1969.....	IV-97
CUADRO 4-38	RESUMEN BALANCE SUBTERRÁNEO EN LA CUENCA (m ³ /s). Período 1970-1979.....	IV-98
CUADRO 4-39	RESUMEN BALANCE SUBTERRÁNEO EN LA CUENCA (m ³ /s). Período 1980-1989.....	IV-98

CUADRO 4-40	RESUMEN BALANCE SUBTERRÁNEO EN LA CUENCA (m ³ /s). Período 1990-1998.....	IV-99
CUADRO 4-41	RESULTADOS OBTENIDOS PARA CAUDALES DE AFLORAMIENTO	IV-103
CUADRO 5-1	CLASIFICACIÓN TABLAS MAGIC POR ÁREAS TEMÁTICAS.....	V-4
CUADRO 5-2	CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS Y PARÁMETROS DE LOS ACUÍFEROS	V-9
CUADRO 5-3	POZOS AGRUPADOS (RIEGO).....	V-12
CUADRO 5-4	POZOS AGRUPADOS (POTABLE).....	V-14
CUADRO 5-5	POZOS AGRUPADOS (OTRO USO).....	V-15
CUADRO 5-6	SUPERFICIES DE RIEGO (Ha).....	V-26
CUADRO 5-7	MÉTODOS DE RIEGO.....	V-29
CUADRO 5-8	MÉTODOS DE RIEGO POR COMUNA (Ha).....	V-30
CUADRO 5-9	COEFICIENTE DE CULTIVO.....	V-31
CUADRO 5-10	EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL POR ZONA DE RIEGO.....	V-33
CUADRO 5-11	PRECIPITACIÓN EFECTIVA POR ZONA DE RIEGO.....	V-36
CUADRO 5-12	GRUPO DE TEXTURAS	V-38
CUADRO 5-13	NECESIDADES NETAS MENSUALES DE ZONAS CULTIVADAS (1950-1982)	V-41
CUADRO 5-14	NECESIDADES NETAS MENSUALES DE ZONAS CULTIVADAS (1952-1997)	V-43
CUADRO 5-15	NECESIDADES NETAS MENSUALES DE ZONAS CULTIVADAS (1997-2004)	V-45
CUADRO 5-16	NECESIDADES NETAS MENSUALES DE ZONAS NO CULTIVADAS (1950-1982)	V-47
CUADRO 5-17	NECESIDADES NETAS MENSUALES DE ZONAS NO CULTIVADAS (1982-1997)	V-49
CUADRO 5-18	NECESIDADES NETAS MENSUALES DE ZONAS NO CULTIVADAS (1997-2004)	V-51
CUADRO 5-19	COMUNAS.....	V-53
CUADRO 5-20	SUPERFICIE DE SECTORES URBANOS.....	V-54
CUADRO 5-21	PÉRDIDAS EN SISTEMA DE AGUA POTABLE.....	V-56
CUADRO 5-22	CENTRALES HIDROELÉCTRICAS.....	V-59
CUADRO 5-23	COMPARACIÓN ESTADÍSTICA CL-01	V-68
CUADRO 5-24	APORTE NATURAL.....	V-69
CUADRO 5-25	CUENCAS LATERALES	V-69
CUADRO 5-26	PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS.....	V-72
CUADRO 5-27	DESCARGAS DE AGUAS SERVIDAS	V-73
CUADRO 5-28	DESCARGAS INDUSTRIALES.....	V-74
CUADRO 5-29	DESCARGAS INDUSTRIALES MODELADAS	V-76
CUADRO 5-30	CAUDALES ECOLÓGICOS.....	V-77
CUADRO 5-31	PORCENTAJE DE DISTRIBUCIÓN DE LOS NODOS.....	V-78
CUADRO 5-32	NODOS DE RECUPERACIÓN EN LA CUENCA.....	V-87
CUADRO 5-33	ESTACIONES FLUVIOMÉTRICAS DISPONIBLES.....	V-91
CUADRO 5-34	ESTACIONES DE CALIBRACIÓN	V-92

CUADRO 5-35	ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS DISPONIBLES	V-95
CUADRO 5-36	ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS EXTENDIDAS	V-97
CUADRO 5-37	ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS POR ZONA	V-97
CUADRO 5-38	CAUDAL CAPTADO (l/s).....	V-101
CUADRO 5-39	CAPTACIONES INDUSTRIALES.....	V-102
CUADRO 5-40	INDICADORES ESTADÍSTICOS MODELACIÓN EN RÍO ANGOSTURA EN VALDIVIA DE PAINE	V-107
CUADRO 5-41	INDICADORES ESTADÍSTICOS MODELACIÓN EN ESTERO PUANGUE EN RUTA 78	V-110
CUADRO 5-42	INDICADORES ESTADÍSTICOS MODELACIÓN EN RÍO MAPOCHO EN RINCONADA DE MAIPÚ	V-113
CUADRO 5-43	INDICADORES ESTADÍSTICOS MODELACIÓN EN RÍO ACONCAGUA EN TABOLANGO	V-115
CUADRO 5-44	RESULTADOS BALANCE SUPERFICIAL POR SECCIÓN	V-116
CUADRO 5-45	COEFICIENTES DE PERMEABILIDAD VERTICAL EN EL LECHO UTILIZADOS EN EL MODELO	V-117
CUADRO 6-1	CAUDAL AFLORAMIENTO DISTRIBUIDO $P_{exc} = 50\%$ (m ³ /s). CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA.....	VI-14
CUADRO 6-2	CAUDAL AFLORAMIENTO DISTRIBUIDO $P_{exc} = 85\%$ (m ³ /s). CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA.....	VI-14
CUADRO 6-3	CAUDAL AFLORAMIENTO PUNTUAL $P_{exc} = 50\%$ (m ³ /s). CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA.....	VI-15
CUADRO 6-4	CAUDAL AFLORAMIENTO PUNTUAL $P_{exc} = 85\%$ (m ³ /s). CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA.....	VI-15
CUADRO 6-5	CAUDAL DERRAME $P_{exc} = 50\%$ (m ³ /s). CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA	VI-15
CUADRO 6-6	CAUDAL DERRAME $P_{exc} = 85\%$ (m ³ /s). CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA	VI-16
CUADRO 6-7	NODOS DE RECUPERACIÓN CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA	VI-17
CUADRO 6-8	CAUDAL DE RECUPERACIÓN EN NODOS $P_{exc} = 50\%$ (m ³ /s). CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA	VI-18
CUADRO 6-9	CAUDAL DE RECUPERACIÓN EN NODOS $P_{exc} = 85\%$ (m ³ /s). CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA.....	VI-19
CUADRO 6-10	CAUDALES DE RECUPERACIÓN POR SECCIÓN $P_{exc} = 50\%$ (m ³ /s). CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA.....	VI-20
CUADRO 6-11	CAUDAL DE RECUPERACIÓN POR SECCIÓN $P_{exc} = 85\%$ (m ³ /s). CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA.....	VI-20
CUADRO 6-12	CAUDAL AFLORAMIENTO DISTRIBUIDO $P_{exc} = 50\%$ (m ³ /s). CUENCA DEL RÍO MAIPO	VI-38
CUADRO 6-13	CAUDAL AFLORAMIENTO DISTRIBUIDO $P_{exc} = 85\%$ (m ³ /s). CUENCA DEL RÍO MAIPO	VI-38
CUADRO 6-14	CAUDAL AFLORAMIENTO PUNTUAL $P_{exc} = 50\%$ (m ³ /s). CUENCA DEL RÍO MAIPO	VI-39
CUADRO 6-15	CAUDAL AFLORAMIENTO PUNTUAL $P_{exc} = 85\%$ (m ³ /s). CUENCA DEL RÍO MAIPO	VI-39

CUADRO 6-16	CAUDAL DERRAME $P_{exc}= 50\%$ (m ³ /s). CUENCA DEL RÍO MAIPO.....	VI-40
CUADRO 6-17	CAUDAL DERRAME $P_{exc}= 85\%$ (m ³ /s). CUENCA DEL RÍO MAIPO.....	VI-41
CUADRO 6-18	NODOS DE RECUPERACIÓN CUENCA DEL RÍO MAIPO	VI-42
CUADRO 6-19	CAUDAL DE RECUPERACIÓN EN NODOS $P_{exc}= 50\%$ (m ³ /s). CUENCA DEL RÍO MAIPO	VI-43
CUADRO 6-20	CAUDAL DE RECUPERACIÓN EN NODOS $P_{exc}= 85\%$ (m ³ /s). CUENCA DEL RÍO MAIPO	VI-45
CUADRO 6-21	CAUDALES DE RECUPERACIÓN POR SECCIÓN $P_{exc}= 50\%$ (m ³ /s). CUENCA DEL RÍO MAIPO	VI-46
CUADRO 6-22	CAUDAL DE RECUPERACIÓN POR SECCIÓN $P_{exc}= 85\%$ (m ³ /s). CUENCA DEL RÍO MAIPO	VI-46

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 3-1	ESQUEMA DE SOLUCIÓN DESARROLLADO PARA LA SINCRONIZACIÓN ENTRE SHAPES Y ACCESS.....	III-3
FIGURA 3-2	EJEMPLO: TRAMO DE RÍO DONDE SE INGRESARÁ UN NUEVO EMBALSE.....	III-4
FIGURA 3-3	EJEMPLO: NUEVO EMBALSE INGRESADO EN TRAMO DE RÍO EXISTENTE	III-5
FIGURA 3-4	FORMULARIO DE INGRESO Y EDICIÓN DE INFORMACIÓN TABULAR DE EMBALSES.....	III-6
FIGURA 3-5	FORMULARIO DE SELECCIÓN DE RESULTADOS TABULARES BALANCES SUPERCIALES	III-13
FIGURA 3-6	FORMULARIO DE SELECCIÓN DE RESULTADOS TABULARES BALANCES SUBTERRÁNEO	III-14
FIGURA 3-7	EJEMPLO VENTANA RESULTADOS ARCHIVOS ASCII.....	III-14
FIGURA 3-8	EJEMPLO DE FORMULARIOS MODIFICADOS: PARÁMETROS DE ACUÍFEROS.....	III-16
FIGURA 3-9	EJEMPLO DE FORMULARIOS MODIFICADOS: APORTES NATURALES.....	III-16
FIGURA 4-1	CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA Y SUS PRINCIPALES TRIBUTARIOS	IV-3
FIGURA 4-2	MDE Y RED HÍDRICA.....	IV-7
FIGURA 4-3	SECTORES ACUÍFEROS	IV-9
FIGURA 4-4	POZOS Y NORIAS.....	IV-14
FIGURA 4-5	CANALES AGRUPADOS.....	IV-20
FIGURA 4-6	ZONAS DE RIEGO.....	IV-24
FIGURA 4-7	DISTRITOS AGROCLIMÁTICOS (EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL EN [mm])'	IV-29
FIGURA 4-8	PRECIPITACIÓN EFECTIVA VS PRECIPITACIÓN REAL	IV-31
FIGURA 4-9	COEFICIENTE DE CULTIVO VS EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL	IV-34
FIGURA 4-10	COTA VS VOLUMEN.....	IV-40
FIGURA 4-11	SUPERICIE VS VOLUMEN.....	IV-41
FIGURA 4-12	FILTRACIÓN VS VOLUMEN.....	IV-41
FIGURA 4-13	ENTREGA VS VOLUMEN.....	IV-42
FIGURA 4-14	CUENCAS RÍO ACONCAGUA	IV-45
FIGURA 4-15	DESCARGAS PUNTUALES	IV-48
FIGURA 4-16	NODOS DEL MODELO.....	IV-52
FIGURA 4-17	NODOS DE RECUPERACIÓN PARA RETORNOS SUPERFICIALES	IV-58
FIGURA 4-18	NODOS DE RECUPERACIÓN PARA RETORNOS SUBTERRÁNEOS.....	IV-59
FIGURA 4-19	ESTACIONES FLUVIOMÉTRICAS.....	IV-62
FIGURA 4-20	ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS.....	IV-65
FIGURA 4-21	CAPTACIONES PUNTUALES	IV-68

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 4-22A	SERIE Q MEDIOS MENSUALES ORIGINAL RÍO ACONCAGUA EN SAN FELIPE (1950-1968)	IV-72
FIGURA 4-22B	SERIE Q MEDIOS MENSUALES ORIGINAL RÍO ACONCAGUA EN SAN FELIPE (1969-1978)	IV-72
FIGURA 4-23	SERIES DE VOLÚMENES ACUMULADOS RÍO ACONCAGUA EN SAN FELIPE (1950-1998)	IV-73
FIGURA 4-24	DISPERSIÓN – SERIES COMPLETAS – RÍO ACONCAGUA EN SAN FELIPE (1950-1998)	IV-74
FIGURA 4-25	SERIE Q MEDIOS MENSUALES ORIGINAL RÍO ACONCAGUA EN SAN FELIPE (1980-1998)	IV-75
FIGURA 4-26	SERIES DE VÓLUMENES ACUMULADOS RÍO ACONCAGUA EN SAN FELIPE (1980-1998)	IV-75
FIGURA 4-27	DISPERSIÓN – SERIES COMPLETAS – RÍO ACONCAGUA EN SAN FELIPE (1980-1998)	IV-76
FIGURA 4-28A	SERIE Q MEDIOS MENSUALES ORIGINAL RÍO ACONCAGUA EN ROMERAL (1960-1969)	IV-78
FIGURA 4-28B	SERIE Q MEDIOS MENSUALES ORIGINAL RÍO ACONCAGUA EN ROMERAL (1970-1977)	IV-78
FIGURA 4-29	SERIES DE VOLÚMENES ACUMULADOS. RÍO ACONCAGUA EN ROMERAL	IV-79
FIGURA 4-30	DISPERSIÓN – SERIES COMPLETAS – RÍO ACONCAGUA EN ROMERAL	IV-80
FIGURA 4-31A	SERIE Q MEDIOS MENSUALES ORIGINAL RÍO ACONCAGUA EN PANAMERICANA (1962-1990)	IV-82
FIGURA 4-31B	SERIE Q MEDIOS MENSUALES ORIGINAL RÍO ACONCAGUA EN PANAMERICANA (1962-1965)	IV-82
FIGURA 4-31C	SERIE Q MEDIOS MENSUALES ORIGINAL RÍO ACONCAGUA EN PANAMERICANA (1979-1983)	IV-83
FIGURA 4-31D	SERIE Q MEDIOS MENSUALES ORIGINAL RÍO ACONCAGUA EN PANAMERICANA (1988-1990)	IV-83
FIGURA 4-32	SERIES DE VOLÚMENES ACUMULADOS, RÍO ACONCAGUA EN PANAMERICANA	IV-84
FIGURA 4-33	DISPERSIÓN – SERIES COMPLETAS – RÍO ACONCAGUA EN PANAMERICANA	IV-85
FIGURA 4-34A	SERIE Q MEDIOS MENSUALES ORIGINAL RÍO ACONCAGUA EN TABOLANGO (1962-1977)	IV-87
FIGURA 4-34B	SERIE Q MEDIOS MENSUALES ORIGINAL RÍO ACONCAGUA EN TABOLANGO (1962-1967)	IV-87
FIGURA 4-34C	SERIE Q MEDIOS MENSUALES ORIGINAL RÍO ACONCAGUA EN TABOLANGO (1967-1972)	IV-88
FIGURA 4-34D	SERIE Q MEDIOS MENSUALES ORIGINAL RÍO ACONCAGUA EN TABOLANGO (1972-1977)	IV-88
FIGURA 4-35	SERIES DE VOLÚMENES ACUMULADOS. RÍO ACONCAGUA EN TABOLANGO	IV-89

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 4-36	DISPERSIÓN – SERIES COMPLETAS – RÍO ACONCAGUA EN TABOLANGO	IV-90
FIGURA 4-37	ESQUEMA GENÉRICO DE BALANCE SUPERFICIAL	IV-92
FIGURA 4-38	ESQUEMA BALANCE DE ACUÍFEROS	IV-96
FIGURA 4-39	SERIES DE CAUDALES MEDIOS ANUALES PARA RETORNOS Y CAUDAL SUPERFICIAL. PRIMERA SECCIÓN.....	IV-100
FIGURA 4-40	SERIES DE CAUDALES MEDIOS ANUALES PARA RETORNOS Y CAUDAL SUPERFICIAL. SEGUNDA SECCIÓN	IV-101
FIGURA 4-41	SERIES DE CAUDALES MEDIOS ANUALES PARA RETORNOS Y CAUDAL SUPERFICIAL TERCERA SECCIÓN.....	IV-101
FIGURA 4-42	SERIES DE CAUDALES MEDIOS ANUALES PARA RETORNOS Y CAUDAL SUPERFICIAL. CUARTA SECCIÓN	IV-102
FIGURA 4-43	SERIES DE CAUDALES MEDIOS ANUALES PARA RETORNOS Y CAUDAL SUPERFICIAL. SECCIÓN PUTAENDO	IV-102
FIGURA 5-1	CUENCA DEL RÍO MAIPO Y SUS PRINCIPALES TRIBUTARIOS	V-2
FIGURA 5-2	MDE Y RED HÍDRICA.....	V-7
FIGURA 5-3	SECTORES ACUÍFEROS.....	V-10
FIGURA 5-4	CAPTACIONES SUBTERRÁNEAS.....	V-16
FIGURA 5-5	PRIMERA SECCIÓN MAIPO	V-18
FIGURA 5-6	SEGUNDA SECCIÓN MAIPO	V-18
FIGURA 5-7	TERCERA SECCIÓN MAIPO	V-19
FIGURA 5-8	PRIMERA SECCIÓN MAPOCHO	V-20
FIGURA 5-9	SEGUNDA SECCIÓN MAPOCHO	V-20
FIGURA 5-10	TERCERA SECCIÓN MAPOCHO.....	V-21
FIGURA 5-11	CUARTA SECCIÓN MAPOCHO	V-21
FIGURA 5-12	QUINTA SECCIÓN MAPOCHO	V-22
FIGURA 5-13	CANALES AGRUPADOS.....	V-24
FIGURA 5-14	ZONAS DE RIEGO.....	V-28
FIGURA 5-15	DISTRITOS AGROCLIMÁTICOS Y EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL (mm).....	V-32
FIGURA 5-16	PRECIPITACIÓN EFECTIVA VS PRECIPITACIÓN REAL	V-35
FIGURA 5-17	COEFICIENTE DE CULTIVO VS EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL	V-40
FIGURA 5-18	SECTORES URBANOS	V-57
FIGURA 5-19	CENTRALES HIDROELÉCTRICAS	V-61
FIGURA 5-20	EMBALSES Y LAGUNAS.....	V-63
FIGURA 5-21	ENTREGA VS VOLUMEN (EMBALSE EL YESO).....	V-64
FIGURA 5-22	SUPERFICIE VS VOLUMEN (LAGUNA DE ACUÍFERO)	V-66
FIGURA 5-23	COTA VS VOLUMEN (LAGUNA DE ACUÍFERO).....	V-66
FIGURA 5-24	CUENCAS RÍO MAIPO	V-71
FIGURA 5-25	DESCARGAS PUNTUALES	V-75
FIGURA 5-26	NODOS PRINCIPALES DEL MODELO	V-85
FIGURA 5-27	NODOS SECUNDARIOS DEL MODELO.....	V-86

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 5-28	NODOS DE RECUPERACIÓN PARA RETORNOS SUPERFICIALES	V-89
FIGURA 5-29	NODOS DE RECUPERACIÓN PARA RETORNOS SUBTERRÁNEOS.....	V-90
FIGURA 5-30	ESTACIONES FLUVIOMÉTRICAS.....	V-94
FIGURA 5-31	ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS.....	V-99
FIGURA 5-32	CAPTACIONES PUNTUALES	V-103
FIGURA 5-33	SERIE Q MEDIOS MENSUALES ORIGINAL RÍO ANGOSTURA EN VALDIVIA DE PAINE.....	V-106
FIGURA 5-34	SERIES DE VOLÚMENES ACUMULADOS RÍO ANGOSTURA EN VALDIVIA DE PAINE.....	V-106
FIGURA 5-35	DISPERSIÓN – SERIES COMPLETAS – RÍO AGOSTURA EN VALDIVIA DE PAINE.....	V-107
FIGURA 5-36	SERIE Q MEDIOS MENSUALES ORIGINAL ESTERO PUANGUE EN RUTA 78.....	V-108
FIGURA 5-37	SERIES DE VOLÚMENES ACUMULADOS. ESTERO PUANGUE EN RUTA 78.....	V-109
FIGURA 5-38	DISPERSIÓN – SERIES COMPLETAS – ESTERO PUANGUE EN RUTA 78.....	V-109
FIGURA 5-39	SERIE Q MEDIOS MENSUALES ORIGINAL RÍO MAPOCHO EN RINCONADA DE MAIPÚ.....	V-111
FIGURA 5-40	SERIES DE VOLÚMENES ACUMULADOS. RÍO MAPOCHO EN RINCONADA DE MAIPÚ.....	V-112
FIGURA 5-41	DISPERSIÓN – SERIES COMPLETAS – RIO MAPOCHO EN RINCONADA DE MAIPÚ.....	V-112
FIGURA 5-42	SERIE Q MEDIOS MENSUALES ORIGINAL RÍO MAIPO EN CABIMBAO	V-114
FIGURA 5-43	SERIES DE VOLÚMENES ACUMULADOS. RÍO MAIPO EN CABIMBAO	V-114
FIGURA 5-44	DISPERSIÓN – SERIES COMPLETAS – RÍO MAIPO EN CABIMBAO	V-115
FIGURA 6-1	SECCIONES Y NODOS CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA	VI-2
FIGURA 6-2	SECCIONES Y ACUÍFEROS CUENCA DEL RÍO ACONCAGUAVI-3	
FIGURA 6-3	PRIMERA SECCIÓN ACONCAGUA.....	VI-4
FIGURA 6-4	ESQUEMA PRIMERA SECCIÓN ACONCAGUA.....	VI-5
FIGURA 6-5	SEGUNDA SECCIÓN ACONCAGUA	VI-6
FIGURA 6-6	ESQUEMA SEGUNDA SECCIÓN ACONCAGUA.....	VI-7
FIGURA 6-7	TERCERA SECCIÓN ACONCAGUA.....	VI-8
FIGURA 6-8	ESQUEMA TERCERA SECCIÓN ACONCAGUA.....	VI-9
FIGURA 6-9	CUARTA SECCIÓN ACONCAGUA	VI-10
FIGURA 6-10	ESQUEMA CUARTA SECCIÓN ACONCAGUA	VI-11
FIGURA 6-11	SECCIÓN PUTAENDO	VI-12
FIGURA 6-12	ESQUEMA SECCIÓN PUTAENDO	VI-13

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 6-13	CAUDAL DE RECUPERACIÓN POR SECCIÓN $P_{exc}=50\%$ CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA.....	VI-20
FIGURA 6-14	CAUDAL DE RECUPERACIÓN POR SECCIÓN $P_{exc}=85\%$ CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA.....	VI-21
FIGURA 6-15	COMPONENTES DE LA RECUPERACIÓN. PRIMERA SECCIÓN $P_{écs}=50\%$ CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA.....	VI-22
FIGURA 6-16	COMPONENTES DE LA RECUPERACIÓN SEGUNDA SECCIÓN $P_{exc}=50\%$ CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA.....	VI-22
FIGURA 6-17	COMPONENTES DE LA RECUPERACIÓN. TERCERA SECCIÓN $P_{exc}=50\%$ CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA.....	VI-23
FIGURA 6-18	COMPONENTES DE LA RECUPERACIÓN. CUARTA SECCIÓN $P_{exc}=50\%$ CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA.....	VI-23
FIGURA 6-19	COMPONENTES DE LA RECUPERACIÓN. SECCIÓN PUTAENDO $P_{exc}=50\%$ CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA....	VI-24
FIGURA 6-20	ESQUEMA PRIMERA SECCIÓN $P_{exc}=50\%$ CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA	VI-25
FIGURA 6-21	ESQUEMA SEGUNDA SECCIÓN $P_{exc}=50\%$ CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA	VI-25
FIGURA 6-22	ESQUEMA TERCERA SECCIÓN $P_{écs}=50\%$ CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA	VI-26
FIGURA 6-23	ESQUEMA CUARTA SECCIÓN $P_{exc}=50\%$ CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA	VI-26
FIGURA 6-24	ESQUEMA SECCIÓN PUTAENDO $P_{exc}=50\%$ CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA	VI-27
FIGURA 6-25	SECCIONES Y NODOS CUENCA DEL RÍO MAIPO	VI-28
FIGURA 6-26	SECCIONES Y ACUÍFEROS CUENCA DEL RÍO MAIPO	VI-29
FIGURA 6-27	PRIMERA SECCIÓN MAIPO	VI-30
FIGURA 6-28	SEGUNDA SECCIÓN MAIPO	VI-31
FIGURA 6-29	TERCERA SECCIÓN MAIPO	VI-32
FIGURA 6-30	PRIMERA SECCIÓN MAPOCHO	VI-33
FIGURA 6-31	SEGUNDA SECCIÓN MAPOCHO	VI-34
FIGURA 6-32	TERCERA SECCIÓN MAPOCHO.....	VI-35
FIGURA 6-33	CUARTA SECCIÓN MAPOCHO	VI-36
FIGURA 6-34	QUINTA SECCIÓN MAPOCHO	VI-37
FIGURA 6-35	CAUDAL DE RECUPERACIÓN POR SECCIÓN $P_{exc}=50\%$ CUENCA DEL RÍO MAIPO	VI-47
FIGURA 6-36	CAUDAL DE RECUPERACIÓN POR SECCIÓN $P_{exc}=85\%$ CUENCA DEL RÍO MAIPO	VI-47
FIGURA 6-37	COMPONENTES DE LA RECUPERACIÓN. PRIMERA SECCIÓN MAIPO $P_{exc}=50\%$ CUENCA DEL RÍO MAIPO.....	VI-48
FIGURA 6-38	COMPONENTES DE LA RECUPERACIÓN. SEGUNDA SECCIÓN MAIPO $P_{exc}=50\%$ CUENCA DEL RÍO MAIPO.....	VI-48
FIGURA 6-39	COMPONENTES DE LA RECUPERACIÓN. TERCERA SECCIÓN MAIPO $P_{exc}=50\%$ CUENCA DEL RÍO MAIPO.....	VI-49

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 6-40	COMPONENTES DE LA RECUPERACIÓN. PRIMERA SECCIÓN MAPOCHO $P_{exc}=50\%$ CUENCA DEL RÍO MAIPO.....	VI-49
FIGURA 6-41	COMPONENTES DE LA RECUPERACIÓN. SEGUNDA SECCIÓN MAPOCHO $P_{exc}=50\%$ CUENCA DEL RÍO MAIPO.....	VI-50
FIGURA 6-42	COMPONENTES DE LA RECUPERACIÓN. TERCERA SECCIÓN MAPOCHO $P_{exc}=50\%$ CUENCA DEL RÍO MAIPO.....	VI-50
FIGURA 6-43	COMPONENTES DE LA RECUPERACIÓN. CUARTA SECCIÓN MAPOCHO $P_{exc}=50\%$ CUENCA DEL RÍO MAIPO.....	VI-51
FIGURA 6-44	COMPONENTES DE LA RECUPERACIÓN. QUINTA SECCIÓN MAPOCHO $P_{exc}=50\%$ CUENCA DEL RÍO MAIPO.....	VI-51
FIGURA 6-45	ESQUEMA PRIMERA SECCIÓN MAIPO $P_{exc}=50\%$ CUENCA DEL RÍO MAIPO.....	VI-52
FIGURA 6-46	ESQUEMA SEGUNDA SECCIÓN MAIPO $P_{exc}=50\%$ CUENCA DEL RÍO MAIPO.....	VI-53
FIGURA 6-47	ESQUEMA TERCERA SECCIÓN MAIPO $P_{exc}=50\%$ CUENCA DEL RÍO MAIPO.....	VI-53
FIGURA 6-48	ESQUEMA PRIMERA SECCIÓN MAPOCHO $P_{exc}=50\%$ CUENCA DEL RÍO MAIPO.....	VI-54
FIGURA 6-49	ESQUEMA SEGUNDA SECCIÓN MAPOCHO $P_{exc}=50\%$. CUENCA DEL RÍO MAIPO	VI-54
FIGURA 6-50	ESQUEMA TERCERA, CUARTA Y QUINTA SECCIÓN MAPOCHO $P_{exc}=50\%$ CUENCA DEL RÍO MAIPO.....	VI-55
FIGURA 8-1	ESQUEMA GENERAL DE SEGUIMIENTO Y ACTUALIZACIÓN DEL MODELO.....	VIII-2

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 4.1	POZOS DE RIEGO
ANEXO 4.2	POZOS OTRO USO
ANEXO 4.3	NORIAS RIEGO
ANEXO 4.4	NORIAS OTRO USO
ANEXO 4.5	CANALES
ANEXO 4.6	CANALES MATRICES
ANEXO 4.7	CANALES DERIVADOS
ANEXO 4.8	ESTADÍSTICAS APORTE NATURAL
ANEXO 4.9	ESTADÍSTICAS CUENCA LATERAL
ANEXO 4.10	ESTADÍSTICAS CALIBRACIÓN
ANEXO 4.11	ESTADÍSTICAS PRECIPITACIÓN
ANEXO 5.1	POZOS RIEGO
ANEXO 5.2	POZOS POTABLE
ANEXO 5.3	POZOS OTRO USO
ANEXO 5.4	CANALES MATRICES
ANEXO 5.5	CANALES DERIVADOS
ANEXO 5.6	ESTADÍSTICAS APORTE NATURAL
ANEXO 5.7	ESTADÍSTICAS CUENCA LATERAL
ANEXO 5.8	ESTADÍSTICAS CALIBRACIÓN
ANEXO 5.9	ESTADÍSTICAS PRECIPITACIÓN
ANEXO 6.1	AFLORAMIENTOS ACN
ANEXO 6.2	AFLORAMIENTOS PUNTUALES ACN
ANEXO 6.3	DERRAMES ACN
ANEXO 6.4	AFLORAMIENTOS MAIPO
ANEXO 6.5	AFLORAMIENTOS PUNTUALES MAIPO
ANEXO 6.6	DERRAMES MAIPO

I. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

La Comisión Nacional de Riego (CNR) ha desarrollado entre los años 2004 y 2006 los estudios “Estudio e Implementación de Modelos Hidrológicos Acoplados a SIG para el Manejo y Planificación, Cuencas de Aconcagua y Maipo” y “Estudio e Implementación de Modelos Hidrológicos Acoplados a SIG para el Manejo y Planificación, Cuencas de Maule, Mataquito e Itata”. Ambos trabajos permitieron el desarrollo de una interfaz SIG en ambiente MapObject, que permite el ingreso de información, preparación de los datos, construcción de topología y observación de los resultados del modelo de simulación hidrológico operacional, Modelo Genérico MAGIC desarrollado por la Dirección General de Aguas (DGA). Este modelo es un programa de simulación de balances de agua para análisis de la dinámica integrada de cuencas y acuíferos, que permite simular a través del tiempo el comportamiento de los elementos superficiales que componen una cuenca y relacionar dicho comportamiento con las variaciones de volumen experimentadas por los acuíferos subyacentes a dicha cuenca.

Para la CNR, el fenómeno y la dinámica de los derrames y recuperaciones captados y reutilizados en riego son de especial relevancia; primero por un aumento sostenido en la cantidad de proyectos postulados a la Ley 18.450 en áreas regadas por sistemas hidrológicos de recuperación; y segundo, la complejidad de su medición y de la estimación de los caudales probabilísticas de seguridad 85% que es requisito exigible para el otorgamiento del subsidio.

Es en torno a esta problemática que surge el requerimiento de definir una metodología clara que permita cuantificar los caudales en las zonas de recuperación, mediante la interfaz SIG MAGIC (CNR – DGA – 2006) la que será aplicada en las cuencas del Aconcagua y Maipo.

El objetivo principal de este estudio fue cuantificar los caudales en las zonas de recuperación como fuentes de recursos hídricos para el subsector riego, para las cuencas, tanto controladas como no controladas, de Aconcagua y Maipo, usando SIG MAGIC (CNR – DGA – 2006).

Los objetivos específicos del estudio fueron los siguientes:

- a) Recopilar y analizar todos los antecedentes de recursos básicos existentes necesarios al estudio, tanto de fuentes externas como de la información propia del SIIR de la CNR, para las cuencas de Aconcagua y Maipo.
- b) Determinar las zonas de recuperación en cada cuenca.
- c) Estudiar, validar y mejorar (si un análisis crítico así lo estima) la actual aplicación Interfaz SIG-MAGIC (CNR – DGA – 2006) desarrollada previamente por estudio CNR.

- d) Crear nuevos objetos de modelación, para el cálculo de caudales en las zonas de recuperación, en el modelo MAGIC ya implementado para las cuencas de Aconcagua y Maipo.
- e) Determinar los caudales con seguridad de riego de 50% y 85% para las zonas de recuperación en las cuencas de Aconcagua y Maipo.
- f) Utilizar los resultados obtenidos, en las zonas de recuperación, para comparar los caudales obtenidos por los postulantes a los proyectos de la Ley 18.450 con otros métodos de estimación.
- g) Establecer una metodología para el seguimiento y actualización del modelo.

A continuación se presenta la recopilación de información realizada, relacionada con la totalidad de los parámetros y tablas que considera el modelo genérico MAGIC, utilizando como fuente de información los estudios existentes para las cuencas de Aconcagua y Maipo.

Adicionalmente, el presente informe incorpora un análisis de suficiencia de la información disponible con respecto a las variables que necesita el MAGIC para ser implementado en las cuencas de interés. Finalmente, se considera un análisis crítico de la actual aplicación Interfaz SIG-Magic (CNR-DGA 2006), a partir de lo cual se desarrollaron algunas mejoras que permitieron potenciar esta aplicación.

II. RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE ANTECEDENTES DISPONIBLES

II.1. INTRODUCCIÓN

Se efectuó una recopilación de los antecedentes disponibles que tienen relación con los parámetros y tablas que considera el MAGIC y con los posibles datos que pudiesen adicionarse con el tiempo. Particularmente se recopilaron antecedentes respecto a estadísticas pluviométricas, fluviométricas y meteorológicas, coberturas bases (curvas de nivel, hidrografía, caminos, etc.), características de canales de riego, zonas de riego, acuíferos, catastros de pozos, embalses, centrales hidroeléctricas, entre otras.

Los principales estudios analizados corresponden a modelos de simulación de aguas superficiales y subterráneas realizados en cada una de las cuencas de interés, los cuales constituyen la base de la información analizada sobre la cual se desarrollará el modelo MAGIC.

Con los antecedentes recopilados, se realizó un análisis de suficiencia de información con el propósito de calificar el uso que se le dará durante el desarrollo del estudio y determinar aquellos antecedentes que se requiere actualizar, complementar y en ciertos casos generar.

II.2. ANÁLISIS DE ANTECEDENTES

Las 51 tablas de datos que utiliza el programa MAGIC para realizar la simulación de caudales, pueden ser agrupadas en 13 tipos principales según lo indicado en el Cuadro 2-1. Esta clasificación fue considerada como de referencia durante el análisis de los antecedentes disponibles, procurando identificar la información relevante para cada grupo definido. Esto permite identificar de manera precisa los antecedentes faltantes que debiesen ser complementados o generados.

Se revisaron una serie de publicaciones asociadas a las cuencas de interés, siendo a continuación presentadas junto a una breve descripción de las materias, por grupos de cuenca donde pueden ser utilizados.

Cuadro 2 - 1. Clasificación Tablas MAGIC v2.0 por Áreas Temáticas

N°	Elemento MAGIC	TABLAS MAGIC											
		1	2	3	4								
1	Acuíferos	AC_PARAM	AC_QZS	AC_QZV	AC_QZVE								
2	Pozos	PO_PARAM	PO_Q	PO_USOS									
3	Canales	CA_DER	CA_PARAM	CA_TRAMOS	SECCIONES								
4	Zonas de riego	CULT_TIPOS	MR_TIPOS	ZR_CULT_ETP	ZR_CULT_PAR	ZR_CULT_PEF	ZR_RET	ZR_AC_NnM	ZR_PARAM	ZR_SR	ZR_QPR	ZR_CULT_SC	ZR_ANC_NNM
5	Centrales hidroeléctricas	CH_PARAM	CH_Q										
6	Embalses	EM_CA	EM_DEMGE	EM_FV	EM_NODOS	EM_PARAM	EM_QGENMAX	EM_QV	EM_SALIDAS	EM_SVH	EM_TASEV		
7	Cuencas no controladas	AN_PARAM	CL_PARAM										
8	Descargas puntuales	DP_PARAM	DP_Q										
9	Caudales ecológicos	QE_PARAM											
10	Topología	NO_DIST	NO_PARAM	RI_PARAM	RI_TRAMOS	NO_DIST_Q	EST_CALIB						
11	Fluviometría	ESTAD_Q											
12	Pluviometría	ESTAD_PP											
13	Captaciones Puntuales	CP_PARAM	CP_RETORNOS	CP_Q									

Fuente: Elaboración Propia

i. CUENCAS DE LOS RÍOS ACONCAGUA Y MAIPO

1) Base de Datos en formato Shape de ArcView y en formato Microsoft Access proporcionado por la Dirección General de Aguas.

Esta información corresponde a la implementación del modelo MAGIC a las cuencas de Aconcagua y Maipo. Las estadísticas de esta base de datos corresponde al período 1950 – 1998.

La información en formato shape corresponde principalmente a la ubicación espacial de todos los objetos de MAGIC, como nodos, embalses, zonas de riego, cuencas, etc. Las tablas asociadas a estos shape poseen la información más relevante para cada objeto.

En cuanto a la base de datos de Microsoft Access, se dispone de un total de 56 tablas para la cuenca del Aconcagua y 47 para la cuenca del Maipo, las cuales deben ser completadas según sea necesario y agregar las faltantes en el caso de la cuenca del Maipo. En el análisis de suficiencia realizado, y que se indica en el punto correspondiente del presente estudio, se indica cuales temas deben ser actualizados o generados, con el fin de completar los antecedentes faltantes.

2) Estudio de Síntesis de Catastro de Usuarios de Agua e Infraestructuras de Aprovechamiento; Ministerio de Obras Públicas-D.G.A. - Departamento Estudios / REG Ingenieros, 1991.

En este estudio se recopilaron los antecedentes más relevantes de los estudios de catastros realizados por la DGA a través de su departamento de estudios. Se presentan los diagramas unifilares completos de la infraestructura de canales de las cuencas Aconcagua y Maipo. Estos diagramas se usarán, en caso de ser necesario, como base para la representación y la selección de canales matrices y derivados en las cuencas de Aconcagua y Maipo y, por consiguiente, en la definición de nodos secundarios (canales derivados).

3) Informe de Zonificación Hidrogeológica para las Regiones Metropolitana y V; SDT N°133, Mayo 2002, DGA.

Este estudio presenta una descripción de la localización y la composición hidrogeológica de las zonas acuíferas en los valles de la región Metropolitana y V, para lo cual se utilizó una base cartográfica IGM 1:50.000. La información más importante de este estudio corresponde a las características geomorfológicas de los sistemas acuíferos de interés.

4) Atlas Agroclimático de Chile Regiones V y Metropolitana, realizado por Fernando Santibáñez y J. Manuel Uribe para el Ministerio de Agricultura y CORFO en 1993.

Estudio elaborado por Fernando Santibáñez para la Universidad de Chile, con los antecedentes agroclimáticos existentes hasta el año 1990. El estudio cuenta con una amplia información climática, considerando para ello las siguientes variables: temperaturas máximas, mínimas y medias, suma térmica, días grados acumulados, horas frío acumuladas, radiación solar, humedad relativa, precipitaciones, evapotranspiración potencial, déficit hídrico, índices de humedad, número de heladas mensuales, etc

5) VI Censo Nacional Agropecuario del INE, 1997.

Los antecedentes de este estudio serán necesarios para la caracterización productiva regional, además de la obtención de los principales cultivos a ser analizados agroclimáticamente y sus superficies respectivas.

6) Sistema de Información Integral de Riego CNR: SIIR (SIG-CNR).

Elaborado por la Comisión Nacional de Riego en el año 2002, a través de los presentes consultores bajo la firma Ayala, Cabrera y Asociados Ltda. En este estudio se recopiló una gran cantidad de información en forma cartográfica digital. Entre los antecedentes de importancia para el presente proyecto se pueden considerar las siguientes variables: cuencas, suelos, clima, uso del suelo, hidrografía, entre otros.

7) DTM - SRTM, NASA.

Corresponde a un modelo digital de elevación (MDE) generado a partir de imágenes de radar restituidas, resultantes de la misión Topografía de Radar de la NASA (Nacional Aeronautics and Space Administration). La resolución para Latinoamérica es de 3 segundos de arco, que para la latitud de las cuencas en cuestión no sobrepasa los 90m. Dicho de otra manera, cada píxel con cota mide aproximadamente 90x90 m. El formato de estas imágenes son Bil, Tiff y Grid de ESRI y se encuentran proyectadas en el sistema WGS 84. Estas imágenes pueden ser descargadas gratuitamente desde el centro de datos EROS del USGS (Geological Survey de los Estados Unidos), a través de los siguientes link: <http://edc.usgs.gov/srtm/data/obtainingdata.html> y <http://seamless.usgs.gov/>.

ii. CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA

8) Modelo de Simulación Hidrogeológico Valle del Río Aconcagua. DGA, Ingendesa con la Asesoría de AC Ingenieros Consultores Ltda. 1998.

El objetivo general del estudio fue disponer de una herramienta de análisis y planificación que permita evaluar situaciones alternativas, y sea una ayuda en la toma de decisiones relacionadas con el aprovechamiento óptimo multisectorial de los recursos hídricos de la cuenca, tanto superficiales como subterráneos.

El estudio proporciona el detalle de la confección de tres modelos de simulación para la cuenca de estudio, los que corresponden a un modelo superficial (Modelo de Operacional del Sistema), modelos hidrogeológicos (desarrollados en Visual MODFLOW) y un modelo de calidad (simula los procesos de dilución, decaimiento bacteriano, balance de oxígeno, degradación de la materia orgánica y posible reoxigenación que tienen lugar en el río).

El mayor aporte que presenta este estudio corresponde a toda información relacionada con el modelo superficial MOS desarrollado, ya que la información recopilada y utilizada para su funcionamiento corresponde en términos generales a la misma información requerida por el modelo MAGIC.

9) Plan Director para la Gestión de los Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Aconcagua. DGA. Ayala, Cabrera y Asociados Ltda. Ingenieros Consultores para la DGA, 2000.

El objetivo fundamental que tuvo este estudio fue constituir un elemento de planificación indicativa dentro de la cuenca, que naciendo de las inquietudes y necesidades reales detectadas en ella, y enfocada 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.

Por el hecho de constituir un estudio reciente, el mayor aporte corresponde a la actualización de antecedentes e información en general, además de corroborar la validez de ésta.

10) Diagnostico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Agua Según Objetivos de Calidad. Cuenca del Río Aconcagua. Dic 2004. DGA . Cade-Idepe Consultores Ingeniería.

El objetivo general del estudio fue conocer la calidad natural y actual del agua, determinar los caudales disponibles para la dilución de contaminantes y tipificar los cursos y cuerpos de agua. Según este objetivo, la información más valiosa proporcionada por este estudio corresponde a información hidrogeológica, usos de suelo, usos de agua, descargas, etc.

El principal aporte de este estudio se encuentra en la información de descargas puntuales, tanto de RILes como de aguas servidas.

11) Evaluación de los Recursos Subterráneos de la Cuenca del Río Aconcagua (2004). DGA. Realizado por el Departamento de Administración de Recursos Hídricos y Departamento de Administración de Recursos Hídricos V región. SDT N°182.

El objetivo del presente informe fue determinar la factibilidad de constituir nuevos derechos de aprovechamiento en carácter de permanentes y definitivos, sin producir perjuicios a derechos de terceros, en los sectores acuíferos en la cuenca del río Aconcagua analizados en este estudio. Para esto se analizan las demandas existentes al año 2004 y se determina el caudal sustentable para los sectores analizados de la cuenca del río Aconcagua.

12) Evaluación de los Recursos Hídricos Superficiales en la Cuenca del Río Aconcagua (2004) DGA. Realizado por el Departamento de Administración de Recursos Hídricos. SDT N° 165.

Este estudio tuvo por objetivo principal determinar en forma global y detallada, a nivel de cuencas y subcuencas, la situación en que se encuentra la disponibilidad de los recursos hídricos superficiales de la cuenca del río Aconcagua. Para esto se dispone del listado de solicitudes de agua superficiales en el río Maipo al año 2001 y se realizó un por subcuenca, considerando caudal ecológico, extracciones de canales, aportes, etc.

13) Evaluación de los Recursos Hídricos Subterráneos del Valle del Río Aconcagua Escenario Incremental Sectores Quillota y Nogales (2005). Realizado por el Departamento de Estudios y Planificación, DGA. SDT N° 208.

El objetivo de este estudio fue analizar la disponibilidad del recurso hídrico subterráneo en la Tercera Sección de riego de la cuenca del río Aconcagua. Para esto se utiliza un modelo hidrogeológico y se realizan balances a diez zonas distintas del sector analizado.

14) Estudio de Operación y Reparto de Aguas Valle del Aconcagua. DOH (2005) Realizado por Arcadis Geotecnia y CONIC-BF Ingenieros Civiles Consultores Ltda.

El objetivo final de la realización de este estudio fue la cuantificación de los derechos de agua y de los aprovechamientos del recurso hídrico de la zona, para establecer la

factibilidad del proyecto de construcción del embalse Puntilla del Viento que se emplazaría aguas abajo de la confluencia del río Colorado con el Aconcagua. Para ello se utilizaron los modelos desarrollados por la DGA, correspondientes al MOS y MOS-PS, debiendo antes recopilar, actualizar y validar datos de la cuenca.

iii. CUENCA DEL MAIPO

15) Modelo de Simulación Hidrológico Operacional Cuencas de los Ríos Maipo y Mapocho. DGA. Ayala, Cabrera y Asociados Ltda. 2000.

La Dirección General de Aguas solicitó la realización de un estudio que permita disponer de una herramienta de análisis y planificación de los recursos hídricos de la cuenca del río Maipo, con el objetivo de evaluar distintas situaciones alternativas, y de contar con un apoyo en la toma de decisiones relacionadas con el aprovechamiento óptimo multisectorial de los recursos hídricos de la cuenca, tanto superficiales como subterráneos.

El estudio proporciona el detalle de la confección de tres modelos de simulación para la cuenca de estudio, los que corresponden a un modelo de simulación de la operación del sistema (modelo integral, superficial y subterráneo simplificado), modelos hidrogeológicos (para 4 sectores hidrogeológicos, intrusión salina en el sector costero y modelo de calidad de agua subterránea), modelo de calidad de agua superficial y finalmente un modelo de pronósticos.

El mayor aporte que presenta este estudio corresponde a toda información relacionada con el modelo superficial MOS desarrollado, ya que la información recopilada y utilizada para su funcionamiento corresponde en términos generales a la misma información requerida por el modelo MAGIC.

16) Diagnostico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Agua Según Objetivos de Calidad. Cuenca del Río Maipo (2004) DGA. Realizado por Cade-Idepe Consultores en Ingeniería.

Este estudio tuvo por objetivo general conocer la calidad natural y actual del agua, determinar los caudales disponibles para la dilución de contaminantes y tipificar los cursos y cuerpos de agua. Según este objetivo, la información más valiosa proporcionada por este estudio corresponde a información hidrogeológica, usos de suelo, usos de agua, descargas, etc.

El principal aporte de este estudio se encuentra en la información de descargas puntuales, tanto de RILes como de aguas servidas.

17) Declaración Área de Restricción Sectores Hidrogeológicos de Aprovechamiento Común de Tiltil, Chacabuco-Polpaico, Lampa, Colina Sur, Santiago Norte y Santiago Central. (2005). DGA.

En este informe se analiza la situación de de los sectores acuíferos de aprovechamiento común de una parte de la cuenca del Maipo. Se analizan los caudales de explotación vigentes a fines del año 2004 y máximos a otorgar. También es analizada la evolución de los niveles freáticos y se concluye que los sectores cumplen con las condiciones para ser declaradas áreas de restricción.

18) Evaluación de los Recursos Hídricos Superficiales en la Cuenca del Río Maipo (2005). DGA. Realizado por Departamento de Administración de Recursos Hídricos. SDT N° 145.

El objetivo principal del presente estudio fue determinar en forma global y detallada, a nivel de cuencas y subcuencas, la situación en que se encuentra la disponibilidad de recursos hídricos de la Cuenca del Río Maipo. Para esto se dispone del listado de solicitudes de agua superficiales en el río Maipo a Noviembre de 2000 y se realizó un análisis por sección de la demanda, considerando caudal ecológico, extracciones de canales, aportes, etc.

19) Determinación de la Disponibilidad de Derechos de Aprovechamiento de Aguas Subterráneas en la Cuenca del Río Maipo hasta la Confluencia con el Estero Puangue.(2004). DGA. Realizado por Departamento de Administración de Recursos Hídricos. SDT N° 171.

Este estudio tuvo por objetivo general determinar la disponibilidad de aguas subterráneas en los acuíferos de la Región Metropolitana, para el otorgamiento de derechos de aprovechamiento. Para esto se realiza una descripción hidrogeológica y se utiliza la demanda vigente al año 2004, determinando el caudal sustentable a través de un modelo de simulación.

II.3. ANÁLISIS DE SUFICIENCIA DE LA INFORMACIÓN RECOPIADA

Los Cuadros 2-2 y 2-3, muestran un resumen de la información contenida en los estudios revisados de las Cuencas de los Ríos Aconcagua y Maipo, permitiendo visualizar los temas que resultan deficitarios en la confección de las bases de datos MAGIC y que por lo tanto se requieren generar o complementar, de manera de lograr estimar los caudales de recuperación en sectores sin control fluviométrico.

Para la cuenca del Río Aconcagua, el análisis realizado evidencia la necesidad de complementar una serie de tablas para lo cual, en general, se cuenta con información base de calidad para realizarlo. La excepción a esto lo constituye los temas de canales, zonas de riego y embalses. En caso de ser necesario redefinir los sectores de riego y por lo tanto reagrupar los canales que abastecen dichos sectores, es necesario contar con la información que respalde la actual agrupación de canales existente en el modelo del Aconcagua, lo cual no forma parte de las bases de información consultadas. Para dar solución a este tema se consideran dos alternativas: i) Solicitar respaldos de asociación de canales y redefinir distribución de canales a nuevos sectores de riego. ii) Reagrupar canales y generar factor de distribución en función de la superficie de riego de los nuevos sectores.

Para el caso de los sectores de riego, la implementación de MAGIC no contempla la distribución de cultivos según el método de riego considerado, ni tampoco según su textura. Adicionalmente no se ha estimado las necesidades netas mensuales de las áreas no cultivadas. En general, para aquella toda información que deba ser generada, tal como distribución y superficies de cultivos, entre otras, se considerará el Censo Agropecuario INE de 1997, además del estudio de suelos de la cuenca del Río Aconcagua, siendo este último antecedente utilizado para caracterizar la textura del área de interés. Para el caso de los embalses, no existen antecedentes suficientes para definir las curvas de embalses que MAGIC requiere para caracterizar la evaporación, filtración, volumen y entregas. Se consultará a los organismos competentes la posibilidad de completar estos antecedentes.

Para la cuenca del Río Maipo, el análisis realizado evidenció la necesidad de complementar algunas tablas, las cuales se ajusta lo explicado anteriormente para la cuenca del Río Aconcagua. Se considerará un criterio equivalente al considerado para dicha cuenca.

Cuadro 2 - 2. Resumen Estado de la Información para Implementación de MAGIC en Cuenca del Río Aconcagua

N°	Elemento MAGIC	Tabla MAGIC	Información Disponible	Información Pendiente a Procesar
0	Antecedentes Básicos		<ul style="list-style-type: none"> - Cartografía Base - Red Hídrica, Zonas de Riego, Acuíferos, Subcuencas en formato shape. 	<ul style="list-style-type: none"> - Modelo Digital de Elevación (MDE)
1	Acuíferos	Tabla 1: AC_PARAM	<ul style="list-style-type: none"> - Plano y shape con geometría - Perfiles gravimétricos - Parámetros elásticos 	
		Tabla 2: AC_QZS		<ul style="list-style-type: none"> - Definir la topología
		Tabla 3: AC_QZV	<ul style="list-style-type: none"> - Antecedentes generales de afloramientos 	
		Tabla 4: AC:QZVE	<ul style="list-style-type: none"> - Antecedentes generales de afloramientos 	
2	Pozos	Tabla 30: PO_PARAM	<ul style="list-style-type: none"> - Catastro de pozos (información general) 	<ul style="list-style-type: none"> - Agrupar pozos nuevamente en caso de redefinir zonas de riego .
		Tabla 31: PO_Q		<ul style="list-style-type: none"> - Definición de una distribución mensual de bombeo en los pozos
		Tabla 32: PO_USOS	<ul style="list-style-type: none"> - Definición de 4 tipos de uso. 	
3	Canales	Tabla 6: CA_DER		<ul style="list-style-type: none"> - Definir Topología - Definir los derivados del sistema
		Tabla 7: CA_PARAM	<ul style="list-style-type: none"> - Información general de canales - Unificar del sistema 	<ul style="list-style-type: none"> - Definir canales matrices
		Tabla 8: CA_TRAMOS	<ul style="list-style-type: none"> - Capacidad, longitud y eficiencia de canales 	<ul style="list-style-type: none"> - Definir tramos y topología
4	Zonas de riego	Tabla 12: CULT_TIPOS	<ul style="list-style-type: none"> - Distribución por sección y superficie de los cultivos 	<ul style="list-style-type: none"> - Definir cultivos según tipo y textura
		Tabla 27: MR_TIPOS	<ul style="list-style-type: none"> - Definición de 8 métodos de riego 	
		Tabla 37: ZR_CULT_ETP	<ul style="list-style-type: none"> - Definición de Kc para diferentes tipos de cultivo - ETo para cultivo de referencia en Santiago y Melipilla 	<ul style="list-style-type: none"> - Definir ETo en forma más detallada según distritos agroclimáticos
		Tabla 38: ZR_CULT_PARAM		<ul style="list-style-type: none"> - Método de riego utilizado para cada cultivo - Definición de los cultivos por zonas de riego

Cuadro 2 - 2. Resumen Estado de la Información para Implementación de MAGIC en Cuenca del Río Aconcagua.
(Continuación)

N'	Elemento MAGIC	Tabla MAGIC	Información Disponible	Información Pendiente a Procesar
		Tabla 39: ZR_CULT_PEF	-Precipitación efectiva para cada cultivo en cada zona agroclimática -Estadística pluviométrica en 41 estaciones	- Relleno de información cuando sea necesario
		Tabla 40: ZR_RET		- En caso de subdividir Sectores de Riego, definir topología de los retornos y el porcentaje hacia cada objeto
		Tabla 41: ZR_AC_NNM	-Disponible una estadística de las necesidades netas -Disponible demandas netas de cultivos por zona agroclimática	
		Tabla 42: ZR_PARAM	-Shape con zonas de riego y acuíferos (destino de las percolaciones) -Parámetros Cisy y Ck	- En caso de subdividir Sectores de Riego, definir estación pluviométrica a cada zona de riego - En caso de subdividir Sectores de Riego, definir Cevp, So y EZo.
		Tabla 43: ZR_SR	-Disponible la gran mayoría de los parámetros del MPL	
		Tabla 47: ZR_QPR	-Shape con zonas de riego y acuíferos (destino de las percolaciones)	- Definir porcentajes de distribución en caso de subdividir Sectores de Riego
		Tabla 48: ZR_CULT_SC	-Superficies cultivadas para cada tipo de cultivo	- Detalle de las superficies a nivel de zona de riego
		Tabla 51: ZR_ANC_NNM		- Definir criterios para generar las demandas de las necesidades netas mensuales en áreas no cultivadas.
5	Centrales hidroeléctricas	Tabla 9: CH_PARAM	-Altura de calda, caudal de diseño, potencia, propietario, año, caudal medio anual	
		Tabla 10: CH_QMAX		- Distribución mensual de los caudales
6	Embalses	Tabla 14: EM_CA	-Volumen de alerta nulo para todos los embalses	- Verificar volumen de alerta (comprobar si realmente es nulo)
		Tabla 15: EM_DEMGE		- Definir el caudal mensual demandado para generación de energía
		Tabla 16: EM_FV		- Información acerca de filtraciones del embalse en general

Cuadro 2 - 2. Resumen Estado de la Información para Implementación de MAGIC en Cuenca del Río Aconcagua (Continuación)

N°	Elemento MAGIC	Tabla MAGIC	Información Disponible	Información Pendiente a Procesar
		Tabla 17: EM_NODOS		- Definir la topología relacionada con los embalses
		Tabla 18: EM_PARAM	- Volumen Inicial, Máximo y Muerto para cada embalse nulo	- Coeficiente de embalse - Volumen Inicial, Máximo y Muerto, ya que es imposible que sean nulos
		Tabla 19: EM_QGENMAX		- Averiguar el caudal mensual demandado para generación de energía
		Tabla 20: EM_QV		- Información acerca de los caudales de entrega en general
		Tabla 21: EM_SALIDAS		- Definición de la topología asociada a todas las salidas
		Tabla 22: EM_SVH	- Parámetros del polinomio que permite definir la Superficie en función del Volumen	- Información que permita definir la Cota en función del volumen
		Tabla 23: EM_TASEV	- Tasa de evaporación mensual para todos los embalses	
7	Cuencas no controladas	Tabla 5: AN_PARAM	- Definición de 14 cuencas de cabecera	
		Tabla 26: CL_PARAM	- Definición de 17 cuencas laterales	
8	Descargas puntuales	Tabla 13: DP_PARAM	- Información de algunas descargas en la cuenca	- Ubicación de las descargas encontradas - Complementar la información disponible
		Tabla 49: DP_Q		- Asignar una distribución mensual a los caudales de las descargas
9	Caudales ecológicos	Tabla 33: QE_PARAM	- Disponibles en algunos tramos de los ríos de la cuenca	- Completar esta información para los tramos faltantes
10	Topología	Tabla 28: NO_DIST	- Distribución porcentual en Nodos	
		Tabla 29: NO_PARAM	- Q min para algunos nodos	- Completar Q min para nodos relevantes
		Tabla 46: NO_DIST_Q		
11	Fluviometría	Tabla 25: ESTAD_Q	- Estadística de 31 cuencas no controladas	
12	Pluviometría	Tabla 24: ESTAD_PP	- Estadística pluviométrica en 41 estaciones	- Relleno de información cuando sea necesario
13	Captaciones Puntuales	Tabla 11: CP_PARAM		- Información en general acerca de captaciones puntuales

Cuadro 2 - 2. Resumen Estado de la Información para Implementación de MAGIC en Cuenca del Río Aconcagua (Continuación)

N°	Elemento MAGIC	Tabla MAGIC	Información Disponible	Información Pendiente a Procesar
		Tabla 44:CP_RETORNOS		- Información en general acerca de captaciones puntuales
		Tabla 45:CP_Q		- Información en general acerca de captaciones puntuales
14	Otros	Tabla 34: RI_PARAM	- Red Hídrica	
		Tabla 35: RI_TRAMO	- Disposición de Tramos de ríos y sus características	
		Tabla 36: SECCIONES	- Secciones del río	
		Tabla 50: EST_CALIB	- Estadística fluviométrica en gran cantidad de estaciones fluviométricas	

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 2 - 3. Resumen Estado de la Información para Implementación de MAGIC en Cuenca del Río Maipo

N°	Elemento MAGIC	Tabla MAGIC	Información Disponible	Información Pendiente
0	Antecedentes Básicos		- Cartografía Base - Red Hídrica, Zonas de Riego, Acuíferos, Subcuencas en formato shape.	- MDE
1	Acuíferos	Tabla 1: AC_PARAM	- Plano y shape con geometría - Perfiles gravimétricos - Parámetros elásticos	
		Tabla 2: AC_QZS		- Definir la topología
		Tabla 3: AC_QZV	- Antecedentes generales de alforamientos	
		Tabla 4: AC:QZVE		
2	Pozos	Tabla 30: PO_PARAM	- Catastro de pozos (información general)	- Agrupar pozos nuevamente en caso de redefinir zonas de riego .
		Tabla 31: PO_Q	- Dist. Mensual de caudal para 1933 pozos.	- Definición de una distribución mensual de bombeo en los pozos
		Tabla 32: PO_USOS	- Definición de 5 tipos de uso.	

Cuadro 2 - 3. Resumen Estado de la Información para Implementación de MAGIC en Cuenca del Río Maipo
(Continuación)

N°	Elemento MAGIC	Tabla MAGIC	Información Disponible	Información Pendiente
3	Canales	Tabla 6: CA_DER		- Definir Topología - Definir los derivados del sistema
		Tabla 7: CA_PARAM	- Información general de 54 canales matrices - Unifilar del sistema	
		Tabla 8: CA_TRAMOS	- Capacidad, longitud y eficiencia de 54 canales matrices	- Definir tramos y topología
4	Zonas de riego	Tabla 12: CULT_TIPOS	- Distribución provincial y por superficie de los cultivos (MOS)	- Definir cultivos según tipo y textura
		Tabla 27: MR_TIPOS	- Métodos de Riego definidos según estudio Aconcagua	
		Tabla 37: ZR_CULT_ETP	- Definición de Kc para diferentes tipos de cultivo - ETo para cultivo de referencia en Santiago y Melipilla	- Definir ETo en forma más detallada según distritos agroclimáticos
		Tabla 38: ZR_CULT_PARAM		- Método de riego utilizado para cada cultivo - Definición de los cultivos por zonas de riego
		Tabla 39: ZR_CULT_PEF	- Estadística de Pef para un año con 85% prob. excedencia - Estadística pluviométrica en 36 estaciones dentro de la cuenca	- Relleno de información cuando sea necesario
		Tabla 40: ZR_RET		- En caso de subdividir Sectores de Riego, definir topología de los retornos y el porcentaje hacia cada objeto
		Tabla 41: ZR_AC_NNM	- Disponible una estadística de las necesidades netas	
		Tabla 42: ZR_PARAM	- Shape con zonas de riego y acuíferos (destino de las percolaciones) - Parámetros Cisy y Ck	- En caso de subdividir Sectores de Riego, definir estación pluviométrica a cada zona de riego. En caso de subdividir Sectores de Riego, definir Cevp, So y EZo.
		Tabla 43: ZR_SR	- Disponible la gran mayoría de los parámetros	

Cuadro 2 - 3. Resumen Estado de la Información para Implementación de MAGIC en Cuenca del Río Maipo
(Continuación)

N°	Elemento MAGIC	Tabla MAGIC	Información Disponible	Información Pendiente
		Tabla 47: ZR_QPR	- Shape con zonas de riego y acuíferos (destino de las percolaciones)	- Definir porcentajes de distribución de ser necesario
		Tabla 48: ZR_CULT_SC	- Superficies cultivadas divididas en 8 áreas	- Detalle de las superficies a nivel de zona de riego
		Tabla 51: ZR_ANC_NNM		- Definir condiciones en las zonas no cultivadas para generar una estadística de las necesidades netas
5	Centrales hidroeléctricas	Tabla 9: CH_PARAM	- Altura de caída, caudal de diseño, potencia, propietario, año, caudal medio anual	
		Tabla 10: CH_QMAX		- Distribución mensual de los caudales
6	Embalses	Tabla 14: EM_CA	- Volumen de alerta nulo para todos los embalses	- Averiguar el volumen de alerta para comprobar si realmente es nulo
		Tabla 15: EM_DEMGE		- Averiguar el caudal mensual demandado para generación de energía
		Tabla 16: EM_FV		- Información acerca de filtraciones del embalse en general
		Tabla 17: EM_NODOS		- Definir la topología relacionada con los embalses
		Tabla 18: EM_PARAM	- Volumen Inicial, Máximo y Muerto para cada embalse	- Coeficiente de embalse
		Tabla 19: EM_QGENMAX		- Averiguar el caudal mensual demandado para generación de energía
		Tabla 20: EM_QV		- Información acerca de los caudales de entrega en general
		Tabla 21: EM_SALIDAS		- Definición de la topología asociada a todas las salidas
		Tabla 22: EM_SVH	- Parámetros del polinomio que permite definir la Superficie en función del Volumen	- Información que permita definir la Cota en función del volumen
		Tabla 23: EM_TASEV	- Tasa de evaporación mensual para todos los embalses	

Cuadro 2 - 3. Resumen Estado de la Información para Implementación de MAGIC en Cuenca del Río Maipo
(Continuación)

N°	Elemento MAGIC	Tabla MAGIC	Información Disponible	Información Pendiente
7	Cuencas no controladas	Tabla 5: AN_PARAM	- Definición de 20 cuencas de cabecera	
		Tabla 26: CL_PARAM	- Definición de 45 cuencas laterales	
8	Descargas puntuales	Tabla 13: DP_PARAM	- Información de algunas descargas en la cuenca	- Ubicación de las descargas encontradas - Complementar la información disponible
		Tabla 49: DP_Q		- Asignar una distribución mensual a los caudales de las descargas
9	Caudales ecológicos	Tabla 33: QE_PARAM	- Disponibles en algunos tramos de los ríos de la cuenca	- Completar esta información para los tramos faltantes
10	Topología	Tabla 28: NO_DIST		- Definir topología de los nodos
		Tabla 29: NO_PARAM		- Definir topología de los nodos
		Tabla 46: NO_DIST_Q		- Definición de caudales demandados y su distribución
11	Fluviometría	Tabla 25: ESTAD_Q	- Estadística de 63 de las 65 cuencas no controladas	- Estadística de Canal Lucano y Rafaelino, y Canal Chacabuco-Polpaico
12	Pluviometría	Tabla 24: ESTAD_PP	- Estadística pluviométrica en 36 estaciones dentro de la cuenca	- Relleno de información cuando sea necesario
13	Captaciones Puntuales	Tabla 11: CP_PARAM		- Información en general acerca de captaciones puntuales
		Tabla 44: CP_RETORNOS		- Información en general acerca de captaciones puntuales
		Tabla 45: CP_Q		
14	Otros	Tabla 34: RI_PARAM	- Red Hídrica	
		Tabla 35: RI_TRAMO	- Disposición de Tramos de ríos y sus características	
		Tabla 36: SECCIONES	- Secciones del río	
		Tabla 50: EST_CALIB	- Estadística fluviométrica en 45 estaciones	

Fuente: Elaboración Propia

II.4. Caracterización Zonas de Recuperación

II.4.1. Zonas de Recuperación en Cuenca del Río Aconcagua

Los datos obtenidos acerca de las recuperaciones y pérdidas de la Cuenca del Aconcagua se obtuvieron del estudio "Modelo de Simulación Hidrogeológico de la Cuenca del Aconcagua" realizado por Ingendesa, con la asesoría de AC Ingenieros Consultores Ltda., para el MOP en el año 1998. Para efectos de dicho estudio se realizaron dos campañas de aforo una entre el 28 de octubre y el 3 de noviembre, y la segunda entre el 13 y el 17 de enero. Además se subdividió el río aconcagua en 4 tramos que se describen a continuación.

i) Tramo 1 Aconcagua en Chacabuquito – Aconcagua en San Felipe.

Este tramo tiene la particularidad de que tiene dos zonas de riego que se alternan el uso del recurso hídrico. Por éste motivo se han debido hacer dos mediciones, una cuando riega la primera zona, y otra cuando riega la segunda zona.

Cuando riega la primera zona, los canales más importantes que se abastecen con el agua del río son el Regis, San Miguel, y Santa Rosa, y los principales afluentes al tramo son el Río Huapi y las quebradas el Huapi y Las Hormigas. En el caso de la segunda zona las principales demandas están dadas por los canales rinconada, Quilpue, Ahumada y La Pirca.

En la primera campaña, al hacerse las mediciones, el caudal en San Felipe es nulo. Los balances arrojan resultados diferentes, es decir, cuando se riega el primer tramo se produce una recuperación, y cuando se riega el segundo una pérdida de caudal.

El punto de medición San Felipe se encuentra seco en ambos casos, por lo que es posible que si hubiese mayor caudal en el río, las pérdidas serían aun mayores. En efecto, al medirse la segunda campaña, para ambas zonas de riego se registra una pérdida mucho mayor de caudal, del orden de 10 [m³/s].

ii) Tramo 2 San Felipe – Aconcagua en Romeral.

Los principales aportes al tramo los hacen los esteros Lo Campo, Los Loros, y Catemu, y los canales que demandan mayor caudal son Santa Isabel, Baldesano y Estancilla.

En este tramo se encuentra una recuperación de gran magnitud en comparación al caudal de entrada, tanto en la primera como en la segunda campaña. Este caudal puede provenir de un retorno importante de las extensas zonas de riego que rodean el cauce principal, además del afloramiento de aguas subterráneas.

iii) Tramo 3 Romeral – Aconcagua en Pte. La Calera.

Este tramo recibe los aportes de los esteros La Sombra y Rabuco, los que para la segunda campaña de aforo están completamente secos, al igual que la sección de salida del tramo, en Pte. La Calera.

En la primera campaña se tiene una recuperación de caudal y en la segunda una pérdida, que al igual que para el primer tramo, podría ser mayor en caso de que el río tuviese un mayor caudal y la sección de salida no estuviese seca.

iv) Tramo 4 Aconagua en Pte. La Calera – Aconcagua en Pte Colmo.

Los aportes para este tramo son los esteros, Los Litres, Las Canteras, San Pedro y Rautén, los cuales tienen un bajísimo caudal para la primera campaña de aforo y absolutamente nulo en la segunda campaña.

Se tiene que para la primera campaña, en este tramo el caudal abastecido a los canales es absolutamente proveniente de caudal de recuperación. Para la segunda campaña no existen ni aportes ni se abastece ningún canal, y el río aconcagua en Pte colmo tiene un flujo que es igual a la recuperación del tramo, ya que en la sección Pte La calera no se registra flujo.

En el Cuadro 2-4 se muestran los caudales de recuperación o pérdida medidos para el río Aconcagua.

Cuadro 2 - 4. Caudales de Recuperación Río Aconcagua [m³/s]

Tramo	Noviembre, primera Campaña	Enero, Segunda campaña
Tramo 1. Zona de riego 1	0,554	-8,874
Tramo 1. Zona de riego 2	-0,497	-11,89
Tramo 2.	14,089	7,724
Tramo 3	0,165	0,364
Tramo 4	1,477	0,151

II.4.2. Zonas de Recuperación Cuenca del Río Maipo

La información recopilada referente a las recuperaciones en la cuenca del Río Maipo, fue obtenida a partir del estudio "Modelo de Simulación Hidrológico Operacional Cuencas de los Ríos Maipo y Mapocho", realizado por Ayala, Cabrera y Asociados Ltda., y el Departamento de Estudios y Planificación, para la DGA en el año 2000. En dicho estudio se encuentran datos provenientes de dos estudios anteriores. La primera referencia es el Proyecto Maipo (IPLA, 1984), en el que se encuentran referencias a los balances realizados entre los años 1952 y 1955 por la Dirección de Riego del MOP para el río mapocho, y para el río Maipo, los realizados por la DGA y la ex División de Recursos Hídricos de la CORFO en 1975. La segunda son las experiencias realizadas por B&F entre 1991 y 1992, para el estudio "Bases para la Modelación del Sistema de Recursos Hídricos de la Cuenca de Santiago", hecho por B&F el 2003 para la DGA.

Los resultados de los estudios mencionados anteriormente arrojan zonas de recuperación, así como zonas mixtas y también exclusivamente de pérdidas.

i) Tramo desde El Manzano hasta Puente Lonquén, Río Maipo.

Este tramo fue estudiado por B&F y también por el estudio IPLA. El principal aporte a éste tramo, está dado por el Río Clarillo, y de él se abastecen los canales San Carlos, Eyzaguirre, Huidobro, Canales Unidos de Buin, Lo Herrera, y los canales Lonquén Isla A y B, además de la salida de la Central Puntilla y las bocatomas de EMOS y de la Asociación Unidos Maipo, siendo esta última, junto con el canal San Carlos las Principales demandas del Tramo.

Para el tramo se registraron principalmente pérdidas de caudal en un rango desde 0.07 [m³/s] en mayo del 75 y a 14.99 [m³/s] en el mes de marzo del 92. Sin embargo, para el mes de Enero del 92 se registró una recuperación de 3.4 [m³/s]. Las recuperaciones en este tramo pueden estar dadas principalmente debido a los derrames de las zonas de riego.

ii) Tramo Desde Puente Lonquén hasta el Puente Naltahua, Río Maipo

Los principales aportes a este tramo son el Río Angostura y el estero Los Chanchos, y sus principales extracciones se hacen por medio de los canales de la hacienda Naltahua y el canal San Antonio.

En el estudio IPLA se encuentran sólo recuperaciones en el tramo, para los meses de marzo, abril, mayo y junio de 1975, pero en el estudio realizado por B&F se encuentra que existen periodos de pérdida de caudal en los meses de enero y marzo de 1992 y una gran recuperación en el mes de noviembre del 91.

En este tramo existe además de una zona de un área agrícola, una zona de afloramiento de los acuíferos importante que puede producir recuperaciones.

iii) Tramo desde Pte. Naltahua hasta Melipilla. Río Maipo.

Los datos de esta zona fueron obtenidos del estudio IPLA, ya que no existen datos generados por B&F.

En este Tramo cuenta con varios aportes, entre los cuales están los esteros Gacitúa, Agua Clara, y El Gato, además del importante aporte del Río Mapocho. Su principal demanda la genera el canal Picano, pero además abastece a los canales San José, Melipillano, Cholqui, Culiprán y Pabellón.

Es una zona de recuperaciones importantes con caudales entre los 13 y los 19 [m³/s] de recuperación, que pueden ser atribuidos en parte a la presencia de zonas agrícolas, pero principalmente a que la zona acuífera genera grandes caudales de afloramiento.

iv) Tramo entre Los Almendros y puente lo Curro. Río Mapocho.

En este tramo las mediciones fueron realizadas por B&F obteniéndose sólo recuperaciones, del orden de 1 [m³/s] y llegando hasta 6 [m³/s] lo que es poco probable debido a que como es posible observar en el mapa el tramo se encuentra en una zona alta de la cuenca, y que no tiene zonas de riego aledañas, por lo que se presume que se ha omitido algún aporte lateral importante al cauce.

v) Tramo entre Pte. lo Curro y rinconada de Maipú. Río Mapocho.

Los aportes están dados por las desembocaduras del canal San Carlos, el Zanjón de la Aguada, y el Estero Lampa, y en éste tramo se abastecen los canales La Punta y Las Casas de Pudahuel.

Las mediciones hechas por B&F arrojan tanto pérdidas como recuperaciones. Estas recuperaciones pueden ser debidas a los retornos de las zonas de riego cercanas al cauce.

vi) Tramo entre Rinconada de Maipú y el Pte Esperanza.

En este tramo, medido por B&F se presentan principalmente pérdidas. Es un tramo sin cauces aportantes, pero con extensas zonas agrícolas en los alrededores, lo que puede inducir alguna recuperación importante producida por los retornos de riego. Además los acuíferos también pueden inducir recuperaciones en esta zona.

vii) Tramo desde Pte Esperanza hasta Pte. Ferroviario Talagante. Río Mapocho.

Este tramo tiene características similares al anterior en cuanto a que no tiene cauces importantes que aporten su caudal, y se presentan altas recuperaciones, del orden de al menos la mitad del caudal entrante al tramo en el Pte. Esperanza. Estas recuperaciones se deben principalmente a los afloramientos producidos por los acuíferos de la zona.

viii) Tramo Marruecos hasta Puente Pelvin. Río Mapocho.

Los aportes son los Esteros Esperanza, Agua Fría y Agua Clara, y se abastecen los canales Mallarauco, Pelvin y Trebulco. En el tramo, por medio del estudio IPLA se estimaron recuperaciones del orden de 2.5 a 7.9 [m³/s], probablemente producidas por los altos niveles freáticos presentes en los acuíferos del sector.

ix) Tramo Pte. Pelvin hasta el Monte. Río Mapocho.

Este tramo, medido en el estudio IPLA, presente recuperaciones menores a las encontradas para el tramo Pte. Esperanza - Pte. Ferroviario Talagante, pero en ambos casos se encuentra que se está en una zona de exclusiva recuperación.

x) Tramo Angostura – Valdivia de Paine. Río Angostura.

No se encuentran cauces ni aportantes ni demandantes de caudal en este tramo.

En este tramo se presentan grandes recuperaciones según el estudio de B&F, del orden de 3 veces el caudal de entrada al tramo, por lo que, a pesar de que es muy probable que en la zona hayan caudales de afloramiento y retornos de zonas agrícolas importantes, es poco probable que el resultado sea representativo de la situación real.

En términos generales, se puede observar que en la zona alta de la cuenca se producen principalmente pérdidas de caudal, pero medida que se avanza en la cuenca aguas abajo se van produciendo cada vez más recuperaciones. Buena parte de estas recuperaciones están dadas por los afloramientos generados por los acuíferos no confinados superficiales en la zona media de la cuenca, además, por supuesto de los caudales de retorno de riego de las extensas zonas agrícolas de la región.

Desde el Cuadro 2-5 al Cuadro 2-7 se muestran las recuperaciones medidas para cada tramo con las fechas de medición y caudales de recuperación o pérdida medidos.

Cuadro 2 - 5. Caudales de Recuperación Río Angostura [m³/s]

Recuperaciones Río Angostura [m ³ /s]			
	Nov-91	Ene-92	Mar-92
Angostura en angostura - Valdivia de Paine.	19,25	28,95	26,33

Fuente: Modelo de Simulación Hidrológico Operacional Cuencas de los Ríos Maipo y Mapocho, AC Ingenieros Consultores, DGA, 2000.

Cuadro 2 - 6. Caudales de Recuperación Río Mapocho [m³/s]

Tramo	Ago-52	Oct-52	Nov-52	Ene-53	Mar-53	Abr-53	Nov-91	Feb-91	Mar-92
Mapocho en Rinconada - Mapocho en Marruecos	3,34	2,36	0,24	3,31	4,70	4,05			
Mapocho en Marruecos - Mapocho en Pte Pelvin		3,49	2,53	7,94					
Mapocho en Pte Pelvin - Mapocho en el Monte		8,33	5,65	5,50					
Mapocho en el Monte - Mapocho Aguas Abajo San José		0,10	0,67	0,96					
Mapocho en Los Almendros - Mapocho en Pte. Lo Curro							6,82	1,86	0,51
Mapocho en Pte Lo Curro - Mapocho en Rinconada de Maipú							5,88	4	12,75
Mapocho en Rinconada de Maipú - Mapocho en Pte Esperanza							-1,51	1,55	1,86
Mapocho en Pte esperanza - Mapocho en Pte Ferroviario Talagante.							17,75	9,08	14,06

Fuente: Modelo de Simulación Hidrológico Operacional Cuencas de los Ríos Maipo y Mapocho, AC Ingenieros Consultores, DGA, 2000.

Cuadro 2 - 7. Caudales de Recuperación Río Maipo [m³/s]

Recuperaciones en Río Maipo [m ³ /s]							
	Mar-75	Abr-75	May-75	Jun-75	Nov-91	Ene-92	Mar-92
El Manzano - Pte F.F.C.C.Lonquén	-6,66	-0,22	-0,07	-4,63	-0,35	-3,40	-14,99
Pte F.F.C.C.Lonquén - Pte Naltahua.	4,54	7,99	4,87	10,89	34,22	-29,95	6,82
Pte Naltahua - Melipilla	13,12	16,41	17,37	18,85			

Fuente: Modelo de Simulación Hidrológico Operacional Cuencas de los Ríos Maipo y Mapocho, AC Ingenieros Consultores, DGA, 2000.

III. ANÁLISIS CRÍTICO Y PROPOSICIÓN DE MEJORAS INTERFAZ SIG-MAGIC

En la consultoría “Estudio e Implementación de Modelos Hidrológicos Acoplados a SIG para el Manejo y Planificación, Cuencas de Maule, Mataquito e Itata” realizada anteriormente por este consultor, se realizó una serie de modificaciones al código fuente de la Interfaz SIG – MAGIC que resultaron relevantes para la correcta implementación de MAGIC en la Cuenca del Río Maule. Adicionalmente, se identificaron otros aspectos que se planteó abordarlos en futuros trabajos relacionados, tal como en el presente estudio. Particularmente existen tres importantes puntos sobre los cuales se abordó el mejoramiento de la aplicación en la presente consultoría :

i) Limitación de modificación de topología (en shapes) que no se relaciona con modificación en la base de datos Access.

Cuando se utiliza la función de grabación de la topología, se traspasa toda la información topológica (conectividades) contenida en el shape de conectores hacia la base de datos Access. Al realizar esta operación se originan dos frentes de información que no se encuentran relacionados. De esa forma cualquier modificación, ya sea agregar o eliminar conectores, que se realice en la base de datos Access, no se ven reflejados en los shapes (objetos y conectores). De igual manera cuando se agrega o elimina un elemento gráfico mediante alguna modificación en los shapes, no se ve reflejado en la base de datos Access. Este esquema de trabajo genera una duplicidad de información y la necesidad de hacer las actualizaciones en estos dos frentes. Adicionalmente, se ha observado que cuando se modifica los shapes y se graba la topología, la interfaz borra completamente lo contenido en la base de datos Access, siendo necesario poblar nuevamente los atributos que contenía antes de grabar. Esta situación fue planteada como una mejora urgente a realizar, ya que se relaciona con la utilización de esta herramienta en modificaciones de la malla de modelación, ya sea ante mejoras de representación de elementos de la cuenca o en la definición de escenarios de evaluación del recurso hídrico. Para cualquier caso es requisito indispensable que la interfaz SIG MAGIC sea flexible en la modificación de los elementos de modelación.

ii) Mejoramiento de función verificación de topología.

En la implementación de la Interfaz SIG MAGIC en la cuenca del Río Maule, se individualizó ciertas particularidades en la topología definida que eran erróneas y que la Interfaz no detectó. Es necesario incorporar dichas situaciones particulares, además de revisar completamente el algoritmo asociado a la verificación de la topología. Entre las situaciones que habría que corregir, se encuentran las siguientes:

- La definición de un objeto central hidroeléctrica debe iniciarse en un nodo y no de un nodo secundario.
- Código de Retornos de una Central Hidroeléctrica debe ser RH y no CH, siendo éste último asociado a una aducción de la Central Hidroeléctrica.

Adicionalmente se analizó las rutinas de verificación de datos que MAGIC realiza antes de realizar la simulación.

iii) Mejoramiento de visualización de resultados.

El objetivo de este módulo es presentar los resultados de las salidas de MAGIC, ya sea de manera tabular como gráfica. En la revisión de módulo de visualización y análisis de resultados se detectó que este no está funcionando correctamente, siendo necesario linkear los resultados de la simulación de caudales (tablas ASCII o base de datos Access) con la malla de modelación (shapes). Así mismo, se deben incorporar funciones de visualización de los resultados tabularmente.

iv) Mejoramiento Continuo Herramientas Interfaz SIG MAGIC.

Como parte del mejoramiento continuo de la Interfaz se contempló la corrección de aquellos errores que fueron identificados durante la utilización de la aplicación en las cuenca en estudio.

III.1. DESARROLLO DE MEJORAS INTERFAZ SIG-MAGIC

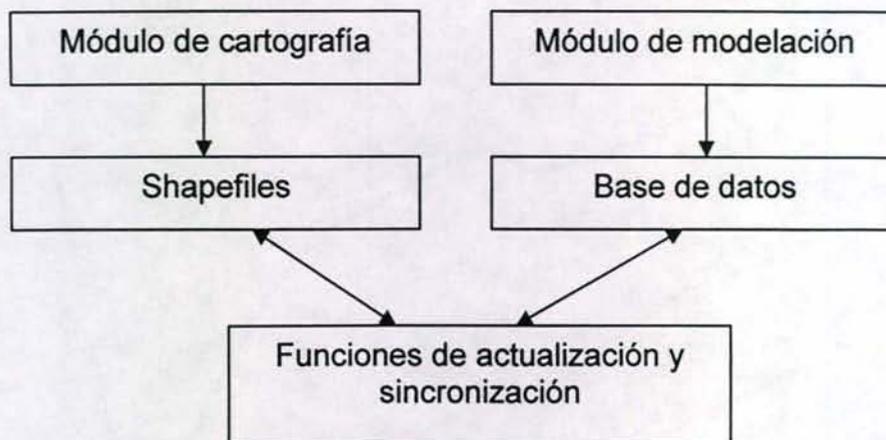
Para mejorar la limitación de relación de la topología con la base de datos explicada anteriormente, se realizó un análisis para definir el método que permita una correcta sincronización entre la información contenida en los shapes y la base de datos Access. En conjunto con la inspección se definió que el modelo de datos implementado fuera el modelo de datos anterior agregándole una serie de funciones que permitan la sincronización de la información desde los shapes hacia la base de datos Access, y viceversa.

Se definió que el módulo de modelación mantendría las herramientas para confeccionar la malla de modelación que actualmente posee, incorporando nuevas funciones específicas de actualización de la información, ya sea en los shapes como en la base de datos. Estas funciones de sincronización entre los shapes y base de datos, se traducen en la elaboración de procedimientos claros del llenado de información asociado a cada elemento específico considerado, entre los cuales se encuentran embalses, nodos, centrales hidroeléctricas, canales, etc..

Una vez realizadas estas tareas y teniendo bien demarcados los alcances de cada módulo y también las herramientas de sincronización de datos, se realizó un análisis del módulo de resultados o escenarios. Se analizaron las funciones de visualización de resultados, permitiendo observar gráficamente los resultados de los balances superficial y subterráneo.

A continuación, se procede a detallar las mejoras implementadas en la Interfaz SIG MAGIC de acuerdo a los lineamientos generales antes expuestos.

Figura 3 -1. Esquema de solución desarrollado para la Sincronización entre Shapes y Access



i) Implementación de mejoras para modificación de topología (en shapes) que se relacione con base de datos Access.

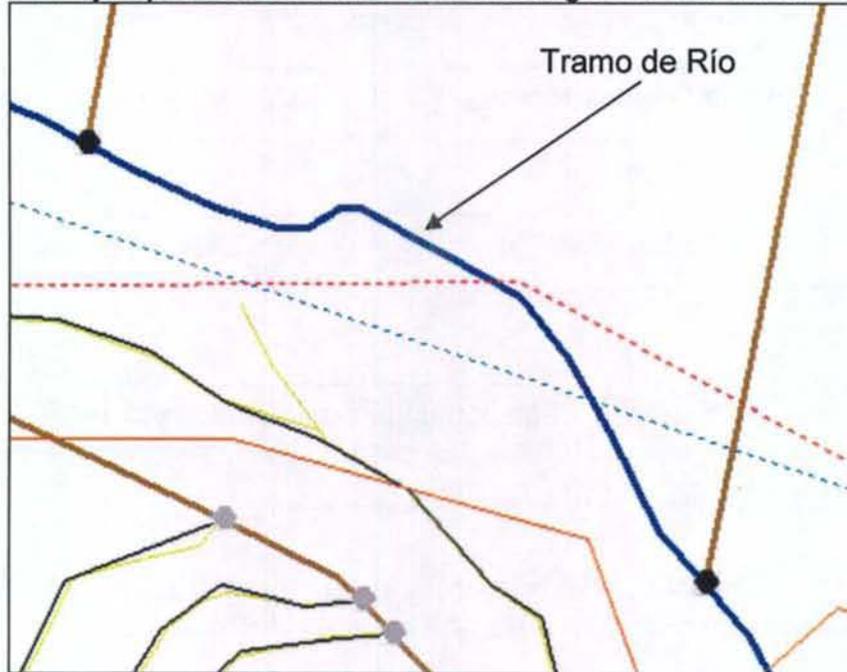
Una vez verificada y grabada la topología, es decir, traspasada toda la información desde los shapefiles a la base de datos, se genera una desconexión entre los shapefiles y la base de datos, con lo cual cualquier modificación topológica realizada en los shapes no es reflejada en la base de datos y viceversa.

Esta situación se analizó profundamente, visualizando la necesidad de considerar una verificación topológica y de datos, además de establecer el orden de llenado de nueva información en conformidad con lo establecido por la base de datos relacional. Lo anterior se traduce en la incorporación de procedimientos específicos asociados a los objetos susceptibles de modificación o adición.

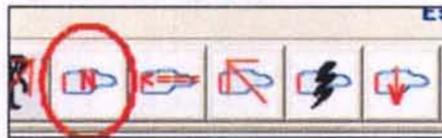
Para explicar los elementos considerados en las mejoras, a continuación se presenta un ejemplo en torno a la adición de un nuevo embalse

En primer lugar se definió que un embalse sólo puede ser ingresado sobre un tramo de río, entre dos nodos principales, por lo tanto lo primero que se debe realizar es ubicar el lugar donde se desea ingresar el nuevo embalse, como se muestra en la Figura 3-2.

Figura 3-2. Ejemplo: Tramo de río donde se ingresará un nuevo Embalse.



Una vez ubicado el tramo, se debe seleccionar la herramienta para la creación del nuevo embalse como se muestra en la siguiente figura:

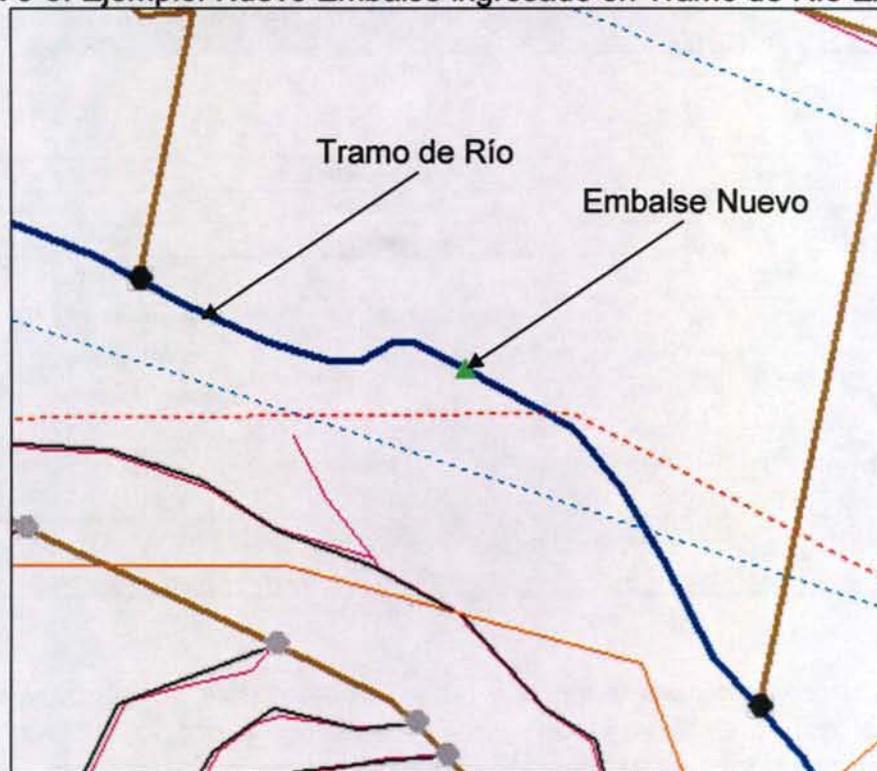


Con esta herramienta se debe pinchar sobre el tramo de río anteriormente ubicado, al hacer esto se dividirá el tramo, se creará un nodo y el objeto embalse.

Internamente el programa insertará un nuevo nodo en la tabla NO_PARAM, un nuevo tramo de río en la tabla RI_TRAMOS, y se modificará el nodo final del tramo editado. Adicionalmente, el embalse se agregará en las siguientes tablas: EM_CA, EM_DEMGE, EM_FV, EM_NODOS, EM_PARAM, EM_QGENMAX, EM_QV, EN_SALIDAS, EM_SVH y EM_TASEV.

En el shapefile de Objetos_magic, se agregará el nuevo objeto con la topología validada, como se muestra en la Figura 3-3.

Figura 3-3. Ejemplo: Nuevo Embalse ingresado en Tramo de Río Existente



En este momento el nuevo embalse está ingresado, tanto en el shape de conectores como en la base de datos y su topología esta validada, faltando sólo ingresar los rebalses, filtraciones, entregas, y en caso que exista, una central hidroeléctrica. Para realizar estos ingresos se deben ocupar las herramientas correspondientes y que se muestran en la siguiente figura:



Al ingresar objetos con estas herramientas, el programa revisa y valida la topología y hace el ingreso de los datos en las tablas correspondientes, para este caso se agrega información en las tablas EM_SALIDAS y EM_NODOS. Cabe hacer notar que en este caso no se agregan registros a estas tablas, sino que se modifican los campos correspondientes al registro del embalse seleccionado.

Una vez ingresados los conectores de rebalses, entregas y filtraciones, se despliega el formulario para que el usuario pueda ingresar información de atributos al nuevo embalse, este formulario se muestra en la Figura 3-4.

Figura 3-4. Formulario de ingreso y edición de Información tabular de Embalses

Coeficientes FV		Coeficientes QV		Salidas	
Volumen bruto de alerta [Mm3]		Evaporación de bandeja [mm]		Coeficientes SVH	
Parámetros Generales		Qmax Gen. Energía [m3/s]		Q Demandado Gen. energía [m3/s]	
Nombre:	-	Acuífero	AC-07	Volumen Inicial [Mm3]	0
Nodo	NO-466	Año Ini	1970	Volumen Muerto [Mm3]	0
Objeto Especial	N/A	Mes ini	Abr	Volumen Máximo [Mm3]	0
Obs.	N/A				

Con esto el proceso para el ingreso de este objeto está concluido y como se puede deducir, el objeto está validado topológicamente, y por lo tanto no es necesario utilizar la herramienta de verificación topológica de la aplicación.

Este procedimiento se aplica a todos los objetos y conectores definidos en la aplicación, y todas estas herramientas están disponibles para el usuario una vez que se haya grabado la topología masivamente.

Tal como se ha indicado anteriormente, al ejecutar la función *grabar topología*, con lo cual se traspa la información de conectividades desde los shapes a la base de datos Access, todos los datos existentes previamente son eliminados de la base de datos. Este hecho define que el procedimiento de modificación de la topología, inhabilite la opción de *grabar topología* una vez que la base de datos ya está poblada. Esta operación fue incorporada a la aplicación mediante una nueva tabla en la base de datos Access que registra si se ha producido la grabación topológica de la malla de modelación.

Todo el procedimiento anteriormente descrito, se tradujo en una serie de actividades realizadas que a continuación se detallan:

a) *Modificación de barra de tareas.*

Para responder a uno de los puntos acordados para el mejoramiento de la aplicación, el que se refiere a la coordinación de la información entre la parte gráfica y la de la base de datos, se generaron nuevos botones, siguiendo el *look and feel* de la aplicación, esto con el objetivo de agregar nuevos objetos en el modelo. Al agregar estos nuevos botones a la barra de herramientas se cambió el tamaño del resto de los botones para que se mantenga la organización de la barra.

Los botones que se agregaron a la aplicación son los siguientes :

- Nuevo Embalse.
- Nuevo Nodo.
- Nueva Cuenca Hidrográfica.
- Nuevo Acuífero.
- Nueva Zona de Riego.
- Nuevo Pozo.

La ventaja que tienen estos botones es que, una vez que la topología esta grabada, es decir que la información de los shapes está en la base de datos, al agregar un objeto con estas nuevas herramientas, estos quedan automáticamente agregados tanto gráficamente como en la base de datos.



b) Implementación de funciones unitarias.

Como complemento al punto anterior se explica a continuación la funcionalidad de estos nuevos botones, que responden a la necesidad de la aplicación de poder agregar nuevos objetos en forma unitaria, una vez grabada la topología. Esas nuevas funcionalidades corresponden a la generación de objetos gráficos unitarios y no de carga masiva, como son nuevos embalses, nodos, acuíferos, cuencas hidrográficas, zonas de riego o pozos. También se agregó la funcionalidad de validar que los objetos que se agregan mantengan la topología y cumplan las reglas lógicas que son particulares de cada objeto, esto con el fin de mantener la consistencia de la base de datos con la información espacial.

Cuando se utilizan estas funciones y no ha sido grabada la topología en la base de datos, los objetos sólo se agregan gráficamente, y luego de grabada la topología los objetos nuevos son agregados también a la base de datos.

Las nuevas funcionalidades se prueban y corrigen de acuerdo a la retroalimentación proporcionada en la operación de la Interfaz, quedando implementadas las siguientes funcionalidades:

- Nuevo Embalse.
- Nuevo Nodo.
- Nueva Cuenca Hidrográfica.
- Nuevo Acuífero.
- Nueva Zona de Riego.
- Nuevo Pozo.

c) *Consistencia en el borrado.*

Siguiendo en el tema de la consistencia y sincronización de la base de datos con la parte gráfica, es decir los shapefiles, además de agregar objetos y conectores se agregó la funcionalidad de borrado de estos objetos. En la aplicación sólo existía la posibilidad de eliminar elementos sólo en su componente gráfica, esto es sobre los *shapes*, quedando inconsistente la aplicación pues los elementos persistían en las correspondientes tablas de base de datos (Access). Se procede con la adición de la lógica necesaria, es decir que al momento de eliminar un objeto o conector este se elimine en la base de datos. Esta funcionalidad se activa una vez grabada la topología en la base de datos.

d) *Implementación de borrado desde formularios de base de datos.*

Como complemento del punto anterior, además de borrar objetos gráficamente se agrega la opción de hacer este proceso desde los formularios que agregan información a la base de datos Access. Para esto, se procede a implementar el borrado desde los formularios de base de datos. En cada uno de ellos, cuando la lógica de la aplicación lo permite, se incorpora un botón de borrado de elemento, tratando de no romper el *look and feel* existente para el formulario con el fin de no confundir al usuario habituado a él.

Se implementa el borrado desde formulario de base de datos con consistencia en el módulo grafico. Esto es, un elemento borrado desde formulario, provoca la eliminación del mismo desde los *shapes*, con el objeto de siempre mantener la consistencia de la información.

e) *Implementación de borrado gráfico en cascada.*

En la implementación de las funcionalidades de los dos puntos anteriores se detectó la necesidad de que, además de eliminar el objeto seleccionado, se deben eliminar también los objetos asociados a él, como por ejemplo, si se elimina un Nodo se deben eliminar los conectores que llegan y los que salen de ese nodo. Por esta razón se procede a la implementación del borrado de elementos relacionados.

Como en este proceso pueden ser eliminados una gran cantidad de conectores u objetos, se hizo necesario crear una interfaz de advertencia, con el fin de que el usuario visualice los elementos relacionados que serán eliminados, esto con el fin de que el usuario pueda ABORTAR la eliminación si lo desea.

f) Unificación de la herramienta de gráfica de eliminación.

Se procede a concentrar la herramienta de eliminación en el modulo grafico en un único punto. La aplicación poseía dos botones para esta funcionalidad dependiendo de si el elemento era un conector o un objeto *magic* (Borrado de conector y Borrado de elemento Magic). Se elimina una de las entradas desde la barra de herramienta y se procede a agregar la lógica para la detección automática de elemento a eliminar, es decir la aplicación detecta si el elemento a eliminar corresponde a un objeto Magic o un conector, estos porque cada elemento posee una forma de validación para poder ser eliminado.

ii) Mejoramiento de función verificación de topología.

En esta tarea se realizó un análisis detenido de todas las validaciones que realiza MAGIC, a partir del extracto del código fuente del programa que fue proporcionado por la Dirección General de Aguas. Como resultado de este análisis se identificó una serie de validaciones que resultan de interés para su implementación en la interfaz SIG MAGIC. Estas validaciones se acordó con la inspección que serían abordadas en una siguiente consultoría.

Básicamente la validación de datos en el programa MAGIC se basa en dos partes, la revisión de los valores ingresados para cada campo además de la revisión de algunas relaciones entre campos, y una revisión topológica de los elementos.

A continuación se detallan las validaciones de datos incluidas en el programa MAGIC:

- Encuentra la eficiencia de conducción acumulada desde el nodo de origen del canal principal hasta el objeto de destino del canal derivado. El resultado es en tanto por uno : $0 \leq \text{Result} \leq 1$). En este procedimiento sólo se entra cuando el N° de canales derivados del canal actual es > 1 y se calcula el porcentaje de distribución de los canales derivados genera el archivo con el n° max. de objetos permitidos en el sistema
- Se valida Entrada ZR, los únicos aportes subterráneos posibles a una zona de riego son los objetos Pozos de Bombeo el objeto aportante es cualquier objeto superficial
- Determina todos los objetos que aportan caudal a cada Zona de Riego en el sistema. Los objetos posibles son:
 - o Canales matrices
 - o Canales derivados
 - o Derrames de otras zonas de riego
 - o Filtraciones de embalses
 - o Entregas para riego de embalses

- Pozos de bombeo
- Se valida "Entrada SU": únicos aportes superficiales posibles a un sector urbano son los retornos superficiales de una captación puntual (RE-XXX)} Los únicos aportes subterráneos posibles a un sector urbano son los Pozos de Bombeo.
- Determina todos los objetos que aportan caudal a cada Sector Urbano en el sistema. Los objetos posibles son:
 - Retornos superficiales desde una captación puntual (RU-XX)
 - Pozos de bombeo (PO-XX)
- Debido a que los tramos de los canales matrices de varios tramos pueden haber sido ingresado en cualquier orden en la Tabla CA_TRAMOS (a pesar de que dicha tabla y el Manual de Usuario lo prohíben explícitamente) este procedimiento busca y ordena los tramos de canal matriz de acuerdo al campo 'Numero' que cada tramo de canal tiene.
- //Tabla1: AC_PARAM
 - AC_Ke debe ser mayor que cero.
 - AC_KS debe ser mayor que cero.
 - AC_IE debe ser mayor que cero.
 - AC_IS debe ser mayor que cero.
 - $AC_ALFA1 + AC_ALFA2 + AC_ALFA3 + AC_ALFA4 > 1.000$
 - $AC_BETA1 + AC_BETA2 + AC_BETA3 + AC_BETA4 > 1.000$
 - $AC_GAMMA1 + AC_GAMMA2 + AC_GAMMA3 + AC_GAMMA4 > 1$
- //Tabla2: AC_QZS
 - La suma de los AC_QZS_ZS del acuífero debe ser ≤ 1
- //Tabla3: AC_QZ
 - La suma de los AC_QZv_Zv del acuífero debe ser ≤ 1
- //Tabla4: AC_QZVE
 - La suma de los AC_QZv_Zv del acuífero debe ser ≤ 1
- //Tabla8: CA_TRAMOS. Todos los tramos de un canal matriz DEBEN ser CONSECUTIVOS
- //Tabla11: CP_PARAM
 - CP_EF La eficiencia de conducción debe ser ≤ 1
 - CP_COEF_PER El coeficiente de pérdida debe ser \leq que el coeficiente de eficiencia de conducción
- //Tabla27: MR_TIPOS
 - MR_EFP Éfp debe ser mayor que cero.

- //Tabla29: NO_PARAM
 - o NO_CODIGO El código del nodo debe comenzar por "NO");

- //Tabla28: NO_DIST
 - o En un nodo, la suma de los porcentajes de distribución permanentes hacia todos los objetos de destino debe ser ≤ 1

- //Tabla35: RI_TRAMOS
 - o RI_TRAMO_ESPESOR El espesor del tramo de río debe ser mayor que cero.
 - o RI_TRAMO_I La pendiente longitudinal del tramo de río debe ser mayor que cero.', NRT[35]);

- //Tabla43: ZR_SR
 - o Para una ZR con más de un período temporal de información, el Año Inicial (' + Campos[43,2] + ') de los períodos posteriores al primero, debe ser igual al Año Final (' + Campos[43,3] + ') del período anterior', NRT[43]);
 - o El año final debe ser mayor que el año inicia
 - o ZR_SR_D El coeficiente de derrames debe estar entre 0 y 1.
 - o ZR_SR_P El coeficiente de percolación debe estar entre 0 y 1.
 - o ZR_SR_FRUD El coeficiente de reuso de derrames debe estar entre 0 y 1.
 - o ZR_SR_FRUP El coeficiente de reuso de percolación debe estar entre 0 y 1.
 - o ZR_SR_FRDEF El coeficiente de reducción del déficit debe estar entre 0 y 1.
 - o ZR_SR_SMIN Smin debe estar entre 0 y 1.
 - o ZR_SR_SCRIT Scrit debe estar entre 0 y 1.
 - o ZR_SR_SCC Scc debe estar entre 0 y 1.
 - o ZR_SR_HMAX Hmax debe ser mayor que 0.
 - o ZR_SR_POREF La porosidad efectiva debe estar entre 0 y 1.
 - o ZR_SR_PMIN Pmin debe estar entre 0 y 1.', NRT[43]);

- //Tabla38: ZR_CULT_PAR
 - o El coeficiente de percolación debe estar entre 0 y 1.
 - o La incidencia del método de riego debe estar entre 0 y 1.

- //Tabla48: ZR_CULT_SC
 - o El año final debe ser mayor que el año inicial !)
 - o La superficie cultivada debe ser mayor que cero.

- //Tabla40: ZR_RET
 - o El año final debe ser mayor que el año inicial !)

- //Tabla50: ZR_ANC_NNM
 - o El año final debe ser mayor que el año inicial !)
- //Tabla53: SU_AREAS
 - o El año final debe ser mayor que el año inicial !)
- //Tabla54: SU_Q: caudales demandados
 - o El año final debe ser mayor que el año inicial !)
- //Tabla56: SU_QPR
 - o La suma de los coeficientes de percolación debe ser ≤ 1 , NRT[56]);

Luego de la revisión de los datos de las tablas se revisa que los códigos de cada objeto estén bien escritos y por último se revisa la topología, en este caso es muy parecida a la revisión topológica de la aplicación SIG MAGIC.

iii) Mejoramiento de visualización de resultados.

En la revisión de módulo de visualización y análisis de resultados se detectó que este no está funcionando correctamente, ante lo cual se linkeó los resultados de la simulación de caudales (tablas ASCII o base de datos Access) con la malla de modelación (shapes) y se incorporó la visualización de resultados tabulares de los distintos elementos incorporados en los modelos.

En el análisis realizado se detectó problemas con el formato de los archivos de salida o de resultado del modelo MAGIC. Se requiere por parte de los programadores de MAGIC que se defina un formato con algún separador de campos que sea el mismo para todos los archivos. Se sugiere que este sea un separador definido como por ejemplo tabs, coma, punto y coma, etc., y no como en algunos casos sucede, donde se ha considerado simples espacios. Esto último hace necesario conocer el ancho de cada campo de cada archivo para poder leerlos correctamente. Una vez que se realice la unificación de formato en los archivos de salida MAGIC, se deberá considerar en una futura etapa corregir los códigos de la Interfaz SIG MAGIC incluyendo el nuevo estándar definido de los resultados MAGIC.

El objetivo de este módulo es presentar los resultados de las salidas de MAGIC, ya sea de manera tabular como gráfica. Para salida tabular, se incorporó la capacidad de mostrar los resultados de los balances superficiales y subterráneos, siendo posible aplicar filtros por año, mes, por acuífero y finalmente por conector. La selección de un elemento específico es acompañado en la vista gráfica con un "zoom to" al elemento definido. Adicionalmente, se ha implementado la posibilidad de presentar los resultados de cada uno de los archivos ASCII relativos a todos los elementos del modelo. Estas funcionalidades han sido incorporadas a la interfaz mediante un formulario predefinido donde se incorpora cada uno de las funcionalidades antes mencionadas. Las Figuras 3-5, 3-6 y 3-7 presentan los

formularios indicados y la ventada de resultados de los archivos específicos, respectivamente.

Para la salida gráfica, se incorporó la posibilidad de presentar los resultados de los balances de la componente superficial y subterránea, para esto se agregó botones que permiten que al seleccionar un elemento en el mapa se despliegan los caudales medios mensuales del objeto seleccionado. Existe un botón para balances superficiales y otro para balances subterráneos, con los cuales se puede consultar los distintos elementos asociados a los sistemas correspondientes.

Figura 3-5. Formulario de Selección de Resultados Tabulares Balances Superficiales

Caudales Superficiales

Balances de Caudales Superficiales

AÑO: 1950 Ver

MES: Abril Ver

Nodo: NO-24 Ver

Conector: TR-33 Ver

Caudales por objeto

Objeto: Ac Recurso: 01 Ver

Salir

Figura 3-6. Formulario de Selección de Resultados Tabulares Balances Subterráneo

Caudales Subterráneos

Balances de Caudales Subterráneos

AÑO: [] Ver

MES: Abril Ver

Acuíferos: AC-01 Ver

Conector: TR-63 Ver

Caudales por objeto

Objeto [] Recurso [] Ver

Salir

Figura 3-7. Ejemplo Ventana Resultados Archivos ASCII

Resultado: tmpfile

Código	Año	Mes	Vini	Qs1	Qsvel	Qss1	Qse2	Q					
[Ma3]	[m3/s]												
N/D													
AC-01	1950	ABR	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.201	...
AC-01	1950	MAY	0.2774	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.106	0.000	0.000	2.595	...
AC-01	1950	JUN	0.2774	0.000	0.000	0.106	0.000	0.000	0.106	0.000	0.000	1.774	...
AC-01	1950	JUL	0.2774	0.000	0.000	0.106	0.000	0.000	0.106	0.000	0.000	0.379	...
AC-01	1950	AGO	0.2774	0.000	0.000	0.106	0.000	0.000	0.106	0.000	0.000	1.273	...
AC-01	1950	SEP	0.2774	0.000	0.000	0.106	0.000	0.000	0.106	0.000	0.000	0.651	...
AC-01	1950	OCT	0.2774	0.000	0.000	0.106	0.000	0.000	0.106	0.000	0.000	0.379	...
AC-01	1950	NOV	0.2774	0.000	0.000	0.106	0.000	0.000	0.106	0.000	0.000	0.902	...
AC-01	1950	DIC	0.2774	0.000	0.000	0.106	0.000	0.000	0.106	0.000	0.000	0.496	...
AC-01	1950	ENE	0.2774	0.000	0.000	0.106	0.000	0.000	0.106	0.000	0.000	0.664	...
AC-01	1950	FEB	0.2774	0.000	0.000	0.106	0.000	0.000	0.106	0.000	0.000	0.416	...
AC-01	1950	MAR	0.2774	0.000	0.000	0.106	0.000	0.000	0.106	0.000	0.000	0.315	...
AC-01	1951	ABR	0.2774	0.000	0.000	0.106	0.000	0.000	0.106	0.000	0.000	0.512	...
AC-01	1951	MAY	0.2774	0.000	0.000	0.106	0.000	0.000	0.106	0.000	0.000	1.575	...
AC-01	1951	JUN	0.2774	0.000	0.000	0.106	0.000	0.000	0.106	0.000	0.000	2.906	...
AC-01	1951	JUL	0.2774	0.000	0.000	0.106	0.000	0.000	0.106	0.000	0.000	2.157	...
AC-01	1951	AGO	0.2774	0.000	0.000	0.106	0.000	0.000	0.106	0.000	0.000	0.712	...
AC-01	1951	SEP	0.2774	0.000	0.000	0.106	0.000	0.000	0.106	0.000	0.000	0.869	...
AC-01	1951	OCT	0.2774	0.000	0.000	0.106	0.000	0.000	0.106	0.000	0.000	0.242	...
AC-01	1951	NOV	0.2774	0.000	0.000	0.106	0.000	0.000	0.106	0.000	0.000	0.483	...
AC-01	1951	DIC	0.2774	0.000	0.000	0.106	0.000	0.000	0.106	0.000	0.000	0.403	...
AC-01	1951	ENE	0.2774	0.000	0.000	0.106	0.000	0.000	0.106	0.000	0.000	0.421	...
AC-01	1951	FEB	0.2774	0.000	0.000	0.106	0.000	0.000	0.106	0.000	0.000	0.412	...
AC-01	1951	MAR	0.2774	0.000	0.000	0.106	0.000	0.000	0.106	0.000	0.000	0.394	...
AC-01	1952	ABR	0.2774	0.000	0.000	0.106	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	...
AC-01	1952	MAY	0.1438	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.055	0.000	0.000	1.383	...
AC-01	1952	JUN	0.2774	0.000	0.000	0.055	0.000	0.000	0.106	0.000	0.000	1.484	...
AC-01	1952	JUL	0.2774	0.000	0.000	0.106	0.000	0.000	0.106	0.000	0.000	1.236	...
AC-01	1952	AGO	0.2774	0.000	0.000	0.106	0.000	0.000	0.106	0.000	0.000	0.432	...
AC-01	1952	SEP	0.2774	0.000	0.000	0.106	0.000	0.000	0.106	0.000	0.000	0.546	...
AC-01	1952	OCT	0.2774	0.000	0.000	0.106	0.000	0.000	0.106	0.000	0.000	0.324	...
AC-01	1952	NOV	0.2774	0.000	0.000	0.106	0.000	0.000	0.106	0.000	0.000	0.275	...

Registros: 1 a 200 de 662

Pag. 1 de 4

Cerrar

iv) **Mejoramiento Continuo Interfaz SIG MAGIC.**

Como parte del desarrollo de la Interfaz SIG MAGIC, se ha contemplado la atención de todos aquellos errores que han sido detectados durante la utilización de la Interfaz en las cuencas de estudio. Particularmente, se han considerado las siguientes actividades:

a) Modificación de formularios base de datos.

En el proceso permanente de mejoramiento de la aplicación se desarrollaron varias mejoras, solucionando problemas de lógica y en la presentación de los formularios de la aplicación. Lo anterior orientado a la modificación en la estructura de las tablas de la base de datos, para lo cual se corrigieron y agregaron formularios de ingreso de información a la base de datos, además de los menús que consultan directamente la base de datos Access.

Algunos de estos formularios de ingreso de datos no funcionaban correctamente debido a cambios en la base de datos, tanto en campos nuevos como en los que cambian de nombre. También han cambiado los formularios debido a que se agregaron validaciones de los datos, además de corregir problemas de lógica para hacer los despliegues más eficientes. Otra razón por la cual se modificaron los formularios, se basa en que se debió agregar la funcionalidad para acceder a estos formularios al momento de agregar elementos en el mapa, esto para dejar consistente la información de la base de datos con la información gráfica.

Los formularios modificados son los siguientes:

1. Acuíferos
2. Aportes naturales
3. Conectividad de acuíferos
4. Conectividades afloramientos superficiales y especiales.
5. Canales
6. Centrales hidroeléctricas
7. Captaciones puntuales
8. Zonas de riego
9. tipos de cultivo
10. Parámetros de cultivo KC y ETP

Ejemplos de estos formularios se muestran en las Figuras 3-8 y 3-9.

Figura 3-8. Ejemplo de Formularios Modificados: Parámetros de Acuíferos

Figura 3-9. Ejemplo de Formularios Modificados: Aportes Naturales

b) *Mantenimiento y mejoramiento de errores detectados durante el desarrollo de las actividades antes mencionadas.*

Durante el desarrollo de las nuevas funcionalidades se detectaron errores de programación y de lógica en el programa, las cuales fueron corregidas en su momento. Estos errores fueron detectados especialmente en el proceso de grabado de la información gráfica a la base de datos, el cual es muy sensible a cambios en la estructura de las tablas de la base de datos. Cabe mencionar que estos errores son muy difíciles de detectar en el tiempo de desarrollo, lo cual hace imprescindible la utilización de la Interfaz, generando nuevas mallas de

modelación, de manera de generar una retroalimentación con los programadores. Particularmente se implementaron las siguientes mejoras:

- Se corrigieron errores en la grabación de objetos, tales como nodos, canales, pozos, embalses, etc., y todos aquellos que tuvieron cambios en la estructura de la base de datos.
- Se cambio la forma de generar los códigos de los conectores de los embalses.
- Se agrego la funcionalidad de detectar si la topología ha sido grabada o no en la base de datos.
- Se revisó el código en la lectura de datos de las estadísticas de caudales y precipitaciones, y los caudales de bombeo.
- En los gráficos del módulo de calibración se cambiaron algunos títulos y se corrigió un error al volver a abrir una ventana. También en este módulo se mejora la lectura de datos del archivo caudales.txt, el cual en algunos casos no se realizaba.

III.2. RECOMENDACIÓN FUTURAS MEJORAS INTERFAZ SIG-MAGIC

En el desarrollo de la presente consultoría se detectó la necesidad de incorporar nuevas funcionalidades y realizar mejoras complementarias a las ya realizadas e incorporadas en el presente informe. Particularmente se han identificado las siguientes mejoras susceptibles de realizarse en futuros trabajos:

- Mejoramiento Continuo Interfaz SIG MAGIC.
- Implementar y completar la verificación topológica, de manera de centralizar en la Interfaz todos los procesos de verificación y corrección topológica que realiza MAGIC. Como resultado de esta actividad se deberá incluir todas las validaciones que MAGIC incluye, y que deberán ser consideradas en el proceso de carga masiva de datos durante el "grabar topología". La recomendación es agregar estas validaciones en los formularios de ingreso de objetos de los diferentes objetos de simulación.
- Incorporar las 5 tablas asociadas a los Sectores Urbanos (SU) que forman parte de la última versión de MAGIC.

IV. IMPLEMENTACIÓN MAGIC CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA

IV.1 INTRODUCCIÓN

Este capítulo se refiere a la implementación de la interfaz SIG MAGIC en la cuenca del Río Aconcagua, lo cual se ha realizado a partir del análisis de suficiencia de información. En ese análisis se identificó los antecedentes disponibles que eran de utilidad, detallándose aquella información que debía ser procesada, ya sea de manera directa o a través de modificaciones de manera tal que cumpla con los requerimientos para la implementación del MAGIC a través de la Interfaz SIG-MAGIC.

Los principales estudios utilizados como referencia para la implementación en la cuenca del Río Aconcagua, corresponden al estudio "*Modelo de Simulación Hidrogeológico Valle del Río Aconcagua*" desarrollado por Ingendesa con la asesoría de AC Ingenieros Consultores Ltda. que en adelante se le denominará **estudio MOSACN**, el "*Plan Director para la Gestión de los Recursos Hídricos en la cuenca del Río Aconcagua*", elaborado por Ayala, Cabrera y Asociados para la DGA el 2003, en adelante **estudio PD Aconcagua**, el estudio "*Evaluación de los Recursos Hídricos Superficiales en la Cuenca del Río Aconcagua*", realizado por el departamento de administración de recursos Hídricos de la DGA en el año 2004, a la que llamaremos **RecACN**. Adicionalmente se cuenta con la base de datos MAGIC proporcionada por la Dirección General de Aguas, generada a partir del **estudio MOSACN**, junto con shapes de múltiples elementos a incorporar en el modelo MAGIC, los cuales se encuentran en coordenadas UTM H19 Datum WGS84. Estos antecedentes se les denominará **BaseACN**.

Toda la información anteriormente mencionada, además de otros antecedentes proporcionados por otras fuentes, según lo detallado a continuación, conforman el punto partida en la preparación y procesamiento de los datos que posibilitaron la implementación de MAGIC mediante la Interfaz SIGMAGIC.

IV.2 GENERALIDADES

El área correspondiente a la cuenca hidrográfica del Río Aconcagua se localiza completamente en la V Región del país. Se ubica entre los paralelos 32°20' y 33°07' de latitud sur y los meridianos 71°31' y 70°00' de longitud oeste. El río nace en la junta de los Ríos Blanco y Juncal a 1420 [m.s.n.m], y alrededor de 13 [km] aguas abajo recibe el importante aporte del Río Colorado, por lo que es un río importante desde su nacimiento.

Los principales tributarios al Río Aconcagua son los Ríos Blanco, Juncal, Colorado, Putaendo, y los esteros Quilpue, Catemu, Lo Campo, los Loros, y Limache.

En sus primeros tramos, el Río Aconcagua tiene un marcado régimen nival, debido a que los ríos Blanco, Juncal y Colorado provienen de la alta cordillera, a más de 5000

[m.s.n.m.] y hasta 7000 [m.s.n.m.]. Una vez que llega al valle central, el río Aconcagua recibe el aporte del Río Putaendo y de los Esteros Pocuro y San Francisco, existiendo además, aportes de caudal de recuperación que son captados por el río.

Los esteros de Catemu y Los Loros provienen desde el norte y el sur respectivamente, y sus cuencas aportantes son de características principalmente pluviales.

Posteriormente, en la parte más baja del río, se reciben los aportes de dos esteros de régimen exclusivamente pluvial, como son los esteros Los Litres y Limache. Éste último es controlado por el Embalse Los Aromos.

Finalmente después de haber recorrido alrededor de 190 [km] desde su nacimiento, a 1420 [m.s.n.m.], el Río Aconcagua desemboca al mar cercano a la ciudad de Viña del Mar, específicamente en la localidad de Con-Con.

La Figura 4-1 muestra la ubicación de la cuenca del Río Aconcagua dentro de la región junto con los principales cauces.

IV.3 BASE DE DATOS MAGIC

El Departamento de Estudios y Planificación de la Dirección General de Aguas suministró la nueva versión de la base datos que alimenta el modelo MAGIC v2.0, la cual aumenta el número de tablas en 6 adicionales respecto de la versión anterior de MAGIC. Esta última versión de MAGIC incorpora el nuevo elemento **Sectores Urbanos (SU)**, el cual permite definir los porcentajes de las precipitaciones sobre los sectores urbanos que retornan al sistema superficial y que ingresan al sistema subterráneo. Adicionalmente permite caracterizar las captaciones superficiales asociadas a dichos sectores urbanos, definiendo su retorno y su percolación hacia el acuífero.

Considerando que la implementación de MAGIC con esta última base de datos, obliga también a compatibilizar dichas tablas en los códigos fuente de la Interfaz SIG MAGIC, lo que no fue contemplado en los Términos de Referencia del estudio, se ha definido en conjunto con la Inspección Fiscal, realizar el poblamiento de la información de las 51 tablas de MAGIC V2.0 no considerando las 6 tablas correspondientes al elemento SU. Las tablas consideradas en la Base de Datos, han sido agrupadas por temas de acuerdo a lo indicado en el Cuadro 4-1.

Cuadro 4 - 1. Clasificación Tablas MAGIC por Áreas Temáticas

N°	Elemento MAGIC	TABLAS MAGIC											
		1	2	3	4								
1	Acuíferos	AC_PARAM	AC_QZS	AC_QZV	AC_QZVE								
2	Pozos	30	31	32									
		PO_PARAM	PO_Q	PO_USOS									
3	Canales	6	7	8	36								
		CA_DER	CA_PARAM	CA_TRAMOS	SECCIONES								
4	Zonas de riego	12	27	37	38	39	40	41	42	43	47	48	51
		CULT_TIPOS	MR_TIPOS	ZR_CULT_ETP	ZR_CULT_PAR	ZR_CULT_PEF	ZR_RET	ZR_AC_NnM	ZR_PARAM	ZR_SR	ZR_QPR	ZR_CULT_SC	ZR_ANC_NNM
5	Centrales hidroeléctricas	9	10										
		CH_PARAM	CH_Q										
6	Embalses	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23		
		EM_CA	EM_DEMGE	EM_FV	EM_NODOS	EM_PARAM	EM_QGENMAX	EM_QV	EM_SALIDAS	EM_SVH	EM_TASEV		
7	Cuencas no controladas	5	26										
		AN_PARAM	CL_PARAM										
8	Descargas puntuales	13	49										
		DP_PARAM	DP_Q										
9	Caudales ecológicos	33											
		QE_PARAM											
10	Topología	28	29	34	35	46	50						
		NO_DIST	NO_PARAM	RI_PARAM	RI_TRAMOS	NO_DIST_Q	EST_CALIB						
11	Fluviometría	25											
		ESTAD_Q											
12	Pluviometría	24											
		ESTAD_PP											
13	Captaciones Puntuales	11	44	45									
		CP_PARAM	CP_RETORNOS	CP_Q									

Fuente: Elaboración Propia

IV.4 ANTECEDENTES PARA POBLAMIENTO DE MAGIC V2.0

A continuación se presentan los antecedentes existentes que fueron requeridos para la implementación de MAGIC 2.0 en la Cuenca del Aconcagua, detallando las labores desarrolladas de manera de completar adecuadamente los datos necesarios.

IV.4.1 Modelo Digital de Elevación y Red Hídrica

Una de las labores relevantes en la preparación de la información para la aplicación del modelo, tiene relación con la generación del Modelo Digital Elevación (MDE), el cual resulta fundamental para la generación de las características de subcuencas aportantes a través del modelo morfométrico incorporado en la interfaz SIG-MAGIC. La definición del MDE a utilizar, se realizó en base a curvas de nivel generadas a partir del Modelo Digital de Elevaciones de la NASA, las cuales se presentan cada 25 metros, con buena calidad en sus atributos tabulares gráficos y con una cobertura adecuada para representar toda el área limítrofe de la cuenca.

La red hidrográfica incorporada en el SIIR-CNR fue editada con la finalidad de generar la topología de dicha cobertura. Cabe mencionar que las herramientas presentes en el módulo de preparación de datos existente en la Interfaz SIG-MAGIC resultan insuficientes para preparar la cobertura de la red hídrica, siendo necesario acudir a otras herramientas comerciales, tal como ARCINFO.

La Figura 4-2 muestra el MDE y la red hídrica topológica generada. A continuación se presenta detalles respecto al procesamiento de MDE y de la Red Hídrica.

- **Procesamiento de la Red Hídrica**

La capa de hidrografía presente en el SIIR-CNR corresponde a una digitalización detallada de todo cauce superficial presente en el área de estudio y dado que su finalidad es la representación de los cauces naturales, no es posible utilizarla directamente en el correspondiente análisis y procesamiento topológico. Para ello se requirió editar dicha hidrografía de tal modo de contar con una red topológica de arcos simples y nodos conectados, incorporando además la propiedad de "flujo" que indica el sentido de escurrimiento.

Si bien la interfaz del SIG MAGIC posee herramientas para crear y editar una red hídrica, se ha detectado que la herramienta "Junta 2 Elementos Seleccionados" no funciona bien, entregando continuamente el mensaje: *"Los Arcos no se pueden unir, direcciones opuestas"*, situación que se solucionó, según se explica más adelante. Adicionalmente, se requiere una herramienta que permita el desplazamiento (paneo) mientras se dibuja un arco, además de incorporar una opción para configurar tolerancia ocupada en el snap (unión automática de nodos), ya que actualmente esta incerteza podría generar intersecciones de cauces en lugares inadecuados. Estos problemas deberán ser abordados en una futura consultoría similar a la del presente estudio.

Por las razones antes mencionadas, se decidió editar la red hidrológica con ArcGIS ArcInfo, tomando como base la estructura de la tabla generada por el SIG MAGIC para su red hidrológica, y así contar con la capa deseada para el posterior procesamiento del MDE. Posteriormente, se continuó con el procedimiento correspondiente en el SIG MAGIC, agregando el identificador único y realizando la validación del tema. Este último proceso se hizo de manera iterativa en función de la identificación de los errores mediante la herramienta "Crear/Verificar red topológica", y la corrección de ellos con ARCIINFO, hasta que la red quedara completamente validada. Es importante mencionar que SIG MAGIC, al correr la herramienta de verificación de la red hidrológica, exige que la tabla de contenidos incorpore únicamente este tema, ya que el proceso consume mucha memoria y otro tema en la vista anula la operación.

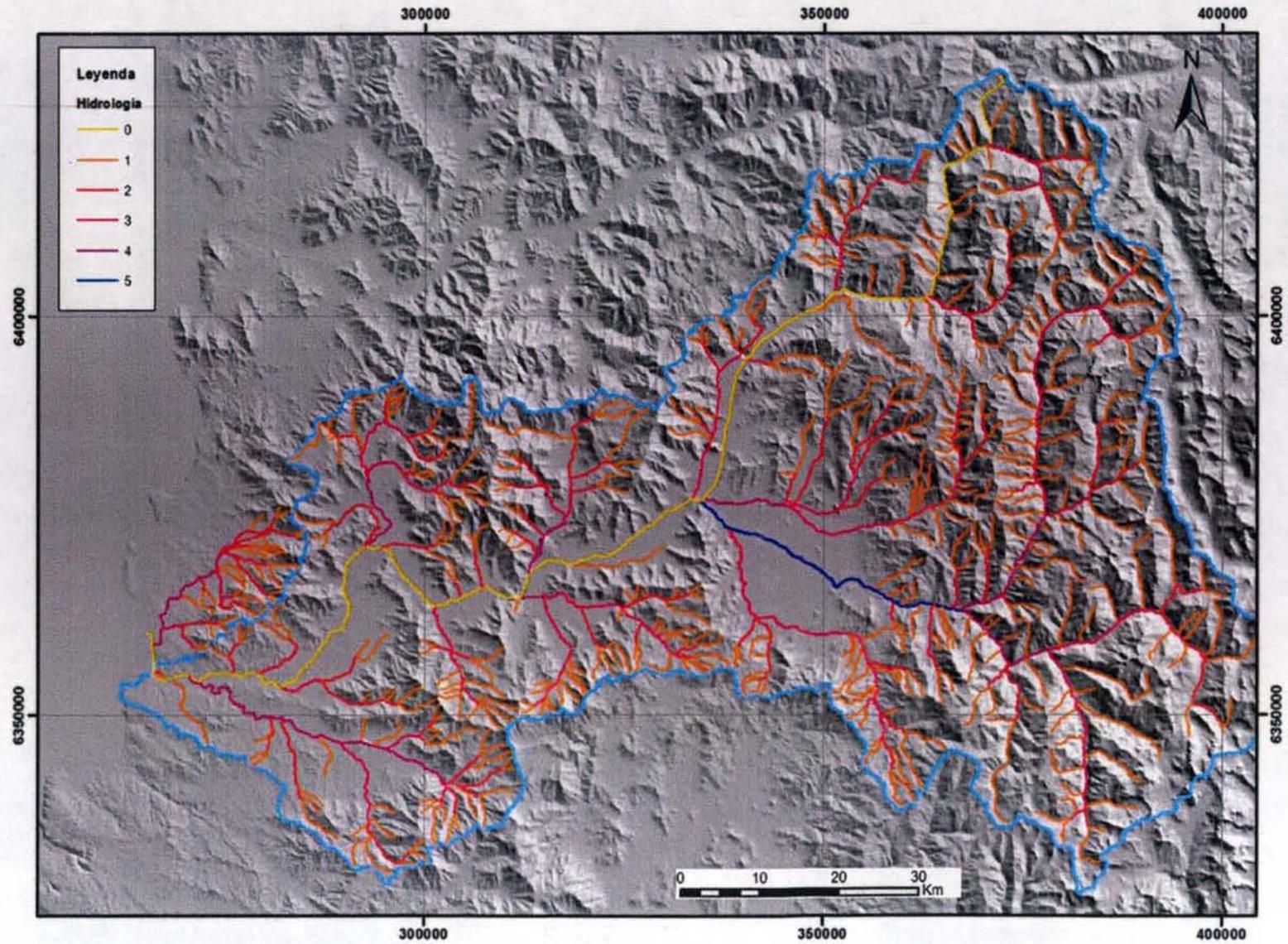
- **Preparación del MDE (Modelo digital de Elevación)**

El MDE se generó en base a curvas de nivel generadas a partir del Modelo Digital de Elevaciones de la NASA, siendo esta información de excelente calidad tanto en su cobertura espacial como en la consistencia de las cotas presentes en su tabla de atributos. Estas curvas de nivel se presentan cada 25 m abarcando el territorio desde el límite norte de la quinta región hasta el límite sur de la sexta región, por lo cual fue necesario acotar el área de estudio correspondiente a la cuenca del Río Aconcagua, y a partir de esta área redefinir la extensión territorial de las curvas de nivel y toda la información espacial que se utilizará en el estudio.

Dado que la mayor parte de la información espacial incorporada en la *BaseACN* se encuentra en el sistema de referencia WGS-84, se decidió continuar con su uso por ser éste el sistema de referencia que promueve el Gobierno de Chile.

Así, mediante la herramienta denominada "Construir Modelo Digital de Elevación", se procedió a su construcción, introduciendo como parámetros el shape de curvas de nivel identificando el campo que posee las alturas, y la red hídrica topológica. Se definió el tamaño de las celdas del modelo en 100 m y se corrió el proceso de la generación del modelo.

Figura 4 - 2. MDE y Red Hídrica



IV.4.2 Acuíferos

Este elemento permite la representación de embalses subterráneos existentes en la cuenca, pudiéndose estimar la escorrentía subterránea, la percolación de elementos superficiales, afloramientos presentes y variación del volumen de almacenamiento para ciertos períodos, dado un determinado bombeo desde pozos de explotación. Para esto MAGIC considera acuíferos regulares (con secciones de entrada y salida rectangulares, trapezoidales, triangulares o semicirculares) con simplificaciones y limitaciones que obliga a definir los acuíferos en serie, pudiendo descargar a un único acuífero en el sentido longitudinal del escurrimiento.

La información requerida por MAGIC se asocia principalmente a la definición de los acuíferos (considerando las limitantes anteriormente indicadas), su topología, las características geométricas y parámetros elásticos.

IV.4.2.1 Características Geométricas

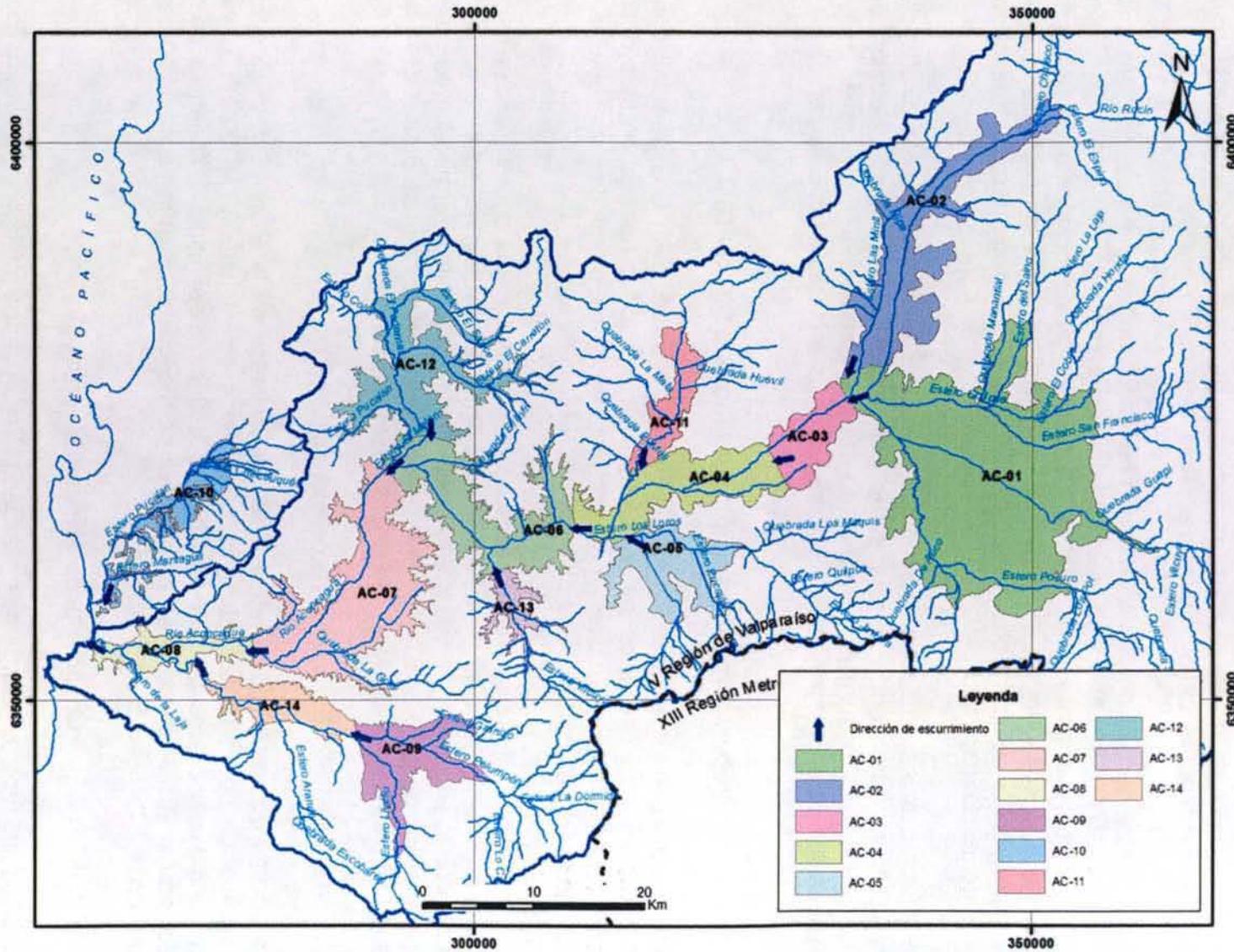
Al analizar la información de las diversas fuentes consideradas, se ha comprobado que ésta es coherente entre sí, encontrándose que los valores presentados son del mismo orden de magnitud. Por esta razón se ha establecido que para efectos del estudio se utilizará como referencia la información incorporada en la *BaseACN*, ya que al ser contrastada con los otros estudios, se concluyó que la información base es la misma, presentando la ventaja de ser compatible para su utilización en el modelo MAGIC, es decir, considerando acuíferos unidireccionales. De esa manera los acuíferos se presentan con una subdivisión adicional a la incorporada en otras fuentes, llegando a un total de 14. La Figura 4-3, se muestran dichos acuíferos, además del sentido del flujo subterráneo.

IV.4.2.2 Parámetros Hidrogeológicos

Los parámetros hidrogeológicos fueron obtenidos de la *BaseACN*, ya que se verificó que éstos fueron obtenidos en base a los análisis realizados en el estudio *MOSACN*, el cual a su vez se basó en la información de pruebas de bombeo y estudios anteriores (Estudio y Modelo de Simulación Hidrogeológico Zona de Desembocadura del Río Aconcagua. Ingendesa y AC Ingenieros Consultores Ltda)

Sólo en un sector correspondiente a la sección 1 del río Aconcagua fueron modificados los parámetros, debido a que recientemente este consultor realizó el estudio "Análisis de Información Hidrogeológica del Valle del Río Aconcagua para la Actualización del Modelo de Operación del Sistema" (DGA – 2007), en el cual se actualizó información referente a este ítem.

Figura 4 - 3. Sectores Acuíferos



IV.4.2.3 Afloramientos

En la *BaseACN* se indica para cada acuífero un punto en el cual es posible que se produzca afloramiento. El modelo contempla un máximo de cuatro puntos de afloramiento por acuífero, pero en este caso sólo se considera uno. Se establece además que el caudal de afloramiento proviene de la sección de entrada del acuífero y se asocia un punto de llegada para el afloramiento.

Esta información ha sido considerada en conjunto con los antecedentes presentados en el estudio *MOSACN*, en el cual se identifican zonas que presentan afloramientos según aforos realizados. También se ha utilizado el conocimiento de la zona por parte de este consultor para complementar la definición de los sectores en que se producen estos afloramientos, además de un recorrido de terreno realizado en conjunto con la Inspección.

De acuerdo a los antecedentes mencionados, se ha establecido la existencia de importantes afloramientos permanentes a lo largo de la Segunda Sección de la cuenca del Río Aconcagua, no habiendo otros antecedentes que permitan aseverar la existencia de afloramientos importantes en otros sectores de la cuenca.

IV.4.2.4 Preparación Información para Interfaz SIG-MAGIC

Para el llenado de la información a través de la interfaz SIG-MAGIC, se han generado las características físicas de los acuíferos para lo cual fue necesario antes definir la topología a utilizar en el modelo, es decir, establecer los límites de los acuíferos, y su relación con el sistema superficial.

Para cada uno de los acuíferos definidos, se detallaron sus características físicas y parámetros asociados, en base a los antecedentes existentes en el estudio *MOSACN* o en la *BaseACN*. En la mayor parte de los casos, la información fue obtenida directamente de la *BaseACN*, por lo que no fue necesaria ninguna preparación de los datos, sino sólo la validación y, en pocos casos, su corrección.

i. Coeficiente de permeabilidad (k).

Se decidió utilizar los parámetros elásticos incluidos en la *BaseACN*, ya que éstos fueron obtenidos en base al análisis realizado en el estudio *MOSACN* y ya se encuentran asociados a cada uno de los acuíferos definidos. Sólo en la primera sección del Río Aconcagua se modificó la permeabilidad, según se mencionó en el punto IV.4.2.2.

ii. Coeficiente de almacenamiento (S).

Se utilizó los valores existentes en la *BaseACN*, basados en los valores cuantificados en el estudio *MOSACN*.

iii. Gradiente hidráulico

Se ha considerado directamente los valores incorporados en la BaseACN, basados en los valores cuantificados en el estudio MOSACN.

iv. Características geométricas

Los 14 acuíferos de la cuenca se consideraron rectangulares y con los antecedentes de la BaseACN se estableció el espesor y el ancho a la entrada y a la salida de cada acuífero definido. En algunos casos particulares se revisaron los perfiles geofísicos disponibles en el estudio MOSACN, de manera tal de mejorar la información.

En el Cuadro 4-2 se muestra un resumen de las características geométricas y elásticas para cada acuífero.

Cuadro 4 - 2. Resumen Acuíferos Cuenca del Río Aconcagua

CÓDIGO	Nombre	Tipo	Volumen [m ³]	Área superficial, [m ²]	Permeabilidad en sección de entrada [m/mes]	Permeabilidad sección de Salida [m/mes]	Coefficiente de Almacenamiento
AC-01	Los Andes - San Felipe	Libre	40061993361	347918792	600	1800	0.15
AC-02	Putando	Libre	14172456339	116234534	1000	900	0.15
AC-03	ACN - Las Vegas	Libre	2423073214	37692250	1800	1800	0.15
AC-04	ACN - Las Vegas	Libre	4983887636	77527141	1800	675	0.15
AC-05	Llay - Llay	Libre	2938519500	58770390	150	600	0.05
AC-06	ACN - Calera	Libre	6346784119	97068463	214	300	0.10
AC-07	ACN - Quillota	Libre	9282025042	141960383	214	300	0.15
AC-08	ACN - Desembocadura	Libre	1903313170	34605694	300	825	0.10
AC-09	Limache	Libre	2165686311	59120747	300	800	0.10
AC-10	Pucalán	Libre	1103269050	36775635	200	200	0.05
AC-11	Catemu	Libre	2259428366	32949997	300	1500	0.15
AC-12	Nogales	Libre	5973533588	92144933	250	214	0.10
AC-13	Ocoa	Libre	4369547600	19861580	250	214	0.01
AC-14	Limache	Libre	1452733253	39657948	300	800	0.10

Fuente: Elaboración Propia

IV.4.3 Pozos

La representación de estos objetos por MAGIC, permite especificar la demanda de un determinado caudal mensual a algún acuífero de la cuenca en estudio. Para su implementación en MAGIC, se requiere saber su ubicación respecto de un determinado acuífero, el uso y caudal extraído (asociados a los factores de uso considerados normalmente por la DGA) y la distribución mensual de los caudales que se extraen.

La información de pozos contenida en la *BaseACN* incluía 30 grupos de pozos junto con sus respectivas estadísticas, los cuales no pudieron ser utilizados directamente debido a que no fue posible identificar que pozos formaban parte de cada grupo, ni los criterios que se utilizaron para la generación de la información. Además, ante una nueva subdivisión de acuíferos y zonas de riego fue necesario realizar una reagrupación de los mismos.

Para este fin, se recurrió al catastro de pozos del estudio *MOSACN*, en el cual se identifican 739 pozos y 716 norias, de los cuales 307 pozos y 591 norias estaban en uso. De este catastro se obtuvo coordenadas UTM, uso y año de construcción de los pozos y norias, así como la distribución mensual de la extracción de la mayor parte de ellos.

Para la implementación de este objeto en MAGIC fue necesario agrupar los pozos y norias existentes en la cuenca asignándole la suma de los caudales de extracción correspondientes. El criterio utilizado, consiste en agrupar los pozos que abastecen cada zona de riego dentro de un mismo acuífero, y con cada grupo definir un pozo representativo, es decir, por cada zona de riego de MAGIC, existirá una cantidad de pozos igual a la cantidad de acuíferos dentro de esa zona de riego. Estos grupos incluirán sólo a aquellos pozos cuyo uso sea para riego. Luego, se agrupan los pozos que poseen un uso distinto al de riego, según el acuífero desde el cual bombean, es decir, un pozo por cada acuífero. Los datos considerados son todos aquellos pozos y norias de los cuales se tiene información de su distribución mensual de caudal.

Para aquellos pozos que no se disponía de antecedentes de la distribución de caudales, fue considerada la información disponible en los Modelos de Simulación Hidrogeológica del *MOSACN*, donde se incluye información de los caudales de bombeo. En los Anexos 4.1 al 4.4 se muestran los pozos y norias de riego y de otro uso.

De este modo, la estadística de caudal asociada a cada captación del modelo corresponde a la suma de los caudales de todos los pozos y norias que la componen, considerándolo desde el año en que cada uno de ellos fue construido. En cuanto al caudal máximo de la captación, se obtuvo como el valor máximo dentro de la estadística generada.

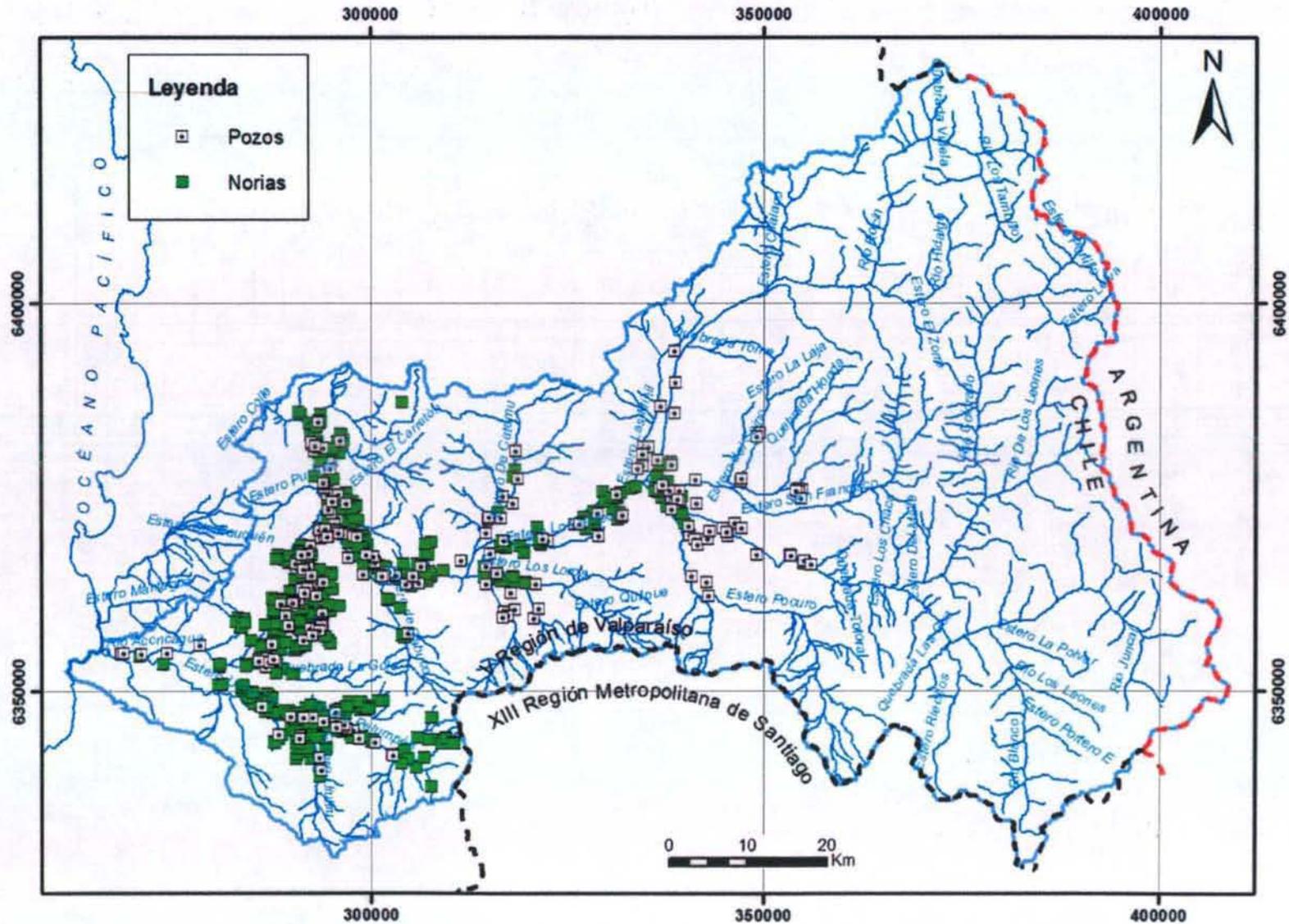
El Cuadro 4-3 se muestra un resumen de los grupos de pozos definidos, junto a sus principales características, mientras que la Figura 4-4 muestra una vista en planta de la ubicación de todos los pozos y norias de la cuenca.

Cuadro 4 - 3. Pozos Agrupados

Código	Uso	Acuífero	Zona de Riego
PO-01	Riego	AC-01	ZR-01
PO-02	Riego	AC-01	ZR-02
PO-03	Riego	AC-02	ZR-04
PO-04	Riego	AC-03	ZR-06
PO-05	Riego	AC-04	ZR-07
PO-06	Riego	AC-04	ZR-08
PO-07	Riego	AC-04	ZR-09
PO-08	Riego	AC-04	ZR-12
PO-09	Riego	AC-05	ZR-10
PO-10	Riego	AC-06	ZR-11
PO-11	Riego	AC-06	ZR-12
PO-12	Riego	AC-06	ZR-13
PO-13	Riego	AC-06	ZR-15
PO-14	Riego	AC-06	ZR-16
PO-15	Riego	AC-07	ZR-15
PO-16	Riego	AC-07	ZR-16
PO-17	Riego	AC-07	ZR-17
PO-18	Riego	AC-07	ZR-18
PO-19	Riego	AC-07	ZR-19
PO-20	Riego	AC-07	ZR-20
PO-21	Riego	AC-08	ZR-23
PO-22	Riego	AC-09	ZR-21
PO-23	Riego	AC-12	ZR-15
PO-24	Riego	AC-13	ZR-12
PO-25	Riego	AC-14	ZR-21
PO-26	Otro Uso	AC-01	N/A
PO-27	Otro Uso	AC-02	N/A
PO-28	Otro Uso	AC-03	N/A
PO-29	Otro Uso	AC-04	N/A
PO-30	Otro Uso	AC-05	N/A
PO-31	Otro Uso	AC-06	N/A
PO-32	Otro Uso	AC-07	N/A
PO-33	Otro Uso	AC-08	N/A
PO-34	Otro Uso	AC-09	N/A
PO-35	Otro Uso	AC-11	N/A
PO-36	Otro Uso	AC-12	N/A
PO-37	Otro Uso	AC-14	N/A

Fuente: Elaboración Propia

Figura 4 - 4. Pozos y Norias



IV.4.4 Canales

Este elemento permite la representación de elementos de conducción de un determinado caudal máximo entre un nodo y una zona de riego, o bien, entre dos nodos. El modelo MAGIC permite definir tramos dentro de cada canal matriz, cada uno de los cuales puede tener diferentes capacidades, eficiencias de conducción y percolar a distintos acuíferos (esto último se consideró a partir de la versión 2.0 de MAGIC). Así mismo, es posible definir canales derivados, cada uno de los cuales también puede tener distintas capacidades y eficiencias. En rigor, para el modelo, el canal derivado es un objeto independiente del canal matriz, sólo unido por un nodo en común. Cabe señalar que MAGIC no incluye la modelación de canales subderivados, razón por lo cual la DGA recomienda representarlos a través de los canales derivados, indicando una capacidad y eficiencia de conducción equivalente desde el punto de vista del balance hídrico.

Los antecedentes necesarios para la implementación de este objeto en la cuenca de estudio, tiene relación con la identificación de las características generales (capacidad, eficiencia, etc.), topología (origen, destino, acuífero destino de percolación, etc.), porcentaje de distribución con respecto al caudal en bocatoma del matriz, entre otros.

Un punto importante referente a los canales es la división administrativa del Río Aconcagua, la cual consta de 4 secciones además de la sección correspondiente al Río Putaendo. El análisis de los canales de la cuenca se desarrolló independiente para cada sección, realizando una subdivisión a nivel de fuentes dentro de cada una. A continuación se menciona una breve descripción de las secciones y los canales dentro de cada una de ellas.

- **Primera Sección:** Comprende desde las nacientes de los Ríos Juncal, Blanco y Colorado hasta el puente Rey, en la entrada sur de San Felipe. Los canales más importantes de esta sección se mencionan en el Cuadro 4-4 y extraen sus agua principalmente del Río Aconcagua y del Estero Pocuro, regando una superficie total de aproximadamente 23436 Ha.

Cuadro 4 - 4. Canales Importantes Primera Sección

CANAL	FUENTE	ÁREA REGADA (Ha)
TUC RINCONADA SAN RAFAEL Y LOS CANTOS	Río Aconcagua	8694.82
SAN MIGUEL	Río Aconcagua	2955.68
TUC ESTANQUERA Y AHUMADA	Río Aconcagua	1771.74
STA ROSA	Río Aconcagua	1642.55
LA PETACA O SN VICENTE	Río Aconcagua	1110.60
QUILPUE	Río Aconcagua	1073.62
SAN REGIS O HURTADO	Río Aconcagua	1030.82
HERRERA	Río Aconcagua	719.74
MONTENEGRO O ALMENDRAL	Río Aconcagua	717.14

CANAL	FUENTE	ÁREA REGADA (Ha)
TUC DEL CERRO ESCORIAL	Río Aconcagua	580.46
LOS QUILOS	Río Aconcagua	534.86
SAUCE O ENCON	Río Aconcagua	510.47
CURIMON	Río Aconcagua	459.06
SALERO	Río Aconcagua	436.08
DEL PUEBLO	Río Aconcagua	240.25
RAMIREZ	Río Aconcagua	151.90
SANTANDER	Río Aconcagua	112.00
ROSALES	Estero Pocuro	128.40
LA PUNTILLA	Estero Pocuro	126.51
PIO RIOS	Estero Pocuro	120.00

Fuente: Elaboración Propia

- **Segunda Sección:** Comprende desde el fin de la primera sección hasta el Río Aconcagua frente a la Puntilla de Romeral. Los canales más importantes de esta sección se mencionan en el Cuadro 4-5 y extraen sus agua principalmente del Río Aconcagua, el Estero Catemu y el Estero Lo Campo, regando una superficie total de aproximadamente 11665 Ha.

Cuadro 4 - 5. Canales Importantes Segunda Sección

CANAL	FUENTE	ÁREA REGADA (Ha)
COMUNERO O UCUQUER	Río Aconcagua	1179.47
TUC CATEMU DEL BAJO, MERCEDES Y PEPINO HUIDOBRO	Río Aconcagua	1179.43
CATEMU DEL ALTO	Río Aconcagua	1177.37
VALDESANO O LLAY LLAY	Río Aconcagua	1114.70
COMUNIDAD PANQUEHUE	Río Aconcagua	1075.19
TUC LA SOMBRA ROMERAL	Río Aconcagua	962.92
TUC PEQUEÑOS Y OCOA	Río Aconcagua	832.33
LAS VEGAS MOLINO	Río Aconcagua	609.00
RABUCO O ECHEVERRIA	Río Aconcagua	505.38
CHACAY O PEDREGALES	Río Aconcagua	298.85
PANCHINO	Río Aconcagua	117.65
TURBINA	Río Aconcagua	115.10
VARILLAR	Estero Catemu	134.55
PALQUIAL	Estero Catemu	117.21
PUREHUE	Estero Catemu	109.75
LORINO	Estero Lo Campo	801.18
VIÑA ERRAZURIZ O TURBINA	Estero Lo Campo	185.85
SAN ANTONIO	Estero Lo Campo	140.25
CAMPINO	Estero Lo Campo	137.95

Fuente: Elaboración Propia

- **Tercera Sección:** Comprende desde el fin de la segunda sección hasta el puente de ferrocarril ubicado después de la junta del Río Aconcagua con el Estero San Isidro. Los canales más importantes de esta sección se mencionan

en el Cuadro 4-6 y extraen sus agua principalmente del Río Aconcagua, el Estero San Isidro y el Estero Los Litres, regando una superficie total de aproximadamente 15667 Ha.

Cuadro 4 - 6. Canales Importantes Tercera Sección

CANAL	FUENTE	ÁREA REGADA (Ha)
PURUTUN	Río Aconcagua	2263.97
WADDINGTON	Río Aconcagua	2050.83
TUC CALLE LARGA POCOCHAY	Río Aconcagua	1628.29
OVALLE	Río Aconcagua	1229.39
EL MELON	Río Aconcagua	1086.11
SAN PEDRO	Río Aconcagua	1069.05
MAUCO	Río Aconcagua	931.18
RAUTEN	Río Aconcagua	732.45
TUC COM DE QUILLOTA Y CANDELARIA	Río Aconcagua	653.63
COMUNIDAD	Río Aconcagua	568.94
SERRANO	Río Aconcagua	330.48
MOLINO RAUTEN	Río Aconcagua	270.10
COLMO	Río Aconcagua	166.65
BOCO	Río Aconcagua	130.31
LO ROJAS	Estero Los Litres	236.98
LAS CHACRAS	Estero Los Litres	180.30
NUEVO PUCALAN	Estero Los Litres	161.80
LAS PATAGUAS	Estero Los Litres	111.10
TAMBOR	Estero San Isidro	354.73
PANGAL	Estero San Isidro	266.49
MOLINO	Estero San Isidro	195.44
STA ROSA POCOCHAY	Estero San Isidro	166.70
LA FERIA	Estero San Isidro	125.85

Fuente: Elaboración Propia

- **Cuarta Sección:** Comprende desde el fin de la tercera sección hasta la desembocadura del Río Aconcagua en el Océano Pacífico. Los canales más importantes de esta sección se mencionan en el Cuadro 4-7 y extraen sus agua principalmente del Río Aconcagua y el Estero Pelumpen, afluente del Estero Limache junto con el Estero LliuLliu, regando una superficie total de aproximadamente 1486 Ha.

Cuadro 4 - 7. Canales Importantes Cuarta Sección

CANAL	FUENTE	ÁREA REGADA (Ha)
SAN VICTOR	Río Aconcagua	226.66
TABOLANGO N 2	Río Aconcagua	93.93
CON CON ALTO	Río Aconcagua	87.33
LAS PATAGUAS	Estero Pelumpen	111.10
LA GAMBOINA	Estero Pelumpen	100.93

Fuente: Elaboración Propia

- **Sección Putaendo:** Está conformada por toda la subcuenca del Río Putaendo, desde sus nacientes hasta la desembocadura en el Río Aconcagua. Los canales más importantes de esta sección se mencionan en el Cuadro 4-8 y extraen sus agua principalmente del Río Putaendo y el Estero Quilpué, regando una superficie total de aproximadamente 6543 Ha.

Cuadro 4 - 8. Canales Importantes Sección Putaendo

CANAL	FUENTE	ÁREA REGADA (Ha)
TUC REVESTIDO PONIENTE	Río Putaendo	2319.42
EL LOBO DE PIGUCHEN	Río Putaendo	600.00
TUC DESAGUE GUZMANES	Río Putaendo	513.00
LA COMPUERTA	Río Putaendo	405.80
LOS LAZOS DE LO VICUÑA	Río Putaendo	350.35
CHALACO	Río Putaendo	331.80
TUC LOBOS Y CASTRO Y COMPAÑÍA	Río Putaendo	205.99
SAN FRANCISCO UNO	Estero Quilpué	300.00
EL MONTE	Estero Quilpué	188.95
SAN FRANCISCO DOS	Estero Quilpué	150.00
DEL SAINO JAHUEL	Estero Quilpué	140.36
TUC MAQUI VEGA Y LA FORTUNA	Estero Quilpué	130.10
EL PORFIADO UNO	Estero Quilpué	116.15
DEL ALTO	Estero Quilpué	101.50

Fuente: Elaboración Propia

La información de la totalidad de los canales existentes en la cuenca junto a sus principales características, se encuentra disponible en el Anexo 4.5.

La información incluida en la *BaseACN* contiene 37 canales matrices y 3 canales derivados, cada uno de los cuales corresponden a una agrupación de canales realizada criteriosamente. Debido a que no es posible identificar explícitamente a que canales representa cada agrupación realizada, fue necesario redefinir la agrupación de canales de la cuenca del Río Aconcagua, de manera de poder identificar claramente cada canal matriz y derivado.

Los canales fueron agrupados considerando la zona que riegan, además de su fuente hídrica, la cercanía de sus bocatomas, y en algunos casos, se consideró un canal matriz exclusivo para el canal real cuando éste es importante en relación al resto de los canales de la cuenca. En caso que un canal matriz riegue más de una zona, se consideró que dicho matriz riega la ultima zona en el sentido del escurrimiento en el canal, mientras que sus derivados las zonas precedentes. En los casos en que no ocurra lo anterior, se asume que todos los derivados riegan la misma zona que su canal matriz.

Cabe mencionar la existencia de un canal de trasvase de recursos del Río Aconcagua hacia la cuenca del Río Maipo, correspondiente al canal Chacabuco-Polpaico. Este canal no fue considerado dentro de la modelación, ya que sus aguas son extraídas aguas arriba del primer nodo utilizado, siendo descontadas de la cuenca de cabecera correspondiente.

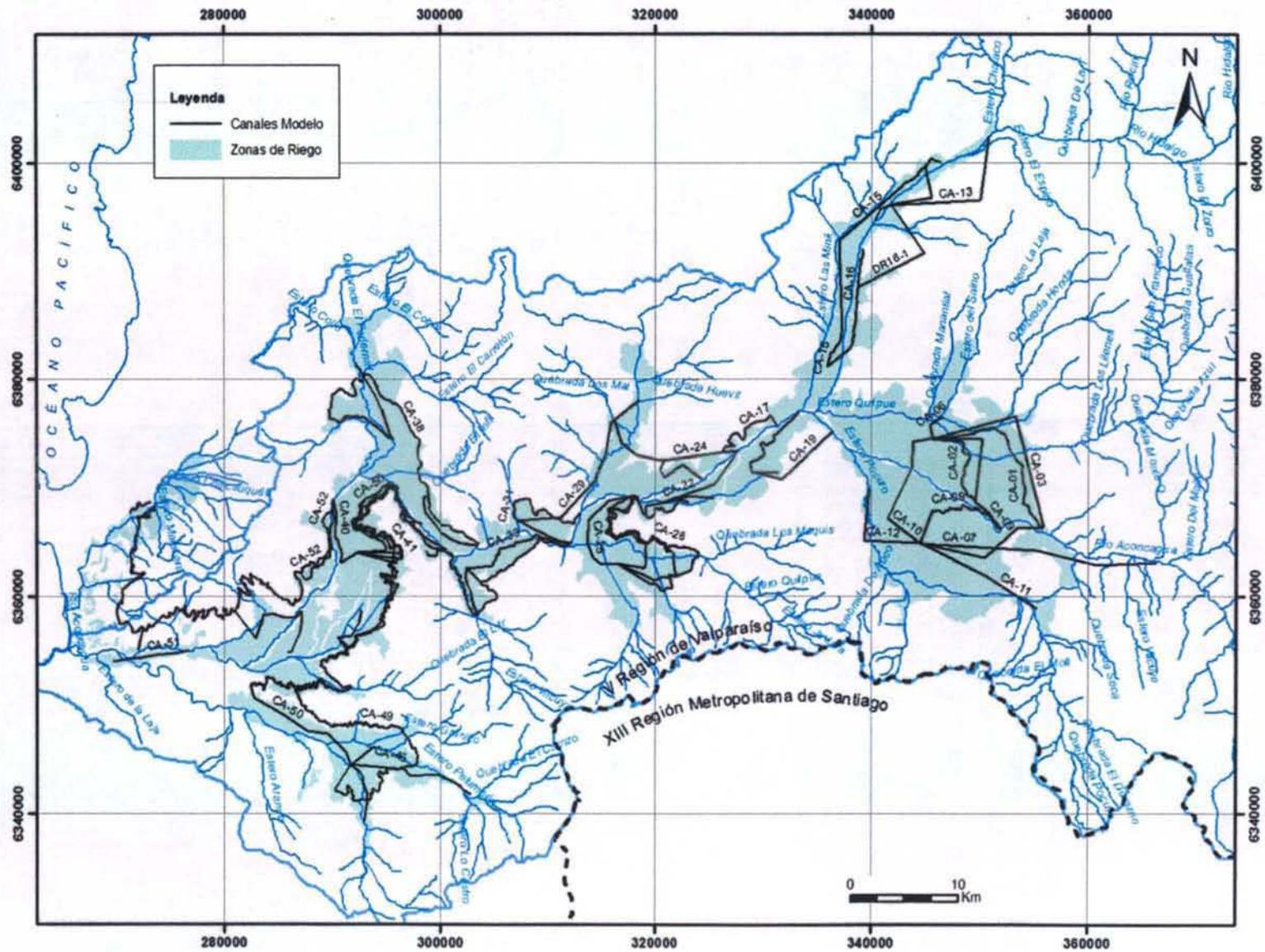
La información referente a capacidades máximas, derechos, superficies de riego de cada canal, longitud, etc. fue obtenida de la información recopilada en los estudios *MOSACN* y *RecACN*, así como también de una revisión realizada al catastro de usuarios.

La longitud de cada canal modelado fue estimada utilizando el programa ArcView 3.2 y corresponde a la suma de las longitudes de cada uno de los canales reales que lo conforman. Del mismo modo fue estimada la capacidad de los canales modelados en función de las capacidades de los canales reales.

En cuanto a la eficiencia de los canales modelados, la metodología de cálculo fue la siguiente: En primer lugar se obtuvo la pérdida por unidad de longitud para cada uno de los canales reales, luego para cada tramo de canal del modelo se calculo la pérdida en función de las pérdidas reales de los canales. Finalmente en función de la pérdida calculada se obtuvo la eficiencia del tramo. En aquellos casos en que un tramo de canal modelado estaba conformado por tramos de más de un canal real, se realizó una ponderación por longitud luego de haber obtenido la eficiencia de cada canal.

En la Figura 4-5 se muestran los canales matrices que representan los grupos de canales que se han considerado, junto con los canales derivados que van a cada zona de riego. El detalle de la agrupación de canales se encuentra disponible en los Anexos 4.6 y 4.7.

Figura 4 - 5. Canales Agrupados



IV.4.5 Zonas de Riego

Este elemento permite la representación de un conjunto de subsectores de riego, donde cada uno posee un tipo de cultivo y un método de riego determinado, pudiéndose estimar el caudal total afluente, tanto superficial como subterráneo; la fracción de dicho caudal utilizada efectivamente para riego; la demanda de riego suplida; la seguridad de riego; el retorno superficial hacia otras zonas; la percolación hacia la zona acuífera y su variación en ciertos períodos de tiempo. Para esto MAGIC considera zonas de riego independientes, con caudales afluentes representados por canales matrices o derivados y un único pozo de bombeo asociado, tranque de regulación nocturna, subsectores de riego que poseen cultivo y método de riego únicos para cada uno.

La información requerida para la implementación de MAGIC, se asocia principalmente a la definición e identificación de las zonas de riego existentes, tipo de cultivo, método de riego asociado, evapotranspiración de los cultivos, precipitación efectiva desde el punto de vista agronómico, derrames o retornos desde o hacia zonas de riego adyacentes y áreas cultivables y no cultivables.

Las principales fuentes utilizadas para analizar este punto fueron el estudio MOSACN, la BaseACN, el VI Censo Nacional Agropecuario (INE 1997) y el censo agrícola realizado por el SAG el año 2004.

IV.4.5.1 Definición e Identificación Zonas de Riego

Para la definición de las zonas de riego se utilizó como base la información del estudio MOSACN y de la BaseACN, realizándose variaciones y subdivisiones de las zonas definidas en ellos. Estos cambios se realizaron de manera de mejorar la representación del comportamiento de la cuenca y la asociación entre los canales y zonas de riego. Para esto se utilizó como antecedente base el catastro de usuarios de la cuenca del aconcagua, donde fue posible identificar que sector riega cada canal a nivel de detalle. Además se completó la información con el censo agrícola realizado por el SAG en el año 2004 y con fotos satelitales obtenidas de GoogleEarth, de modo de tener la información más actualizada.

Basándose en el shape de zonas de riego disponible en la BaseACN, se procedió a revisar las fotos satelitales de GoogleEarth, las que mostraron que las zonas de riego estaban bien definidas en cuanto a su envolvente, salvo algunos sectores en que la superficie cultivada había aumentado. En estos sectores se modificaron las zonas de riego de manera de incluir estas nuevas superficies de cultivo.

De las 20 zonas de riego presentadas en el estudio MOSACN y la BaseACN, se procedió a realizar una subdivisión de algunos sectores debido a su gran magnitud y diferentes características, como el hecho de pertenecer a subcuencas distintas y por ende, poseer propiedades topológicas distintas. En esta subdivisión se consideraron los canales de riego existentes, siendo compatibilizadas sus entregas asociadas con los sectores de riego corregidos.

De este modo, se obtuvieron 24 zonas de riego, cuya envolvente resulta ser básicamente la misma definida en el estudio *MOSACN*, pero aumentando su cobertura en algunos sectores, según lo observado por el SAG a través de imágenes satelitales.

En la Figura 4-6 se observan las 24 zonas de riego definitivas.

IV.4.5.2 Identificación de Acuíferos Adyacentes

La asociación entre las zonas de riego y acuíferos existentes, se definió mediante Arcview 3.2, obteniéndose el porcentaje de la zona de riego que forma parte de cada uno de los acuíferos asociados. Esta distribución es importante de conocer, puesto que la nueva versión de MAGIC permite asociar una zona de riego a más de un acuífero, de tal manera de conocer qué parte del agua demandada percola hacia cada acuífero y poder estimar así el coeficiente equivalente de percolación asociado a cada zona de riego.

IV.4.5.3 Identificación de Cultivos

Los cultivos existentes en cada zona de riego son necesarios para el cálculo de la evapotranspiración correspondiente, y finalmente, las necesidades netas mensuales (NNM) asociadas a cada zona.

La primera fuente de información consultada fue la *BaseACN*, la cual fue descartada por su escasez de información y por presentar un único cultivo para cada zona de riego, el cual representa un promedio de las características de los cultivos dentro de la zona, pero que no proporciona detalles de cultivos y métodos de riego que permitan contrastar la información con otras fuentes disponibles. Debido a esto se consultó el estudio *MOSACN*, el cual presentaba una distribución de cultivos para cada zona de riego (20 zonas), pero solamente para una situación actual, no entrando en detalle acerca de los años anteriores a 1990, en que las superficies de riego se presentan diferentes, sin entrar en ningún detalle al respecto.

Ante la escasez de información acerca de períodos previos a 1990 se decidió trabajar con un único período de simulación, el cual representara las características actuales, con información más confiable al respecto.

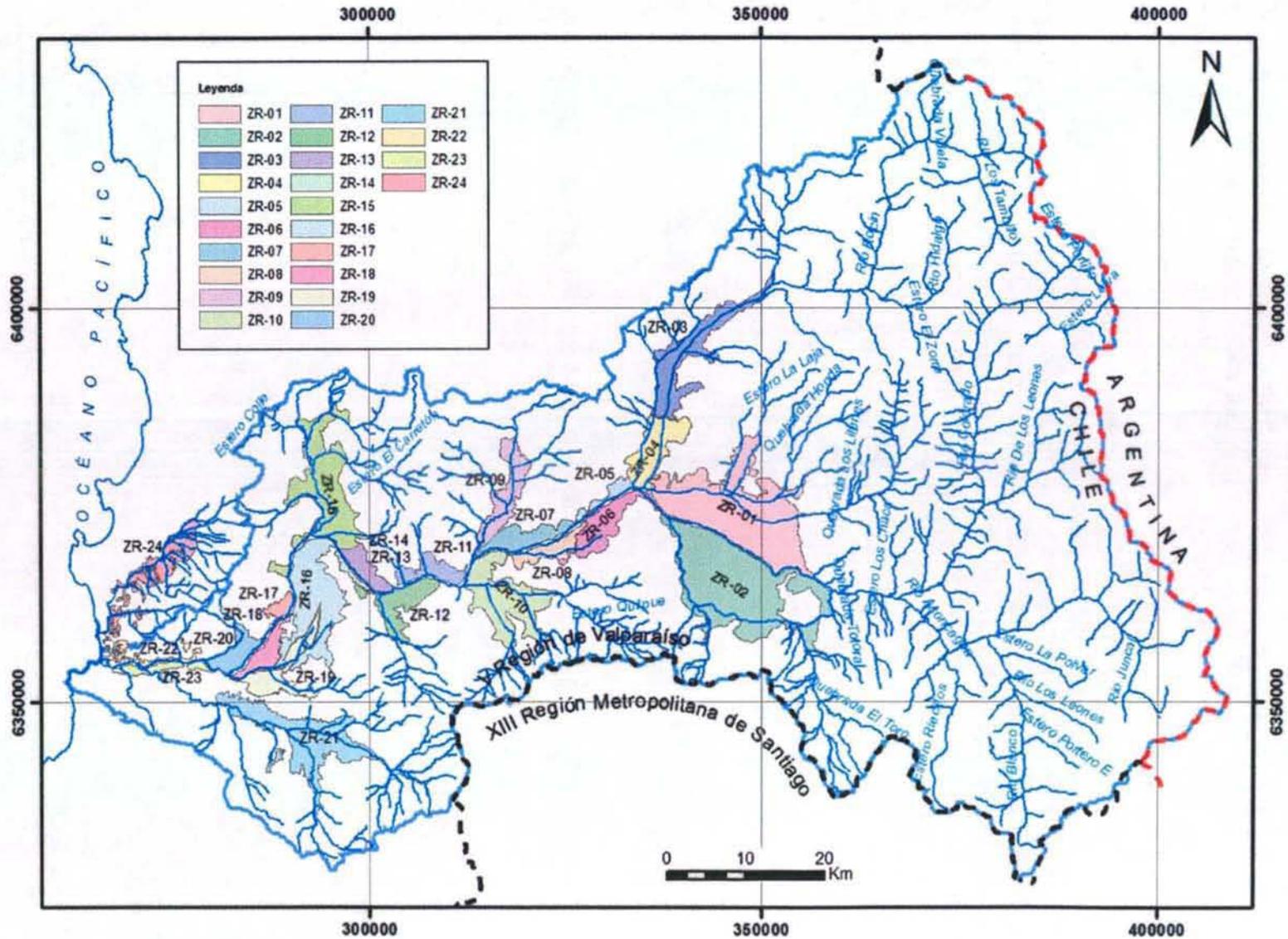
Se decidió realizar una nueva distribución de cultivos basada principalmente en la información recopilada por el SAG (2004), la cual consiste básicamente en un archivo formato shape con información actualizada y detallada de los cultivos en la cuenca del río Aconcagua. Esta información fue utilizada para obtener la distribución espacial de los cultivos e identificarlos para cada una de las zonas de riego. Es importante mencionar que la información proporcionada por el SAG corresponde a un análisis realizado con imágenes satelitales de fecha Julio de 2004, por lo que la

mayor parte de los cultivos de verano no se encuentran representados. Debido a ello, según la recomendación del ingeniero agrónomo asesor del equipo consultor, sólo se utilizó esta información para obtener la distribución y superficie de cultivos de frutales y praderas. Los cultivos restantes (hortalizas, cereales, chacras, flores, etc.) se distribuyeron en el resto de la superficie cultivada mediante la misma distribución porcentual mostrada en el estudio *PD Aconcagua*, donde la fuente principal de información era la proporcionada por el VI Censo Agropecuario.

En relación a las texturas de los suelos, éstas fueron identificadas para cada sector de riego e intersectadas con la información de cultivos, de tal modo de asociar los diferentes tipos de suelo a cada uno de los cultivos correspondientes. De este modo, un mismo cultivo es ingresado a la base de datos del modelo tantas veces como tipos de suelo con ese tipo de plantación exista, tal como se observa a modo de ejemplo en el caso del Ajo, el cual se encuentra cultivado en 6 tipos de suelo distinto, por lo que en el modelo se representa de la siguiente manera:

TC-001	Ajo-Muy fina
TC-002	Ajo-Fina
TC-003	Ajo-Moderadamente fina
TC-004	Ajo-Media
TC-005	Ajo-Moderadamente gruesa
TC-006	Ajo-Gruesa

Figura 4 - 6. Zonas de Riego



IV.4.5.4 Identificación de Métodos de Riego

Los métodos de riego, particularmente sus eficiencias, asociados a cada cultivo existente en las zonas de riego definidas, son necesarios para que MAGIC calcule internamente las Necesidades Netas Mensuales (NNM). Como se mencionó anteriormente, la versión 2.0 de MAGIC incorpora valores de eficiencias por defecto de acuerdo a lo sugerido en la Publicación N° 2 de la FAO.

La determinación de los métodos de riego asociados a los cultivos desarrollados en la cuenca del Río Aconcagua y sus eficiencias respectivas, se realizó con la ayuda de un Ingeniero Agrónomo Asesor y en base al estudio DGA "Actualización de la Situación del Uso Actual y Futuro de los Recursos Hídricos, Zona II (centro y Sur)", realizado recientemente por este consultor.

El Cuadro 4-9 muestra la eficiencia de cada uno de los métodos de riego considerados, mientras que el Cuadro 4-10 muestra el porcentaje de utilización de los métodos de riego para cada cultivo.

Cuadro 4 - 9. Métodos de Riego

Nombre	Eficiencia [°/1]
Aspersión	0.70
Goteo	0.90
Microaspersión	0.75
Surcos	0.45
Tendido	0.30

Fuente: Estudio Actualización de la Situación del Uso Actual y Futuro de los Recursos Hídricos, DGA 2006.

Cuadro 4 - 10. Métodos de Riego por Cultivo

CULTIVO	PORCENTAJE DE UTILIZACIÓN [%]				
	Aspersión	Goteo	Microjet	Surco	Tendido
Ajo	0	0	0	100	0
Alcachofa	0	0	0	100	0
Alfalfa	0	0	0	0	100
Almendro	0	0	72	28	0
Arándano	0	0	100	0	0
Arveja Verde	0	0	0	100	0
Bosque	0	0	0	0	100
Caqui	0	0	0	100	0
Cebolla	0	0	0	100	0
Cerezo	0	0	72	28	0
Chirimoyo	100	0	0	0	0
Choclo	0	0	0	100	0
Ciruelo	0	62	0	38	0
Clavel Aire Libre	0	0	100	0	0
Clavel Invernadero	0	0	100	0	0

CULTIVO	PORCENTAJE DE UTILIZACIÓN [%]				
	Aspersión	Goteo	Microjet	Surco	Tendido
Damasco	0	0	17	83	0
Durazno	0	0	26	74	0
Frambuesas	100	0	0	0	0
Frutal hoja caduca	0	0	26	74	0
Frutal hoja perenne	0	85	0	15	0
Frutillas	100	0	0	0	0
Haba	0	0	0	100	0
Higuera	0	0	26	74	0
Kiwi	0	77	0	23	0
Lechuga	0	0	0	100	0
Lima	0	0	86	14	0
Limonero	0	0	86	14	0
Lúcuma	100	0	0	0	0
Maíz Grano	0	0	0	100	0
Mancaky	0	0	0	100	0
Mandarino	0	0	100	0	0
Manzano	0	85	0	15	0
Membrillo	0	7	0	93	0
Naranja	0	0	87	13	0
Nectarino	0	0	30	70	0
Nispero	0	0	0	100	0
Nogal	0	44	0	56	0
Olivo	0	0	51	49	0
Orégano	0	0	0	100	0
Otras Flores	0	0	100	0	0
Otras Hortalizas	0	0	0	100	0
Otros Cereales	0	0	0	0	100
Palto	85	0	0	15	0
Papa	0	0	0	100	0
Pera Asiática	0	59	0	41	0
Peral	0	42	0	58	0
Pimiento	0	0	0	100	0
Pomelo	0	0	100	0	0
Poroto Consumo Interno	0	0	0	100	0
Poroto Granado	0	0	0	100	0
Poroto Verde	0	0	0	100	0
Pradera	0	0	0	0	100
Repollo	0	0	0	100	0
Tabaco	0	0	0	100	0
Tangelo	0	0	87	13	0
Tomate Aire Libre	0	0	0	100	0
Tomate Industrial	0	0	0	100	0
Tomate Invernadero	0	0	0	100	0
Trigo Blanco	0	0	0	0	100
Trigo Candeal	0	0	0	0	100
Tunas	0	0	0	100	0
Viña/parrón	0	0	50	50	0

CULTIVO	PORCENTAJE DE UTILIZACIÓN [%]				
	Aspersión	Goteo	Microjet	Surco	Tendido
Zanahoria	0	0	0	100	0

Fuente: Estudio Actualización de la Situación del Uso Actual y Futuro de los Recursos Hídricos, DGA 2006.

IV.4.5.5 Evapotranspiración de Cultivos

Para el cálculo de la evapotranspiración de los cultivos es necesaria la identificación de los coeficientes de cultivo y la evapotranspiración potencial.

La determinación de los coeficientes de cultivos, se obtuvo directamente del estudio DGA "Actualización de la Situación del Uso Actual y Futuro de los Recursos Hídricos, Zona II (centro y Sur)". El Cuadro 4-11 muestra la distribución mensual de los coeficientes de cultivo.

Cuadro 4 - 11. Coeficiente de Cultivo

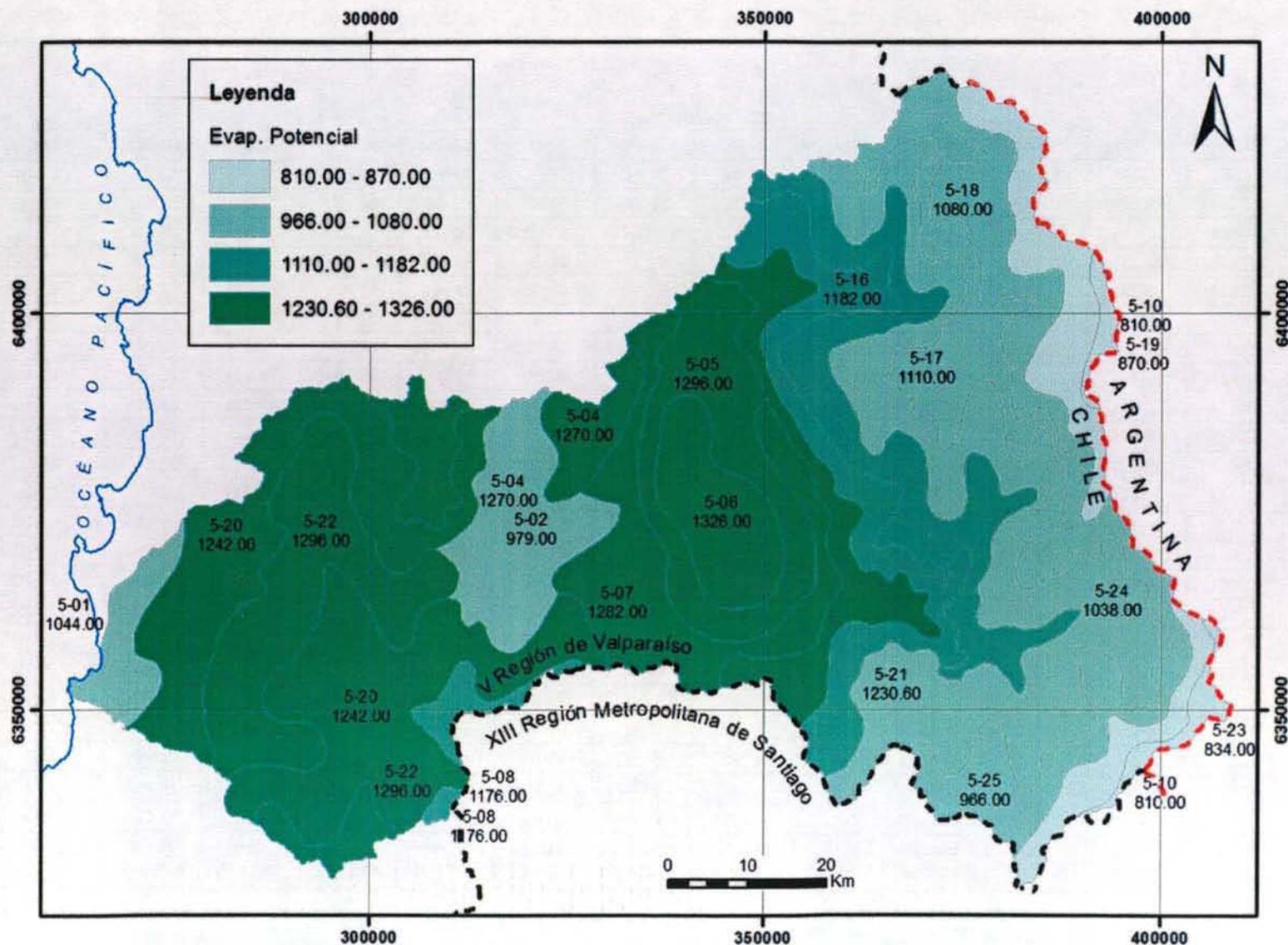
CULTIVO	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Ajo			0.70	0.80	0.85	0.95	1.00	1.00	0.85	0.75	0.70	
Alcachofa	0.65	0.75	0.80	0.80	0.90	0.95	0.95	0.95	0.95	0.90	0.15	0.45
Alfalfa	0.83	0.72	0.66	0.65	0.67	0.72	0.83	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Almendro	0.65				0.55	0.55	0.65	0.75	0.90	0.90	0.80	0.75
Arándano							0.21	0.35	0.45	0.49	0.49	0.36
Arveja Verde						0.50	0.83	1.15	1.10			
Bosque	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
Caqui	0.65					0.50	0.70	0.90	1.10	1.10	1.10	0.87
Cebolla		0.70	0.70	0.85	0.85	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
Cerezo							0.48	0.66	0.84	1.03	1.03	0.78
Chirimoyo	1.06	1.10	1.03	0.95	0.85	0.75	0.65	0.50	0.75	0.87	0.95	1.00
Choclo					0.45	0.80	1.15	1.15	1.05			
Ciruelo							0.58	0.72	0.86	0.98	0.98	0.70
Clavel Aire Libre	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.58	0.72	0.86	0.98	0.98	0.70
Clavel Invernadero	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.58	0.72	0.86	0.98	0.98	0.70
Damasco	0.65					0.55	0.65	0.75	0.90	0.90	0.80	0.75
Durazno	0.65					0.55	0.65	0.75	0.90	0.90	0.80	0.75
Frambuesas						0.30	0.55	0.80	1.05	1.05	0.78	0.50
Frutal hoja caduca	0.65					0.55	0.65	0.75	0.90	0.90	0.80	0.75
Frutal hoja perenne	0.72	0.70	0.70	0.63	0.63	0.62	0.65	0.69	0.73	0.73	0.74	0.73
Frutillas						0.40	0.63	0.85	0.85	0.80	0.75	
Haba	0.93	1.00	1.00	0.96							0.70	0.79
Higuera	0.65					0.55	0.65	0.75	0.90	0.90	0.80	0.75
Kiwi	1.05						0.40	0.73	1.05	1.05	1.05	1.05
Lechuga					0.15	0.80	0.90	0.90	0.90			
Lima	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.64	0.64	0.62	0.60	0.60	0.62	0.64
Limonero	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.64	0.64	0.62	0.60	0.60	0.62	0.64
Lúcuma	0.78	0.75	0.75	0.60	0.60	0.60	0.65	0.75	0.85	0.85	0.85	0.82

CULTIVO	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Maíz Grano							0.45	0.83	1.20	1.20	0.84	0.48
Mancaky	0.65					0.50	0.70	0.90	1.10	1.10	1.10	0.87
Mandarino	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.64	0.64	0.62	0.60	0.60	0.62	0.64
Manzano	0.83						0.48	0.68	0.88	1.08	1.08	0.96
Membrillo	0.83						0.48	0.68	0.88	1.08	1.08	0.96
Naranja	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.64	0.64	0.62	0.60	0.60	0.62	0.64
Nectarino	0.65					0.55	0.65	0.75	0.90	0.90	0.80	0.75
Nispero							0.58	0.72	0.86	0.98	0.98	0.70
Nogal	0.65					0.50	0.70	0.90	1.10	1.10	1.10	0.87
Olivo	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44
Orégano	0.30	0.55	0.90	1.05	0.80	0.50						
Otras Flores	0.30	0.55	0.90	1.05	0.80	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Otras Hortalizas	0.30	0.55	0.90	1.05	0.80	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Otros Cereales		0.50	0.70	0.80	0.70	0.50	0.10	0.10	0.10			
Palto	0.78	0.75	0.75	0.60	0.60	0.60	0.65	0.75	0.85	0.85	0.85	0.82
Papa					0.30	0.73	1.15	0.75				
Pera Asiática	0.83						0.48	0.68	0.88	1.08	1.08	0.96
Peral	0.83						0.48	0.68	0.88	1.08	1.08	0.96
Pimiento					0.50	0.78	1.05	1.00	0.90			
Pomelo	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.64	0.64	0.62	0.60	0.60	0.62	0.64
Poroto Consumo Interno				0.50	0.68	0.86	1.05	0.90	0.85			
Poroto Granado				0.50	0.68	0.86	1.05	0.90				
Poroto Verde				0.50	0.68	0.86	1.05	0.45				
Pradera	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Repollo					0.15	0.80	0.90	0.90	0.90			
Tabaco						0.15	0.35	0.35	0.40	0.45	0.45	15.00
Tangelo	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.64	0.64	0.62	0.60	0.60	0.62	0.64
Tomate Aire Libre					0.68	0.92	1.15	1.15	0.98	0.80		
Tomate Industrial					0.68	0.92	1.15	1.15	0.98	0.80		
Tomate Invernadero	1.2	0.94			0.22	0.74	1.01	1.2	1.13	0.41	0.55	1.06
Trigo Blanco		0.64	0.65	0.83	1.06	1.11	1.11	1.04	0.64			
Trigo Candeal		0.64	0.65	0.83	1.06	1.11	1.11	1.04	0.64			
Tunas	0.55	0.50	0.50	0.45	0.45	0.50	0.50	0.50	0.55	0.55	0.55	0.55
Viña/parrón	0.45					0.30	0.48	0.65	0.85	0.85	0.75	0.65
Zanahoria	0.70							0.40	0.75	0.80	1.00	1.00

Fuente: Estudio Actualización de la Situación del Uso Actual y Futuro de los Recursos Hídricos, DGA 2006.

La evapotranspiración potencial fue obtenida en base a los distritos agroclimáticos en la cuenca del Río Aconcagua. Mediante la utilización de ArcView 3.2 se intersectaron los distritos agroclimáticos con las zonas de riego y se calculó la evapotranspiración potencial en cada zona de riego como una ponderación de cada distrito por la superficie que abarca. Los valores obtenidos fueron asignados a todos los cultivos dentro de una misma zona de riego. La Figura 4-7 muestra una vista en planta de los distritos agroclimáticos en la cuenca del Río Aconcagua, mientras que en el Cuadro 4-12 se muestran los valores obtenidos de la evapotranspiración potencial para cada Zona de Riego.

Figura 4 - 7. Distritos Agroclimáticos (Evapotranspiración Potencial en [mm])



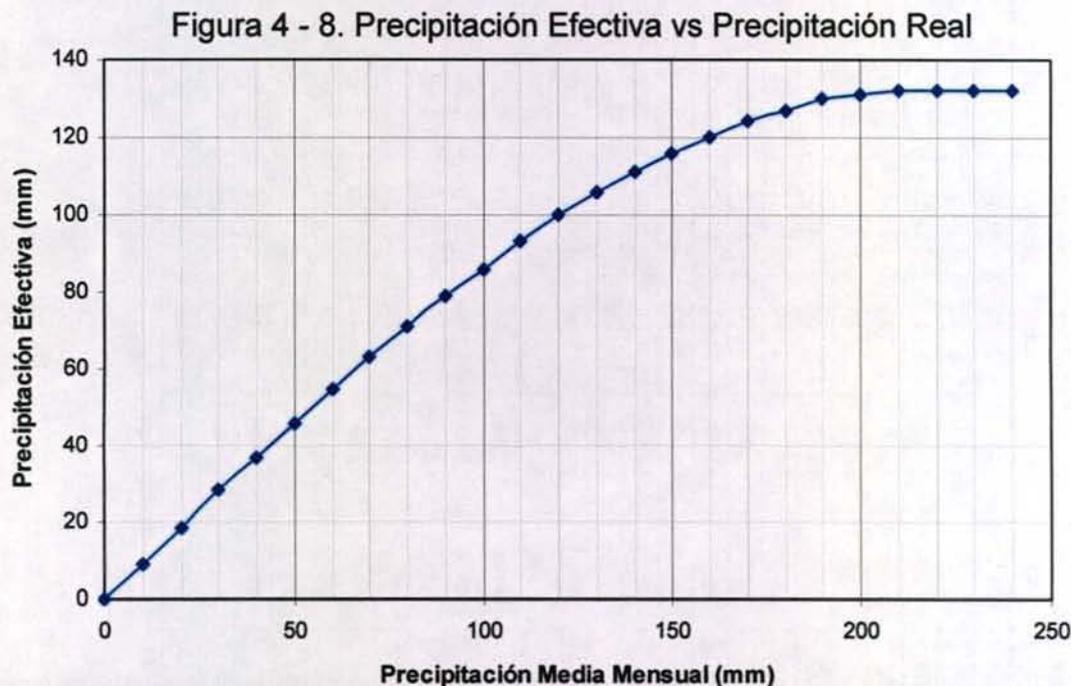
Cuadro 4 - 12. Evapotranspiración Potencial por Zona de Riego

ZONA RIEGO	Eto Ene [mm]	Eto Feb [mm]	Eto Mar [mm]	Eto Abr [mm]	Eto May [mm]	Eto Jun [mm]	Eto Jul [mm]	Eto Ago [mm]	Eto Sep [mm]	Eto Oct [mm]	Eto Nov [mm]	Eto Dic [mm]	Eto Anual [mm]
ZR-01	189.34	178.64	149.47	109.68	69.82	40.72	30.02	40.72	70.03	109.68	149.54	178.64	1316.29
ZR-02	188.32	177.64	148.45	108.62	68.74	39.60	28.91	39.60	69.99	108.62	148.49	177.64	1304.63
ZR-03	187.83	177.17	147.93	108.04	68.13	38.93	28.24	38.93	68.18	108.04	147.95	177.17	1296.53
ZR-04	188.76	178.06	148.85	108.99	69.09	39.93	29.23	39.93	70.06	108.99	148.90	178.06	1308.83
ZR-05	168.54	158.89	132.42	99.02	60.18	33.71	24.06	33.71	66.30	96.30	132.42	158.89	1164.43
ZR-06	168.47	158.83	132.39	99.05	60.23	33.79	24.15	33.79	65.76	96.31	132.39	158.83	1163.97
ZR-07	141.00	133.00	111.00	88.00	51.00	29.00	21.00	29.00	51.00	81.00	111.00	133.00	979.00
ZR-08	143.07	134.95	112.61	88.83	51.69	29.35	21.23	29.35	52.15	82.15	112.61	134.95	992.97
ZR-09	141.00	133.00	111.00	88.00	51.00	29.00	21.00	29.00	51.00	81.00	111.00	133.00	979.00
ZR-10	143.99	135.81	113.31	89.13	51.96	29.47	21.29	29.47	51.97	82.64	113.32	135.81	998.18
ZR-11	182.80	172.44	144.16	106.16	66.89	38.62	28.26	38.62	66.89	105.53	144.16	172.44	1266.96
ZR-12	186.75	176.15	147.26	107.77	68.28	39.39	28.80	39.39	68.29	107.77	147.26	176.15	1293.29
ZR-13	187.00	176.40	147.50	108.00	68.50	39.60	29.00	39.60	68.50	108.00	147.50	176.40	1296.00
ZR-14	186.31	175.72	146.83	107.38	67.90	39.03	28.45	39.03	67.92	107.38	146.85	175.72	1288.52
ZR-15	186.86	176.27	147.37	107.88	68.38	39.49	28.89	39.49	68.39	107.88	147.37	176.27	1294.54
ZR-16	184.97	174.41	145.55	106.18	66.76	37.94	27.38	37.94	66.80	106.18	145.60	174.41	1274.12
ZR-17	187.00	176.40	147.50	108.00	68.50	39.60	29.00	39.60	68.50	108.00	147.50	176.40	1296.00
ZR-18	187.00	176.40	147.50	108.00	68.50	39.60	29.00	39.60	68.50	108.00	147.50	176.40	1296.00
ZR-19	183.50	172.97	144.14	104.85	65.49	36.73	26.20	36.73	65.56	104.85	144.21	172.97	1258.21
ZR-20	186.97	176.37	147.47	107.98	68.48	39.58	28.98	39.58	68.48	107.98	147.47	176.37	1295.71
ZR-21	184.67	174.12	145.26	105.90	66.50	37.69	27.13	37.69	66.54	105.90	145.31	174.12	1270.82
ZR-22	162.51	153.21	127.80	93.13	58.42	33.05	23.74	33.05	58.45	93.13	127.84	153.21	1117.55
ZR-23	164.86	155.42	129.63	94.44	59.21	33.46	24.02	33.46	59.25	94.44	129.67	155.42	1133.31
ZR-24	159.81	150.67	125.74	91.69	57.62	32.71	23.57	32.71	57.64	91.69	125.76	150.67	1100.28

Fuente: Elaboración Propia

IV.4.5.6 Precipitación Efectiva

La precipitación efectiva se calculó mediante la utilización de la curva que se muestra en la Figura 4-8, la cual fue recomendada por un Ingeniero Agrónomo Asesor y cuya confección considera el efecto de saturación del suelo, por lo que el porcentaje de la precipitación efectiva en relación a la precipitación real resulta ser menor mientras más grande es la lluvia.



Esta curva fue aplicada al promedio mensual de precipitación en las estadísticas de 1950 a 1998, asociadas a cada una de las zonas de riego, obteniéndose la distribución mensual de la precipitación efectiva para cada una de las zonas de riego, la cual se muestra en el Cuadro 4-13.

Cuadro 4 - 13. Precipitación Efectiva por Zona de Riego

ZONA RIEGO	Pef ENE, [mm]	Pef FEB, [mm]	Pef MAR, [mm]	Pef ABR, [mm]	Pef MAY, [mm]	Pef JUN, [mm]	Pef JUL, [mm]	Pef AGO, [mm]	Pef SEP, [mm]	Pef OCT, [mm]	Pef NOV, [mm]	Pef DIC, [mm]	Pef Anual,
ZR-01	0.00	0.00	0.00	5.10	30.60	41.80	46.10	27.60	8.70	1.90	0.00	0.00	161.80
ZR-02	0.00	0.00	0.00	5.10	30.60	41.80	46.10	27.60	8.70	1.90	0.00	0.00	161.80
ZR-03	0.00	0.00	0.00	8.00	39.60	57.10	61.20	43.10	17.80	5.30	1.80	0.00	233.90
ZR-04	0.00	0.00	0.00	5.10	30.60	41.80	46.10	27.60	8.70	1.90	0.00	0.00	161.80
ZR-05	0.00	0.00	0.00	5.10	30.60	41.80	46.10	27.60	8.70	1.90	0.00	0.00	161.80
ZR-06	0.00	0.00	0.00	5.10	30.60	41.80	46.10	27.60	8.70	1.90	0.00	0.00	161.80
ZR-07	0.00	0.00	0.00	4.70	35.10	50.20	53.90	31.90	11.30	2.30	0.00	0.00	189.40
ZR-08	0.00	0.00	0.00	4.70	35.10	50.20	53.90	31.90	11.30	2.30	0.00	0.00	189.40
ZR-09	0.00	0.00	0.00	4.70	35.10	50.20	53.90	31.90	11.30	2.30	0.00	0.00	189.40
ZR-10	0.00	0.00	0.00	4.70	35.10	50.20	53.90	31.90	11.30	2.30	0.00	0.00	189.40
ZR-11	0.00	0.00	0.00	4.70	35.10	50.20	53.90	31.90	11.30	2.30	0.00	0.00	189.40
ZR-12	0.00	0.00	0.00	11.40	61.50	81.00	86.40	56.90	20.80	9.20	2.50	0.00	329.70
ZR-13	0.00	0.00	0.00	11.40	61.50	81.00	86.40	56.90	20.80	9.20	2.50	0.00	329.70
ZR-14	0.00	0.00	0.00	11.40	61.50	81.00	86.40	56.90	20.80	9.20	2.50	0.00	329.70
ZR-15	0.00	0.00	0.00	11.40	61.50	81.00	86.40	56.90	20.80	9.20	2.50	0.00	329.70
ZR-16	0.00	0.00	0.00	11.40	61.50	81.00	86.40	56.90	20.80	9.20	2.50	0.00	329.70
ZR-17	0.00	0.00	0.00	11.40	61.50	81.00	86.40	56.90	20.80	9.20	2.50	0.00	329.70
ZR-18	0.00	0.00	0.00	13.20	53.90	82.60	82.00	56.40	23.20	6.70	0.90	0.00	318.90
ZR-19	0.00	0.00	0.00	13.20	53.90	82.60	82.00	56.40	23.20	6.70	0.90	0.00	318.90
ZR-20	0.00	0.00	0.00	11.40	61.50	81.00	86.40	56.90	20.80	9.20	2.50	0.00	329.70
ZR-21	0.00	0.00	0.00	13.20	53.90	82.60	82.00	56.40	23.20	6.70	0.90	0.00	318.90
ZR-22	0.00	0.00	0.00	13.20	53.90	82.60	82.00	56.40	23.20	6.70	0.90	0.00	318.90
ZR-23	0.00	0.00	0.00	13.20	53.90	82.60	82.00	56.40	23.20	6.70	0.90	0.00	318.90
ZR-24	0.00	0.00	0.00	11.40	61.50	81.00	86.40	56.90	20.80	9.20	2.50	0.00	329.70

Fuente: Elaboración Propia

IV.4.5.7 Percolaciones

La estimación del caudal percolado, que forma parte del balance hídrico del acuífero y de la zona de riego correspondiente, se realiza mediante el coeficiente de percolación obtenido directamente por la nueva versión de MAGIC, a partir de antecedentes de textura del suelo y de la relación que posee con los coeficientes de riego (eficiencias de métodos de riego) y de derrame.

Adicionalmente, la textura del suelo es un dato para estimar la fracción percolada hacia el acuífero, en función de parámetros del modelo pluvial MPL tales como la porosidad efectiva, la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente.

La identificación de la textura de los suelos, se realizó haciendo uso de la clasificación de suelos contenida en el estudio de suelos del "Estudio Integral de Riego de los Valles de Aconcagua, Putaendo, Ligua y Petorca - 1978", donde asociado a las variaciones de serie identificadas se incorpora la textura predominante de cada una. Esta información fue preparada obteniéndose una cobertura del valle del Aconcagua.

En el Cuadro 4-14 se muestran las texturas que se presentan en la cuenca del Río Aconcagua. Es importante mencionar que no todas las zonas de riego poseen todas las texturas y no todos los cultivos están asociados a todos los tipos de texturas.

Cuadro 4 - 14. Grupo de Texturas

Símbolo Cartográfico	Grupo Textural
A	Muy fina
B	Fina
C	Moderadamente fina
D	Media
E	Moderadamente gruesa
F	Gruesa

Fuente: Clasificación Texturas USDA.

IV.4.5.8 Derrames o Retornos

Los derrames o retornos se entienden como aquellas aguas que se aplicaron en la zona de riego pero que no fueron aprovechadas durante el riego ni percolaron hacia el acuífero. Dichas aguas se trasladan en forma superficial o subsuperficial hacia aguas abajo y aparecen en superficie.

Para la estimación del coeficiente equivalente de derrame, MAGIC requiere los parámetros del suelo explicados en lo referente a la percolación, puesto que dicho coeficiente se obtiene mediante continuidad entre la eficiencia de riego, el derrame y la percolación asociada a cada cultivo.

Como se explicó anteriormente, esta nueva versión de MAGIC calcula de manera automática los coeficientes de derrame asociados a cada sector de cada zona de riego y para cada mes, estimando con los parámetros anteriores la cantidad de agua aplicada que fluye como escorrentía superficial o subsuperficial.

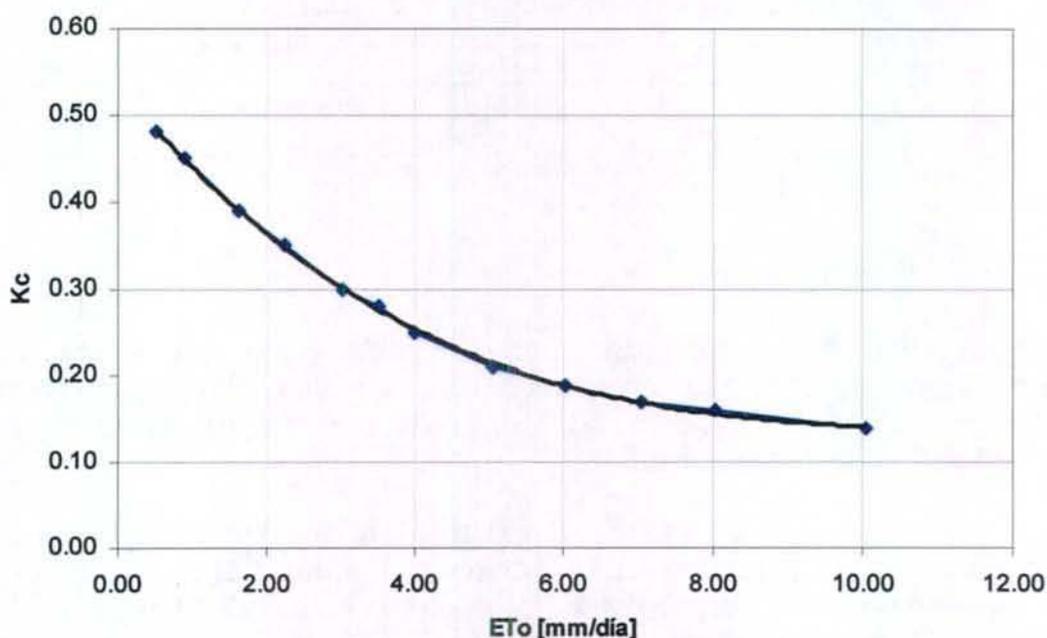
IV.4.5.9 Identificación de Zonas Cultivables y No Cultivables.

La versión 2.0 de MAGIC distingue dentro de las zonas de riego las Áreas Cultivadas de las Áreas No Cultivadas, calculando para ambas la Necesidad Neta Mensual demandada.

La Necesidad Neta Mensual de las zonas cultivadas se obtuvo utilizando la Evapotranspiración del Cultivo (calculado como el coeficiente de cultivo por la evapotranspiración potencial) y la Precipitación Efectiva. Luego este valor fue ponderado por la superficie de cada cultivo dentro de la zona de riego, obteniéndose finalmente un valor para cada zona de riego.

En cuanto a la Necesidad Neta Mensual de la zona no cultivada, el cálculo fue idéntico, pero utilizando un coeficiente de cultivo acorde con zonas de poca demanda. Para determinar dicho coeficiente de cultivo se consideró lo indicado en el Estudio FAO N°24, donde se le relaciona con la evapotranspiración potencial según lo indicado en la Figura 4-9. A su vez, los Cuadros 4-15 y 4-16 muestran las necesidades netas mensuales de las zonas cultivadas y no cultivadas, respectivamente, para cada zona de riego.

Figura 4 - 9. Coeficiente de Cultivo vs Evapotranspiración Potencial



Fuente: Estudio FAO N°24, Figura 8 Pag 66

Cuadro 4 - 15. Necesidades Netas Mensuales de Zonas Cultivadas

ZONA	Superficie [Ha]	ABR [mm]	MAY [mm]	JUN [mm]	JUL [mm]	AGO [mm]	SEP [mm]	OCT [mm]	NOV [mm]	DIC [mm]	ENE [mm]	FEB [mm]	MAR [mm]
ZR-01	12626	46.4	3.3	0.0	0.0	1.5	24.5	65.0	108.9	149.9	146.9	123.7	91.3
ZR-02	12263	42.5	3.3	0.0	0.0	1.5	24.1	65.4	111.2	152.7	149.1	123.3	88.0
ZR-03	2683	61.0	5.3	0.0	0.0	0.0	25.4	73.9	119.2	158.9	159.6	142.2	122.0
ZR-04	1648	42.5	5.2	0.0	0.0	2.4	32.5	75.8	116.3	144.8	127.0	109.4	126.1
ZR-05	811	43.6	4.0	0.0	0.0	0.7	25.8	59.4	98.3	133.1	130.0	108.5	79.8
ZR-06	2689	40.1	5.6	0.0	0.0	0.6	26.5	61.1	100.2	131.3	119.9	101.6	72.8
ZR-07	1881	33.6	1.9	0.0	0.0	0.0	21.4	53.8	83.3	100.1	96.7	79.1	52.4
ZR-08	1794	32.7	2.9	0.0	0.0	0.0	20.5	55.6	91.4	116.4	102.5	84.5	58.6
ZR-09	3361	32.4	0.9	0.0	0.0	0.0	17.6	50.2	81.2	102.8	101.3	82.3	54.6
ZR-10	4990	30.1	1.9	0.0	0.0	0.0	24.4	61.4	90.6	102.8	100.3	83.8	47.6
ZR-11	1535	42.6	7.9	0.0	0.0	0.9	31.5	70.3	104.5	119.4	109.8	92.6	66.6
ZR-12	2680	30.5	0.2	0.0	0.0	0.0	22.8	59.0	93.3	109.9	107.7	90.9	53.1
ZR-13	1281	38.6	0.1	0.0	0.0	0.0	24.7	66.5	105.5	122.7	112.0	93.9	67.0
ZR-14	433	45.9	1.2	0.0	0.0	0.0	24.0	54.2	84.8	104.1	96.4	87.4	73.0
ZR-15	6622	36.0	0.2	0.0	0.0	0.0	24.8	67.4	106.5	123.0	111.8	92.4	64.7
ZR-16	5990	56.4	0.2	0.0	0.0	0.0	20.5	59.3	101.3	134.3	125.0	113.9	92.5
ZR-17	510	58.5	0.9	0.0	0.0	0.0	25.8	62.9	100.2	125.0	126.3	115.9	93.7
ZR-18	1004	34.4	1.3	0.0	0.0	0.0	23.0	59.1	87.2	94.0	68.0	58.8	48.1
ZR-19	2388	46.5	0.4	0.0	0.0	0.0	20.5	66.7	108.0	138.0	104.5	91.0	76.1
ZR-20	1527	49.4	0.9	0.0	0.0	0.0	28.1	63.3	97.5	111.2	105.0	92.6	74.3
ZR-21	6546	42.3	2.2	0.0	0.0	0.0	22.7	69.9	112.1	136.5	100.8	86.2	70.5
ZR-22	284	33.2	0.5	0.0	0.0	0.0	18.6	53.9	84.4	97.5	86.3	69.3	53.7
ZR-23	342	32.6	0.7	0.0	0.0	0.0	15.8	58.0	99.1	127.4	120.4	98.6	70.1
ZR-24	2019	57.7	0.0	0.0	0.0	0.0	28.2	69.1	108.9	135.7	138.9	123.0	97.0

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 4 - 16. Necesidades Netas Mensuales de Zonas No Cultivadas

ZONA	ABR [mm]	MAY [mm]	JUN [mm]	JUL [mm]	AGO [mm]	SEP [mm]	OCT [mm]	NOV [mm]	DIC [mm]	ENE [mm]	FEB [mm]	MAR [mm]
ZR-01	24.9	0.0	0.0	0.0	0.0	15.2	28.1	32.3	34.5	35.0	31.9	33.1
ZR-02	24.8	0.0	0.0	0.0	0.0	15.2	28.0	32.2	34.5	34.9	31.9	33.0
ZR-03	21.8	0.0	0.0	0.0	0.0	5.7	24.5	30.4	34.5	34.9	31.9	33.0
ZR-04	24.8	0.0	0.0	0.0	0.0	15.2	28.0	32.2	34.5	35.0	31.9	33.0
ZR-05	23.7	0.0	0.0	0.0	0.0	14.4	26.6	31.3	33.6	34.1	31.1	32.0
ZR-06	23.7	0.0	0.0	0.0	0.0	14.3	26.6	31.2	33.6	34.1	31.1	32.0
ZR-07	22.6	0.0	0.0	0.0	0.0	8.3	23.9	29.5	32.0	32.6	29.8	30.2
ZR-08	22.7	0.0	0.0	0.0	0.0	8.6	24.1	29.7	32.2	32.7	29.9	30.3
ZR-09	22.6	0.0	0.0	0.0	0.0	8.3	23.9	29.5	32.0	32.6	29.8	30.2
ZR-10	22.8	0.0	0.0	0.0	0.0	8.5	24.2	29.8	32.2	32.8	29.9	30.4
ZR-11	24.9	0.0	0.0	0.0	0.0	12.0	27.3	32.0	34.2	34.7	31.7	32.8
ZR-12	18.4	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	20.6	29.7	34.4	34.9	31.8	32.9
ZR-13	18.4	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	20.6	29.7	34.4	34.9	31.8	33.0
ZR-14	18.4	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	20.6	29.6	34.4	34.9	31.8	32.9
ZR-15	18.4	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	20.6	29.7	34.4	34.9	31.8	33.0
ZR-16	18.2	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	20.4	29.6	34.3	34.8	31.8	32.8
ZR-17	18.4	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	20.6	29.7	34.4	34.9	31.8	33.0
ZR-18	16.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	23.1	31.3	34.4	34.9	31.8	33.0
ZR-19	16.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	22.8	31.1	34.3	34.7	31.7	32.8
ZR-20	18.4	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	20.6	29.7	34.4	34.9	31.8	33.0
ZR-21	16.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	22.9	31.1	34.3	34.8	31.7	32.8
ZR-22	14.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.3	30.0	33.3	33.8	30.8	31.6
ZR-23	15.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.5	30.2	33.4	33.9	30.9	31.8
ZR-24	16.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	18.6	28.3	33.1	33.6	30.7	31.5

Fuente: Elaboración Propia

IV.4.6 Centrales Hidroeléctricas

Este objeto de Magic permite la representación de las centrales hidroeléctricas de pasada existentes de la cuenca de estudio, las cuales demandan un cierto caudal mensual para la generación eléctrica que luego es restituido completamente en un determinado punto del cauce correspondiente. La información necesaria para su implementación, se refiere principalmente a las características específicas de cada central (nombre, capacidad, eficiencias, altura caída, potencia, turbinas, año inicio, etc.) y la distribución de los caudales demandados mensualmente.

Para la incorporación de las centrales hidroeléctricas en el modelo de la cuenca del Aconcagua, se empleó la información contenida en el estudio *PD Aconcagua* y el estudio *MOSACN*. Las centrales generadoras de electricidad existentes en la cuenca del Río Aconcagua son ocho, correspondientes cuatro a centrales termoeléctricas (San Isidro, Nehuenco, Ventanas y Laguna Verde), y cuatro a centrales hidroeléctricas, cuyas características principales se presentan en el Cuadro 4-17.

Cuadro 4 - 17. Centrales Hidroeléctricas

NOMBRE	PROPIETARIO	AÑO PUESTA SERVICIO	TIPO CENTRAL	TIPO TURBINA	Nº UNIDADES	GASTO CENTRAL (m ³ /s)	ALTURA DE CAÍDA (m)	POTENCIA TOTAL (kW)
Aconcagua	Aconcagua S.A.	1993-94	Pasada	Pelton	2	20,0	654,3	72.900
Los Quilos	H.G.Vieja y M. Valparaíso	1943-89	Pasada	Pelton	3	22,0	227,0	39.300
El Sauce	G.E.Sauce Los Andes	1909	Pasada	Francis	4	20,0	7,0	1.104
Chacabuquito	Obras y Desarrollo S.A.	2002	Pasada	Francis	4	25,0	135	25.000

Fuente: MOSACN

La central Aconcagua se abastece del Río Blanco y del Río Juncal y consta de dos partes. Una parte extrae el caudal del río Blanco y fue diseñada para 8 [m³/s], aunque el caudal extraído es cercano a los 3.6 [m³/s], los que van a terminar central Los Quilos. La segunda parte se abastece del río juncal, está diseñada para 12 [m³/s] pero utiliza cerca de 7.3 [m³/s] como promedio anual. También descarga en los Quilos.

La Central Los Quilos utiliza agua de los ríos Aconcagua y Colorado, a una tasa media anual de 13.9 [m³/s].

La central El Sauce está ubicada cerca de la ciudad de Los Andes y fue diseñada para generar 1.140[kW] utilizando 20 [m³/s] por una altura de caída de 12 [m]. Además existe una cuarta central, Chacabuquito, que se abastece del río Aconcagua, aguas abajo de Los Quilos, y genera 25000 [kW] aprovechando una altura de caída de 135 [m] y un caudal de 25 [m³/s].

En el estudio MOSACN no se encuentra una distribución mensual de los caudales utilizados para la generación de energía en ninguna de las centrales, así como

tampoco en el PD Aconcagua, ni en la BaseACN, donde ni siquiera están definidas las centrales.

Sin embargo, de las 4 centrales hidroeléctricas disponibles, las centrales Aconcagua y Los Quilos se encuentran aguas arriba de cualquier extracción de otro tipo existente, por lo que no fueron consideradas ya que no influyen en el comportamiento del sistema.

Por otra parte, la central Chacabuquito comienza sus funciones el año 2002, por lo que no fue considerada (el modelo abarca el período 1950 – 1998).

Por consiguiente, la única central hidroeléctrica considerada en el modelo es la central El Sauce, la cual, según información proporcionada por un operador, el caudal captado es del orden de 10 m³/s en el período Mayo – Septiembre y de 18 m³/s el resto del año.

IV.4.7 Embalses

Este objeto posibilita la representación de una obra de regulación de caudal ubicada en cualquier lugar de la cuenca de estudio, que recibe agua de acuerdo a los aportes definidos en la topología y entrega agua de acuerdo a cierta regla de operación característica. Las entradas al embalse corresponden a los caudales afluentes desde cuencas (de cabecera o intermedias) y desde canales alimentadores. Las salidas pueden ser las entregas para riego y/o generación eléctrica (para energía con o sin generación), rebases, evaporación e infiltración.

La información necesaria para la incorporación de estos elementos se asocia a características generales (inicio operación, volúmenes, cotas, etc.), reglas de operación (curva de alerta), caudales de demandas, caudales de filtraciones, caudales de entregas, volumen embalsado, caudal de rebases, curvas de embalse y tasa de evaporación.

Para la implementación de los embalses en el modelo MAGIC, se utilizó como información base la incorporada en el estudio MOSACN. En este estudio se establece que al año 1998 el único embalse existente en la cuenca es el embalse Los Aromos, cuyas características básicas se observan en el Cuadro 4-18. No hay nuevos embalses construidos después de esa fecha.

Cuadro 4 - 18. Embalse Los Aromos

Nombre	Embalse Los Aromos
Cauce	Estero Limache
Volumen Máximo, [Mm3]	33.705
Volumen Muerto, [Mm3]	0.070
Año puesta en Servicio	1978

Fuente: MOSACN y DOH V Región

Es necesario mencionar que en un principio, el análisis de diferentes escenarios no está dentro de los objetivos de este estudio, por lo que no es necesaria información acerca de los embalses en fase de proyecto. Estos podrían ser considerados a futuro en el modelo..

A continuación se mencionan las características principales de las obras del Embalse Los Aromos:

- **Obras de Desviación:**

Largo	300 m
Sección	16,6 m ²
Pendiente	0,7 %
Cota entrada	27,00 m.s.n.m.
Cota salida	25,00 m.s.n.m.
Capacidad de evacuación Inicial	100 m ³ /s.
Volumen excavado	7.900 m ³
Hormigón colocado	5.908 m ³
Cota torre de toma	42,00 m.s.n.m.

- **Muro de Contención:**

Altura:	42 m
Longitud coronamiento	220 m
Cota coronamiento	68,00 m.s.n.m.
Volumen de la presa	960.000 m ³
Taludes	3,75/1 AA.Arriba 2,75/1 AA Abajo
Relación agua/muro	63/1

- **Fundación Muro:**

Superficie de hormigón plástico	2.360 m ²
Espesor mínimo	0,80 m

- **Vertedero:**

Ancho vertedero	23 m
Pendiente del rápido	55,3 %
Cota fondo colchón	18 m.s.n.m
Cota salida evacuador	25 m.s.n.m.
Volumen excavado	385.000 m ³
Capacidad de evacuación	630 m ³ /s.
Cota entrada umbral	59,30 m.s.n.m
Hormigones	6.620 m ³
Fierro	480 ton

- **Canal Alimentador:** No posee

En cuanto a las Curvas asociadas al Embalse, MAGIC requiere de 4 curvas para definir cada embalse. Estas corresponden a:

- Volumen almacenado en función de la cota
- Superficie del espejo de agua en función de la cota
- Caudal de filtración en función del volumen embalsado
- Caudal máximo de entrega en función del volumen embalsado

Para el embalse Los Aromos sólo se tiene una curva que estima la superficie en función del volumen.

Debido a la escasez de información acerca del embalse Los Aromos, se contactó con la Dirección de Obras Hidráulicas, la cual proporcionó información estadística a nivel diario desde 1988 acerca de filtraciones, entregas, cota, volumen, superficie, etc. Esta información permitió estimar las curvas asociadas al embalse, las cuales se muestran en las Figuras 4-10 a la 4-13.

Figura 4 - 10. Cota vs Volumen

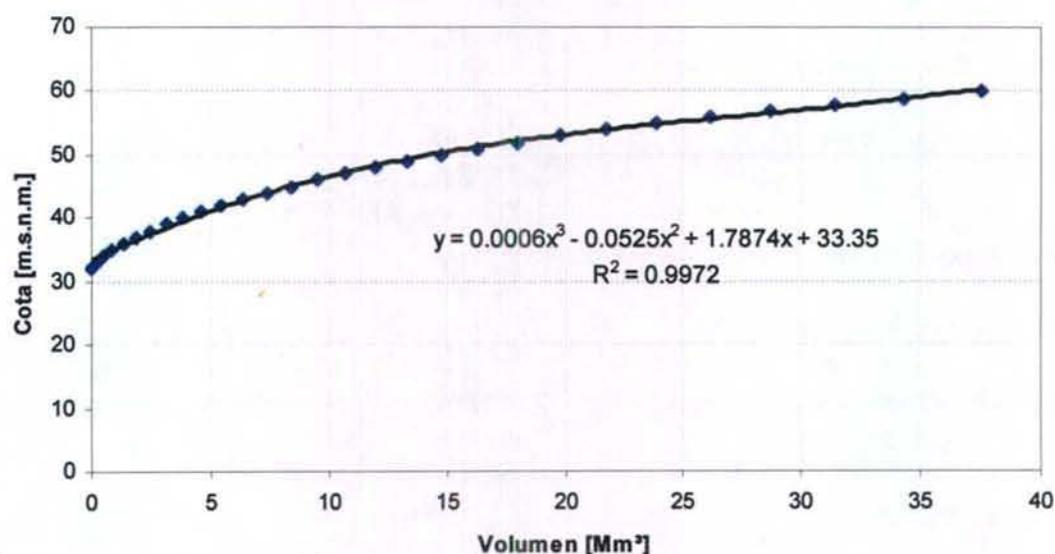


Figura 4 - 11. Superficie vs Volumen

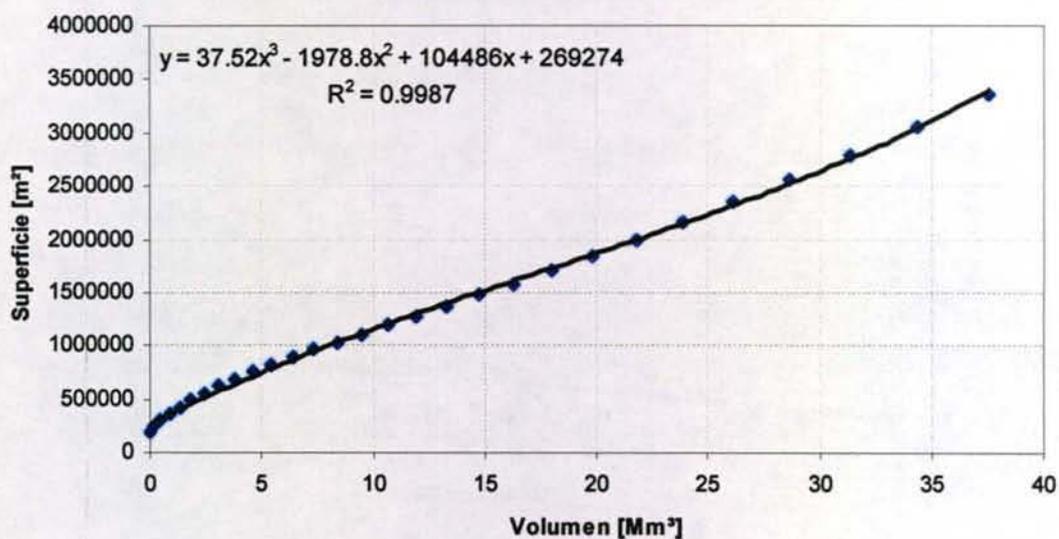


Figura 4 - 12. Filtración vs Volumen

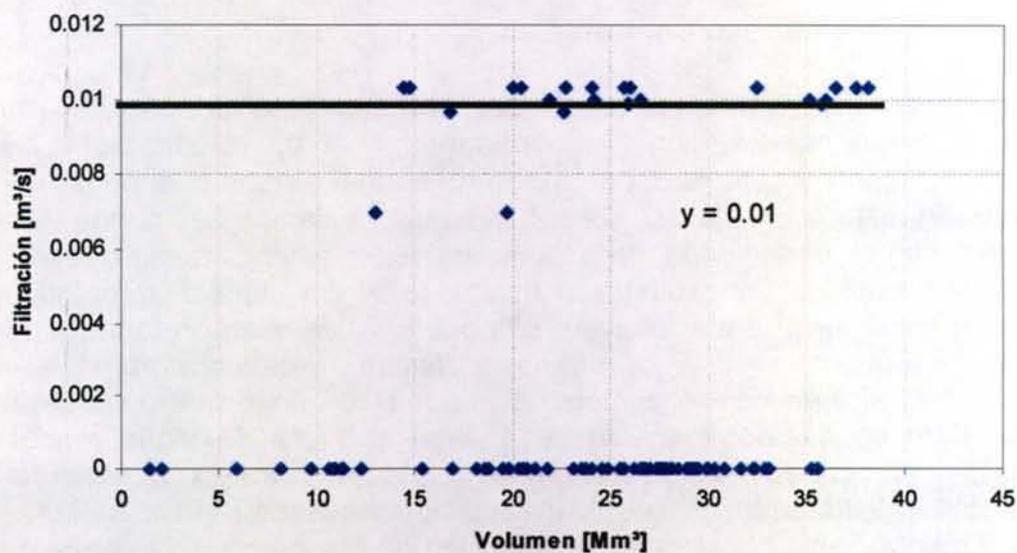
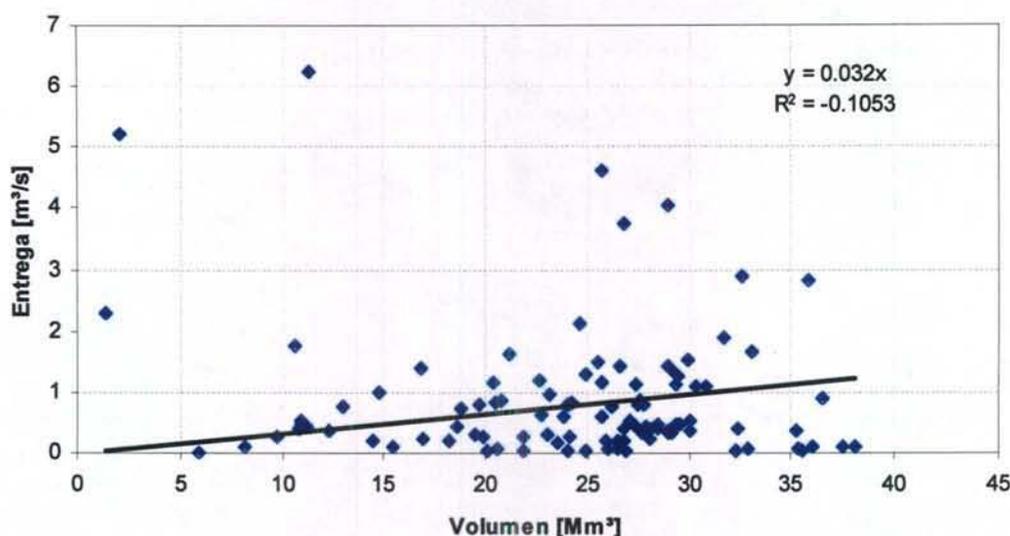


Figura 4 - 13. Entrega vs Volumen



En relación con la evaporación desde la superficie del embalse, se adoptaron los mismos valores disponibles en la *BaseACN* para el Embalse Los Aromos.

IV.4.8 Cuencas No Controladas

En esta área temática es posible identificar dos tipos de cuencas que MAGIC incorpora como objetos, las que corresponden al aporte directo y las cuencas laterales. El primero representa el aporte de caudal de una cuenca de cabecera del sistema en estudio hacia su punto de salida. Este caudal puede ser originado mediante datos observados en alguna estación fluviométrica, o bien, mediante generación sintética de caudales a través de algún modelo apropiado al tipo de cuenca (pluvial, nival o pluvio-nival). Las cuencas laterales en tanto, representan el aporte de caudal de una o más subcuencas ubicadas dentro de la cuenca descontando el área correspondiente de la zona de riego que pudiese existir en el sector. Este caudal normalmente se obtiene a través de algún modelo sintético pluvial, y en casos excepcionales se obtiene a través de alguna estación fluviométrica. Para ambos casos, la información requerida para la implementación de MAGIC básicamente consiste en la definición de las cuencas y la serie de caudales mensuales en todo el período que será modelado.

La definición de las cuencas no controladas, así como su estadística de caudales fueron obtenidos del estudio *MOSACN*, los cuales son coincidentes con los disponibles en la *BaseACN*, salvo por las cuencas de Resguardo los Patos y Embalse Rocín, en las que se ha considerado los valores mostrados en el estudio *MOSACN*, ya que se dispone del detalle del cálculo realizado.

En total se consideraron 17 cuencas laterales y 14 cuencas de cabecera, cuyas estadísticas fueron sintetizados para el estudio *MOSACN* ya sea por medio del

modelo MPL para el caso de las cuencas exclusivamente pluviales, o por un modelo de pronóstico de deshielo para cuencas nivales o nivo-pluviales. Las estadísticas de estas cuencas se muestran en los Anexos 4.8 y 4.9. Cabe señalar que la única cuenca que posee control fluviométrico, y que el estudio MOSACN utilizó para la calibración del modelo MPL, es la cuenca Embalse Lliu-Lliu.

En el Cuadro 4-19 se indica la superficie de cada uno de los Aportes Naturales y Cuencas Laterales.

Cuadro 4 - 19. Aporte Natural y Cuenca Lateral

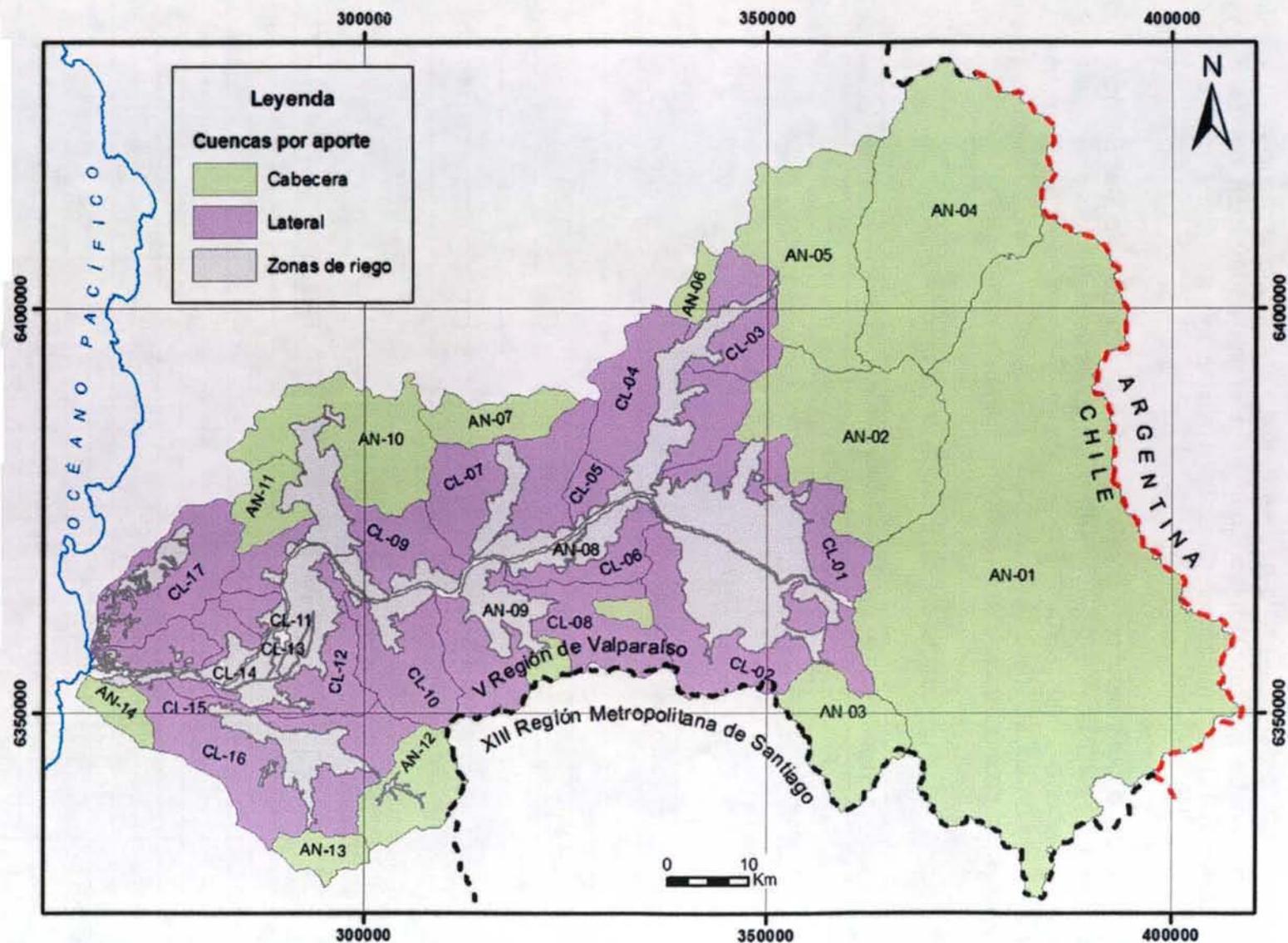
APORTE NATURAL	ÁREA km²
RIO ACONCAGUA EN CHACABUQUITO	2073.2
ESTERO SAN FRANCISCO+EL COBRE+JAHUEL	395.8
ESTERO POCURO EN EL SIFÓN	162.5
AFLUENTES AL EMBALSE ROCÍN	619.5
HOYA INTERMEDIA EMBALSE Y RESGUARDO LOS PATOS	321.7
CUENCA EMBALSE MINILLAS (SINTÉTICO)	30.5
CUENCA CATEMU ALTO (SINTÉTICO)	89.7
CUENCA EMB. TABÓN (SINTÉTICO)	18.9
CUENCA EMBALSE LAS PEÑAS (SINTÉTICO)	22.4
CUENCA LOS LITRES ALTO (SINTÉTICO)	243.8
CUENCA EMBALSE PUCALÁN (SINTÉTICO)	65.4
CUENCA PELUMPEN ALTO (SINTÉTICO)	122.0
CUENCA EMBALSE LLIU LLIU (SINTÉTICO).	50.1
QUEBRADA LAJARILLA	45.3
CUENCA LATERAL	ÁREA km²
PRIMERA SECCIÓN NORTE	133.0
PRIMERA SECCIÓN SUR	222.0
LATERAL RÍO PUTAENDO ALTO	108.8
LATERAL RÍO PUTAENDO BAJO	205.8
SEGUNDA SECCIÓN NORTE	34.0
SEGUNDA SECCIÓN SUR	66.5
LATERAL ESTERO CATEMU	204.6
LATERAL ESTERO LOS LOROS	243.6
LATERAL ESTERO LOS LITRES	145.8
LATERAL ESTERO RABUCO	141.4
QUILLOTA NOR-ORIENTE	24.1
QUILLOTA SUR	100.5
QUILLOTA NOR-PONIENTE	30.3
DESEMBOCADURA NORTE	52.5
DESEMBOCADURA SUR	11.4
LATERAL ESTERO LIMACHE	300.2
LATERAL ESTERO QUINTERO	156.8

Fuente: MOSACN y Elaboración Propia

En la Figura 4-14 se muestran las diferentes subcuencas del Aconcagua, diferenciándose cada una de ellas entre Aporte Natural (Cuenca de Cabecera) y Cuenca Lateral.

Cabe mencionar que se realizó una pequeña corrección en tres cuencas que sufrieron modificaciones debido al aumento del área cultivada del sector. En estos casos se procedió a disminuir los caudales de las respectivas estadísticas de manera proporcional a la superficie descontada por el aumento de la zona de riego.

Figura 4 - 14. Cuencas Río Aconcagua



IV.4.9 Descargas Puntuales

Este objeto permite la representación de una o varias descargas de caudales en cualquier punto del sistema, lo que se traduce en un aporte mensual de caudal en dicho punto. La información requerida para la implementación de las descargas puntuales se refiere principalmente a su identificación y a la distribución de caudales mensuales descargados.

Se estableció contacto con ESVAL, quien proporcionó información acerca de la ubicación y estadística de descarga de sus plantas de tratamiento de aguas servidas para el período 2000 – 2006. En el Cuadro 4-20 se identifican las plantas de tratamiento de aguas servidas junto al año de puesta en servicio, mientras que en el Cuadro 4-21 se muestra el caudal mensual promedio descargado.

Cuadro 4 - 20. Entrada en Operación PTAS

Sistema	Planta	Año de entrada en operación
Los Andes	PTAS Cordillera	2002
San Felipe-Almendral	PTAS El Almendral	2002
Quillota-La Cruz-Limache-La Calera-Artificio-Hijuelas-San Pedro	PTAS El Molino	2002
Calle Larga-Rinconada	PTAS Rinconada	2004
Curimón	PTAS Curimón	2004
Santa María	PTAS Santa María	1994
San Esteban	PTAS San Esteban	1992
Catemu	PTAS Catemu	1982
Llayllay	PTAS Llayllay	1980
Putando	PTAS Putando	1996

Fuente: ESVAL S.A.

Cuadro 4 - 21. Caudales PTAS

MES	Cordillera - Los Andes	Almendral - San Felipe	El Molino - Quillota	Santa María	San Esteban
	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s
Enero	163.78	293.97	380.69	4.51	7.24
Febrero	156.42	286.57	399.83	5.54	6.66
Marzo	156.96	278.23	372.90	5.17	6.43
Abril	146.11	227.65	368.03	5.03	5.91
Mayo	146.12	205.66	384.39	4.91	5.44
Junio	151.11	192.41	390.23	4.94	5.37
Julio	151.00	183.46	407.70	5.25	5.16
Agosto	144.87	186.58	423.44	5.12	5.86
Septiembre	162.28	183.39	427.69	5.23	6.02
Octubre	179.72	187.85	432.73	6.09	6.45
Noviembre	181.48	213.19	442.57	5.72	5.61
Diciembre	163.35	239.55	436.13	5.92	6.65

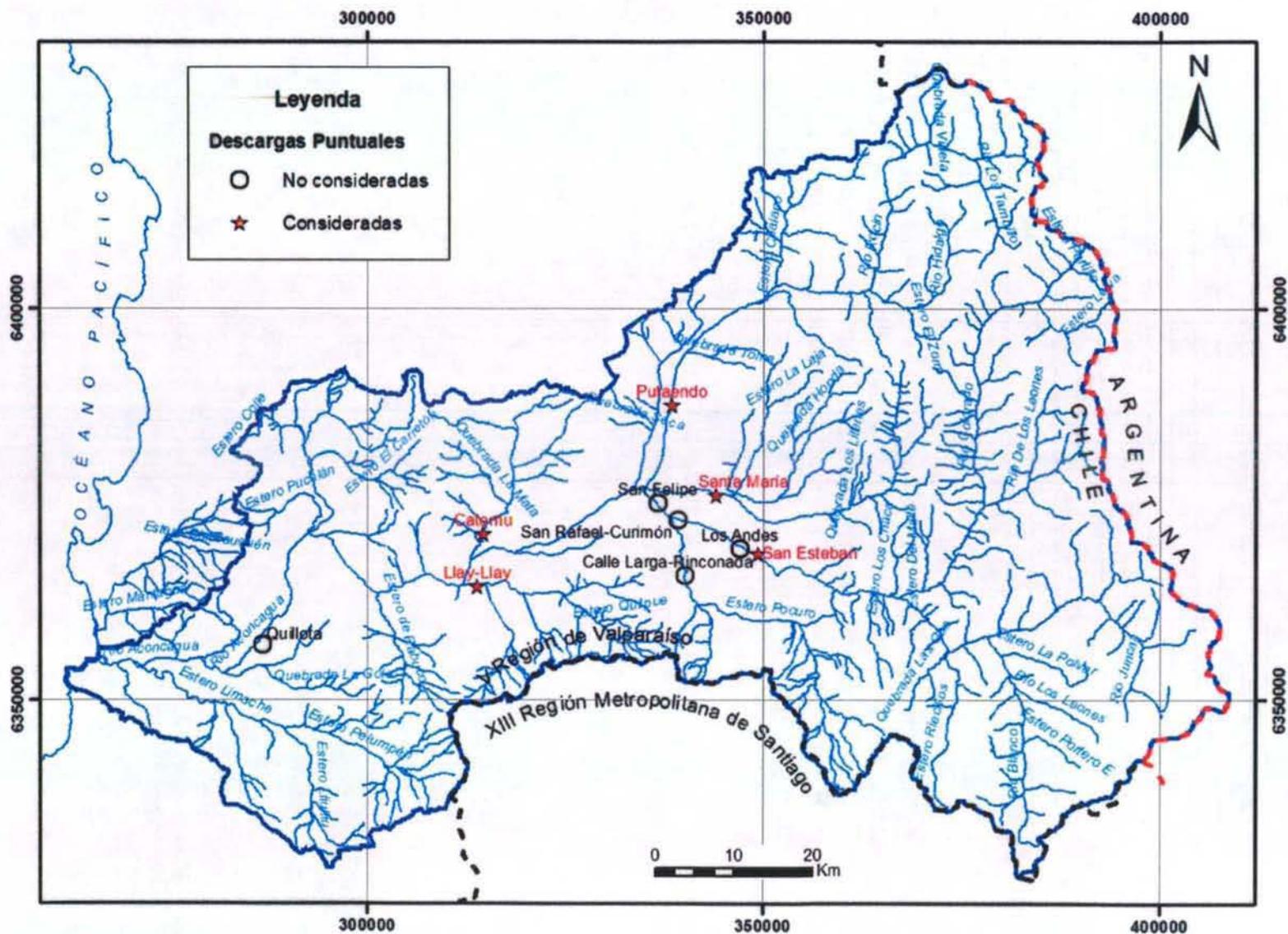
MES	Putaendo	Rinconada	Curimón	Llayllay	Catemu
	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s
Enero	9.71	3.03	1.69	42.75	24.00
Febrero	9.08	3.36	1.61	47.24	26.02
Marzo	9.19	4.26	1.53	46.21	25.16
Abril	8.62	4.27	1.45	43.69	24.35
Mayo	8.61	5.07	1.50	44.67	24.98
Junio	9.30	4.72	1.58	42.49	30.17
Julio	9.00	4.62	1.54	44.08	31.72
Agosto	9.08	3.59	1.28	41.40	28.33
Septiembre	8.78	2.60	1.34	42.12	30.39
Octubre	9.02	3.39	1.36	46.29	29.53
Noviembre	9.06	3.84	1.38	46.56	30.32
Diciembre	9.15	4.18	1.59	44.75	28.05

Fuente: ESVAL S.A.

De estas 10 plantas de tratamiento, sólo las de Santa María, San Esteban, Catemu, Llayllay y Putaendo se encuentran en operación desde antes del año 1998, siendo consideradas en el modelo con una distribución mensual correspondiente al promedio de la información disponible para cada mes a partir de su puesta en operación. El resto de las descargas puntuales fueron ingresadas al modelo con un caudal de descarga nulo, ya que su puesta en funcionamiento se encuentra fuera del período de simulación.

La Figura 4-15 muestra la ubicación de cada una de las descargas, diferenciando aquellas que se incluyeron dentro de la simulación.

Figura 4 - 15. Descargas Puntuales



IV.4.10 Caudales Ecológicos

Un caudal ecológico representa un objeto especial que limita la extracción de agua desde un nodo perteneciente a cualquiera de los ríos del sistema. Esta restricción representa el caudal que siempre debe circular por el río, definido principalmente en base a criterios ambientales. La información que se debe disponer para especificar el caudal ecológico de un sistema, se refiere principalmente a la identificación y a la distribución de caudales mensuales a respetar.

La metodología adoptada por la Dirección Regional de Aguas para la determinación de los caudales ecológicos, fija como valor para este parámetro alguno de los valores obtenidos mediante los siguientes 4 criterios:

- i. $Q_{ec} = 10\%Q_{medio-anual}$
- ii. $Q_{ec} = 50\%Q_{min-del-estiaje-año-95\%}$
- iii. $Q_{ec} = Q_{330}$ (caudal que es excedido al menos 330 días al año)
- iv. $Q_{ec} = Q_{347}$ (caudal que es excedido al menos 347 días al año)

La información existente en torno a esta área temática, se resume a través del estudio RecACN, en el cual es posible encontrar una tabla con las magnitudes de los caudales ecológicos para 20 tramos de cauces dentro de la cuenca.

Estos caudales no tienen una distribución mensual, por lo que fueron distribuidos como caudal constante durante todos los meses del año.

Cuadro 4 - 22. Caudales Ecológicos

Tramo de cauce	Cauce	Caudal Ecológico m ³ /s
Entre estero Del Maitén y río Aconcagua	Río Colorado	0.86
Entre estero El Peñón y río Blanco	Río Juncal	1.25
Entre estero Polvareda y río Juncal	Río Blanco	0.90
Río Aconcagua entre ríos Blanco y Colorado	Río Aconcagua	2.00
Río Aconcagua entre río Colorado y puente Del Rey	Río Aconcagua	3.00
Esteros Pocuro entre estero La Cuesta y río Aconcagua	Esteros Pocuro	0.12
Río Putaendo entre ríos Rocín y Aconcagua	Río Putaendo	0.84
Río Rocín entre ríos Hidalgo y Putaendo	Río Rocín	0,64
Esteros Quilpue entre estero El Cobre y río Putaendo	Esteros Quilpue	0,32
Río Aconcagua entre puente Del Rey y puntilla Romeral	Río Aconcagua	3,50
Esteros Lo Campo en junta río Aconcagua	Esteros Lo Campo	0,12
Esteros Los Loros en junta río Aconcagua	Esteros Los Loros	0,32
Esteros Catemu en junta río Aconcagua	Esteros Catemu	0,34
Río Aconcagua entre puntilla Romeral y estero San Isidro (puente FFCC)	Río Aconcagua	3,50
Esteros Rabuco en junta río Aconcagua	Esteros Rabuco	0,07
Esteros El Melón o Litres en junta río Aconcagua	Esteros El Melón	0,66
Río Aconcagua entre estero San Isidro y desembocadura al mar	Río Aconcagua	4,30
Esteros Rautén en junta río Aconcagua	Esteros Rautén	0,02
Esteros Limache entre embalse Los Aromos y río Aconcagua	Esteros Limache	0,73

Fuente: Estudio RecACN

Sin embargo, la información anterior corresponde a caudales nominales o teóricos referentes a esta variable. Considerando que no existen datos medidos de manera efectiva que permitan establecer si en algunos puntos de la cuenca se ha respetado históricamente un determinado caudal ecológico, se decidió asignar un valor nulo a esta variable sólo para efectos de la simulación histórica con el modelo.

Se recomienda, para poder operar escenarios futuros, implementar mecanismos de control o chequeo en terreno que permitan saber si es efectivo que se respete dicho caudal y si es posible su medición.

IV.4.11 Topología

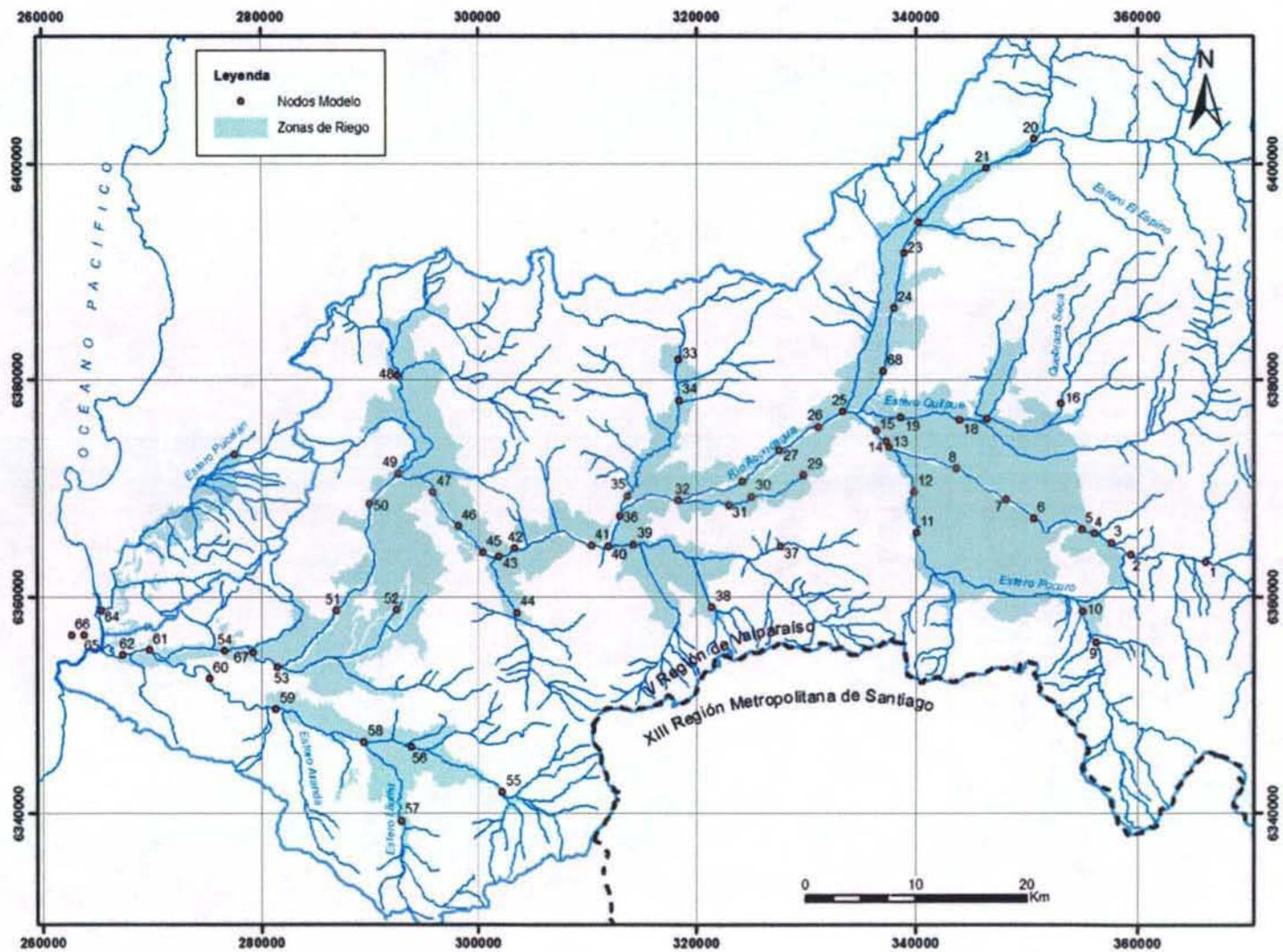
Esta área temática incorpora aquellas tablas MAGIC que definen conectividades o distribución de caudales en nodos y tramos de ríos.

IV.4.11.1 Nodos

A causa de la nueva definición de algunos temas de MAGIC, como son las Zonas de Riego y los Canales, fue necesario realizar una nueva distribución de nodos dentro de la cuenca. Los nodos fueron definidos de manera tal de representar la bocatoma de los canales y captaciones puntuales, puntos de descarga, unión de cauces, aporte de cuencas y estaciones fluviométricas.

Para minimizar el número de nodos utilizados, se agruparon todos los elementos dentro de un rango aceptable de distancia dentro del cauce, de tal modo que utilizaran el mismo nodo para extraer o descargar. De este modo, el número total de nodos dentro del modelo resultó de 68, cuya ubicación se muestra en la Figura 4-16.

Figura 4 - 16. Nodos del Modelo



La distribución del caudal de extracción en cada nodo se realizó siguiendo dos criterios. El primero fue distribuir el agua proporcionalmente al área regada por cada canal, y el segundo fue que cada sección del río, y cada fuente hídrica tiene derecho a agotar el recurso entrante. Además, para el caso de Captaciones Puntuales y Central Hidroeléctrica, se le ha asociado una superficie de riego equivalente según el caudal explotado, de tal forma de obtener su porcentaje de distribución de manera equivalente. Los resultados de esta distribución se muestran en el Cuadro 4-23.

Cuadro 4 - 23. Porcentaje de Distribución de los Nodos

Código	Objeto final	Porcentaje de Distribución
NO-01	Canal	0
NO-01	Siguiente Nodo	0
NO-02	Siguiente Nodo	0
NO-03	Captación Puntual	0.01
NO-03	Siguiente Nodo	0
NO-04	Canal	0.19
NO-04	Canal	0
NO-04	Canal	0.07
NO-04	Central Hidroeléctrica	0.5
NO-04	Siguiente Nodo	0
NO-05	Siguiente Nodo	0
NO-06	Canal	0.15
NO-06	Canal	0.01
NO-06	Canal	0.74
NO-06	Siguiente Nodo	0
NO-07	Siguiente Nodo	0
NO-08	Canal	0.6
NO-08	Canal	0.38
NO-08	Siguiente Nodo	0
NO-09	Siguiente Nodo	0
NO-10	Canal	0.68
NO-10	Siguiente Nodo	0
NO-11	Siguiente Nodo	0
NO-12	Canal	1
NO-12	Siguiente Nodo	0
NO-13	Siguiente Nodo	0
NO-14	Siguiente Nodo	0
NO-15	Canal	1
NO-15	Siguiente Nodo	0
NO-16	Siguiente Nodo	0
NO-17	Canal	1
NO-17	Siguiente Nodo	0
NO-18	Siguiente Nodo	0
NO-19	Siguiente Nodo	0
NO-20	Canal	0.1
NO-20	Siguiente Nodo	0
NO-21	Canal	0.77
NO-21	Siguiente Nodo	0
NO-22	Canal	0.76
NO-22	Captación Puntual	0.12
NO-22	Siguiente Nodo	0

Cuadro 4 - 24. Porcentaje de Distribución de los Nodos (Continuación)

Código	Objeto final	Porcentaje de Distribución
NO-23	Canal	1
NO-23	Siguiente Nodo	0
NO-24	Siguiente Nodo	0
NO-25	Canal	0.14
NO-25	Siguiente Nodo	0
NO-26	Canal	0.01
NO-26	Siguiente Nodo	0
NO-27	Canal	0
NO-27	Canal	0.01
NO-27	Siguiente Nodo	0
NO-28	Canal	0.05
NO-28	Siguiente Nodo	0
NO-29	Canal	0.17
NO-29	Siguiente Nodo	0
NO-30	Canal	0.15
NO-30	Siguiente Nodo	0
NO-31	Canal	1
NO-31	Siguiente Nodo	0
NO-32	Canal	0.01
NO-32	Canal	0.18
NO-32	Canal	0.19
NO-32	Siguiente Nodo	0
NO-33	Siguiente Nodo	0
NO-34	Canal	1
NO-34	Siguiente Nodo	0
NO-35	Siguiente Nodo	0
NO-36	Canal	0.25
NO-36	Captación Puntual	0.38
NO-36	Siguiente Nodo	0
NO-37	Siguiente Nodo	0
NO-38	Siguiente Nodo	0
NO-39	Siguiente Nodo	0
NO-40	Canal	0.08
NO-40	Canal	0.57
NO-40	Canal	0.35
NO-40	Siguiente Nodo	0
NO-41	Siguiente Nodo	0
NO-42	Canal	0.01
NO-42	Canal	0.12
NO-42	Siguiente Nodo	0
NO-43	Siguiente Nodo	0
Código	Objeto final	Porcentaje de Distribución
NO-23	Canal	1
NO-23	Siguiente Nodo	0
NO-24	Siguiente Nodo	0
NO-25	Canal	0.14
NO-25	Siguiente Nodo	0
NO-26	Canal	0.01

Cuadro 4 - 25. Porcentaje de Distribución de los Nodos (Continuación)

Código	Objeto final	Porcentaje de Distribución
NO-46	Captación Puntual	0.3
NO-46	Canal	0.28
NO-47	Canal	0.3
NO-47	Canal	0.23
NO-47	Siguiente Nodo	0
NO-48	Canal	1
NO-48	Siguiente Nodo	0
NO-49	Siguiente Nodo	0
NO-50	Canal	0.26
NO-50	Canal	0.05
NO-50	Canal	0.37
NO-50	Siguiente Nodo	0
NO-51	Canal	0.05
NO-51	Canal	0.95
NO-51	Siguiente Nodo	0
NO-52	Canal	1
NO-52	Siguiente Nodo	0
NO-53	Siguiente Nodo	0
NO-54	Canal	0.04
NO-54	Siguiente Nodo	0
NO-55	Siguiente Nodo	0
NO-56	Canal	1
NO-56	Siguiente Nodo	0
NO-57	Canal	1
NO-57	Siguiente Nodo	0
NO-58	Siguiente Nodo	0
NO-59	Siguiente Nodo	0
NO-60	Siguiente Nodo	0
NO-61	Siguiente Nodo	0
NO-62	Captación Puntual	1
NO-62	Siguiente Nodo	0
NO-63	Siguiente Nodo	0
NO-64	Siguiente Nodo	0
NO-65	Siguiente Nodo	0
NO-67	Siguiente Nodo	0
NO-68	Siguiente Nodo	0

Fuente: Elaboración Propia

IV.4.11.2 Ríos

Los ríos como objetos de MAGIC se aplican para representar los cursos naturales utilizables que es necesario implementar en el modelo, y que traspasan agua desde un nodo inicial a uno final. Cualquier curso natural puede ser modelado con un objeto río, como por ejemplo una quebrada, un estero o un río. Además los ríos pueden estar compuestos por varios tramos que se definen entre dos nodos.

Dada la cantidad de nodos del modelo, los tramos de río resultaron ser 67, cuyas características fueron obtenidas de distintas fuentes. En primer lugar el ancho, coeficiente de Manning, permeabilidad del lecho y espesor del lecho fueron obtenidos de la misma BaseACN, relacionando cada tramo de río con el cauce al que pertenecen. En cuanto al largo y la pendiente de cada tramo, estos fueron calculados mediante la utilización de ArcView 3.2 y curvas de nivel cada 25 metros dentro de la cuenca.

IV.4.11.3 Recuperaciones

Con respecto a los puntos de recuperación de recurso hídrico en el cauce, se identificaron los siguientes nodos de la red hídrica de la cuenca, presentados en el Cuadro 4-24, los cuales reciben los aportes correspondientes a caudales de recuperación superficiales (debido a los retornos de las zonas de riego) y subterráneos (proveniente de afloramientos del acuífero o afloramiento especial producido en la sección de entrada del acuífero). En dicho cuadro se explicita además el cauce al cual pertenece el nodo, así como el elemento que aporta el caudal de recuperación.

Cuadro 4 - 26. Nodos de Recuperación en la Cuenca.

Nodo	Sección	Río o Estero	Afloramiento	Afl. Especial	Derrames
NO-01	Primera	Aconcagua	-	AC-01	-
NO-12	Primera	Pocuro	-	-	ZR-02
NO-15	Primera	Aconcagua	AC-01	-	-
NO-19	Primera	Quilpué	-	-	ZR-01
NO-24	Putando	Putando	-	-	ZR-03
NO-25	Primera	Aconcagua	AC-03	AC-03	ZR-04
NO-26	Segunda	Aconcagua	AC-03	-	-
NO-27	Segunda	Aconcagua	AC-03	-	ZR-05
NO-28	Segunda	Aconcagua	AC-04	AC-04	-
NO-30	Segunda	Lo Campo	-	-	ZR-06
NO-32	Segunda	Aconcagua	AC-04	-	ZR-07 y ZR-08
NO-35	Segunda	Catemu	AC-11	-	ZR-09
NO-36	Segunda	Aconcagua	AC-04	-	-
NO-39	Segunda	Los Loros	AC-05	-	ZR-10
NO-40	Segunda	Aconcagua	AC-04	-	-
NO-42	Tercera	Aconcagua	-	AC-06	ZR-11
NO-44	Tercera	Rabuco	AC-13	-	-
NO-45	Tercera	Aconcagua	-	-	ZR-12
NO-47	Tercera	Aconcagua	AC-06	-	ZR-13 y ZR-14
NO-48	Tercera	El Melón	AC-12	-	-
NO-49	Tercera	El Melón	-	-	ZR-15
NO-50	Tercera	Aconcagua	-	AC-07	-
NO-51	Tercera	Aconcagua	-	-	ZR-17
NO-52	Tercera	San Isidro	-	-	ZR-16

Nodo	Sección	Río o Estero	Afloramiento	Afl. Especial	Derrames
NO-53	Tercera	Aconcagua	AC-07	-	ZR-18 y ZR-19
NO-54	Cuarta	Aconcagua	-	AC-08	ZR-20
NO-58	Cuarta	Pelumpén	AC-09	-	-
NO-59	Cuarta	Limache	-	AC-14	ZR-21
NO-61	Cuarta	Aconcagua	AC-08 y AC-14	-	ZR-22 y ZR-23
NO-64	Cuarta	Pucalán	-	-	ZR-24
NO-65	Cuarta	Pucalán	AC-10	-	-
NO-68	Putando	Putando	-	-	ZR-01

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, en las figuras 4-17 y 4-18 se presenta la ubicación espacial de los nodos presentados en el cuadro anterior, tanto para las recuperaciones por riego (retornos superficiales), como para los afloramientos (retornos subterráneos).

Figura 4 - 17. Nodos de recuperación para retornos superficiales.

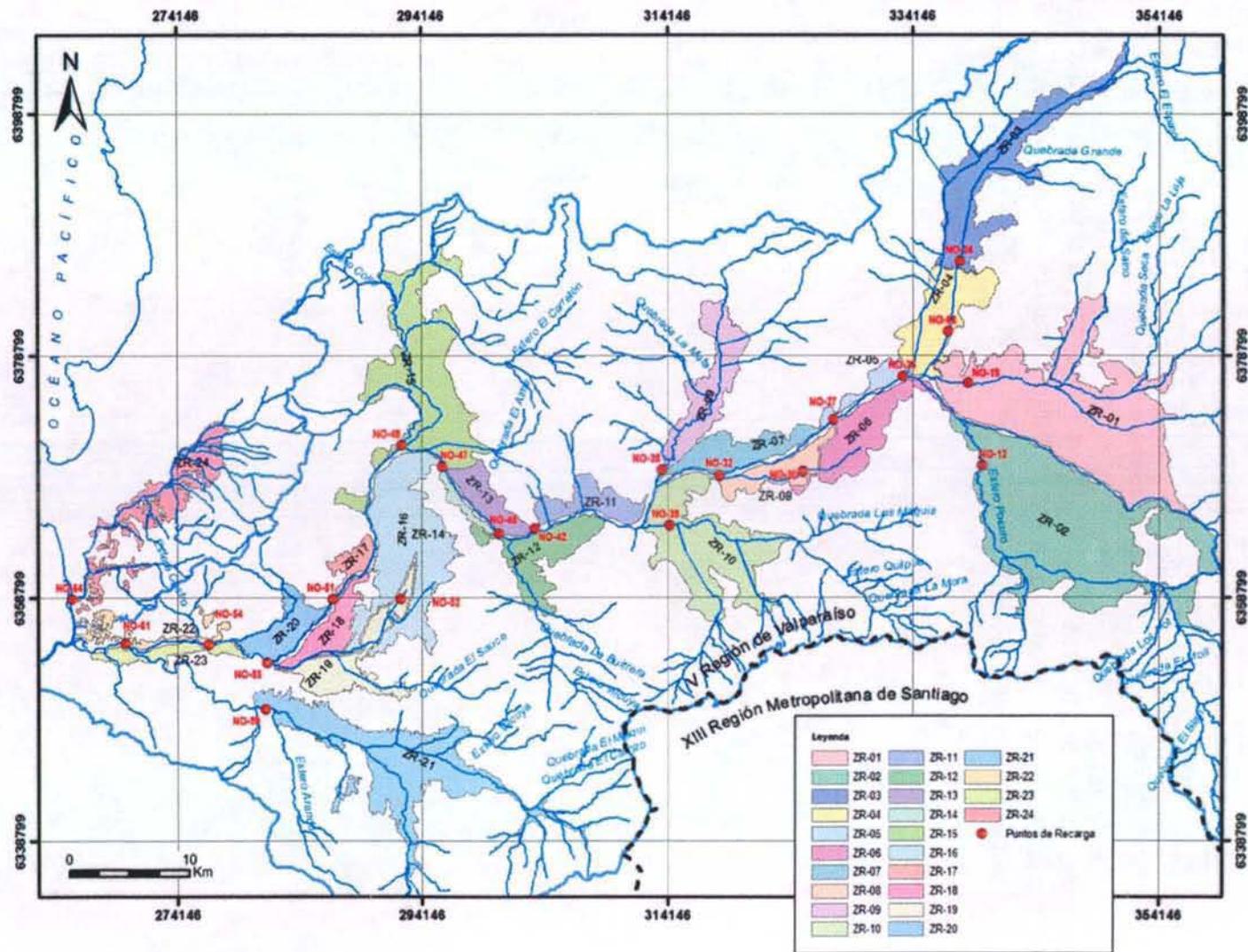
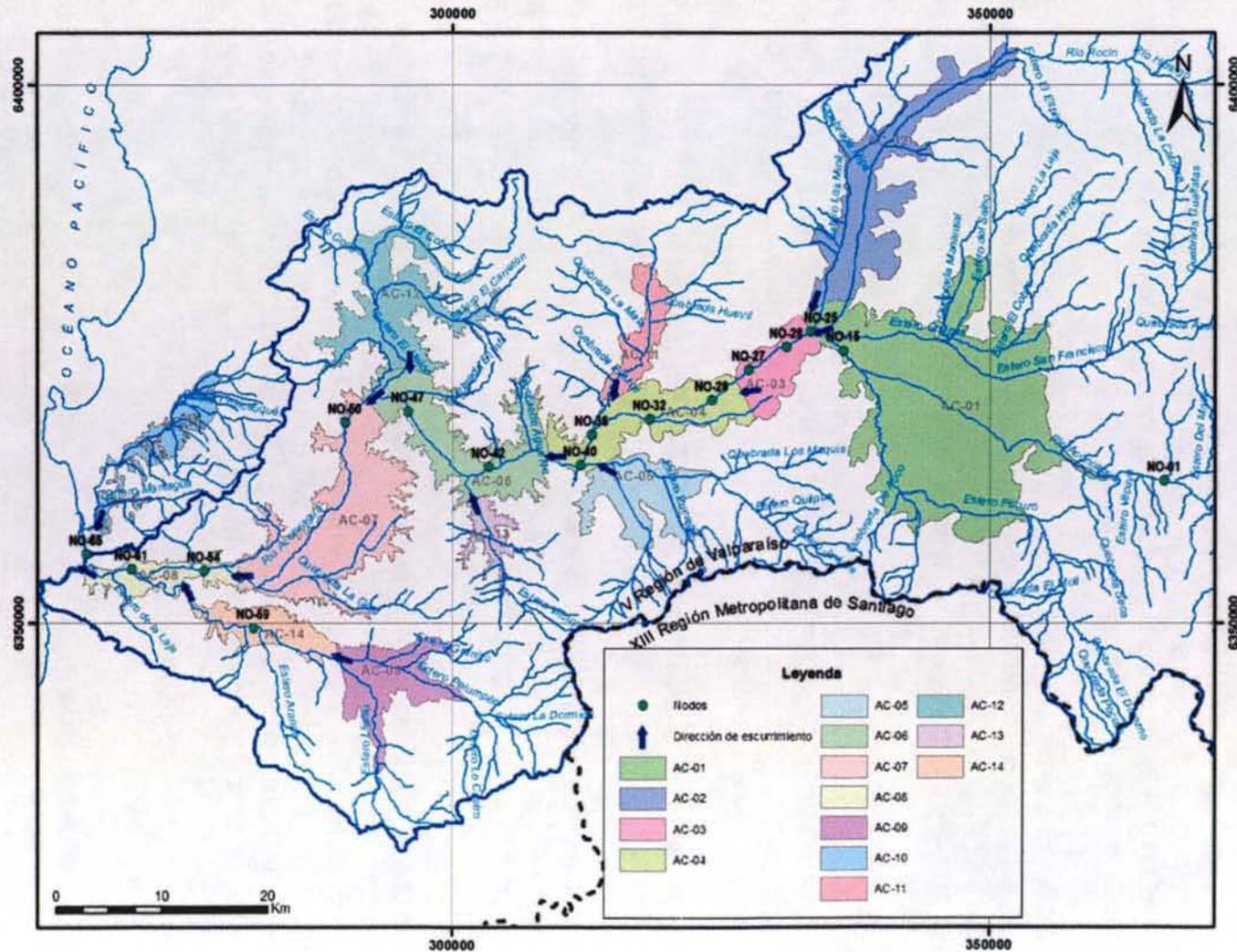


Figura 4 - 18. Nodos de recuperación para retornos subterráneos.



Otro aspecto importante de analizar es la situación topológica en la zona de confluencia del estero Quilpue y el río Putaendo, desde el punto de vista de la distribución de los derrames de la zona de riego ZR-01, adyacente a dicho estero.

El estudio "Modificación de Modelos DGA Visual Modflow – MOS y MOS-PS para determinación disponibilidad real de aguas subterráneas en valle del Aconcagua" que está siendo realizado por DICTUC, en su Informe Etapa II Complementario, realiza interesantes observaciones respecto a la topología de los modelos MOS y MOS-PS, que han sido consideradas en el presente estudio, puesto que la topología que se ha aplicado está basada en los modelos citados.

El modelo MOS consideró que los retornos superficiales de la zona de riego ZR-01 se dirigen a un nodo superficial correspondiente al Estero Quilpue, y desde ahí, a otro nodo superficial ubicado en el río Putaendo, situación llamativa, por cuanto un retorno superficial debe siempre partir de una zona de riego para llegar únicamente a un solo nodo.

Por otro lado, en el modelo MOS-PS, dichos retornos superficiales son entregados directamente en un nodo superficial ubicado en el río Aconcagua, aguas arriba de la confluencia con el río Putaendo, lo que supone una divergencia topológica importante con el modelo anterior.

Por lo tanto, se realizó un análisis de la situación real en la zona, consultando el catastro de usuarios del río Aconcagua, estableciendo las siguientes conclusiones:

- Los retornos superficiales del sector de riego en estudio aportan tanto al estero Quilpue (en su gran mayoría), como al río Putaendo, razón por la que se definieron 2 conectores desde ZR-01 hasta nodos superficiales pertenecientes a dichos cauces.
- Se observó además, que existen retornos que son utilizados para alimentar el sector de riego existente en la ribera poniente del río Putaendo, correspondiente a ZR-04. Dichas recuperaciones incluso son conducidas mediante los canales Derrames del Bajo (7.4 Km., para abastecer a 252.7 Hás.) y Derrames Bellavista Sur (8.5 Km., para 185.3 Hás.), elementos que no estaban considerados en ninguno de los modelos anteriores, por lo que dicho recurso ha sido considerado mediante un conector de retorno superficial que une las zonas de riego ZR-01 y ZR-04.

IV.4.12 Fluviometría

Los registros de caudales medios mensuales requeridos para la implementación del modelo MAGIC, se asocian a la estadística fluviométrica que permite definir los Aportes Naturales y las Cuencas Laterales indicados en el punto IV.4.8 *Cuencas No Controladas*. De igual manera, forman parte de este registro las estaciones

fluviométricas de la cuenca que son utilizadas como contraste de la calibración del modelo MAGIC formulado. De esa forma las series de caudales observadas son contrastadas con los caudales generados por MAGIC. En caso de haber diferencias importantes se debe realizar un proceso de recalibración iterativa, hasta que los parámetros de ajuste sean aceptables. En este caso, existen en el estudio MOSACN 30 estaciones fluviométricas que corresponden a la cuenca del río Aconcagua, sin embargo, la mayor parte de ellas tiene estadísticas incompletas, pero existen algunas como Aconcagua en río Blanco y Aconcagua en Chacabucuito que tienen un periodo extenso de estadísticas disponibles para ser analizadas.

En el estudio MOSACN se extendieron y completaron las estadísticas de seis estaciones para el periodo comprendido entre los años hidrológicos 1950/51 y 1994/95, las cuales se presentan en el Cuadro 4-25.

Cuadro 4 - 27. Estaciones Fluviométricas Consideradas en estudio MOSACN

Nº	Nombre	ESTACION				CUENCA	
		Latitud Sur	Longitud oeste	Altitud [msnm]	Propietario	Área [km ²]	altitud máxima [msnm]
1	Juncal en Juncal	32° 53'	70° 09'	1800	DGA	233	5930
2	Aconcagua en Río Blanco	32° 54'	70° 19'	1420	DGA	875	5930
3	Colorado en Colorado	33° 52'	70° 25'	1062	DGA	743	5070
4	Aconcagua en Chacabucuito	34° 50'	70° 34'	1030	DGA	2096	5930
5	Putando en Resguardo los Patos	35° 31'	70° 36'	1218	DGA	927	4700
6	Pocuro en el Sifón	36° 54'	70° 35'	1000	DGA	173	3600

Fuente : MOSACN

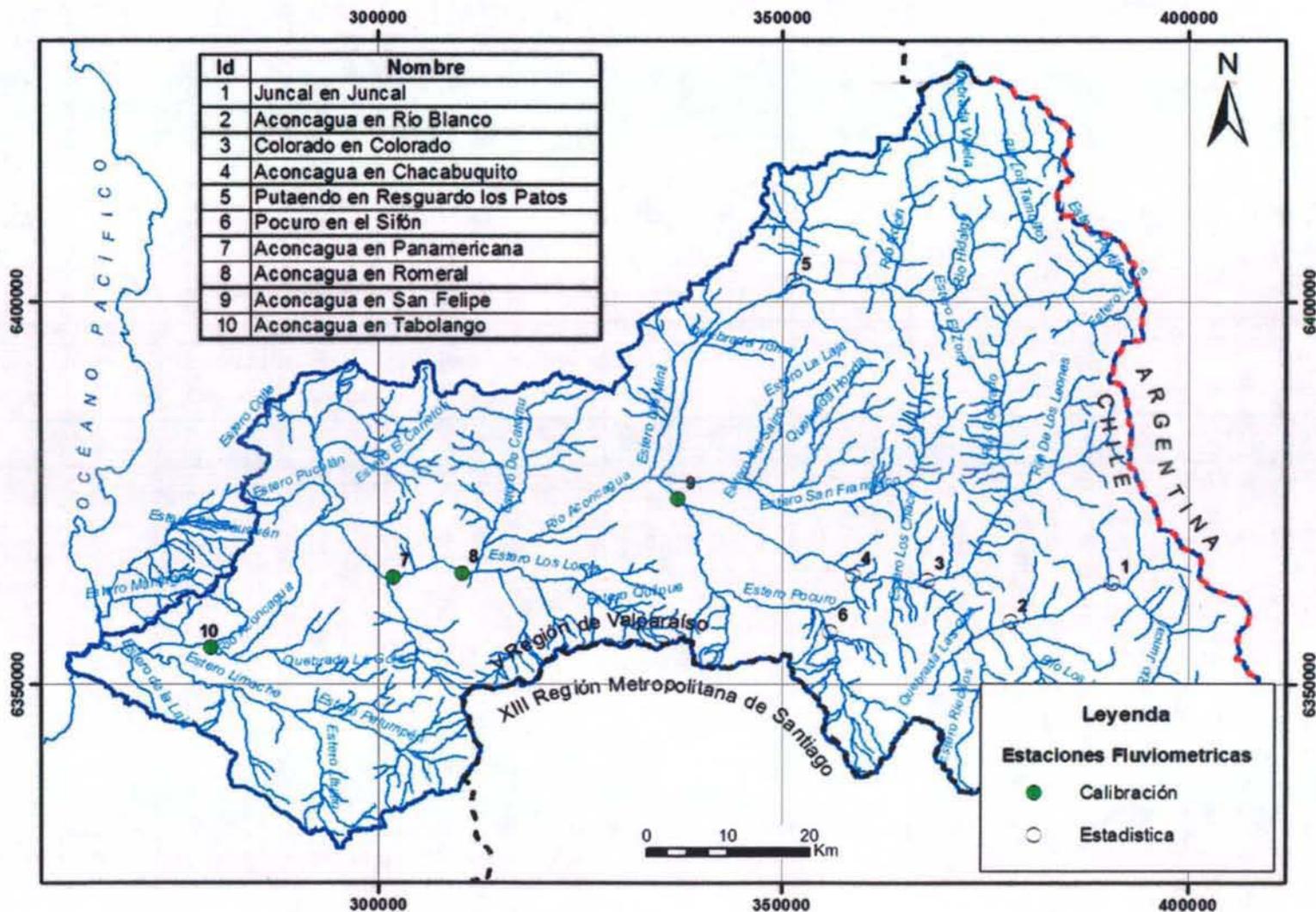
Estas estaciones fueron utilizadas en dicho estudio para la generación de estadísticas en cuencas no controladas, por lo que su utilización se limita a ese punto, no pudiendo ser utilizadas en el proceso de calibración del modelo.

Las estaciones que pueden ser utilizadas para calibrar MAGIC deben corresponder a estaciones que no hayan sido utilizadas para generación de información y que además posean una cantidad razonable de datos medidos, por lo que se utilizaron para este fin las estaciones "Río Aconcagua en San Felipe", "Río Aconcagua en Romeral", "Río Aconcagua en Panamericana" y "Río Aconcagua en Tabolango".

Los registros de caudales medios mensuales observados en las estaciones consideradas para el proceso de calibración se muestran en el Anexo 4.10.

La Figura 4-19 muestra la ubicación de las estaciones utilizadas para generar información en el estudio MOSACN y las estaciones utilizadas para el proceso de calibración en este estudio.

Figura 4 - 19. Estaciones Fluviométricas



IV.4.13 Pluviometría

Los datos de precipitaciones medias mensuales requeridas para la implementación del modelo MAGIC, son utilizados en la estimación de la escorrentía directa y percolación profunda en las zonas de riego mediante el modelo de escorrentía MPL incorporado en el MAGIC. Indirectamente, estos antecedentes son necesarios para la generación sintética de caudales en cuencas no controladas, ya sea a través del MPL o mediante algún otro modelo dependiendo del tipo de cuenca (pluvial o nivopluvial). De igual manera, estos datos se utilizaron en la determinación de la precipitación efectiva asociada al cálculo de las necesidades netas mensuales de cada zona de riego definida.

En el estudio MOSACN se recopilieron registros de precipitaciones mensuales para un total de 41 estaciones. En tres de ellas, San Felipe, Resguardo Los Patos y Limache-Esval, se corrigieron y completaron las estadísticas mensuales.

Estas estadísticas coinciden con las que se encuentran en la BaseACN, excepto que en la BaseACN se encuentran datos hasta el año 1998 y en MOSACN sólo hasta 1995.

El Cuadro 4-26 muestra las 41 estaciones pluviométricas mencionadas anteriormente.

Cuadro 4 - 28. Estaciones Pluviométricas

Nombre	Latitud Sur	Longitud Oeste	Elevación [msnm]	Propietario
Casas de Alicahue	32° 21'	70° 47'	1000	DGA
San Lorenzo	32° 26'	70° 59'	270	DMC
Las Vegas Fundo	32° 25'	71° 02'	369	DMC
La Ligua	32° 27'	71° 13'	58	DMC
El Ingenio Fundo	32° 29'	71° 08'	111	DMC
Cabildo	32° 26'	71° 05'	117	DC
Catopilco	32° 34'	71° 17'	95	DMC
La Canela Fundo	32° 42'	71° 20'	480	DMC
Quintero	32° 47'	71° 31'	8	DMC
Puchuncavi Hacienda	32° 44'	71° 24'	117	DMC
San Felipe	32° 45'	70° 44'	606	DMC
Catemu	32° 47'	70° 58'	440	DMC
Rabuco	32° 41'	71° 07'	300	DGA
Curimon	32° 47'	70° 41'	712	DCM
Lo Rojas	32° 47'	71° 17'	175	DGA
San Esteban Reten	32° 48'	70° 35'	832	DCM
Quillota	32° 54'	71° 13'	130	DGA
Los Aromos	32° 57'	71° 22'	100	DGA
Calle Larga	32° 53'	70° 39'	871	DMC
Los Andes	32° 50'	71° 36'	816	DGA
Rinconada de los Andes	32° 53'	70° 40'	850	DMC

Nombre	Latitud Sur	Longitud Oeste	Elevación [msnm]	Propietario
Llai-Llai	32° 50'	70° 57'	835	DMC
Saladillo	32° 55'	70° 17'	1490	DMC
Vilcuya	32° 51'	70° 28'	1100	DGA
El Tabón Radiofaro	32° 55'	70° 49'	540	DMC
Riecillos	32° 36'	70° 21'	1293	DGA
Cuesta Chacabuco	32° 57'	70° 42'	1009	DMC
Limache-Esval	33° 00'	71° 16'	120	DMC
Resguardo Los Patos	32° 30'	70° 35'	2129	DGA
Embalse Liu.Ilui	33° 08'	71° 12'	300	DGA
El Belloto	33° 02'	71° 25'	121	DMC
Valparaíso	33° 01'	71° 39'	41	DMC
Quilpué - Esval	33° 02'	71° 26'	101	DMC
Marga-Marga Embalse	33° 05'	71° 24'	160	DMC
Pta Curaumilla	33° 06'	71° 45'	85	DMC
Lago Peñuelas	33° 10'	71° 30'	360	DGA
Rodelillo	33° 03'	71° 35'	110	DGA
Embalse Runge	33° 01'	70° 54'	710	DGA
Caleu	33° 00'	71° 00'	1120	DGA
Colliguay	33° 10'	71° 09'	488	DGA
Rincon de los Valles	32° 57'	70° 45'	950	DGA

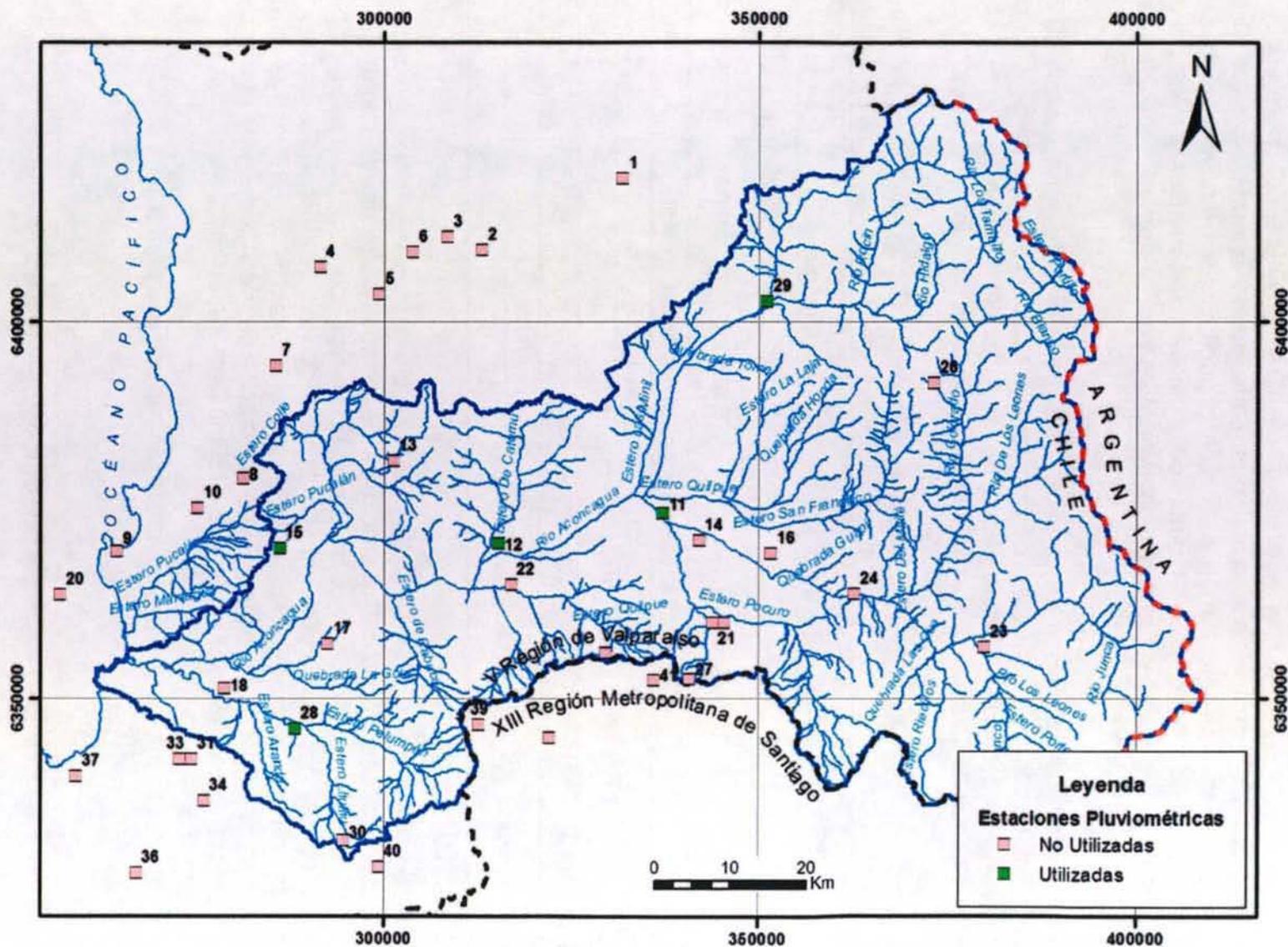
Fuente: MOSACN

Las estaciones pluviométricas consideradas en este estudio fueron San Felipe, Resguardo Los Patos, Limache-Esval, Catemu y Lo Rojas. Ello porque ellas se encuentran bien distribuidas dentro de la cuenca y presentan las estadísticas más completas dentro del período de interés. Estas estadísticas se presentan en el Anexo 4.11. En la Figura 4-20 se muestra la ubicación en planta del total de estaciones pluviométricas.

En relación con las estaciones Catemu y Lo Rojas, éstas poseen información observada sólo a partir de los períodos 1954/55 y 1964/65, respectivamente, por lo que fue necesario rellenar la información hasta el período 1950/51.

En primer lugar se rellenaron los valores de precipitación total anual mediante correlación con la estación San Felipe en el caso de Catemu y con la estación Resguardo Los Patos en el caso de Lo Rojas, ya que eran las estaciones con las que existía una mejor correlación. Luego se obtuvo el valor mensual como el porcentaje de la precipitación anual indicado por la estación utilizada en la correlación.

Figura 4 - 20. Estaciones Pluviométricas



IV.4.14 Captaciones Puntuales

A través de este objeto, MAGIC permite la representación de la demanda superficial de un determinado caudal mensual desde un punto del sistema en estudio, dependiendo de la disponibilidad de agua existente en dicho punto. Parte del caudal captado percola hacia el acuífero y otra parte puede retornar hacia el sistema superficial. Para implementar las captaciones puntuales se requiere antecedentes respecto a la identificación de la captación, la distribución mensual de los caudales captados, especificación de la percolación y de los retornos asociados a las captaciones existentes.

La información de ubicación de captaciones superficiales de agua potable, al igual que la estadística de los caudales de extracción, se obtuvo a través de ESVAL, quien proporcionó antecedentes desde el año 2000. El Cuadro 4-27 presenta un resumen de las captaciones superficiales existentes en la cuenca del Río Aconcagua.

Cuadro 4 - 29. Entrada en Operación Captaciones

Sistema	Planta A.P.	Captación Superficial	Año de entrada en operación
Los Andes-Calle Larga-Real Curimón	El Sauce	BT Superficial Aconcagua	1990
		MP Canal La Petaca	1964
		BT Estero Riecillos	1918
Putando	Pta. Filtros Putando	BT Canal La Compañía	1940
Quillota-La Cruz-San Isidro	Pta. Filtros La Cruz	Canal Waddington	1935
		Canal Serrano	1935
Gran Valparaíso	Concón	Captación Sup. Concón	1964
Gran Valparaíso	Las Vegas	Nueva BT	2002
		Antigua BT	1989

Fuente: ESVAL S.A.

Un resumen de los caudales de extracción de las captaciones antes indicadas, se muestra en el Cuadro 4-28. Cabe destacar, asociado al sistema de captación "Las Vegas", la existencia de una captación subsuperficial correspondiente al dren Las Vegas, el cual posee un caudal medio de captación de 1200 l/s. Este dren ha sido considerado en el modelo MAGIC como una captación superficial, ya que su funcionamiento induce la infiltración de las aguas del río Aconcagua, proceso que está estrechamente relacionado con el escurrimiento superficial.

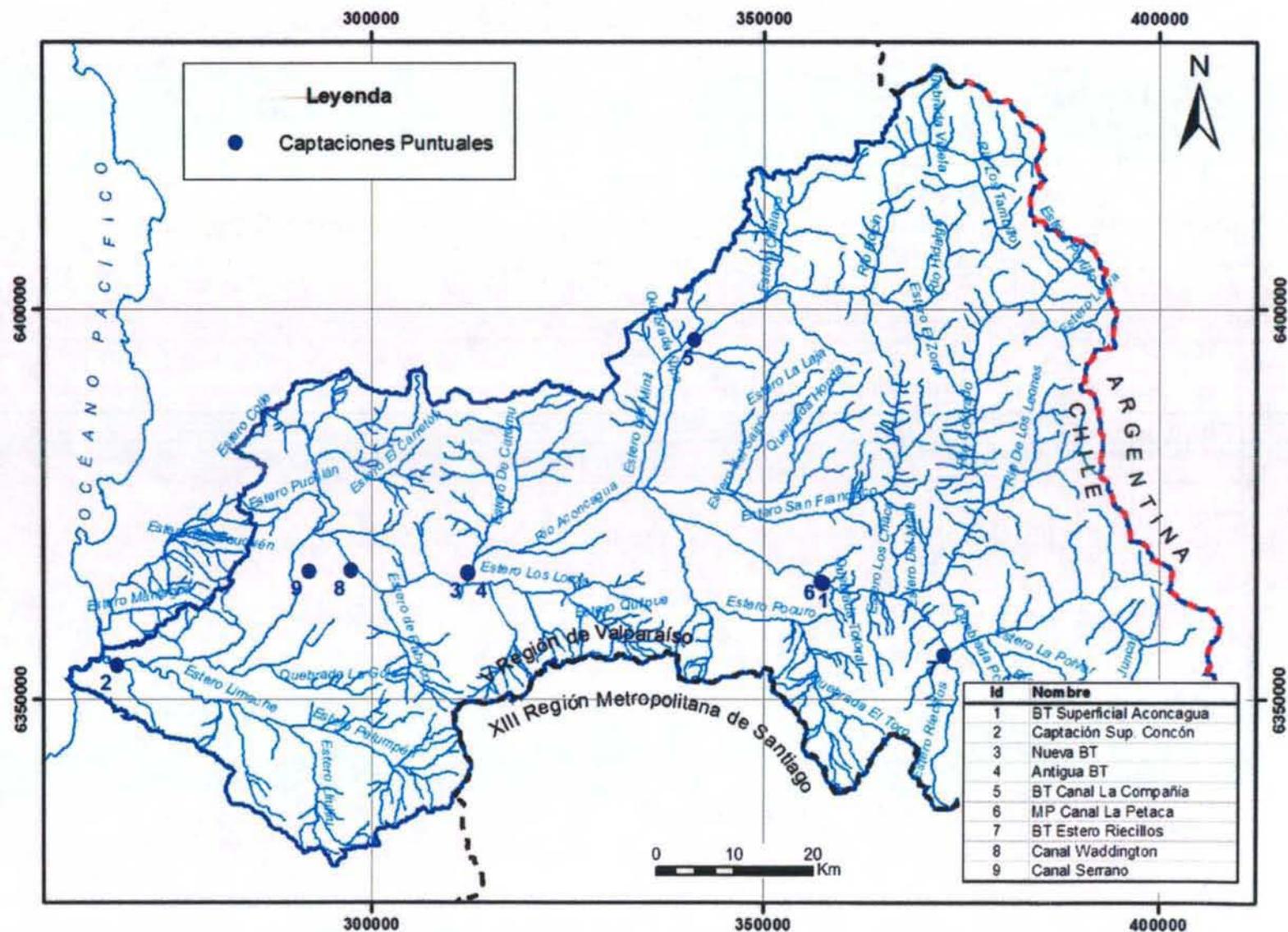
La Figura 4-21 muestra la ubicaciones de las captaciones puntuales.

Cuadro 4 - 30. Caudal de las Captaciones

MES	Las Vegas	Concón	El Sauce	Putando	La Cruz
	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s
Enero	699.78	584.35	119.95	24.44	69.39
Febrero	771.30	591.31	111.33	23.64	65.19
Marzo	817.42	467.02	104.63	22.51	63.77
Abril	804.52	345.70	102.15	20.45	62.81
Mayo	719.65	181.17	89.43	18.04	61.78
Junio	633.42	101.42	85.91	16.17	59.07
Julio	633.12	85.65	83.28	14.08	59.32
Agosto	672.82	83.73	85.84	13.67	59.48
Septiembre	726.42	172.23	97.79	14.72	58.99
Octubre	790.24	262.94	101.07	15.03	59.07
Noviembre	747.81	342.20	103.23	15.84	60.05
Diciembre	703.18	440.79	114.46	18.24	61.94

Fuente: ESVAL S.A.

Figura 4 - 21. Captaciones Puntuales



IV.5 CALIBRACIÓN Y RESULTADOS

El proceso de calibración consistió en una minuciosa revisión de los resultados entregados por MAGIC, con el fin de reproducir de la mejor manera posible la realidad hídrica del sistema del Río Aconcagua, por medio del ajuste de los parámetros del sistema. Dicho proceso se realizó considerando los estudios anteriormente desarrollados, así como también la observación en terreno de la cuenca y la experiencia del consultor en este tema.

Respecto de la modelación de elementos superficiales, y en particular en lo referente a las zonas de riego, se determinó para el presente modelo una base de información actualizada al año 2004 (ver punto IV.4.5, y en particular el punto IV.4.5.3 correspondiente a los tipos de cultivo en la cuenca). Esta base permitió obtener un conjunto de parámetros del modelo que describe el funcionamiento de las zonas de riego en los últimos años, los cuales fueron los implementados al modelo.

Es decir, el modelo en general, y sobre todo desde el punto de vista de los balances superficiales, presenta un mejor ajuste y por ende es más representativo de las últimas décadas del período completo de simulación (desde los años 80 en adelante).

De acuerdo con lo anterior, el modelo por lo tanto, resulta adecuado para la simulación de escenarios futuros de riego, necesitándose sólo la modificación de la oferta hidrológica para los escenarios deseados.

Por otro lado, debe enfatizarse que la información sobre estadística fluviométrica disponible en la cuenca es muy pobre, puesto que hay sólo 2 estaciones confiables, como se verá en el ítem siguiente. Además, de esas 2 estaciones, Aconcagua en San Felipe, y Aconcagua en Tabolango, sólo la primera posee estadística para períodos posteriores a 1980..

Lo anterior es un aspecto importante a considerar al momento de analizar e interpretar los resultados y ajustes realizados que se presentan en los puntos siguientes.

Con respecto a la calibración en sí, hay tres aspectos fundamentales para analizar en esta etapa: la componente superficial, la componente subterránea del sistema y los retornos tanto superficiales como subterráneos que recibe el cauce a lo largo de la cuenca. Todas fueron abordadas de manera independiente, según se explicará a continuación, integrando las ideas desarrolladas de ambos procesos en una discusión general sobre las virtudes y defectos de la aplicación.

IV.5.1 Calibración y Resultados Componente Superficial

Los elementos superficiales que inciden directamente en la modelación del sistema, de acuerdo a la configuración topológica de la cuenca, corresponden a los canales

de regadío y zonas de riego, por lo tanto, la calidad de la simulación de estos elementos incide directamente en el resultado final. Así mismo, desde el punto de vista de la cuantificación de los caudales estimados, tiene especial importancia la magnitud de los caudales aportantes, tanto de aportes naturales como cuencas laterales, al sistema.

Como se describió en el punto IV.4.12, las estaciones fluviométricas utilizadas para esta etapa de calibración son las siguientes:

- Río Aconcagua en San Felipe.
- Río Aconcagua en Romeral.
- Río Aconcagua en Panamericana.
- Río Aconcagua en Tabolango.

Como se aprecia en los resultados gráficos, que se presentan a continuación, sólo las estaciones ubicadas en San Felipe y en Tabolango poseen una cantidad de datos suficientes como para realizar un ajuste satisfactorio sobre gran parte del período de modelación (e incluso, la estadística asociada a la estación Aconcagua en Tabolango incluye datos rellenados); por lo anterior, las otras dos estaciones sólo se utilizaron para establecer tendencias entre los resultados, pero no para concluir de manera fundamentada sobre el comportamiento del modelo en las zonas donde están (o estuvieron) ubicadas.

De esta manera, se presentan a continuación los resultados gráficos, así como parámetros estadísticos de ajuste para cada una de las estaciones.

IV.5.1.1 Estación Río Aconcagua en San Felipe

Esta estación está ubicada en la primera sección de la cuenca, y es representativa del flujo superficial existente en la parte alta de ésta. El ajuste realizado durante el proceso de calibración para esta estación incluyó la necesidad de disminuir los flujos superficiales estimados, puesto que existían diferencias importantes entre el caudal observado y el modelado por MAGIC, existiendo una sobreestimación del modelo en esta zona.

Para lo anterior, y tomando en cuenta que se trata de una cuenca de cabecera, se decidió modificar las estadísticas asociadas a las cuencas laterales que llegan a ésta, considerando que son valores sintéticos, generados a partir de modelos pluviales (MPL), que poseen una importante incerteza. Las otras variables que se podrían modificar con el fin de disminuir el flujo superficial, (capacidad y eficiencia de canales, percolación del lecho del río, etc.), no se consideraron en este ajuste por corresponder a un dato más confiable (medido u observado), pero no estimado.

Por otro lado, para el aporte natural AN-01, se consideró en un principio la estadística correspondiente a la estación Aconcagua en Chacabuquito. Sin embargo,

dicho aporte se entrega al nodo NO-01, que se ubica aproximadamente 15 Km aguas arriba de dicha estación. Por lo tanto, considerando la morfología de la cuenca en este sector, dicho tramo genera un superávit de flujo, producto de esa diferencia de cuenca, que es necesario disminuir, de manera que en la zona donde se ubica la estación, el caudal efectivo generado por el modelo sea similar a la estadística de la estación.

Considerando lo anterior, se ponderó la estadística referente al aporte natural AN-01 y la estadística sintetizada de la cuenca lateral CL-02 por un factor menor a 1, de manera iterativa, con el fin de obtener un valor para dicho factor que entregue un ajuste óptimo, desde el punto de vista de algunos parámetros de ajuste como R^2 , error medio, RMS y la razón entre volúmenes acumulados estimados y observados para el último mes de simulación.

Luego de este proceso, se consideró que un valor de 0.87 para el factor de AN-01, y de 0.7 para CL-02, que entregan resultados satisfactorios, los que se presentan de manera gráfica y estadística a continuación.

Por otro lado, tal como se mencionó anteriormente, esta estación es la más rica en términos de información, y en particular en el período posterior a 1980, el que nominalmente entrega un mejor ajuste al utilizar información actualizada al año 2004 para todo el período de simulación. Por lo tanto, la validez del modelo se consideró principalmente aplicable a este período (1980-1998).

A continuación, se presentan resultados referentes al período de simulación separado en tres cortes temporales: 1950–1968, 1969–1978 y 1980-1998.

Figura 4 - 22A. Serie Q Medios Mensuales Original Río Aconcagua en San Felipe (1950-1968)

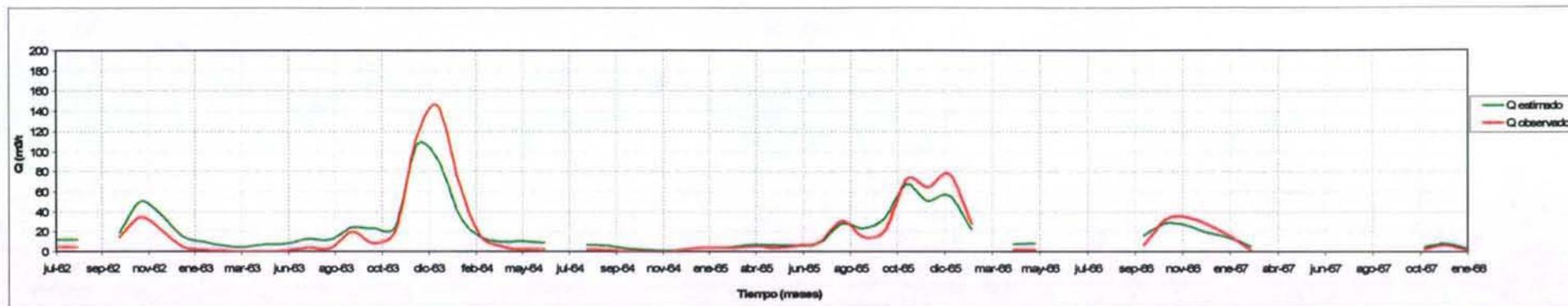


Figura 4 - 23B. Serie Q Medios Mensuales Original Río Aconcagua en San Felipe (1969-1978)

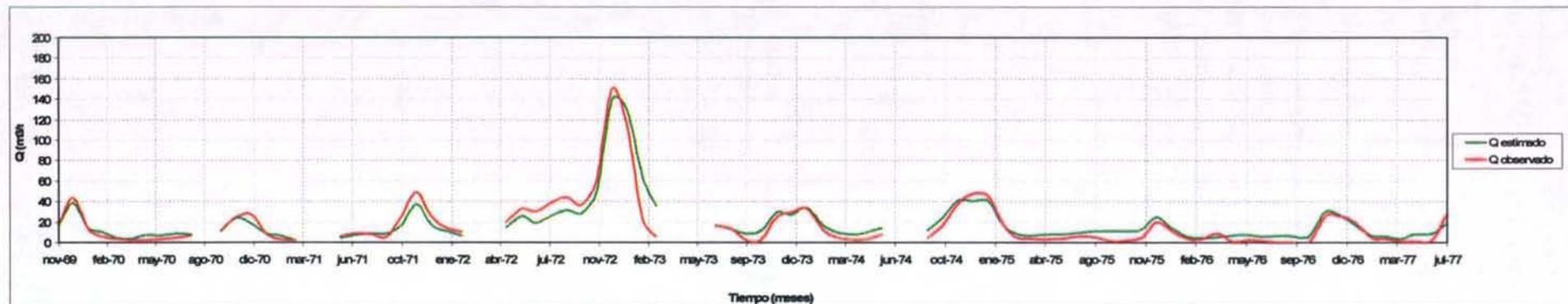
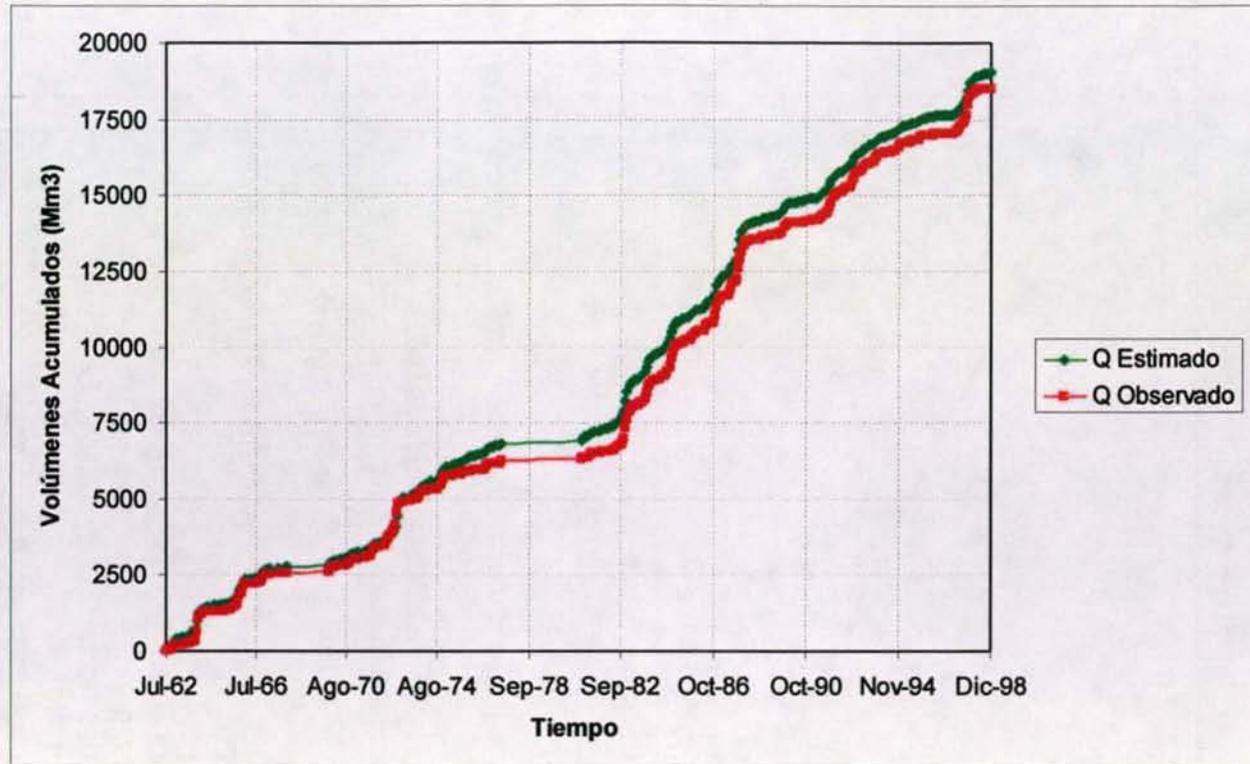


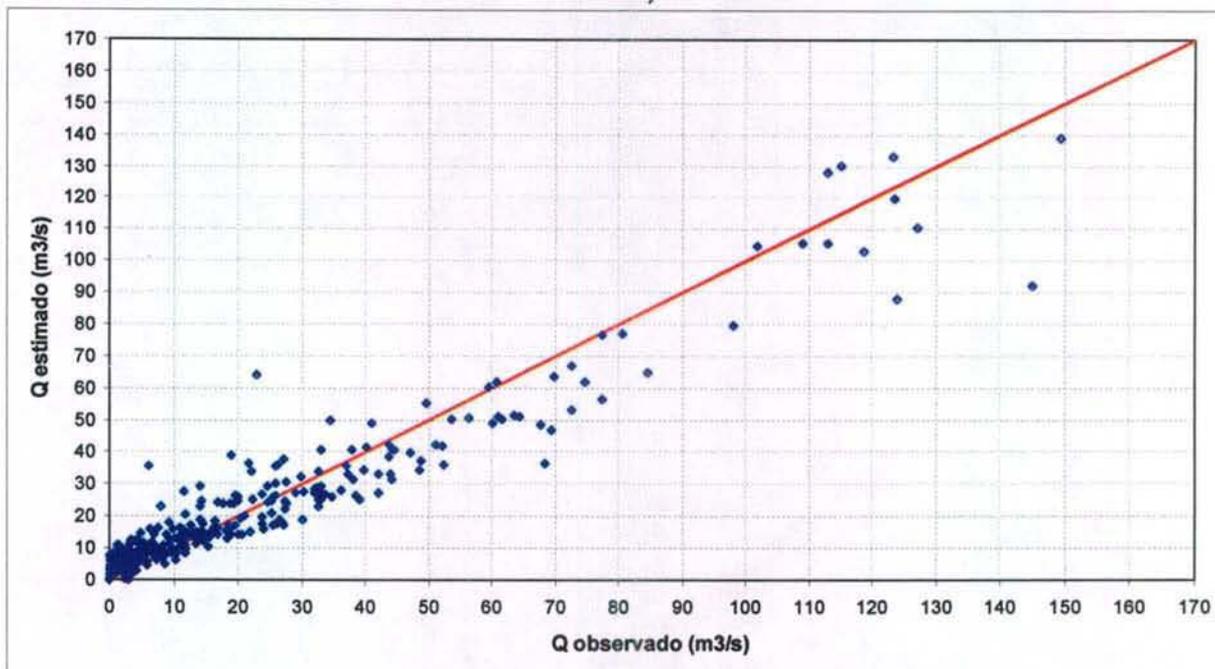
Figura 4 - 24. Series de Volúmenes Acumulados. Río Aconcagua en San Felipe (1950-1998)



La relación entre los volúmenes acumulados obtenidos desde los caudales simulados y observados, al final del período de modelación es la siguiente:

$$\frac{\text{Volumen Acumulado Estimado Final}}{\text{Volumen Acumulado Observado Final}} = 1.03$$

Figura 4 - 25. Dispersión – Series Completas – Río Aconcagua en San Felipe (1950-1998)



Cuadro 4 - 31. Indicadores Estadísticos Modelación en Río Aconcagua en San Felipe (1950-1998).

INDICADORES ESTADÍSTICOS			
	Q OBS (m3/s)	Q EST (m3/s)	ERROR (m3/s)
MÍNIMO	0.0	0.1	0.0
MÁXIMO	149.3	139.2	52.7
PROMEDIO	20.1	20.6	5.4
COEF. R2	0.92		
COEF. RMS	7.982		
COEF. RMS NORM.	5.35%		
ERROR TÍPICO	8		
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	208		

Fuente: Elaboración Propia

A continuación se presentan los resultados referidos al período de 1980-1998.

Figura 4 - 26. Serie Q Medios Mensuales Original Río Aconcagua en San Felipe (1980-1998)

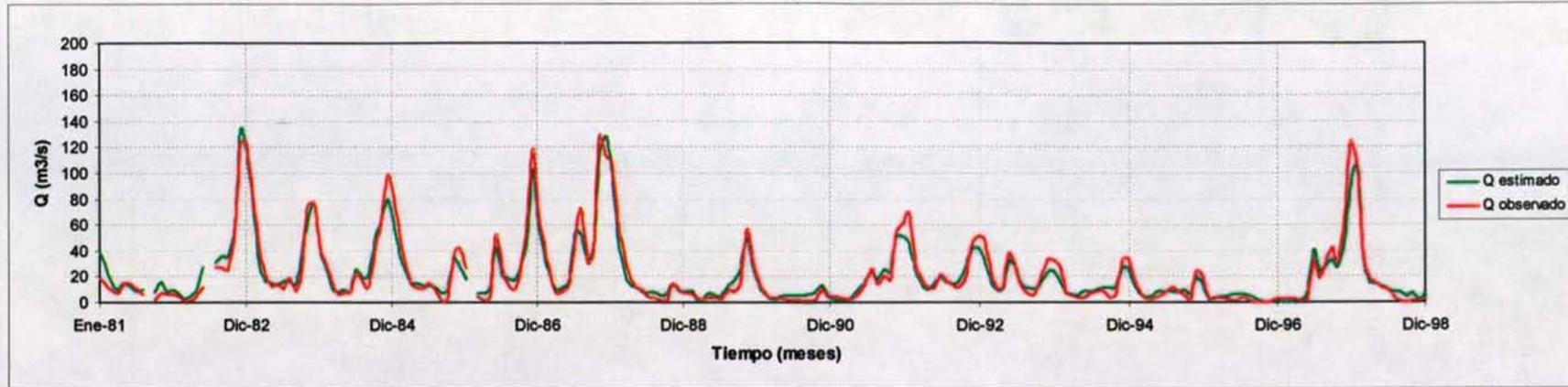
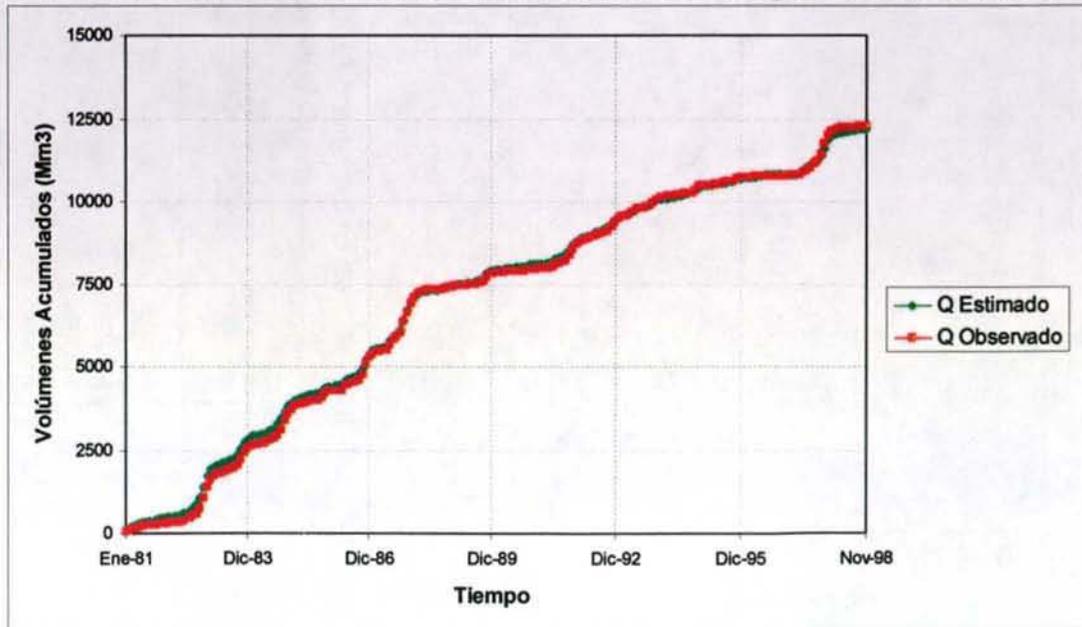


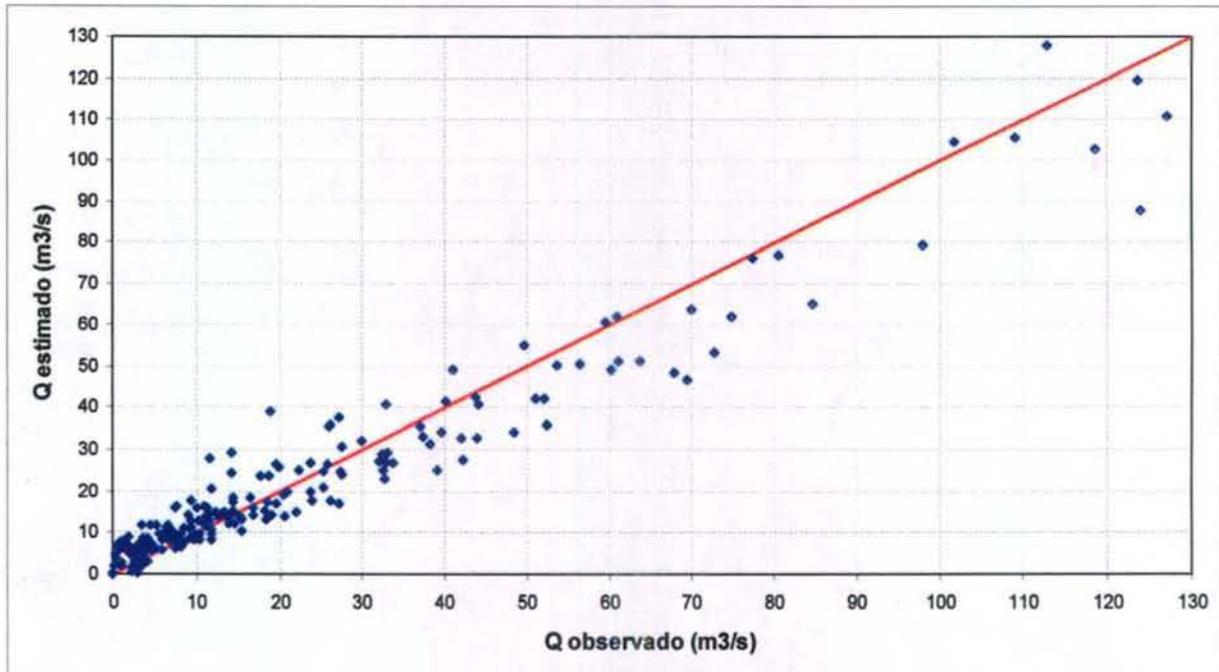
Figura 4 - 27. Series de Volúmenes Acumulados. Río Aconcagua en San Felipe (1980-1998)



La relación entre los volúmenes acumulados obtenidos desde los caudales simulados y observados, al final del período de modelación es la siguiente:

$$\frac{\text{Volumen Acumulado Estimado Final}}{\text{Volumen Acumulado Observado Final}} = 1.00$$

Figura 4 - 28. Dispersión – Series Completas – Río Aconcagua en San Felipe (1980-1998).



Cuadro 4 - 32. Indicadores Estadísticos Modelación en Río Aconcagua en San Felipe (1980-1998).

INDICADORES ESTADÍSTICOS			
	Q OBS (m3/s)	Q EST (m3/s)	ERROR (m3/s)
MÍNIMO	0.0	0.1	0.1
MÁXIMO	127.0	133.2	36.2
PROMEDIO	21.9	21.8	4.9
COEF. R2	0.94		
COEF. RMS	6.921		
COEF. RMS NORM.	5.45%		
ERROR TÍPICO	6		
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	119		

Fuente: Elaboración Propia

Al observar los resultados gráficos de la calibración del modelo, en particular las figuras 4-22 y 4-23, se observa un mejor ajuste en los períodos posteriores a 1980, alcanzando incluso las curvas de volúmenes acumulados una gran similitud en dicho período, absorbiendo las diferencias que entregó el ajuste para períodos anteriores a 1980.

Esto permite ratificar el concepto de una mejor calidad de la modelación para los últimos años del período de simulación, por las razones explicadas anteriormente.

Las divergencias entre los caudales estimados y los observados se presentan principalmente en los valores peak de las curvas (para el período posterior a 1980), y una sobreestimación de los resultados entregados por MAGIC respecto a los caudales observados para los períodos más pretéritos. Esto último puede deberse a menores eficiencias de riego reales en dichos períodos, con respecto a las implementadas, considerando que el modelo se realizó utilizando condiciones más actuales de operación en las zonas de riego asociadas al modelo.

IV.5.1.2 Estación Río Aconcagua en Romeral

Esta estación se encuentra en la zona intermedia de la cuenca, al final de la segunda sección del río Aconcagua. La información estadística que posee no es suficiente para realizar un ajuste satisfactorio, aunque permite realizar algunas observaciones respecto al comportamiento del modelo en esta zona, para el período 1960-1977.

A continuación, se presentan los resultados del ajuste separado en dos cortes temporales: 1960 – 1969 y 1970 – 1977.

Figura 4 - 29A. Serie Q Medios Mensuales Original Río Aconcagua en Romeral (1960 – 1969)

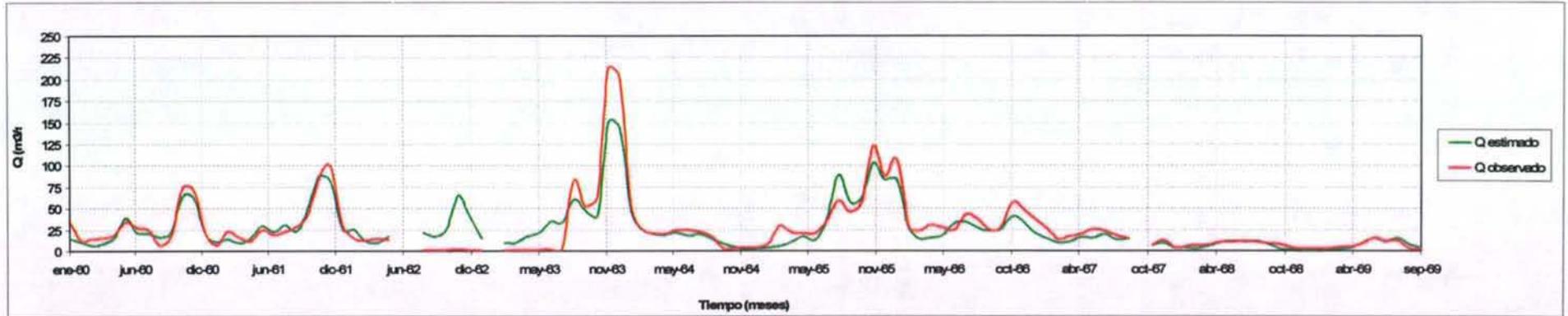


Figura 4 - 30B. Serie Q Medios Mensuales Original Río Aconcagua en Romeral (1970 – 1977)

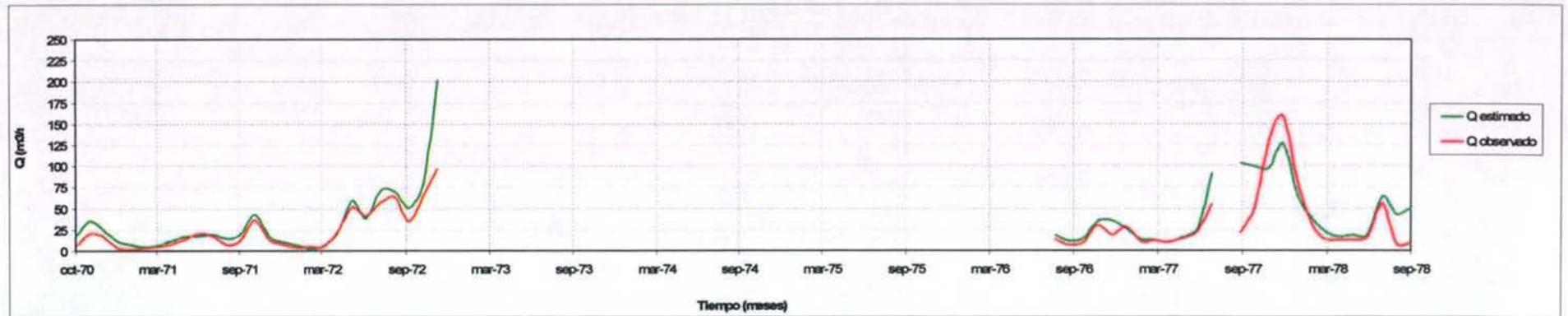
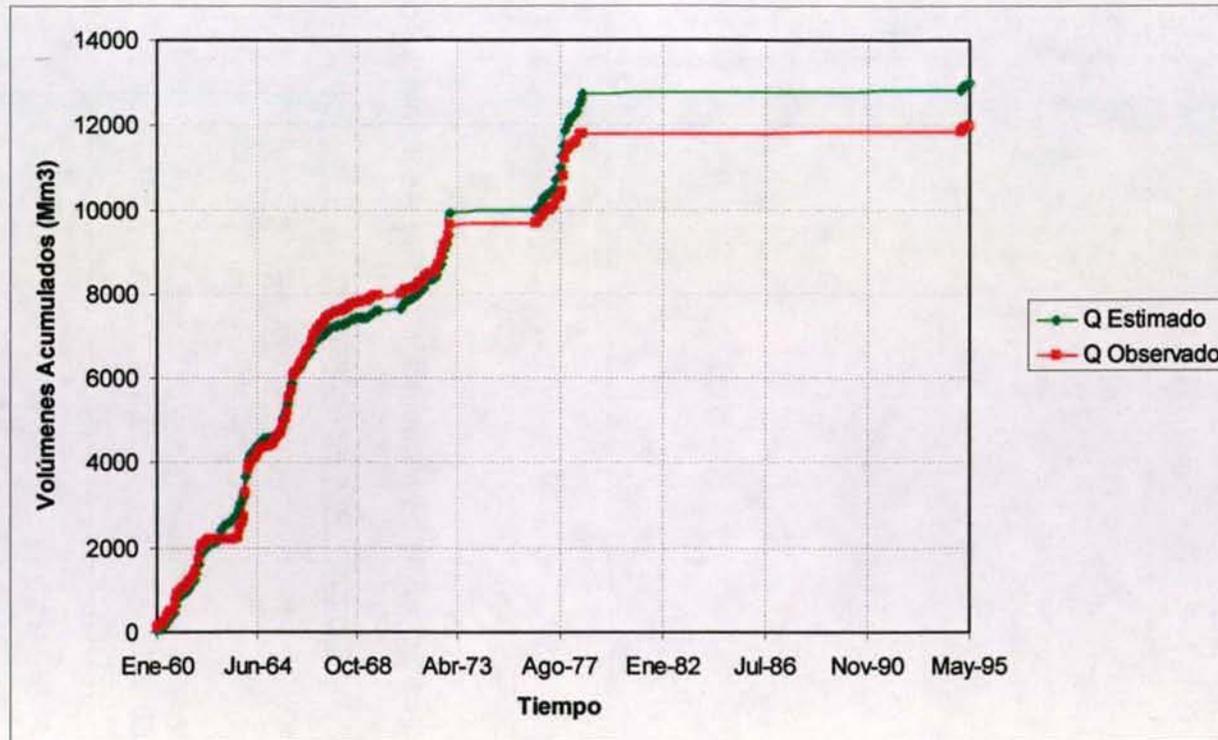


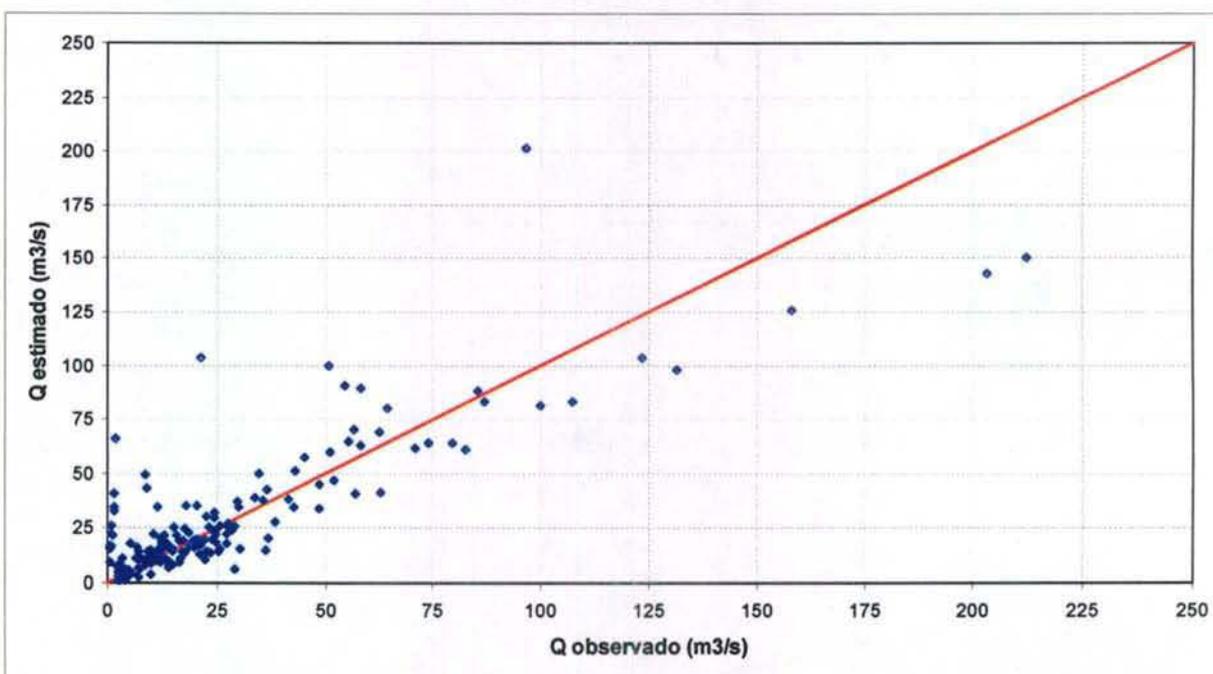
Figura 4 - 31. Series de Volúmenes Acumulados. Río Aconcagua en Romeral



La relación entre los volúmenes acumulados obtenidos desde los caudales simulados y observados, al final del período de modelación es la siguiente:

$$\frac{\text{Volumen Acumulado Estimado Final}}{\text{Volumen Acumulado Observado Final}} = 1.09$$

Figura 4 - 32. Dispersión – Series Completas – Río Aconcagua en Romeral



Cuadro 4 - 33. Indicadores Estadísticos Modelación en Río Aconcagua en Romeral.

INDICADORES ESTADÍSTICOS			
	Q OBS (m3/s)	Q EST (m3/s)	ERROR (m3/s)
MÍNIMO	0.6	1.0	0.1
MÁXIMO	212.2	201.6	105.0
PROMEDIO	26.5	28.8	10.1
COEF. R2	0.72		
COEF. RMS	17.851		
COEF. RMS NORM.	8.4%		
ERROR TÍPICO	18		
DESVIACIÓN EST	1125		

Fuente: Elaboración Propia

Se observa un ajuste coincidente entre ambas curvas en el inicio del período, y una dificultad para cubrir los eventos peak que se presentaron en los años que existe estadística. Además, se observa una sobreestimación importante hacia fines de 1972, que distorsiona la similitud entre las curvas de volumen acumulado.

Sin embargo, desde el punto de vista de los parámetros estadísticos de ajuste, se concluye que pese a la escasa estadística que dispone la estación, el modelo se comporta de manera satisfactoria, aunque debe enfatizarse que la estadística disponible para esta estación es anterior a 1979 (salvo unos pocos meses de 1995), por lo que el ajuste realizado no pertenece al período donde se espera un mejor comportamiento del modelo (1980 en adelante).

IV.5.1.3 Estación Río Aconcagua en Panamericana

Esta estación se ubica al inicio de la tercera sección de la cuenca, y es la más pobre en términos de información estadística, por lo que fue la menos influyente en el proceso de calibración, permitiendo sólo establecer una verificación del ajuste del modelo en los pocos años donde existe la información.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para esta estación.

Figura 4 - 33A. Serie Q Medios Mensuales Original Río Aconcagua en Panamericana (1962 – 1990)

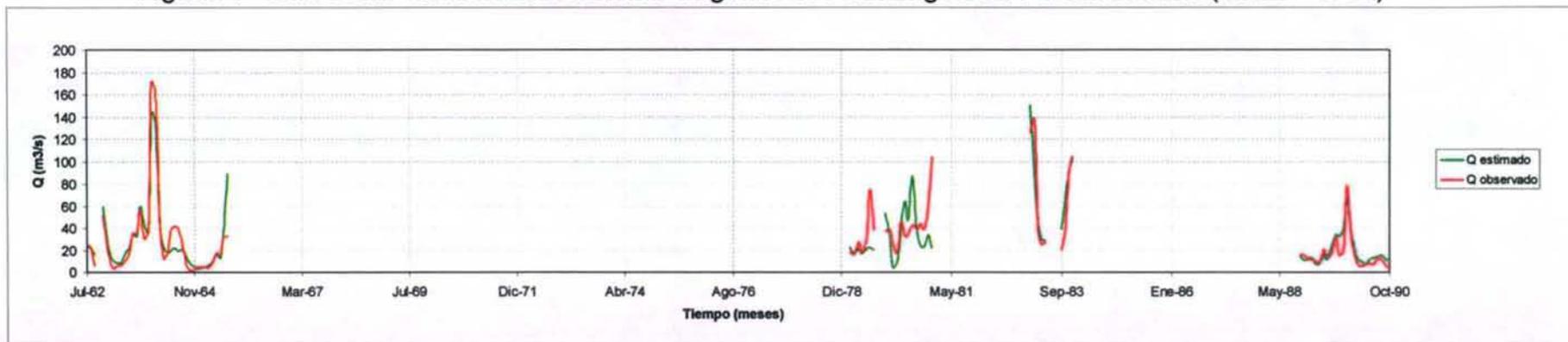


Figura 4 - 34B. Serie Q Medios Mensuales Original Río Aconcagua en Panamericana (1962 – 1965)

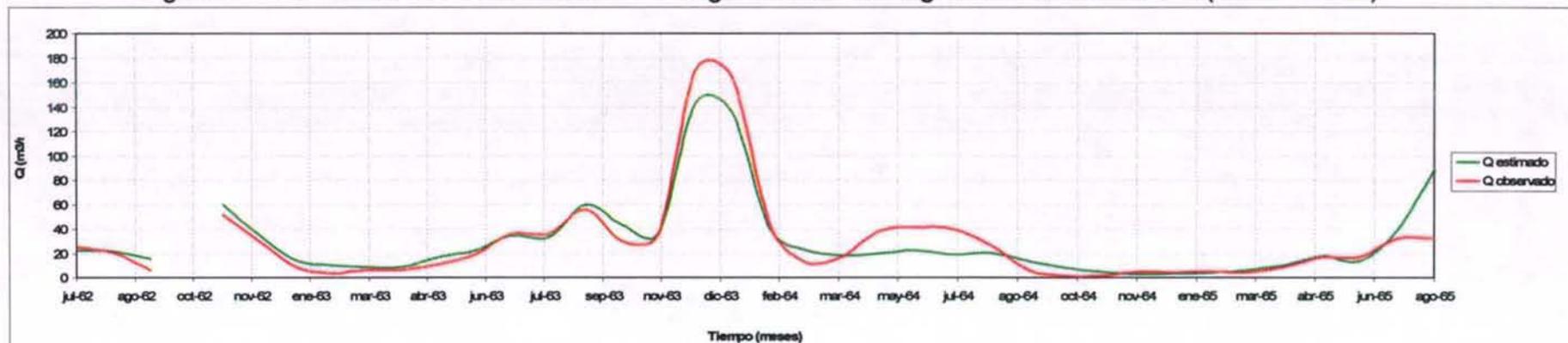


Figura 4 - 35C. Serie Q Medios Mensuales Original Río Aconcagua en Panamericana (1979 – 1983)

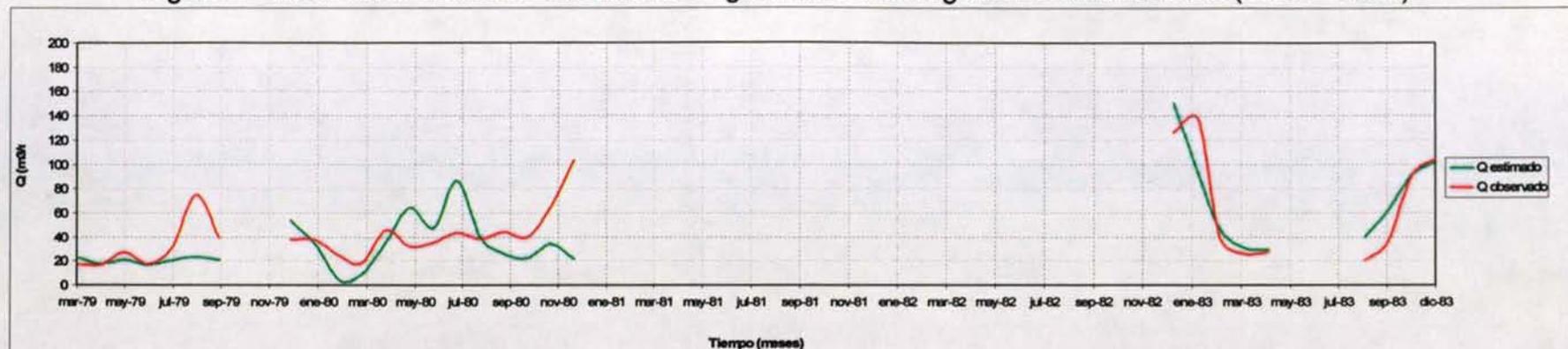


Figura 4 - 36D. Serie Q Medios Mensuales Original Río Aconcagua en Panamericana (1988 – 1990)

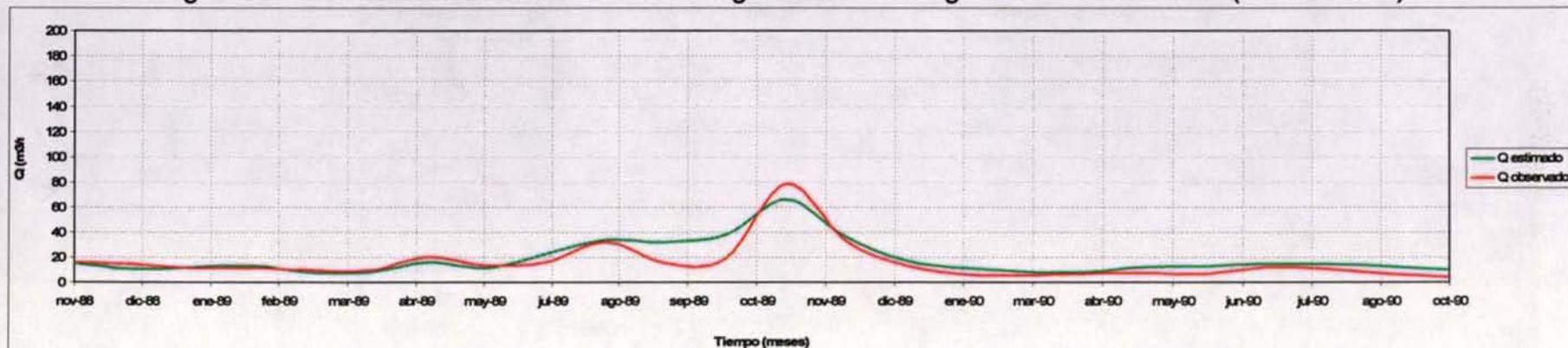
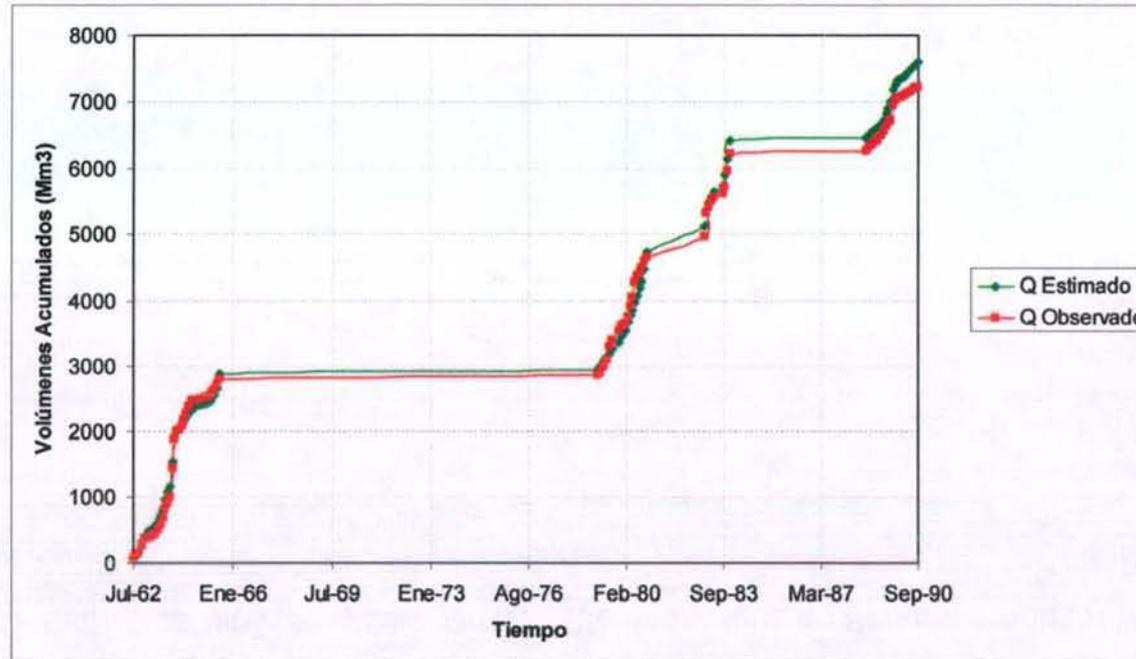


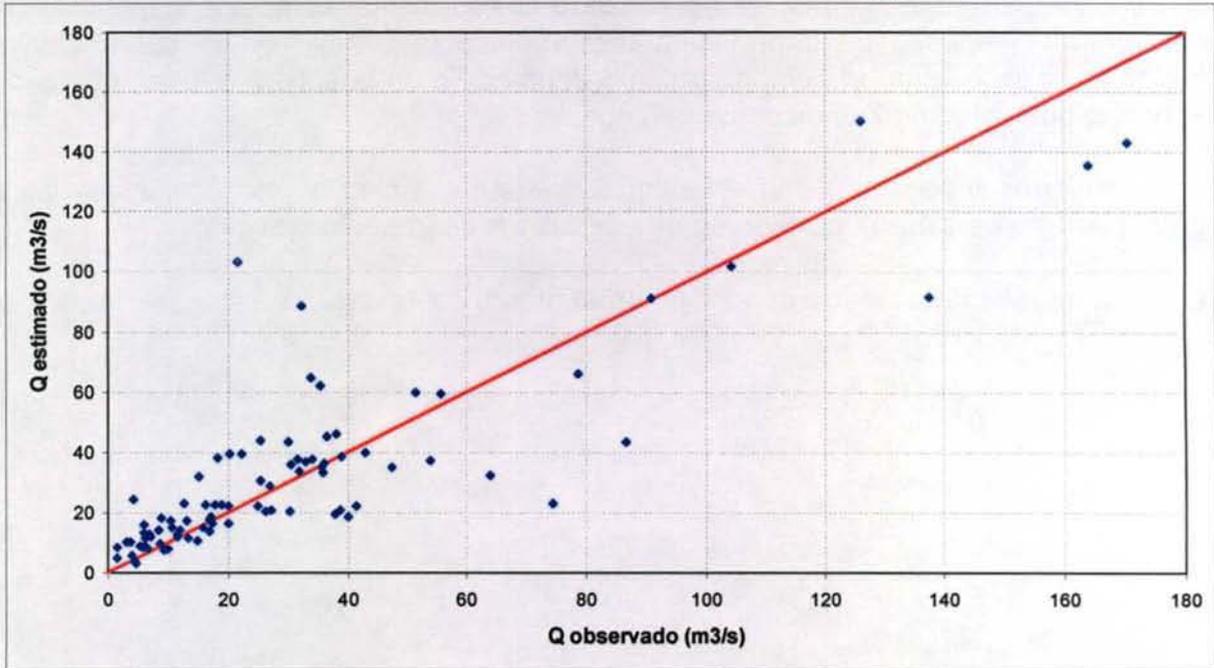
Figura 4 - 37. Series de Volúmenes Acumulados. Río Aconcagua en Panamericana



La relación entre los volúmenes acumulados obtenidos desde los caudales simulados y observados, al final del período de modelación es la siguiente:

$$\frac{\text{Volumen Acumulado Estimado Final}}{\text{Volumen Acumulado Observado Final}} = 1.05$$

Figura 4 - 38. Dispersión – Series Completas – Río Aconcagua en Panamericana



Cuadro 4 - 34. Indicadores Estadísticos Modelación en Río Aconcagua en Panamericana.

INDICADORES ESTADÍSTICOS			
	Q OBS (m3/s)	Q EST (m3/s)	ERROR (m3/s)
MÍNIMO	1.6	2.9	0.3
MÁXIMO	170.4	150.2	81.7
PROMEDIO	30.6	32.1	10.5
COEF. R2	0.73		
COEF. RMS	17.329		
COEF. RMS NORM.	10.3%		
ERROR TÍPICO	17		
DESVIACIÓN EST	867		

Fuente: Elaboración Propia

Las series obtenidas para esta estación, son pobres como para concluir sobre el comportamiento del modelo en esta zona de la cuenca. Sólo se observa un relativo buen ajuste en el período continuo entre 1989-1990, respecto de períodos anteriores,

probablemente por las razones expuestas de la validez del modelo para años más recientes.

IV.5.1.4 Estación Río Aconcagua en Tabolango

Esta estación está ubicada en la cuarta sección de la cuenca, y su estadística, si bien es continua para un extenso período (1962 a 1977), muchos de sus datos fueron rellenados. De todas formas, se ha utilizado la estadística completa, considerando que ante la escasez de información fluviométrica disponible en la cuenca, y la importancia de evaluar el comportamiento del modelo en la salida de ésta, obviando el hecho que existan algunos datos rellenos.

Por otro lado, el período de la estadística de esta estación no alcanza a incluir los años posteriores a 1980, período de mayor validez del modelo ajustado.

Los resultados gráficos y numéricos se presentan a continuación.

Figura 4 - 39A. Serie Q Medios Mensuales Original Río Aconcagua en Tabolango (1962 – 1977)

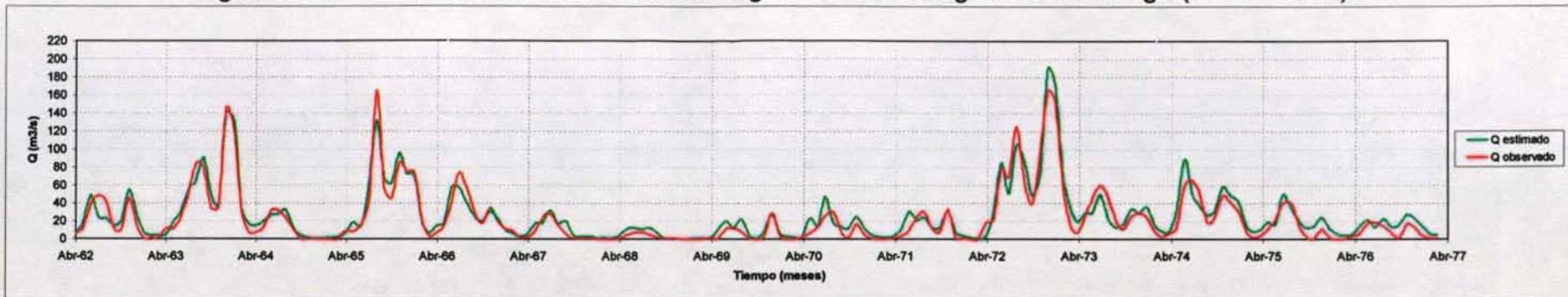


Figura 4 - 40B. Serie Q Medios Mensuales Original Río Aconcagua en Tabolango (1962 – 1967)

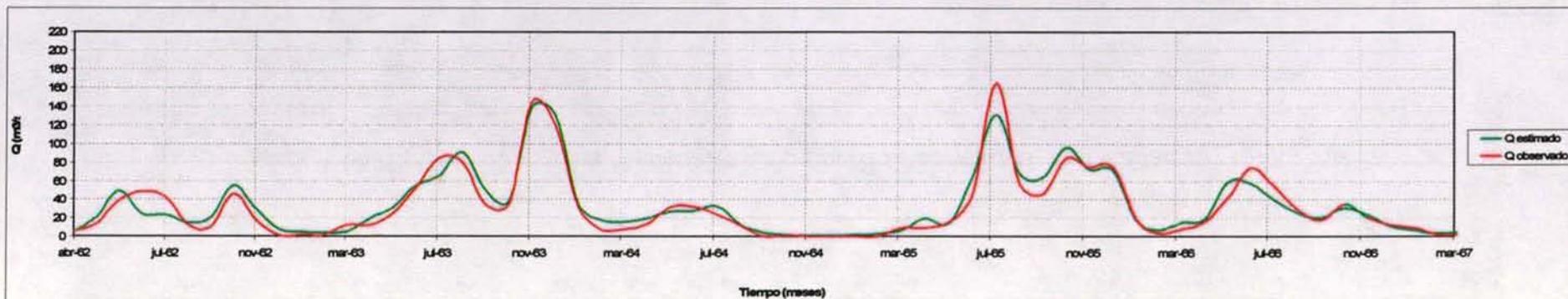


Figura 4 - 41C. Serie Q Medios Mensuales Original Río Aconcagua en Tabolango (1967 - 1972)

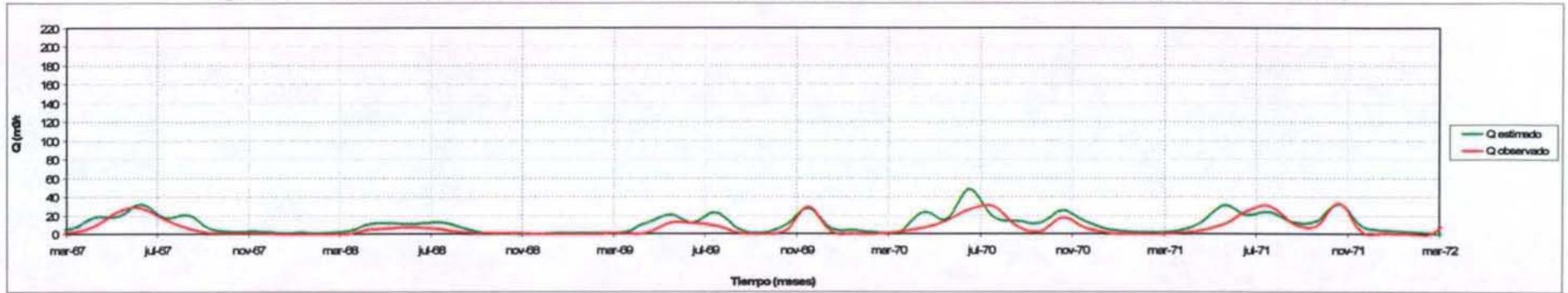


Figura 4 - 42C. Serie Q Medios Mensuales Original Río Aconcagua en Tabolango (1972 - 1977)

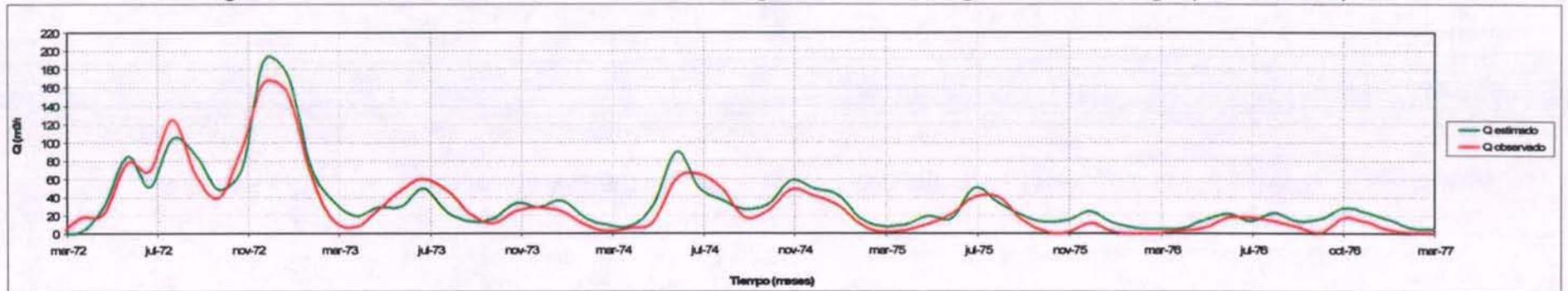
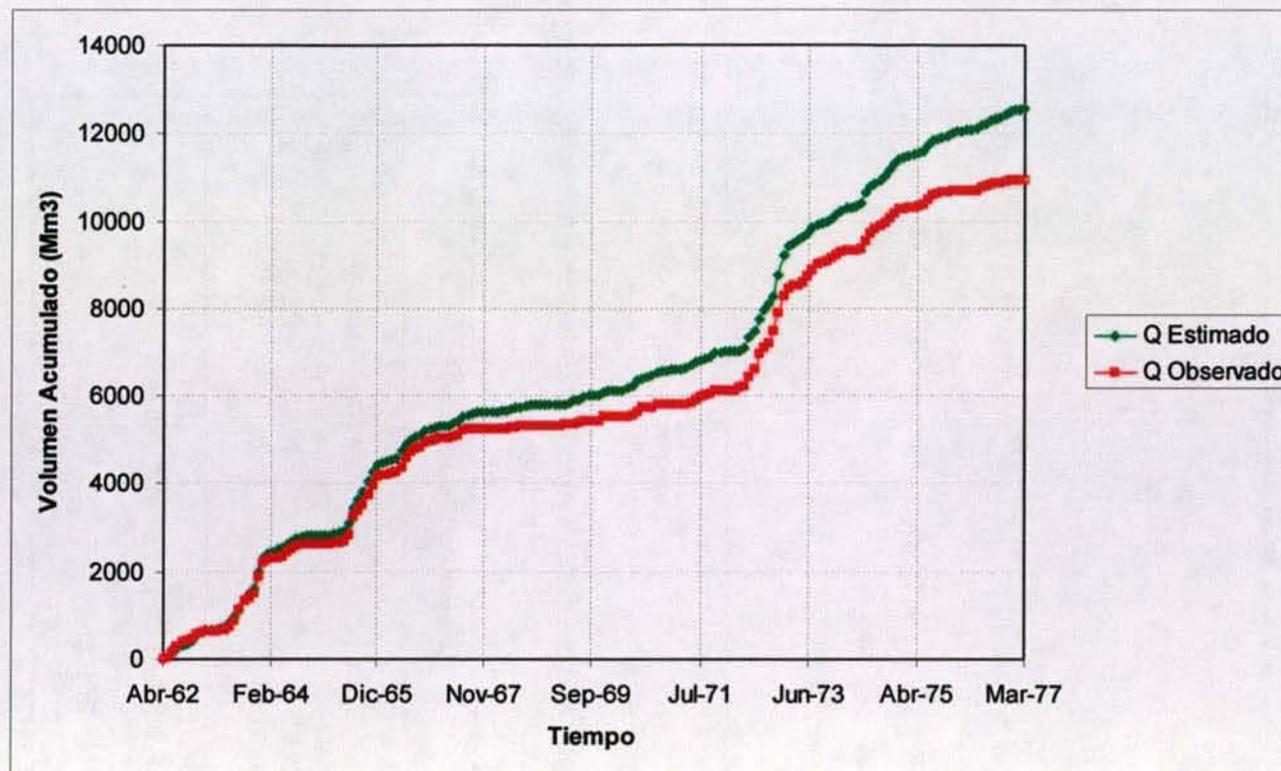


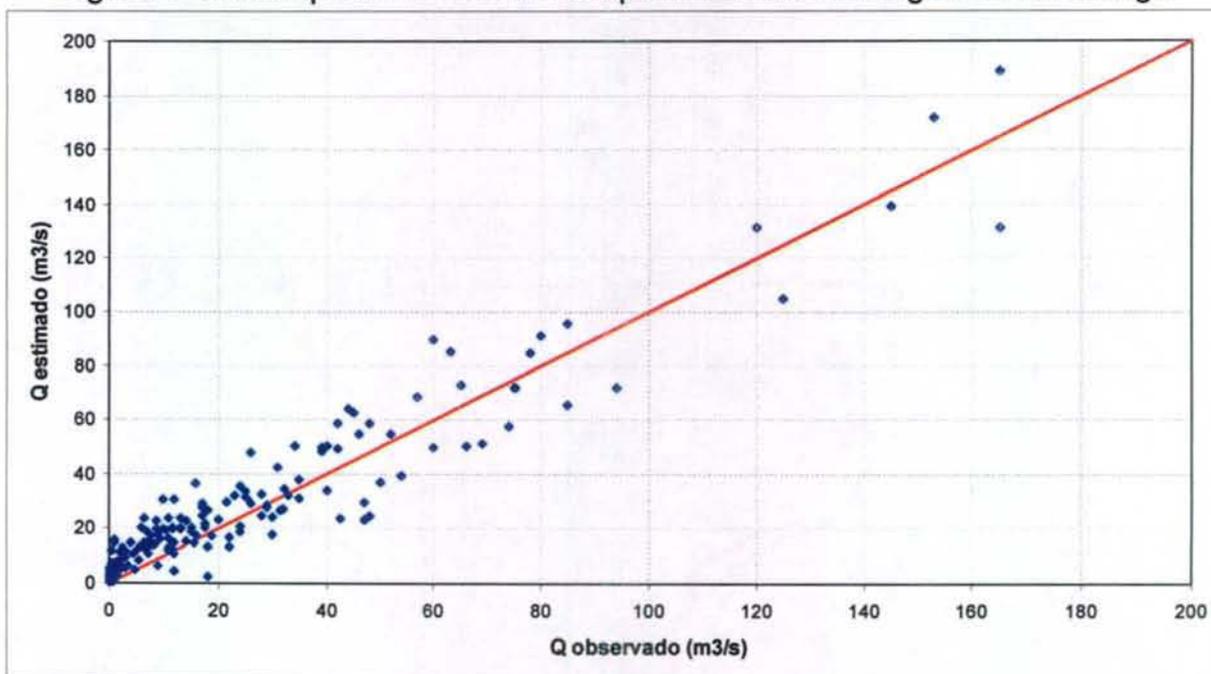
Figura 4 - 43. Series de Volúmenes Acumulados. Río Aconcagua en Tabolango



La relación entre los volúmenes acumulados obtenidos desde los caudales simulados y observados, al final del período de modelación es la siguiente:

$$\frac{\text{Volumen Acumulado Estimado Final}}{\text{Volumen Acumulado Observado Final}} = 1.15$$

Figura 4 - 44. Dispersión – Series Completas – Río Aconcagua en Tabolango



Cuadro 4 - 35. Indicadores Estadísticos Modelación en Río Aconcagua en Tabolango.

INDICADORES ESTADÍSTICOS			
	Q OBS (m3/s)	Q EST (m3/s)	ERROR (m3/s)
MÍNIMO	0.0	0.4	0.0
MÁXIMO	165.0	189.3	33.5
PROMEDIO	23.1	26.5	7.6
COEF. R2	0.91		
COEF. RMS	9.976		
COEF. RMS NORM.	6.0%		
ERROR TÍPICO	9		
DESVIACIÓN EST	160		

Fuente: Elaboración Propia

Esta estación, al estar ubicada en la salida de la cuenca, entrega una visión global del comportamiento del modelo, considerando todas las intervenciones que posee la cuenca. Si bien la correlación es aceptable ($R^2 = 0.90$ y $RMSN = 6\%$), se observa

que las principales diferencias entre ambas series de caudales (estimadas y observadas), radican en los valores peak de éstas, especialmente en los últimos años del período de registro, según se aprecia en el gráfico de volúmenes acumulados.

Al igual que en la estación Aconcagua en San Felipe para los primeros años del período de simulación, en esta estación se observa una sobrestimación del caudal simulado respecto del observado. La explicación de esta situación podría ser debido a que el modelo se construyó para condiciones operativas de riego actuales, por cuanto no se conoce la infraestructura de riego de los primeros años del período completo (desde 1950).

Por último, se observa que las mayores diferencias entre ambas curvas, en general para todas las estaciones, ocurren en los valores peaks de las series, lo que hace suponer una dificultad del modelo para acomodarse a eventos extremos o con baja probabilidad de excedencia (que en todo caso no es el objetivo de una herramienta de este tipo)..

Los ajustes anteriormente presentados, permiten concluir que es recomendable el modelo para ser utilizado en escenarios futuros de explotación, siendo sólo necesario actualizar la oferta hídrica, puesto que las condiciones de operación de las zonas de riego han sido implementadas con información más reciente.

A continuación, se presenta un esquema de los balances de volumen superficiales, para cada sección, obtenidos en base a los resultados que ha entregado MAGIC.

Figura 4 - 45. Esquema Genérico de Balance Superficial.



Cuadro 4 - 36. Resultados Balance Superficial por Sección

	SECCIÓN 1	SECCIÓN 2	SECCIÓN 3	SECCIÓN 4	SECCIÓN PUTAENDO
ENTRADAS	[m ³ /s]				
Cuenca Aportante o Afluentes	32.60	1.42	2.21	2.49	12.92
Descarga Puntual	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Entrada Otra Sección	0.00	35.31	38.80	38.21	0.00
Afloramientos	4.53	8.26	10.49	7.93	1.13
Retorno Riego y Captación	0.90	1.78	1.29	0.34	0.17
SALIDAS					
Captación Puntual	-0.10	-1.10	-0.16	-0.22	-0.02
Canal de Riego	-9.45	-3.87	-8.97	-0.17	-2.20
Percolación	-2.65	-3.00	-5.44	-3.28	-0.48
Salida Otra Sección	-25.82	-38.80	-38.21	-45.31	-11.51
BALANCE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Elaboración Propia

IV.5.2 Calibración y Resultados Componente Subterránea

Este proceso consistió en reproducir, en términos de órdenes de magnitud, los flujos, tanto de entrada como de salida, que involucran a los acuíferos de la cuenca. Esto se realizó, en primer lugar, ajustando las condiciones de operación de los acuíferos de la primera sección y en de ello extender el ajuste hacia aguas abajo.

Cabe señalar que MAGIC no constituye una herramienta desarrollada para el análisis detallado de la componente subterránea de un sistema hidrológico, puesto que el objetivo principal es establecer balances superficiales de agua, incorporando la representación de los acuíferos de manera simplificada. Esto último se considera útil como una primera aproximación de la interacción napa – río, siendo los resultados asociados a la componente subterránea meramente referenciales. En ningún caso esta herramienta debe ser considerada como un medio de toma de decisión para la gestión del recurso subterráneo, existiendo para este fin otras herramientas específicas, tales como Visual Modflow, entre otras.

Como elemento de comparación entre los resultados obtenidos y otras simulaciones de la componente subterránea de la cuenca, se encuentran los resultados de balances volumétricos realizados en el estudio MOSACN, así como la experiencia y visión del consultor respecto a las características de la cuenca.

En primer lugar, se realizó una revisión a los parámetros elásticos del acuífero San Felipe-Los Andes; debido principalmente a nuevos antecedentes de permeabilidades incorporados en el estudio "Análisis de Información Hidrogeológica del Valle del río Aconcagua para la Actualización del Modelo del Sistema", realizado por esta consultora en Marzo 2007 para la DGA. Este estudio orientado a la primera sección, determinó una distribución espacial de permeabilidades (estimadas a partir de pruebas de bombeo), en la zona de salida del acuífero, valores del orden de 60 m/día, o 1800 m/mes. En cambio, el estudio MOSACN utilizó en sus modelaciones un coeficiente de permeabilidad, en la sección de salida de este acuífero, del orden de 4900 m/mes, el cual permitiría un flujo subterráneo particularmente alto hacia a la segunda sección de la cuenca (10 m³/s aproximadamente). El desarrollo de la presente modelación se consideró un valor de 1800 m/mes.

Otro aspecto que se corrigió, correspondiente a los acuíferos del sistema, fue la geometría de estos elementos, particularmente el área superficial del acuífero. Se observó una importante diferencia, de hasta un 100% en algunos acuíferos, entre las áreas superficiales calculadas en el estudio MOSACN, con las obtenidas directamente de los shapes correspondientes. Esta modificación geométrica influye directamente en el volumen de embalse subterráneo y por lo tanto en las condiciones de operación del sistema.

Como consecuencia de lo anterior, fue necesario definir la saturación inicial que posee el acuífero, expresada en el volumen de agua almacenada al interior de éste en el primer año de modelación (1950 en este caso). Se estimó pertinente imponer que dicho volumen equivale al 50% del volumen existente en condición de saturación

del acuífero, desestimando aquellos volúmenes utilizados para el desarrollo del *MOSACN*, por las divergencias geométricas ya explicadas.

Este último aspecto es importante, considerando que la utilización de la cuenca en el tiempo ha acercado a los acuíferos a condiciones de saturación, situación que las simulaciones reprodujeron luego de 30 años de operación, aproximadamente. Por lo tanto, se avala con esto el concepto explicado en el ítem anterior, respecto a que las modelaciones presentarán un mejor ajuste en los años contemporáneos dentro del período de modelación.

Además, es importante señalar que las condiciones de utilización de la cuenca prácticamente se mantuvieron durante todo el horizonte de modelación, salvo la superficie cultivable de la ZR-01, discretizada en dos períodos. Esta condición no representa de manera fiel el manejo que fue sometida la cuenca, ya que el uso de la cuenca para riego agrícola varía temporalmente, puesto que depende de condiciones económicas, tecnológicas, climáticas, etc., lo cual agrega una componente temporal que en esta modelación no está incluida. Lo anterior se traduce en que las simulaciones se realizaron, para todo el período, con condiciones de operación contemporáneas, por lo que nuevamente se reafirma el concepto del párrafo anterior.

Por otro lado, la segunda sección de la cuenca presenta un importante angostamiento en su sección permeable, lo que se traduce en importantes afloramientos, los cuales fueron incorporados en la topología del sistema. Dichos afloramientos pueden definirse de dos maneras: como saturación de volumen disponible de almacenamiento en el acuífero (afloramiento normal), o como saturación en la sección de entrada del acuífero (afloramiento especial). En la segunda sección se definieron de ambos tipos.

Para la tercera y cuarta sección, se obtuvieron resultados, a priori, excesivamente altos para los caudales de afloramiento de los acuíferos correspondientes. Por lo que se realizó un riguroso análisis de dichos resultados y de los antecedentes existentes de la cuenca. Se observaron en primer lugar, los limnigramas de niveles obtenidos en el estudio *MOSACN*, para distintos pozos en distintas secciones de la cuenca. Para los limnigramas correspondientes a la tercera y cuarta secciones, se aprecia una tendencia a la estabilidad por parte de los niveles, principalmente en las décadas de 1980 y 1990, lo que permite suponer que en ese período los acuíferos involucrados sí estarían saturados, por lo que la existencia de afloramientos en esta zona es muy probable, al menos para este período.

Una vez aceptada la existencia de dichos afloramientos, se analizó la magnitud excesiva de éstos. El principal parámetro incidente en este punto, es la recarga excesiva por la infiltración principalmente de canales y cauces. En el caso de canales, se observó que algunos canales de la zona (por ejemplo el canal Mauco), poseen un contacto muy esporádico con el acuífero de manera directa, a lo largo de su trayecto, por lo que la eficiencia de conducción tuvo que considerarse este aspecto al momento de ser estimada.

En el caso de los cauces, las recargas mayores obedecen a épocas donde se presentaron tormentas excepcionalmente intensas (por ejemplo, julio de 1987). Como en estos casos, la magnitud y velocidades de los cauces son muy grandes, lo que se traduce un gran escurrimiento superficial (no así en una gran recarga como se calculó inicialmente con MAGIC), se optó por eliminar dichas tormentas en el cálculo y representación gráfica de los afloramientos (como se presentará más adelante), no así de las modelaciones, de manera de presentar visualmente un comportamiento más cercano a la realidad en esos meses.

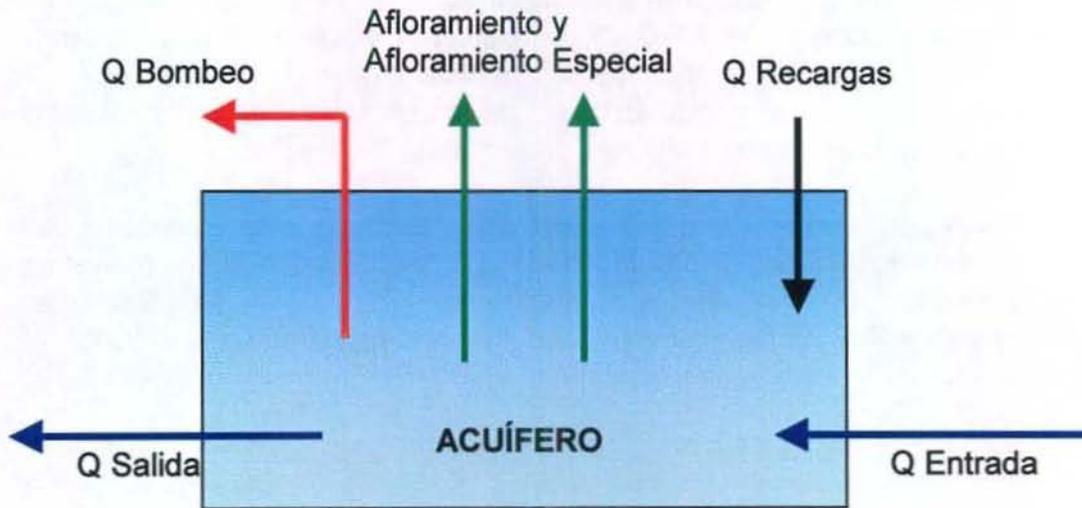
Para lo anterior, se eliminó del registro de cálculo de afloramientos por sección, aquellas tormentas cuya probabilidad de excedencia sea menor a 10%, reemplazándose los afloramientos obtenidos por el modelo en aquellos meses, por la siguiente expresión, utilizada para un mes y un año en particular:

$$Q \text{ Afl.}_{\text{Sección } i}^{\text{Mes } j} = Q \text{ Afl.}_{\text{Sección } i}^{\text{Mes } j-1} \cdot \text{PROMEDIO} \left(\frac{Q \text{ Afl.}_{\text{Sección } i}^{\text{Mes } j}}{Q \text{ Afl.}_{\text{Sección } i}^{\text{Mes } j-1}} \right)_{1950-1998}$$

Este cálculo, utilizado, como se explicó, en meses excepcionales, se ha aplicado en el cálculo de afloramientos por sección, que será presentado

A continuación, en la figura 4-38 y los cuadros 4-35 a 4-40, se presenta esquemática y numéricamente los balances subterráneos correspondientes a cada acuífero, para distintos intervalos de tiempo dentro del período de modelación, de manera de analizar el comportamiento del modelo durante el horizonte de modelación. En el cuadro 4.34 se presenta la asociación de acuíferos por sección, para una mejor lectura de los datos.

Figura 4 - 46. Esquema Balance de Acuíferos



Cuadro 4 - 37. Asociación de Acuíferos por Sección de la Cuenca

Acuífero	Sección
AC-01	1ª
AC-02	Putando
AC-03	2ª
AC-04	2ª
AC-05	2ª
AC-06	3ª
AC-07	3ª
AC-08	4ª
AC-09	4ª
AC-10	Quintero
AC-11	2ª
AC-12	3ª
AC-13	3ª
AC-14	4ª

Cuadro 4 - 38. Resumen Balance Subterráneo en la Cuenca (m3/s). Período 1950-1959.

Acuífero	Q Entrada	Q Salida	Q Bombeo	Q Recargas	Afloramiento	Afl. Especial	Balance
AC-01	0.767	3.742	0.110	6.696	0.020	0.000	3.591
AC-02	0.713	0.767	0.000	1.981	0.004	0.000	1.923
AC-03	1.438	1.973	0.000	1.058	0.294	2.304	-2.074
AC-04	1.438	0.740	0.034	3.044	3.271	1.605	-1.168
AC-05	0.034	0.228	0.010	0.719	0.282	0.000	0.233
AC-06	0.140	0.144	0.038	3.892	2.372	1.179	0.300
AC-07	0.140	0.144	0.170	5.428	3.092	0.004	2.158
AC-08	0.144	0.050	0.001	2.600	2.630	0.205	-0.142
AC-09	0.144	0.205	0.052	1.402	0.950	0.000	0.339
AC-10	0.034	0.034	0.000	0.891	0.808	0.000	0.084
AC-11	0.329	0.843	0.015	0.110	0.000	0.000	-0.419
AC-12	0.150	0.140	0.015	0.774	0.001	0.000	0.768
AC-13	0.293	0.439	0.000	0.557	0.360	0.000	0.051
AC-14	0.144	0.205	0.007	0.238	0.002	0.061	0.107

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 4 - 39. Resumen Balance Subterráneo en la Cuenca (m3/s). Período 1960-1969.

Acuífero	Q Entrada	Q Salida	Q Bombeo	Q Recargas	Afloramiento	Afl. Especial	Balance
AC-01	0.767	3.737	0.245	6.187	0.017	0.000	2.954
AC-02	0.713	0.767	0.022	1.745	0.226	0.000	1.444
AC-03	1.438	1.967	0.001	0.956	0.433	2.299	-2.306
AC-04	1.438	0.740	0.037	2.839	3.560	1.252	-1.311
AC-05	0.034	0.228	0.010	0.701	0.500	0.000	-0.003
AC-06	0.140	0.144	0.086	3.594	3.573	1.179	-1.247
AC-07	0.140	0.144	0.246	5.032	4.906	0.004	-0.128
AC-08	0.144	0.050	0.001	2.476	2.955	0.204	-0.591
AC-09	0.144	0.205	0.092	1.219	1.078	0.000	-0.012
AC-10	0.034	0.034	0.000	0.828	0.840	0.000	-0.012
AC-11	0.329	0.494	0.016	0.117	0.000	0.000	-0.064
AC-12	0.150	0.140	0.030	0.717	0.597	0.000	0.100
AC-13	0.293	0.439	0.000	0.501	0.377	0.000	-0.022
AC-14	0.144	0.204	0.010	0.223	0.093	0.061	-0.001

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 4 - 40. Resumen Balance Subterráneo en la Cuenca (m3/s). Período 1970-1979

Acuífero	Q Entrada	Q Salida	Q Bombeo	Q Recargas	Afloramiento	Afl. Especial	Balance
AC-01	0.767	3.740	0.474	6.766	0.336	0.000	2.982
AC-02	0.713	0.767	0.088	1.848	1.723	2.000	-2.018
AC-03	1.438	1.972	0.010	1.102	0.585	2.302	-2.328
AC-04	1.438	0.740	0.073	3.292	4.041	1.219	-1.343
AC-05	0.034	0.228	0.010	0.785	0.585	2.000	-2.005
AC-06	0.140	0.144	0.157	4.209	4.208	1.179	-1.339
AC-07	0.140	0.144	0.449	5.749	5.525	0.004	-0.233
AC-08	0.144	0.050	0.002	2.882	3.449	0.205	-0.680
AC-09	0.144	0.205	0.151	1.195	0.996	0.000	-0.013
AC-10	0.034	0.034	0.000	0.900	0.912	0.000	-0.011
AC-11	0.329	0.457	0.038	0.120	0.000	0.000	-0.046
AC-12	0.150	0.140	0.064	0.782	0.863	0.000	-0.135
AC-13	0.293	0.439	0.000	0.516	0.393	0.000	-0.022
AC-14	0.144	0.205	0.022	0.218	0.137	0.061	-0.062

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 4 - 41. Resumen Balance Subterráneo en la Cuenca (m3/s). Período 1980-1989.

Acuífero	Q Entrada	Q Salida	Q Bombeo	Q Recargas	Afloramiento	Afl. Especial	Balance
AC-01	0.767	3.741	0.618	7.657	4.066	0.000	0.000
AC-02	0.713	0.767	0.092	2.245	2.117	3.000	-3.018
AC-03	1.438	1.973	0.031	1.442	0.906	2.303	-2.333
AC-04	1.438	0.740	0.087	4.386	5.133	1.218	-1.353
AC-05	0.034	0.228	0.033	0.924	0.698	3.000	-3.002
AC-06	0.140	0.144	0.210	5.451	5.382	1.179	-1.323
AC-07	0.140	0.144	0.505	7.183	6.876	0.004	-0.206
AC-08	0.144	0.050	0.003	3.987	4.557	0.205	-0.683
AC-09	0.144	0.205	0.184	1.440	1.201	0.000	-0.007
AC-10	0.034	0.034	0.000	0.979	0.991	0.000	-0.012
AC-11	0.329	0.457	0.040	0.196	0.000	0.000	0.028
AC-12	0.150	0.140	0.085	0.975	1.012	0.000	-0.112
AC-13	0.293	0.439	0.001	0.561	0.434	0.000	-0.019
AC-14	0.144	0.205	0.040	0.268	0.169	0.061	-0.063

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 4 - 42. Resumen Balance Subterráneo en la Cuenca (m³/s). Período 1990-1998.

Acuífero	Q Entrada	Q Salida	Q Bombeo	Q Recargas	Afloramiento	Afl. Especial	Balance
AC-01	0.767	3.735	0.913	6.525	2.644	0.000	0.000
AC-02	0.713	0.767	0.092	1.206	1.086	4.000	-4.025
AC-03	1.438	1.869	0.576	0.977	0.030	2.297	-2.357
AC-04	1.438	0.740	0.162	2.998	3.626	1.101	-1.192
AC-05	0.034	0.228	0.116	0.801	0.495	4.000	-4.004
AC-06	0.140	0.144	0.348	3.630	3.392	1.178	-1.293
AC-07	0.140	0.144	0.647	5.029	4.542	0.004	-0.169
AC-08	0.144	0.050	0.003	2.496	2.967	0.203	-0.583
AC-09	0.144	0.205	0.236	1.308	1.026	0.000	-0.014
AC-10	0.034	0.034	0.000	0.800	0.811	0.000	-0.011
AC-11	0.329	0.438	0.041	0.146	0.000	0.000	-0.005
AC-12	0.150	0.140	0.135	0.692	0.644	0.000	-0.077
AC-13	0.293	0.438	0.011	0.477	0.336	0.000	-0.015
AC-14	0.144	0.202	0.072	0.230	0.109	0.061	-0.070

Fuente: Elaboración Propia

El signo negativo de la columna "Balance" indica que el acuífero, en promedio durante la década, se ha ido saturando. Se aprecia, como se dijo anteriormente, un aumento progresivo hacia los últimos años, del nivel de saturación de los acuíferos, especialmente en las zonas altas de la cuenca.

Como se señaló al principio de este punto, el proceso de calibración requiere un elemento de comparación entre los flujos subterráneos obtenidos por la simulación, y la situación real, por lo cual se recurrió a los resultados obtenidos por MOSACN, recordando sin embargo, las divergencias de criterio que posee dicha modelación con la actual, que se determinaron en el estudio "Análisis de Información Hidrogeológica del Valle del río Aconcagua para la Actualización del Modelo del Sistema", realizado por esta consultora en Marzo 2007.

IV.5.3 Análisis Puntos de Recuperación.

De acuerdo a lo explicado en el punto IV.4.11, referente a la topología del sistema, se han definido ciertos nodos que representan los puntos de recuperación de recurso a lo largo del cauce. Dichas recuperaciones pueden ser superficiales, producto de los excedentes de agua provenientes de la actividad agrícola, o subterráneos, asociados a afloramientos que emergen desde los acuíferos. A continuación, se presenta un análisis gráfico de los resultados entregados por MAGIC, orientado exclusivamente a los puntos ya comentados.

En primer lugar, en las figuras 4-39 a 4-43, se presentan, por sección del cauce, series de caudales medios anuales para el flujo que se obtiene por retornos superficiales debido al riego, el flujo obtenido por retorno subterráneo o afloramiento, y el caudal superficial de salida de la sección, de manera de obtener una idea de la magnitud de los derrames y afloramientos, y su influencia en el caudal del cauce principal.

Figura 4 - 47. Series de Caudales Medios Anuales para Retornos y Caudal Superficial. Primera Sección.

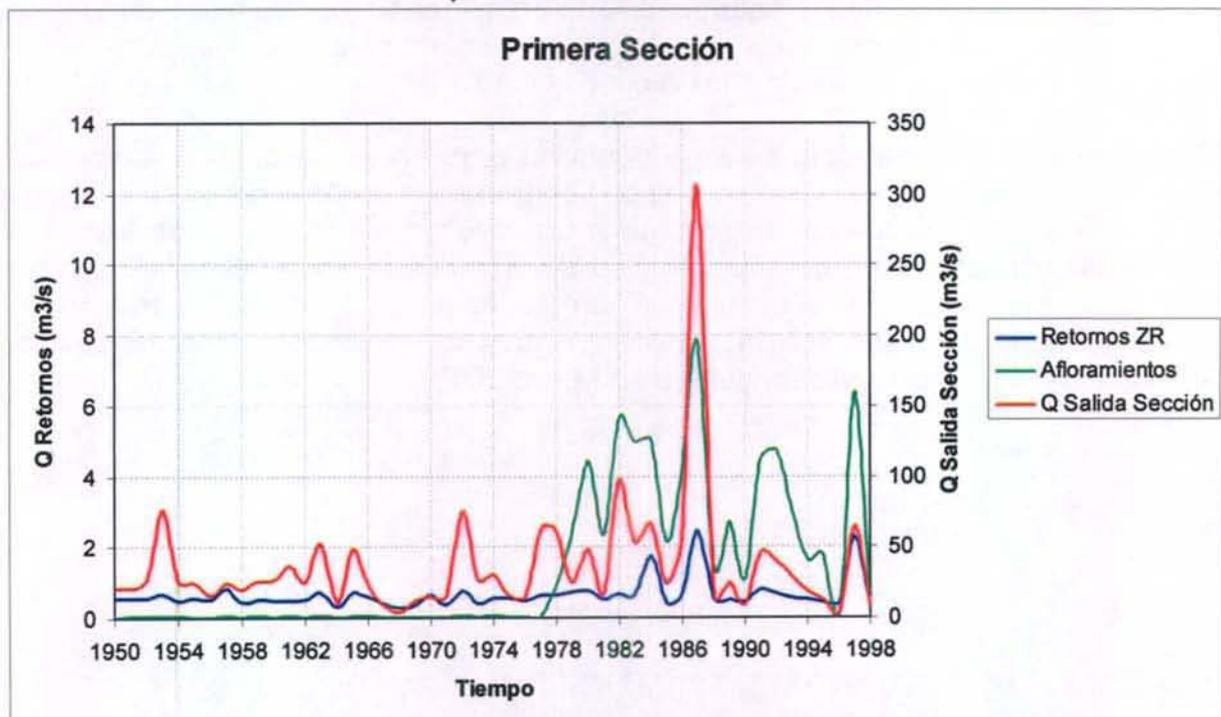


Figura 4 - 48. Series de Caudales Medios Anuales para Retornos y Caudal Superficial. Segunda Sección

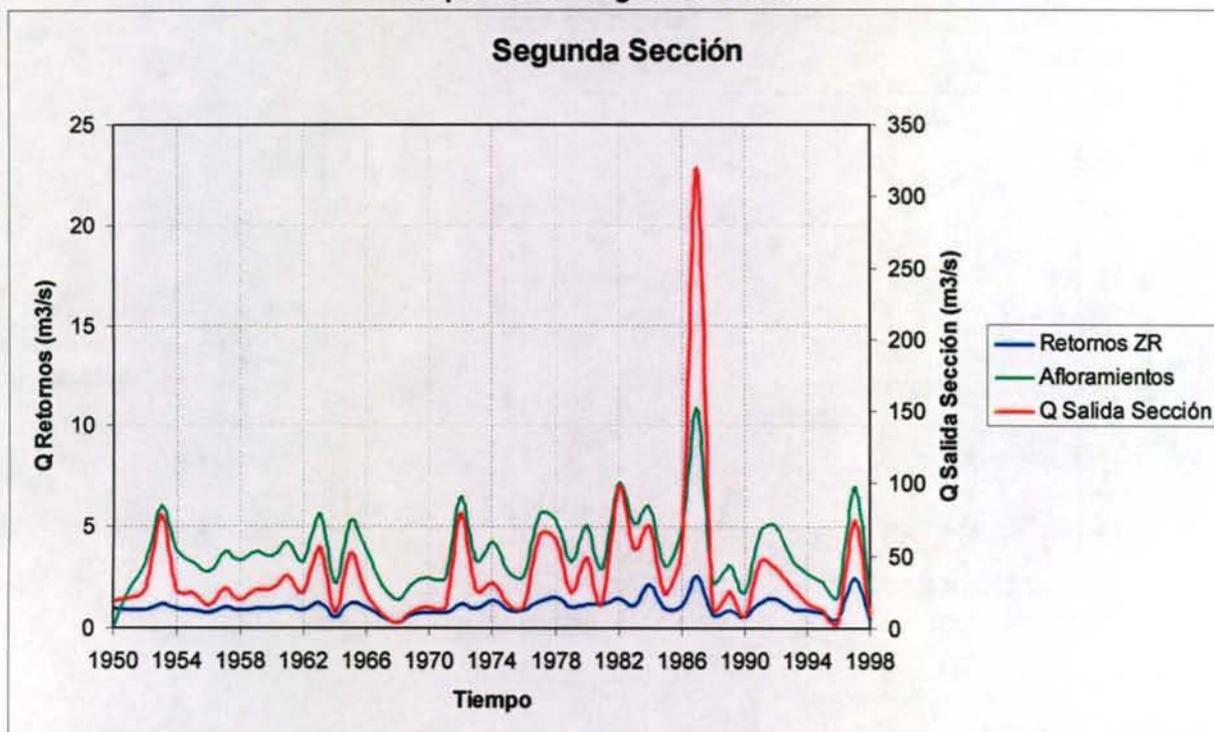


Figura 4 - 49. Series de Caudales Medios Anuales para Retornos y Caudal Superficial. Tercera Sección.

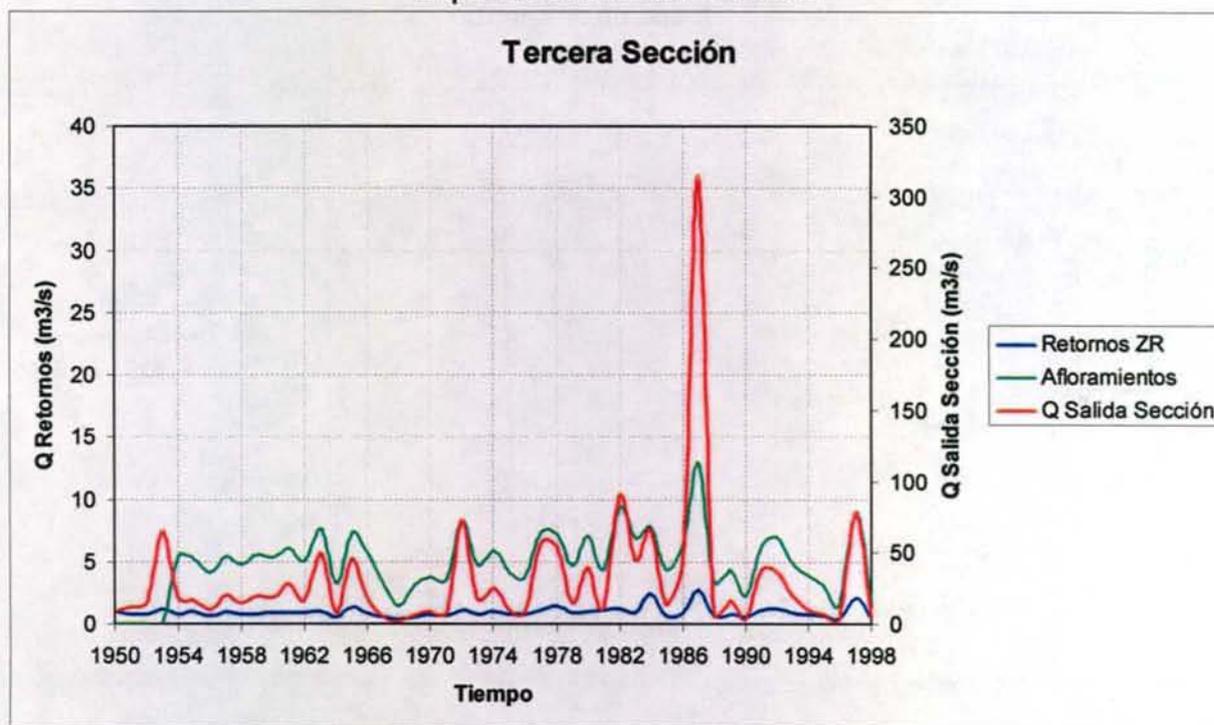


Figura 4 - 50. Series de Caudales Medios Anuales para Retornos y Caudal Superficial. Cuarta Sección

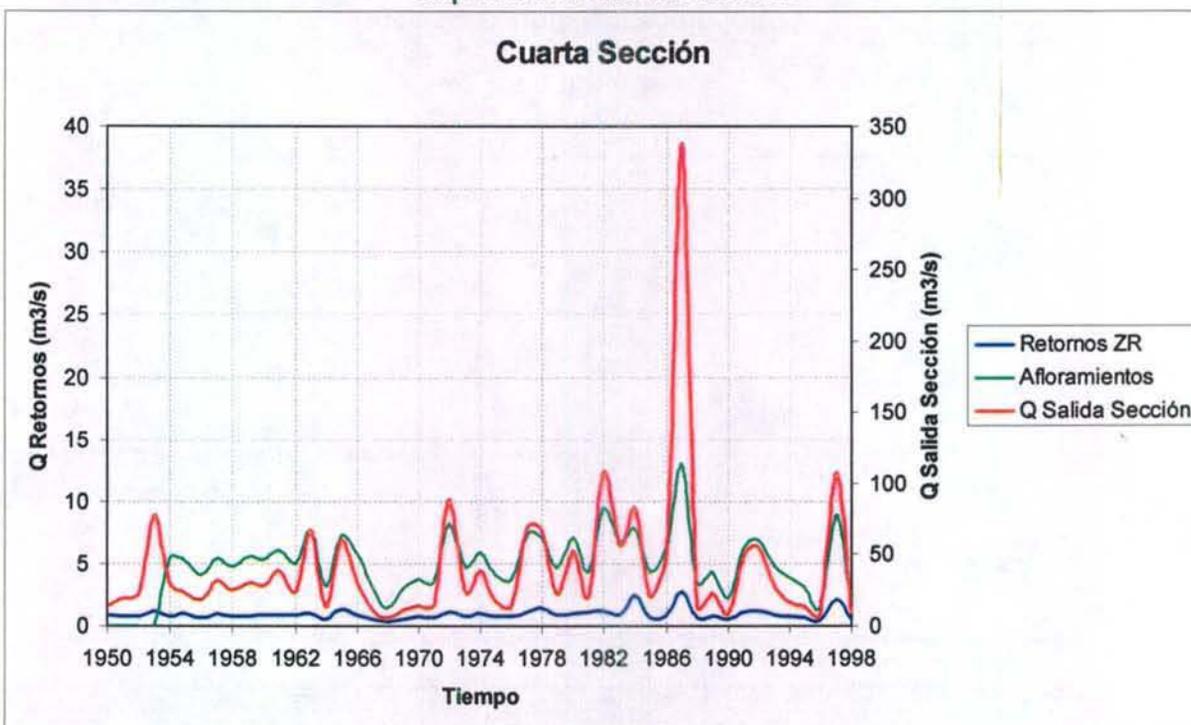
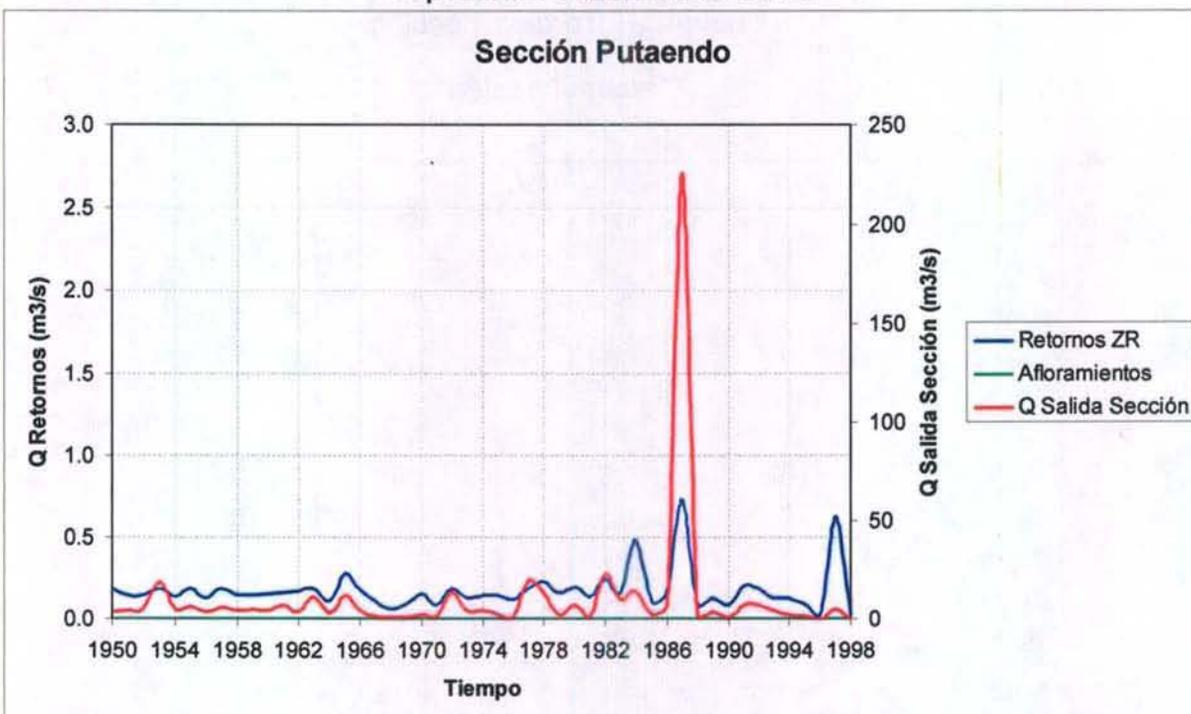


Figura 4 - 51. Series de Caudales Medios Anuales para Retornos y Caudal Superficial. Sección Putaendo.



Por otro lado, en el cuadro 4-40, se presentan valores de caudales de afloramiento, tanto afloramientos normales como especiales, para distintos períodos dentro del horizonte de modelación.

Cuadro 4 - 43. Resultados Obtenidos para Caudales de Afloramiento.

Acuífero	Destino	Fracción del Total	Afloramiento					
			Promedio	1950-1959	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1990-1998
AC-01	NO-15	1.00	1.391	0.020	0.017	0.336	4.065	2.644
AC-03	NO-25	0.25	0.111	0.073	0.107	0.140	0.220	0.005
AC-03	NO-26	0.25	0.111	0.073	0.107	0.140	0.220	0.005
AC-03	NO-27	0.50	0.223	0.147	0.213	0.280	0.441	0.011
AC-04	NO-40	0.35	1.345	1.132	1.225	1.371	1.749	1.237
AC-04	NO-28	0.22	0.846	0.712	0.770	0.862	1.099	0.778
AC-04	NO-32	0.22	0.846	0.712	0.770	0.862	1.099	0.778
AC-04	NO-36	0.22	0.846	0.712	0.770	0.862	1.099	0.778
AC-06	NO-47	1.00	3.690	2.341	3.504	4.047	5.237	3.277
AC-08	NO-61	1.00	2.926	2.391	2.568	2.973	4.078	2.586
AC-09	NO-58	1.00	1.041	0.946	1.066	0.983	1.195	1.012
AC-10	NO-65	1.00	0.863	0.804	0.828	0.900	0.979	0.800

Acuífero	Destino	Fracción del Total	Afloramiento Especial					
			Promedio	1950-1959	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1990-1998
AC-01	NO-01	1.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
AC-03	NO-25	1.00	2.301	2.304	2.299	2.302	2.303	2.297
AC-04	NO-28	1.00	1.282	1.605	1.251	1.218	1.219	1.097
AC-06	NO-42	1.00	1.179	1.179	1.179	1.179	1.179	1.178
AC-07	NO-50	1.00	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
AC-08	NO-54	1.00	0.017	0.205	0.204	0.205	0.205	0.202
AC-14	NO-59	1.00	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061

Fuente: Elaboración Propia.

V. IMPLEMENTACIÓN MAGIC CUENCA DEL RÍO MAIPO

V.1 INTRODUCCIÓN

Este capítulo se refiere a la implementación de la interfaz SIG MAGIC en la cuenca del Río Maipo, en base al análisis de suficiencia de información realizado antes. En este análisis se han identificado los antecedentes disponibles que son de utilidad para el estudio, detallándose aquella información que debe ser procesada, ya sea de manera directa o a través de modificaciones, tal que cumpla con los requerimientos para la implementación del MAGIC a través de la Interfaz SIG-MAGIC.

Los principales estudios utilizados como referencia para la implementación en la cuenca del Río Maipo, corresponden a:

- "*Modelo de Simulación Hidrogeológico Operacional Cuencas de los Ríos Maipo y Mapocho*" desarrollado por Ayala, Cabrera y Asociados Ltda. para la DGA el año 2000, que en adelante se le denominará **estudio MOS-MAIPO**.
- "*Bases para la Formulación de un Plan Director para la Gestión de los Recursos Hídricos Cuenca del Río Maipo*", elaborado por CONIC BF Ingenieros Civiles Consultores Ltda para la DGA el año 2007, en adelante **estudio PD MAIPO**. También se dispone de los archivos shape desarrollados en este estudio, los cuales se encuentran en coordenadas UTM H19 Datum WGS84.
- "*Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Agua según Objetivos de Calidad Cuenca del Río Maipo*", desarrollado por CADE-IDEPE para la DGA el año 2004, que en adelante se le denominará **estudio CADE-MAIPO**.

Toda la información anteriormente mencionada, además de los antecedentes proporcionados por otras fuentes, según se detalla a continuación, conformaron el punto partida en la preparación y procesamiento de los datos que posibilitaron la implementación de MAGIC mediante la Interfaz SIGMAGIC.

V.2 GENERALIDADES

El área correspondiente a la cuenca hidrográfica del Río Maipo se localiza principalmente en la Región Metropolitana y pequeñas superficies correspondientes a la V y VI región. Se ubica entre los paralelos 32°55' y 34°12' de latitud sur y los meridianos 69°46' y 71°38' de longitud oeste.

El río nace en el extremo sur-oriente de la cuenca, y durante su recorrido hasta el océano pacífico recibe una gran cantidad de aportes, siendo el más importante de éstos el Río Mapocho.

En sus primeros tramos, el Río Maipo tiene un marcado régimen nival y recibe los aportes de los ríos Volcán, Yeso y Colorado. Una vez que llega al valle central, los principales aportes los recibe de parte de los ríos Clarillo, Mapocho y Angostura, además de los esteros Puangue, Cholqui y Popeta.

Administrativamente, el Río Maipo se encuentra dividido en tres secciones:

- Primera Sección: Abarca desde la Cordillera de los Andes hasta el puente del ferrocarril Paine – Talagante.
- Segunda Sección: Abarca desde el fin de la primera hasta la confluencia de los ríos Maipo y Mapocho.
- Tercera Sección: Abarca desde la confluencia de los ríos Maipo y Mapocho, hasta el Océano Pacífico.

Finalmente después de haber recorrido alrededor de 250 [km] desde su nacimiento, el Río Maipo desemboca al Océano Pacífico al sur de la ciudad de San Antonio.

La Figura 5-1 muestra la ubicación de la cuenca del Río Maipo dentro de la región junto con los principales cauces.

V.3 BASE DE DATOS MAGIC

El Departamento de Estudios y Planificación de la Dirección General de Aguas ha suministrado la nueva versión de la base datos que alimenta el modelo MAGIC v2.0, la cual aumenta el número de tablas en 6 adicionales respecto de la versión anterior de MAGIC. Esta última versión de MAGIC incorpora el nuevo elemento **Sectores Urbanos (SU)**, el cual permite definir los porcentajes de las precipitaciones sobre los sectores urbanos que retornan al sistema superficial y que ingresan al sistema subterráneo. Adicionalmente permite caracterizar las captaciones superficiales asociadas a dichos sectores urbanos, definiendo su retorno y su percolación hacia el acuífero.

Dado que la cuenca del Río Maipo presenta una importante superficie urbanizada, y por ende es mejor su representación mediante la versión MAGIC con SU, se ha definido utilizar ésta versión para la modelación a desarrollar. Cabe mencionar que ya en el modelo MOS realizado en el estudio MOS-MAIPO existía un elemento "Sectores de Agua Potable", el cual poseía parámetros equivalentes a los SU definidos en MAGIC¹.

El Cuadro 5-1 muestra las tablas de MAGIC asociadas a cada uno de los temas.

¹ No se realiza la compatibilización de las tablas asociadas a los SU, en los códigos fuente de la Interfaz SIG MAGIC ya que no se contemplaba en los Términos de Referencia del estudio.

Cuadro 5 - 1. Clasificación Tablas MAGIC por Áreas Temáticas

N°	Elemento MAGIC	TABLAS MAGIC											
		1	2	3	4								
1	Acuíferos	AC_PARAM	AC_QZS	AC_QZV	AC_QZVE								
		30	31	32									
2	Pozos	PO_PARAM	PO_Q	PO_USOS									
		6	7	8	36								
3	Canales	CA_DER	CA_PARAM	CA_TRAMOS	SECCIONES								
		12	27	37	38	39	40	41	42	43	47	48	51
4	Zonas de riego	CULT_TIPOS	MR_TIPOS	ZR_CULT_ETP	ZR_CULT_PAR	ZR_CULT_PEF	ZR_RET	ZR_AC_NnM	ZR_PARAM	ZR_SR	ZR_QPR	ZR_CULT_SC	ZR_ANC_NNM
		9	10										
5	Centrales hidroeléctricas	CH_PARAM	CH_Q										
		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23		
6	Embalses	EM_CA	EM_DEMGE	EM_FV	EM_NODOS	EM_PARAM	EM_QGENMAX	EM_QV	EM_SALIDAS	EM_SVH	EM_TASEV		
		5	26										
7	Cuencas no controladas	AN_PARAM	CL_PARAM										
		13	49										
8	Descargas puntuales	DP_PARAM	DP_Q										
		33											
9	Caudales ecológicos	QE_PARAM											
		28	29	34	35	46	50						
10	Topología	NO_DIST	NO_PARAM	RI_PARAM	RI_TRAMOS	NO_DIST_Q	EST_CALIB						
		25											
11	Fluviometría	ESTAD_Q											
		24											
12	Pluviometría	ESTAD_PP											
		11	44	45									
13	Captaciones Puntuales	CP_PARAM	CP_RETORNOS	CP_Q									
		52	53	54	55	56							
14	Sectores Urbanos	SU_AREAS	SU_PARAM	SU_Q	SU_QPR	SU_RETORNOS							

Fuente: Elaboración Propia

V.4 ANTECEDENTES PARA POBLAMIENTO DE MAGIC V2.0

A continuación se presentan los antecedentes existentes que fueron requeridos para la implementación de MAGIC en la Cuenca del Río Maipo, detallándose las labores desarrolladas para complementar adecuadamente los datos para que sean compatibles con MAGIC V2.0.

V.4.1 Modelo Digital de Elevación y Red Hídrica

Una de las labores relevantes en la preparación de la información para la aplicación del modelo, tiene relación con la generación del Modelo Digital Elevación (MDE), el cual resulta fundamental para la generación de las características de subcuencas aportantes a través del modelo morfométrico incorporado en la interfaz SIG-MAGIC. La definición del MDE a utilizar, se realizó en base a curvas de nivel generadas a partir del Modelo Digital de Elevaciones de la NASA, las cuales se presentan cada 25 metros, con buena calidad en sus atributos tabulares gráficos y con una cobertura adecuada para representar toda el área limítrofe de la cuenca.

En cuanto a la red hídrica, ésta fue proporcionada por DGA junto con la información disponible en versiones anteriores de MAGIC en la cuenca del río Maipo. Cabe mencionar que las herramientas presentes en el módulo de preparación de datos existente en la Interfaz SIG-MAGIC resultan insuficientes para preparar la cobertura de la red hídrica, siendo necesario acudir a otras herramientas comerciales, tal como ARCINFO.

La Figura 5-2 muestra el MDE y la red hídrica topológica generada. A continuación se presentan detalles respecto al procesamiento de MDE y de la Red Hídrica.

- **Procesamiento de la Red Hídrica**

La capa de hidrografía proporcionada por la DGA corresponde a una red topológica desarrollada para anteriores trabajos de modelación con SIG MAGIC realizados por esa institución, por lo que se decidió utilizar esta misma red, efectuándose sólo algunas correcciones.

Las principales deficiencias observadas en ésta red hídrica se refieren a la asociación de nombres en los cauces y falta de parte de la red, correspondiente a los cauces ubicados en la sexta región.

Para corregir estas deficiencias, se utilizó la cartografía IGM escala 1:50.000, obteniéndose finalmente la red completa de la cuenca, junto los nombres adecuados de cada uno de los cauces.

- **Preparación del MDE (Modelo digital de Elevación)**

El MDE se generó en base a curvas de nivel del Modelo Digital de Elevaciones de la NASA, siendo esta información de excelente calidad tanto en cobertura espacial, como en la consistencia de las cotas presentes en su tabla de atributos. Estas curvas de nivel se presentan cada 25 m abarcando el territorio desde el límite sur de la quinta región hasta el límite norte de la sexta región, por lo cual fue necesario acotar el área de estudio correspondiente a la cuenca del Río Maipo, y a partir de esta área redefinir la extensión territorial de las curvas de nivel y toda la información espacial que se utilizará en el estudio. Este MDE fue mejorado con curvas IGM en las zonas de alta montaña y la red de drenaje superficial mejorando la calidad del mismo.

Dado que la mayor parte de la información espacial proporcionada por DGA se encuentra en el sistema de referencia WGS-84, se decidió continuar con su uso por ser éste el sistema de referencia que promueve el Gobierno de Chile a través de sus distintos organismos y dependencias.

Así, mediante la herramienta denominada "Construir Modelo Digital de Elevación", se procedió a su construcción, introduciendo como parámetros el *shape* de curvas de nivel identificando el campo que posee las alturas, y la red hídrica topológica. Se definió el tamaño de las celdas del modelo en 100 m y se corrió el proceso de la generación del modelo.

V.4.2 Acuíferos

Este elemento permite la representación de embalses subterráneos existentes en la cuenca, pudiéndose estimar la escorrentía subterránea, la percolación de elementos superficiales, afloramientos presentes y variación del volumen de almacenamiento para ciertos períodos, dada una determinada extracción desde pozos de explotación. Para esto MAGIC considera acuíferos regulares (con secciones de entrada y salida rectangulares, trapezoidales, triangulares o semicirculares) con simplificaciones y limitaciones que obligan a definir los acuíferos en serie, pudiéndose descargar a un único acuífero en el sentido longitudinal del escurrimiento.

La información requerida por MAGIC se asocia principalmente a la definición de los acuíferos (considerando las limitantes anteriormente indicadas), su topología, las características geométricas y parámetros elásticos.

V.4.2.1 Características Geométricas

Al analizar la información de las diversas fuentes consideradas, se ha comprobado que ésta es coherente entre sí, encontrándose que los valores presentados son del mismo orden de magnitud. En general, en todos los estudios analizados se ha considerado la misma subdivisión de acuíferos, contemplando un total de 20. Su geometría es coincidente en todos ellos, salvo algunos valores de profundidad y volumen, que se han ido modificando con nuevas interpretaciones de perfiles gravimétricos y pozos de bombeo, entre otros antecedentes. La Figura 5-3, muestra dichos acuíferos, además del sentido del flujo subterráneo, mientras que en el Cuadro 5-2 se muestra un resumen de las características geométricas para cada acuífero.

V.4.2.2 Parámetros Hidrogeológicos

Los parámetros hidrogeológicos fueron obtenidos del *estudio PD MAIPO*, el cual se basó en los antecedentes presentados en el *estudio MOS-MAIPO*. El *estudio PD MAIPO* generó nuevos cálculos de los parámetros hidrogeológicos, basados en pruebas de bombeo disponibles y nuevas pruebas de bombeo realizadas para dicho estudio.

En el Cuadro 5-2 se muestran los parámetros hidrogeológicos para cada acuífero

Cuadro 5 - 2. Características Geométricas y Parámetros de los Acuíferos

CÓDIGO	Tipo	Volumen [m3]	Área superficial, [m2]	Permeabilidad en sección de entrada [m/mes]	Permeabilidad sección de Salida [m/mes]	Coefficiente de Almacenamiento
AC-01	Libre	117631800	130702000	778	778	0.020
AC-02	Libre	277499025	160869000	778	104	0.020
AC-03	Libre	645001810.5	254465000	1037	1037	0.020
AC-04	Libre	307451275	367106000	1037	518	0.005
AC-05	Libre	111414264.7	90679000	389	389	0.010
AC-06	Libre	1123398000	374466000	518	3110	0.020
AC-07	Libre	348179855.6	119149000	3110	6480	0.020
AC-08	Libre	357674935.3	126941000	6480	2592	0.020
AC-09	Libre	59453726.32	100859000	2592	467	0.004
AC-10	Libre	2394885600	665246000	2074	2074	0.040
AC-11	Libre	558569600	183740000	1296	1296	0.040
AC-12	Libre	43371877.33	198347000	518	518	0.040
AC-13	Libre	1246914000	207819000	2074	1037	0.040
AC-14	Libre	58505378.57	160603000	467	2333	0.004
AC-15	Libre	163855997.1	76391578	259	36	0.033
AC-16	Libre	1855116896	203818292	36	78	0.071
AC-17	Libre	620614203.4	96855055	130	72	0.050
AC-18	Libre	2133531503	171301385	75	75	0.082
AC-19	Libre	18625601.19	50681908	130	260	0.007
AC-20	Libre	4535500246	522343301	2333	510	0.100

Fuente: Elaboración Propia

V.4.2.3 Afloramientos

Como antecedente acerca de los afloramientos dentro de la cuenca, se consideró el estudio "*Beneficios de Plan de Saneamiento de Aguas Servidas en la cuenca Maipo-Mapocho: Aplicación de los conceptos de valor Económico Total y Sistema Ambiental*" (Nancy Sanhueza Díaz. 2003), en el cual se reconocen las siguientes zonas de recuperación:

- Río Mapocho desde su tercera sección hasta la confluencia con el Río Maipo, cuyo afloramientos varían entre 6 y 7 m³/s.
- Segunda sección del Río Maipo.
- Tercera sección del Río Maipo, con afloramientos del orden de 5 m³/s.

Los acuíferos correspondientes a las zonas mencionadas anteriormente, serán considerados como zonas de posible afloramiento, siendo posible asignar a lo más 4 nodos de afloramiento por cada acuífero.

V.4.3 Pozos

La representación de estos objetos por MAGIC permite especificar la demanda, de un determinado caudal mensual, a un acuífero de la cuenca en estudio. Para su implementación en MAGIC, además se requiere saber el uso y caudal extraído² y la distribución mensual de los caudales que se extraen.

La información de pozos fue obtenida de dos fuentes distintas.

En primer lugar se utilizó la información disponible en el *estudio MOS-MAIPO*, en el cual se realizó una campaña de terreno donde se realizó un catastro de las captaciones de agua subterránea existentes en la cuenca hasta el año 1998. En este catastro se identificó un total de 2233 captaciones en uso, de las cuales 1901 corresponden a pozos, 241 a norias y 91 a drenes. Estas captaciones cuentan con su respectiva estadística de explotación de agua para el período 1990-1998, la cual fue extendida para el presente estudio a períodos anteriores hasta el año de construcción de la captación. Esta estadística también fue extendida hasta el año 2005.

La segunda fuente de información corresponde al *estudio PD-MAIPO*, en el cual se recopilaban los derechos de agua subterránea constituidos desde el año 1998 en adelante, mediante lo cual se complementó la información disponible en el *estudio MOS-MAIPO*. Estas captaciones corresponden a un total de 652, de las cuales 16 se encuentran fuera del período de simulación y 44 no se encuentran ubicadas, por lo que el total de nuevas captaciones consideradas es de 592. El caudal de cada captación se ha considerado constante desde el año de resolución del derecho e igual al caudal otorgado multiplicado por el factor de uso correspondiente.

² Asociado a los factores de uso considerados normalmente por la DGA

Para la implementación de este objeto en MAGIC fue necesario agrupar las captaciones existentes en la cuenca asignándole la suma de los caudales de extracción correspondientes. El criterio utilizado, consiste en agrupar las captaciones que abastecen cada zona de riego dentro de un mismo acuífero, y con cada grupo definir un pozo representativo, es decir, por cada zona de riego de MAGIC, existirá una cantidad de pozos igual a la cantidad de acuíferos dentro de esa zona de riego. Estos grupos incluirán sólo aquellas captaciones cuyo uso sea para riego. Las captaciones que poseen un uso distinto al de riego, se han agrupado en dos usos: Potable y Otro Uso. Estas dos agrupaciones van asociadas a cada acuífero y en particular en el caso de uso Potable, van asociadas además a un sector urbano si es que dicha captación lo abastece.

En los Anexos 5.1 al 5.3 se muestran las estadísticas generadas para las captaciones de riego, agua potable y de otro uso.

De este modo, la estadística de caudal asociada a cada captación del modelo corresponde a la suma de los caudales de todos los pozos y norias que la componen, considerando el año en que cada uno de ellos fue construido. En cuanto al caudal máximo de la captación, éste se obtuvo del valor máximo dentro de la estadística generada.

Los Cuadro 5-3 al 5-5 muestran un resumen de los grupos de pozos definidos, junto a sus principales características, mientras que la Figura 5-4 muestra una vista en planta de la ubicación de todas las captaciones de la cuenca.

Cuadro 5 - 3. Pozos Agrupados (Riego)

Código	Uso	Acuífero	Zona de Riego
PO-01	Riego	AC-06	ZR-01
PO-02	Riego	AC-07	ZR-01
PO-03	Riego	AC-10	ZR-01
PO-04	Riego	AC-02	ZR-02
PO-05	Riego	AC-03	ZR-02
PO-06	Riego	AC-04	ZR-02
PO-07	Riego	AC-06	ZR-02
PO-08	Riego	AC-04	ZR-03
PO-09	Riego	AC-06	ZR-03
PO-10	Riego	AC-10	ZR-04
PO-11	Riego	AC-07	ZR-05
PO-12	Riego	AC-08	ZR-05
PO-13	Riego	AC-10	ZR-05
PO-14	Riego	AC-08	ZR-06
PO-15	Riego	AC-09	ZR-06
PO-16	Riego	AC-10	ZR-06
PO-17	Riego	AC-10	ZR-07
PO-18	Riego	AC-10	ZR-08
PO-19	Riego	AC-11	ZR-08
PO-20	Riego	AC-13	ZR-09

DIAGNÓSTICO DE CAUDALES EN CUENCAS NO CONTROLADAS DE RECUPERACIÓN, CUENCAS DE ACONCAGUA Y MAIPO. INFORME FINAL

Código	Uso	Acuífero	Zona de Riego
PO-21	Riego	AC-14	ZR-09
PO-22	Riego	AC-10	ZR-10
PO-23	Riego	AC-13	ZR-10
PO-24	Riego	AC-11	ZR-11
PO-25	Riego	AC-12	ZR-12
PO-26	Riego	AC-12	ZR-13
PO-27	Riego	AC-12	ZR-14
PO-28	Riego	AC-12	ZR-15
PO-29	Riego	AC-11	ZR-16
PO-30	Riego	AC-13	ZR-18
PO-31	Riego	AC-13	ZR-19
PO-32	Riego	AC-13	ZR-20
PO-33	Riego	AC-13	ZR-21
PO-34	Riego	AC-14	ZR-22
PO-35	Riego	AC-06	ZR-25
PO-36	Riego	AC-07	ZR-25
PO-37	Riego	AC-04	ZR-26
PO-38	Riego	AC-01	ZR-27
PO-39	Riego	AC-03	ZR-27
PO-40	Riego	AC-01	ZR-28
PO-41	Riego	AC-01	ZR-29
PO-42	Riego	AC-02	ZR-29
PO-43	Riego	AC-02	ZR-30
PO-44	Riego	AC-02	ZR-31
PO-45	Riego	AC-04	ZR-31
PO-46	Riego	AC-19	ZR-31
PO-47	Riego	AC-04	ZR-32
PO-48	Riego	AC-04	ZR-33
PO-49	Riego	AC-08	ZR-34
PO-50	Riego	AC-08	ZR-35
PO-51	Riego	AC-09	ZR-35
PO-52	Riego	AC-14	ZR-35
PO-53	Riego	AC-14	ZR-37
PO-54	Riego	AC-14	ZR-38
PO-55	Riego	AC-20	ZR-38
PO-56	Riego	AC-18	ZR-39
PO-57	Riego	AC-20	ZR-39
PO-58	Riego	AC-20	ZR-40
PO-59	Riego	AC-20	ZR-42
PO-60	Riego	AC-15	ZR-43
PO-61	Riego	AC-15	ZR-44
PO-62	Riego	AC-16	ZR-44
PO-63	Riego	AC-18	ZR-44
PO-64	Riego	AC-17	ZR-45
PO-65	Riego	AC-04	ZR-46

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 5 - 4. Pozos Agrupados (Potable)

Código	Uso	Acuífero
PO-66	Potable	AC-01
PO-67	Potable	AC-02
PO-68	Potable	AC-03
PO-69	Potable	AC-04
PO-70	Potable	AC-06
PO-71	Potable	AC-07
PO-72	Potable	AC-08
PO-73	Potable	AC-09
PO-74	Potable	AC-10
PO-75	Potable	AC-11
PO-76	Potable	AC-12
PO-77	Potable	AC-13
PO-78	Potable	AC-14
PO-79	Potable	AC-15
PO-80	Potable	AC-16
PO-81	Potable	AC-17
PO-82	Potable	AC-18
PO-83	Potable	AC-20
PO-84	Potable	AC-05
PO-85	Potable	AC-06
PO-86	Potable	AC-05
PO-87	Potable	AC-06
PO-88	Potable	AC-04
PO-89	Potable	AC-06
PO-90	Potable	AC-07
PO-91	Potable	AC-04
PO-92	Potable	AC-06
PO-93	Potable	AC-06
PO-94	Potable	AC-07
PO-95	Potable	AC-10

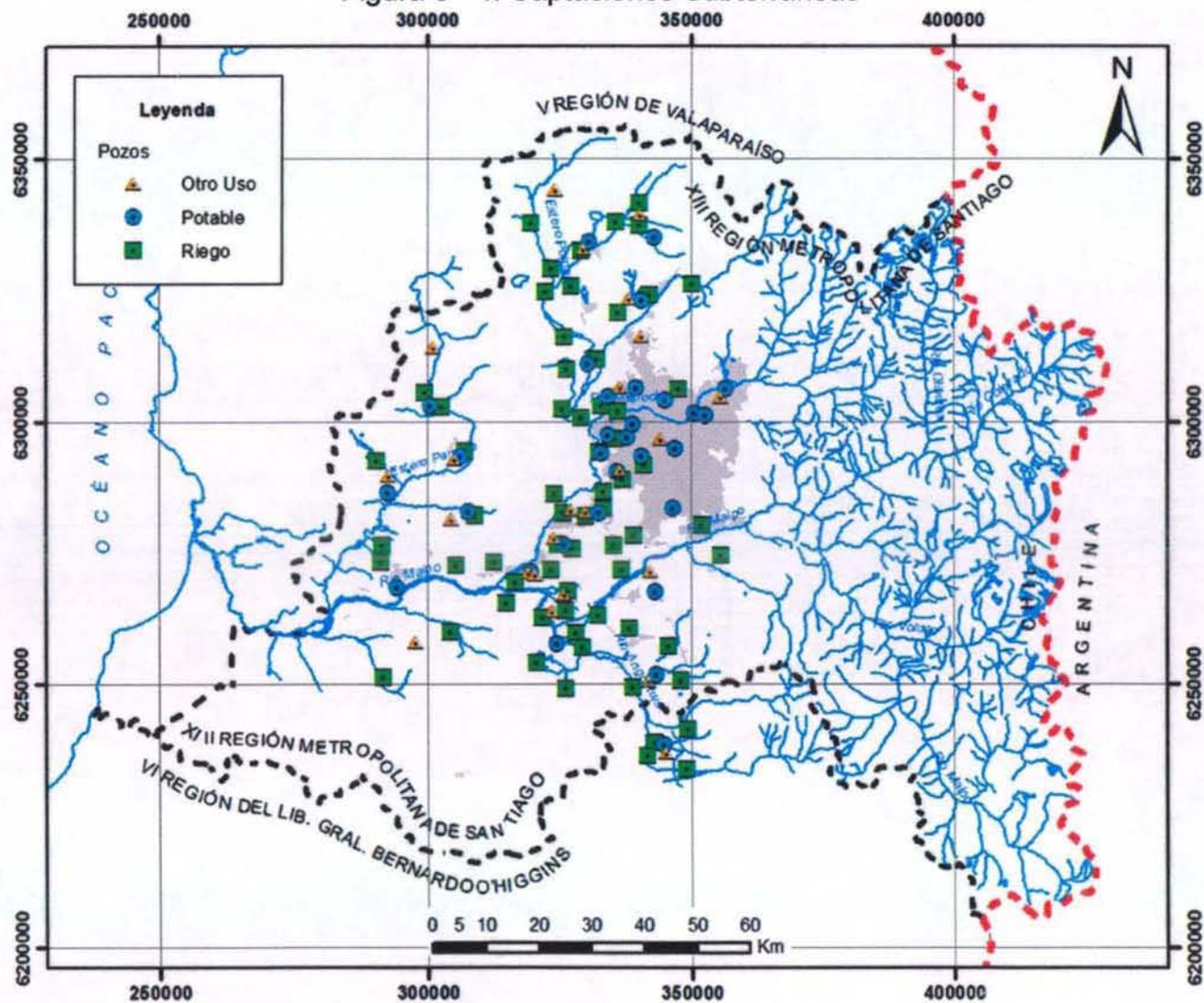
Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 5 - 5. Pozos Agrupados (Otro Uso)

Código	Uso	Acuífero
PO-96	Otro Uso	AC-01
PO-97	Otro Uso	AC-02
PO-98	Otro Uso	AC-03
PO-99	Otro Uso	AC-04
PO-100	Otro Uso	AC-05
PO-101	Otro Uso	AC-06
PO-102	Otro Uso	AC-07
PO-103	Otro Uso	AC-08
PO-104	Otro Uso	AC-09
PO-105	Otro Uso	AC-10
PO-106	Otro Uso	AC-11
PO-107	Otro Uso	AC-12
PO-108	Otro Uso	AC-13
PO-109	Otro Uso	AC-14
PO-110	Otro Uso	AC-15
PO-111	Otro Uso	AC-16
PO-112	Otro Uso	AC-17
PO-113	Otro Uso	AC-18
PO-114	Otro Uso	AC-19
PO-115	Otro Uso	AC-20
PO-116	Otro Uso	AC-03
PO-117	Otro Uso	AC-08
PO-118	Otro Uso	AC-13
PO-119	Otro Uso	AC-14

Fuente: Elaboración Propia

Figura 5 - 4. Captaciones Subterráneas



Fuente: Elaboración Propia

V.4.4 Canales

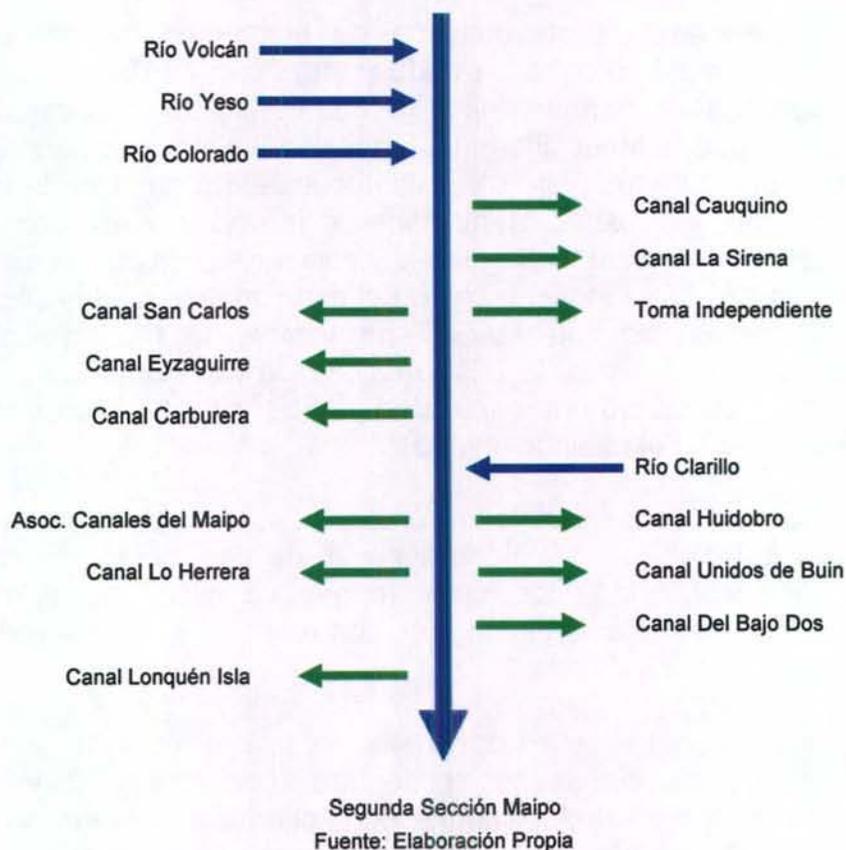
Este elemento permite la representación de elementos de conducción de un determinado caudal máximo entre un nodo y una zona de riego, o bien, entre dos nodos. El modelo MAGIC permite definir tramos dentro de cada canal matriz, cada uno de los cuales puede tener diferentes capacidades, eficiencias de conducción y percolar a distintos acuíferos (esto último se consideró a partir de la versión 2.0 de MAGIC). Así mismo, es posible definir canales derivados, cada uno de los cuales también pueden tener distintas capacidades y eficiencias. En rigor, para el modelo, el canal derivado es un objeto independiente del canal matriz, unidos sólo por un nodo en común. Cabe señalar que MAGIC no incluye la modelación de canales subderivados, razón por lo cual la DGA recomienda representarlos a través de los canales derivados, indicando una capacidad y eficiencia de conducción equivalente desde el punto de vista del balance hídrico.

Los antecedentes necesarios para la implementación de este objeto en la cuenca de estudio, tienen relación con la identificación de las características generales (capacidad, eficiencia, etc.), topología (origen, destino, acuífero destino de percolación, etc.), porcentaje de distribución con respecto al caudal en bocatoma del matriz, entre otros.

Un punto importante referente a los canales es la división administrativa del Río Maipo y Mapocho, los cuales se encuentran divididos en 3 y 5 secciones, respectivamente. El análisis de los canales de la cuenca se desarrolló independiente para cada sección, realizando una subdivisión a nivel de fuentes dentro de cada una. A continuación se menciona una breve descripción de las secciones y los canales dentro de cada una de ellas.

- **Primera Sección Maipo:** Comprende desde la precordillera hasta el puente del ferrocarril de Paine a Talagante (Lonquén). La Figura 5-5 muestra los principales aportes y extracciones en esta sección.

Figura 5 - 5. Primera Sección Maipo



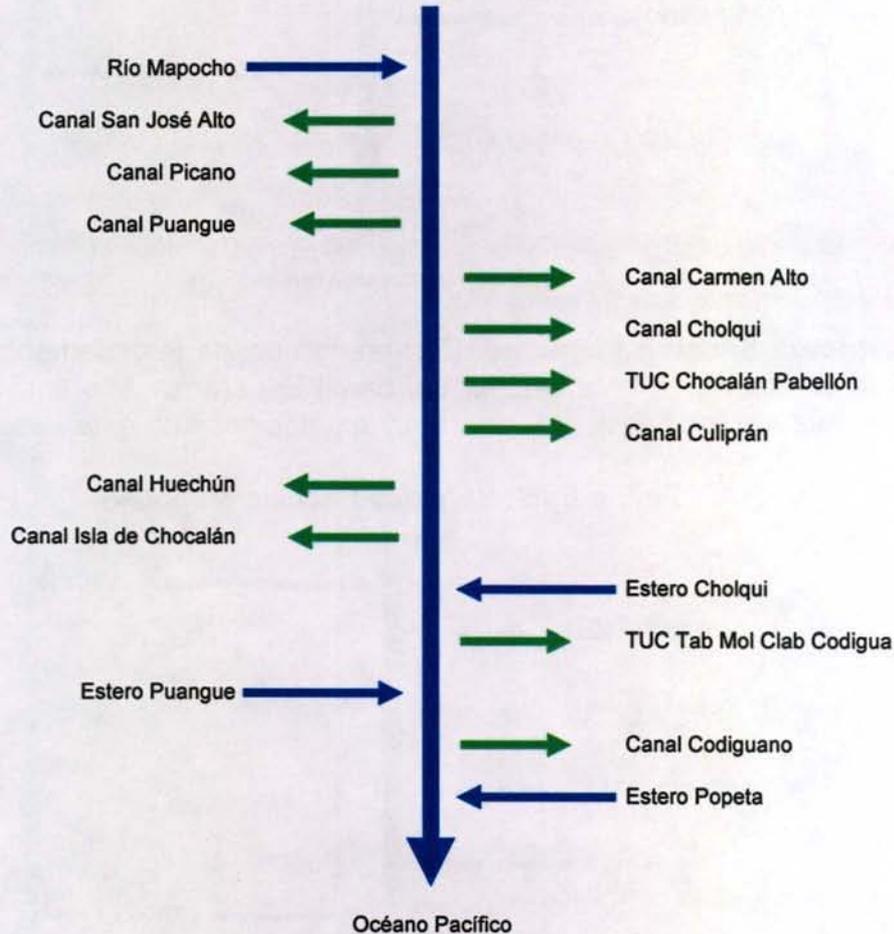
- **Segunda Sección Maipo:** Comprende desde el puente de ferrocarril de Paine a Talagante hasta la confluencia del Maipo con el río Mapocho. La Figura 5-6 muestra los principales aportes y extracciones en esta sección.

Figura 5 - 6. Segunda Sección Maipo



- **Tercera Sección Maipo:** Comprende desde la confluencia con el río Mapocho hasta la desembocadura en el Océano Pacífico. La Figura 5-7 muestra los principales aportes y extracciones en esta sección.

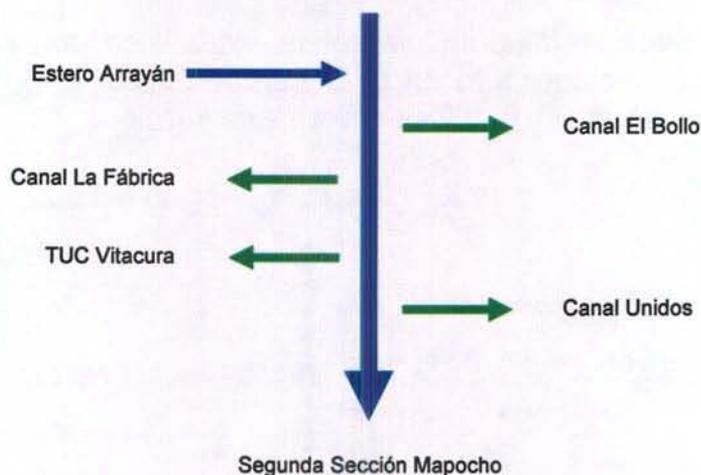
Figura 5 - 7. Tercera Sección Maipo



Fuente: Elaboración Propia

- **Primera Sección Mapocho:** Comprende desde la cordillera de Los Andes hasta la desembocadura del canal San Carlos. La Figura 5-8 muestra los principales aportes y extracciones en esta sección.

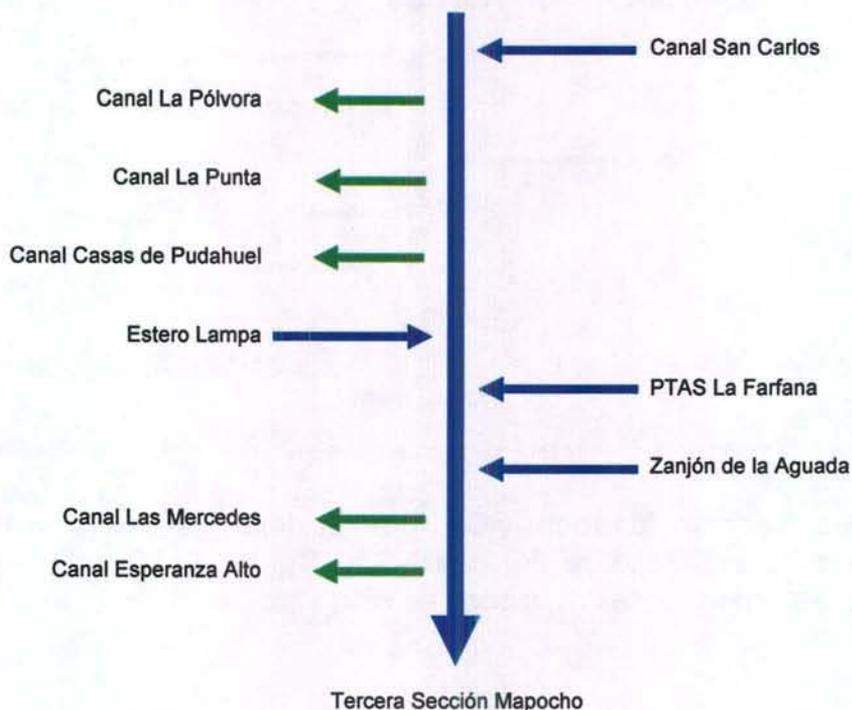
Figura 5 - 8. Primera Sección Mapocho



Fuente: Elaboración Propia

- **Segunda Sección Mapocho:** Comprende desde la desembocadura del canal San Carlos hasta la bocatoma del canal Esperanza Alto, inclusive. La Figura 5-9 muestra los principales aportes y extracciones en esta sección.

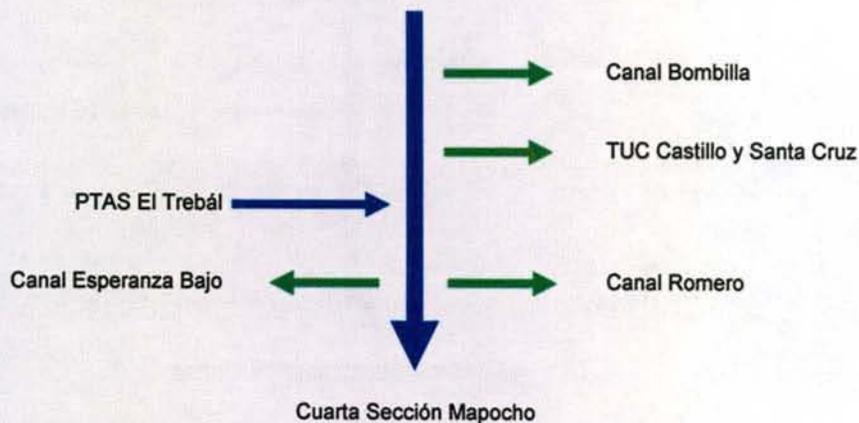
Figura 5 - 9. Segunda Sección Mapocho



Fuente: Elaboración Propia

- **Tercera Sección Mapocho:** Comprende desde aguas abajo del canal Esperanza Alto hasta la toma del canal Esperanza Bajo, inclusive. La Figura 5-10 muestra las extracciones en esta sección.

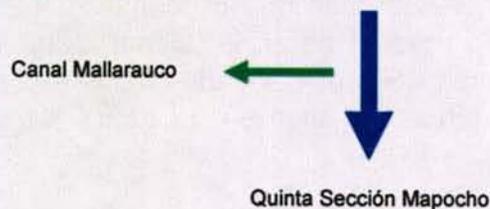
Figura 5 - 10. Tercera Sección Mapocho



Fuente: Elaboración Propia

- **Cuarta Sección Mapocho:** Comprende únicamente el canal Mallarauco. La Figura 5-11 muestra las extracciones en esta sección.

Figura 5 - 11. Cuarta Sección Mapocho



Fuente: Elaboración Propia

- **Quinta Sección Mapocho:** Comprende desde aguas debajo de la bocatoma del canal Mallarauco-Pelvin hasta la confluencia con el río Maipo. La Figura 5-12 muestra los principales aportes y extracciones en esta sección.

Figura 5 - 12. Quinta Sección Mapocho



Fuente: Elaboración Propia

Los canales fueron agrupados considerando la zona que riegan, además de su fuente hídrica, la cercanía de sus bocatomas, y en algunos casos, se consideró un canal matriz exclusivo para el canal real cuando éste es importante en relación al resto de los canales de la cuenca. En caso que un canal matriz riegue más de una zona, se consideró que dicho matriz riega la ultima zona en el sentido del escurrimiento en el canal, mientras que sus derivados las zonas precedentes. En los casos en que no ocurra lo anterior, se asume que todos los derivados riegan la misma zona que su canal matriz.

Es importante mencionar la existencia de canales de trasvase de recursos desde dos cuencas vecinas. Desde el norte, existe un trasvase a través del canal Chacabuco-Polpaico, el cual capta sus aguas del Río Aconcagua, utilizando parte de ella para regar el extremo norte de la cuenca del Río Maipo y el resto descargándolo en el estero El Cobre, afluente al embalse Huechún. Desde el sur, existe un trasvase a través de los canales Lucano y Rafaelino, los que captan sus aguas del Río Cachapoal y son utilizadas para regar las zonas de riego del extremo sur de la cuenca del río Maipo.

Los canales de trasvase mencionados anteriormente fueron representados a través de aportes naturales, los cuales son depositados en nodos del modelo, de los cuales mediante canales matrices ficticios se representa el riego hacia las respectivas zonas.

Existe además una serie de canales ficticios que representan la entrega de cuencas laterales aportantes a las zonas de riego, los cuales tuvieron que ser creados debido

a la imposibilidad de MAGIC de representar una zona de riego como destino de las aguas de una cuenca. El procedimiento para representar estos aportes consistió en representar las entregas de las aguas de la cuenca a un nodo, desde el cual se extraen las aguas por esos canales ficticios y van a regar las respectivas zonas de riego.

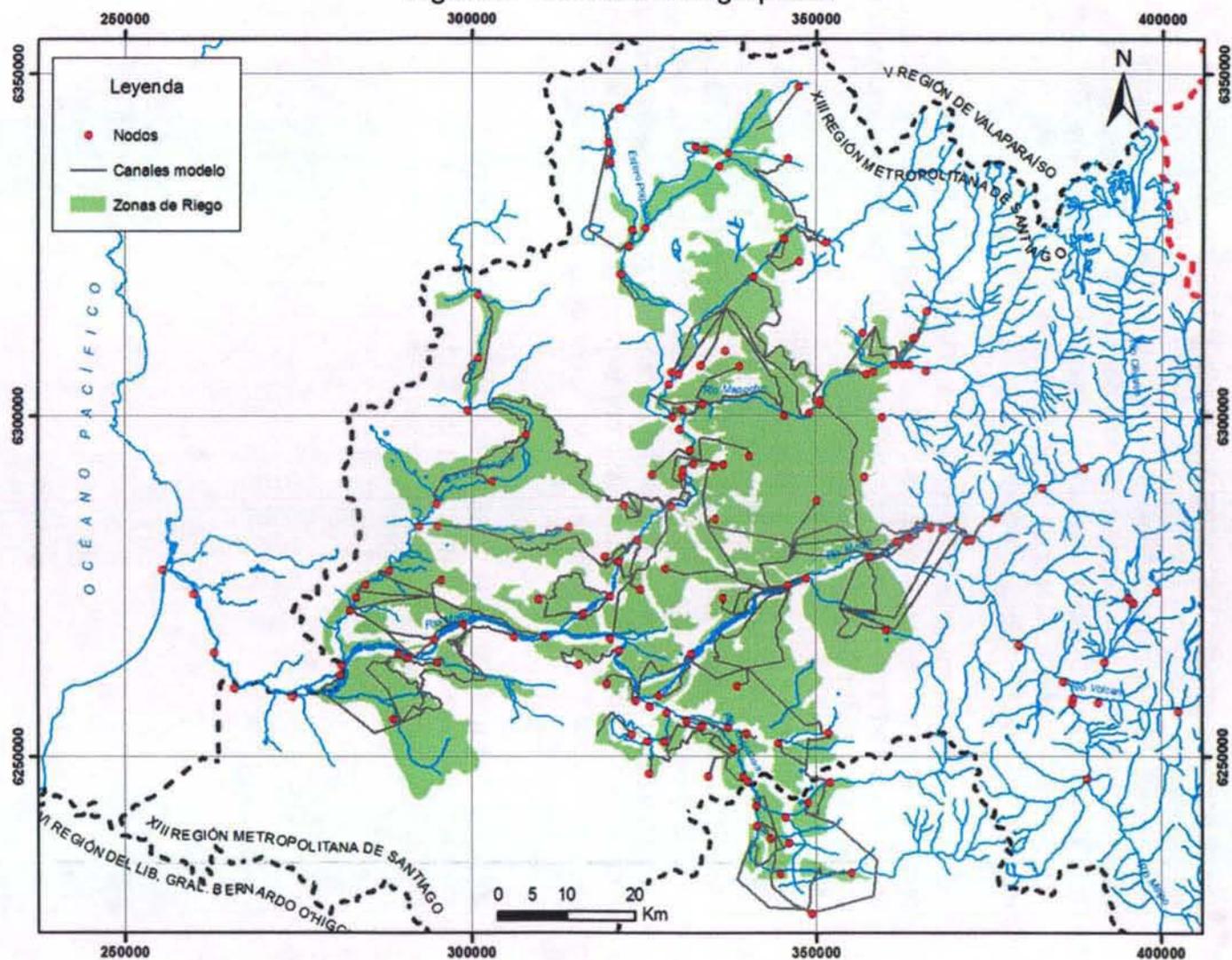
La información referente a capacidades máximas, derechos, superficies de riego de cada canal, longitud, etc. fue obtenida de la información recopilada en el estudio *MOS MAIPO*, así como también de una revisión realizada a los Catastros de Usuarios de la DGA correspondientes a: Río Mapocho, Río Maipo Primera Sección Ribera Norte y Río Maipo Segunda Sección.

La longitud de cada canal modelado fue estimada utilizando el programa ArcView 3.2 y corresponde a la suma de las longitudes de cada uno de los canales reales que lo conforman. Del mismo modo fue estimada la capacidad de los canales modelados en función de las capacidades de los canales reales.

En cuanto a la eficiencia de los canales modelados, la metodología de cálculo fue la siguiente: En primer lugar se obtuvo la pérdida por unidad de longitud para cada uno de los canales reales, luego para cada tramo de canal del modelo se calculó la pérdida en función de las pérdidas reales de los canales. Finalmente en función de la pérdida calculada se obtuvo la eficiencia del tramo. En aquellos casos en que un tramo de canal modelado estaba conformado por tramos de más de un canal real, se realizó una ponderación por longitud luego de haber obtenido la eficiencia de cada canal.

En la Figura 5-13 se muestran los canales matrices que representan los grupos de canales que se han considerado, junto con los canales derivados que van a cada zona de riego. El detalle de la agrupación de canales se encuentra disponible en los Anexos 5.4 y 5.5.

Figura 5 - 13. Canales Agrupados



Fuente: Elaboración Propia

V.4.5 Zonas de Riego

Este elemento permite la representación de un conjunto de subsectores de riego, donde cada uno posee un tipo de cultivo y un método de riego determinado, pudiéndose estimar el caudal total afluente, tanto superficial como subterráneo; la fracción de dicho caudal utilizada efectivamente para riego; la demanda de riego suplida; la seguridad de riego; el retorno superficial hacia otras zonas; la percolación hacia la zona acuífera y su variación en ciertos períodos de tiempo. Para esto MAGIC considera zonas de riego independientes, con caudales afluentes representados por canales matrices o derivados y un único pozo de bombeo asociado, tranque de regulación nocturna, subsectores de riego que poseen cultivo y método de riego únicos para cada uno.

La información requerida para la implementación de MAGIC, se asocia principalmente a la definición e identificación de las zonas de riego existentes, tipo de cultivo, método de riego asociado, evapotranspiración de los cultivos, precipitación efectiva desde el punto de vista agronómico, derrames o retornos desde o hacia zonas de riego adyacentes y áreas cultivables y no cultivables.

Las principales fuentes utilizadas para analizar este punto fueron el *estudio MOS-MAIPO*, el VI Censo Nacional Agropecuario (INE 1997) y el estudio "Actualización de la Situación del uso Actual y Futuro de los Recursos Hídricos. Zona II: Regiones V a la XII y Región Metropolitana" (AC Ingenieros Consultores Ltda. 2006).

V.4.5.1 Definición e Identificación Zonas de Riego

Para la definición de las zonas de riego se utilizó como base inicial la información del *estudio MOS-MAIPO*, realizándose mejoramientos en las mismas zonas ya definidas. Los cambios realizados consistieron en la corrección de los límites en cada zona de riego mediante la utilización de imágenes satelitales a través de GoogleEarth. También se realizó una verificación de los canales que riegan cada una de las zonas utilizando como antecedente base el catastro de usuarios de la cuenca del Río Maipo, donde fue posible identificar que sector riega cada canal a nivel de detalle.

El procedimiento de definición de las zonas de riego consistió en revisar en primer lugar el catastro de usuarios de la cuenca del Río Maipo, con lo cual se verificó la adecuada distribución de zonas de riego disponible en el *estudio MOS-MAIPO*. Luego de esto se procedió a corregir los límites de cada zona de riego mediante la utilización de GoogleEarth, en donde se construyó cada zona de riego mediante polígonos en formato KML, para posteriormente transformarlos a formato SHP de ArcView.

Es importante mencionar que fue necesario crear una nueva zona de riego, identificada como ZR-46 (próxima al estero Lampa), debido a que no fue posible asociarla a ninguna zona ya existente.

Finalmente, las zonas de riego construidas fueron contrastadas con el *shape* de sectores de riego disponible en el estudio PD MAIPO, el cual muestra una cobertura similar a la obtenida en el presente estudio, aunque presenta pequeñas superficies dentro de cada zona de riego que no fueron consideradas, a pesar de que la fotografía satelital muestra plantaciones en aquellos sectores.

Es importante mencionar que este estudio ha considerado 3 períodos, correspondientes a 1950 – 1982, 1982 – 1997 y 1997 – 2004, cada uno de los cuales presenta una superficie de riego distinta para cada zona de riego. El estudio MOS MAIPO consideró primeros dos períodos mencionados anteriormente, utilizando el estudio “Análisis Uso Actual y Futuro de los Recursos Hidráulicos de Chile. Demandas Actuales en Cuencas Críticas” (IPLA. 1993) para obtener la superficie cultivada en el primer período, y el “VI Censo Nacional Agropecuario” (INE 1997) para obtener la superficie cultivada en el segundo período. Estas superficies fueron mantenidas en el estudio PD MAIPO, en el cual se agregó el tercer período mencionado.

Para efectos de este estudio, se utilizaron las superficies de los dos primeros períodos, la cual es coincidente en los estudios base, mientras que para el tercer período se utilizó la distribución mostrada en el estudio PD MAIPO, realizando correcciones en algunas zonas de riego cuya superficie máxima era menor a la indicada y en la zona 46, la cual había sido considerada como parte de la zona ZR-33. El Cuadro 5-6 muestra las superficies adoptadas.

Cuadro 5 - 6. Superficies de Riego (Ha)

Zona de Riego	Área 1950-1982	Área 1982-1997	Área 1997-2004
ZR-01	13794	6756	4275
ZR-02	8781	6711	15012
ZR-03	6161	5450	1417
ZR-04	8161	8127	8084
ZR-05	9923	8165	5473
ZR-06	8315	8280	9315
ZR-07	2008	2008	3336
ZR-08	22755	22532	22066
ZR-09	4369	4315	4749
ZR-10	761	761	2102
ZR-11	1711	1711	2242
ZR-12	2965	2965	1745
ZR-13	2913	2913	499
ZR-14	3954	3954	2821
ZR-15	1503	1503	810
ZR-16	3542	3542	3595
ZR-17	1972	1972	1489
ZR-18	785	785	686
ZR-19	941	941	1018
ZR-20	417	417	524

Zona de Riego	Área 1950-1982	Área 1982-1997	Área 1997-2004
ZR-21	550	550	734
ZR-22	1858	1858	2827
ZR-23	531	531	0
ZR-24	1737	670	0
ZR-25	5310	5765	3184
ZR-26	328	328	201
ZR-27	4230	4081	1769
ZR-28	229	229	698
ZR-29	2621	2621	2431
ZR-30	4145	4145	3179
ZR-31	626	595	333
ZR-32	1807	1733	678
ZR-33	664	664	1586
ZR-34	1130	1130	2624
ZR-35	7319	7183	7449
ZR-36	690	690	889
ZR-37	1203	1203	1377
ZR-38	5401	5360	5068
ZR-39	12250	12036	15819
ZR-40	3797	3797	6837
ZR-41	2267	2267	4562
ZR-42	7226	7226	8814
ZR-43	663	663	776
ZR-44	14128	14042	19460
ZR-45	7376	7376	9181
ZR-46	0	0	1205
TOTAL	193817	180551	192940

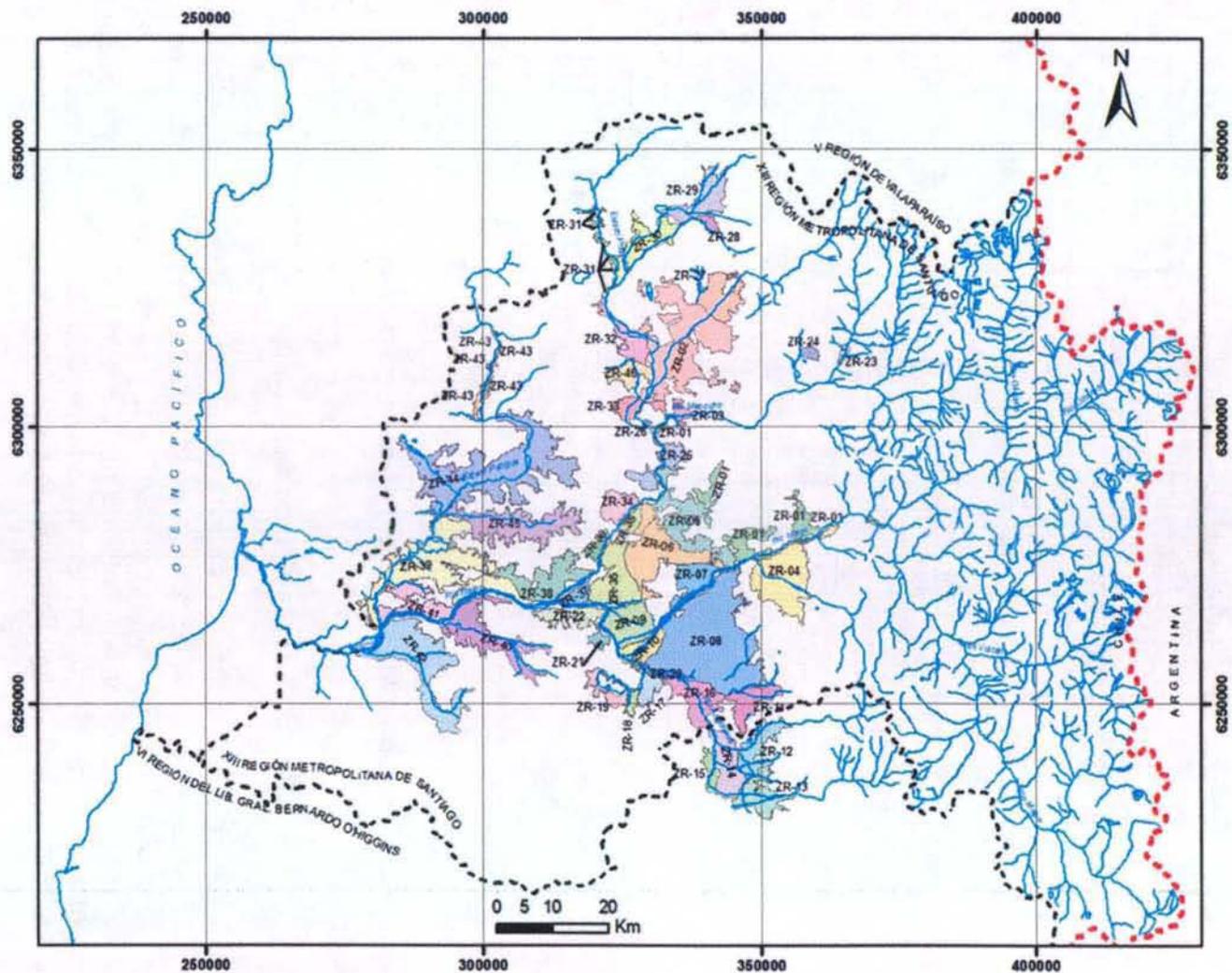
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 5-14 se observan las 46 zonas de riego definitivas.

V.4.5.2 Identificación de Acuíferos Adyacentes

La asociación entre las zonas de riego y acuíferos existentes, se definió mediante Arcview 3.2, obteniéndose el porcentaje de la zona de riego que forma parte de cada uno de los acuíferos asociados. Esta distribución es importante de conocer, puesto que MAGIC permite asociar una zona de riego a más de un acuífero, de tal manera de conocer qué parte del agua demandada percola hacia cada acuífero y poder estimar así el coeficiente equivalente de percolación asociado a cada zona de riego.

Figura 5 - 14. Zonas de Riego



Fuente: Elaboración Propia

V.4.5.3 Identificación de Cultivos

Los cultivos existentes en cada zona de riego son necesarios para el cálculo de la evapotranspiración correspondiente, y finalmente, las necesidades netas mensuales (NNM) asociadas a cada zona.

La principal fuente utilizada para la identificación de los cultivos corresponde al estudio *MOS MAIPO*, en el cual se han utilizado los patrones de cultivo obtenidos del estudio "Análisis Uso Actual y Futuro de los Recursos Hidráulicos de Chile. Demandas Actuales en Cuencas Críticas" (IPLA. 1993). Estos patrones corresponden a Frutales, Viñas, Trigo y otros, Maíz y otros, Hortalizas y Forrajes.

El patrón de cultivo ha sido distribuido de acuerdo al estudio IPLA para el primer período y de acuerdo al VI Censo Nacional Agropecuario para los siguientes períodos.

V.4.5.4 Identificación de Métodos de Riego

Los métodos de riego, particularmente sus eficiencias, asociados a cada cultivo existente en las zonas de riego definidas, son necesarios para que MAGIC calcule internamente las Necesidades Netas Mensuales (NNM). La versión 2.0 de MAGIC incorpora valores de eficiencias por defecto de acuerdo a lo sugerido en la Publicación N° 2 de la FAO. Éstos se utilizaron como referencia para estimar los valores en la Cuenca del Río Maipo apoyados por la experiencia de este consultor.

Sobre de este punto se ha identificado una limitación de MAGIC, relacionada con que no permite identificar los métodos de riego en cada uno de los períodos en que se han diferenciado los cultivos. Esto claramente es un problema, ya que para el primer período simulado, los principales métodos de riego utilizados eran el tendido y el surco, mientras que para los períodos posteriores se ha ido tecnificando el riego.

Se ha decidido utilizar la información disponible en el VI Censo Nacional Agropecuario para realizar una distribución de los métodos de riego utilizados, siendo los principales los que se muestran en el Cuadro 5-7.

Cuadro 5 - 7. Métodos de Riego

Nombre	Eficiencia [%/1]
Aspersión	0.75
Goteo	0.85
Surcos	0.44
Tendido	0.32

Fuente: VI Censo Nacional Agropecuario y Elaboración Propia

A los cultivos identificados en cada zona de riego, se les asoció la distribución porcentual de los métodos de riego dependiendo de la comuna en la que se encontraba y del tipo de cultivo, priorizando el micro riego para las viñas y riego gravitacional para Trigo y otros, y Maíz y otros. La distribución de riego por comuna se muestra en el Cuadro 5-8.

Cuadro 5 - 8. Métodos de Riego por Comuna (Ha)

COMUNA	Gravitacional	Aspersión	Micro Riego	TOTAL
San Antonio	266.2	62.6	17.4	346.2
Mostazal	4,371.9	185.3	404.3	4,961.5
Codegua	6,026.5	137.0	522.9	6,686.4
Huechuraba	375.3	0.0	0.0	375.3
Vitacura	0.0	0.0	0.0	0.0
Lo Barnechea	33.5	0.0	2.5	36.0
Las Condes	3.8	0.7	2.2	6.7
La Reina	0.0	0.0	0.0	0.0
Peñalolén	416.7	4.0	0.0	420.7
La Florida	159.0	0.0	0.0	159.0
La Pintana	898.3	0.0	1.4	899.7
El Bosque	61.0	0.0	0.0	61.0
Estación Central	0.2	0.0	0.0	0.2
Cerrillos	150.2	0.0	0.0	150.2
Maipú	3,009.2	1.4	61.9	3,072.5
Pudahuel	2,069.7	124.4	282.3	2,476.4
Cerro Navia	142.7	0.0	0.0	142.7
Renca	401.0	0.0	67.0	468.0
Quilicura	1,150.4	0.0	0.0	1,150.4
Colina	5,687.3	683.1	1,369.9	7,740.3
Lampa	5,459.5	711.4	537.2	6,708.1
Tiltil	3,255.0	40.1	548.0	3,843.1
Puente Alto	1,401.3	0.9	13.0	1,415.2
San José de Maipo	451.9	25.0	60.8	537.7
Pirque	4,439.4	216.7	311.2	4,967.3
San Bernardo	5,752.5	153.8	151.6	6,057.9
Buin	10,571.3	578.0	579.8	11,729.1
Paine	13,188.6	417.3	1,274.6	14,880.5
Calera de Tango	3,859.4	17.7	190.4	4,067.5
Melipilla	28,690.6	413.6	2,707.9	31,812.1
María Pinto	8,339.1	365.7	514.9	9,219.7
Curacaví	5,073.2	329.9	242.9	5,646.0
Alhué	1,122.8	0.0	122.7	1,245.5
San Pedro	278.6	1,673.3	288.4	2,240.3
Talagante	5,542.9	47.8	277.4	5,868.1
Peñaflor	2,365.0	18.7	89.6	2,473.3
Isla de Maipo	5,196.3	48.0	1,154.8	6,399.1
El Monte	4,675.7	42.4	95.5	4,813.6
Padre Hurtado	3,228.1	43.3	16.4	3,287.8

COMUNA	Gravitacional	Aspersión	Micro Riego	TOTAL
TOTAL	138114.1	6342.1	11908.9	156365.1

Fuente: VI Censo Nacional Agropecuario

V.4.5.5 Evapotranspiración de Cultivos

Para el cálculo de la evapotranspiración de los cultivos es necesaria la identificación de los coeficientes de cultivo y la evapotranspiración potencial.

La determinación de los coeficientes de cultivos, se obtuvo directamente del estudio *MOS MAIPO*, en el cual se identificaron dos zonas diferentes en la cuenca, Zona de Santiago y Zona de Melipilla. Cada sector de riego está considerado dentro de alguna de estas zonas. En el Cuadro 5-9 se muestran los coeficientes de cultivo asociados al patrón de cultivo correspondiente dentro de estas zonas.

Cuadro 5 - 9. Coeficiente de Cultivo

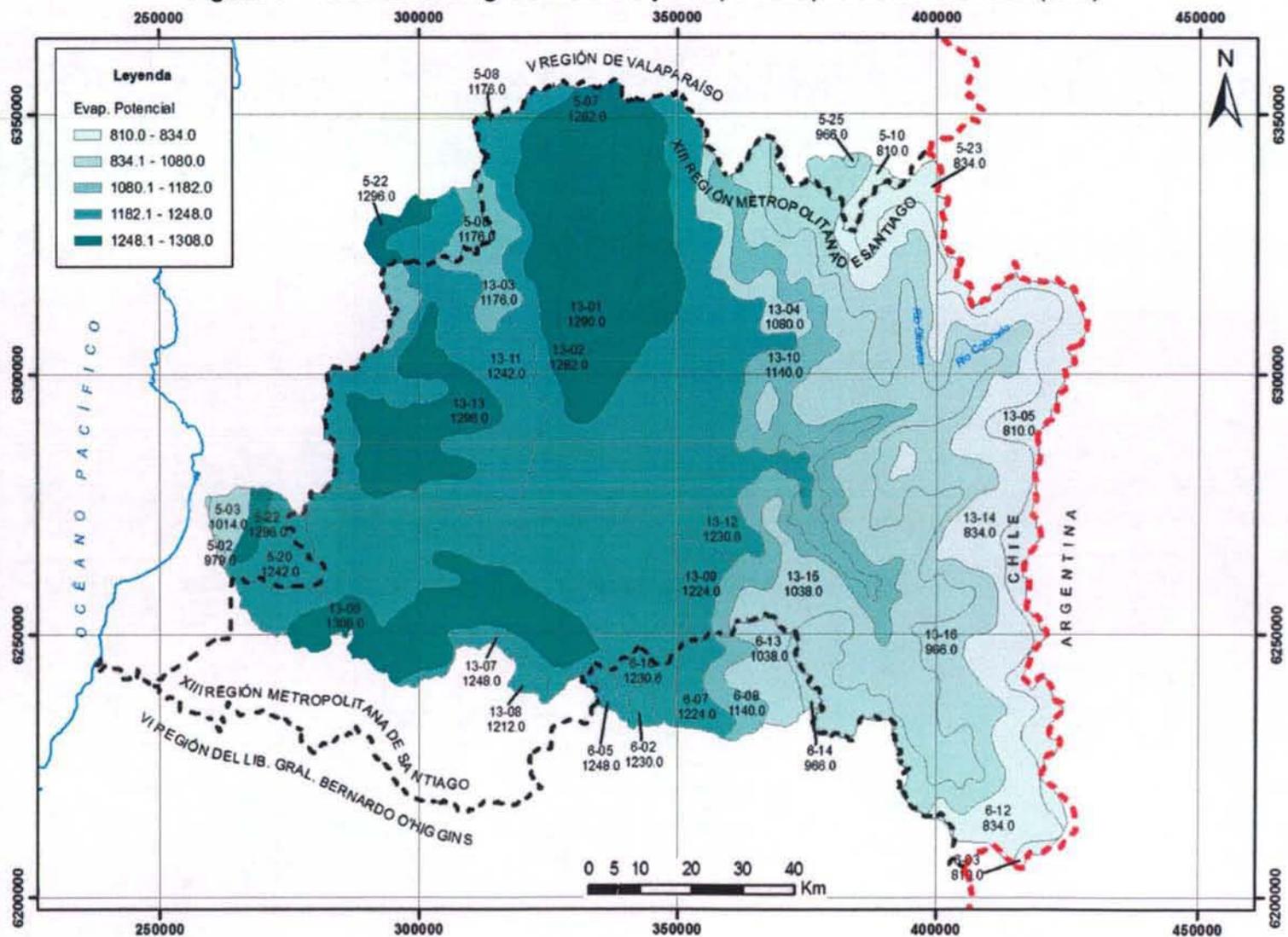
ZONA SANTIAGO												
CULTIVO	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Frutales	0.76	0.00	0.00	0.00	0.65	0.52	0.59	0.92	0.99	0.99	0.99	0.98
Viñas	0.76	0.00	0.00	0.00	0.65	0.52	0.59	0.92	0.99	0.99	0.99	0.98
Trigo y otros	0.00	0.64	0.70	0.79	0.76	0.95	1.07	0.87	0.37	0.00	0.00	0.00
Maíz y otros	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.62	0.65	1.00	1.08	1.03	0.68
Hortalizas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.59	0.56	0.81	1.01	0.95	0.65	0.00
Forrajeras	0.80	0.60	0.60	0.60	0.60	0.65	0.80	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
ZONA MELIPILLA												
CULTIVO	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Frutales	0.75	0.00	0.00	0.00	0.65	0.52	0.56	0.93	0.98	0.98	0.98	0.98
Viñas	0.75	0.00	0.00	0.00	0.65	0.52	0.56	0.93	0.98	0.98	0.98	0.98
Trigo y otros	0.00	0.00	0.92	0.73	0.68	0.90	1.07	0.86	0.37	0.00	0.00	0.00
Maíz y otros	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.54	0.63	0.99	1.07	1.06	0.73
Hortalizas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	0.50	0.79	0.97	0.89	0.63	0.00
Forrajeras	0.80	0.60	0.60	0.60	0.60	0.65	0.80	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90

Fuente: Estudio MOS MAIPO

La evapotranspiración potencial fue obtenida en base a los distritos agroclimáticos en la cuenca del Río Maipo. Mediante la utilización de ArcView 3.2 se interseccionaron los distritos agroclimáticos con las zonas de riego y se calculó la evapotranspiración potencial en cada zona de riego como una ponderación de cada distrito por la superficie que abarca. Los valores obtenidos fueron asignados a todos los cultivos dentro de una misma zona de riego.

La Figura 5-15 muestra una vista en planta de los distritos agroclimáticos en la cuenca del Río Maipo, mientras que en el Cuadro 5-10 se muestran los valores obtenidos de la evapotranspiración potencial para cada Zona de Riego.

Figura 5 - 15. Distritos Agroclimáticos y Evapotranspiración Potencial (mm)



Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5 - 10. Evapotranspiración Potencial por Zona de Riego

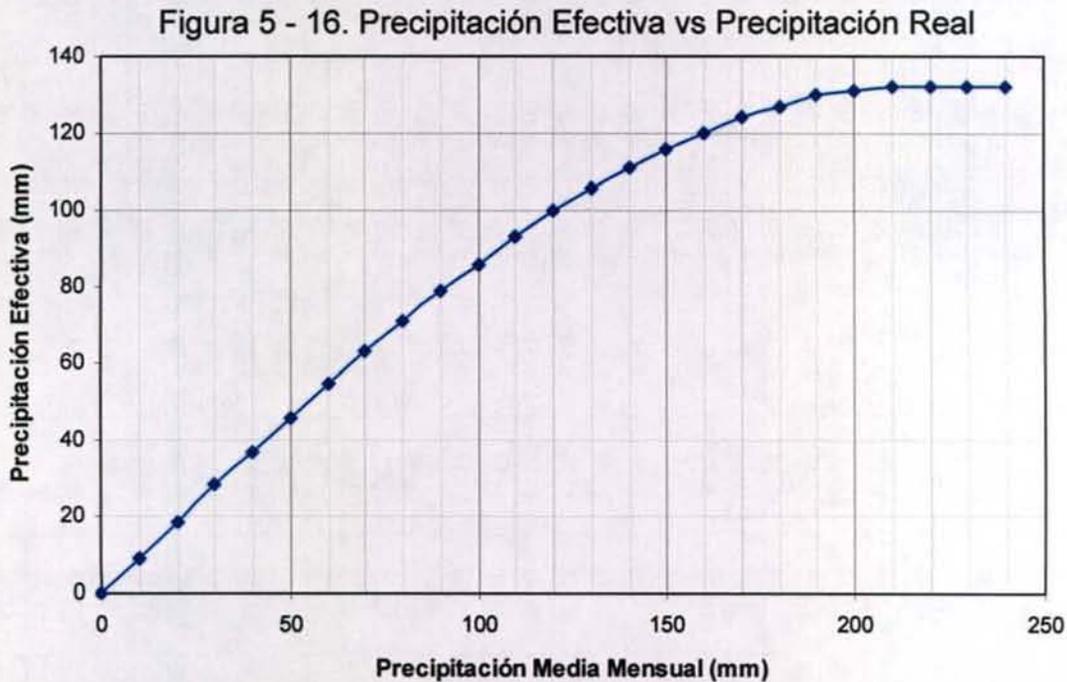
ZONA RIEGO	Eto Abr [mm]	Eto May [mm]	Eto Jun [mm]	Eto Jul [mm]	Eto Ago [mm]	Eto Sep [mm]	Eto Oct [mm]	Eto Nov [mm]	Eto Dic [mm]	Eto Ene [mm]	Eto Feb [mm]	Eto Mar [mm]	Eto Anual [mm]
ZR-01	102.61	63.77	35.44	25.03	35.44	64.18	102.61	141.44	170.07	180.18	170.07	141.35	1232.18
ZR-02	107.26	67.44	38.40	27.70	38.40	68.93	107.26	147.08	176.12	186.82	176.12	147.00	1288.55
ZR-03	106.30	66.34	37.10	26.40	37.10	74.34	106.30	146.26	175.50	186.20	175.50	146.24	1283.61
ZR-04	102.48	63.67	35.35	24.95	35.36	63.76	102.48	141.29	169.89	180.00	169.88	141.19	1230.30
ZR-05	102.74	63.86	35.49	25.07	35.49	64.62	102.74	141.62	170.26	180.40	170.26	141.52	1234.06
ZR-06	102.50	63.70	35.40	25.00	35.40	63.80	102.50	141.30	169.90	180.00	169.90	141.20	1230.60
ZR-07	102.50	63.70	35.40	25.00	35.40	63.80	102.50	141.30	169.90	180.00	169.90	141.20	1230.60
ZR-08	102.50	63.70	35.40	25.00	35.40	63.80	102.50	141.30	169.90	180.00	169.90	141.20	1230.60
ZR-09	102.50	63.70	35.40	25.00	35.40	63.80	102.50	141.30	169.90	180.00	169.90	141.20	1230.60
ZR-10	102.50	63.70	35.40	25.00	35.40	63.80	102.50	141.30	169.90	180.00	169.90	141.20	1230.60
ZR-11	102.46	63.64	35.31	24.91	35.32	63.73	102.46	141.27	169.87	180.00	169.87	141.18	1230.04
ZR-12	102.30	63.42	35.00	24.60	35.04	63.48	102.30	141.18	169.78	180.00	169.74	141.12	1227.96
ZR-13	102.22	63.31	34.84	24.44	34.90	63.36	102.22	141.13	169.72	180.00	169.67	141.09	1226.91
ZR-14	102.50	63.70	35.40	25.00	35.40	63.80	102.50	141.30	169.77	180.00	169.77	141.20	1230.34
ZR-15	102.50	63.70	35.40	25.00	35.40	63.80	102.50	141.30	169.75	180.00	169.75	141.20	1230.30
ZR-16	102.50	63.70	35.40	25.00	35.40	63.80	102.50	141.30	169.90	180.00	169.90	141.20	1230.60
ZR-17	105.98	66.74	38.06	27.53	38.06	66.78	105.98	145.23	174.02	184.43	174.02	145.19	1272.02
ZR-18	108.00	68.50	39.60	29.00	39.60	68.50	108.00	147.50	176.40	187.00	176.40	147.50	1296.00
ZR-19	108.00	68.50	39.60	29.00	39.60	68.50	108.00	147.50	176.40	187.00	176.40	147.50	1296.00
ZR-20	102.50	63.70	35.40	25.00	35.40	63.80	102.50	141.30	169.90	180.00	169.90	141.20	1230.60
ZR-21	102.72	63.89	35.57	25.16	35.57	63.99	102.72	141.55	170.16	180.28	170.16	141.45	1233.22
ZR-22	102.50	63.70	35.40	25.00	35.40	63.80	102.50	141.30	169.90	180.00	169.90	141.20	1230.60
ZR-23	102.01	63.28	35.03	24.65	35.03	63.38	102.01	140.74	169.29	179.38	169.29	140.65	1224.75
ZR-24	102.50	63.70	35.40	25.00	35.40	63.80	102.50	141.30	169.90	180.00	169.90	141.20	1230.60
ZR-25	104.79	65.20	36.25	25.65	36.25	71.78	104.79	144.37	173.43	183.93	173.43	144.34	1264.23
ZR-26	106.00	66.00	36.70	26.00	36.70	76.00	106.00	146.00	175.30	186.00	175.30	146.00	1282.00
ZR-27	106.85	66.97	37.84	27.14	37.84	71.46	106.85	146.74	175.87	186.57	175.87	146.69	1286.70
ZR-28	107.89	68.20	39.15	28.51	39.15	71.92	107.89	147.57	176.62	187.26	176.62	147.57	1298.34
ZR-29	108.61	69.04	40.11	29.48	40.11	69.06	108.61	148.19	177.12	187.74	177.12	148.16	1303.36
ZR-30	107.30	67.47	38.43	27.73	38.43	68.90	107.30	147.12	176.17	186.87	176.17	147.04	1288.92

ZONA RIEGO	Eto Abr [mm]	Eto May [mm]	Eto Jun [mm]	Eto Jul [mm]	Eto Ago [mm]	Eto Sep [mm]	Eto Oct [mm]	Eto Nov [mm]	Eto Dic [mm]	Eto Ene [mm]	Eto Feb [mm]	Eto Mar [mm]	Eto Anual [mm]
ZR-31	105.92	65.95	36.67	25.98	36.67	75.71	105.92	145.89	175.17	185.86	175.17	145.89	1280.79
ZR-32	106.54	66.62	37.45	26.75	37.45	72.77	106.54	146.45	175.63	186.32	175.63	146.41	1284.56
ZR-33	104.96	65.32	36.31	25.70	36.31	72.38	104.96	144.60	173.70	184.22	173.70	144.57	1266.73
ZR-34	102.63	63.77	35.41	25.00	35.41	63.87	102.63	141.50	170.12	180.27	170.12	141.40	1232.13
ZR-35	102.50	63.70	35.40	25.00	35.40	63.80	102.50	141.30	169.90	180.00	169.90	141.20	1230.60
ZR-36	102.78	63.84	35.43	25.00	35.43	63.94	102.78	141.72	170.35	180.57	170.35	141.62	1233.82
ZR-37	102.50	63.70	35.40	25.00	35.40	63.80	102.50	141.30	169.90	180.00	169.90	141.20	1230.60
ZR-38	102.57	63.74	35.41	25.00	35.41	63.84	102.57	141.41	170.02	180.15	170.02	141.31	1231.44
ZR-39	103.59	64.68	36.27	25.84	36.27	64.76	103.59	142.51	171.14	181.34	171.14	142.43	1243.56
ZR-40	103.63	64.69	36.27	25.83	36.27	64.77	103.63	142.58	171.24	181.44	171.24	142.50	1244.09
ZR-41	102.50	63.70	35.40	25.00	35.40	63.80	102.50	141.30	169.90	180.00	169.90	141.20	1230.60
ZR-42	100.13	62.76	35.48	25.46	35.48	62.83	100.13	137.49	164.97	174.80	164.97	137.43	1201.94
ZR-43	107.45	67.98	39.10	28.51	39.10	67.99	107.45	146.93	175.80	186.39	175.80	146.91	1289.42
ZR-44	107.54	68.06	39.18	28.59	39.18	68.07	107.54	147.02	175.90	186.49	175.90	147.01	1290.51
ZR-45	106.36	66.93	38.11	27.54	38.11	66.97	106.36	145.79	174.62	185.18	174.62	145.75	1276.33
ZR-46	106.08	66.30	37.23	26.57	37.23	71.62	106.08	145.86	174.97	185.59	174.97	145.81	1278.29

Fuente: Elaboración Propia

V.4.5.6 Precipitación Efectiva

La precipitación efectiva se calculó mediante la utilización de la curva que se muestra en la Figura 5-16, la cual fue recomendada por un Ingeniero Agrónomo Asesor y cuya confección considera el efecto de saturación del suelo, por lo que el porcentaje de la precipitación efectiva en relación a la precipitación real resulta ser menor mientras más grande es la lluvia.



Fuente: Elaboración Propia con Metodología de Blaney y Cridle, modificada por Horacio Merlet y Fernando Santibañez en el año 1986.

Esta curva fue aplicada al promedio mensual de precipitación en las estadísticas asociadas a cada una de las zonas de riego y multiplicada por el factor de isoyetas, obteniéndose la distribución mensual de la precipitación efectiva para cada una de las zonas de riego, la cual se muestra en el Cuadro 5-11.

Cuadro 5 - 11. Precipitación Efectiva por Zona de Riego

ZONA	Pef ABR, [mm]	Pef MAY, [mm]	Pef JUN, [mm]	Pef JUL, [mm]	Pef AGO, [mm]	Pef SEP, [mm]	Pef OCT, [mm]	Pef NOV, [mm]	Pef DIC, [mm]	Pef ENE, [mm]	Pef FEB, [mm]	Pef MAR, [mm]	Pef Anual, [mm]
ZR-01	16.54	43.81	66.80	62.28	46.79	26.46	10.65	4.92	0.00	0.00	0.00	1.53	279.79
ZR-02	9.45	36.00	54.23	53.57	37.62	18.33	6.97	1.91	0.00	0.00	0.00	0.00	218.08
ZR-03	11.02	38.65	55.79	55.26	39.09	19.19	6.40	2.49	0.00	0.00	0.00	0.53	228.42
ZR-04	19.67	54.70	80.86	74.80	58.23	34.83	17.98	8.11	1.20	0.00	0.00	3.10	353.47
ZR-05	12.80	43.68	64.00	65.43	43.05	21.48	6.71	3.13	0.00	0.00	0.00	0.72	261.01
ZR-06	13.96	47.65	69.82	71.38	46.97	23.44	7.32	3.42	0.00	0.00	0.00	0.78	284.74
ZR-07	14.74	50.30	73.70	75.35	49.58	24.74	7.73	3.61	0.00	0.00	0.00	0.82	300.56
ZR-08	17.91	60.53	83.65	84.68	56.33	27.51	10.07	4.76	0.00	0.00	0.00	1.87	347.30
ZR-09	16.41	64.38	87.00	85.45	56.84	24.76	5.47	3.03	0.00	0.00	0.00	0.67	344.00
ZR-10	17.50	68.67	92.80	91.14	60.63	26.41	5.83	3.23	0.00	0.00	0.00	0.71	366.94
ZR-11	20.37	65.84	89.30	91.58	65.02	31.83	11.73	6.18	0.55	0.00	0.00	3.27	385.67
ZR-12	21.62	69.87	94.77	97.18	69.00	33.78	12.45	6.56	0.58	0.00	0.00	3.47	409.29
ZR-13	22.03	71.21	96.59	99.05	70.33	34.43	12.69	6.69	0.59	0.00	0.00	3.54	417.16
ZR-14	20.79	67.18	91.12	93.44	66.35	32.48	11.97	6.31	0.56	0.00	0.00	3.34	393.54
ZR-15	20.79	67.18	91.12	93.44	66.35	32.48	11.97	6.31	0.56	0.00	0.00	3.34	393.54
ZR-16	20.37	65.84	89.30	91.58	65.02	31.83	11.73	6.18	0.55	0.00	0.00	3.27	385.67
ZR-17	18.23	71.53	96.66	94.94	63.16	27.51	6.08	3.37	0.00	0.00	0.00	0.74	382.22
ZR-18	19.33	75.83	102.46	100.64	66.95	29.16	6.44	3.57	0.00	0.00	0.00	0.78	405.16
ZR-19	19.33	75.83	102.46	100.64	66.95	29.16	6.44	3.57	0.00	0.00	0.00	0.78	405.16
ZR-20	17.87	70.10	94.73	93.04	61.89	26.96	5.96	3.30	0.00	0.00	0.00	0.72	374.58
ZR-21	16.77	65.81	88.93	87.34	58.10	25.31	5.59	3.10	0.00	0.00	0.00	0.68	351.65
ZR-22	14.35	62.48	90.88	85.10	53.01	24.61	6.48	2.79	0.00	0.00	0.00	0.10	339.80
ZR-23	17.09	53.71	77.24	74.12	59.66	32.42	13.67	5.27	0.00	0.00	0.00	2.54	335.72
ZR-24	14.24	44.76	64.37	61.76	49.72	27.02	11.39	4.39	0.00	0.00	0.00	2.12	279.77
ZR-25	11.40	39.98	57.72	57.17	40.44	19.85	6.62	2.57	0.00	0.00	0.00	0.55	236.30
ZR-26	11.02	38.65	55.79	55.26	39.09	19.19	6.40	2.49	0.00	0.00	0.00	0.53	228.42
ZR-27	9.45	36.00	54.23	53.57	37.62	18.33	6.97	1.91	0.00	0.00	0.00	0.00	218.08
ZR-28	7.34	39.21	56.40	58.85	33.72	15.34	2.15	1.48	0.00	0.00	0.00	0.00	214.48
ZR-29	7.34	39.21	56.40	58.85	33.72	15.34	2.15	1.48	0.00	0.00	0.00	0.00	214.48
ZR-30	7.88	42.11	60.58	63.20	36.22	16.48	2.31	1.59	0.00	0.00	0.00	0.00	230.37

ZONA	Pef ABR, [mm]	Pef MAY, [mm]	Pef JUN, [mm]	Pef JUL, [mm]	Pef AGO, [mm]	Pef SEP, [mm]	Pef OCT, [mm]	Pef NOV, [mm]	Pef DIC, [mm]	Pef ENE, [mm]	Pef FEB, [mm]	Pef MAR, [mm]	Pef Anual, [mm]
ZR-31	9.51	50.82	73.11	76.28	43.71	19.89	2.79	1.92	0.00	0.00	0.00	0.00	278.03
ZR-32	11.40	39.98	57.72	57.17	40.44	19.85	6.62	2.57	0.00	0.00	0.00	0.55	236.30
ZR-33	11.02	38.65	55.79	55.26	39.09	19.19	6.40	2.49	0.00	0.00	0.00	0.53	228.42
ZR-34	13.19	45.01	65.94	67.42	44.36	22.13	6.92	3.23	0.00	0.00	0.00	0.74	268.92
ZR-35	14.74	50.30	73.70	75.35	49.58	24.74	7.73	3.61	0.00	0.00	0.00	0.82	300.56
ZR-36	13.96	47.65	69.82	71.38	46.97	23.44	7.32	3.42	0.00	0.00	0.00	0.78	284.74
ZR-37	13.35	58.12	84.54	79.16	49.31	22.90	6.03	2.60	0.00	0.00	0.00	0.09	316.09
ZR-38	12.68	55.21	80.31	75.20	46.85	21.75	5.72	2.47	0.00	0.00	0.00	0.09	300.29
ZR-39	12.01	52.31	76.08	71.25	44.38	20.61	5.42	2.34	0.00	0.00	0.00	0.08	284.48
ZR-40	13.01	56.67	82.42	77.18	48.08	22.32	5.87	2.53	0.00	0.00	0.00	0.09	308.19
ZR-41	12.35	53.76	78.20	73.22	45.62	21.18	5.57	2.40	0.00	0.00	0.00	0.09	292.38
ZR-42	13.35	58.12	84.54	79.16	49.31	22.90	6.03	2.60	0.00	0.00	0.00	0.09	316.09
ZR-43	15.38	54.28	74.82	77.57	51.75	24.94	7.91	1.43	0.00	0.00	0.00	0.88	308.96
ZR-44	13.80	48.71	67.15	69.61	46.44	22.38	7.10	1.28	0.00	0.00	0.00	0.79	277.27
ZR-45	13.80	48.71	67.15	69.61	46.44	22.38	7.10	1.28	0.00	0.00	0.00	0.79	277.27
ZR-46	11.02	38.65	55.79	55.26	39.09	19.19	6.40	2.49	0.00	0.00	0.00	0.53	228.42

Fuente: Elaboración Propia

V.4.5.7 Percolaciones

La estimación del caudal percolado, que forma parte del balance hídrico del acuífero y de la zona de riego correspondiente, se realiza mediante el coeficiente de percolación obtenido directamente por la nueva versión de MAGIC, a partir de antecedentes de textura del suelo y de la relación que posee con los coeficientes de riego (eficiencias de métodos de riego) y de derrame.

Adicionalmente, la textura del suelo es un dato para estimar la fracción percolada hacia el acuífero, en función de parámetros del modelo pluvial MPL tales como la porosidad efectiva, la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente.

La identificación de la textura de los suelos, se realizó haciendo uso de la clasificación de suelos contenida en el "Estudio de suelos del Proyecto Maipo, 1981", donde asociado a las variaciones de serie identificadas se incorpora la textura predominante de cada una. Esta información fue preparada obteniéndose una cobertura del valle del Maipo.

En el Cuadro 5-12 se muestra el grupo de texturas y su símbolo asociado para la cuenca del Río Maipo. Es importante mencionar que no todas las zonas de riego poseen todas las texturas y no todos los cultivos están asociados a todos los tipos de texturas.

Cuadro 5 - 12. Grupo de Texturas

Símbolo Cartográfico	Grupo Textural
A	Muy fina
B	Fina
C	Moderadamente fina
D	Media
E	Moderadamente gruesa
F	Gruesa
G	Muy gruesa

Fuente: Clasificación Texturas USDA.

V.4.5.8 Derrames o Retornos

Los derrames o retornos se entienden como aquellas aguas que se aplicaron en la zona de riego pero que no fueron aprovechadas durante el riego ni percolaron hacia el acuífero. Dichas aguas se trasladan en forma superficial o subsuperficial hacia aguas abajo para terminar en cauces superficiales.

Para la estimación del coeficiente equivalente de derrame, MAGIC requiere los parámetros del suelo explicados en lo referente a la percolación, puesto que dicho coeficiente se obtiene mediante continuidad entre la eficiencia de riego, el derrame y la percolación asociada a cada cultivo.

Esta versión de MAGIC calcula de manera automática los coeficientes de derrame asociados a cada sector de cada zona de riego y para cada mes, estimando con los parámetros anteriores la cantidad de agua aplicada que fluye como escorrentía superficial o subsuperficial.

Tanto en el estudio "*Beneficios de Plan de Saneamiento de Aguas Servidas en la cuenca Maipo-Mapocho: Aplicación de los conceptos de valor Económico Total y Sistema Ambiental*" como en el estudio *MOS MAIPO*, se han identificado como zonas de recuperación las secciones 3, 4 y 5 del Río Mapocho y las secciones 2 y 3 del Río Maipo, siendo componentes de ellas los afloramientos y los retornos de riego.

V.4.5.9 Identificación de Zonas Cultivables y No Cultivables.

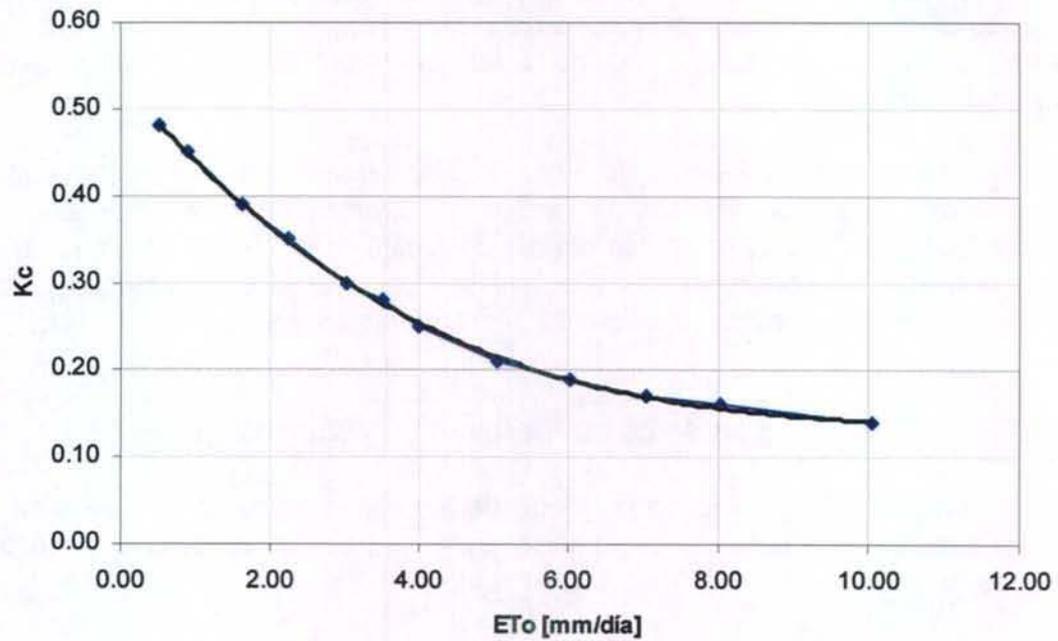
La versión 2.0 de MAGIC distingue dentro de las zonas de riego las Áreas Cultivadas de las Áreas No Cultivadas, calculando para ambas la Necesidad Neta Mensual demandada.

La Necesidad Neta Mensual de las zonas cultivadas se obtuvo utilizando la Evapotranspiración del Cultivo (calculado como el coeficiente de cultivo por la evapotranspiración potencial) y la Precipitación Efectiva. Luego este valor fue ponderado por la superficie de cada cultivo dentro de la zona de riego, obteniéndose finalmente un valor para cada zona de riego.

En cuanto a la Necesidad Neta Mensual de la zona no cultivada, el cálculo fue idéntico, pero utilizando un coeficiente de cultivo acorde con zonas de poca demanda. Para determinar dicho coeficiente de cultivo se consideró lo indicado en el Estudio FAO N°24³, donde se le relaciona con la evapotranspiración potencial según lo indicado en la Figura 5-17. A su vez, los Cuadros 5-13 al 5-18 muestran las necesidades netas mensuales de las zonas cultivadas y no cultivadas, respectivamente, para cada zona de riego.

³ Valores Recomendados Kc Suelos no cultivados o desnudos, Pag.87

Figura 5 - 17. Coeficiente de Cultivo vs Evapotranspiración Potencial



Fuente: Estudio FAO N°24, Figura 8 Pag 66

Cuadro 5 - 13. Necesidades Netas Mensuales de Zonas Cultivadas (1950 – 1982)

Zona de Riego	Abr [mm]	May [mm]	Jun [mm]	Jul [mm]	Ago [mm]	Sep [mm]	Oct [mm]	Nov [mm]	Dic [mm]	Ene [mm]	Feb [mm]	Mar [mm]
ZR-01	31.03	0.00	0.00	0.00	0.00	10.96	55.84	116.15	156.16	155.79	132.44	78.63
ZR-02	36.39	0.96	0.00	0.00	0.00	20.81	62.53	123.98	161.72	161.53	137.16	82.74
ZR-03	35.23	0.49	0.00	0.00	0.00	22.97	62.48	122.70	161.15	160.99	136.68	81.99
ZR-04	29.40	0.00	0.00	0.00	0.00	4.05	48.42	112.82	154.79	155.63	132.30	77.59
ZR-05	32.96	0.00	0.00	0.00	0.00	15.66	59.86	118.08	156.34	155.98	132.60	79.22
ZR-06	32.29	0.00	0.00	0.00	0.00	13.47	59.09	117.53	156.01	155.63	132.31	79.00
ZR-07	31.89	0.00	0.00	0.00	0.00	12.30	58.69	117.34	156.01	155.63	132.31	78.97
ZR-08	30.30	0.00	0.00	0.00	0.00	9.81	56.34	116.19	156.01	155.63	132.31	78.34
ZR-09	31.05	0.00	0.00	0.00	0.00	12.28	60.95	117.91	156.01	155.63	132.31	79.07
ZR-10	26.11	0.00	0.00	0.00	0.00	11.86	63.35	113.81	143.70	139.28	124.74	80.42
ZR-11	29.03	0.00	0.00	0.00	0.00	5.91	54.66	114.74	155.43	155.61	132.27	77.46
ZR-12	28.34	0.00	0.00	0.00	0.00	4.40	53.84	114.28	155.31	155.61	132.17	77.30
ZR-13	28.11	0.00	0.00	0.00	0.00	4.10	53.55	114.11	155.24	155.61	132.11	77.25
ZR-14	28.84	0.00	0.00	0.00	0.00	5.36	54.45	114.63	155.32	155.61	132.19	77.43
ZR-15	28.84	0.00	0.00	0.00	0.00	5.36	54.45	114.63	155.30	155.61	132.18	77.43
ZR-16	29.05	0.00	0.00	0.00	0.00	5.94	54.69	114.76	155.45	155.61	132.29	77.47
ZR-17	31.46	0.00	0.00	0.00	0.00	11.42	62.60	120.94	159.78	159.45	135.50	81.26
ZR-18	31.69	0.00	0.00	0.00	0.00	10.87	63.54	122.68	161.96	161.66	137.36	82.53
ZR-19	31.69	0.00	0.00	0.00	0.00	10.87	63.54	122.68	161.96	161.66	137.36	82.53
ZR-20	30.31	0.00	0.00	0.00	0.00	10.31	60.46	117.64	156.00	155.61	132.29	79.02
ZR-21	26.50	0.00	0.00	0.00	0.00	12.82	63.74	114.15	143.92	139.50	124.93	80.58
ZR-22	27.47	0.00	0.00	0.00	0.00	13.28	62.71	114.26	143.70	139.28	124.74	80.81
ZR-23	30.55	0.00	0.00	0.00	0.00	5.17	52.42	115.19	155.48	155.16	131.92	77.71
ZR-24	32.17	0.00	0.00	0.00	0.00	10.24	55.01	116.54	156.04	155.70	132.40	78.28
ZR-25	34.46	0.22	0.00	0.00	0.00	20.99	61.28	121.00	159.25	159.03	135.07	80.91
ZR-26	35.11	0.46	0.00	0.00	0.00	23.86	62.29	122.48	160.97	160.82	136.52	81.85
ZR-27	36.22	0.92	0.00	0.00	0.00	22.18	62.27	123.69	161.50	161.32	136.97	82.56
ZR-28	37.69	0.58	0.00	0.00	0.00	25.11	67.75	124.83	162.18	161.92	137.55	83.05
ZR-29	37.96	0.65	0.00	0.00	0.00	23.56	68.23	125.36	162.64	162.34	137.94	83.39
ZR-30	37.19	0.13	0.00	0.00	0.00	22.46	67.21	124.33	161.77	161.58	137.20	82.76

Zona de Riego	Abr [mm]	May [mm]	Jun [mm]	Jul [mm]	Ago [mm]	Sep [mm]	Oct [mm]	Nov [mm]	Dic [mm]	Ene [mm]	Feb [mm]	Mar [mm]
ZR-31	35.84	0.00	0.00	0.00	0.00	23.08	65.84	122.95	160.85	160.71	136.42	82.11
ZR-32	35.12	0.33	0.00	0.00	0.00	21.52	62.41	122.78	161.27	161.11	136.78	82.07
ZR-33	34.71	0.40	0.00	0.00	0.00	21.90	61.61	121.28	159.50	159.29	135.27	81.04
ZR-34	32.73	0.00	0.00	0.00	0.00	14.67	59.59	117.89	156.21	155.87	132.48	79.14
ZR-35	31.89	0.00	0.00	0.00	0.00	12.30	58.68	117.34	156.01	155.63	132.31	78.97
ZR-36	32.39	0.00	0.00	0.00	0.00	13.54	59.27	117.89	156.42	156.12	132.67	79.24
ZR-37	32.60	0.00	0.00	0.00	0.00	13.95	60.39	118.35	156.01	155.63	132.31	79.42
ZR-38	32.96	0.00	0.00	0.00	0.00	15.00	60.74	118.57	156.12	155.76	132.41	79.48
ZR-39	24.80	0.00	0.00	0.00	0.00	17.53	67.13	113.94	140.36	133.68	119.90	76.23
ZR-40	24.44	0.00	0.00	0.00	0.00	16.25	66.70	113.81	140.44	133.76	119.97	76.26
ZR-41	24.36	0.00	0.00	0.00	0.00	16.62	66.21	112.89	139.34	132.69	119.03	75.57
ZR-42	23.33	0.00	0.00	0.00	0.00	14.83	64.10	109.59	135.30	128.86	115.58	73.55
ZR-43	24.68	0.00	0.00	0.00	0.00	15.90	67.31	118.44	144.26	137.56	123.35	78.32
ZR-44	34.30	0.00	0.00	0.00	0.00	16.72	62.58	124.56	161.52	161.25	136.99	82.27
ZR-45	33.85	0.00	0.00	0.00	0.00	16.12	61.82	123.50	160.34	160.11	135.99	81.56
ZR-46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 5 - 14. Necesidades Netas Mensuales de Zonas Cultivadas (1982 – 1997)

Zona de Riego	Abr [mm]	May [mm]	Jun [mm]	Jul [mm]	Ago [mm]	Sep [mm]	Oct [mm]	Nov [mm]	Dic [mm]	Ene [mm]	Feb [mm]	Mar [mm]
ZR-01	36.62	0.00	0.00	0.00	0.00	12.09	60.70	116.22	152.80	153.73	135.26	88.84
ZR-02	37.03	1.74	0.00	0.00	0.00	23.03	64.94	123.86	164.40	166.35	135.61	72.85
ZR-03	32.70	1.12	0.00	0.00	0.00	29.41	72.26	123.42	146.98	138.33	115.28	66.57
ZR-04	48.74	0.00	0.00	0.00	0.00	5.53	55.85	118.42	148.93	150.87	140.40	108.86
ZR-05	41.39	0.00	0.00	0.00	0.00	16.96	63.57	120.08	153.61	153.76	135.25	90.97
ZR-06	45.65	0.00	0.00	0.00	0.00	15.00	63.99	120.99	152.15	152.49	137.41	99.20
ZR-07	45.38	0.00	0.00	0.00	0.00	13.37	62.84	121.17	151.41	151.01	137.70	102.07
ZR-08	37.44	0.00	0.00	0.00	0.00	11.10	60.14	118.89	149.52	146.55	131.06	91.12
ZR-09	42.79	0.00	0.00	0.00	0.00	12.43	62.79	121.50	153.67	153.85	139.39	101.49
ZR-10	40.72	0.00	0.00	0.00	0.00	10.59	59.41	121.31	151.15	150.41	137.42	101.16
ZR-11	29.69	0.00	0.00	0.00	0.00	9.15	61.72	116.22	142.71	135.47	117.63	74.42
ZR-12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.49	90.45	114.61	76.19	22.60	15.81	2.30
ZR-13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22.09	88.79	113.92	79.09	27.57	19.66	3.51
ZR-14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.76	90.58	114.75	77.40	24.61	17.38	2.80
ZR-15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.04	91.12	114.96	76.22	22.64	15.84	2.32
ZR-16	29.69	0.00	0.00	0.00	0.00	9.20	61.76	116.25	142.70	135.43	117.61	74.40
ZR-17	32.16	0.00	0.00	0.00	0.00	15.00	69.90	122.47	146.75	138.81	120.50	78.06
ZR-18	32.39	0.00	0.00	0.00	0.00	14.52	70.98	124.23	148.76	140.74	122.15	79.29
ZR-19	32.39	0.00	0.00	0.00	0.00	14.52	70.98	124.23	148.76	140.74	122.15	79.29
ZR-20	34.37	0.00	0.00	0.00	0.00	12.61	65.81	119.77	146.55	141.27	124.67	84.29
ZR-21	42.07	0.00	0.00	0.00	0.00	11.64	59.62	121.88	152.08	151.83	138.68	102.33
ZR-22	43.64	0.00	0.00	0.00	0.00	12.19	58.59	121.97	151.84	151.59	138.47	102.59
ZR-23	58.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.78	46.75	123.76	167.46	177.16	165.85	131.55
ZR-24	62.03	0.00	0.00	0.00	0.00	6.40	49.32	125.15	168.07	177.77	166.45	132.49
ZR-25	24.61	0.18	0.00	0.00	0.00	22.64	64.24	117.29	158.78	158.43	126.32	58.70
ZR-26	41.18	0.82	0.00	0.00	0.00	28.45	70.14	123.92	154.38	152.58	130.51	82.28
ZR-27	39.08	0.58	0.00	0.00	0.00	21.49	58.77	124.50	169.95	174.27	144.63	82.44
ZR-28	40.65	0.30	0.00	0.00	0.00	24.56	64.22	125.65	170.68	174.92	145.25	82.94
ZR-29	42.75	0.47	0.00	0.00	0.00	22.93	65.98	126.10	169.67	174.04	146.78	87.90
ZR-30	46.06	0.07	0.00	0.00	0.00	21.68	68.22	124.87	165.11	169.94	148.53	98.10

Zona de Riego	Abr [mm]	May [mm]	Jun [mm]	Jul [mm]	Ago [mm]	Sep [mm]	Oct [mm]	Nov [mm]	Dic [mm]	Ene [mm]	Feb [mm]	Mar [mm]
ZR-31	43.25	0.00	0.00	0.00	0.00	22.63	67.02	123.31	164.15	168.71	146.12	94.01
ZR-32	32.68	0.14	0.00	0.00	0.00	24.22	65.16	121.64	164.38	166.39	132.84	65.21
ZR-33	40.71	0.61	0.00	0.00	0.00	26.22	69.39	122.71	152.96	151.11	129.31	81.47
ZR-34	36.76	0.00	0.00	0.00	0.00	19.25	69.33	119.37	144.49	139.07	119.98	76.86
ZR-35	41.26	0.00	0.00	0.00	0.00	14.56	64.83	119.96	149.24	147.30	131.26	91.66
ZR-36	46.69	0.00	0.00	0.00	0.00	14.76	65.30	119.99	154.23	157.61	142.37	102.55
ZR-37	40.79	0.00	0.00	0.00	0.00	16.77	67.03	121.04	147.62	144.18	127.84	88.79
ZR-38	26.47	0.00	0.00	0.00	0.00	18.12	66.06	117.06	149.85	145.45	118.06	60.30
ZR-39	36.90	0.00	0.00	0.00	0.00	21.37	71.80	120.53	137.98	128.73	114.96	79.30
ZR-40	37.00	0.00	0.00	0.00	0.00	19.91	71.90	120.62	137.44	127.96	114.85	80.46
ZR-41	36.88	0.00	0.00	0.00	0.00	20.36	71.35	119.65	136.36	126.94	113.95	79.73
ZR-42	34.48	0.00	0.00	0.00	0.00	18.48	69.77	116.12	130.91	120.67	108.26	75.81
ZR-43	27.36	0.00	0.00	0.00	0.00	16.56	66.23	120.48	146.95	140.50	123.08	75.33
ZR-44	31.96	0.00	0.00	0.00	0.00	19.90	73.16	121.89	148.58	144.39	125.78	79.21
ZR-45	37.99	0.00	0.00	0.00	0.00	21.98	74.96	125.23	141.62	132.64	117.63	81.34
ZR-46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 5 - 15. Necesidades Netas Mensuales de Zonas Cultivadas (1997 – 2004)

Zona de Riego	Abr [mm]	May [mm]	Jun [mm]	Jul [mm]	Ago [mm]	Sep [mm]	Oct [mm]	Nov [mm]	Dic [mm]	Ene [mm]	Feb [mm]	Mar [mm]
ZR-01	36.62	0.00	0.00	0.00	0.00	12.09	60.70	116.22	152.80	153.73	135.26	88.84
ZR-02	37.03	1.74	0.00	0.00	0.00	23.03	64.94	123.86	164.40	166.35	135.61	72.85
ZR-03	32.70	1.12	0.00	0.00	0.00	29.41	72.26	123.42	146.98	138.33	115.28	66.57
ZR-04	48.74	0.00	0.00	0.00	0.00	5.53	55.85	118.42	148.93	150.87	140.40	108.86
ZR-05	41.39	0.00	0.00	0.00	0.00	16.96	63.57	120.08	153.61	153.76	135.25	90.97
ZR-06	45.65	0.00	0.00	0.00	0.00	15.00	63.99	120.99	152.15	152.49	137.41	99.20
ZR-07	45.38	0.00	0.00	0.00	0.00	13.37	62.84	121.17	151.41	151.01	137.70	102.07
ZR-08	37.44	0.00	0.00	0.00	0.00	11.10	60.14	118.89	149.52	146.55	131.06	91.12
ZR-09	42.79	0.00	0.00	0.00	0.00	12.43	62.79	121.50	153.67	153.85	139.39	101.49
ZR-10	40.72	0.00	0.00	0.00	0.00	10.59	59.41	121.31	151.15	150.41	137.42	101.16
ZR-11	29.69	0.00	0.00	0.00	0.00	9.15	61.72	116.22	142.71	135.47	117.63	74.42
ZR-12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.49	90.45	114.61	76.19	22.60	15.81	2.30
ZR-13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22.09	88.79	113.92	79.09	27.57	19.66	3.51
ZR-14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.76	90.58	114.75	77.40	24.61	17.38	2.80
ZR-15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.04	91.12	114.96	76.22	22.64	15.84	2.32
ZR-16	29.69	0.00	0.00	0.00	0.00	9.20	61.76	116.25	142.70	135.43	117.61	74.40
ZR-17	32.16	0.00	0.00	0.00	0.00	15.00	69.90	122.47	146.75	138.81	120.50	78.06
ZR-18	32.39	0.00	0.00	0.00	0.00	14.52	70.98	124.23	148.76	140.74	122.15	79.29
ZR-19	32.39	0.00	0.00	0.00	0.00	14.52	70.98	124.23	148.76	140.74	122.15	79.29
ZR-20	34.37	0.00	0.00	0.00	0.00	12.61	65.81	119.77	146.55	141.27	124.67	84.29
ZR-21	42.07	0.00	0.00	0.00	0.00	11.64	59.62	121.88	152.08	151.83	138.68	102.33
ZR-22	43.64	0.00	0.00	0.00	0.00	12.19	58.59	121.97	151.84	151.59	138.47	102.59
ZR-23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ZR-24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ZR-25	24.61	0.18	0.00	0.00	0.00	22.64	64.24	117.29	158.78	158.43	126.32	58.70
ZR-26	41.18	0.82	0.00	0.00	0.00	28.45	70.14	123.92	154.38	152.58	130.51	82.28
ZR-27	39.08	0.58	0.00	0.00	0.00	21.49	58.77	124.50	169.95	174.27	144.63	82.44
ZR-28	40.65	0.30	0.00	0.00	0.00	24.56	64.22	125.65	170.68	174.92	145.25	82.94
ZR-29	42.75	0.47	0.00	0.00	0.00	22.93	65.98	126.10	169.67	174.04	146.78	87.90
ZR-30	46.06	0.07	0.00	0.00	0.00	21.68	68.22	124.87	165.11	169.94	148.53	98.10

Zona de Riego	Abr [mm]	May [mm]	Jun [mm]	Jul [mm]	Ago [mm]	Sep [mm]	Oct [mm]	Nov [mm]	Dic [mm]	Ene [mm]	Feb [mm]	Mar [mm]
ZR-31	43.25	0.00	0.00	0.00	0.00	22.63	67.02	123.31	164.15	168.71	146.12	94.01
ZR-32	32.68	0.14	0.00	0.00	0.00	24.22	65.16	121.64	164.38	166.39	132.84	65.21
ZR-33	40.71	0.61	0.00	0.00	0.00	26.22	69.39	122.71	152.96	151.11	129.31	81.47
ZR-34	36.76	0.00	0.00	0.00	0.00	19.25	69.33	119.37	144.49	139.07	119.98	76.86
ZR-35	41.26	0.00	0.00	0.00	0.00	14.56	64.83	119.96	149.24	147.30	131.26	91.66
ZR-36	46.69	0.00	0.00	0.00	0.00	14.76	65.30	119.99	154.23	157.61	142.37	102.55
ZR-37	40.79	0.00	0.00	0.00	0.00	16.77	67.03	121.04	147.62	144.18	127.84	88.79
ZR-38	26.47	0.00	0.00	0.00	0.00	18.12	66.06	117.06	149.85	145.45	118.06	60.30
ZR-39	36.90	0.00	0.00	0.00	0.00	21.37	71.80	120.53	137.98	128.73	114.96	79.30
ZR-40	37.00	0.00	0.00	0.00	0.00	19.91	71.90	120.62	137.44	127.96	114.85	80.46
ZR-41	36.88	0.00	0.00	0.00	0.00	20.36	71.35	119.65	136.36	126.94	113.95	79.73
ZR-42	34.48	0.00	0.00	0.00	0.00	18.48	69.77	116.12	130.91	120.67	108.26	75.81
ZR-43	27.36	0.00	0.00	0.00	0.00	16.56	66.23	120.48	146.95	140.50	123.08	75.33
ZR-44	31.96	0.00	0.00	0.00	0.00	19.90	73.16	121.89	148.58	144.39	125.78	79.21
ZR-45	37.99	0.00	0.00	0.00	0.00	21.98	74.96	125.23	141.62	132.64	117.63	81.34
ZR-46	32.69	0.58	0.00	0.00	0.00	24.17	65.07	121.23	163.76	165.73	132.34	64.95

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 5 - 16. Necesidades Netas Mensuales de Zonas No Cultivadas (1950 – 1982)

Zona de Riego	Abr [mm]	May [mm]	Jun [mm]	Jul [mm]	Ago [mm]	Sep [mm]	Oct [mm]	Nov [mm]	Dic [mm]	Ene [mm]	Feb [mm]	Mar [mm]
ZR-01	12.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.59	26.89	34.12	34.58	31.56	31.05
ZR-02	19.71	0.00	0.00	0.00	0.00	5.32	22.79	30.23	34.40	34.87	31.82	32.92
ZR-03	18.05	0.00	0.00	0.00	0.00	5.47	23.26	29.60	34.37	34.85	31.79	32.35
ZR-04	8.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.24	23.70	32.91	34.57	31.55	29.47
ZR-05	15.88	0.00	0.00	0.00	0.00	1.30	22.54	28.69	34.13	34.59	31.57	31.88
ZR-06	14.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.90	28.39	34.11	34.57	31.55	31.79
ZR-07	13.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.49	28.20	34.11	34.57	31.55	31.75
ZR-08	10.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	19.15	27.05	34.11	34.57	31.55	30.71
ZR-09	12.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.75	28.78	34.11	34.57	31.55	31.91
ZR-10	11.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.39	28.57	34.11	34.57	31.55	31.86
ZR-11	8.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.49	25.62	33.57	34.57	31.55	29.30
ZR-12	7.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.75	25.24	33.53	34.57	31.54	29.09
ZR-13	6.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.50	25.11	33.51	34.57	31.54	29.02
ZR-14	7.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.25	25.50	33.55	34.57	31.54	29.23
ZR-15	7.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.25	25.50	33.55	34.57	31.54	29.23
ZR-16	8.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.49	25.62	33.57	34.57	31.55	29.30
ZR-17	10.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.54	28.67	34.30	34.77	31.73	32.08
ZR-18	9.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.40	28.59	34.41	34.88	31.83	32.17
ZR-19	9.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.40	28.59	34.41	34.88	31.83	32.17
ZR-20	10.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.27	28.51	34.11	34.57	31.55	31.85
ZR-21	11.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.66	28.72	34.12	34.59	31.56	31.91
ZR-22	14.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22.75	29.02	34.11	34.57	31.55	32.47
ZR-23	11.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.50	26.50	34.08	34.54	31.52	30.00
ZR-24	14.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.83	27.41	34.11	34.57	31.55	30.46
ZR-25	17.51	0.00	0.00	0.00	0.00	4.34	22.87	29.41	34.28	34.75	31.70	32.22
ZR-26	18.01	0.00	0.00	0.00	0.00	5.76	23.22	29.59	34.36	34.84	31.79	32.33
ZR-27	19.67	0.00	0.00	0.00	0.00	5.80	22.74	30.21	34.39	34.86	31.81	32.91
ZR-28	21.89	0.00	0.00	0.00	0.00	8.88	27.68	30.68	34.42	34.89	31.84	32.96
ZR-29	21.96	0.00	0.00	0.00	0.00	8.33	27.75	30.72	34.44	34.91	31.87	32.99
ZR-30	21.28	0.00	0.00	0.00	0.00	7.17	27.45	30.55	34.40	34.88	31.82	32.93

Zona de Riego	Abr [mm]	May [mm]	Jun [mm]	Jul [mm]	Ago [mm]	Sep [mm]	Oct [mm]	Nov [mm]	Dic [mm]	Ene [mm]	Feb [mm]	Mar [mm]
ZR-31	19.51	0.00	0.00	0.00	0.00	5.02	26.83	30.15	34.36	34.83	31.78	32.86
ZR-32	17.69	0.00	0.00	0.00	0.00	4.52	23.06	29.53	34.38	34.85	31.80	32.34
ZR-33	17.91	0.00	0.00	0.00	0.00	5.11	23.11	29.51	34.29	34.76	31.72	32.25
ZR-34	15.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.49	22.32	28.59	34.12	34.58	31.56	31.85
ZR-35	13.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.49	28.20	34.11	34.57	31.55	31.75
ZR-36	14.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.93	28.41	34.13	34.60	31.57	31.82
ZR-37	15.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.20	29.21	34.11	34.57	31.55	32.48
ZR-38	15.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.86	23.51	29.35	34.12	34.58	31.55	32.49
ZR-39	16.76	0.00	0.00	0.00	0.00	2.20	23.93	29.54	34.17	34.63	31.60	32.57
ZR-40	15.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.49	23.48	29.35	34.17	34.64	31.61	32.56
ZR-41	16.31	0.00	0.00	0.00	0.00	1.43	23.65	29.41	34.11	34.57	31.55	32.49
ZR-42	15.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22.92	28.98	33.88	34.34	31.33	32.23
ZR-43	13.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.87	30.70	34.38	34.85	31.81	32.04
ZR-44	15.38	0.00	0.00	0.00	0.00	1.10	22.69	30.85	34.39	34.86	31.81	32.14
ZR-45	15.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.88	22.56	30.78	34.33	34.80	31.76	32.06
ZR-46	18.02	0.00	0.00	0.00	0.00	4.97	23.23	29.58	34.35	34.82	31.77	32.32

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 5 - 17. Necesidades Netas Mensuales de Zonas No Cultivadas (1982 – 1997)

Zona de Riego	Abr [mm]	May [mm]	Jun [mm]	Jul [mm]	Ago [mm]	Sep [mm]	Oct [mm]	Nov [mm]	Dic [mm]	Ene [mm]	Feb [mm]	Mar [mm]
ZR-01	12.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.59	26.89	34.12	34.58	31.56	31.05
ZR-02	19.71	0.00	0.00	0.00	0.00	5.32	22.79	30.23	34.40	34.87	31.82	32.92
ZR-03	18.05	0.00	0.00	0.00	0.00	5.47	23.26	29.60	34.37	34.85	31.79	32.35
ZR-04	8.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.24	23.70	32.91	34.57	31.55	29.47
ZR-05	15.88	0.00	0.00	0.00	0.00	1.30	22.54	28.69	34.13	34.59	31.57	31.88
ZR-06	14.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.90	28.39	34.11	34.57	31.55	31.79
ZR-07	13.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.49	28.20	34.11	34.57	31.55	31.75
ZR-08	10.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	19.15	27.05	34.11	34.57	31.55	30.71
ZR-09	12.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.75	28.78	34.11	34.57	31.55	31.91
ZR-10	11.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.39	28.57	34.11	34.57	31.55	31.86
ZR-11	8.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.49	25.62	33.57	34.57	31.55	29.30
ZR-12	7.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.75	25.24	33.53	34.57	31.54	29.09
ZR-13	6.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.50	25.11	33.51	34.57	31.54	29.02
ZR-14	7.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.25	25.50	33.55	34.57	31.54	29.23
ZR-15	7.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.25	25.50	33.55	34.57	31.54	29.23
ZR-16	8.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.49	25.62	33.57	34.57	31.55	29.30
ZR-17	10.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.54	28.67	34.30	34.77	31.73	32.08
ZR-18	9.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.40	28.59	34.41	34.88	31.83	32.17
ZR-19	9.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.40	28.59	34.41	34.88	31.83	32.17
ZR-20	10.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.27	28.51	34.11	34.57	31.55	31.85
ZR-21	11.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.66	28.72	34.12	34.59	31.56	31.91
ZR-22	14.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22.75	29.02	34.11	34.57	31.55	32.47
ZR-23	11.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.50	26.50	34.08	34.54	31.52	30.00
ZR-24	14.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.83	27.41	34.11	34.57	31.55	30.46
ZR-25	17.51	0.00	0.00	0.00	0.00	4.34	22.87	29.41	34.28	34.75	31.70	32.22
ZR-26	18.01	0.00	0.00	0.00	0.00	5.76	23.22	29.59	34.36	34.84	31.79	32.33
ZR-27	19.67	0.00	0.00	0.00	0.00	5.80	22.74	30.21	34.39	34.86	31.81	32.91
ZR-28	21.89	0.00	0.00	0.00	0.00	8.88	27.68	30.68	34.42	34.89	31.84	32.96
ZR-29	21.96	0.00	0.00	0.00	0.00	8.33	27.75	30.72	34.44	34.91	31.87	32.99
ZR-30	21.28	0.00	0.00	0.00	0.00	7.17	27.45	30.55	34.40	34.88	31.82	32.93

Zona de Riego	Abr [mm]	May [mm]	Jun [mm]	Jul [mm]	Ago [mm]	Sep [mm]	Oct [mm]	Nov [mm]	Dic [mm]	Ene [mm]	Feb [mm]	Mar [mm]
ZR-31	19.51	0.00	0.00	0.00	0.00	5.02	26.83	30.15	34.36	34.83	31.78	32.86
ZR-32	17.69	0.00	0.00	0.00	0.00	4.52	23.06	29.53	34.38	34.85	31.80	32.34
ZR-33	17.91	0.00	0.00	0.00	0.00	5.11	23.11	29.51	34.29	34.76	31.72	32.25
ZR-34	15.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.49	22.32	28.59	34.12	34.58	31.56	31.85
ZR-35	13.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.49	28.20	34.11	34.57	31.55	31.75
ZR-36	14.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.93	28.41	34.13	34.60	31.57	31.82
ZR-37	15.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.20	29.21	34.11	34.57	31.55	32.48
ZR-38	15.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.86	23.51	29.35	34.12	34.58	31.55	32.49
ZR-39	16.76	0.00	0.00	0.00	0.00	2.20	23.93	29.54	34.17	34.63	31.60	32.57
ZR-40	15.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.49	23.48	29.35	34.17	34.64	31.61	32.56
ZR-41	16.31	0.00	0.00	0.00	0.00	1.43	23.65	29.41	34.11	34.57	31.55	32.49
ZR-42	15.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22.92	28.98	33.88	34.34	31.33	32.23
ZR-43	13.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.87	30.70	34.38	34.85	31.81	32.04
ZR-44	15.38	0.00	0.00	0.00	0.00	1.10	22.69	30.85	34.39	34.86	31.81	32.14
ZR-45	15.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.88	22.56	30.78	34.33	34.80	31.76	32.06
ZR-46	18.02	0.00	0.00	0.00	0.00	4.97	23.23	29.58	34.35	34.82	31.77	32.32

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 5 - 18. Necesidades Netas Mensuales de Zonas No Cultivadas (1997 – 2004)

Zona de Riego	Abr [mm]	May [mm]	Jun [mm]	Jul [mm]	Ago [mm]	Sep [mm]	Oct [mm]	Nov [mm]	Dic [mm]	Ene [mm]	Feb [mm]	Mar [mm]
ZR-01	12.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.59	26.89	34.12	34.58	31.56	31.05
ZR-02	19.71	0.00	0.00	0.00	0.00	5.32	22.79	30.23	34.40	34.87	31.82	32.92
ZR-03	18.05	0.00	0.00	0.00	0.00	5.47	23.26	29.60	34.37	34.85	31.79	32.35
ZR-04	8.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.24	23.70	32.91	34.57	31.55	29.47
ZR-05	15.88	0.00	0.00	0.00	0.00	1.30	22.54	28.69	34.13	34.59	31.57	31.88
ZR-06	14.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.90	28.39	34.11	34.57	31.55	31.79
ZR-07	13.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.49	28.20	34.11	34.57	31.55	31.75
ZR-08	10.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	19.15	27.05	34.11	34.57	31.55	30.71
ZR-09	12.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.75	28.78	34.11	34.57	31.55	31.91
ZR-10	11.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.39	28.57	34.11	34.57	31.55	31.86
ZR-11	8.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.49	25.62	33.57	34.57	31.55	29.30
ZR-12	7.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.75	25.24	33.53	34.57	31.54	29.09
ZR-13	6.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.50	25.11	33.51	34.57	31.54	29.02
ZR-14	7.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.25	25.50	33.55	34.57	31.54	29.23
ZR-15	7.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.25	25.50	33.55	34.57	31.54	29.23
ZR-16	8.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.49	25.62	33.57	34.57	31.55	29.30
ZR-17	10.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.54	28.67	34.30	34.77	31.73	32.08
ZR-18	9.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.40	28.59	34.41	34.88	31.83	32.17
ZR-19	9.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.40	28.59	34.41	34.88	31.83	32.17
ZR-20	10.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.27	28.51	34.11	34.57	31.55	31.85
ZR-21	11.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.66	28.72	34.12	34.59	31.56	31.91
ZR-22	14.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22.75	29.02	34.11	34.57	31.55	32.47
ZR-23	11.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.50	26.50	34.08	34.54	31.52	30.00
ZR-24	14.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.83	27.41	34.11	34.57	31.55	30.46
ZR-25	17.51	0.00	0.00	0.00	0.00	4.34	22.87	29.41	34.28	34.75	31.70	32.22
ZR-26	18.01	0.00	0.00	0.00	0.00	5.76	23.22	29.59	34.36	34.84	31.79	32.33
ZR-27	19.67	0.00	0.00	0.00	0.00	5.80	22.74	30.21	34.39	34.86	31.81	32.91
ZR-28	21.89	0.00	0.00	0.00	0.00	8.88	27.68	30.68	34.42	34.89	31.84	32.96
ZR-29	21.96	0.00	0.00	0.00	0.00	8.33	27.75	30.72	34.44	34.91	31.87	32.99
ZR-30	21.28	0.00	0.00	0.00	0.00	7.17	27.45	30.55	34.40	34.88	31.82	32.93

Zona de Riego	Abr [mm]	May [mm]	Jun [mm]	Jul [mm]	Ago [mm]	Sep [mm]	Oct [mm]	Nov [mm]	Dic [mm]	Ene [mm]	Feb [mm]	Mar [mm]
ZR-31	19.51	0.00	0.00	0.00	0.00	5.02	26.83	30.15	34.36	34.83	31.78	32.86
ZR-32	17.69	0.00	0.00	0.00	0.00	4.52	23.06	29.53	34.38	34.85	31.80	32.34
ZR-33	17.91	0.00	0.00	0.00	0.00	5.11	23.11	29.51	34.29	34.76	31.72	32.25
ZR-34	15.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.49	22.32	28.59	34.12	34.58	31.56	31.85
ZR-35	13.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.49	28.20	34.11	34.57	31.55	31.75
ZR-36	14.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.93	28.41	34.13	34.60	31.57	31.82
ZR-37	15.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.20	29.21	34.11	34.57	31.55	32.48
ZR-38	15.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.86	23.51	29.35	34.12	34.58	31.55	32.49
ZR-39	16.76	0.00	0.00	0.00	0.00	2.20	23.93	29.54	34.17	34.63	31.60	32.57
ZR-40	15.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.49	23.48	29.35	34.17	34.64	31.61	32.56
ZR-41	16.31	0.00	0.00	0.00	0.00	1.43	23.65	29.41	34.11	34.57	31.55	32.49
ZR-42	15.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	22.92	28.98	33.88	34.34	31.33	32.23
ZR-43	13.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.87	30.70	34.38	34.85	31.81	32.04
ZR-44	15.38	0.00	0.00	0.00	0.00	1.10	22.69	30.85	34.39	34.86	31.81	32.14
ZR-45	15.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.88	22.56	30.78	34.33	34.80	31.76	32.06
ZR-46	18.02	0.00	0.00	0.00	0.00	4.97	23.23	29.58	34.35	34.82	31.77	32.32

Fuente: Elaboración Propia

V.4.6 Sectores Urbanos

Las nuevas tablas asociadas a los Sectores Urbanos permiten definir el porcentaje de la precipitación sobre el sector que retorna al sistema superficial y el que ingresa al sistema subterráneo. Adicionalmente permite caracterizar las captaciones superficiales asociadas a dichos sectores urbanos, definiendo su retorno y su percolación hacia el acuífero.

La principal fuente utilizada en este tema es el estudio PD MAIPO, en el cual ya se había usado la versión de MAGIC que incluye los sectores urbanos.

V.4.6.1 Superficie de los Sectores

Al igual que en las zonas de riego, los sectores urbanos han sido definidos en base a imágenes satelitales utilizando GoogleEarth. Se consideraron los mismos sectores dentro del Gran Santiago considerados en el estudio PD MAIPO, al igual que la evolución de la superficie, la cual ha ido aumentando a través del tiempo. Esta subdivisión está basado en el abastecimiento de agua correspondiente a las distintas captaciones existentes. En la Figura 5-18 se observan los sectores urbanos considerados.

El Cuadro 5-19 muestra las comunas incluidas en cada sector urbano, mientras que el Cuadro 5-20 muestra la evolución de la superficie a través del tiempo.

Cuadro 5 - 19. Comunas

Sector Urbano	Comunas Asociadas
SU - 01	Santiago
	La Cisterna
	Lo Espejo
	La Granja
	San Ramón
	San Miguel
	Pedro A. Cerda
	San Joaquín
	Ñuñoa
	Macul
	Providencia
	La Reina
	La Florida
Peñalolén	
SU - 02	Vitacura
	Las Condes
	Lo Barnechea
SU - 03	Independencia
	Conchalí

Sector Urbano	Comunas Asociadas
	Recoleta
	Renca
	Quilicura
	Huechuraba
SU - 04	Quinta Normal
	Lo Prado
	Cerro Navia
	Pudahuel
SU - 05	Est. Central
	El Bosque
	Cerrillos
	La Pintana
	Puente Alto
	Maipú
	San Bernardo

Fuente: PD MAIPO

Cuadro 5 - 20. Superficie de Sectores Urbanos

AÑO	SUPERFICIE [Ha]					TOTAL
	SU-01	SU-02	SU-03	SU-04	SU-05	
1950	3551	608	1485	933	3351	9928
1951	3946	675	1650	1037	3946	11254
1952	4570	782	1912	1201	4570	13035
1953	4737	811	1981	1245	4737	13511
1954	5132	878	2147	1349	5132	14638
1955	5528	946	2312	1452	5528	15766
1956	5923	1014	2477	1556	5923	16893
1957	6319	1081	2643	1660	6319	18022
1958	6714	1149	2808	1764	6714	19149
1959	7110	1217	2974	1868	7110	20279
1960	7150	1312	2990	1879	7150	20481
1961	7824	1556	3272	2056	7824	22532
1962	8154	1800	3410	2142	8154	23660
1963	8483	2045	3548	2229	8483	24788
1964	8813	2289	3686	2316	8813	25917
1965	9143	2533	3824	2402	9143	27045
1966	9472	2777	3962	2489	9472	28172
1967	9802	3021	4099	2575	9802	29299
1968	10131	3266	4237	2662	10131	30427
1969	10461	3510	4375	2748	10461	31555
1970	10791	3754	4513	2835	10791	32684
1971	11155	3905	4665	2931	11155	33811
1972	11519	4056	4818	3027	11519	34939
1973	11883	4207	4970	3122	11883	36065
1974	12248	4358	5122	3218	12248	37194
1975	12612	4510	5275	3314	12612	38323
1976	12976	4661	5427	3409	12976	39449

AÑO	SUPERFICIE [Ha]					TOTAL
	SU-01	SU-02	SU-03	SU-04	SU-05	
1977	13341	4812	5580	3505	13341	40579
1978	13705	4963	5732	3601	13705	41706
1979	14069	5114	5884	3697	14069	42833
1980	14561	5265	6090	3826	14561	44303
1981	14833	5322	6204	3897	14833	45089
1982	15232	5379	6371	4002	15232	46216
1983	16803	5437	7027	4415	16803	50485
1984	18373	5494	7684	4827	18373	54751
1985	19863	5551	8307	5219	19863	58803
1986	20699	5824	8657	5438	20699	61317
1987	21545	6070	9011	5661	21545	63832
1988	22371	6370	9356	5878	22371	66346
1989	23207	6643	9706	6097	23207	68860
1990	24043	6916	10056	6317	24043	71375
1991	24879	7188	10405	6537	24879	73888
1992	25715	7461	10755	6756	25715	76402
1993	26551	7734	11105	6976	26551	78917
1994	27387	8007	11454	7199	27387	81434
1995	28223	8280	11804	7415	28223	83945
1996	23380	8414	12989	11777	28985	85545
1997	23553	8552	13128	11928	29385	86546
1998	23740	8702	13201	12086	29817	87546
1999	23928	8852	13274	12244	30249	88547
2000	24115	9002	13347	12401	30681	89546
2001	24312	9160	13424	12568	31082	90546
2002	24509	9318	13501	12734	31484	91546
2003	24706	9476	13578	12900	31886	92546
2004	24904	9633	13655	13066	32288	93546

Fuente: Estudio PD MAIPO

V.4.6.2 Percolación

Las percolaciones en las zonas urbanas se producen a causa de pérdidas de agua en la red de agua potable. El acuífero receptor de las percolaciones se definió mediante la utilización de ArcView 3.2, intersectando los sectores urbanos con los acuíferos y definiendo el porcentaje del agua perdida que va a cada uno.

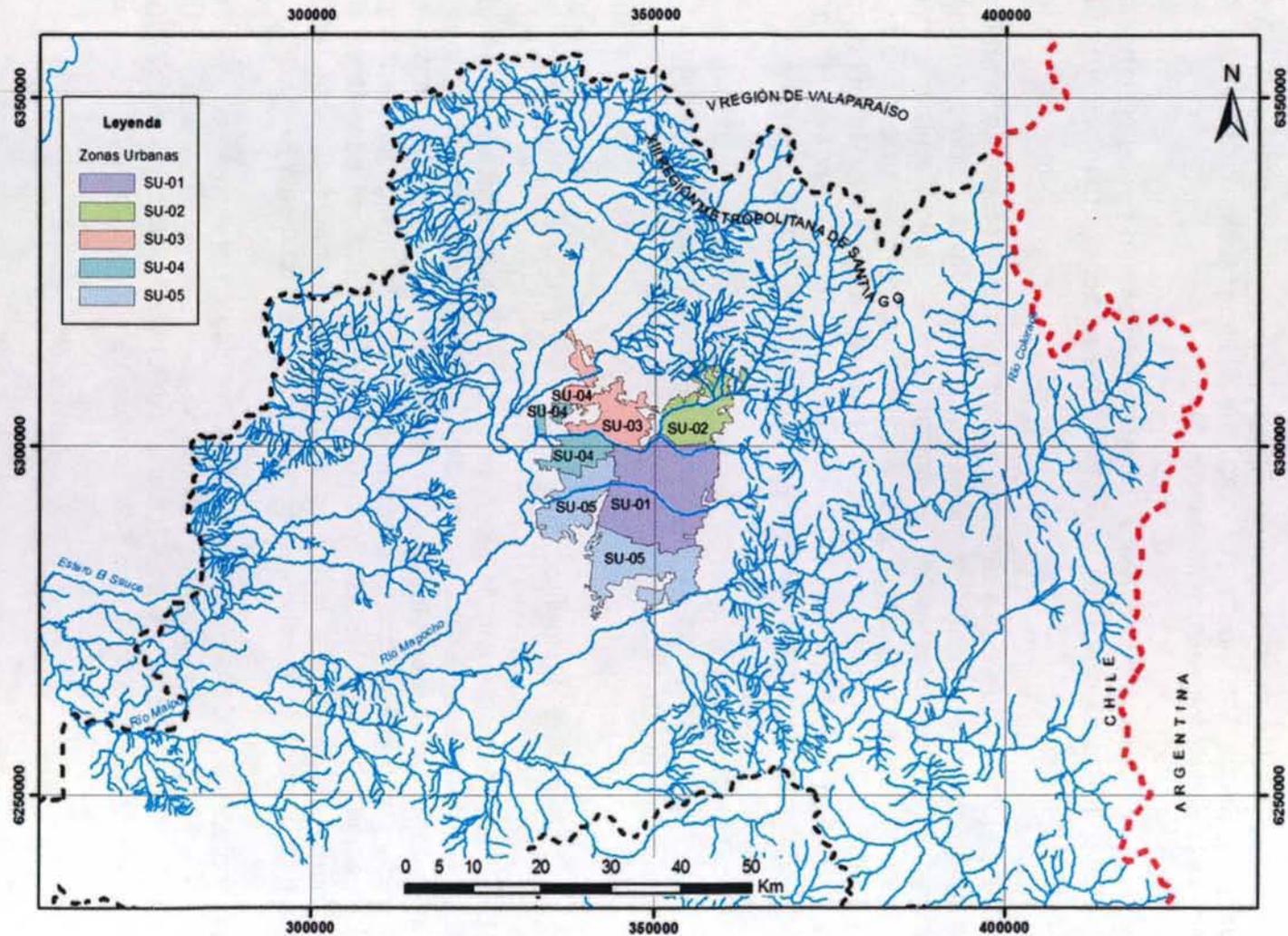
Por otro lado, el porcentaje de pérdidas se obtuvo en base al Cuadro 5-21, que corresponde a la Tabla 5.4.2 del estudio PD MAIPO, en la cual se muestra el porcentaje de pérdidas para cada empresa de agua potable.

Cuadro 5 - 21. Pérdidas en Sistema de Agua Potable

Empresas	Producción (Miles m ³)			Facturación (Miles m ³)			Pérdidas (%)		Pérdidas/red AP (m ³ /Km-Día)	
	2005	2004	Variación	2005	2004	Variación	2005	2004	2005	2004
Aguas Andinas	553.043	543.518	1,8%	395.699	393.222	0,6%	28,5%	27,7%	39,3	38,1
Aguas Cordillera	67.944	70.025	-3,0%	56.116	56.369	-0,4%	17,4%	19,5%	30,2	35,9
Aguas Manquehue	7.830	7.248	8,0%	7.180	6.470	11,0%	8,3%	10,7%	11,1	15,0
Aguas Los Dominicos	6.567	6.251	5,1%	4.075	4.127	-1,3%	37,9%	34,0%	84,2	73,0
SMAPA	79.732	77.148	3,3%	45.506	45.404	0,2%	42,9%	41,1%	67,5	83,6
Servicomunal	8.306	7.931	4,7%	5.253	5.201	1,0%	36,8%	34,4%	41,2	38,3
ESVAL	146.161	145.640	0,4%	87.881	86.731	1,3%	39,9%	40,4%	37,9	38,8
Coopagua	1.565	1.479	5,8%	1.417	1.440	-1,6%	9,5%	2,6%	6,6	1,7
ESSBIO	182.309	180.498	1,0%	118.077	115.407	2,3%	35,2%	36,1%	30,5	30,5

Fuente: PD MAIPO

Figura 5 - 18. Sectores Urbanos



Fuente: Elaboración Propia

V.4.6.3 Retornos

Los retornos de agua de los sectores urbanos se encuentran asociados al porcentaje del agua captada para abastecimiento de agua potable que es devuelto a los cursos superficiales.

Se consideró que las captaciones de Aguas Manquehue, Cordillera y Domínicos abastecen el Sector Urbano 2, mientras que las captaciones de Aguas Andinas abastecen el resto de los sectores urbanos.

Las aguas de los Sectores Urbanos 2 y 3 son retornadas a nodos pertenecientes al Río Mapocho, mientras que para el resto de los sectores urbanos, las aguas son retornadas al Zanjón de la Aguada.

Es importante aclarar que estos retornos se encuentran asociados a la situación sin plantas de tratamiento de aguas servidas, ya que el punto de retorno cambia desde el momento en que éstas entran en funcionamiento, es decir, al entrar en operación las Plantas de Tratamiento del Trebal y La Farfana, el punto de descarga en el Zanjón de la Aguada cambia a dos puntos de descarga en el Río Mapocho, mientras que al entrar en operación la Planta de Tratamiento Los Nogales, el punto de descarga en el Río Mapocho cambia a otro sector del mismo.

Los retornos fueron ingresados como descargas puntuales en el modelo, de manera tal de poder controlar el punto de devolución dependiendo en los momentos en que exista o no una planta de tratamiento de aguas servidas.

V.4.7 Centrales Hidroeléctricas

Este objeto de MAGIC permite la representación de las centrales hidroeléctricas de pasada existentes de la cuenca de estudio, las cuales demandan un cierto caudal mensual para la generación eléctrica que luego es restituido completamente en un determinado punto del cauce correspondiente. La información necesaria para su implementación, se refiere principalmente a las características específicas de cada central (nombre, capacidad, eficiencias, altura caída, potencia, turbinas, año inicio, etc.) y la distribución de los caudales demandados mensualmente.

Para la incorporación de las centrales hidroeléctricas en el modelo de la cuenca del Río Maipo, se empleó la información contenida en el *estudio PD MAIPO* y el *estudio MOS-MAIPO*. Las centrales hidroeléctricas existentes en la cuenca del Río Maipo son 12, cuyas principales características se observan en el Cuadro 5-22.

Cuadro 5 - 22. Centrales Hidroeléctricas

Nombre de la Central	Propietario	Año Puesta en Servicio	Altura de Caída (m)	Caudal de Diseño (m ³ /s)	Potencia Instalada (MW)	Caudal Medio Anual (m ³ /s)
Alfalfal	AES GENER	1991	720,5	30,0	160,0	16,1
Maitenes	AES GENER	1923-89	180,0	11,3	30,8	9,0
Queltehues	AES GENER	1928	213,0	28,1	41,1	21,5
Volcán	AES GENER	1944	181,0	9,1	13,0	8,0
Florida	Sociedad Canal del Maipo	1909	98,0	30,0	28,0	14,8
Puntilla	Sociedad Canal del Maipo	1997	92	18,0	14,7	13,0
Carbomet (Los Bajos y Caemsa)	Carbomet Energía S.A.- Hilados Cadena y Carozzi	1944 1962	63	14,3 c/u	10,9 en conjunto	12,3
Eyzaguirre	Sociedad Canal del Maipo	2003	21	10,0	1,8	-
Los Morros	Compañía Eléctrica Los Morros	s/i	14	17,0	1,35	11,3
Planchada	Minera Sur Andes Ltda. (ex Disputada Las Condes)	s/i	s/i	3,85 (*)	0,76	1,0
La Ermita	Minera Sur Andes Ltda. (ex Disputada Las Condes)	s/i	140		1,8	1,05
Carena	Colbún S.A.	1943	127	9,6	9,6	8,2

(*) Minera Sur Andes Ltda cuenta con un total de 3.85 m³/s para generación en el Río San Francisco, para ambas centrales (Planchada y La Ermita)

Fuente: PD MAIPO y MOS-MAIPO

La Central Hidroeléctrica Alfalfal se encuentra ubicada en el Río Colorado, aguas abajo de la junta de éste con el Río Olivares. Se abastece de dos fuentes, la primera ubicada en el río Colorado a unos 22 km aguas arriba de la central y la segunda ubicada en el río Olivares, a unos 12 km aguas arriba de la junta con el río Colorado.

La Central Maitenes se ubica en el Río Colorado, capta sus aguas inmediatamente aguas abajo de la descarga de la Central Alfalfal y la descarga aproximadamente a unos 8.5 km aguas abajo.

La Central Queltehues se encuentra ubicada en el Río Maipo, aguas arriba de la junta con el Río Volcán y capta sus aguas aproximadamente 13 km aguas arriba de este punto.

La Central Volcán se encuentra ubicada en el Río Volcán, aguas arriba de la junta con el Río Maipo y capta sus aguas aproximadamente 12.5 km aguas arriba de este punto.

La Central Florida se ubica aproximadamente en el límite entre las comunas de La Florida y Puente Alto y capta sus aguas del canal San Carlos a través del derivado La Florida para finalmente descargarlas de vuelta a su canal de origen.

La Central Puntilla se encuentra en la rivera sur del río Maipo, en la comuna de Pirque. Capta sus aguas del río Maipo a través del canal La Sirena y las devuelve al mismo para repartir a sus derivados.

Las Centrales Los Bajos y CAEMSA son dos centrales en serie que se ubican en la comuna de Puente Alto en el canal Carburera, el cual capta sus aguas del río Maipo y las entrega al canal Asociación Canales del Maipo.

La Central Eyzaguirre se ubica en la comuna de Puente Alto y capta sus aguas del canal San Carlos, para luego entregarlas al canal Eyzaguirre.

La Central Los Morros se ubica en la comuna de San Bernardo y utiliza aguas del canal Asociación Canales del Maipo para su caída, la que luego continua a través del mismo canal.

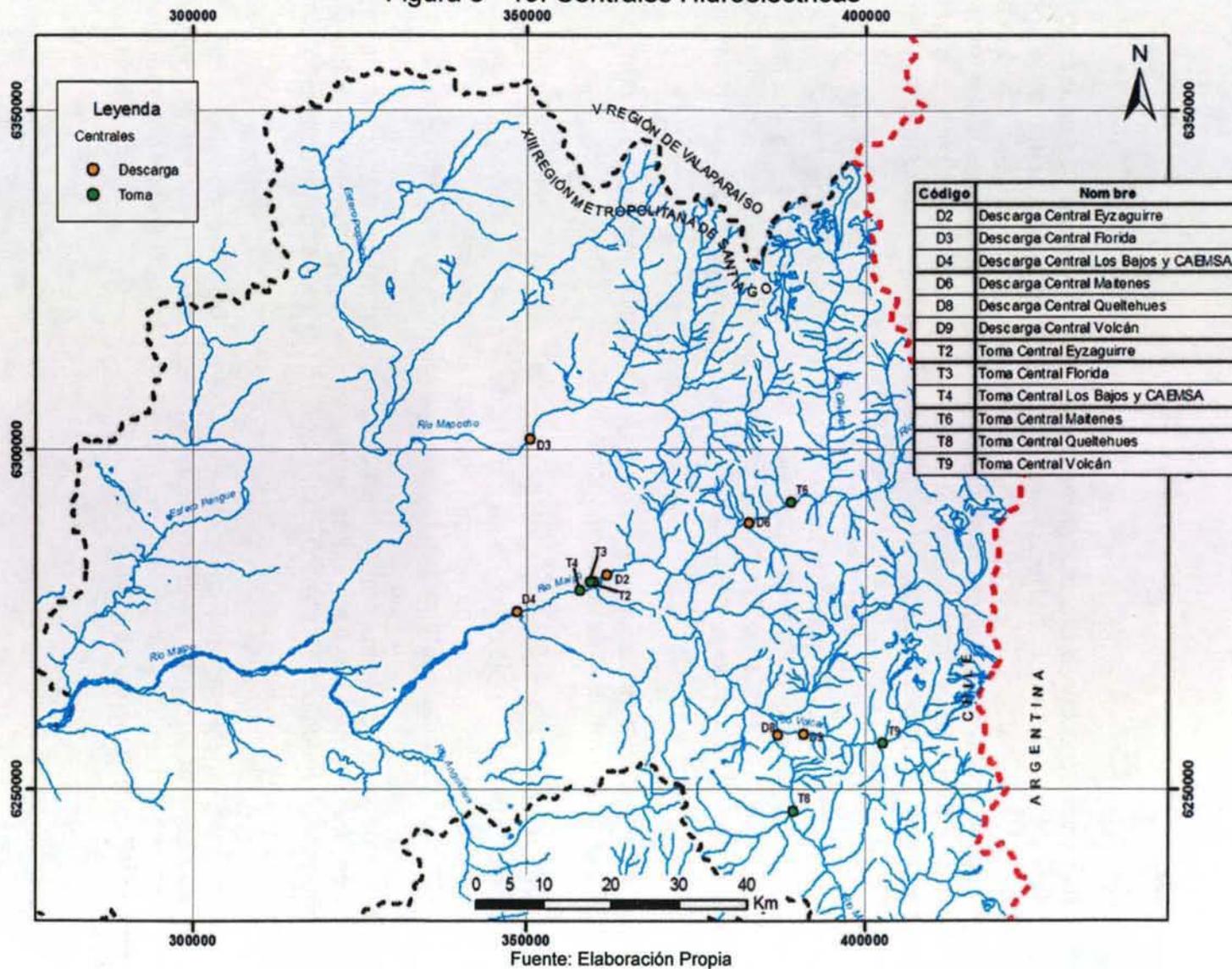
Las Centrales Planchada y La Ermita se encuentran ubicadas en el río San Francisco y no se dispone de mayor información acerca de sus captaciones.

La Central CARENA se ubica en la comuna de Curacaví y utiliza aguas captadas del río Mapocho a través del canal Las Mercedes, la cual luego de la caída continua su recorrido a través del mismo canal.

De las centrales mencionadas anteriormente, no son representadas en el modelo las centrales Alfalfal, Planchada y La Ermita, ya que tanto sus captaciones como descargas se ubican en los primeros tramos del cauce, por lo que se encuentran dentro de la misma cuenca aportante, ni tampoco las centrales CARENA, Los Morros y Puntilla, ya que devuelven sus aguas al mismo canal que la capta, siendo utilizadas más tarde en riego y no afectando en el balance. Las centrales representadas en el modelo se muestran en la Figura 5-19.

En el caso de la central Florida, se modificó su punto de descarga al mismo nodo en que descargan las aguas del Canal San Carlos en el Río Mapocho, mientras que para la central Eyzaguirre, se modificó el punto de descarga de sus aguas al mismo nodo en que capta sus aguas el canal Eyzaguirre. Estas modificaciones se realizaron para facilitar el funcionamiento del modelo en el caso de las centrales que descargan sus aguas en un canal, procurando que no afectaran en el balance del final.

Figura 5 - 19. Centrales Hidroeléctricas



En cuanto a la distribución mensual de caudales, esta se obtuvo para las centrales Maitenes, Quelltehues, Volcán y La Florida a partir de la estadística de potencia generada disponible en el "Anuario CDEC SIC Estadísticas de Operación 1995-2006", mediante un factor obtenido a partir del caudal de diseño y potencia máxima de la central. Para el resto de las central se utilizó el caudal de diseño como valor constante para todo el período.

V.4.8 Embalses

Este objeto posibilita la representación de una obra de regulación de caudal ubicada en cualquier lugar de la cuenca de estudio, que recibe agua de acuerdo a los aportes definidos en la topología y entrega agua de acuerdo a cierta regla de operación característica. Las entradas al embalse corresponden a los caudales afluentes desde cuencas (de cabecera o intermedias) y desde canales alimentadores. Las salidas pueden ser las entregas para riego y/o generación eléctrica (para energía con o sin generación), rebases, evaporación e infiltración.

La información necesaria para la incorporación de estos elementos se asocia a características generales (inicio operación, volúmenes, cotas, etc.), reglas de operación (curva de alerta), caudales de demandas, caudales de filtraciones, caudales de entregas, volumen embalsado, caudal de rebases, curvas de embalse y tasa de evaporación.

En cuanto a las Curvas asociadas al Embalse, MAGIC requiere de 4 curvas para caracterizar cada embalse. Estas corresponden a:

- Volumen almacenado en función de la cota
- Superficie del espejo de agua en función de la cota
- Caudal de filtración en función del volumen embalsado
- Caudal máximo de entrega en función del volumen embalsado

En la cuenca del Río Maipo hay tres embalses de importancia y dos lagunas, los cuales se mencionan en los puntos siguientes, y cuya fuente de información corresponde al *estudio PD MAIPO*. La Figura 5-20 muestra la ubicación de los embalses y lagunas.

Es importante mencionar que para los embalses y lagunas modelados se utilizó como tasa de evaporación los mismos valores mostrados en el estudio *MOS MAIPO*, asignándole a la Laguna Negra y Lo Encañado los mismos valores correspondientes al Embalse, dada la cercanía entre ellos.

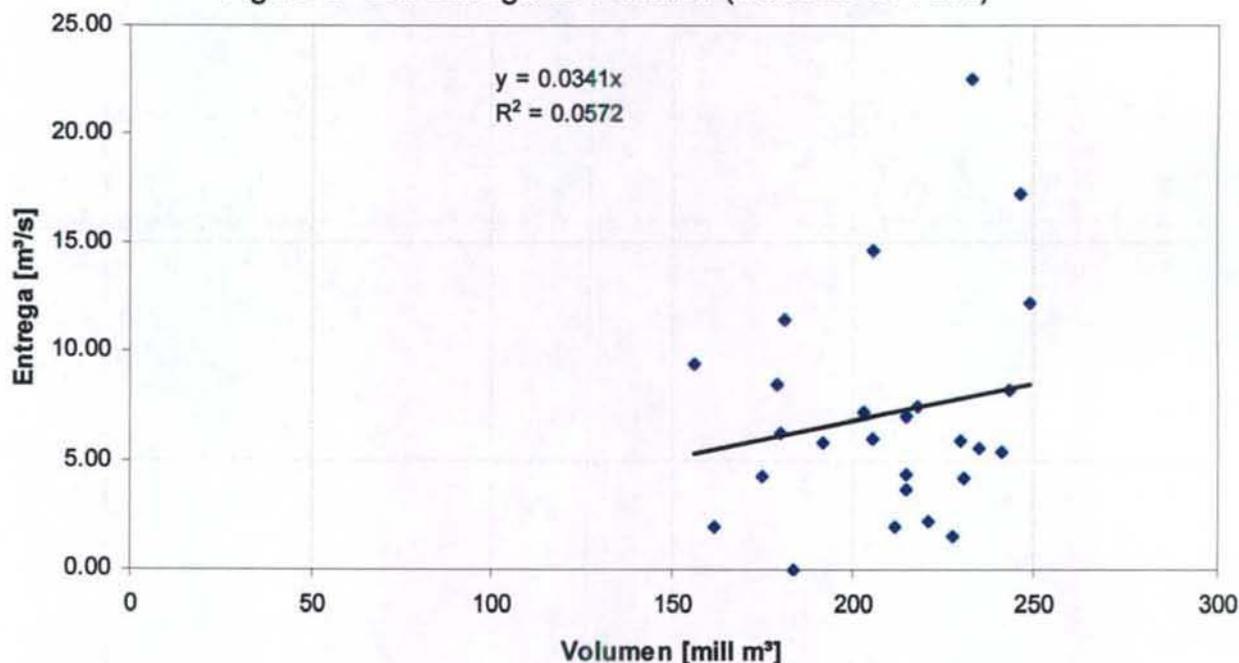
V.4.8.1 Embalse El Yeso

El embalse El Yeso fue construido entre los años 1953 y 1967 por la Dirección de Riego, a unos 100 km al suroeste de Santiago en el valle del río Yeso. Su principal función es asegurar el abastecimiento de agua potable del Gran Santiago y dar mayor seguridad de riego. Actualmente es de propiedad de Aguas Andinas.

Las características básicas del embalse fueron obtenidas a partir de la información de la base de datos para MAGIC desarrollada en el estudio PD MAIPO, a excepción de la curva de Entrega vs Volumen, la cual fue obtenida en base a información de caudales de entrega proporcionados por Aguas Andinas y volúmenes obtenidos de los informes "Información Pluviométrica, Fluviométrica, Estado de Embalses y Aguas Subterráneas" desarrollados por DGA.

En la Figura 5-21 se observa la curva Entrega vs Volumen adoptada.

Figura 5 - 21. Entrega vs Volumen (Embalse El Yeso)



Fuente: Aguas Andinas

V.4.8.2 Embalse Rungue

El embalse Rungue fue construido entre los años 1958 y 1964, y se encuentra ubicado en el estero del mismo nombre en el extremo norte de la cuenca del río Maipo, en la comuna de Til-Til. La principal función de este embalse es abastecer las zonas de riego adyacentes al pueblo de Til-Til.

Las características básicas del embalse fueron obtenidas a partir de la información de la base de datos para MAGIC desarrollada en el estudio PD MAIPO, a excepción

de la curva de Entrega vs Volumen, ya que correspondía a un valor igual a 30 m³/s. Dada la imposibilidad de construir la curva con información real, se adoptó el criterio de considerar el volumen máximo del embalse igual al volumen muerto, de tal manera que toda el agua afluente sea entrega en forma de rebalses.

V.4.8.3 Embalse Huechún

El embalse Huechún se encuentra ubicado en el estero Chacabuco, en la comuna de Til-Til y se encuentra en funcionamiento desde el año 1932. Su principal función es abastecer a los usuarios del canal Chacabuco-Polpaico.

Las características básicas del embalse fueron obtenidas a partir de la información de la base de datos para MAGIC desarrollada en el estudio PD MAIPO y en relación a la curva de Entrega vs. Volumen, se adoptó el mismo criterio utilizado para el embalse Rungue.

V.4.8.4 Laguna Negra

La Laguna Negra es una reserva de agua natural que se encuentra al poniente del embalse El Yeso y cuyas aguas (filtraciones) desembocan a través de un estero hacia el río Yeso. La principal utilización de sus aguas consiste en abastecer de agua potable al Gran Santiago a través de un acueducto que lleva esas aguas hacia el complejo Vizcachas.

Se dispone de muy poca información acerca de la Laguna Negra, pero dada su condición de laguna natural, sus niveles de agua son relativamente constantes a través del tiempo, por lo que sus curvas de Superficie vs. Volumen y Cota vs. Volumen se suponen simplemente con un valor constante. En relación con la entrega, se considerará que todo lo que entra a la laguna sale, es decir, que no se acumula agua, ya que ésta se encontraría llena la mayor parte del tiempo.

En cuanto a la evaporación desde la superficie de agua, se utilizó la misma asignada al embalse El Yeso, dada su cercanía.

V.4.8.5 Laguna de Aculeo

La Laguna de Aculeo es una reserva de agua natural ubicada en la comuna de Paine, al sur de Santiago y cuyas aguas desembocan en el estero Peralillo a través del estero Pintué. La principal utilización de sus aguas es el riego de la zona y el turismo.

Las curvas asociadas a la Laguna de Aculeo disponibles en el estudio PD MAIPO no fueron utilizadas, ya que se encontró un error en su Volumen máximo. Se utilizó información procedente del estudio "Operación parcial de la red nacional mínima de

control de lagos: Estudio limnológico de la Laguna de Aculeo. Región Metropolitana" (DGA. 1987) para corregir las curvas de Superficie vs. Volumen y Cota vs. Volumen, las cuales se muestran en las Figuras 5-22 y 5-23.

Figura 5 - 22. Superficie vs. Volumen (Laguna de Aculeo)

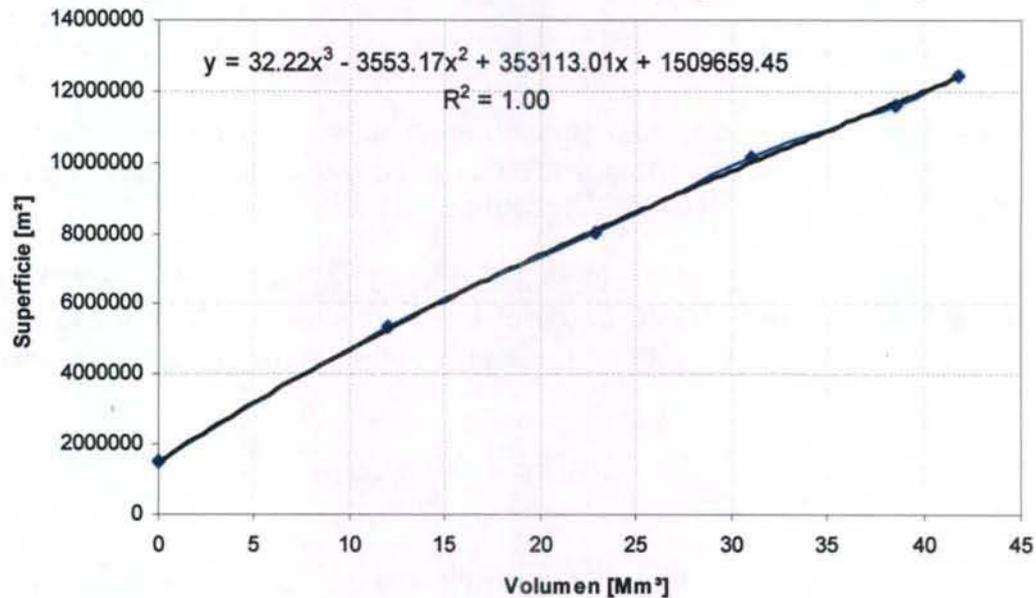
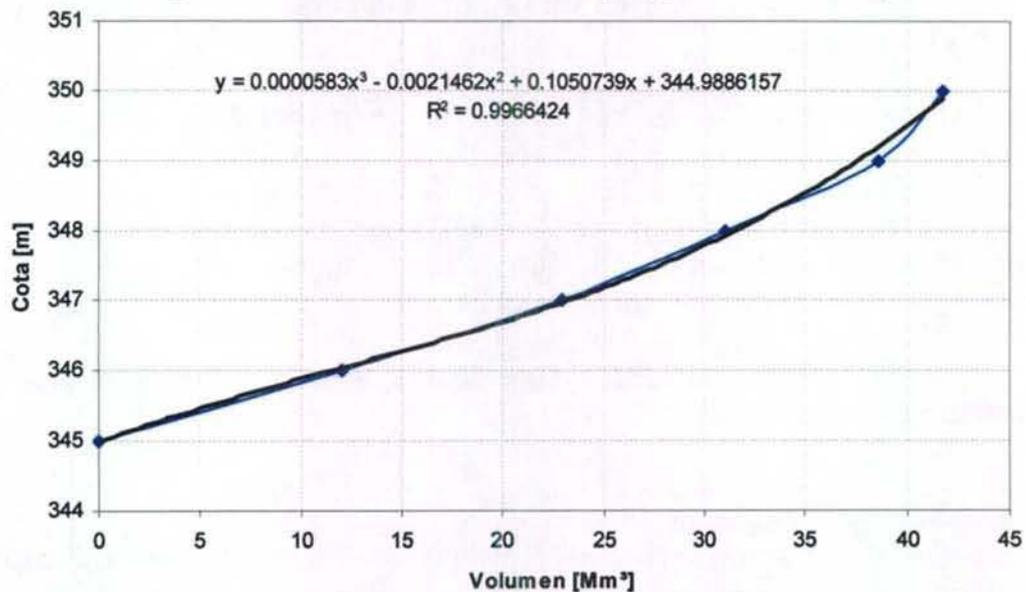


Figura 5 - 23. Cota vs. Volumen (Laguna de Aculeo)



En relación con la Entrega, se considerará que todo lo que entra a la laguna sale, es decir, que no se acumula agua, ya que ésta se encuentra llena.

V.4.9 Cuencas No Controladas

En esta área temática es posible identificar dos tipos de cuencas que MAGIC incorpora como objetos, las que corresponden al aporte directo y las cuencas laterales. El primero representa el aporte de caudal de una cuenca de cabecera del sistema en estudio hacia su punto de salida. Este caudal puede ser originado mediante datos observados en alguna estación fluviométrica, o bien, mediante generación sintética de caudales a través de algún modelo apropiado al tipo de cuenca (pluvial, nival o pluvio-nival). Las cuencas laterales en tanto, representan el aporte de caudal de una o más subcuencas ubicadas dentro de la cuenca descontando el área correspondiente de la zona de riego que pudiese existir en el sector. Este caudal normalmente se obtiene a través de algún modelo sintético pluvial, y en casos excepcionales se obtiene a través de alguna estación fluviométrica. Para ambos casos, la información requerida para la implementación de MAGIC básicamente consiste en la definición de las cuencas y la serie de caudales mensuales en todo el período que será modelado.

Se dispone de dos fuentes de información en las cuales se analizó el tema de las cuencas no controladas: el estudio MOS-MAIPO y el estudio PD MAIPO. En ambos estudios las cuencas consideradas son las mismas y corresponden a 20 Aportes Naturales y 45 Cuencas Laterales.

Las estadísticas asociadas a cada cuenca fueron generadas por los estudios antes mencionadas, mediante tres metodologías. La primera mediante estadísticas observadas en los puntos de salida de la cuenca, que corresponden a los siguientes casos:

AN-01:	Afluentes al Embalse El Yeso
AN-04:	Río Mapocho en Los Almendros
AN-05:	Estero Arrayán en La Montosa
AN-06:	Canal Colina en Compuerta Vargas
AN-10:	Canal Lucano y Rafaelino
AN-11:	Canal Chacabuco-Polpaico

La segunda mediante un modelo MPL para las cuencas exclusivamente pluviales y la tercera mediante un modelo pluvio-nival, para aquellas cuencas que poseen régimen mixto, mediante un método de transposición que considera área, precipitación y altura media de la cuenca.

Para efectos de poblar MAGIC, se han utilizado las estadísticas disponibles en el estudio PD MAIPO debido a que poseen una mayor extensión (1950 – 2005). Estas estadísticas fueron modificadas (en algunos casos) debido a la corrección de las zonas de riego. Esta modificación se realizó de manera proporcional a la superficie.

Es importante mencionar un error que se encontró en la generación de caudales realizada en el estudio PD MAIPO, y es que en el caso de las cuencas laterales, no



se descontó la superficie urbana para la generación. Este error tiene como consecuencia un caudal mucho más grande en el caso de las cuencas cercanas al Gran Santiago, ya que estas han visto disminuidas sus superficies debido a la expansión urbana. El caso más claro corresponde a la cuenca lateral CL-01, en que para el caso de la generación de escorrentía en el estudio MOS MAIPO se utilizó una superficie de 178.9 km², mientras que en el estudio PD MAIPO se utilizó una superficie de 574.9 km², lo que provocó las diferencias que se observan en el Cuadro 5-23.

Cuadro 5 - 23. Comparación estadística CL-01

Estudio MOS MAIPO (m ³ /s)													
Año	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar	prom
1990 -91	0.005	0.028	0.007	0.325	0.304	0.101	0.068	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.070
1991 -92	0.008	0.312	0.487	0.527	0.483	0.440	0.156	0.044	0.144	0.009	0.006	0.059	0.223
1992 -93	0.178	0.556	1.291	1.466	1.063	0.673	0.265	0.154	0.055	0.025	0.011	0.005	0.479
1993 -94	0.442	0.348	0.150	0.226	0.133	0.031	0.033	0.010	0.001	0.000	0.000	0.000	0.115
1994 -95	0.083	0.192	0.192	0.357	0.071	0.076	0.015	0.000	0.032	0.003	0.000	0.000	0.085
1995 -96	0.081	0.037	0.204	0.237	0.157	0.085	0.003	0.000	0.000	0.008	0.000	0.000	0.068
1996 -97	0.233	0.064	0.137	0.109	0.129	0.010	0.016	0.000	0.004	0.000	0.000	0.058	0.063
1997 -98	0.002	0.545	3.670	2.596	2.670	2.371	1.427	0.546	0.249	0.109	0.068	0.023	1.190

Estudio PD MAIPO (m ³ /s)													
Año	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar	prom
1990 -91	0.023	0.131	0.033	1.539	1.440	0.479	0.322	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.331
1991 -92	0.039	1.479	2.307	1.940	0.066	1.076	0.281	0.000	0.590	0.000	0.010	0.270	0.671
1992 -93	0.840	2.633	3.548	2.009	2.341	1.732	0.594	0.430	0.123	0.056	0.025	0.011	1.195
1993 -94	2.089	1.645	0.712	1.070	0.629	0.146	0.156	0.047	0.004	0.000	0.000	0.000	0.541
1994 -95	0.395	0.912	0.912	1.694	0.338	0.361	0.072	0.000	0.152	0.012	0.000	0.000	0.404
1995 -96	0.383	0.176	0.967	1.123	0.746	0.402	0.012	0.002	0.000	0.037	0.000	0.000	0.321
1996 -97	1.106	0.301	0.649	0.516	0.611	0.045	0.076	0.000	0.018	0.000	0.000	0.277	0.300
1997 -98	0.010	2.583	13.631	9.809	11.488	10.823	6.440	2.438	1.113	0.488	0.309	0.101	4.936

Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en este ejemplo, la diferencia entre las estadísticas es notoria, siendo en el caso del estudio PD MAIPO mucho mayor. Sin embargo, se utilizaron las estadísticas del estudio PD MAIPO, ya que a pesar del error mencionado, su corrección es sencilla realizando las respectivas modificaciones en la superficie de cada cuenca y por lo tanto en las estadísticas de caudales correspondiente, lo que finalmente permitió utilizar una estadística completa hasta el año 2005.

Para lograr un mejor funcionamiento del modelo MAGIC, fue necesario subdividir algunas de las cuencas, ya sea debido a su gran tamaño o a la inclusión de nuevos nodos, los cuales modifican el punto de ingreso del caudal al sistema. Los caudales asociados a cada cuenca luego de realizar la subdivisión se calcularon en forma proporcional a la superficie de cada una de ellas. En el Cuadro 5-24 y 5-25 se indica la superficie de cada uno de los Aportes Naturales y Cuencas Laterales, refiriéndose con una letra "a" y "b" a aquellas que han sido subdivididas.

Cuadro 5 - 24. Aporte Natural

CÓDIGO	SUPERFICIE [km ²]
AN-01	351.01
AN-02	186.54
AN-03	822.64
AN-04	652.13
AN-05	184.34
AN-06	230.48
AN-07	14.10
AN-08	56.47
AN-09	140.6
AN-10	89.56
AN-11	22.09
AN-12	40.72
AN-13	37.04
AN-14	1373.25
AN-15	132.63
AN-16	381.18
AN-17a	98.34
AN-17b	260.48
AN-18	1556.58
AN-19	257.41
AN-20	220.83

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 5 - 25. Cuencas Laterales

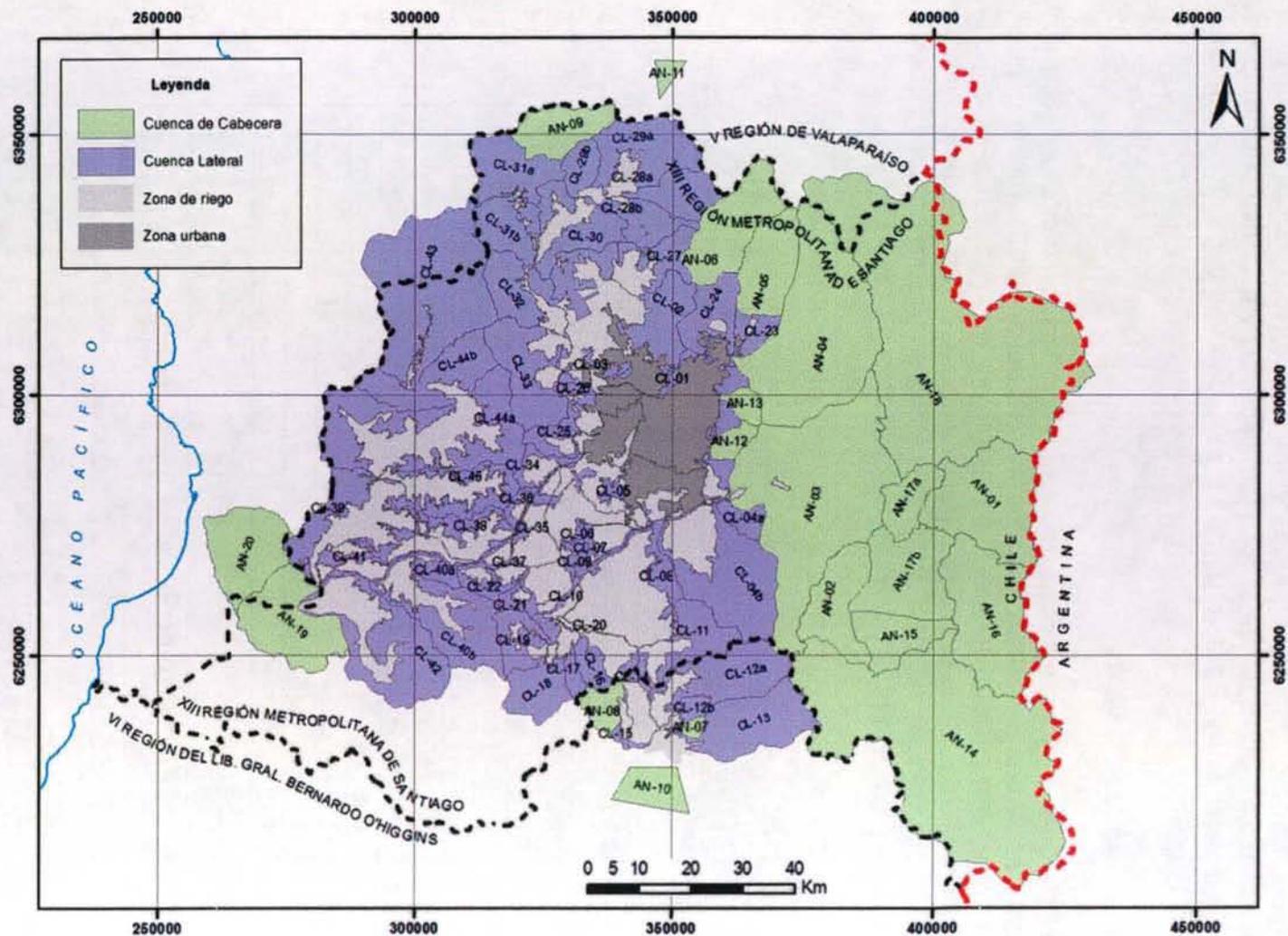
CÓDIGO	SUPERFICIE [km ²]
CL-01	100.05
CL-02	233.32
CL-03	23.86
CL-04a	41.37
CL-04b	285.49
CL-05	24.39
CL-06	12.60
CL-07	23.53
CL-08	68.52
CL-09	21.42
CL-10	8.49
CL-11	124.39
CL-12a	185.45
CL-12b	25.74
CL-13	223.50
CL-14	14.18
CL-15	6.83
CL-16	54.94
CL-17	40.89

CÓDIGO	SUPERFICIE [km ²]
CL-18	109.65
CL-19	76.54
CL-20	0.12
CL-21	27.08
CL-22	40.41
CL-23	45.78
CL-24	113.89
CL-25	50.9
CL-26	6.22
CL-27	75.81
CL-28a	103.5
CL-28b	85.12
CL-29a	182.86
CL-29b	58.76
CL-30	132.87
CL-31a	160.8
CL-31b	121.22
CL-32	127.28
CL-33	187.01
CL-34	24.49
CL-35	18.12
CL-36	16.8
CL-37	7.03
CL-38	47.67
CL-39	159.23
CL-40a	41.17
CL-40b	199.12
CL-41	31.72
CL-42	256.8
CL-43	571.16
CL-44a	334.58
CL-44b	185.39
CL-45	105.47

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 5-24 se muestran las diferentes subcuencas del Maipo, diferenciándose cada una de ellas entre Aporte Natural (Cuenca de Cabecera) y Cuenca Lateral. Las estadísticas asociadas a cada una de las cuencas se muestra en los Anexos 5.6 y 5.7.

Figura 5 - 24. Cuencas Río Maipo



Fuente: Elaboración Propia

V.4.10 Descargas Puntuales

Este objeto permite la representación de una o varias descargas de caudales en cualquier punto del sistema, lo que se traduce en un aporte mensual de caudal en dicho punto. La información requerida para la implementación de las descargas puntuales se refiere principalmente a su identificación y a la distribución de caudales mensuales descargados. En este punto se destacan dos tipos de descargas: Aguas Servidas y RILes.

V.4.10.1 Aguas Servidas

En relación con las aguas servidas, la cuenca del Maipo cuenta con 17 Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas construidas antes del año 2004, mientras que otras 8 fueron o serán construidas desde el año 2005 en adelante. En el Cuadro 5-26 se muestra la totalidad de las plantas de tratamiento dentro de la cuenca, junto con su caudal de descarga asociado, de las cuales sólo se utilizarán aquellas que entraron en funcionamiento hasta el año 2004.

Cuadro 5 - 26. Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas

PLANTA	AÑO	Q [l/s]
PTAS Buin-Maipo	2005	112.7
PTAS Chicureo*	2000	-
PTAS Colina	1991	106.6
PTAS Curacaví	2004	32.7
PTAS El Canelo (2007)	2007	9
PTAS El Monte	2004	38.4
PTAS El Trebal	2001	3353.8
PTAS Isla de Maipo (2009)	2009	12
PTAS La Farfana	2003	7693.1
PTAS Lampa	2001	9.1
PTAS Los Nogales	2009	9000
PTAS Los Trapenses	1995	52.6
PTAS Melipilla-Cexas**	1987	-
PTAS Melipilla-Esmeralda**	1989	-
PTAS Paine	2002	51.2
PTAS Pan de Azúcar y Chicureo Oriente	2002	10
PTAS Pomaire	1996	13.7
PTAS Pudahuel (ENEA)	2001	8.4
PTAS Quilicura	1998	78.4
PTAS San José de Maipo	2002	13.8
PTAS Talagante	2005	90.4
PTAS Til-Til	2006	9.2
PTAS Valdivia de Paine	2005	24.4
PTAS Villa Galilea	2003	0.8

Fuente: PD MAIPO

- No se encontró información referente a esta planta, por lo que no fue considerada en el modelo.

** El caudal total asociado a estas plantas es de 160.5 l/s.

En relación con las Plantas de Tratamiento El Trebal y La Farfana, la descarga asociada a cada una de ellas durante el período previo a su puesta en marcha será asociada a un nodo en el Zanjón de la Aguada.

Además de las Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas, existen descargas actuales hacia el río Mapocho, las cuales suman en total aproximadamente 5 m³/s y se muestran en el Cuadro 5-27. Estas descargas fueron asignadas en su conjunto a un único nodo en el río Mapocho.

Cuadro 5 - 27. Descargas de Aguas Servidas

Abreviatura	Nombre	Q actual [l/s]
APO-V	Apoquindo – Vitacura	1617.8
PRI	Presidente Riesco	92.1
APO-T	Apoquindo – Tajamar	253.1
PDN-CON + PRO	Pedro de Valdivia Norte – Lo Contador + Providencia	145.2
UMA	Ultra Mapocho	205.0
REC	Recabarren	4.7
ENI	Ensanche Norte Interamericano	324.2
IMP	Santa María – Lo Benito	18.7
LES	Lo Espinoza	104.2
LEV (Ril)	Indus Lever	88.8
ABG	Abraham Gómez	2.3
LFR	Lo Franco	0.3
CAR	Carrascal	35.1
CER	Cerámica	0.7
QUI	Quinta Normal	140.2
HUE	Huelén	1.7
SAR	Cerro Colorado + Arturo Prat	150.6
PUD	Pudahuel	245.4
PIN	Pudahuel Intermedio	12.7
PON	Pudahuel Poniente	88.1
COQ	Conchalí Quilicura + Zona Norte	1469.3

Fuente: PD MAIPO y Elaboración Propia

Tanto las descargas de El Trebal y La Farfana como la descarga del sector Norte al Río Mapocho fueron calculadas para el período 1950 – 2005 de manera proporcional a la población correspondiente a cada año, asumiendo que los valores mostrados en las tablas anteriores corresponden a los caudales del año 2005 y por ende a la población del mismo año.

V.4.10.2 RILes

Dada la escasa información disponible acerca de descargas de RILes, se utilizó la información disponible en el estudio PD MAIPO y que se puede resumir en el Cuadro 5-28.

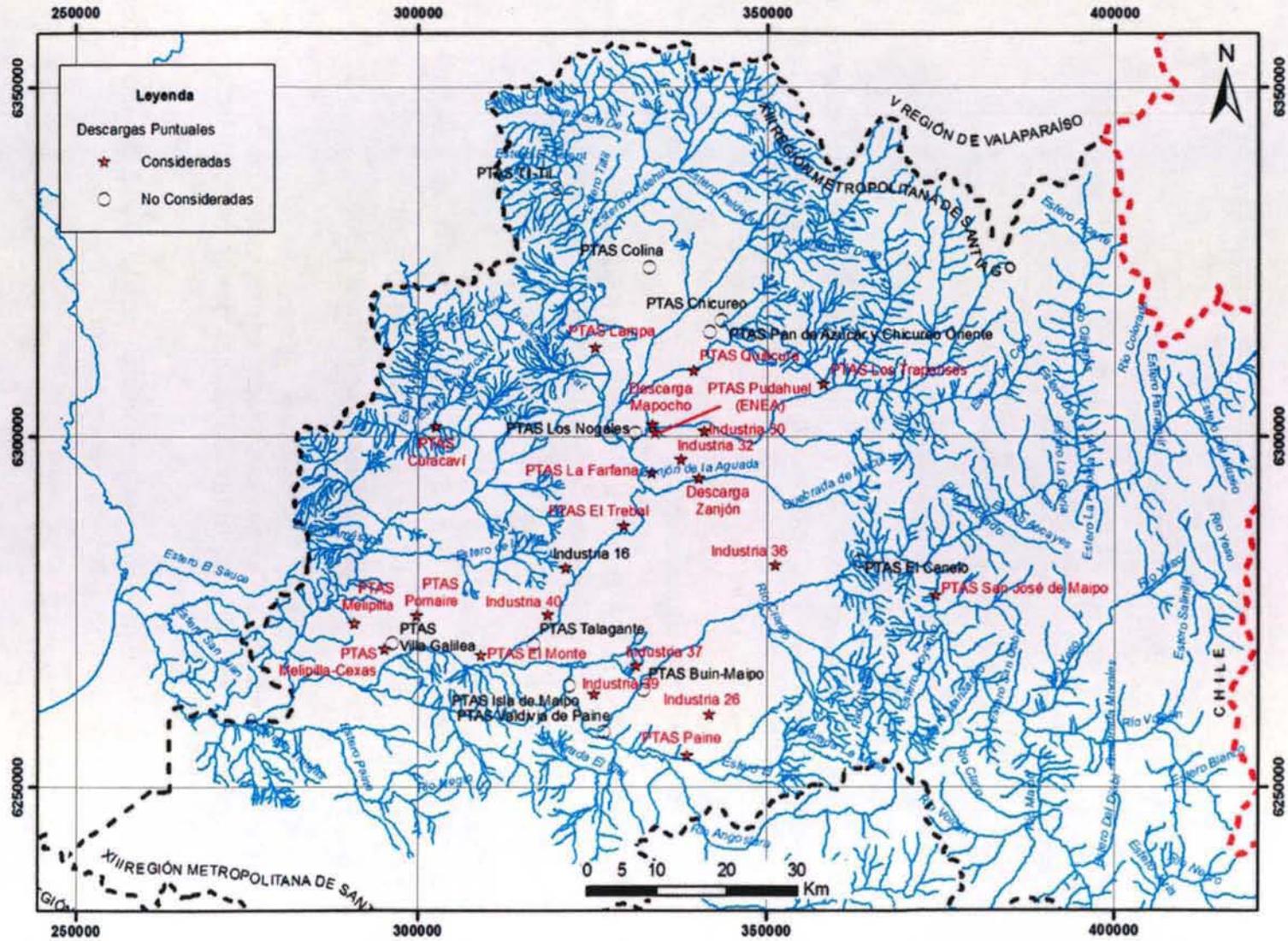
Cuadro 5 - 28. Descargas Industriales

INDUSTRIA	Q [l/s]	RECEPTOR
1	0.382	Canal Lo Aguirre
2	0.980	Río Mapocho
3	1.122	Estero El Gato
4	0.007	Canal Santa Rita
5	0.179	Río Maipo
6	0.078	Canal San Javier
7	0.152	Río Maipo
8	1.080	Río Maipo
9	2.267	Canal El Carmen
10	0.087	Painino
11	0.556	Canal San Pedro
12	0.095	Las Morrenas
13	0.000	Estero San Francisco
14	11.304	Estero San Francisco
15	0.000	Estero Ortiga
16	129.074	Estero Agua Fría
17	2.758	Río Mapocho
18	6.173	Río Maipo
19	0.077	Canal de Regadío
20	0.102	Río Clarillo
21	0.174	Estero La Berlina
22	1.852	Estero San Pedro
23	0.035	Canal Castillo
24	4.939	Canal San Miguel
25	0.895	Estero Paine
26	115.102	Estero Paine
27	0.065	Canal Ortuzano
28	0.013	Estero Llolleo
29	14.961	Río Mapocho
30	68.831	Estero Las Cruces
31	5.421	Canal de Riego El Bajo
32	87.592	Río Mapocho
33	4.464	Río Maipo
34	3.678	Río Maipo
35	9.103	Canal Chicalán
36	409.363	Río Maipo
37	84.056	Río Maipo
38	4.620	Río Maipo
39	1575.700	Río Maipo
40	51.000	Estero El Paico
41	2.497	Estero Los Patos

Fuente: Estudio PD MAIPO

De estas industrias, sólo se consideraron aquellas descargas de importancia, es decir, las 8 de mayor caudal. La Figura 5-25 muestra la ubicación de cada una de las descargas, diferenciando aquellas de origen doméstico o industrial.

Figura 5 - 25. Descargas Puntuales



Fuente: Elaboración Propia

El Cuadro 5-29 muestra las descargas industriales consideradas en el modelo con su respectivo código.

Cuadro 5 - 29. Descargas Industriales Modeladas

CÓDIGO	Q [l/s]	RECEPTOR
DP-16	129,074	Estero Agua Fría
DP-17	115,102	Estero Paine
DP-18	68,831	Estero Las Cruces
DP-19	87,592	Río Mapocho
DP-20	409,363	Río Maipo
DP-21	84,056	Río Maipo
DP-22	1575,700	Río Maipo
DP-23	51,000	Estero El Paico

Fuente: Estudio PD MAIPO y Elaboración Propia

V.4.11 Caudales Ecológicos

Un caudal ecológico representa un objeto especial que limita la extracción de agua desde un nodo perteneciente a cualquiera de los ríos del sistema. Esta restricción representa el caudal que siempre debe circular por el río, definido principalmente en base a criterios ambientales. La información que se debe disponer para especificar el caudal ecológico de un sistema, se refiere principalmente a la identificación y a la distribución de caudales mensuales a respetar.

La metodología adoptada por la Dirección Regional de Aguas para la determinación de los caudales ecológicos, fija como valor para este parámetro alguno de los valores obtenidos mediante los siguientes 4 criterios:

- i. $Q_{ec} = 10\%Q_{medio-anual}$
- ii. $Q_{ec} = 50\%Q_{min-del-estiaje-año-95\%}$
- iii. $Q_{ec} = Q_{330}$ (caudal que es excedido al menos 330 días al año)
- iv. $Q_{ec} = Q_{347}$ (caudal que es excedido al menos 347 días al año)

La información existente en torno a esta área temática, se resume a través del estudio CADE-MAIPO, en el cual es posible encontrar una tabla con las magnitudes de los caudales ecológicos para 17 tramos de cauces dentro de la cuenca, tal como se muestra en el Cuadro 5-30.

Estos caudales no tienen una distribución mensual, por lo que fueron distribuidos como caudal constante durante todos los meses del año.

Cuadro 5 - 30. Caudales Ecológicos

N°	Tramo	Cauce	Qe (m ³ /s)
1	Entre Maipo en Las Hualtatas y Maipo en Las Melosas	Río Maipo	4,57
2	Entre Maipo en Las Melosas y Maipo en San Alfonso	Río Maipo	4,88
3	Desde Río Volcán en Queltehues y confluencia con Maipo	Río Volcán	1,65
4	Río Yeso antes junta con el Maipo	Río Yeso	1,00
5	Entre Maipo en San Alfonso y Maipo en el Manzano	Río Maipo	7,00
6	Río Colorado antes con junta con Río Olivares	Río Colorado	1,59
7	Río Olivares antes junta con Río Colorado	Río Olivares	0,92
8	Río Colorado antes con junta con Río Maipo	Río Colorado	3,12
9	Río Maipo entre el Manzano y el fin de la sección	Río Maipo	15,60
10	Río Mapocho en Los Almendros	Río Mapocho	0,47
11	Río Mapocho en Rinconada	Río Mapocho	3,17
12	Río Angostura en Valdivia de Paine	Río Angostura	1,00
13	Río Maipo en Naltahua	Río Maipo	1,34
14	Río Maipo entre Puente Marambio y antes junta con el Puangue	Río Maipo	3,00
15	Estero Puangue antes junta con el Maipo	Estero Puangue	1,54
16	Río Maipo después junta con el Puangue y hasta captación exp. ND-5-558*	Río Maipo	9,20
17	Río Maipo después de junta con el Puangue y el Mar	Río Maipo	15,40

Fuente: Estudio CADE-MAIPO

Cabe mencionar la detección de una inconsistencia en los resultados generados por el modelo MAGIC asociada a los caudales ecológicos. En efecto, se observó que al definir valores distintos de cero en la tabla de caudales ecológicos, los caudales resultantes indicados en el archivo de salida de nodos presentan inconsistencias con los archivos de salida de balances superficiales y de los tramos de ríos correspondientes. Esto se debe a que el primer archivo registra los caudales pasantes descontando los caudales ecológicos definidos en los nodos correspondientes, procedimiento que se realiza adecuadamente para la distribución de aguas hacia canales u otros objeto demandantes, pero que no corresponde para la presentación de resultados. La solución de esta inconsistencia pasa por modificar el código fuente de MAGIC, en relación a que la presentación de los resultados de caudales entrantes y salientes en los nodos, se realice incorporando los valores de caudales ecológicos definidos en aquellos elementos.

V.4.12 Topología

Esta área temática incorpora aquellas tablas MAGIC que definen conectividades o distribución de caudales en nodos y tramos de ríos.

V.4.12.1 Nodos

Los nodos fueron definidos de manera tal de representar la bocatoma de los canales y captaciones puntuales, puntos de descarga, unión de cauces, aporte de cuencas y estaciones fluviométricas de calibración.

Para minimizar el número de nodos utilizados, se agruparon todos los elementos dentro de un rango aceptable de distancia dentro del cauce, de tal modo de utilizar

un mismo nodo para extraer o descargar. De esa forma, el número total de nodos dentro del modelo resultó de 156, tal como se muestra en la Figura 5-26. Entre éstos se cuenta con algunos "nodos auxiliares", los cuales cumplen la función de recibir el aporte de alguna cuenca lateral cuyas aguas van a dar a una zona de riego antes de llegar a un cauce superficial. Además se han considerado 19 nodos secundarios, los cuales se muestran en la Figura 5-27.

La distribución del caudal de extracción en cada nodo se realizó siguiendo dos criterios. El primero fue distribuir el agua proporcionalmente al área regada por cada canal, y el segundo fue que cada sección del río, y cada fuente hídrica tiene derecho a agotar el recurso entrante. Además, para el caso de Captaciones Puntuales y Central Hidroeléctrica, se le ha asociado una superficie de riego equivalente según el caudal explotado, de tal forma de obtener su porcentaje de distribución de manera equivalente. Los resultados de esta distribución se muestran en el Cuadro 5-31.

También se han creado 31 nodos secundarios en la malla, cuya función es permitir la extracción de canales derivados, captaciones puntuales y centrales hidroeléctricas.

Cuadro 5 - 31. Porcentaje de Distribución de los Nodos

NODO	OBJETO	% DISTRIBUCIÓN
NO-001	Central Quelltehues	1.000
NO-001	Nodo Siguiete	0.000
NO-002	Nodo Siguiete	1.000
NO-003	Nodo Siguiete	1.000
NO-004	Central Volcán	1.000
NO-004	Nodo Siguiete	0.000
NO-005	Nodo Siguiete	1.000
NO-006	Nodo Siguiete	1.000
NO-007	Nodo Siguiete	1.000
NO-008	Nodo Siguiete	1.000
NO-009	Nodo Siguiete	1.000
NO-010	Captación CP-02	1.000
NO-010	Nodo Siguiete	0.000
NO-011	Nodo Siguiete	1.000
NO-012	Nodo Siguiete	1.000
NO-013	Nodo Siguiete	1.000
NO-014	Central Maitenes	1.000
NO-014	Nodo Siguiete	0.000
NO-015	Nodo Siguiete	1.000
NO-016	Canal CA-002	0.004
NO-016	Nodo Siguiete	0.996
NO-017	Nodo Siguiete	1.000
NO-018	Canal CA-010	0.001
NO-018	Nodo Siguiete	0.999
NO-019	Canal CA-011	0.115
NO-019	Nodo Siguiete	0.885
NO-020	Canal CA-003	0.249

DIAGNÓSTICO DE CAUDALES EN CUENCAS NO CONTROLADAS DE RECUPERACIÓN, CUENCAS DE ACONCAGUA Y MAIPO. INFORME FINAL

NODO	OBJETO	% DISTRIBUCIÓN
NO-020	Captación CP-01	0.157
NO-020	Nodo Siguiete	0.594
NO-021	Canal CA-001	0.228
NO-021	Nodo Siguiete	0.772
NO-022	Central Los Bajos y CAEMSA	0.191
NO-022	Canal CA-008	0.001
NO-022	Nodo Siguiete	0.808
NO-023	Canal CA-013	0.327
NO-023	Canal CA-015	0.231
NO-023	Nodo Siguiete	0.443
NO-024	Canal CA-009	1.000
NO-024	Nodo Siguiete	0.000
NO-025	Canal CA-014	0.087
NO-025	Canal CA-016	0.808
NO-025	Captación Industria	0.007
NO-025	Nodo Siguiete	0.099
NO-026	Canal CA-019	0.748
NO-026	Canal CA-020	0.252
NO-026	Nodo Siguiete	0.000
NO-027	Canal CA-021	0.134
NO-027	Nodo Siguiete	0.866
NO-028	Canal CA-018	0.072
NO-028	Canal CA-043	0.287
NO-028	Nodo Siguiete	0.641
NO-029	Canal CA-028	1.000
NO-029	Nodo Siguiete	0.000
NO-030	Nodo Siguiete	1.000
NO-031	Nodo Siguiete	1.000
NO-032	Canal CA-033	0.780
NO-032	Nodo Siguiete	0.220
NO-033	Canal CA-030	1.000
NO-033	Nodo Siguiete	0.000
NO-034	Canal CA-031	0.197
NO-034	Nodo Siguiete	0.803
NO-035	Canal CA-024	0.263
NO-035	Canal CA-026	0.700
NO-035	Nodo Siguiete	0.037
NO-036	Canal CA-025	1.000
NO-036	Nodo Siguiete	0.000
NO-037	Nodo Siguiete	1.000
NO-038	Canal CA-035	0.521
NO-038	Nodo Siguiete	0.479
NO-039	Nodo Siguiete	1.000
NO-040	Canal CA-039	0.483
NO-040	Nodo Siguiete	0.517
NO-041	Canal CA-037	0.988
NO-041	Nodo Siguiete	0.012
NO-042	Nodo Siguiete	1.000

NODO	OBJETO	% DISTRIBUCIÓN
NO-043	Canal CA-017	0.253
NO-043	Canal CA-023	0.263
NO-043	Nodo Siguiete	0.484
NO-044	Canal CA-022	0.342
NO-044	Nodo Siguiete	0.658
NO-045	Canal CA-036	0.454
NO-045	Nodo Siguiete	0.546
NO-046	Canal CA-042	1.000
NO-046	Nodo Siguiete	0.000
NO-047	Captación Industria	1.000
NO-047	Nodo Siguiete	0.000
NO-048	Canal CA-040	1.000
NO-048	Nodo Siguiete	0.000
NO-049	Canal CA-038	1.000
NO-049	Nodo Siguiete	0.000
NO-050	Canal CA-041	1.000
NO-050	Nodo Siguiete	0.000
NO-051	Nodo Siguiete	1.000
NO-052	Nodo Siguiete	1.000
NO-053	Canal CA-044	0.862
NO-053	Nodo Siguiete	0.138
NO-054	Canal CA-068	1.000
NO-054	Nodo Siguiete	0.000
NO-055	Canal CA-078	0.489
NO-055	Nodo Siguiete	0.511
NO-056	Nodo Siguiete	1.000
NO-057	Captación CP-06	0.254
NO-057	Nodo Siguiete	0.746
NO-058	Captación CP-11	0.102
NO-058	Nodo Siguiete	0.898
NO-059	Canal CA-048	0.045
NO-059	Captación CP-09	0.044
NO-059	Nodo Siguiete	0.912
NO-060	Nodo Siguiete	1.000
NO-061	Canal CA-046	0.016
NO-061	Canal CA-045	0.062
NO-061	Canal CA-047	0.286
NO-061	Captación CP-04	0.636
NO-061	Nodo Siguiete	0.000
NO-062	Canal CA-049	0.320
NO-062	Captación CP-05	0.624
NO-062	Nodo Siguiete	0.056
NO-063	Captación CP-10	1.000
NO-063	Nodo Siguiete	0.000
NO-064	Nodo Siguiete	1.000
NO-065	Captación CP-07	1.000
NO-065	Nodo Siguiete	0.000
NO-066	Nodo Siguiete	1.000

DIAGNÓSTICO DE CAUDALES EN CUENCAS NO CONTROLADAS DE RECUPERACIÓN, CUENCAS DE ACONCAGUA Y MAIPO. INFORME FINAL

NODO	OBJETO	% DISTRIBUCIÓN
NO-067	Captación CP-03	1.000
NO-067	Nodo Siguiete	0.000
NO-068	Canal CA-007	0.001
NO-068	Nodo Siguiete	0.999
NO-069	Canal CA-063	0.235
NO-069	Nodo Siguiete	0.765
NO-070	Canal CA-052	0.192
NO-070	Nodo Siguiete	0.808
NO-071	Captación Industria	0.408
NO-071	Nodo Siguiete	0.592
NO-072	Nodo Siguiete	1.000
NO-073	Canal CA-059	0.186
NO-073	Nodo Siguiete	0.814
NO-074	Canal CA-058	0.031
NO-074	Nodo Siguiete	0.969
NO-075	Canal CA-061	0.059
NO-075	Nodo Siguiete	0.941
NO-076	Canal CA-060	0.101
NO-076	Nodo Siguiete	0.899
NO-077	Nodo Siguiete	1.000
NO-078	Canal CA-057	0.500
NO-078	Nodo Siguiete	0.500
NO-079	Nodo Siguiete	1.000
NO-080	Canal CA-056	1.000
NO-080	Nodo Siguiete	0.000
NO-081	Nodo Siguiete	1.000
NO-082	Nodo Siguiete	1.000
NO-083	Nodo Siguiete	1.000
NO-084	Nodo Siguiete	1.000
NO-085	Nodo Siguiete	1.000
NO-086	Canal CA-062	0.032
NO-086	Captación Industria	0.943
NO-086	Nodo Siguiete	0.024
NO-087	Canal CA-006	0.652
NO-087	Nodo Siguiete	0.348
NO-088	Nodo Siguiete	1.000
NO-089	Canal CA-054	0.741
NO-089	Nodo Siguiete	0.259
NO-090	Canal CA-055	0.901
NO-090	Nodo Siguiete	0.099
NO-091	Nodo Siguiete	1.000
NO-092	Canal CA-004	1.000
NO-092	Nodo Siguiete	0.000
NO-093	Nodo Siguiete	1.000
NO-094	Canal CA-005	1.000
NO-094	Nodo Siguiete	0.000
NO-095	Canal CA-053	1.000
NO-095	Nodo Siguiete	0.000

NODO	OBJETO	% DISTRIBUCIÓN
NO-096	Nodo Siguiete	1.000
NO-097	Nodo Siguiete	1.000
NO-098	Nodo Siguiete	1.000
NO-099	Canal CA-050	0.678
NO-099	Nodo Siguiete	0.322
NO-100	Canal CA-051	0.761
NO-100	Nodo Siguiete	0.239
NO-101	Canal CA-012	1.000
NO-101	Nodo Siguiete	0.000
NO-102	Nodo Siguiete	1.000
NO-103	Canal CA-064	0.120
NO-103	Canal CA-090	0.880
NO-103	Nodo Siguiete	0.000
NO-104	Canal CA-065	0.232
NO-104	Canal CA-069	0.768
NO-104	Nodo Siguiete	0.000
NO-105	Canal CA-066	0.260
NO-105	Canal CA-095	0.740
NO-105	Nodo Siguiete	0.000
NO-106	Canal CA-067	0.025
NO-106	Canal CA-070	0.008
NO-106	Captación Industria	0.035
NO-106	Nodo Siguiete	0.932
NO-107	Canal CA-072	0.096
NO-107	Canal CA-074	0.567
NO-107	Nodo Siguiete	0.336
NO-108	Canal CA-071	0.123
NO-108	Canal CA-073	0.877
NO-108	Nodo Siguiete	0.000
NO-109	Canal CA-079	0.157
NO-109	Nodo Siguiete	0.843
NO-110	Canal CA-082	0.184
NO-110	Canal CA-083	0.490
NO-110	Captación Industria	0.002
NO-110	Nodo Siguiete	0.323
NO-111	Canal CA-080	0.102
NO-111	Nodo Siguiete	0.898
NO-112	Nodo Siguiete	1.000
NO-113	Canal CA-087	1.000
NO-113	Nodo Siguiete	0.000
NO-114	Canal CA-086	0.513
NO-114	Nodo Siguiete	0.487
NO-115	Nodo Siguiete	1.000
NO-116	Canal CA-089	0.015
NO-116	Nodo Siguiete	0.985
NO-117	Canal CA-088	0.041
NO-117	Nodo Siguiete	0.959
NO-118	Nodo Siguiete	1.000

NODO	OBJETO	% DISTRIBUCIÓN
NO-119	Canal CA-092	0.203
NO-119	Nodo Siguiete	0.797
NO-120	Canal CA-091	0.212
NO-120	Nodo Siguiete	0.788
NO-121	Canal CA-093	0.322
NO-121	Nodo Siguiete	0.678
NO-122	Nodo Siguiete	1.000
NO-123	Canal CA-096	0.297
NO-123	Nodo Siguiete	0.703
NO-124	Canal CA-094	1.000
NO-124	Nodo Siguiete	0.000
NO-125	Canal CA-076	0.462
NO-125	Nodo Siguiete	0.538
NO-126	Canal CA-077	0.909
NO-126	Nodo Siguiete	0.091
NO-127	Nodo Siguiete	1.000
NO-128	Canal CA-075	0.582
NO-128	Canal CA-081	0.418
NO-128	Nodo Siguiete	0.000
NO-129	Canal CA-085	0.080
NO-129	Nodo Siguiete	0.920
NO-130	Nodo Siguiete	1.000
NO-131	Canal CA-084	1.000
NO-131	Nodo Siguiete	0.000
NO-132	Nodo Siguiete	1.000
NO-133	Nodo Siguiete	1.000
NO-134	Captación CP-012	0.833
NO-134	Captación CP-013	0.167
NO-134	Nodo Siguiete	0.000
NO-135	Canal CA-027	0.100
NO-135	Canal CA-029	0.353
NO-135	Canal CA-032	0.473
NO-135	Canal CA-034	0.075
NO-135	Nodo Siguiete	0.000
NO-136	Canal CA-097	1.000
NO-136	Nodo Siguiete	0.000
NO-137	Canal CA-098	1.000
NO-137	Nodo Siguiete	0.000
NO-138	Canal CA-099	1.000
NO-138	Nodo Siguiete	0.000
NO-139	Canal CA-100	1.000
NO-139	Nodo Siguiete	0.000
NO-140	Canal CA-101	1.000
NO-140	Nodo Siguiete	0.000
NO-141	Canal CA-102	1.000
NO-141	Nodo Siguiete	0.000
NO-142	Canal CA-103	1.000
NO-142	Nodo Siguiete	0.000

NODO	OBJETO	% DISTRIBUCIÓN
NO-143	Canal CA-104	1.000
NO-143	Nodo Siguiete	0.000
NO-144	Canal CA-105	1.000
NO-144	Nodo Siguiete	0.000
NO-145	Canal CA-106	1.000
NO-145	Nodo Siguiete	0.000
NO-146	Canal CA-107	1.000
NO-146	Nodo Siguiete	0.000
NO-147	Canal CA-108	1.000
NO-147	Nodo Siguiete	0.000
NO-148	Canal CA-109	1.000
NO-148	Nodo Siguiete	0.000
NO-149	Canal CA-110	1.000
NO-149	Nodo Siguiete	0.000
NO-150	Canal CA-111	1.000
NO-150	Nodo Siguiete	0.000
NO-151	Canal CA-112	1.000
NO-151	Nodo Siguiete	0.000
NO-152	Canal CA-113	1.000
NO-152	Nodo Siguiete	0.000
NO-153	Océano Pacífico	1.000
NO-154	Nodo Siguiete	0.714
NO-154	Central CH-06	0.286
NO-155	Nodo Siguiete	0.386
NO-155	Central CH-04	0.614
NO-156	Nodo Siguiete	0.970
NO-156	Captación Puntual CP-08	0.030

Fuente: Elaboración Propia

Figura 5 - 26. Nodos Principales del Modelo

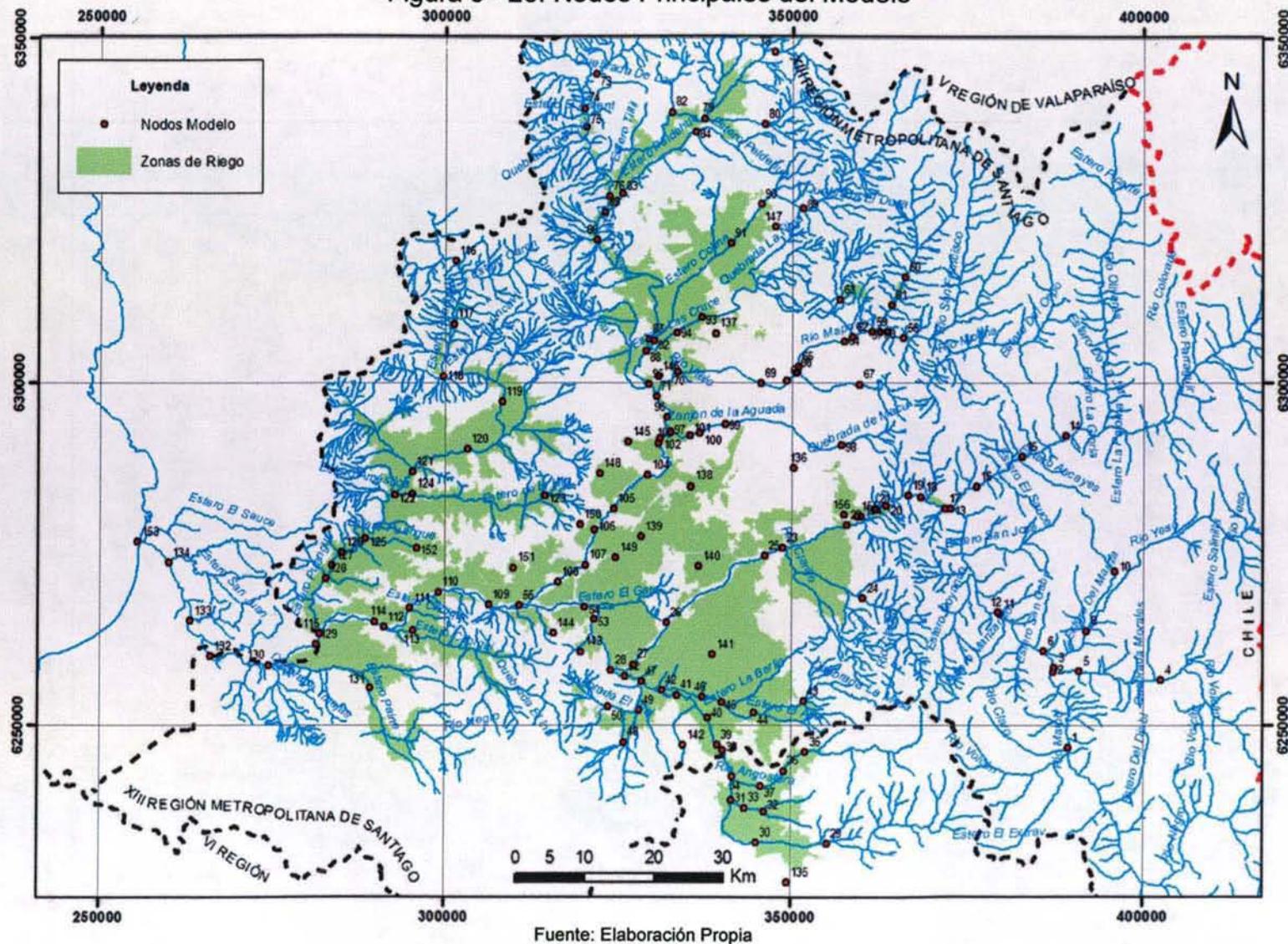
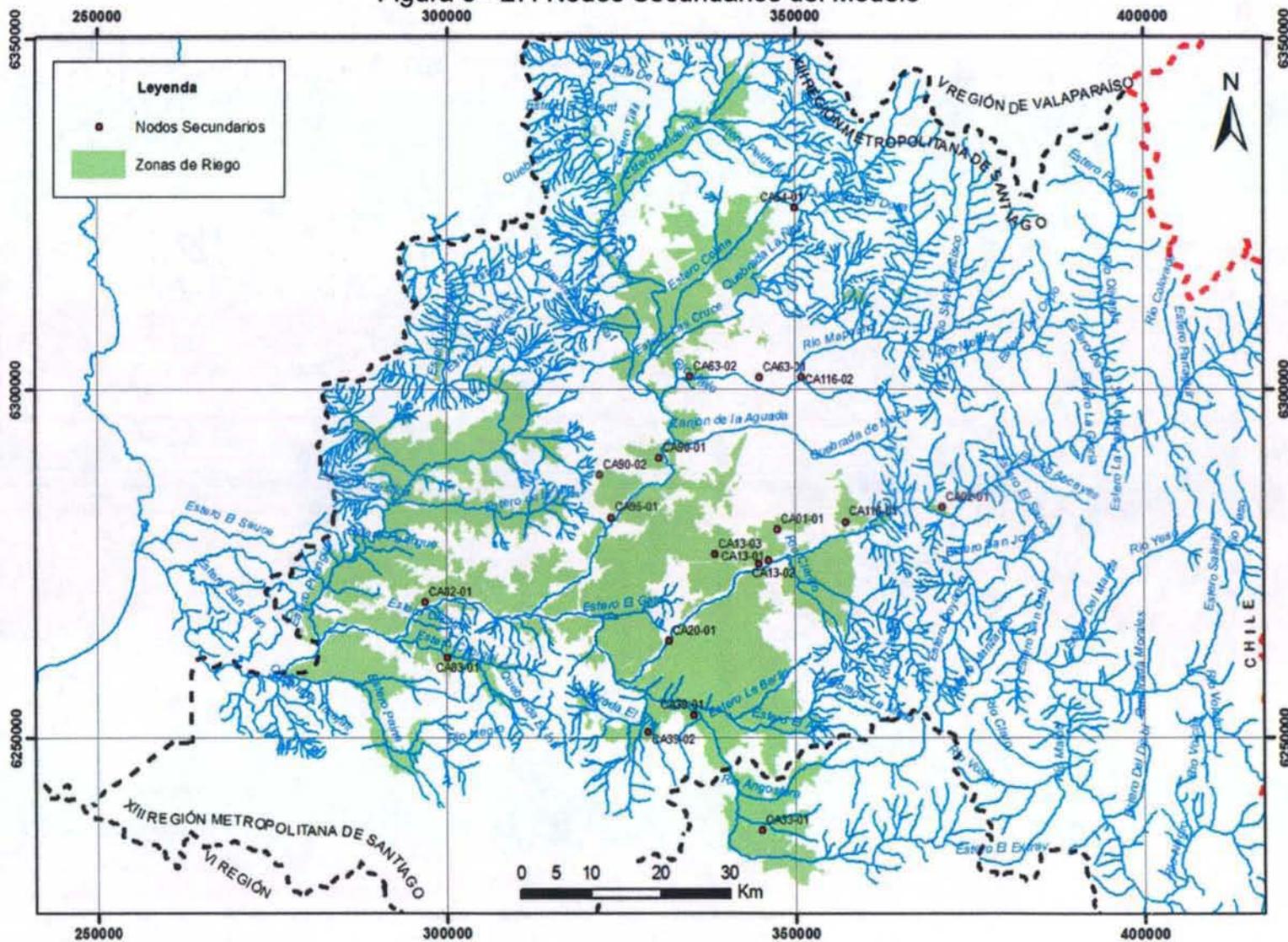


Figura 5 - 27. Nodos Secundarios del Modelo



Fuente: Elaboración Propia

V.4.12.2 Ríos

Los ríos como objetos de MAGIC se aplican para representar los cursos naturales utilizables que es necesario implementar en el modelo, y que traspasan agua desde un nodo a otro. Cualquier curso natural puede ser modelado con un objeto río, como por ejemplo una quebrada, un estero o un río. Además los ríos pueden estar compuestos por varios tramos que se definen entre dos nodos.

Dada la cantidad de nodos del modelo, los tramos de río resultaron ser 152, de los cuales 134 corresponden a tramos reales del río y el resto a la unión entre los nodos auxiliares y un cauce superficial, cuyas características fueron obtenidas de distintas fuentes. En primer lugar el ancho, coeficiente de Manning, y espesor del lecho fueron obtenidos de la misma base disponible en el estudio PD MAIPO, mientras que la permeabilidad del lecho fue obtenida como un 10% de la permeabilidad del acuífero en donde se encuentra el tramo.

V.4.12.3 Recuperaciones

Con respecto a los puntos de recuperación de recurso hídrico en el cauce, se identificaron los siguientes nodos de la red hídrica de la cuenca, presentados en el Cuadro 5-32, los cuales reciben los aportes correspondientes a caudales de recuperación superficiales (debido a los retornos de las zonas de riego) y subterráneos (proveniente de afloramientos del acuífero o afloramiento especial producido en la sección de entrada del acuífero). En dicho cuadro se explicita además el cauce al cual pertenece el nodo, así como el elemento que aporta el caudal de recuperación.

Cuadro 5 - 32. Nodos de Recuperación en la Cuenca.

NODO	Sección	Afloramiento	Afl. Especial	Derrame
NO-018	Primera Maipo	-	-	ZR-04
NO-022	Primera Maipo	-	-	ZR-04
NO-023	Primera Maipo	-	-	ZR-01, ZR-04
NO-026	Primera Maipo	AC-10	-	ZR-07
NO-028	Segunda Maipo	AC-13	-	ZR-10
NO-030	Segunda Maipo	-	-	ZR-13
NO-031	Segunda Maipo	-	-	ZR-15
NO-032	Segunda Maipo	-	-	ZR-12
NO-034	Segunda Maipo	AC-12	-	ZR-14
NO-037	Segunda Maipo	-	-	ZR-12
NO-041	Segunda Maipo	-	-	ZR-16
NO-042	Segunda Maipo	AC-11	-	-
NO-044	Segunda Maipo	-	-	ZR-11
NO-045	Segunda Maipo	-	-	ZR-08
NO-047	Segunda Maipo	-	AC-13	ZR-17, ZR-20
NO-049	Segunda Maipo	-	-	ZR-18

NODO	Sección	Afloramiento	Afl. Especial	Derrame
NO-051	Segunda Maipo	-	-	ZR-19
NO-053	Segunda Maipo	AC-13	-	ZR-09, ZR-21
NO-054	Segunda Maipo	-	AC-14	ZR-35
NO-055	Tercera Maipo	AC-14	-	ZR-22, ZR-37
NO-059	Primera Mapocho	-	-	ZR-23
NO-062	Primera Mapocho	-	-	ZR-24
NO-065	Primera Mapocho	AC-05	-	-
NO-070	Segunda Mapocho	AC-06	-	ZR-03
NO-071	Segunda Mapocho	-	-	ZR-01, ZR-26
NO-075	Segunda Mapocho	AC-19	-	-
NO-076	Segunda Mapocho	-	-	ZR-31
NO-079	Segunda Mapocho	AC-01	-	-
NO-081	Segunda Mapocho	-	-	ZR-29
NO-083	Segunda Mapocho	AC-02	-	ZR-30
NO-084	Segunda Mapocho	-	-	ZR-28
NO-087	Segunda Mapocho	-	-	ZR-32, ZR-46
NO-091	Segunda Mapocho	AC-03	-	ZR-27
NO-092	Segunda Mapocho	-	-	ZR-02
NO-095	Segunda Mapocho	AC-04	-	ZR-33
NO-097	Segunda Mapocho	AC-07	-	-
NO-099	Segunda Mapocho	-	-	ZR-01
NO-104	Tercera Mapocho	-	-	ZR-05, ZR-25
NO-105	Cuarta Mapocho	AC-08	-	ZR-34, ZR-35
NO-106	Quinta Mapocho	AC-09	-	-
NO-107	Quinta Mapocho	-	AC-14	ZR-36
NO-108	Quinta Mapocho	AC-14	-	-
NO-109	Tercera Maipo	-	AC-20	-
NO-111	Tercera Maipo	-	-	ZR-39
NO-112	Tercera Maipo	AC-20	-	-
NO-113	Tercera Maipo	-	-	ZR-40
NO-115	Tercera Maipo	AC-20	-	ZR-41
NO-118	Tercera Maipo	AC-15	-	ZR-43
NO-120	Tercera Maipo	AC-16	-	ZR-44
NO-121	Tercera Maipo	-	-	ZR-44
NO-124	Tercera Maipo	AC-17	-	ZR-45
NO-125	Tercera Maipo	AC-18	-	ZR-39
NO-128	Tercera Maipo	-	-	ZR-39, ZR-41
NO-130	Tercera Maipo	AC-20	-	ZR-42
ZR-02	-	-	-	ZR-27
ZR-05	-	-	-	ZR-01
ZR-06	-	-	-	ZR-05
ZR-12	-	-	-	ZR-13
ZR-14	-	-	-	ZR-13
ZR-15	-	-	-	ZR-14
ZR-20	-	-	-	ZR-08
ZR-35	-	-	-	ZR-06
ZR-39	-	-	-	ZR-38

Fuente: Elaboración Propia

Figura 5 - 28. Nodos de recuperación para retornos superficiales.

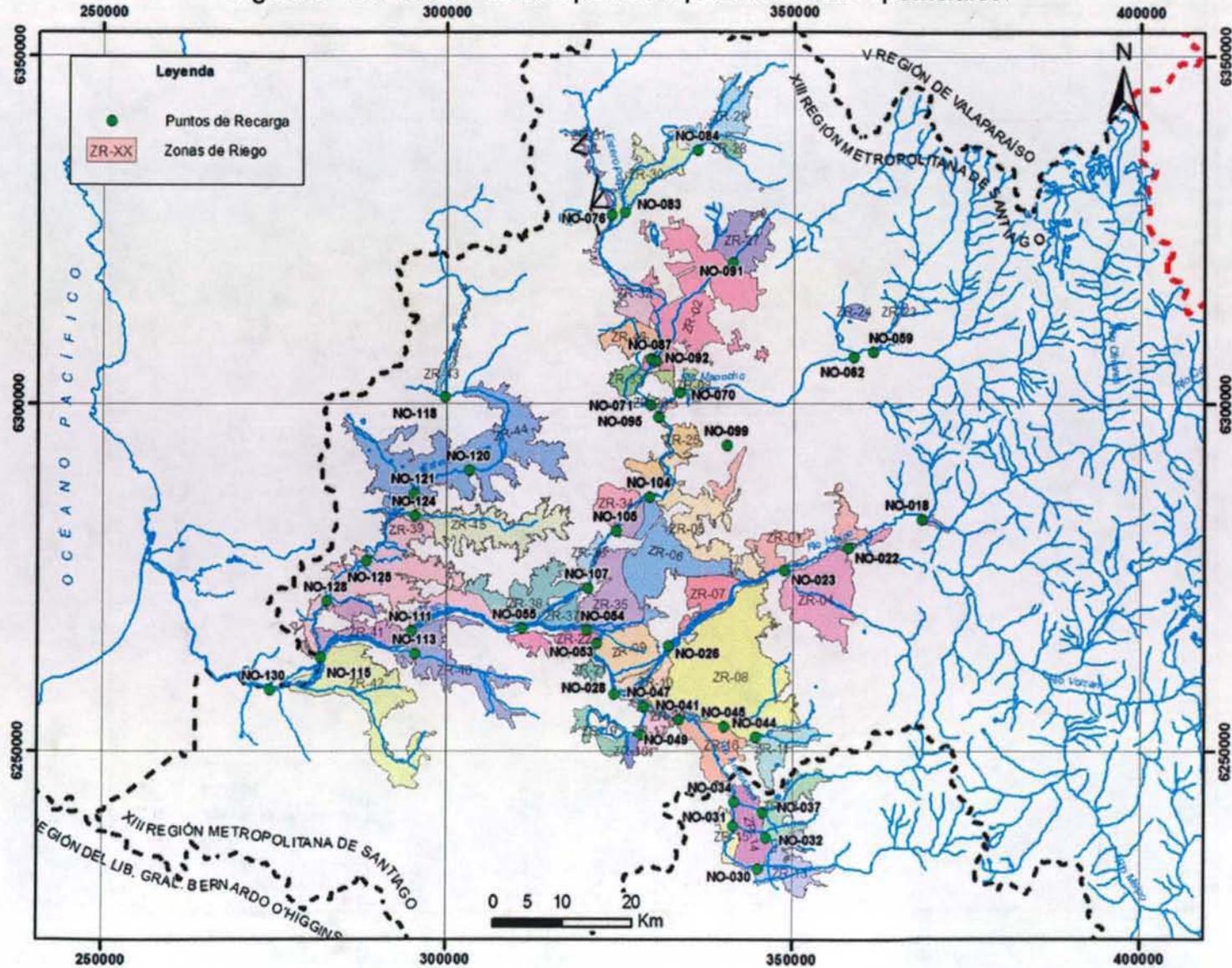
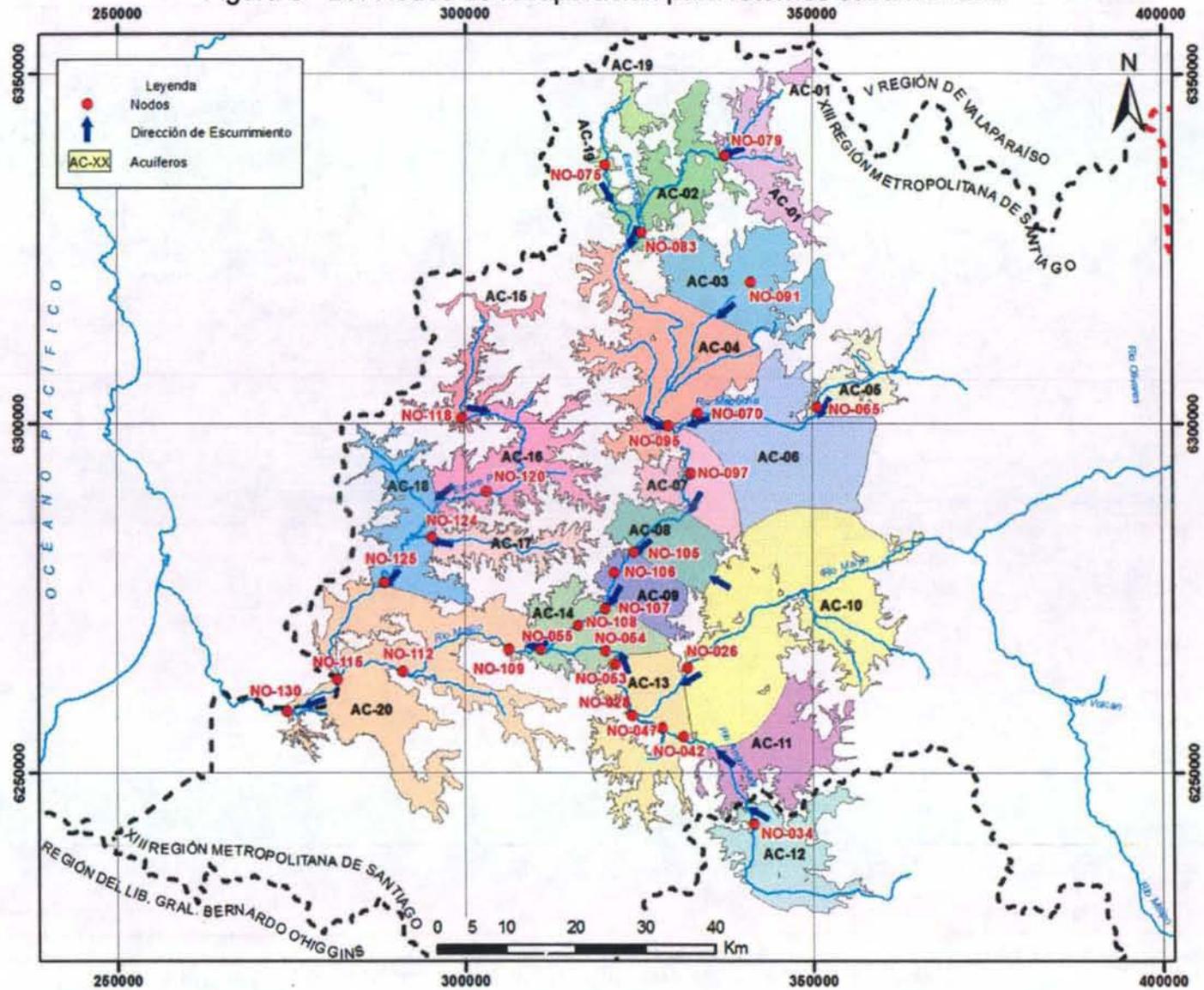


Figura 5 - 29. Nodos de recuperación para retornos subterráneos.



V.4.13 Fluviometría

Los registros de caudales medios mensuales requeridos para la implementación del modelo MAGIC, se asocian a la estadística fluviométrica que permite definir los Aportes Naturales y las Cuencas Laterales indicados en el punto V.4.9 *Cuencas No Controladas*. De igual manera, forman parte de este registro las estaciones fluviométricas de la cuenca que son utilizadas como contraste de la calibración del modelo MAGIC. De esa forma los caudales observados son contrastados con los caudales generados por MAGIC. En caso de haber diferencias importantes se debe realizar un proceso de recalibración iterativa, hasta que los parámetros de ajuste sean aceptables.

Para el caso de este estudio, la utilización de estadística fluviométrica sólo se enfocará en la calibración del modelo, por lo que no es necesario el relleno de estadísticas. En este punto se consideraron tres fuentes distintas: la información observada proporcionada por DGA en sus estaciones, el estudio *MOS-MAIPO* y el estudio *PD MAIPO*. En total, estas fuentes consideran 52 estaciones fluviométricas, cada una con diferente extensión en sus datos observados.

El Cuadro 5-33 muestra las 52 estaciones fluviométricas mencionadas anteriormente, indicando cual de las fuentes consideraba dicha estación.

Cuadro 5 – 33. Estaciones Fluviométricas Disponibles

ESTACIÓN	DGA	MOS-MAIPO	PD MAIPO
Río Maipo en Las Hualtatas	*	*	*
Río Maipo en Las Melosas	*	*	*
Río Volcán en Queltehues	*	*	*
Río Yeso en Embalse el Yeso	*	*	*
Río Yeso antes Junta Río Maipo		*	*
Río Maipo en San Alfonso	*	*	*
Río Colorado antes Junta Río Olivares	*	*	*
Río Olivares antes Junta Río Colorado	*	*	*
Río Colorado Antes junta Río Maipo	*	*	*
Río Maipo en el Manzano	*	*	*
Río Maipo en El Canelo		*	*
Río Maipo en La Obra		*	*
Río Clarillo antes junta Río Maipo		*	*
Río Angostura en Angostura	*	*	*
Río Paine en Longitudinal	*	*	*
Río Angostura en Valdivia de Paine	*	*	*
Laguna Aculeo Los Pingüinos			*
Estero Pintué en Puente Pintué	*		*
Estero El Gato			*
Río Maipo en Isla de Maipo		*	*
Río Maipo en el Rosario		*	*
Río Maipo en Naltahua	*	*	*
Río Maipo en Naltahua Brazo 2			*

ESTACIÓN	DGA	MOS-MAIPO	PD MAIPO
Estero Yerba Loca antes junta San Francisco	*	*	*
Estero Arrayán en La Montosa	*	*	*
Río Mapocho en los Almendros	*	*	*
Río Mapocho en Las Condes		*	*
Río Mapocho en Puente Nihue		*	*
Estero Arrayán en Desembocadura			*
Quebrada Apoquindo en Lo Castillo			*
Canal San Carlos en Príncipe de Gales		*	*
Canal San Carlos en Desembocadura		*	*
Zanjón de la Aguada en Santa Rosa		*	*
Zanjón de la Aguada en Sta. Rosa Pte Particular	*	*	*
Zanjón de la Aguada en Pajaritos	*	*	*
Qda. Macul Aguas Abajo canal Las Perdices			*
Quebrada Ramón en Recinto EMOS	*	*	*
Rungue Embalse		*	*
Estero Polpaico en Chicauma	*	*	*
Canal Colina en Peldehue		*	*
Canal Colina en Compuerta Vargas		*	*
Río Mapocho en Pudahuel		*	*
Río Mapocho Rinconada de Maipú	*	*	*
Canal Las Mercedes en Bocatoma			*
Río Mapocho en Talagante			*
Río Mapocho en el Monte		*	*
Río Maipo en Chifigüe	*	*	*
Estero Puangue en Boquerón	*	*	*
Estero Puangue en Ruta 78	*	*	*
Río Maipo en Cabimbao	*	*	*
Estero Glaciar Echaurren	*		
Río Molina Antes Junta San Francisco	*		

Fuente: Elaboración Propia

Del conjunto de estaciones mencionado anteriormente, la gran mayoría posee estadísticas muy poco extensas, lo cual no permite realizar un buen procedimiento de calibración dentro del período simulado.

Se han seleccionado aquellas estaciones que presentan una cantidad de información relativamente extensa y que además se encuentren ubicadas en una zona cuya calibración sea de utilidad para el modelo. En el Cuadro 5-34 se muestran las estaciones seleccionadas para el proceso de calibración.

Cuadro 5 - 34. Estaciones de Calibración

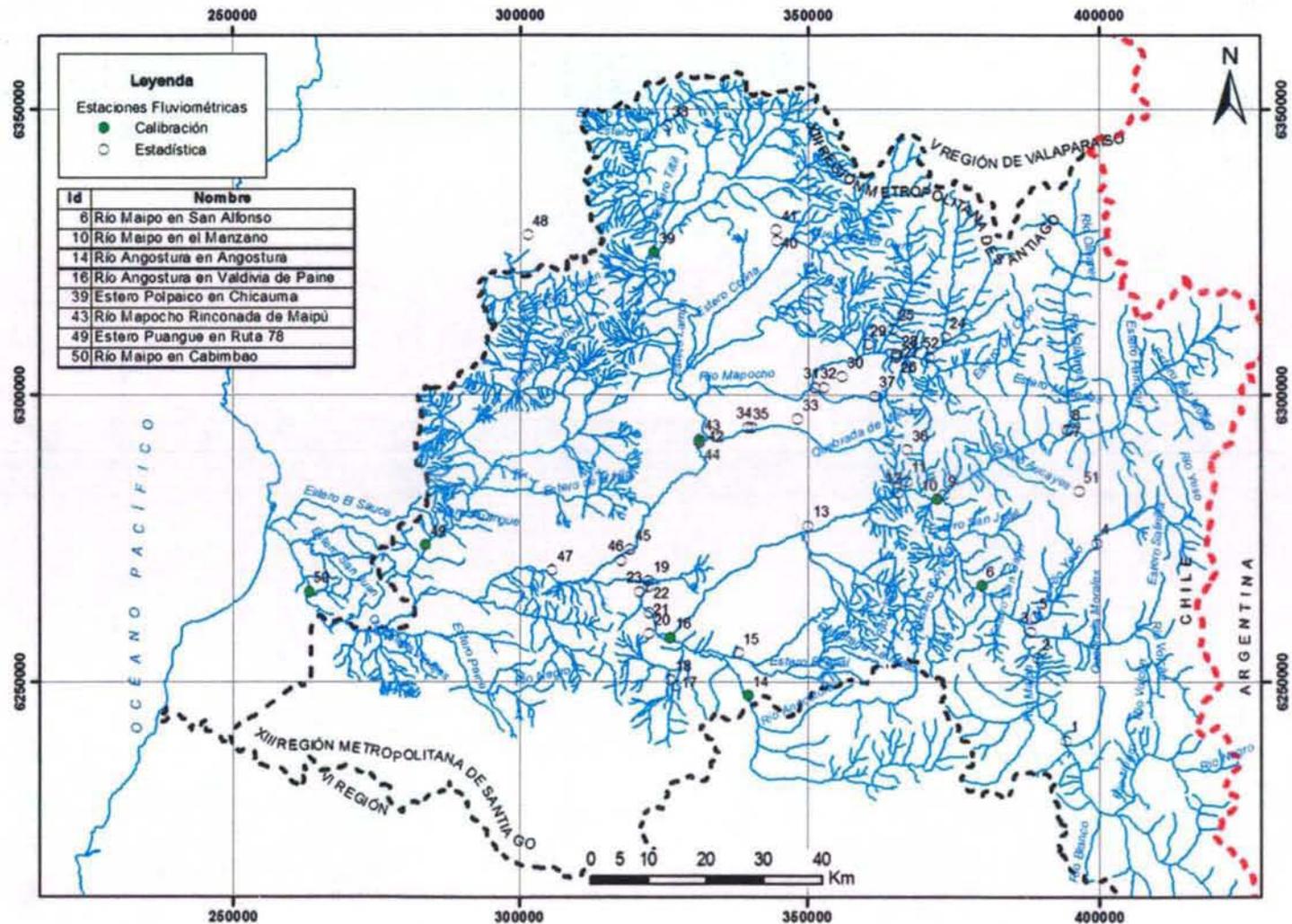
ESTACIÓN	ESTE [m]	NORTE [m]
Estación Maipo en San Alfonso	379639	6266811
Estación Maipo en el Manzano	372023	6281962
Estación Angostura en Angostura	339727	6247521
Estación Angostura en Valdivia de Paine	326258	6257608

ESTACIÓN	ESTE [m]	NORTE [m]
Estación Polpaico en Chicauma	323302	6325069
Estación Mapocho Rinconada de Maipú	331232	6292177
Estación Puangue en Ruta 78	283590	6273841
Estación Maipo en Cabimbao	263249	6265684

Fuente: Elaboración Propia

La Figura 5-30 muestra la ubicación de las estaciones fluviométricas, identificando aquellas utilizadas para calibración. Las estadísticas observadas en las estaciones de calibración se presentan en el Anexo 5.8.

Figura 5 - 30. Estaciones Fluviométricas



Fuente: Elaboración Propia

V.4.14 Pluviometría

Los datos de precipitaciones medias mensuales requeridas para la implementación del modelo MAGIC, son utilizados en la estimación de la escorrentía directa y percolación profunda en las zonas de riego mediante el modelo de escorrentía MPL incorporado en el MAGIC. Indirectamente, estos antecedentes son necesarios para la generación sintética de caudales en cuencas no controladas, ya sea a través del MPL o mediante algún otro modelo dependiendo del tipo de cuenca (pluvial o nivopluvial). De igual manera, estos datos se utilizaron en la determinación de la precipitación efectiva asociada al cálculo de las necesidades netas mensuales de cada zona de riego definida.

Para el análisis de las estadísticas de precipitación disponibles se consideraron tres fuentes distintas: la información observada proporcionada por la DGA en sus estaciones, el estudio MOS-MAIPO y el estudio PD MAIPO. En total, estas fuentes consideran 67 estaciones pluviométricas, cada una con diferente extensión en sus datos observados.

El Cuadro 5-35 muestra las 67 estaciones pluviométricas mencionadas anteriormente, indicando cual de las fuentes consideraba dicha estación.

Cuadro 5 – 35. Estaciones Pluviométricas Disponibles

ESTACIÓN	DGA	MOS-MAIPO	PD MAIPO
Angostura en Valdivia de Paine	*		*
Antupirén	*		*
Batuco Retén		*	*
Barrera Loncha			*
Caleu	*	*	*
Campus San Joaquín U.C.	*		*
Carmen de las Rosas	*	*	*
Casablanca		*	
Central La Ermita en Bocatoma	*		
Cerrillos de Leyda	*	*	*
Cerro Calán	*	*	*
Chada Hacienda		*	
Colliguay	*	*	
Curacaví		*	
El Bosque		*	
El Tránsito		*	
El Vergel	*		*
El Yeso Embalse	*	*	*
Estero Puangue en Ruta 78	*		*
Esmeralda de Colina		*	
Fundo Las Bateas	*		
Fundo Marruecos	*		*
Huechún Andina	*		*

ESTACIÓN	DGA	MOS-MAIPO	PD MAIPO
Huenchún Embalse	*		*
Huinganal Fundo		*	
Ibacache Alto	*		*
La Dehesa	*		*
La Ermita Bocatoma Central			*
La Florida		*	*
La Obra Recinto Emos	*	*	*
Laguna Aculeo	*	*	*
Las Bateas Fundo			*
Las Dos Puertas Fundo			*
Las Melosas	*	*	*
Loncha			*
Los Cerrillos		*	*
Los Guindos	*		*
Los Panguiles	*		*
Maitenes Bocatoma	*	*	*
Mallarauco	*		*
Melipilla	*	*	*
Peñaflor	*	*	*
Pirque	*		*
Polpaico		*	
Punta Panul San Antonio		*	*
Quebrada de Macul			*
Quebrada Ramón	*		*
Queltehues	*		*
Queltehues DMC		*	*
Rincón de Los Valles	*		*
Río Mapocho en Los Almendros	*		*
Río Mapocho Rinconada de Maipú			*
Rungue Embalse	*	*	*
San Alfonso	*	*	*
San Bernardo Seminario		*	
San Enrique de Bucalemu		*	
San Gabriel	*		*
San Jose de Maipo DMC		*	*
San José Retén	*	*	*
Santiago Quinta Normal		*	*
Santo Domingo		*	*
Talagante	*		*
Terraza Oficinas Centrales DGA	*	*	*
Til-Til	*		*
Tobalaba		*	*
Villa Alhué			*
Valle Hermoso		*	*

Fuente: Elaboración Propia

De las estaciones mencionadas anteriormente en el estudio MOS MAIPO, 22 fueron corregidas y extendidas hasta el año 1998, mientras que en el estudio PD MAIPO las mismas estaciones fueron extendidas hasta el año 2005, basándose tanto en nuevos datos observados como en correlación con otras estaciones. Las 22 estaciones mencionadas se muestran en el Cuadro 5-36.

Cuadro 5 - 36. Estaciones Pluviométricas Extendidas

ESTACIÓN	ALTITUD	ESTE	NORTE
Carmen de las Rosas	165	300891	6262748
Casablanca	230	274815	6310469
Cerrillos de Leyda	180	267326	6275900
Chada Hacienda	400	345689	6247153
Colliguay	490	299821	6327912
Curacaví	167	309178	6300111
El Tránsito	370	345509	6258243
El Yeso Embalse	2475	399676	6274009
Esmeralda de Colina	550	344411	6326628
Huinganal Fundo	830	360193	6310231
La Florida	665	355898	6286134
La Obra Recinto Emos	820	363887	6283020
Laguna Aculeo	360	326563	6249318
Maitenes Bocatoma	1200	382938	6289380
Punta Panul San Antonio	63	255347	6282251
Queltehues DMC	1450	387394	6257448
Rungue Embalse	675	321828	6345066
San Bernardo Seminario	573	340480	6282198
San Enrique de Bucalemu	160	245299	6252397
Santiago Quinta Normal	530	342195	6297851
Santo Domingo	66	256500	6276650
Tobalaba	640	354590	6298046

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente, de las estaciones mencionadas anteriormente, se seleccionaron 13, las cuales debido a su ubicación dentro de la cuenca y cercanía a las zonas de riego y sectores urbanos se asociaron a cada una, tal como se muestra en el Cuadro 5-37, y cuyas estadísticas se presentan en el Anexo 5.9.

Cuadro 5 - 37. Estaciones Pluviométricas por Zona

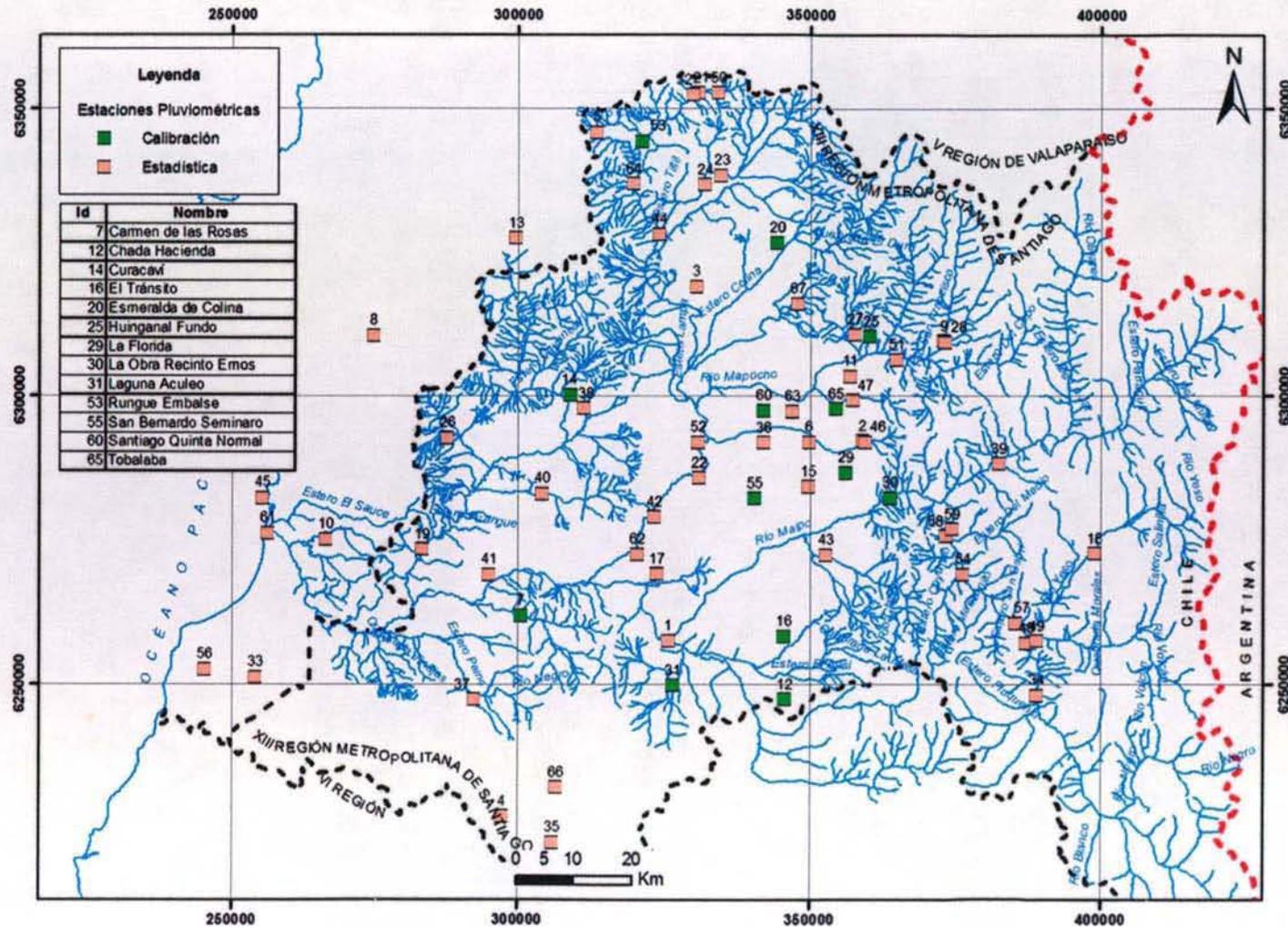
Zona de Riego	Estación
SU-01	Tobalaba
SU-02	Tobalaba
SU-03	Santiago Quinta Normal
SU-04	Santiago Quinta Normal
SU-05	Santiago Quinta Normal
ZR-01	La Florida
ZR-02	Esmeralda de Colina

Zona de Riego	Estación
ZR-03	Santiago Quinta Normal
ZR-04	La Obra
ZR-05	San Bernardo Seminario
ZR-06	San Bernardo Seminario
ZR-07	San Bernardo Seminario
ZR-08	El Tránsito
ZR-09	Laguna Aculeo
ZR-10	Laguna Aculeo
ZR-11	Chada Hacienda
ZR-12	Chada Hacienda
ZR-13	Chada Hacienda
ZR-14	Chada Hacienda
ZR-15	Chada Hacienda
ZR-16	Chada Hacienda
ZR-17	Laguna Aculeo
ZR-18	Laguna Aculeo
ZR-19	Laguna Aculeo
ZR-20	Laguna Aculeo
ZR-21	Laguna Aculeo
ZR-22	Carmen de las Rosas
ZR-23	Huinganal Fundo
ZR-24	Huinganal Fundo
ZR-25	Santiago Quinta Normal
ZR-26	Santiago Quinta Normal
ZR-27	Esmeralda de Colina
ZR-28	Rungue Embalse
ZR-29	Rungue Embalse
ZR-30	Rungue Embalse
ZR-31	Rungue Embalse
ZR-32	Santiago Quinta Normal
ZR-33	Santiago Quinta Normal
ZR-34	San Bernardo Seminario
ZR-35	San Bernardo Seminario
ZR-36	San Bernardo Seminario
ZR-37	Carmen de las Rosas
ZR-38	Carmen de las Rosas
ZR-39	Carmen de las Rosas
ZR-40	Carmen de las Rosas
ZR-41	Carmen de las Rosas
ZR-42	Carmen de las Rosas
ZR-43	Curacaví
ZR-44	Curacaví
ZR-45	Curacaví
ZR-46	Santiago Quinta Normal

Fuente: Elaboración Propia

La Figura 5-31 muestra la ubicación de las estaciones pluviométricas.

Figura 5 - 31. Estaciones Pluviométricas



Fuente: Elaboración Propia

V.4.15 Captaciones Puntuales

A través de este objeto, MAGIC permite la representación de la demanda superficial de un determinado caudal mensual desde un punto del sistema en estudio, dependiendo de la disponibilidad de agua existente en dicho punto. Parte del caudal captado percola hacia el acuífero y otra parte puede retornar hacia el sistema superficial. Para implementar las captaciones puntuales se requiere antecedentes respecto a la identificación de la captación, la distribución mensual de los caudales captados, especificación de la percolación y de los retornos asociados a las captaciones existentes.

En este punto se destacan dos tipos de captaciones: Aguas Potable e Industrial.

V.4.15.1 Agua Potable

La información acerca de las captaciones superficiales de agua potable fueron obtenidas basándose en información del *estudio PD MAIPO*, los Planes de Desarrollo de la empresas sanitarias en las comunas dentro de la cuenca y el conocimiento de este consultor acerca de la ubicación de cada una de ellas.

La ubicación de cada captación se realizó mediante la utilización de GoogleEarth, gracias al conocimiento de este consultor y las descripciones del lugar de captación obtenido de las fuentes mencionadas anteriormente. Basándose en esas mismas fuentes de información se obtuvo la estimación del caudal captado para los meses del año 2005.

El Cuadro 5-38 presenta un resumen con el caudal captado por cada empresa sanitaria desde los diferentes cursos de agua..

Cuadro 5 - 38. Caudal captado (l/s)

EMPRESA	FUENTE	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Aguas Andinas S.A.	Río Maipo	1950*	19016	14881	11167	8189	6673	7080	6779	6982	7530	10102	17040	19906
Aguas Andinas S.A.	Embalse El Yeso	1950*	0	3564	6299	8435	7916	5978	5381	7924	4658	2567	0	0
Aguas Andinas S.A.	Laguna Negra	1890**	1087	862	703	664	685	746	726	821	985	1205	1380	1505
Aguas Andinas S.A.	Quebrada Ramón	1950*	91	85	67	49	65	88	122	156	173	163	135	108
Aguas Cordillera S.A.	Estero Arrayán	1979**	188	184	164	150	136	136	136	136	151	166	182	202
Aguas Cordillera S.A.	Embalse La Dehesa	1978**	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
Aguas Cordillera S.A.	Río Mapocho	1979**	1393	1046	854	686	908	925	1186	1186	1248	1305	1371	1449
Aguas Cordillera S.A.	Canal Las Perdices	1979**	1053	1053	1053	1053	1053	1053	1053	1053	1053	1053	1053	1053
Aguas Manquehue S.A.	Río Mapocho (Canal La Dehesa)	1979*	180	159	85	42	14	15	19	19	80	136	180	180
Aguas Manquehue S.A.	Estero Las Hualtatas	1979*	70	69	57	49	73	96	124	180	177	127	103	82
Aguas Los Domínicos S.A.	Río Mapocho (Canal El Bollo)	1979*	184	197	170	169	149	143	132	131	139	139	178	193
ESVAL S.A.	Río Maipo	1988***	474	614	414	386	323	191	201	203	328	324	425	481
COOPAGUA Ltda.	Río Maipo	1997**	116	117	69	58	33	23	25	26	41	54	84	98

Fuente: Estudio PD MAIPO, Planes de Desarrollo y Elaboración Propia

- * Año estimado según conocimiento del consultor y requerimiento del modelo
- ** Año obtenido de la fecha de resolución de derechos de agua
- *** Año proporcionado por ESVAL S.A.

V.4.15.2 Industrial

En relación con las captaciones de agua potable para uso industrial, la única fuente disponible corresponde a la información proporcionada en el estudio PD MAIPO, en la cual se realiza un análisis de la demanda por subcuenca, proporcionando la demanda neta y bruta para el año 2005.

En el Cuadro 5-39 se muestran los valores mencionados anteriormente para cada una de las subcuencas:

Cuadro 5 - 39. Captaciones Industriales

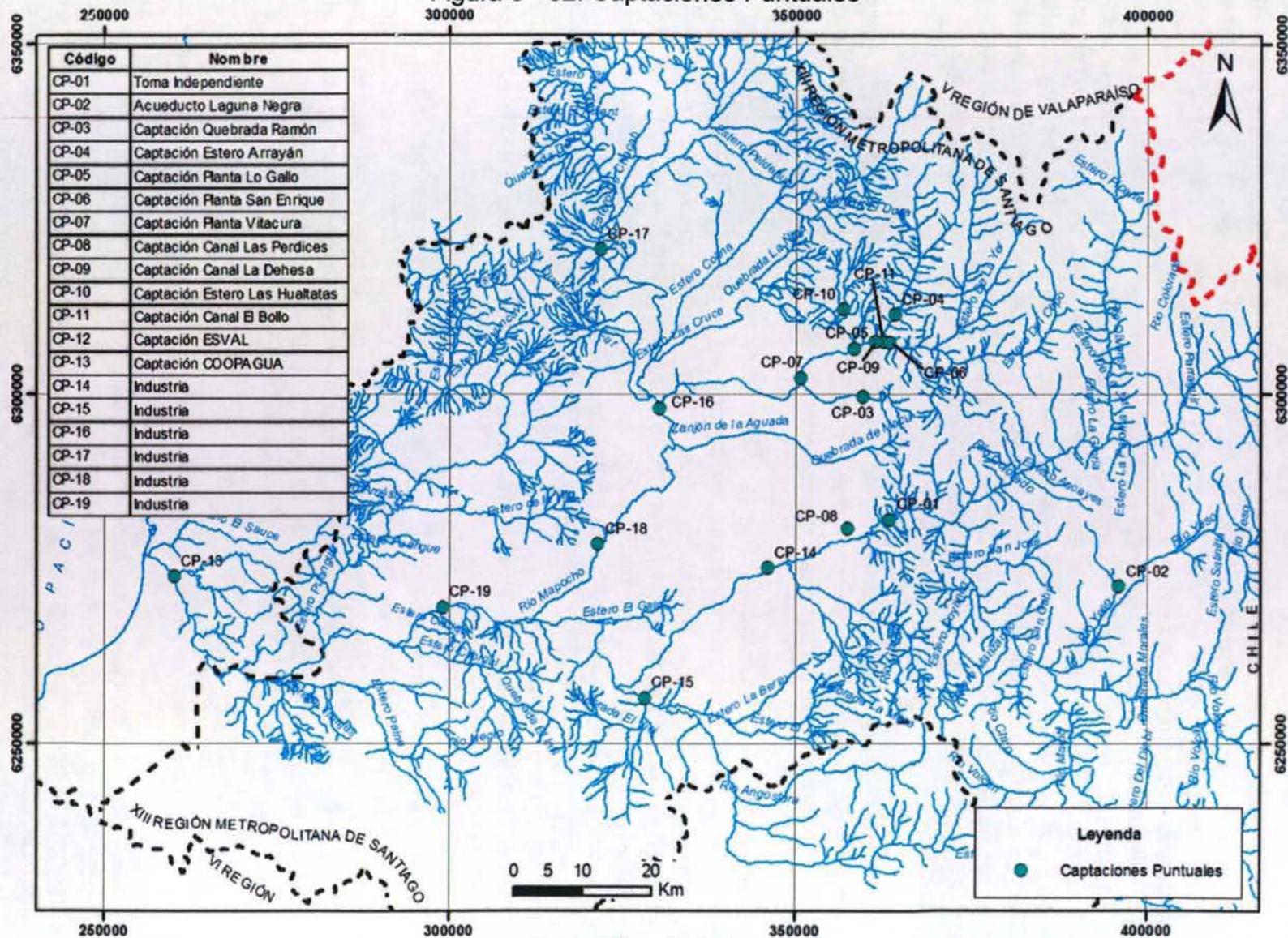
Sector o Subcuenca	Demanda Neta		Demanda Bruta	
	(m³/mes)	(l/s)	(m³/mes)	(l/s)
Río Maipo Aguas Arriba Río Mapocho	266.339	103	405.899	157
Estero Angostura	44.422	17	55.539	21
Río Mapocho Aguas Arriba Zanjón de La Aguada	13.609.563	5.251	22.312.525	8.608
Estero Lampa	1.784.490	688	3.451.094	1.331
Río Mapocho Aguas Abajo Zanjón de La Aguada	755.262	291	940.796	363
Río Maipo Aguas Abajo Río Mapocho	31.831	12	40.418	16
<i>Total</i>	<i>16.491.908</i>	<i>6.363</i>	<i>27.206.271</i>	<i>10.496</i>

Fuente: Estudio PD MAIPO

Para efectos de la modelación, el caudal asociado a cada tramo ha sido asignado a un único nodo, dada la imposibilidad de conocer el punto exacto de la captación de cada industria. Este caudal ha sido ingresado en una primera instancia para todo el período de simulación, considerándose como uno más de los parámetros de calibración.

La Figura 5-32 muestra la ubicación de cada una de las captaciones, diferenciando aquellas de uso Potable o Industrial.

Figura 5 - 32. Captaciones Puntuales



Fuente: Elaboración Propia

V.5 CALIBRACIÓN Y RESULTADOS

El proceso de calibración consistió en una minuciosa revisión de los resultados entregados por MAGIC, con el fin de reproducir de la mejor manera posible la realidad hídrica del sistema del Río Maipo, por medio del ajuste de los parámetros del sistema. Dicho proceso se realizó considerando los estudios anteriormente desarrollados, así como también la observación en terreno de la cuenca y la experiencia del consultor en este tema.

La información utilizada en la modelación abarca el período 1950 – 2004, pero en general más ajustada a la realidad actual de la cuenca, como es el caso de las zonas de riego, cuya distribución espacial es coherente con la situación observada el año 2006. Es decir, el modelo en general, y sobre todo desde el punto de vista de los balances superficiales, presenta un mejor ajuste y por ende es más representativo de las últimas décadas del período completo de simulación (desde los años 80 en adelante).

De acuerdo con lo anterior, el modelo por lo tanto, resulta adecuado para la simulación de escenarios futuros de riego, necesitándose sólo la modificación de la oferta hidrológica para los escenarios deseados.

Por otro lado, debe enfatizarse que la información sobre estadística fluviométrica disponible en la cuenca es muy pobre, existiendo en el caso del río Maipo estaciones sólo en la parte alta de la cuenca, a excepción de la estación Maipo en Cabimbao. En cuanto al río Mapocho, sólo es posible utilizar la estación Mapocho en Rinconada de Maipú en el proceso de calibración, ya que la estación Mapocho en Los Almendros se utilizó en la generación de caudales en las cuencas de cabecera.

Lo anterior es un aspecto importante a considerar al momento de analizar e interpretar los resultados y ajustes realizados que se presentan en los puntos siguientes.

Con respecto a la calibración en sí, hay tres aspectos fundamentales para analizar en esta etapa: la componente superficial, la componente subterránea del sistema y los retornos tanto superficiales como subterráneos que recibe el cauce a lo largo de la cuenca. Todas fueron abordadas de manera independiente, según se explicará a continuación, integrando las ideas desarrolladas de ambos procesos en una discusión general sobre las virtudes y defectos de la aplicación.

V.5.1 Calibración y Resultados Componente Superficial

Los elementos superficiales que inciden directamente en la modelación del sistema, de acuerdo a la configuración topológica de la cuenca, corresponden a los canales de regadío y zonas de riego, por lo tanto, la calidad de la simulación de estos elementos incide directamente en el resultado final. Así mismo, desde el punto de vista de la cuantificación de los caudales estimados, tiene especial importancia la

magnitud de los caudales aportantes, tanto de aportes naturales como cuencas laterales, al sistema.

Las estaciones fluviométricas utilizadas para la etapa de calibración son las siguientes:

- Río Angostura en Valdivia de Paine
- Estero Puangue en Ruta 78
- Río Mapocho en Rinconada de Maipú
- Río Maipo en Cabimbao

Estaciones como Mapocho en Los Almendros, Maipo en el Manzano o Maipo en San Alfonso no fueron utilizadas en el proceso de calibración, ya que fueron utilizadas en el proceso de generación de caudales en las cuencas de entrada, por lo que su ajuste siempre resulta satisfactorio.

De esta manera, se presentan a continuación los resultados gráficos, así como parámetros estadísticos de ajuste para cada una de las estaciones.

V.5.1.1 Estación Río Angostura en Valdivia de Paine (Nodo NO-052)

Esta estación está ubicada en el Río Angostura en la segunda sección del Río Maipo, aguas arriba de la confluencia entre ambos. La información observada en esta estación corresponde al año 1981 en adelante.

El ajuste realizado durante el proceso de calibración para esta estación incluyó la necesidad de aumentar los flujos superficiales estimados, puesto que existían diferencias importantes entre el caudal observado y el modelado por MAGIC.

Para lo anterior, se procedió en primer lugar a modificar la permeabilidad vertical del lecho del Río Angostura, reduciendo la magnitud de las percolaciones. Además se aumentó el coeficiente de derrames en las zonas de riego a un valor igual al 80% de las pérdidas del agua de riego.

Además de lo anterior, un cambio significativo resultó ser la modificación de los conectores de afloramiento de cada uno de los acuíferos de la cuenca del Río Angostura, ubicándolos en nodos físicamente más realistas.

A continuación, se presentan resultados referentes al periodo 1981-1999.

Figura 5 - 33. Serie Q Medios Mensuales Original Río Angostura en Valdivia de Paine

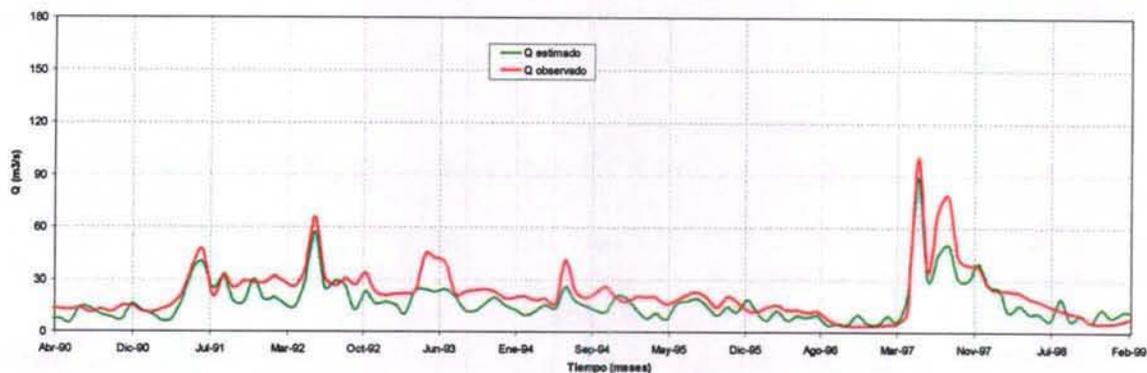
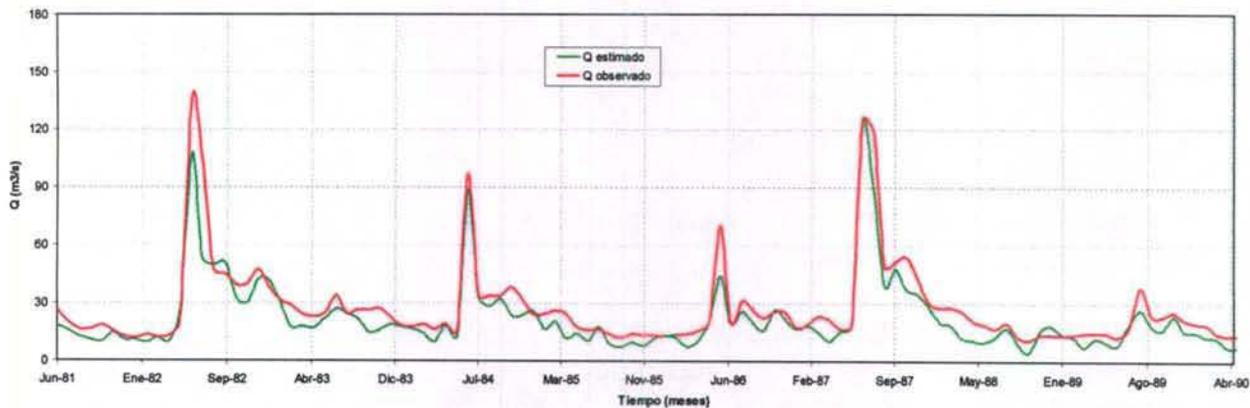
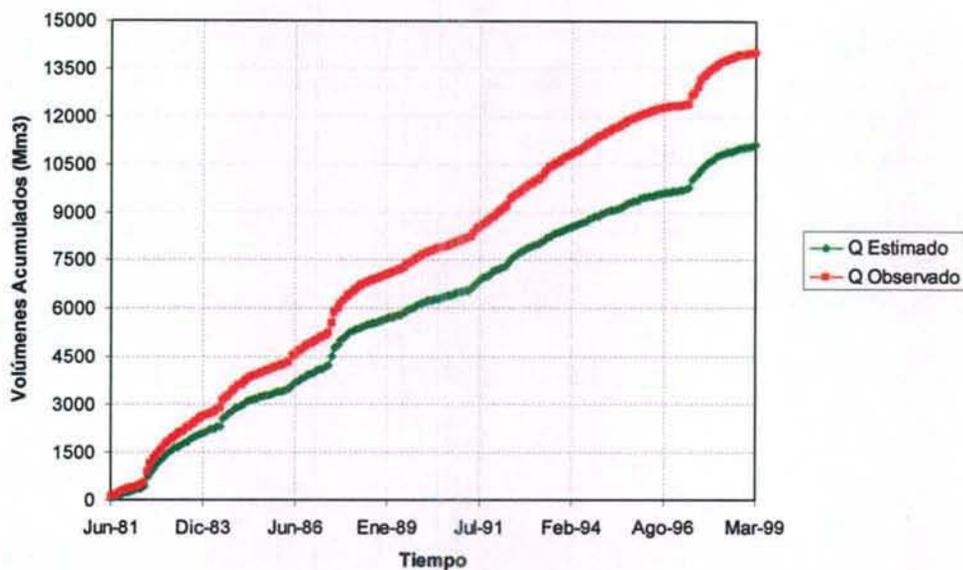


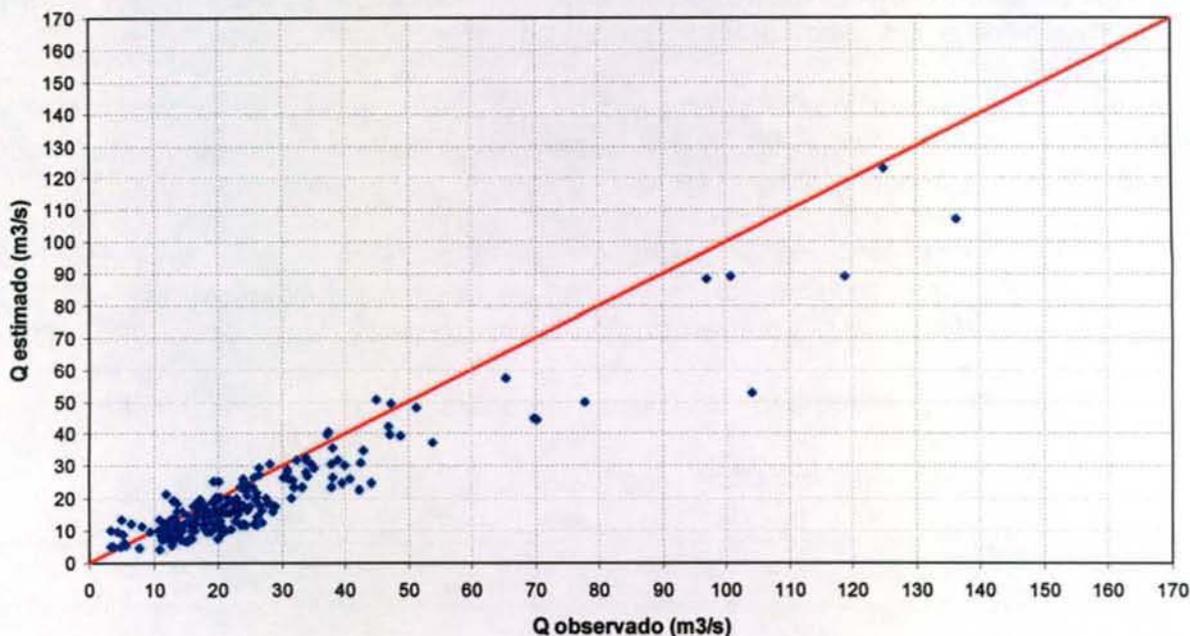
Figura 5 - 34. Series de Volúmenes Acumulados. Río Angostura en Valdivia de Paine



La relación entre los volúmenes acumulados obtenidos desde los caudales simulados y observados, al final del período de modelación es la siguiente:

$$\frac{\text{Volumen Acumulado Estimado Final}}{\text{Volumen Acumulado Observado Final}} = 0.79$$

Figura 5 - 35. Dispersión – Series Completas – Río Angostura en Valdivia de Paine



Cuadro 5 - 40. Indicadores Estadísticos Modelación en Río Angostura en Valdivia de Paine

INDICADORES ESTADÍSTICOS			
	Q OBS (m3/s)	Q EST (m3/s)	ERROR (m3/s)
MÍNIMO	3.4	4.3	0.0
MÁXIMO	136.3	123.3	51.5
PROMEDIO	24.9	19.8	6.2
COEF. R2	0.88		
COEF. RMS	8.628		
COEF. RMS NORM.	6.49%		
ERROR TÍPICO	7		
DESVIACIÓN EST	216		

Fuente: Elaboración Propia

Al observar los resultados se aprecia una tendencia similar a los datos observados, pero siempre con valores menores, lo que se refleja claramente en la Figura 5-34. Esta situación puede deberse a problemas en los caudales generados en las

cuencas aportantes al Río Angostura y sus afluentes, ya que la magnitud de los valores de derrames y afloramientos en la zona son razonables según la realidad del sistema.

V.5.1.2 Estación Estero Puangue en Ruta 78 (Nodo NO-127)

Esta estación se ubica en el Estero Puangue, a unos 10 km aguas arriba de su confluencia con el Río Maipo. La información disponible en esta estación es poco extensa, abarcando desde el año 1986 en adelante.

El ajuste realizado durante el proceso de calibración para esta estación incluyó la necesidad de aumentar los flujos superficiales estimados, puesto que existían diferencias importantes entre el caudal observado y el modelado por MAGIC.

En este caso se procedió en forma similar al caso de la estación Angostura en Valdivia de Paine, reduciendo los valores de la permeabilidad vertical del lecho y aumentando el coeficiente de derrame de los sectores de riego correspondientes.

A continuación, se presentan resultados referentes al período 1986-1999.

Figura 5 - 36. Serie Q Medios Mensuales Original Estero Puangue en Ruta 78

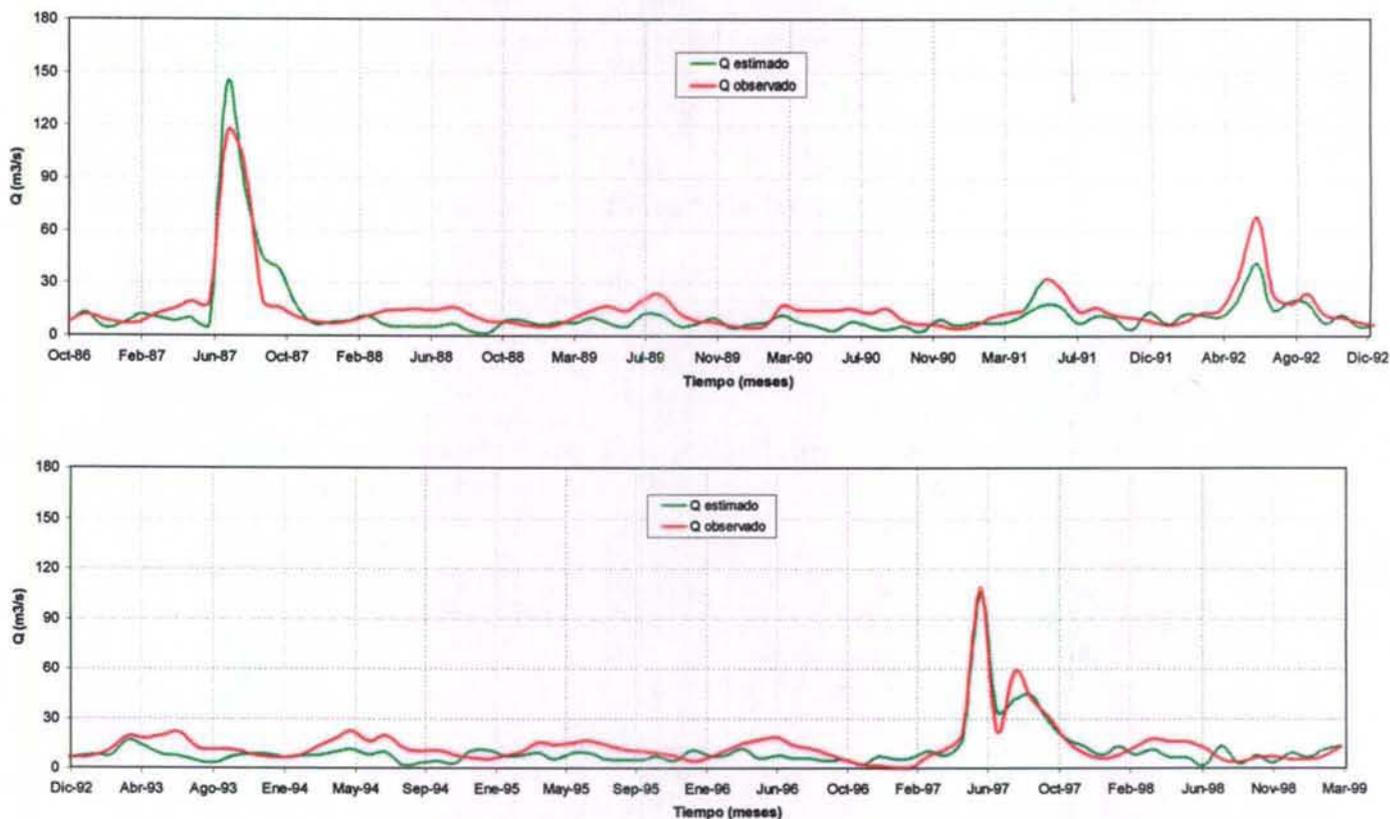
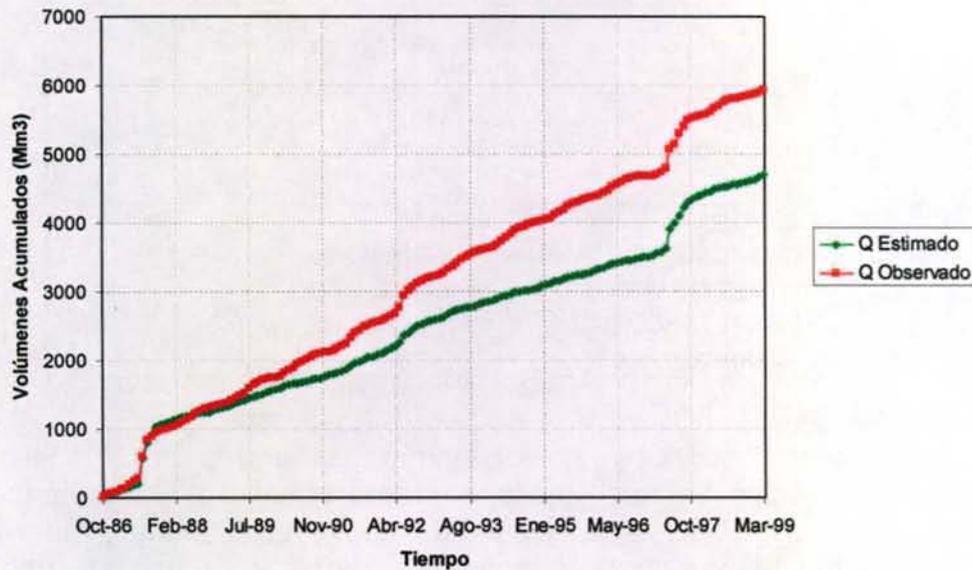


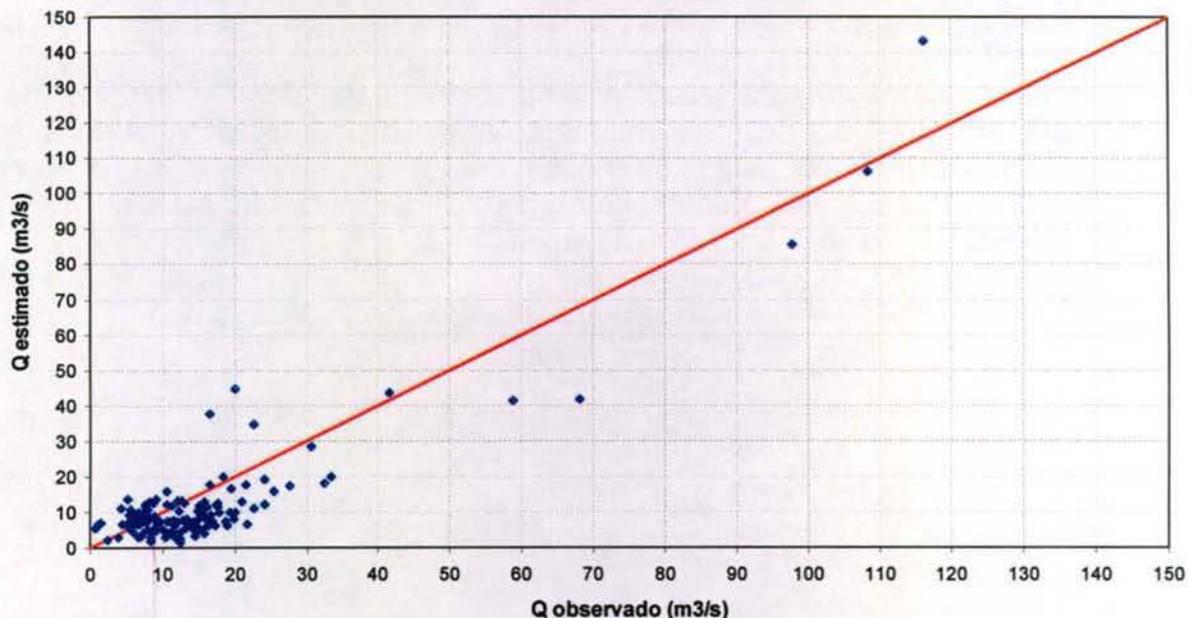
Figura 5 - 37. Series de Volúmenes Acumulados. Estero Puangue en Ruta 78



La relación entre los volúmenes acumulados obtenidos desde los caudales simulados y observados, al final del período de modelación es la siguiente:

$$\frac{\text{Volumen Acumulado Estimado Final}}{\text{Volumen Acumulado Observado Final}} = 0.79$$

Figura 5 - 38. Dispersión – Series Completas – Estero Puangue en Ruta 78



Cuadro 5 - 41. Indicadores Estadísticos Modelación en Estero Puangue en Ruta 78

INDICADORES ESTADÍSTICOS			
	Q OBS (m3/s)	Q EST (m3/s)	ERROR (m3/s)
MÍNIMO	0.8	1.5	0.0
MÁXIMO	116.2	143.3	27.1
PROMEDIO	15.0	11.9	5.8
COEF. R2	0.83		
COEF. RMS	7.611		
COEF. RMS NORM.	6.60%		
ERROR TÍPICO	7		
DESVIACIÓN EST	109		

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 5-36 se observa que no existen grandes errores en las tendencias de la estadística, incluso los valores peaks se representan en forma adecuada. Sin embargo, al igual que lo ocurrido en el Río Angostura, la estimación se encuentra siempre por debajo de los valores observados, haciendo clara una falta de agua en la cuenca, la cual no es atribuible ni a los derrames y a los afloramientos, los cuales se encuentran dentro de los valores esperados en el sector.

Posiblemente esta situación se deba a algún problema con los caudales generados en las cuencas aportantes al Estero Puangue y sus afluentes.

V.5.1.3 Estación Río Mapocho en Rinconada de Maipú (Nodo NO-102)

Esta estación se ubica en el Río Mapocho, aguas debajo de la desembocadura del Zanjón de la Aguada. Se dispone de información en la estación a partir del año 1960

Para lograr el ajuste de esta estación se procedió a modificar los valores de la permeabilidad del lecho, logrando menores niveles de percolación de las aguas superficiales. Además se asignaron nodos de afloramiento para los diferentes acuíferos dentro de la cuenca, logrando en particular, representar los afloramientos que se producen en el sector del estero Lampa.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para esta estación.

Figura 5 - 39. Serie Q Medios Mensuales Original Río Mapocho en Rinconada de Maipú

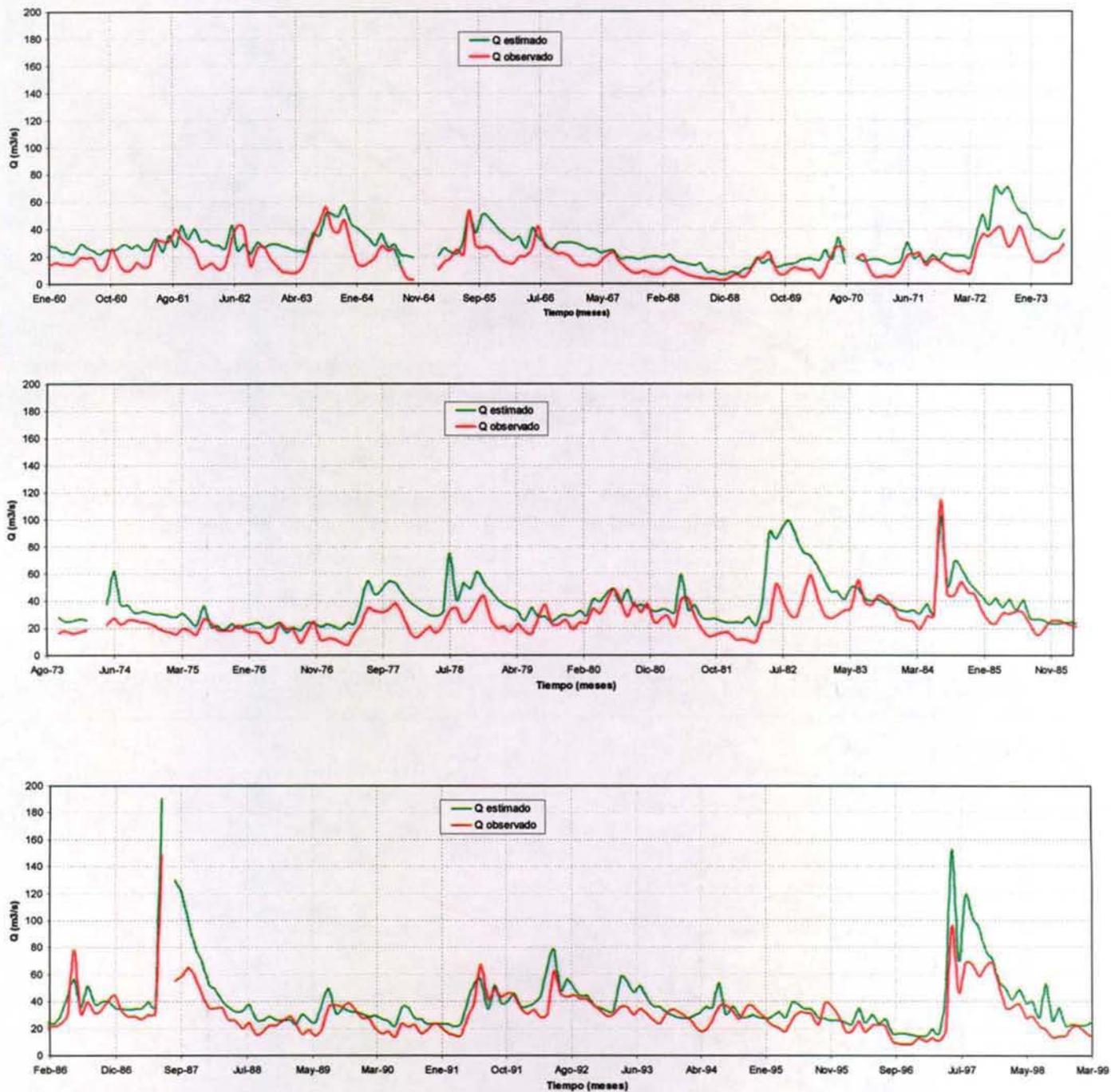
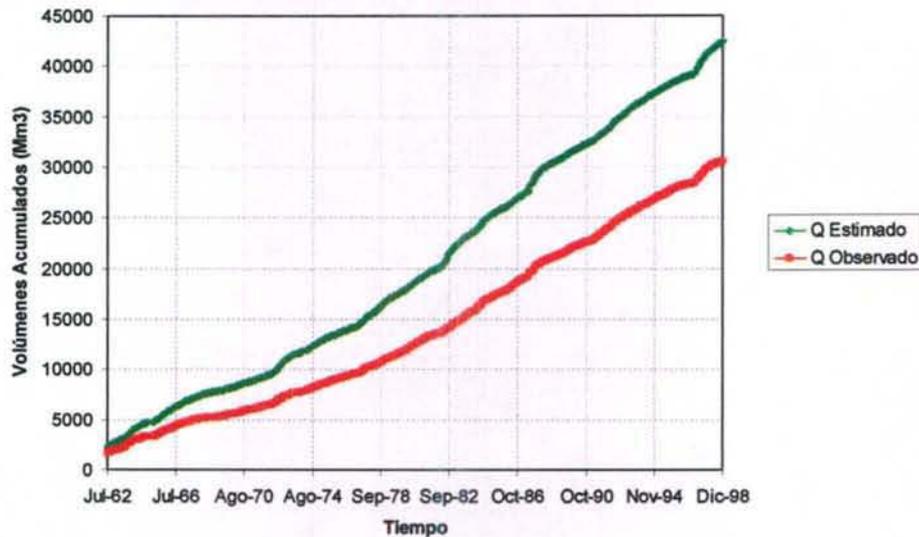


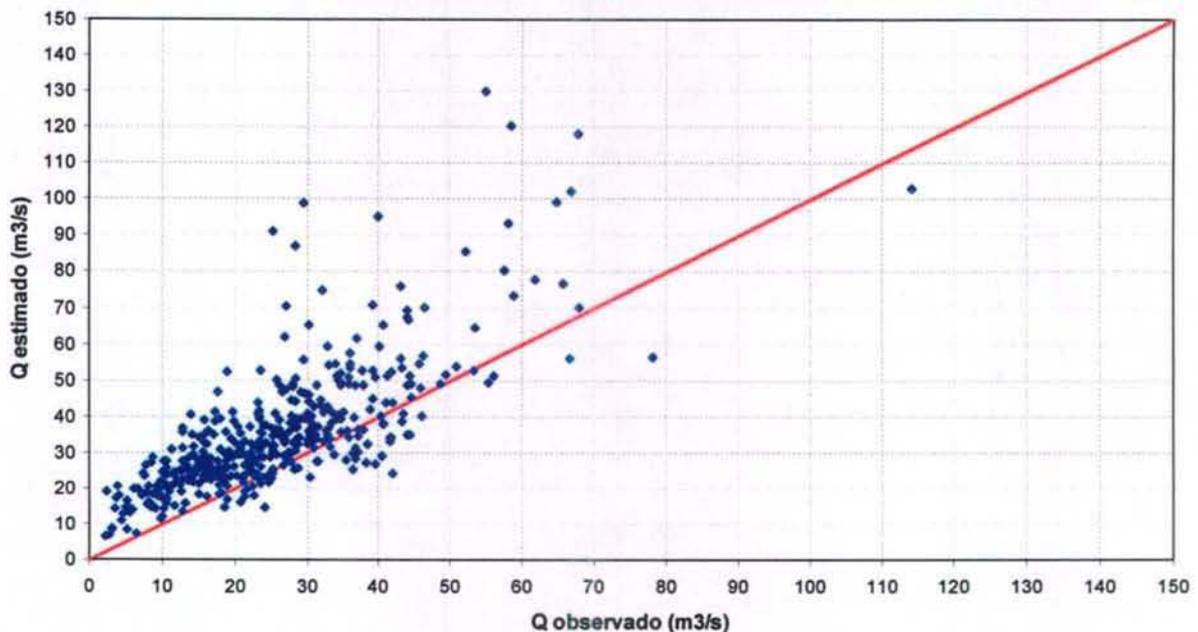
Figura 5 - 40. Series de Volúmenes Acumulados. Río Mapocho en Rinconada de Maipú



La relación entre los volúmenes acumulados obtenidos desde los caudales simulados y observados, al final del período de modelación es la siguiente:

$$\frac{\text{Volumen Acumulado Estimado Final}}{\text{Volumen Acumulado Observado Final}} = 1.39$$

Figura 5 - 41. Dispersión – Series Completas – Río Mapocho en Rinconada de Maipú



Cuadro 5 - 42. Indicadores Estadísticos Modelación en Río Mapocho en Rinconada de Maipú

INDICADORES ESTADÍSTICOS			
	Q OBS (m3/s)	Q EST (m3/s)	ERROR (m3/s)
MÍNIMO	2.2	6.6	0.0
MÁXIMO	149.1	190.4	75.1
PROMEDIO	25.3	35.0	11.0
COEF. R2	0.66		
COEF. RMS	14.924		
COEF. RMS NORM.	10.2%		
ERROR TÍPICO	9		
DESVIACIÓN EST	557		

Fuente: Elaboración Propia

La Figura 5-39 muestra la simulación realizada en relación con la estadística real, observándose una tendencia en general adecuada, pero con valores peak excesivamente altos, lo cual explica lo mostrado en la Figura 5-40 y hace que los coeficientes de ajustes alcancen valores más desfavorables de lo esperado.

V.5.1.4 Estación Río Maipo en Cabimbao (Nodo NO-133)

Esta estación está ubicada en el Río Maipo, a unos 15 km de su desembocadura en el Océano Pacífico y representa la última estación fluviométrica dentro de la cuenca. La información disponible en esta estación abarca desde el año 1979 en adelante.

El ajuste en esta estación fue logrado básicamente mediante los ajustes en las demás estaciones de calibración, sin necesidad de realizar algún tipo de intervención en la zona baja del río Maipo.

Los resultados gráficos y numéricos se presentan a continuación.

Figura 5 - 42. Serie Q Medios Mensuales Original Río Maipo en Cabimbao

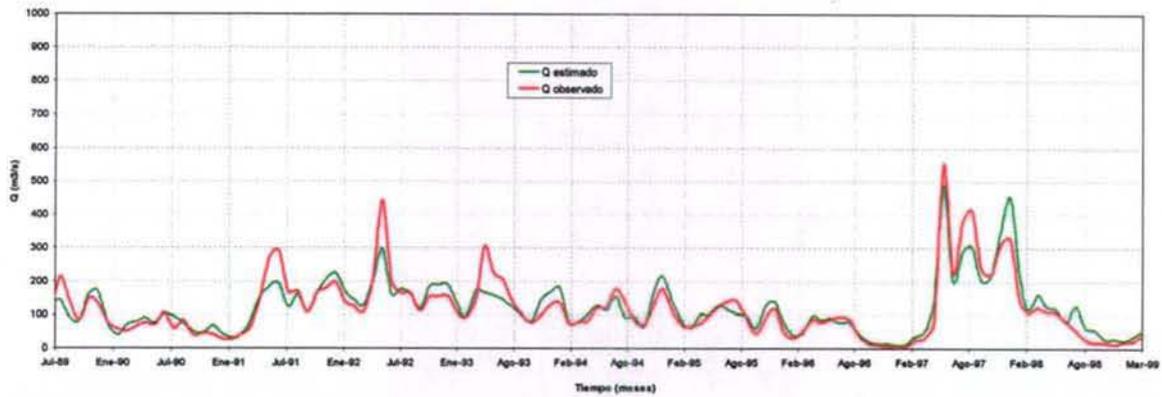
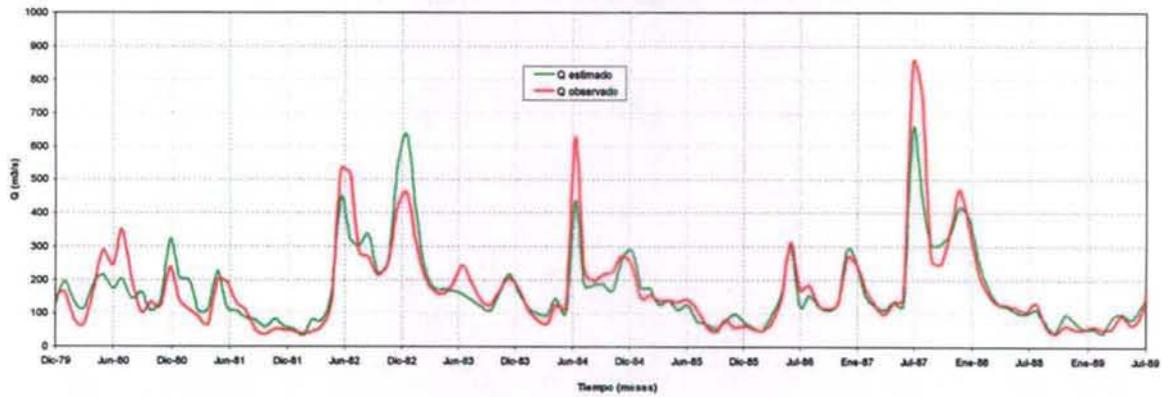
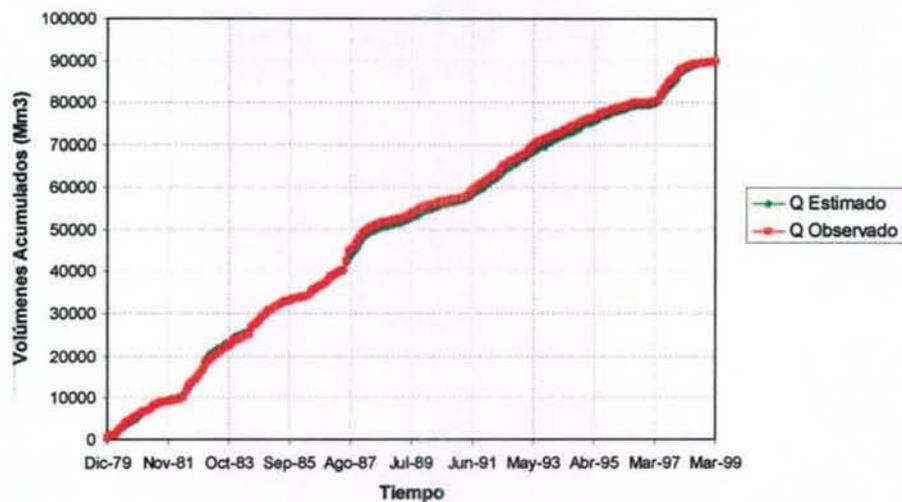


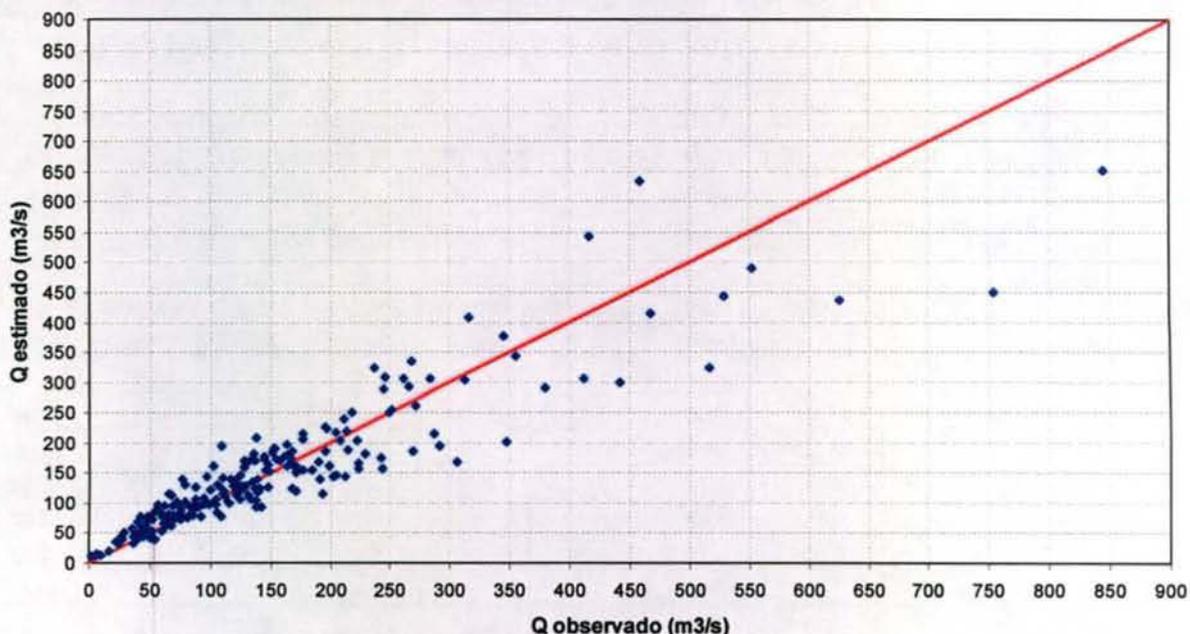
Figura 5 - 43. Series de Volúmenes Acumulados. Río Maipo en Cabimbao



La relación entre los volúmenes acumulados obtenidos desde los caudales simulados y observados, al final del período de modelación es la siguiente:

$$\frac{\text{Volumen Acumulado Estimado Final}}{\text{Volumen Acumulado Observado Final}} = 1.00$$

Figura 5 - 44. Dispersión – Series Completas – Río Maipo en Cabimbao



Cuadro 5 - 43. Indicadores Estadísticos Modelación en Río Maipo en Cabimbao.

INDICADORES ESTADÍSTICOS			
	Q OBS (m3/s)	Q EST (m3/s)	ERROR (m3/s)
MÍNIMO	2.4	12.1	0.2
MÁXIMO	845.5	652.2	305.0
PROMEDIO	147.3	147.9	31.1
COEF. R2	0.83		
COEF. RMS	49.790		
COEF. RMS NORM.	5.9%		
ERROR TÍPICO	50		
DESVIACIÓN EST	8079		

Fuente: Elaboración Propia

Esta estación, al estar ubicada en la salida de la cuenca, entrega una visión global del comportamiento del modelo, considerando todas las intervenciones que posee la cuenca. El ajuste mostrado en la Figura 5-43 muestra una simulación adecuada de los sucesos que afectan a la cuenca, observando claras diferencias solamente en las situaciones peak, en las cuales el caudal simulado es superior en algunos casos e inferior en otros, no mostrando una tendencia clara de déficit o exceso del recurso,

sino mas bien mostrando una dificultad del modelo para acomodarse a eventos extremos o con baja probabilidad de excedencia.

Si bien el ajuste que se observa es adecuado para todo el período simular, se debe destacar que para el período 1983 – 1999 los coeficientes R^2 y RMS NORM presentan valores de 0.87 y 5.93%, respectivamente, corroborando que el ajuste más adecuado se presenta en las últimas décadas de la simulación debido a la mayor cantidad de información disponible para representar las características del riego.

A continuación, se presenta un esquema de los balances de volumen superficiales, para cada sección, obtenidos en base a los resultados que ha entregado MAGIC.

Cuadro 5 - 44. Resultados Balance Superficial por Sección

ENTRADAS	1 MAIPO [m3/s]	2 MAIPO [m3/s]	3 MAIPO [m3/s]	1 MAPO [m3/s]	2 MAPO [m3/s]	3 MAPO [m3/s]	4 MAPO [m3/s]	5 MAPO [m3/s]
Aportes Naturales	111.18	5.61	2.00	7.52	2.87	0.00	0.00	0.00
Cuencas Laterales	1.44	7.38	6.73	0.47	3.49	0.09	0.09	0.14
Retorno CH	55.22	0.00	0.00	0.00	11.64	0.00	0.00	0.00
Descarga Puntual	0.41	1.78	0.05	0.01	9.65	0.26	0.00	0.18
Afloramientos	0.00	8.60	25.49	1.81	59.02	0.00	5.65	8.87
Retorno CP	0.00	0.20	0.26	0.00	8.99	0.00	0.00	0.36
Retornos ZR	2.38	12.81	10.94	0.28	4.15	0.87	0.57	0.10
Retornos SU	0.00	0.00	0.00	0.00	5.38	0.00	0.00	0.00
Entrega Embalses	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Filtración Embalses	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Rebase Embalses	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Aporte Canal San Carlos	0.00	0.00	0.00	0.00	4.90	0.00	0.00	0.00
SALIDAS								
Captación CH	-47.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Captación Puntual	-16.06	-0.04	-0.26	-0.98	-9.07	0.00	0.00	-0.36
Entrega Canales	-53.00	-8.84	-11.98	-0.03	-4.74	-6.99	-5.76	-2.12
BALANCE RÍOS								
Entrada	0.00	53.73	117.60	0.00	2.57	34.88	29.12	29.61
Salida	-53.73	-80.76	-109.93	-2.57	-34.88	-29.12	-29.61	-36.73
Percolación	-0.28	-0.16	-40.55	-6.00	-63.66	-0.03	-0.03	-0.04
TOTAL	0.38	0.30	0.34	0.52	0.31	-0.03	0.02	0.01

Fuente: Elaboración Propia

V.5.2 Calibración y Resultados Componente Subterránea

Para el caso de la componente subterránea, no existían antecedentes previos sobre cuantificación tanto de flujos subterráneos, como recuperaciones desde los acuíferos, por lo que en este punto sólo se consideró la variación de los coeficientes de permeabilidad vertical del lecho del río en función las condiciones del suelo existente en cada zona. Dicha variación fue parte del proceso de calibración, cuyos resultados superficiales fueron presentados en el punto anterior.

De acuerdo a la experiencia del consultor, fue posible establecer rangos de coeficientes de permeabilidad vertical por secciones de ríos, siendo estos mayores para las zonas altas de la cuenca, y particularmente bajos en la zona de Lampa y Colina, Angostura, Puangue y la desembocadura, puesto que es conocida la mala calidad del drenaje en estas zonas, en particular las zonas de Colina y Angostura.

Dichas referencias fueron utilizadas como restricciones para estas zonas, variando así las permeabilidades verticales en toda la cuenca respetando esta condición física de los lechos que la forman.

Así, los valores adoptados finalmente, que contribuyeron a obtener los resultados presentados anteriormente, son los siguientes:

Cuadro 5 - 45. Coeficientes de permeabilidad vertical en el lecho utilizados en el modelo.

Sección	Kv (m/s)
Río Maipo antes de Angostura	1.00E-07
Río Angostura	1.00E-08
Río Maipo entre Angostura y Mapocho	1.00E-07
Río Mapocho antes de Estero Lampa	1.00E-04
Esteros Lampa, Colina y Batuco	Variable entre 1.00E-06 y 1.00E-04
Río Mapocho entre Lampa y Zanjón de la Aguada	7.83E-06
Zanjón de la Aguada	6.90E-05
Río Mapocho entre Zanjón de la Aguada y río Maipo	1.00E-07
Río Maipo entre Mapocho y Estero Puangue	1.00E-08
Estero Puangue	1.00E-08
Río Maipo entre Puangue y Desembocadura	Variable entre 1.00E-08 y 1.00E-05

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados obtenidos respecto a la recuperación de los acuíferos, han sido detallados para cada sección de la cuenca en el punto anterior.

VI. CAUDALES CON SEGURIDAD DE 50% Y 85% EN LAS ZONAS DE RECUPERACIÓN

VI.1. INTRODUCCIÓN

A través de la operación de los modelos de las cuencas Aconcagua y Maipo ya calibrados, se ha obtenido la estadística de caudales medios mensuales de las recuperaciones existentes en dichas cuencas. Con esta estadística, se realizó un análisis de frecuencia, mediante el método de Weibull, de manera de obtener los caudales asociados a la probabilidad de excedencia de 50% y 85%.

Desde el punto de vista de la presentación de los resultados, se ha considerado las recuperaciones en sus tres componentes: Recuperación por Afloramiento, Recuperación por Afloramiento Especial y Recuperación por Derrames de las Zonas de Riego. Cada una de estas recuperaciones puede ser distribuida en más de un nodo, según la distribución espacial que posea.

Los Afloramientos del acuífero corresponden al volumen de agua que no es capaz de ser almacenado, ya que se ha superado el volumen máximo del acuífero y por lo tanto, afloran hacia un cauce superficial. En adelante se llamará a éstos "Afloramientos Distribuidos".

Los afloramientos especiales se producen en la sección de entrada de un acuífero cuando el caudal subterráneo que llega al acuífero es mayor que es caudal máximo admisible en la sección de entrada. De esa manera, estos afloramientos se ubican puntualmente en la cabecera del elemento acuífero correspondiente, siendo nulo cuando el caudal máximo admisible en la sección de entrada es mayor al caudal subterráneo que llega y es igual a la diferencia entre estos valores en caso contrario. En adelante se llamará a éstos "Afloramientos Puntuales".

Los derrames de riego se calculan como el volumen requerido para satisfacer la necesidad bruta mensual de dicha área de riego multiplicado por el coeficiente de derrame asociado al método de riego. Este coeficiente de Derrame corresponde a un porcentaje del caudal utilizado en riego, que junto con la eficiencia de riego y el coeficiente de percolación deben sumar 1.

VI.2. RESULTADOS COMPONENTES DE LA RECUPERACIÓN CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA

En la Figura 6-1 se muestra la cuenca del Río Aconcagua dividida en sus 5 secciones, además de la ubicación de todos los nodos del modelo, mientras la Figura 6-2, muestra los acuíferos de la cuenca. Las Figuras 6-3 a 6-12 presentan la ubicación de los nodos de cada sección en particular, además del esquema topológico considerado en el modelo que representa cada sección respectivamente.

Figura 6 - 3. Primera Sección Aconcagua

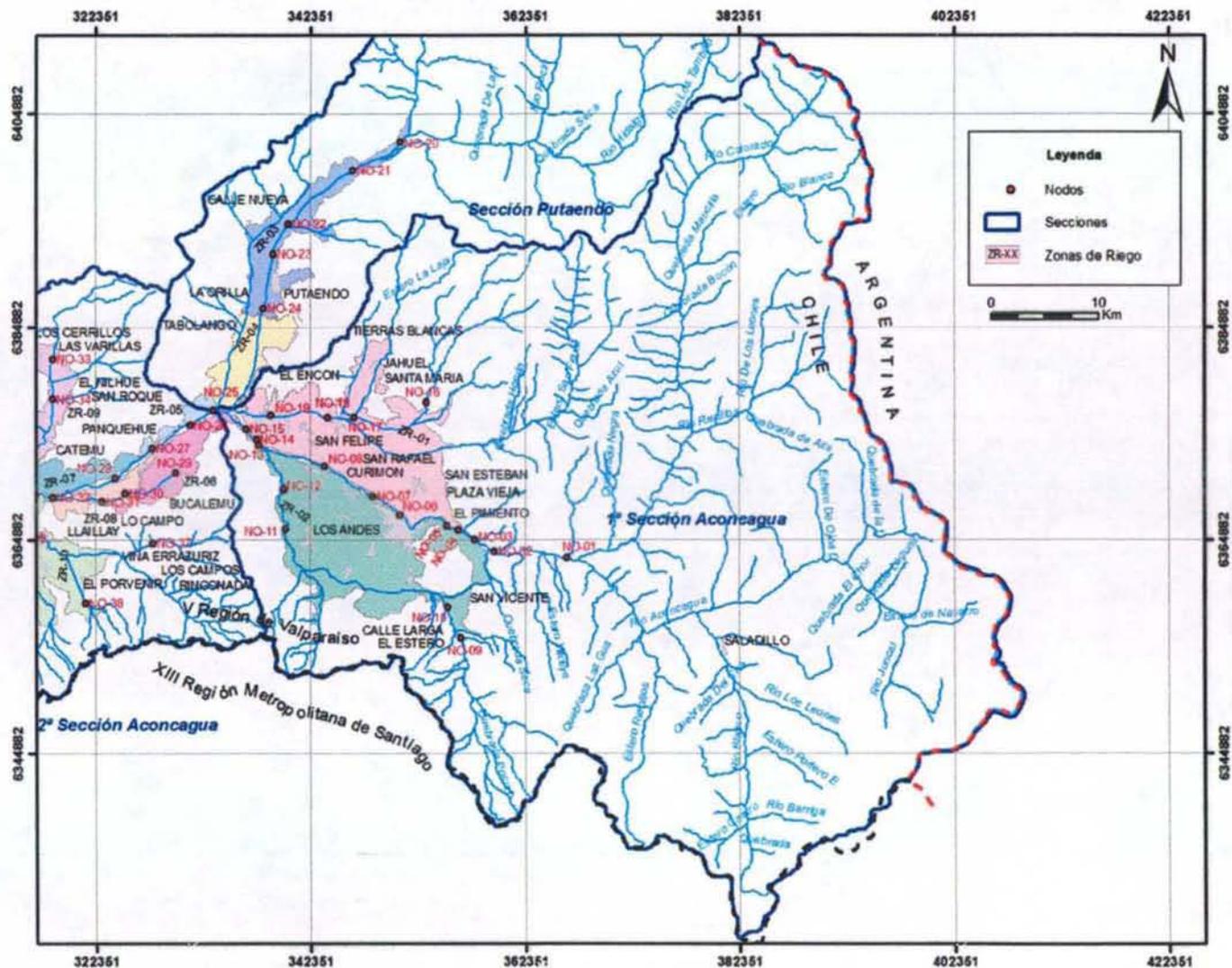


Figura 6 - 4. Esquema Primera Sección Aconcagua

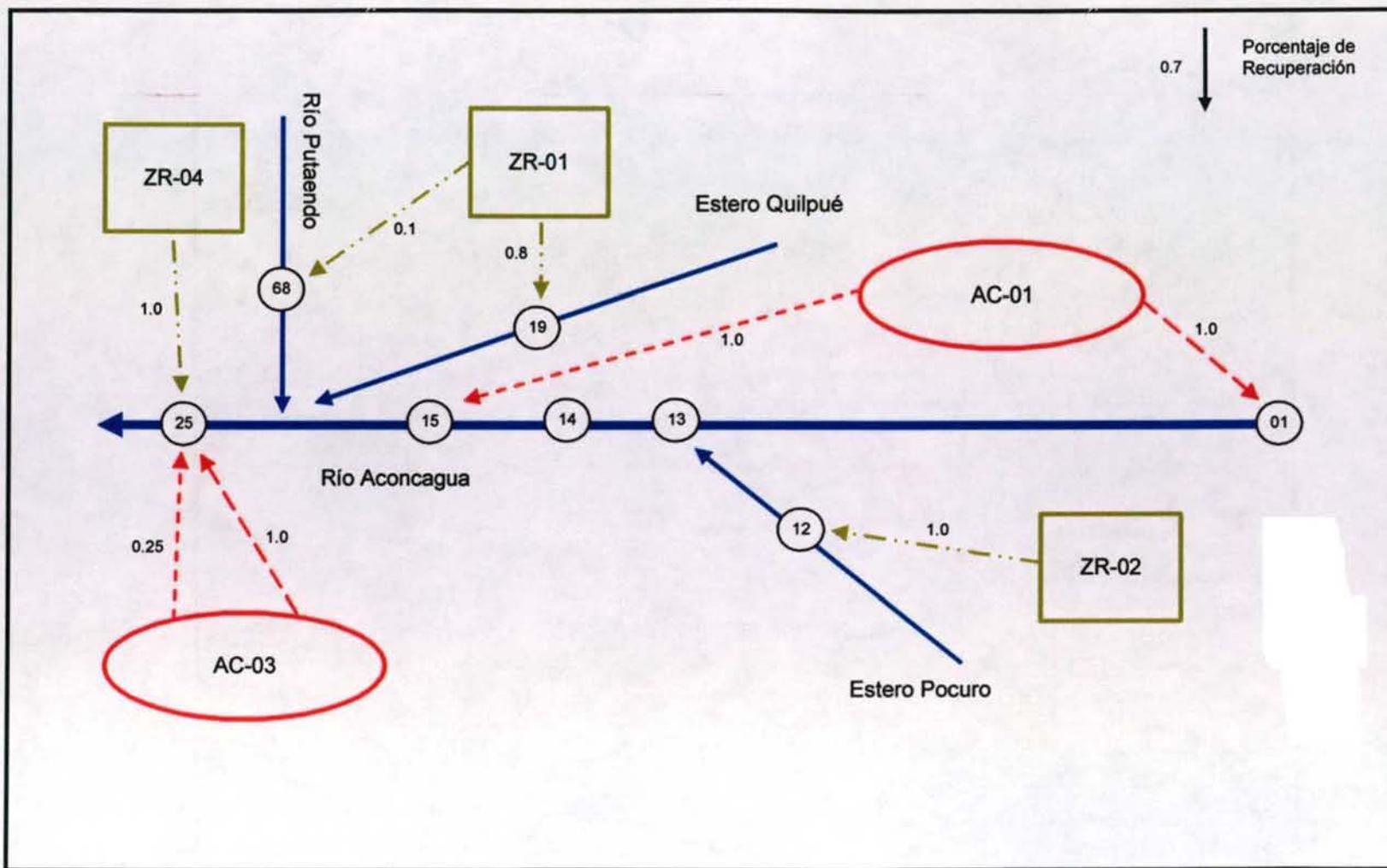


Figura 6 - 5. Segunda Sección Aconcagua

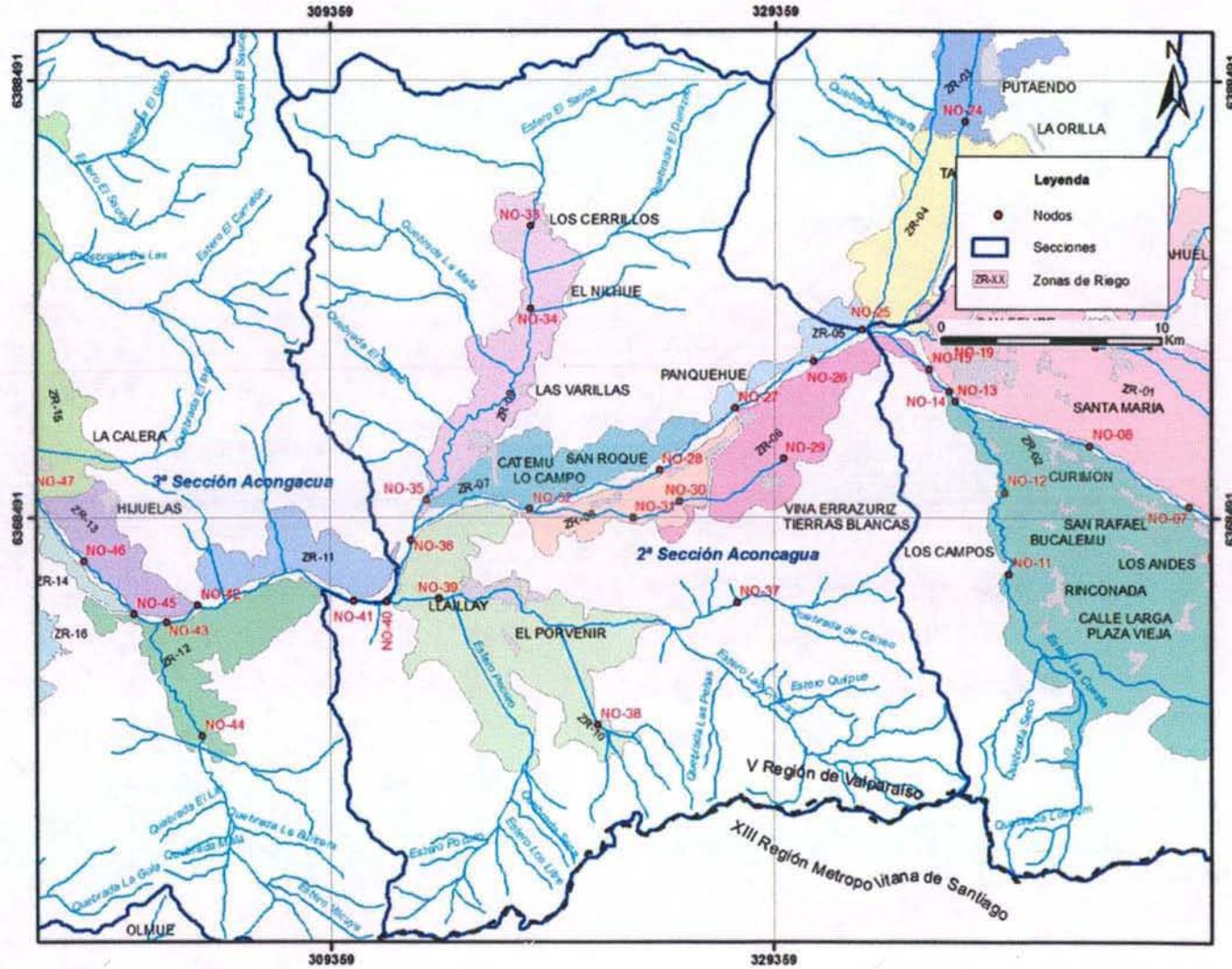


Figura 6 - 6. Esquema Segunda Sección Aconcagua

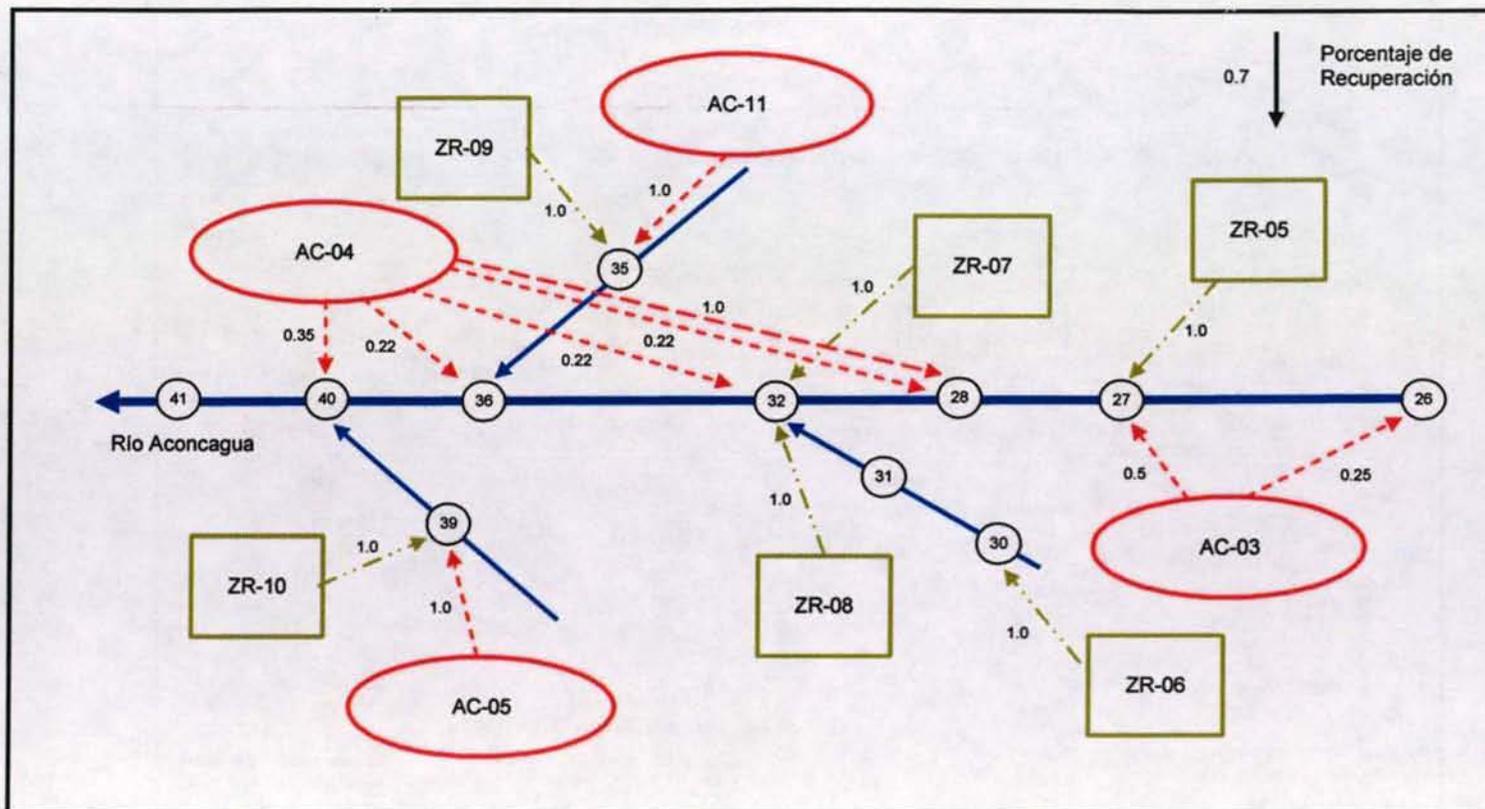


Figura 6 - 8. Esquema Tercera Sección Aconcagua

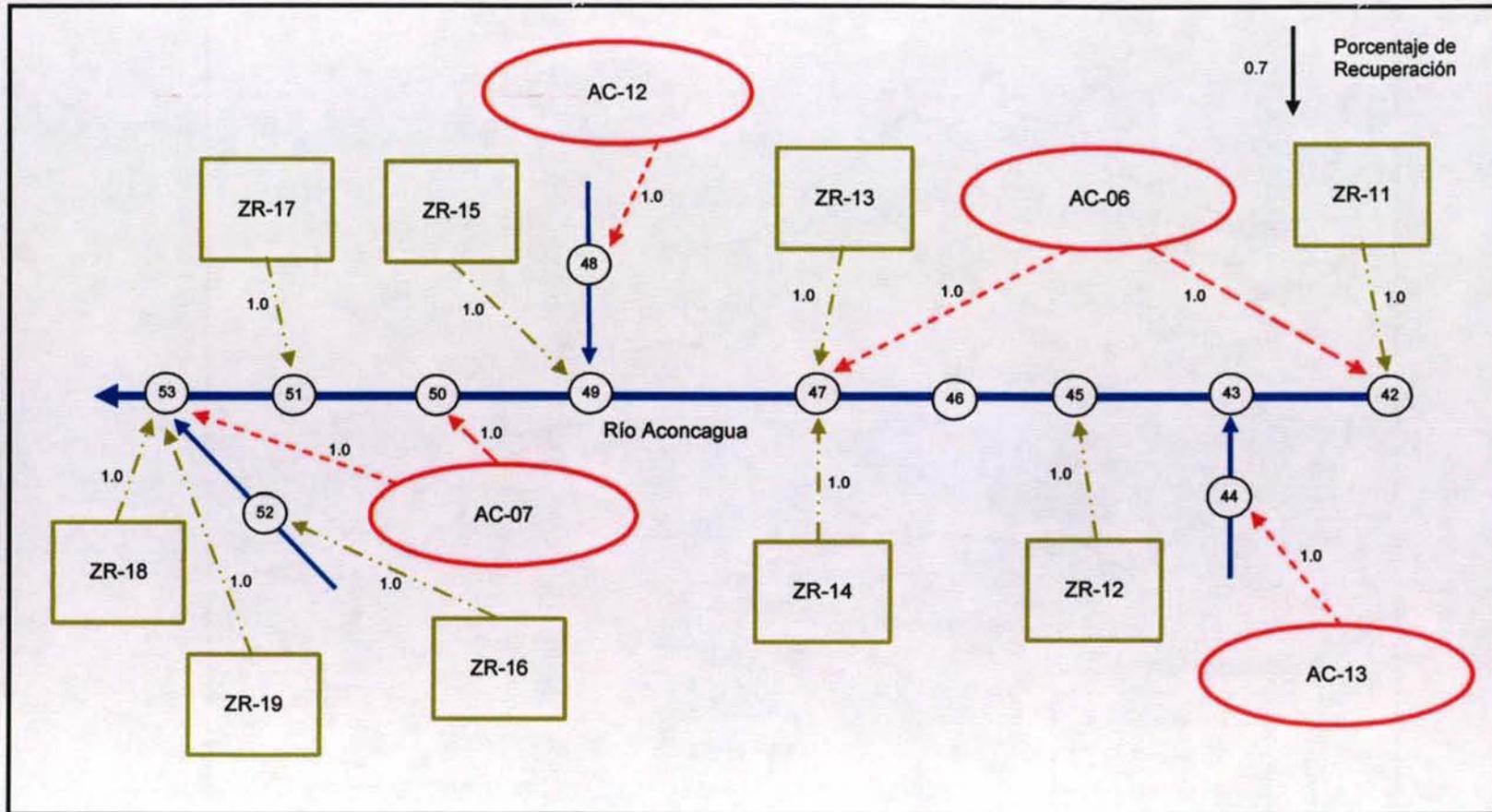


Figura 6 - 9. Cuarta Sección Aconcagua

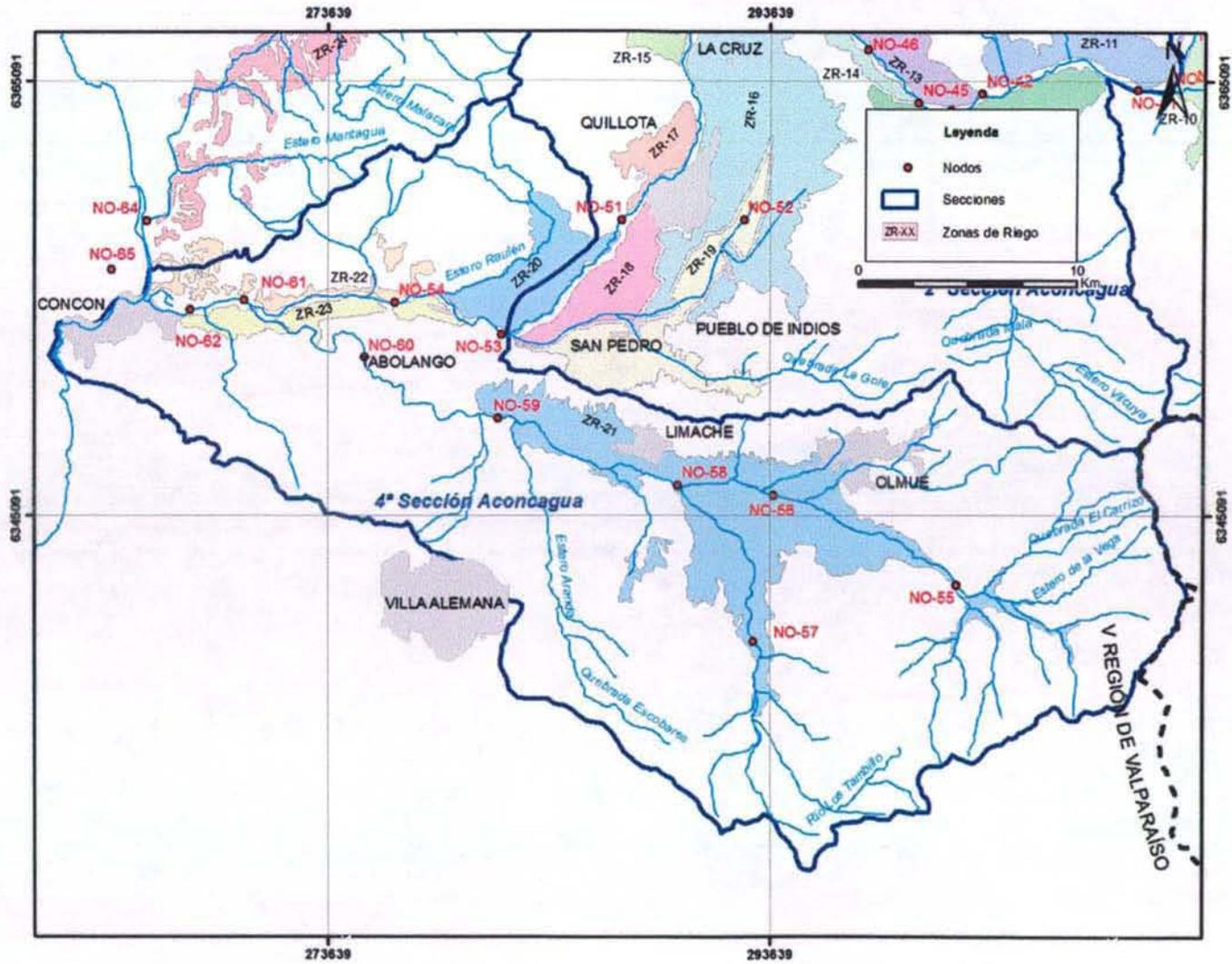


Figura 6 - 10. Esquema Cuarta Sección Aconcagua

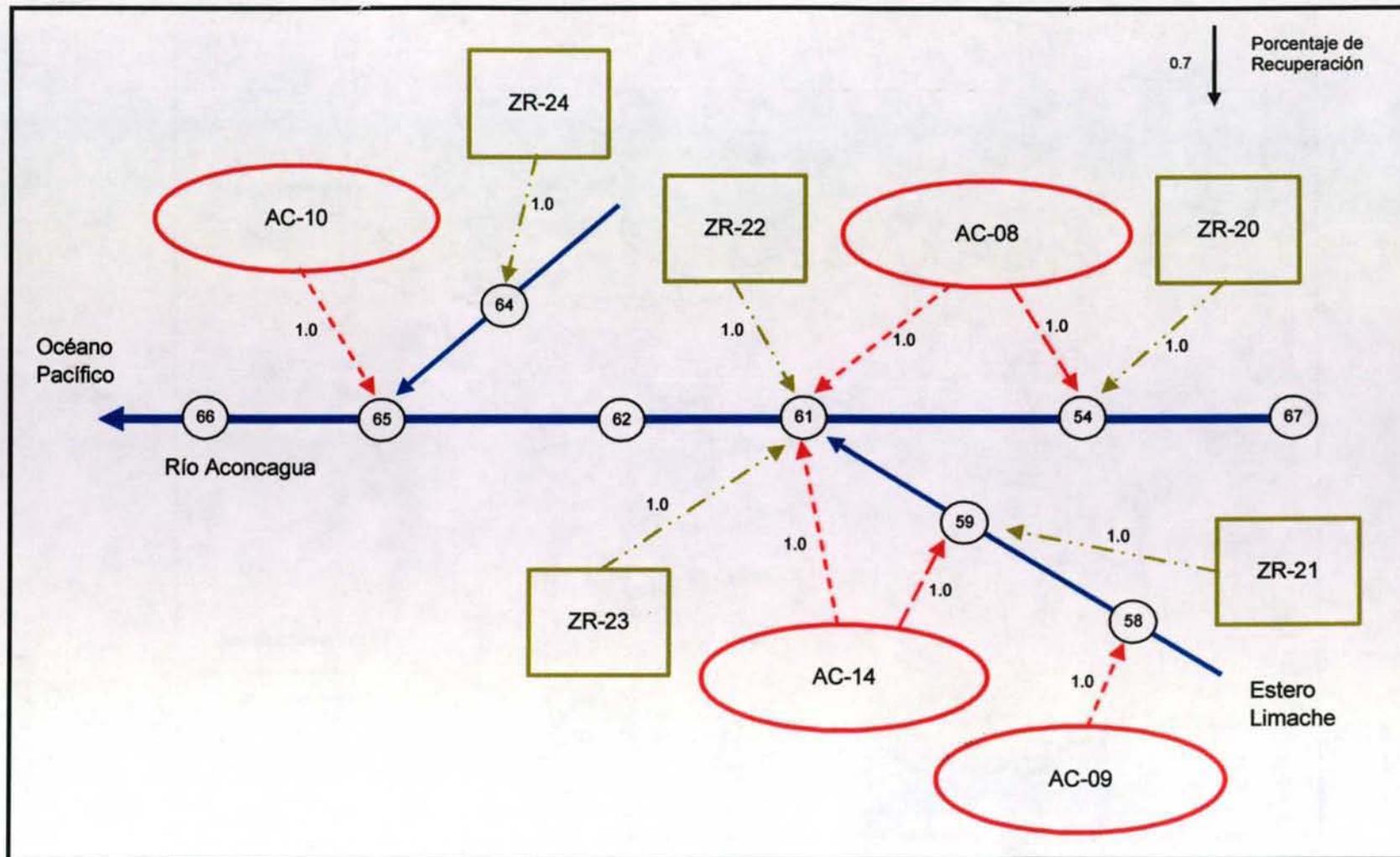


Figura 6 - 11. Sección Putaendo

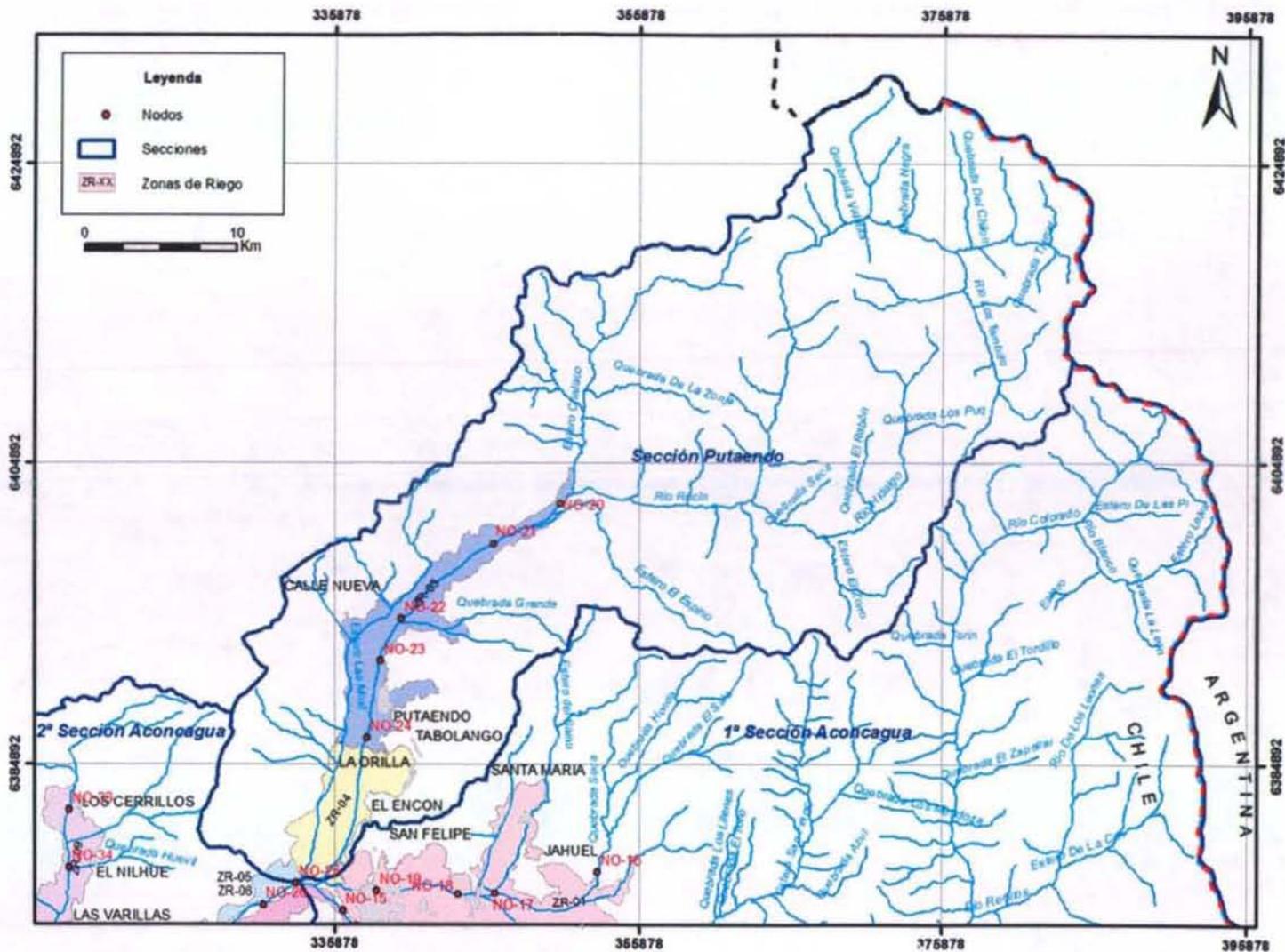
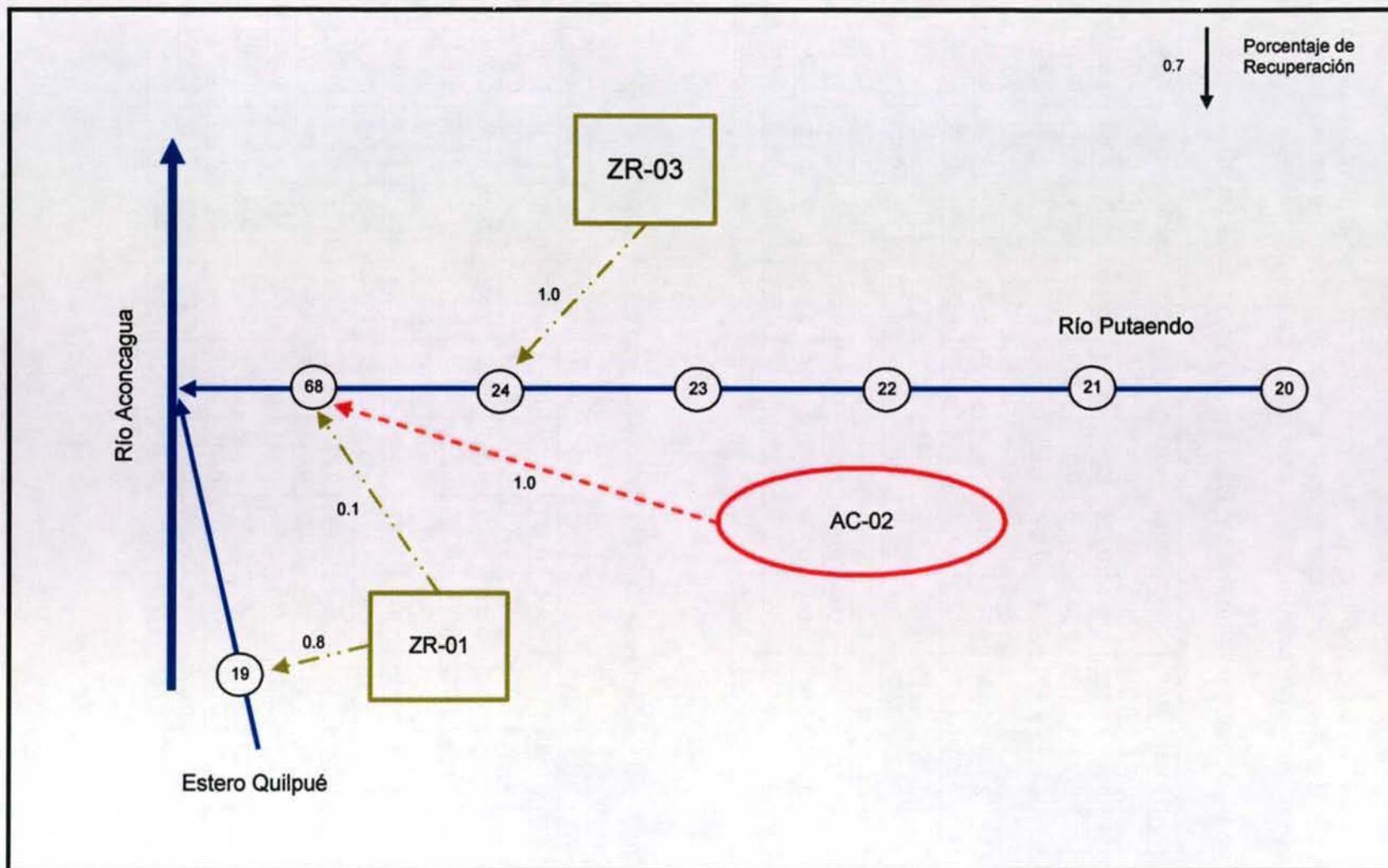


Figura 6 - 12. Esquema Sección Putaendo



VI.2.1. Afloramientos Distribuidos

Los Cuadros 6-1 y 6-2 muestran los caudales de afloramiento distribuido de la cuenca del Río Aconcagua, asociados a una probabilidad de excedencia de 50% y 85%, respectivamente, calculados para cada uno de los acuíferos.

Cuadro 6 - 1. Caudal Afloramiento Distribuido Pexc = 50% (m³/s). Cuenca del Río Aconcagua

ACUÍFERO	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR
AC-01	0.825	0.004	0.002	0.019	0.028	0.019	0.019	0.037	0.063	2.076	3.575	2.225
AC-02	0.786	0.222	0.174	0.329	0.362	0.799	1.546	2.290	1.751	1.389	1.004	0.989
AC-03	0.011	0.000	0.000	0.016	0.047	0.070	0.305	0.788	0.941	0.537	0.326	0.121
AC-04	2.244	2.509	2.778	3.642	3.136	2.841	3.408	4.511	4.551	3.562	2.925	2.411
AC-05	0.021	0.025	0.292	0.897	0.429	0.101	0.232	0.456	0.511	0.419	0.296	0.106
AC-06	2.136	2.186	2.704	3.095	2.809	2.809	3.628	5.479	5.289	3.509	2.576	2.179
AC-07	3.071	2.514	3.568	5.747	4.351	4.048	4.964	5.986	6.106	4.693	3.516	3.005
AC-08	1.243	2.355	2.812	3.448	3.409	2.476	2.428	3.115	2.975	1.821	1.237	1.131
AC-09	0.539	0.001	0.794	1.576	1.444	0.958	0.890	0.749	0.639	0.574	0.582	0.583
AC-10	0.610	0.138	0.423	0.658	0.468	0.532	0.818	1.176	1.408	1.438	0.871	0.657
AC-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
AC-12	0.246	0.003	0.058	0.796	0.466	0.280	0.394	0.757	0.722	0.334	0.186	0.153
AC-13	0.000	0.434	0.446	0.747	0.446	0.129	0.090	0.182	0.227	0.218	0.160	0.029
AC-14	0.002	0.003	0.027	0.132	0.164	0.059	0.037	0.024	0.013	0.001	0.001	0.001

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 6 - 2. Caudal Afloramiento Distribuido Pexc = 85% (m³/s) . Cuenca del Río Aconcagua

ACUÍFERO	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR
AC-01	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.033	0.039	0.034	0.025
AC-02	0.002	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.004	0.006	0.007	0.006	0.004	0.004
AC-03	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
AC-04	1.865	1.962	2.063	2.257	2.344	2.224	2.406	3.152	2.863	2.571	2.366	1.959
AC-05	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.038	0.246	0.280	0.227	0.157	0.000
AC-06	1.412	1.510	1.570	1.687	1.905	1.706	1.504	1.240	1.252	0.956	1.303	1.071
AC-07	1.693	1.386	1.605	1.812	1.963	2.582	1.794	1.400	1.345	0.860	1.419	0.908
AC-08	0.852	1.773	1.926	2.268	2.250	1.592	1.057	1.257	0.968	0.606	0.625	0.531
AC-09	0.376	0.000	0.000	0.082	0.013	0.394	0.570	0.503	0.272	0.177	0.246	0.210
AC-10	0.395	0.021	0.056	0.095	0.124	0.310	0.685	1.104	0.439	0.333	0.287	0.257
AC-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
AC-12	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000
AC-13	0.000	0.000	0.009	0.073	0.001	0.000	0.024	0.157	0.213	0.205	0.149	0.018
AC-14	0.000	0.000	0.000	0.002	0.003	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Fuente: Elaboración Propia

VI.2.2. Afloramientos Puntuales

Los afloramientos puntuales han sido obtenidos sólo para aquellos acuíferos que lo requieren, asignándole esa propiedad a algún nodo asociado al respectivo acuífero.

Los Cuadros 6-3 y 6-4 muestran los caudales de afloramiento puntual de la cuenca del Río Aconcagua, asociados a una probabilidad de excedencia de 50% y 85%, respectivamente.

Cuadro 6 - 3. Caudal Afloramiento Puntual Pexc = 50% (m³/s). Cuenca del Río Aconcagua

ACUÍFERO	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR
AC-01	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
AC-03	2.305	2.305	2.305	2.305	2.305	2.305	2.305	2.305	2.305	2.305	2.305	2.305
AC-04	1.227	1.224	1.226	1.228	1.230	1.236	1.229	1.232	1.235	1.234	1.232	1.229
AC-06	1.178	1.178	1.179	1.179	1.179	1.179	1.179	1.179	1.179	1.179	1.179	1.179
AC-07	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
AC-08	0.205	0.205	0.205	0.205	0.205	0.205	0.205	0.205	0.205	0.205	0.205	0.205
AC-14	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 6 - 4. Caudal Afloramiento Puntual Pexc = 85% (m³/s). Cuenca del Río Aconcagua

ACUÍFERO	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR
AC-01	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
AC-03	2.305	2.304	2.299	2.292	2.286	2.283	2.285	2.297	2.305	2.305	2.305	2.305
AC-04	1.176	1.173	1.170	1.164	1.149	1.133	1.126	1.132	1.149	1.154	1.151	1.151
AC-06	1.178	1.177	1.176	1.178	1.177	1.177	1.178	1.179	1.179	1.179	1.179	1.179
AC-07	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
AC-08	0.203	0.204	0.204	0.204	0.205	0.205	0.204	0.204	0.204	0.204	0.204	0.203
AC-14	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061

Fuente: Elaboración Propia

VI.2.3. Derrames de Riego

Los Cuadros 6-5 y 6-6 muestran los caudales de derrame en la cuenca del Río Aconcagua, asociados a una probabilidad de excedencia de 50% y 85%, respectivamente, calculados para cada una de las zonas de riego.

Cuadro 6 - 5. Caudal Derrame Pexc = 50% (m³/s). Cuenca del Río Aconcagua

ZONA	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR
ZR-01	0.247	0.197	0.216	0.247	0.148	0.168	0.343	0.163	0.220	0.211	0.178	0.133
ZR-02	0.324	0.175	0.182	0.209	0.129	0.214	0.497	0.372	0.509	0.495	0.393	0.293
ZR-03	0.114	0.057	0.077	0.082	0.045	0.076	0.158	0.129	0.171	0.172	0.114	0.110

ZONA	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR
ZR-04	0.059	0.032	0.029	0.033	0.023	0.049	0.101	0.084	0.081	0.075	0.074	0.085
ZR-05	0.013	0.010	0.010	0.012	0.007	0.010	0.017	0.017	0.022	0.021	0.013	0.012
ZR-06	0.135	0.040	0.033	0.037	0.023	0.084	0.218	0.309	0.414	0.376	0.314	0.216
ZR-07	0.026	0.026	0.025	0.040	0.022	0.027	0.036	0.043	0.046	0.041	0.033	0.023
ZR-08	0.018	0.023	0.019	0.032	0.017	0.019	0.024	0.031	0.041	0.037	0.030	0.021
ZR-09	0.014	0.053	0.042	0.071	0.039	0.032	0.020	0.023	0.017	0.010	0.006	0.007
ZR-10	0.147	0.103	0.095	0.160	0.084	0.139	0.268	0.270	0.310	0.277	0.231	0.145
ZR-11	0.061	0.025	0.014	0.024	0.015	0.048	0.093	0.097	0.103	0.093	0.078	0.057
ZR-12	0.107	0.062	0.062	0.087	0.056	0.096	0.206	0.231	0.269	0.263	0.222	0.133
ZR-13	0.044	0.024	0.025	0.034	0.022	0.041	0.076	0.094	0.104	0.063	0.039	0.040
ZR-14	0.017	0.009	0.008	0.012	0.008	0.011	0.020	0.013	0.014	0.014	0.013	0.013
ZR-15	0.190	0.113	0.114	0.158	0.102	0.205	0.330	0.452	0.397	0.233	0.148	0.156
ZR-16	0.311	0.125	0.127	0.169	0.114	0.153	0.339	0.298	0.369	0.350	0.322	0.277
ZR-17	0.029	0.012	0.012	0.017	0.011	0.016	0.032	0.032	0.039	0.040	0.030	0.030
ZR-18	0.059	0.025	0.031	0.041	0.026	0.062	0.109	0.160	0.173	0.093	0.037	0.032
ZR-19	0.085	0.039	0.053	0.071	0.045	0.073	0.104	0.081	0.074	0.067	0.062	0.059
ZR-20	0.098	0.032	0.031	0.043	0.028	0.063	0.124	0.148	0.171	0.165	0.131	0.116
ZR-21	0.323	0.171	0.203	0.275	0.172	0.326	0.402	0.346	0.325	0.309	0.300	0.294
ZR-22	0.001	0.010	0.015	0.018	0.012	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ZR-23	0.036	0.018	0.024	0.031	0.020	0.026	0.055	0.095	0.122	0.090	0.044	0.040
ZR-24	0.364	0.046	0.041	0.056	0.036	0.234	0.510	0.712	0.824	0.788	0.305	0.264

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 6 - 6. Caudal Derrame Pexc = 85% (m³/s). Cuenca del Río Aconcagua

ZONA	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR
ZR-01	0.066	0.062	0.035	0.059	0.058	0.037	0.095	0.157	0.215	0.208	0.175	0.129
ZR-02	0.142	0.062	0.029	0.051	0.054	0.081	0.218	0.370	0.489	0.446	0.372	0.271
ZR-03	0.066	0.021	0.008	0.016	0.013	0.052	0.080	0.129	0.115	0.074	0.055	0.057
ZR-04	0.029	0.016	0.006	0.009	0.011	0.026	0.051	0.078	0.067	0.048	0.036	0.038
ZR-05	0.007	0.004	0.002	0.003	0.003	0.004	0.009	0.015	0.015	0.009	0.007	0.006
ZR-06	0.105	0.018	0.006	0.009	0.009	0.059	0.176	0.309	0.414	0.375	0.313	0.216
ZR-07	0.014	0.008	0.005	0.006	0.004	0.013	0.024	0.035	0.040	0.038	0.031	0.020
ZR-08	0.010	0.007	0.004	0.004	0.003	0.008	0.018	0.031	0.040	0.036	0.030	0.021
ZR-09	0.003	0.021	0.009	0.009	0.008	0.010	0.006	0.008	0.007	0.004	0.003	0.003
ZR-10	0.084	0.031	0.019	0.020	0.014	0.073	0.174	0.247	0.272	0.255	0.211	0.127
ZR-11	0.036	0.015	0.003	0.003	0.003	0.028	0.059	0.088	0.101	0.093	0.078	0.056
ZR-12	0.074	0.011	0.016	0.017	0.007	0.056	0.144	0.228	0.269	0.263	0.222	0.130
ZR-13	0.025	0.006	0.007	0.008	0.005	0.022	0.035	0.052	0.037	0.023	0.018	0.018
ZR-14	0.012	0.002	0.002	0.002	0.001	0.006	0.013	0.013	0.014	0.010	0.009	0.008
ZR-15	0.086	0.021	0.029	0.031	0.012	0.116	0.133	0.215	0.134	0.080	0.063	0.063
ZR-16	0.178	0.032	0.036	0.039	0.018	0.079	0.202	0.269	0.344	0.277	0.225	0.218
ZR-17	0.017	0.003	0.004	0.004	0.001	0.009	0.019	0.031	0.032	0.019	0.015	0.016
ZR-18	0.022	0.006	0.013	0.006	0.007	0.048	0.038	0.078	0.025	0.013	0.009	0.009
ZR-19	0.034	0.009	0.021	0.011	0.012	0.038	0.054	0.051	0.056	0.054	0.040	0.040
ZR-20	0.073	0.007	0.008	0.008	0.004	0.042	0.094	0.148	0.154	0.119	0.094	0.092
ZR-21	0.214	0.048	0.081	0.040	0.048	0.227	0.334	0.288	0.282	0.259	0.188	0.181

ZONA	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR
ZR-22	0.000	0.001	0.006	0.003	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ZR-23	0.030	0.003	0.010	0.005	0.006	0.018	0.039	0.077	0.033	0.014	0.013	0.010
ZR-24	0.185	0.013	0.011	0.011	0.004	0.202	0.323	0.712	0.230	0.118	0.099	0.094

Fuente: Elaboración Propia

En los Anexos 6.1 al 6.3 se muestran las estadísticas completas de Afloramientos, Afloramientos Especiales y Derrames de Riego.

VI.2.4. Recuperación en los Nodos

Las recuperaciones totales correspondientes a la suma de los elementos antes mencionados, tienen como destino algún nodo dentro del sistema superficial, pudiendo corresponder el mismo nodo a más de alguna recuperación. El Cuadro 6-7 muestra los nodos receptores para cada una de las recuperaciones.

Cuadro 6 - 7. Nodos de Recuperación Cuenca del Río Aconcagua

NODO	Sección	Afloramiento	Afl. Especial	Derrames
NO-01	Primera	-	AC-01	-
NO-12	Primera	-	-	ZR-02
NO-15	Primera	AC-01	-	-
NO-19	Primera	-	-	ZR-01
NO-24	Putando	-	-	ZR-03
NO-25	Primera	AC-03	AC-03	ZR-04
NO-26	Segunda	AC-03	-	-
NO-27	Segunda	AC-03	-	ZR-05
NO-28	Segunda	AC-04	AC-04	-
NO-30	Segunda	-	-	ZR-06
NO-32	Segunda	AC-04	-	ZR-07 y ZR-08
NO-35	Segunda	AC-11	-	ZR-09
NO-36	Segunda	AC-04	-	-
NO-39	Segunda	AC-05	-	ZR-10
NO-40	Segunda	AC-04	-	-
NO-42	Tercera	-	AC-06	ZR-11
NO-44	Tercera	AC-13	-	-
NO-45	Tercera	-	-	ZR-12
NO-47	Tercera	AC-06	-	ZR-13 y ZR-14
NO-48	Tercera	AC-12	-	-
NO-49	Tercera	-	-	ZR-15
NO-50	Tercera	-	AC-07	-
NO-51	Tercera	-	-	ZR-17
NO-52	Tercera	-	-	ZR-16
NO-53	Tercera	AC-07	-	ZR-18 y ZR-19
NO-54	Cuarta	-	AC-08	ZR-20
NO-58	Cuarta	AC-09	-	-
NO-59	Cuarta	-	AC-14	ZR-21

NODO	Sección	Afloramiento	Afl. Especial	Derrames
NO-61	Cuarta	AC-08 y AC-14	-	ZR-22 y ZR-23
NO-64	Cuarta	-	-	ZR-24
NO-65	Cuarta	AC-10	-	-
NO-68	Putando	AC-02	-	ZR-01

Fuente: Elaboración Propia

Los Cuadros 6-8 y 6-9 muestran los caudales de recuperación de la cuenca del Río Aconcagua, asociados a una probabilidad de excedencia de 50% y 85%, respectivamente, calculados para cada uno de los nodos mencionados anteriormente. El cálculo corresponde al análisis realizado sobre la suma de todas las recuperaciones aportantes a un nodo.

Cuadro 6 - 8. Caudal de Recuperación en Nodos $P_{exc} = 50\%$ (m^3/s). Cuenca del Río Aconcagua

NODO	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR
NO-01	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
NO-12	0.324	0.175	0.182	0.209	0.129	0.214	0.497	0.372	0.509	0.495	0.393	0.293
NO-15	0.825	0.004	0.002	0.019	0.028	0.019	0.019	0.037	0.063	2.076	3.575	2.225
NO-19	0.198	0.158	0.173	0.198	0.118	0.134	0.274	0.130	0.176	0.169	0.142	0.106
NO-24	0.114	0.057	0.077	0.082	0.045	0.076	0.158	0.129	0.171	0.172	0.114	0.110
NO-25	2.372	2.339	2.336	2.347	2.345	2.368	2.464	2.589	2.622	2.520	2.448	2.419
NO-26	0.003	0.000	0.000	0.004	0.012	0.018	0.076	0.197	0.235	0.134	0.082	0.030
NO-27	0.020	0.013	0.014	0.026	0.037	0.040	0.177	0.410	0.494	0.290	0.173	0.068
NO-28	1.780	1.778	2.001	2.084	1.983	1.947	2.113	2.276	2.279	2.090	1.953	1.840
NO-30	0.135	0.040	0.033	0.037	0.023	0.084	0.218	0.309	0.414	0.376	0.314	0.216
NO-32	0.536	0.588	0.652	0.824	0.726	0.656	0.816	1.076	1.088	0.866	0.707	0.583
NO-35	0.014	0.053	0.042	0.071	0.039	0.032	0.020	0.023	0.017	0.010	0.006	0.007
NO-36	0.494	0.552	0.611	0.801	0.690	0.625	0.750	0.992	1.001	0.784	0.644	0.530
NO-39	0.160	0.247	0.387	1.000	0.558	0.235	0.457	0.726	0.826	0.710	0.514	0.251
NO-40	0.785	0.878	0.972	1.275	1.098	0.994	1.193	1.579	1.593	1.247	1.024	0.844
NO-42	1.239	1.204	1.193	1.201	1.192	1.227	1.271	1.275	1.282	1.272	1.257	1.236
NO-44	0.000	0.434	0.446	0.747	0.446	0.129	0.090	0.182	0.227	0.218	0.160	0.029
NO-45	0.107	0.062	0.062	0.087	0.056	0.096	0.206	0.231	0.269	0.263	0.222	0.133
NO-47	2.174	2.235	2.714	3.162	2.839	2.836	3.726	5.585	5.400	3.572	2.627	2.253
NO-48	0.246	0.003	0.058	0.796	0.466	0.280	0.394	0.757	0.722	0.334	0.186	0.153
NO-49	0.190	0.113	0.114	0.158	0.102	0.205	0.330	0.452	0.397	0.233	0.148	0.156
NO-50	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
NO-51	0.029	0.012	0.012	0.017	0.011	0.016	0.032	0.032	0.039	0.040	0.030	0.030
NO-52	0.311	0.125	0.127	0.169	0.114	0.153	0.339	0.298	0.369	0.350	0.322	0.277
NO-53	3.180	2.557	3.621	5.845	4.415	4.195	5.204	6.226	6.392	4.885	3.615	3.130
NO-54	0.303	0.235	0.235	0.248	0.232	0.267	0.328	0.353	0.376	0.370	0.336	0.321
NO-58	0.539	0.001	0.794	1.576	1.444	0.958	0.890	0.749	0.639	0.574	0.582	0.583
NO-59	0.384	0.232	0.264	0.336	0.233	0.387	0.463	0.407	0.386	0.370	0.361	0.355
NO-61	1.307	2.359	2.956	3.688	3.675	2.619	2.487	3.238	3.119	1.970	1.286	1.211
NO-64	0.364	0.046	0.041	0.056	0.036	0.234	0.510	0.712	0.824	0.788	0.305	0.264
NO-65	0.610	0.138	0.423	0.658	0.468	0.532	0.818	1.176	1.408	1.438	0.871	0.657

NODO	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR
NO-68	0.793	0.245	0.187	0.329	0.371	0.809	1.576	2.306	1.772	1.410	1.022	1.002

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 6 - 9. Caudal de Recuperación en Nodos Pexc = 85% (m³/s). Cuenca del Río Aconcagua

NODO	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR
NO-01	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
NO-12	0.142	0.062	0.029	0.051	0.054	0.081	0.218	0.370	0.489	0.446	0.372	0.271
NO-15	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.033	0.039	0.034	0.025
NO-19	0.053	0.049	0.028	0.047	0.046	0.030	0.076	0.126	0.172	0.166	0.140	0.103
NO-24	0.066	0.021	0.008	0.016	0.013	0.052	0.080	0.129	0.115	0.074	0.055	0.057
NO-25	2.336	2.321	2.308	2.312	2.309	2.327	2.359	2.389	2.386	2.384	2.364	2.344
NO-26	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
NO-27	0.008	0.004	0.002	0.004	0.004	0.009	0.010	0.016	0.022	0.022	0.012	0.008
NO-28	1.590	1.649	1.666	1.679	1.715	1.696	1.765	1.864	1.899	1.812	1.722	1.581
NO-30	0.105	0.018	0.006	0.009	0.009	0.059	0.176	0.309	0.414	0.375	0.313	0.216
NO-32	0.463	0.452	0.465	0.538	0.535	0.519	0.569	0.763	0.713	0.641	0.581	0.484
NO-35	0.003	0.021	0.009	0.009	0.008	0.010	0.006	0.008	0.007	0.004	0.003	0.003
NO-36	0.410	0.432	0.454	0.497	0.516	0.489	0.529	0.693	0.630	0.566	0.521	0.431
NO-39	0.085	0.031	0.023	0.020	0.015	0.088	0.280	0.511	0.541	0.494	0.380	0.145
NO-40	0.653	0.687	0.722	0.790	0.820	0.778	0.842	1.103	1.002	0.900	0.828	0.685
NO-42	1.214	1.192	1.180	1.181	1.182	1.206	1.238	1.267	1.280	1.272	1.257	1.235
NO-44	0.000	0.000	0.009	0.073	0.001	0.000	0.024	0.157	0.213	0.205	0.149	0.018
NO-45	0.074	0.011	0.016	0.017	0.007	0.056	0.144	0.228	0.269	0.263	0.222	0.130
NO-47	1.439	1.516	1.584	1.692	1.934	1.756	1.535	1.272	1.278	0.970	1.323	1.107
NO-48	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000
NO-49	0.086	0.021	0.029	0.031	0.012	0.116	0.133	0.215	0.134	0.080	0.063	0.063
NO-50	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
NO-51	0.017	0.003	0.004	0.004	0.001	0.009	0.019	0.031	0.032	0.019	0.015	0.016
NO-52	0.178	0.032	0.036	0.039	0.018	0.079	0.202	0.269	0.344	0.277	0.225	0.218
NO-53	1.742	1.395	1.620	1.846	1.973	2.720	1.853	1.457	1.404	0.890	1.467	0.950
NO-54	0.278	0.210	0.212	0.212	0.209	0.247	0.299	0.352	0.359	0.323	0.297	0.290
NO-58	0.376	0.000	0.000	0.082	0.013	0.394	0.570	0.503	0.272	0.177	0.246	0.210
NO-59	0.275	0.109	0.142	0.101	0.109	0.288	0.395	0.349	0.343	0.320	0.249	0.242
NO-61	0.876	1.790	1.942	2.351	2.273	1.634	1.108	1.336	1.027	0.619	0.638	0.541
NO-64	0.185	0.013	0.011	0.011	0.004	0.202	0.323	0.712	0.230	0.118	0.099	0.094
NO-65	0.395	0.021	0.056	0.095	0.124	0.310	0.685	1.104	0.439	0.333	0.287	0.257
NO-68	0.010	0.024	0.029	0.025	0.016	0.018	0.027	0.022	0.029	0.027	0.022	0.017

Fuente: Elaboración Propia

Realizando el mismo análisis anterior, esta vez para cada sección del Río Aconcagua y la sección Putaendo, los resultados son los que se muestran en los Cuadros 6-10 y 6-11.

Cuadro 6 - 10. Caudales de Recuperación por Sección Pexc = 50% (m³/s). Cuenca del Río Aconcagua

SECCIÓN	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR
Primera	1.408	0.369	0.386	0.463	0.310	0.434	0.968	0.820	1.064	2.949	4.266	2.740
Segunda	6.158	6.318	6.825	8.436	7.327	6.847	7.986	9.788	10.158	8.685	7.630	6.566
Tercera	7.538	6.753	8.405	12.181	9.654	9.154	11.568	15.045	15.069	11.153	8.572	7.346
Cuarta	3.482	3.040	4.636	6.503	6.019	4.945	5.530	6.631	6.743	5.452	3.737	3.352
Putando	0.925	0.299	0.273	0.436	0.422	0.892	1.738	2.435	1.944	1.582	1.136	1.112

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 6 - 11. Caudal de Recuperación por Sección Pexc = 85% (m³/s). Cuenca del Río Aconcagua

SECCIÓN	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR
Primera	0.237	0.127	0.063	0.106	0.110	0.137	0.345	0.584	0.760	0.698	0.582	0.436
Segunda	5.569	5.527	5.575	5.763	5.818	5.806	6.261	7.472	7.382	6.973	6.573	5.807
Tercera	4.769	4.180	4.494	4.874	5.115	5.870	5.200	5.004	5.006	4.034	4.732	3.736
Cuarta	2.388	2.129	2.360	2.776	2.717	3.050	3.366	4.353	2.642	1.889	1.814	1.638
Putando	0.074	0.028	0.013	0.023	0.020	0.058	0.094	0.151	0.143	0.100	0.076	0.073

Fuente: Elaboración Propia

Las Figuras 6-13 y 6-14 muestran en forma gráfica la información de los Cuadros anteriores.

Figura 6 - 13. Caudal de Recuperación por Sección Pexc = 50%. Cuenca del Río Aconcagua

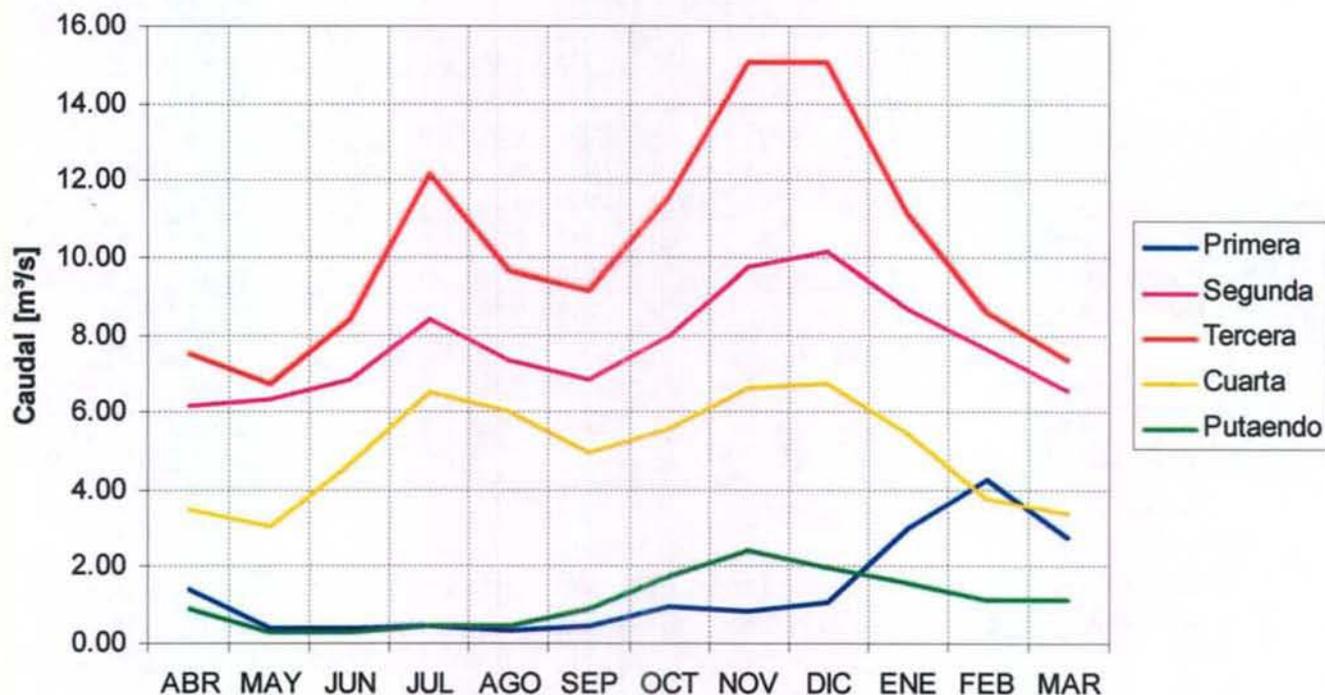
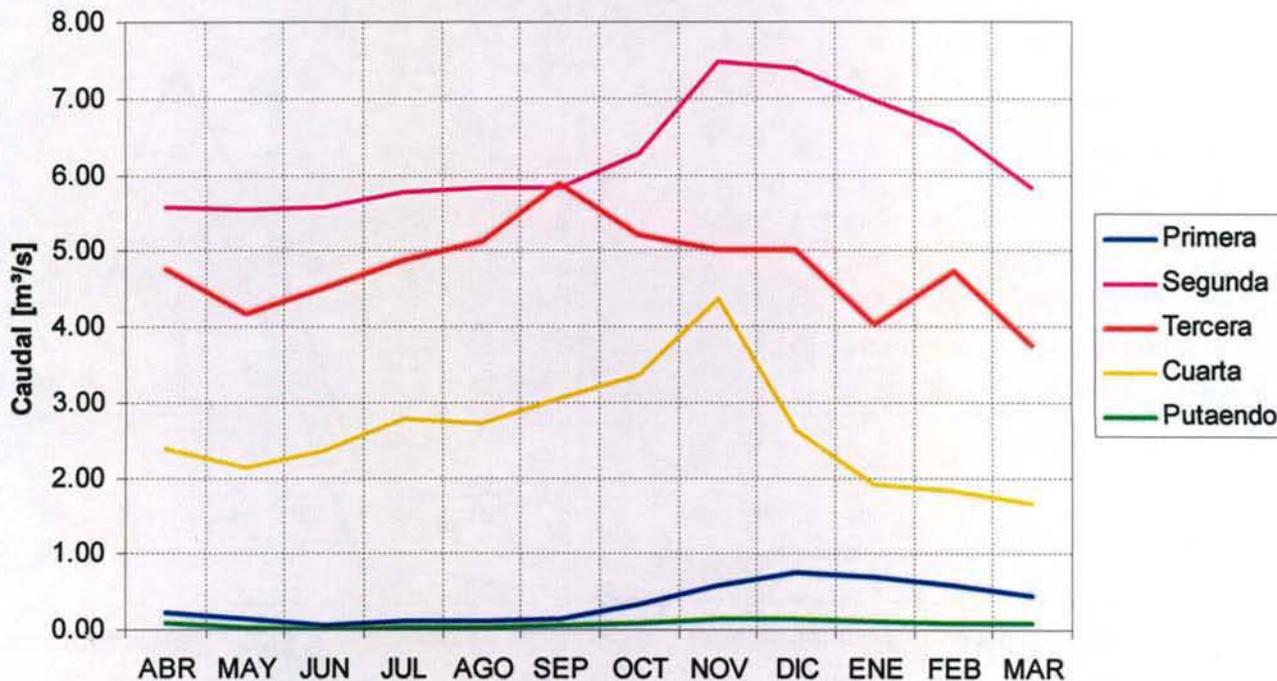


Figura 6 - 14. Caudal de Recuperación por Sección Pexc = 85%. Cuenca del Río Aconcagua



En las Figuras 6-15 a la 6-19 se muestra un resumen de las recuperaciones por sección, separando cada una de las componentes de manera tal de poder visualizar de mejor modo la magnitud de cada uno. Estas Figuras solo representan el caudal de recuperación asociado al 50% de seguridad.

Figura 6 - 15. Componentes de la Recuperación. Primera Sección Pexc = 50%.
Cuenca del Río Aconcagua

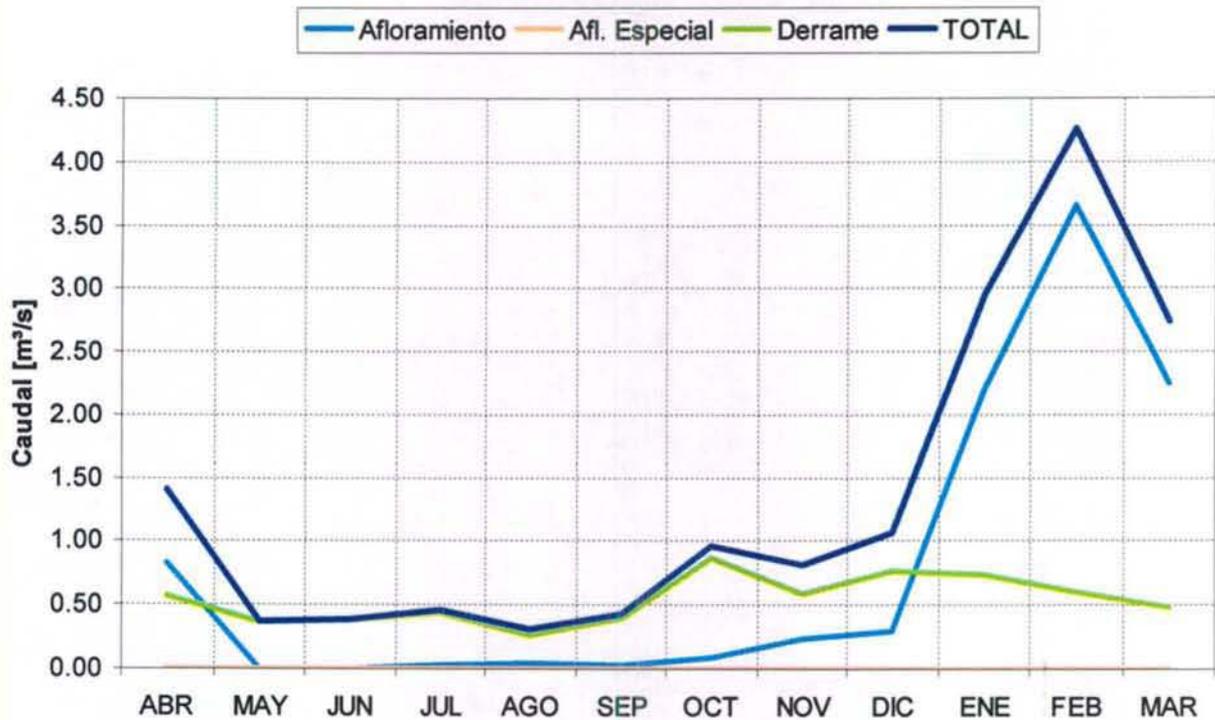


Figura 6 - 16. Componentes de la Recuperación. Segunda Sección Pexc = 50%.
Cuenca del Río Aconcagua

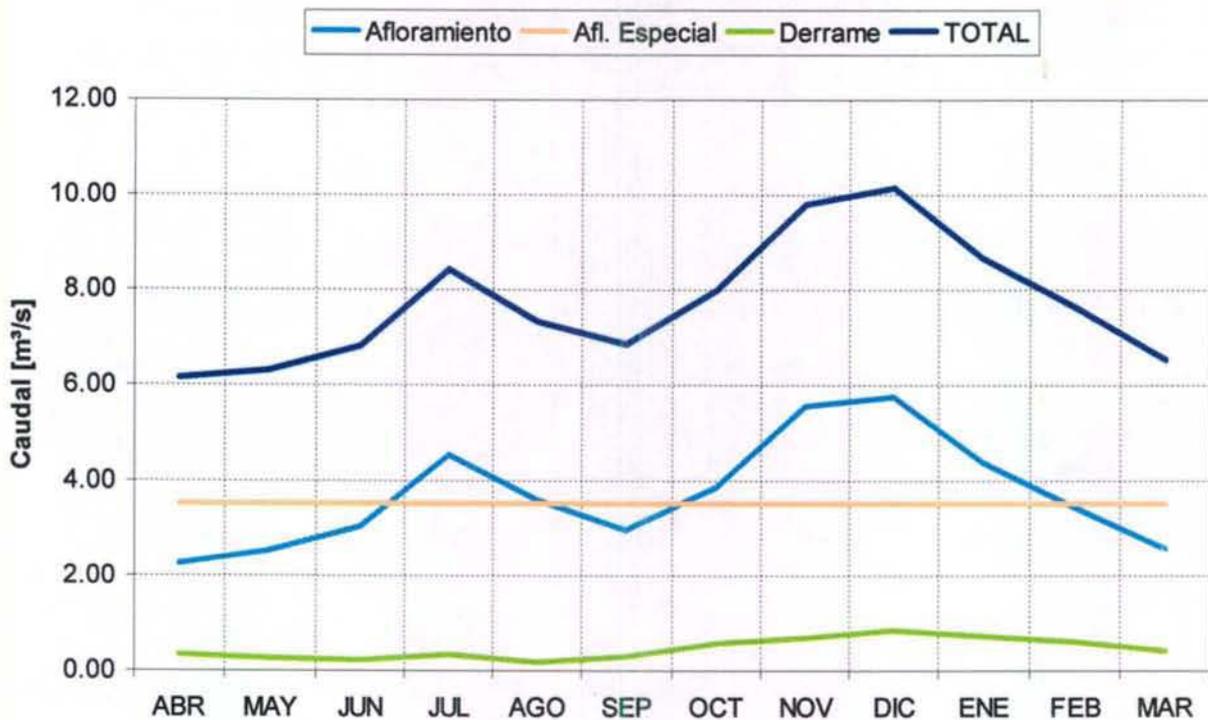


Figura 6 - 17. Componentes de la Recuperación. Tercera Sección Pexc = 50%.
Cuenca del Río Aconcagua

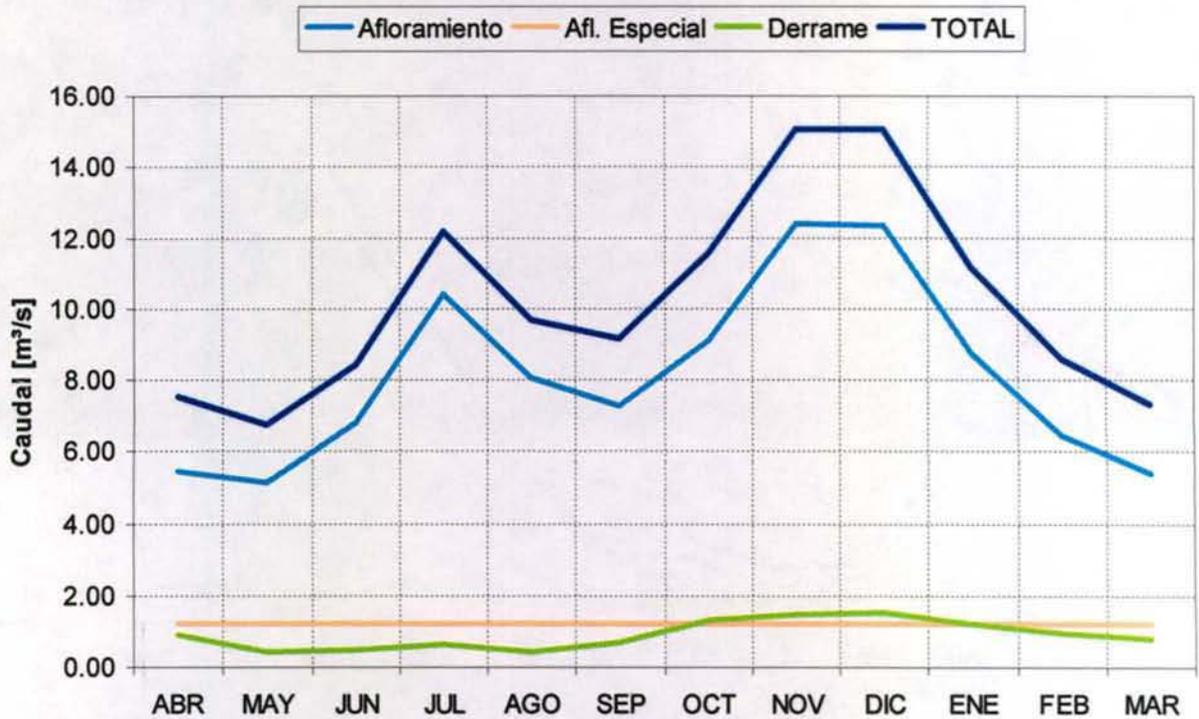


Figura 6 - 18. Componentes de la Recuperación. Cuarta Sección Pexc = 50%.
Cuenca del Río Aconcagua

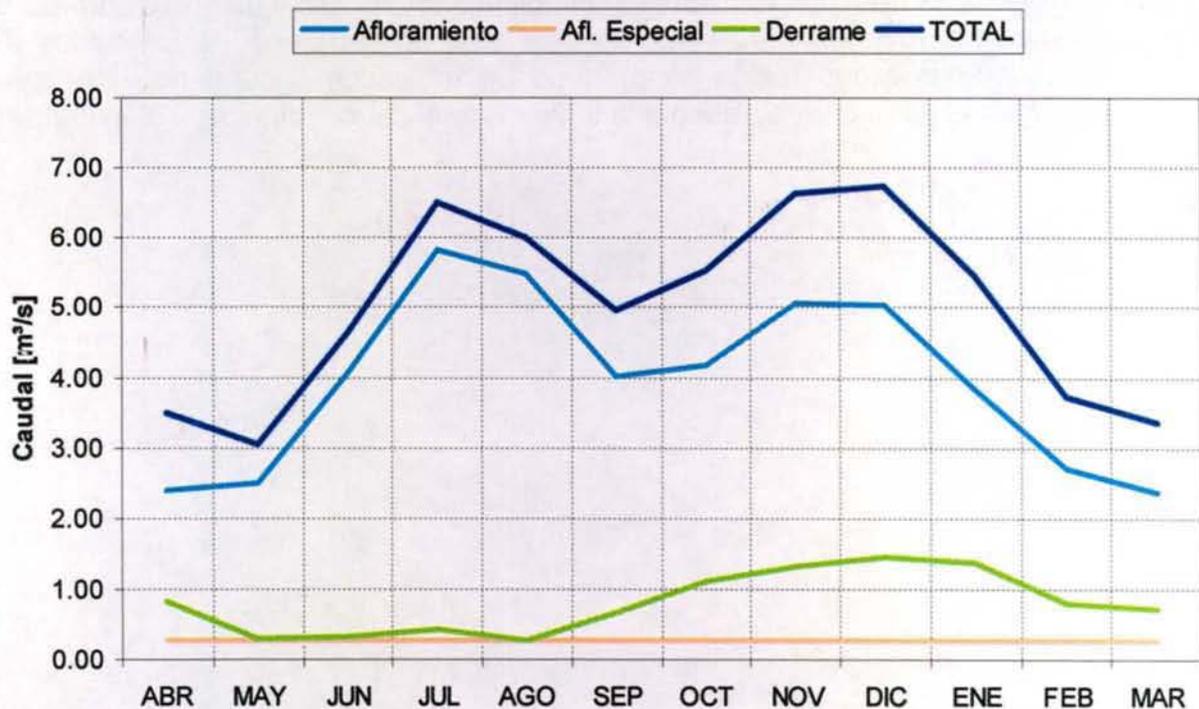
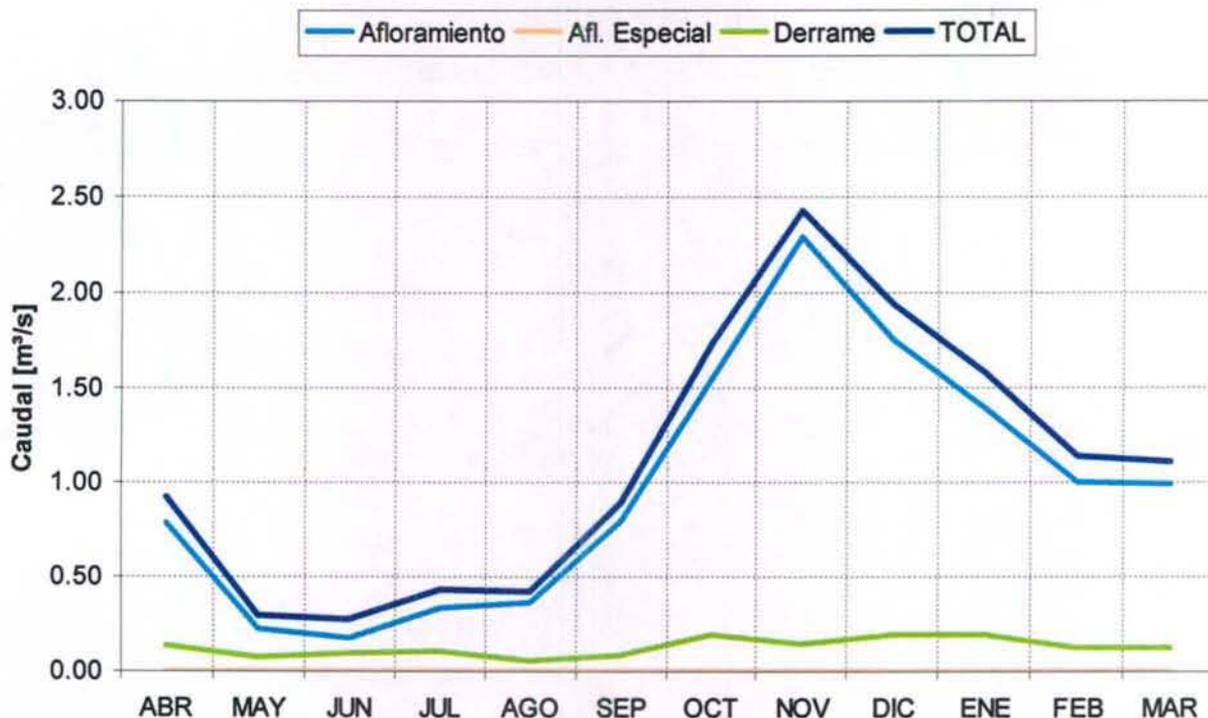


Figura 6 - 19. Componentes de la Recuperación. Sección Putaendo Pexc = 50%. Cuenca del Río Aconcagua



Finalmente, las Figuras 6-20 a la 6-24 muestran una comparación entre los caudales de recuperación y el caudal del cauce principal. Los valores graficados corresponden al valor medio anual de las estadísticas obtenidas de la simulación. Las secciones son representadas por su cauce principal, en el sentido izquierda-derecha, mostrando las recuperaciones que se producen en cada uno de los nodos. En el caso en que la recuperación se produce en un cauce secundario, ésta se verá reflejada en el nodo que representa la junta entre el cauce principal y el secundario.

Figura 6 - 20. Esquema Primera Sección Pexc = 50%. Cuenca del Río Aconcagua

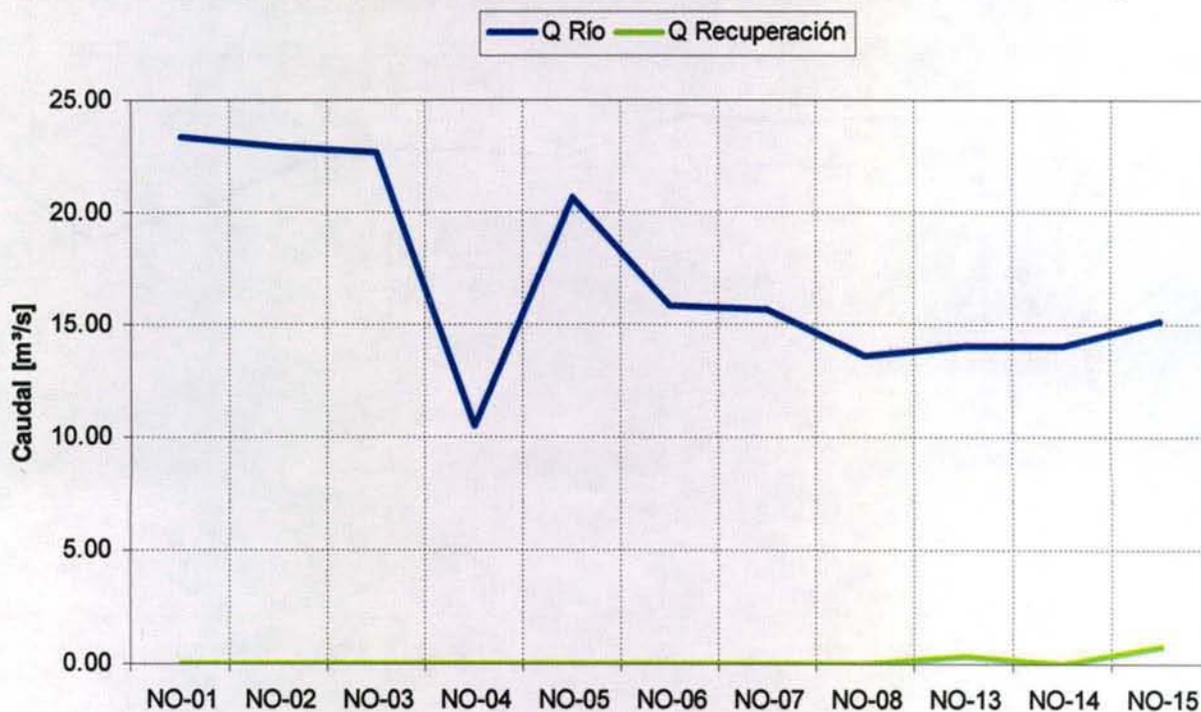


Figura 6 - 21. Esquema Segunda Sección Pexc = 50%. Cuenca del Río Aconcagua

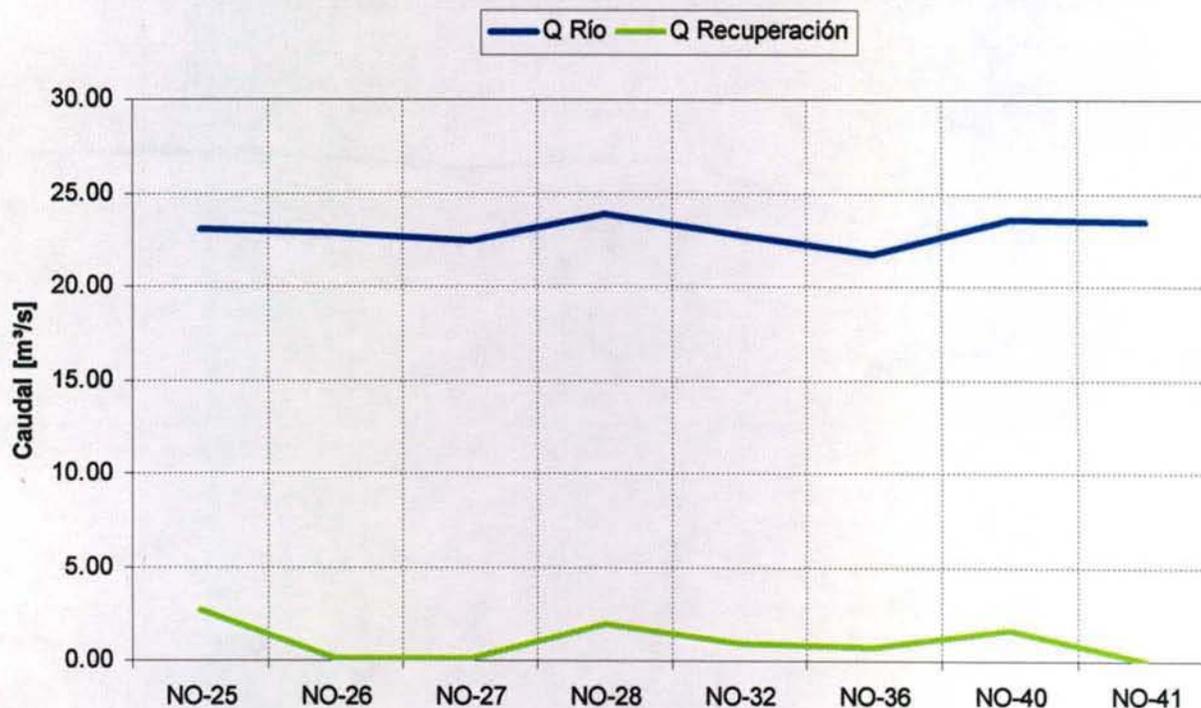


Figura 6 - 22. Esquema Tercera Sección Pexc = 50%. Cuenca del Río Aconcagua

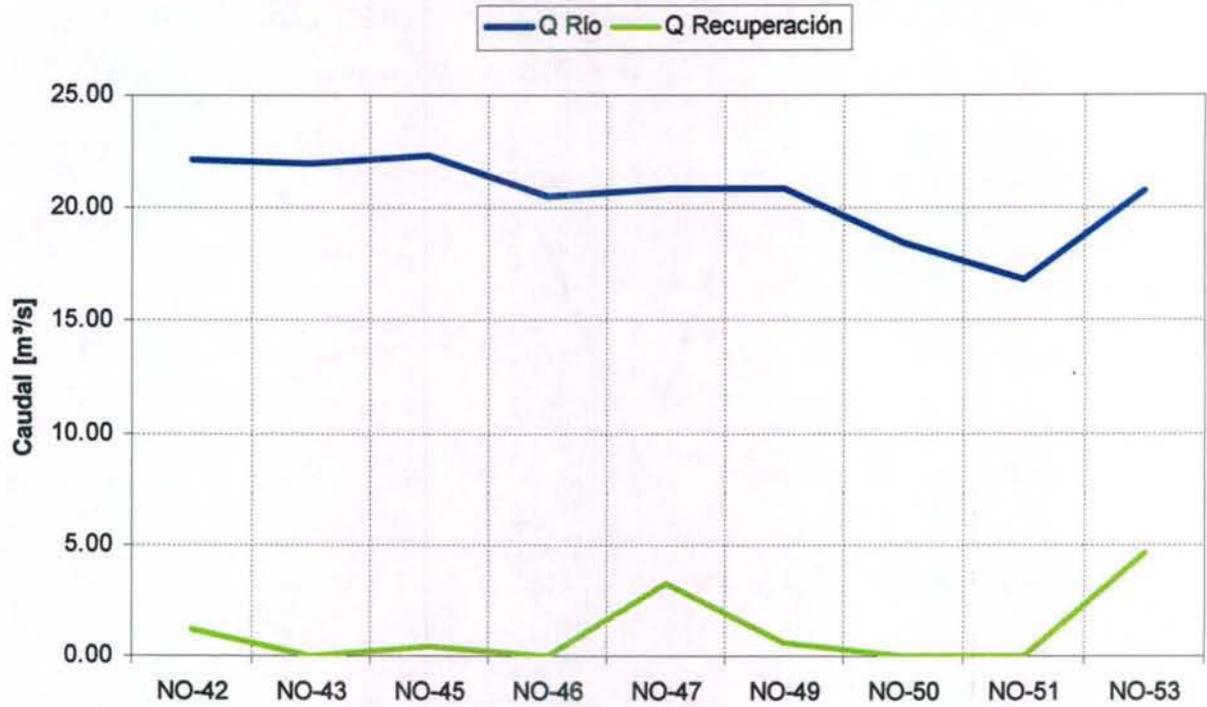


Figura 6 - 23. Esquema Cuarta Sección Pexc = 50%. Cuenca del Río Aconcagua

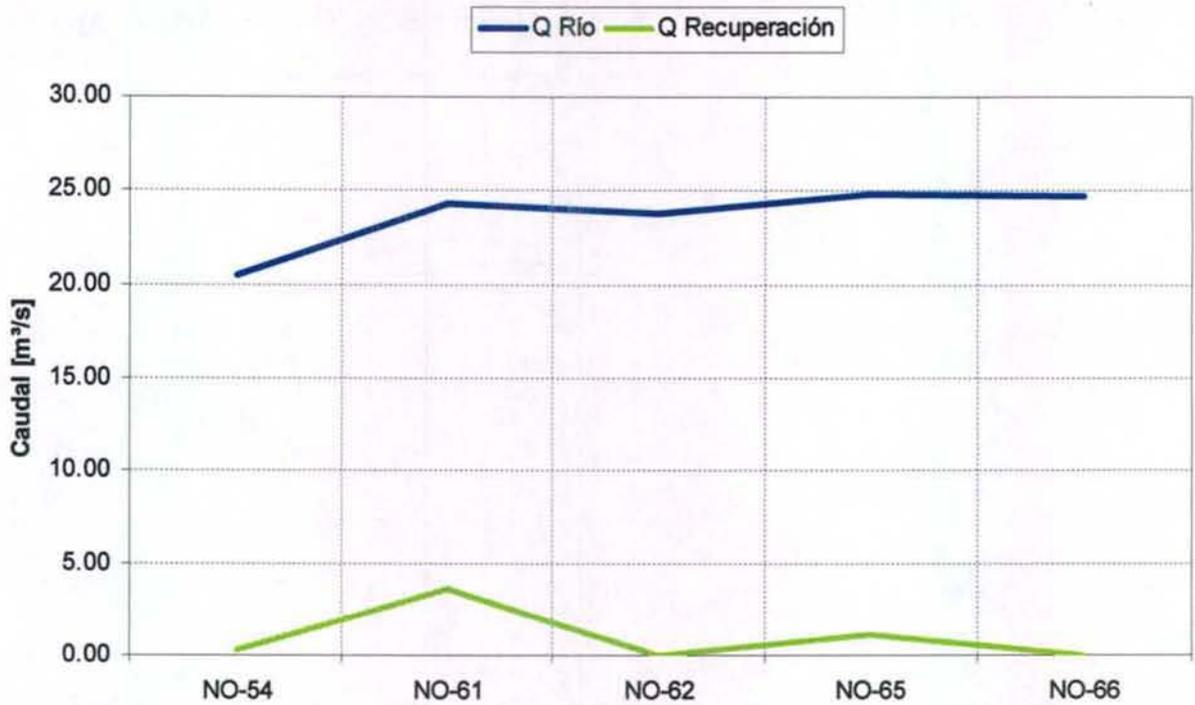
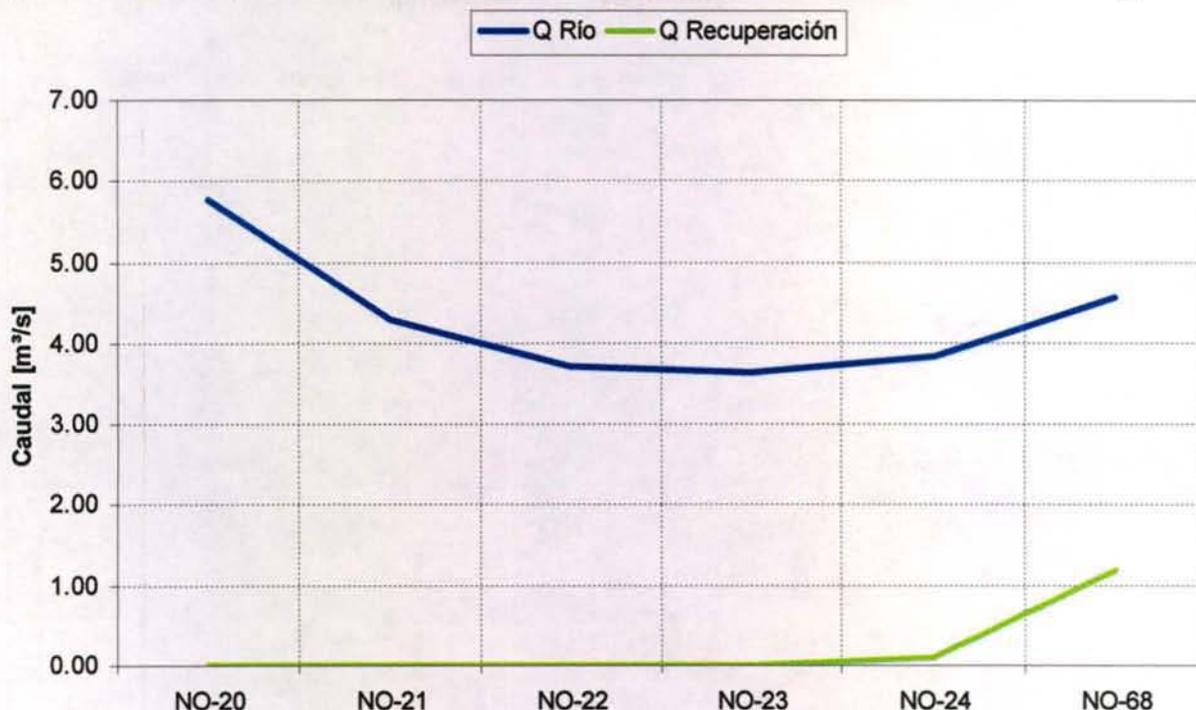


Figura 6 - 24. Esquema Sección Putaendo Pexc = 50%. Cuenca del Río Aconcagua



VI.3. RESULTADOS COMPONENTES DE LA RECUPERACIÓN CUENCA DEL RÍO MAIPO

En la Figura 6-25 se muestra la cuenca del Río Maipo dividida en sus 8 secciones (3 del río Maipo y 5 del río Mapocho), además de la ubicación de todos los nodos del modelo. La Figura 6-26 muestra además la ubicación de los acuíferos dentro de la cuenca. Las Figuras 6-27 a 6-34 presentan la ubicación de los nodos de cada sección en particular, además del esquema topológico considerado en el modelo que representa cada sección respectivamente.

Figura 6 - 25. Secciones y Nodos Cuenca del Río Maipo

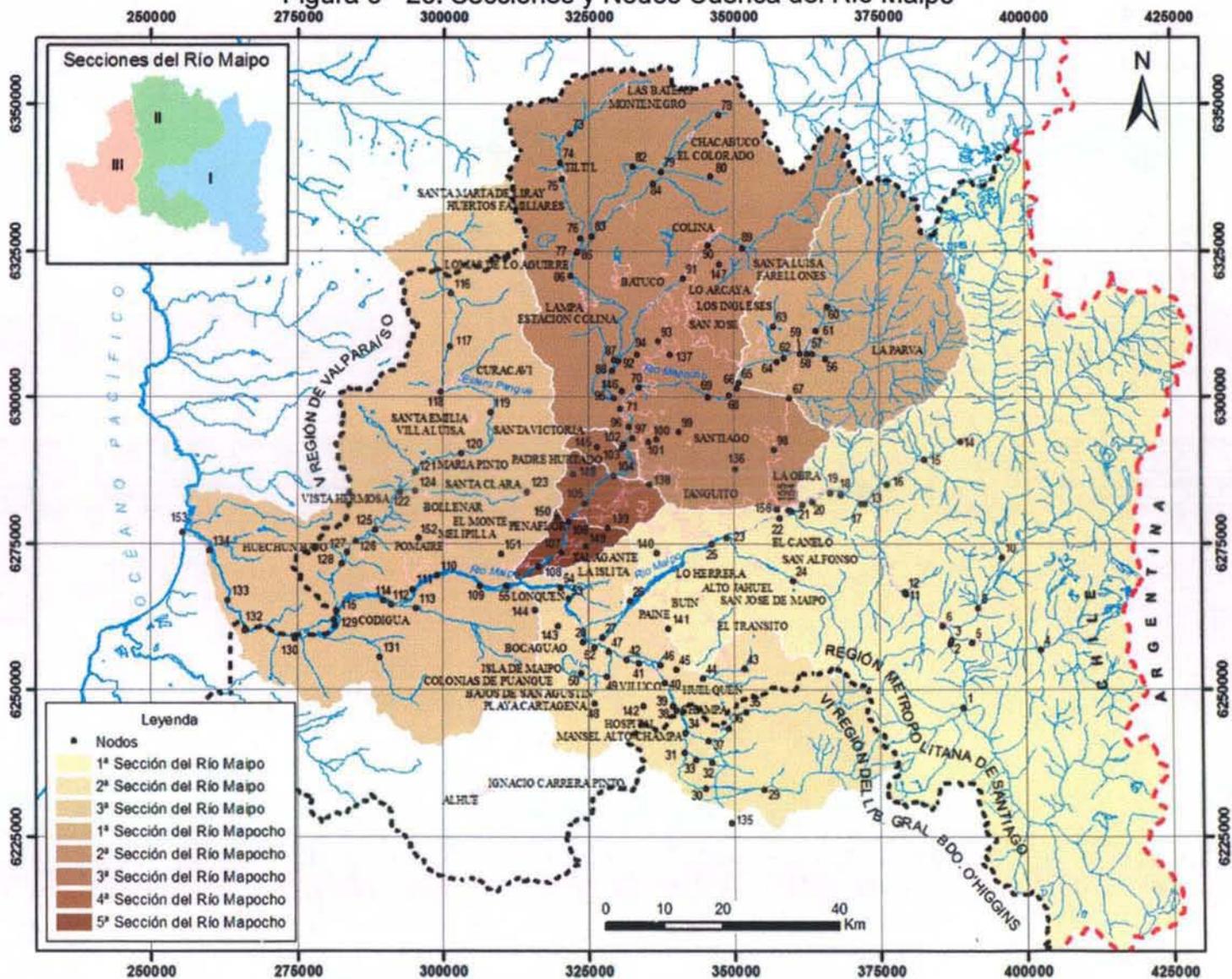


Figura 6 - 26. Secciones y Acuíferos Cuenca del Río Maipo

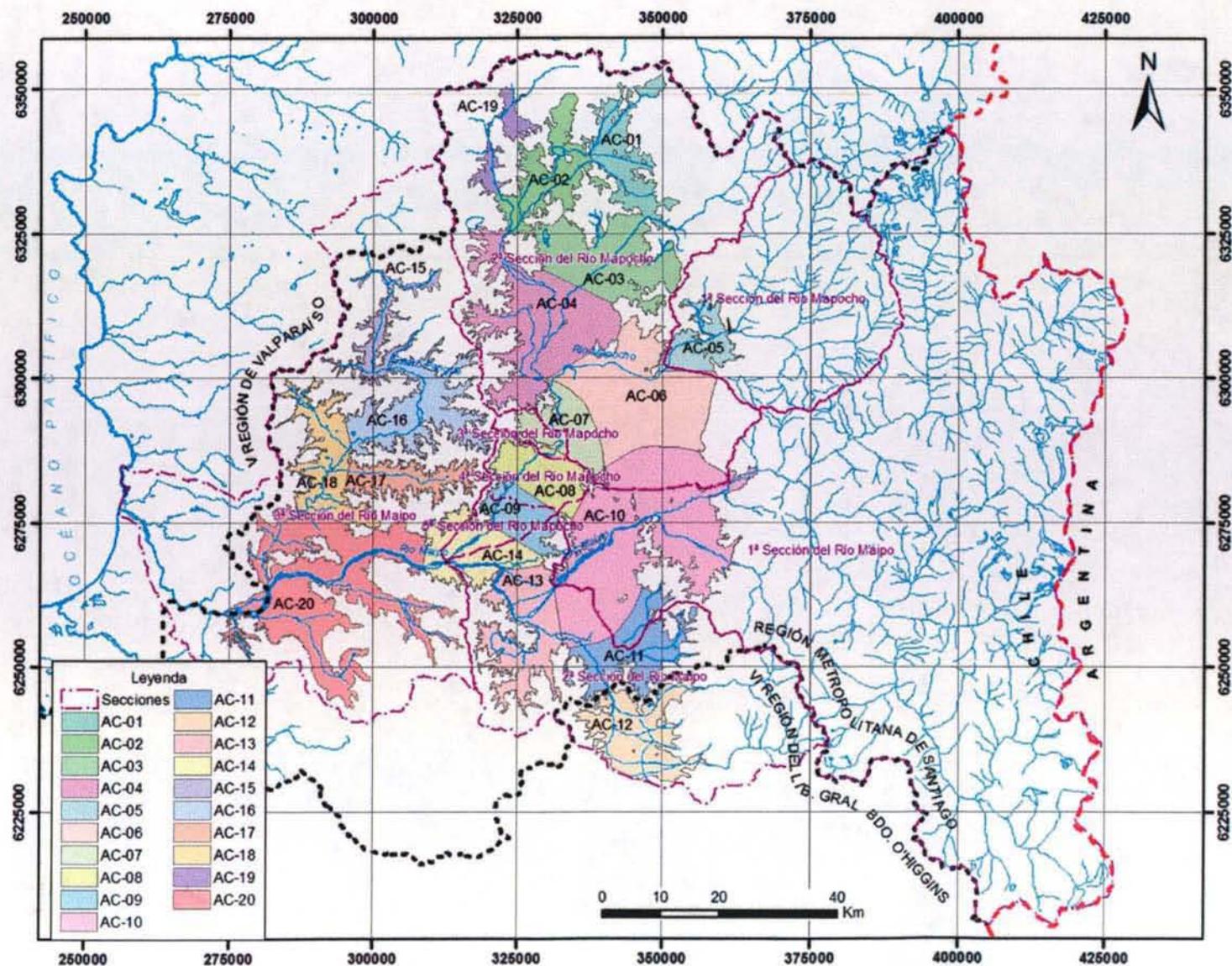


Figura 6 - 27. Primera Sección Maipo

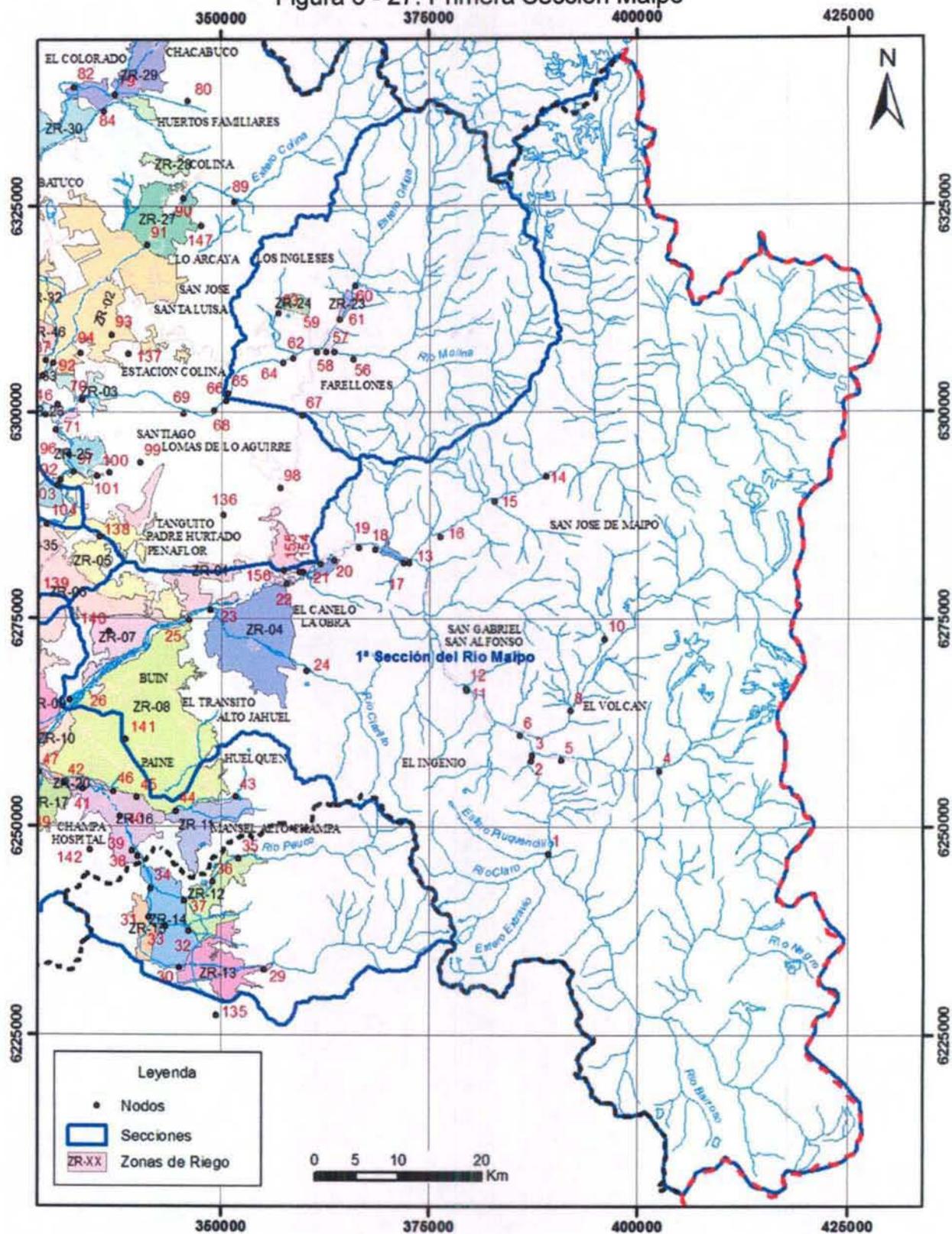


Figura 6 - 28. Segunda Sección Maipo

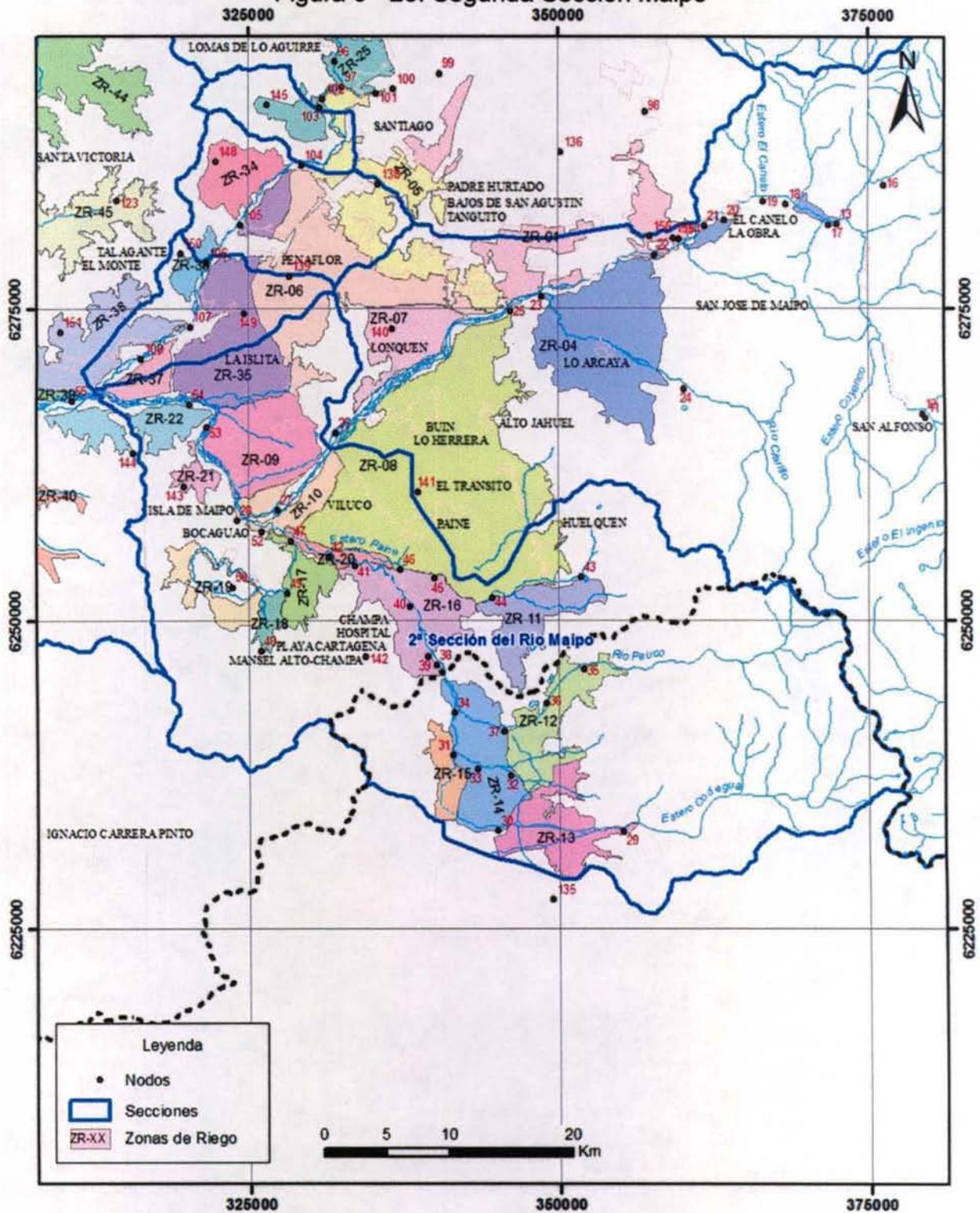


Figura 6 - 29. Tercera Sección Maipo

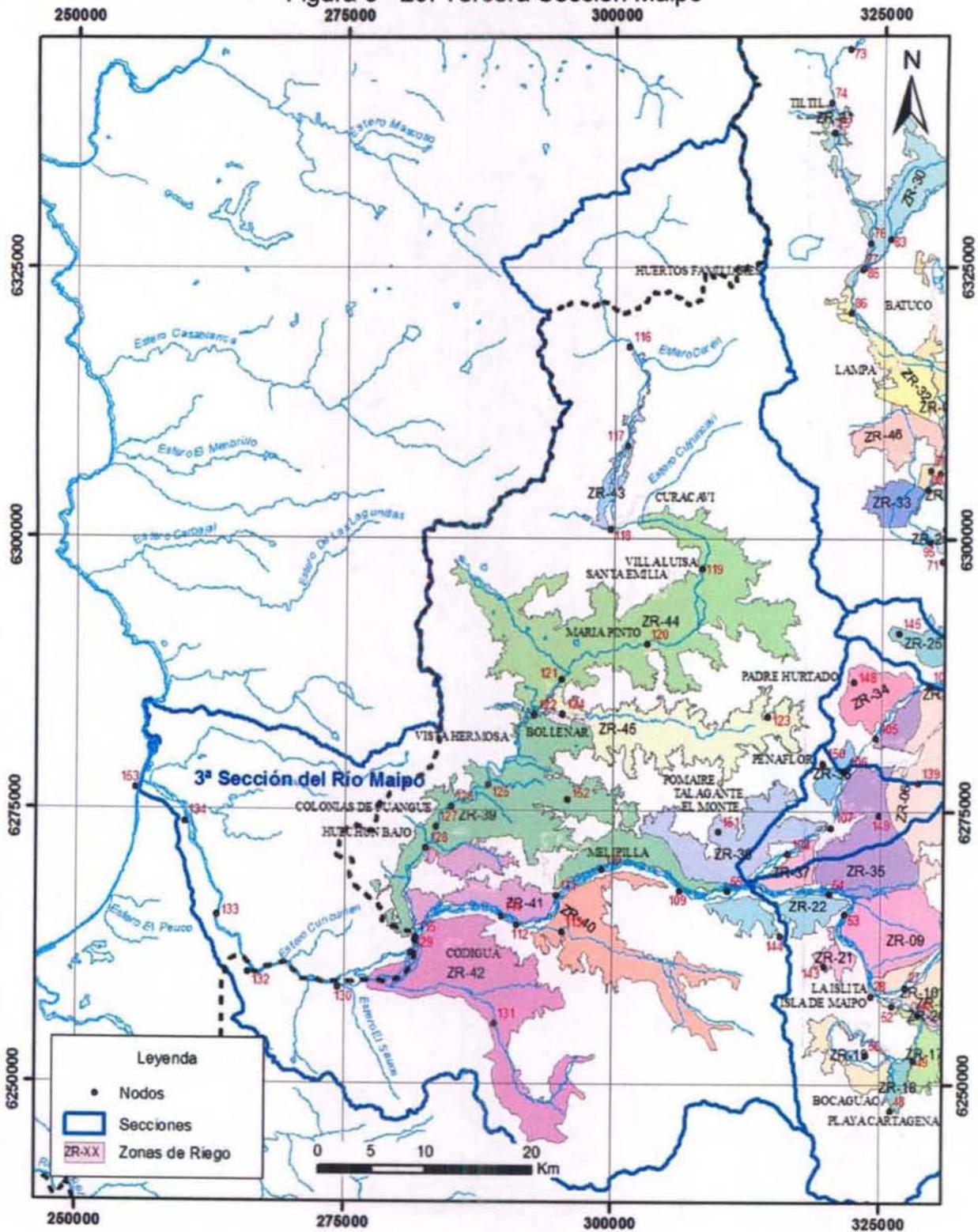


Figura 6 - 30. Primera Sección Mapocho

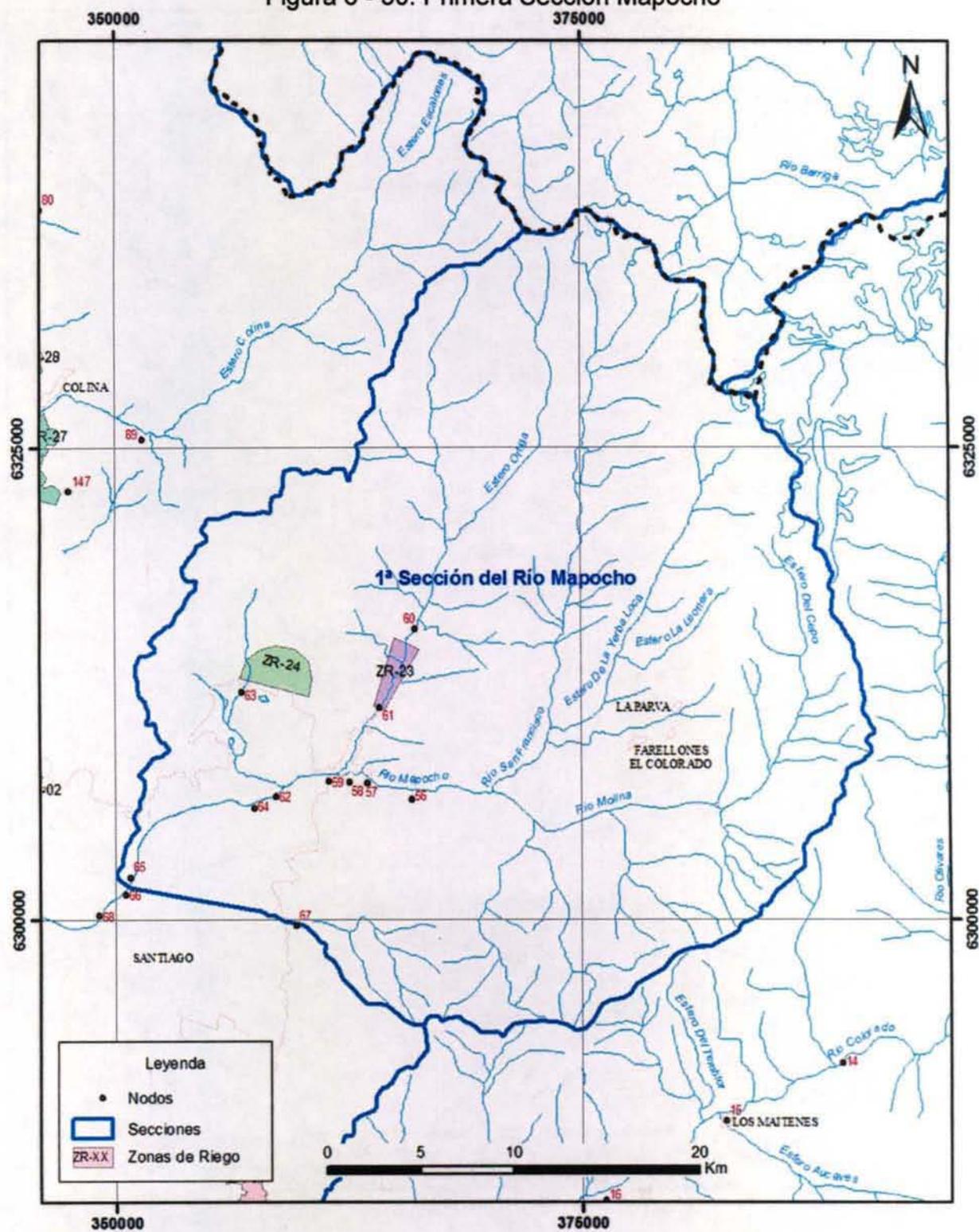


Figura 6 - 31. Segunda Sección Mapocho

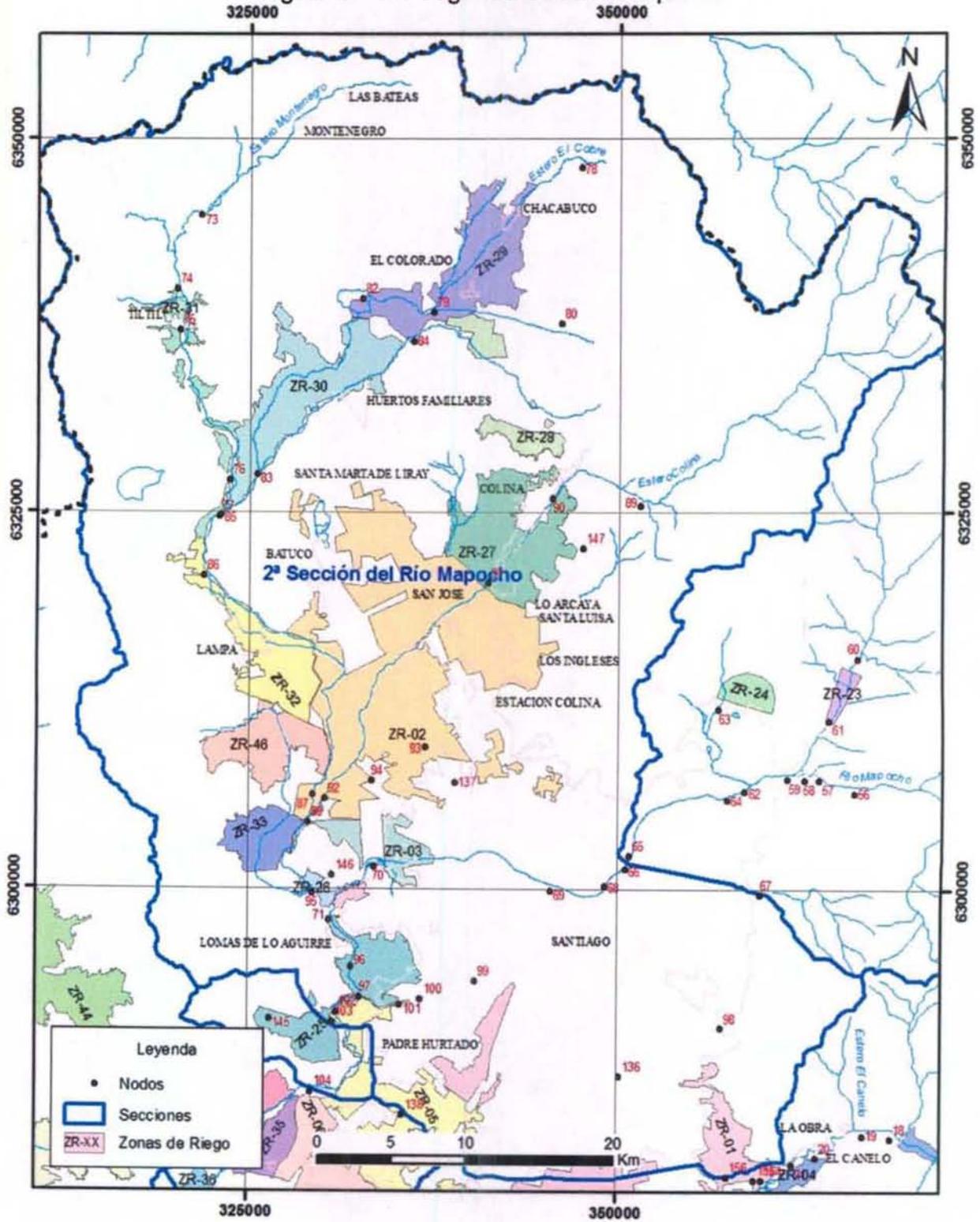


Figura 6 - 32. Tercera Sección Mapocho

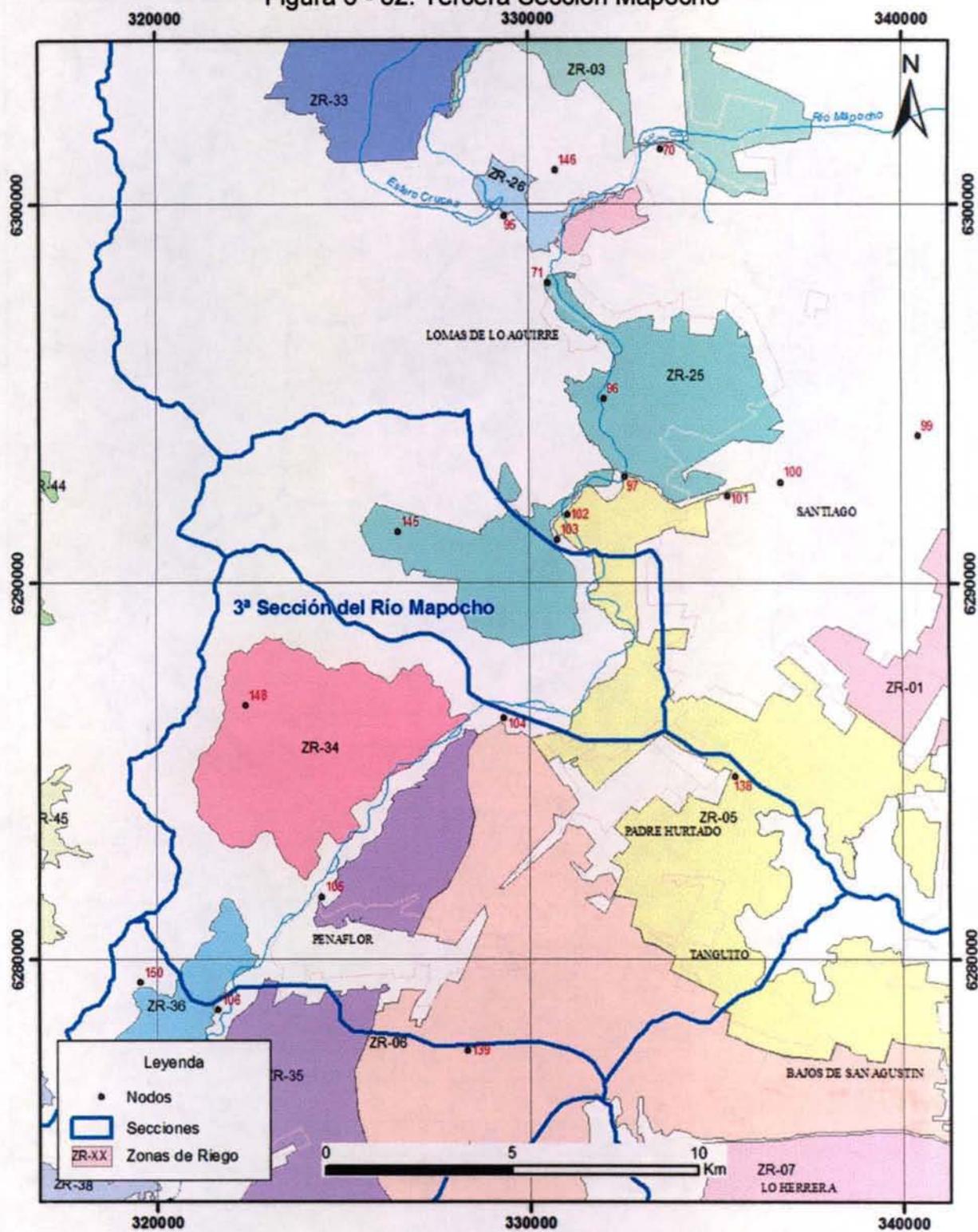


Figura 6 - 33. Cuarta Sección Mapocho

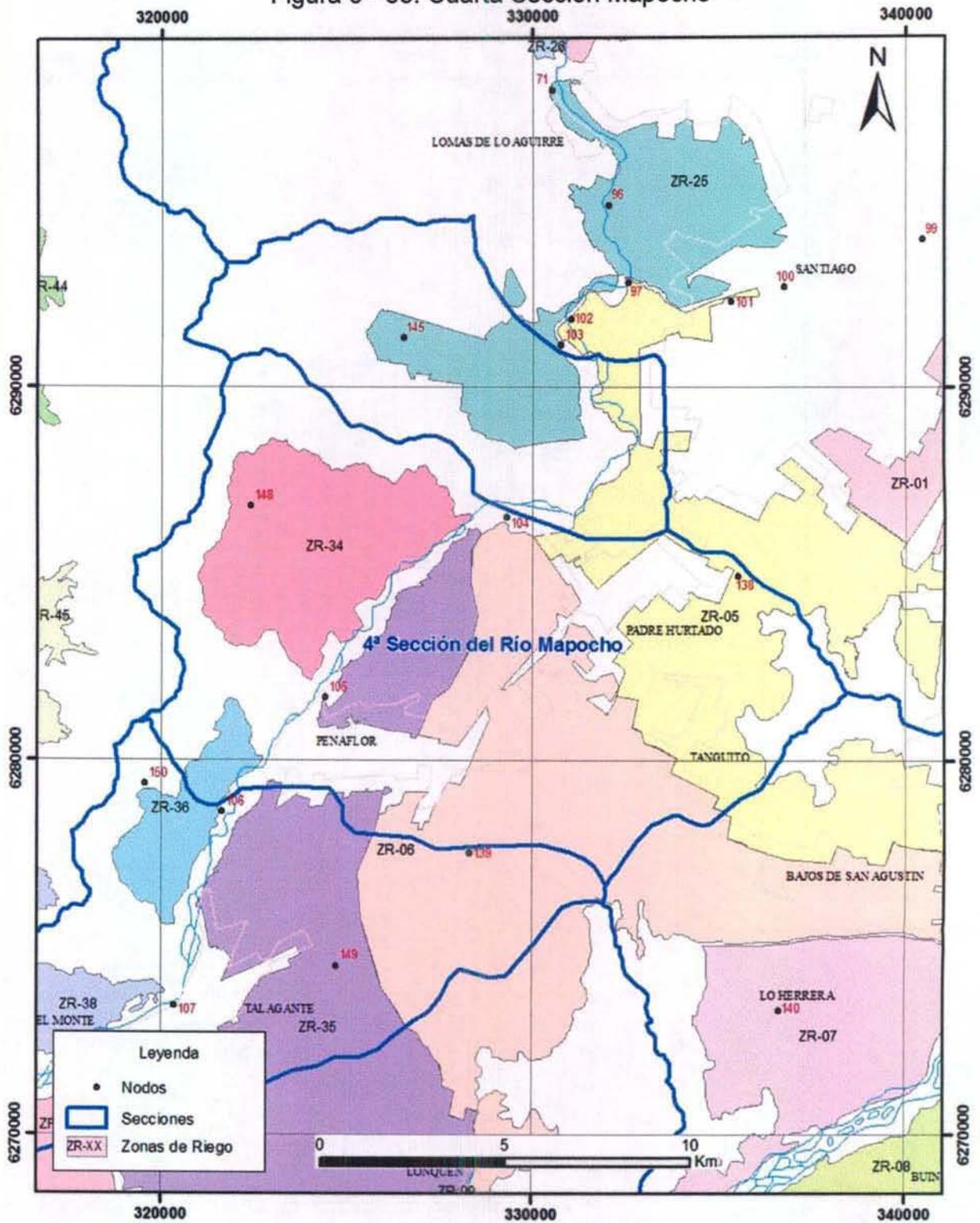
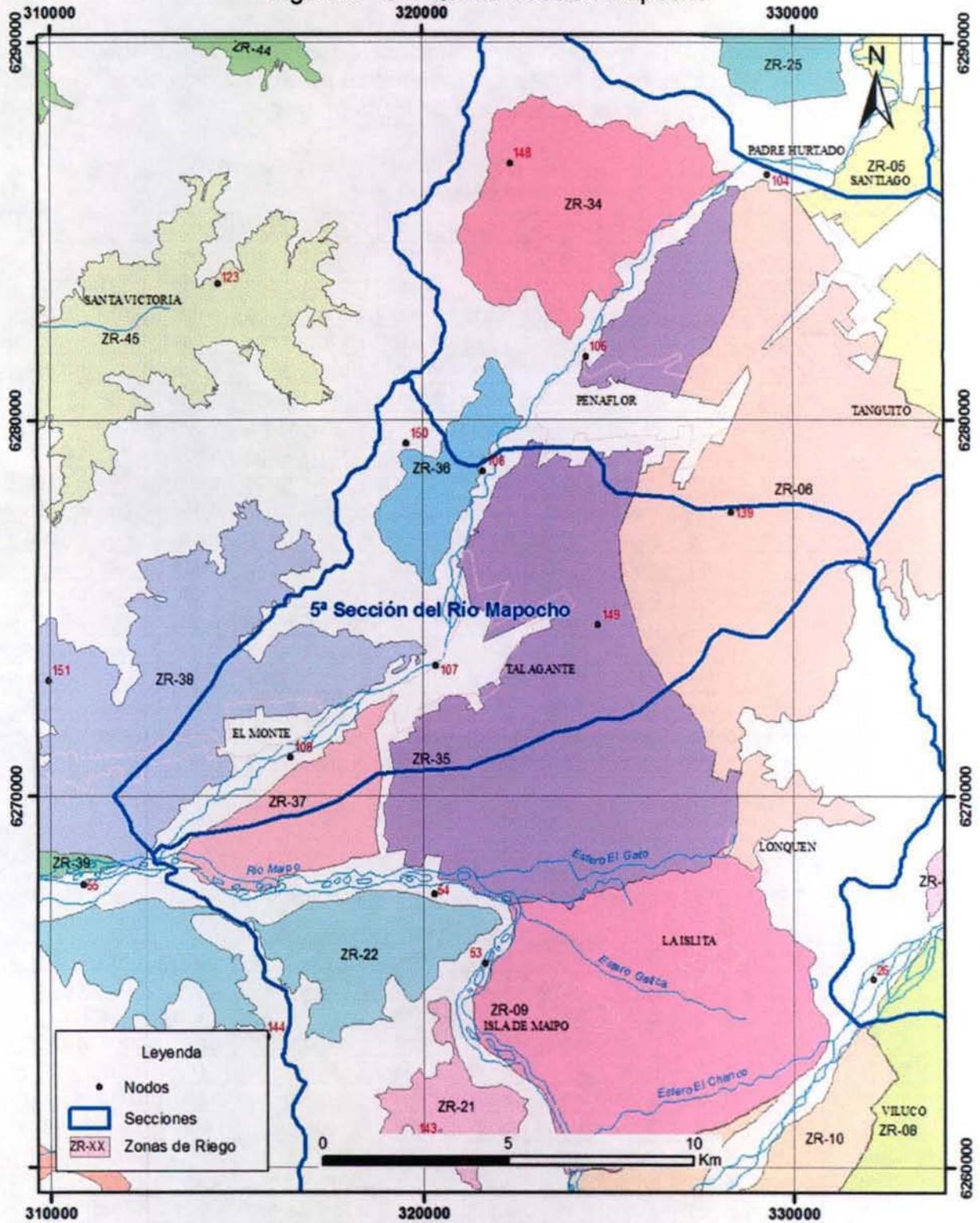


Figura 6 - 34. Quinta Sección Mapocho



VI.3.1. Afloramientos Distribuidos

Los Cuadros 6-12 y 6-13 muestran los caudales de afloramiento distribuido de la cuenca del Río Maipo, asociados a una probabilidad de excedencia de 50% y 85%, respectivamente, calculados para cada uno de los acuíferos.

Cuadro 6 - 12. Caudal Afloramiento Distribuido Pexc = 50% (m³/s). Cuenca del Río Maipo

ACUÍFERO	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR
AC-01	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.656	0.673	0.295
AC-02	2.540	3.388	3.755	5.111	4.040	3.409	2.791	2.643	2.374	2.691	2.777	2.485
AC-03	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
AC-04	6.739	7.371	7.516	8.483	7.213	5.987	5.970	6.004	5.765	6.717	6.937	6.555
AC-05	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3.583	4.318	2.804	0.619	0.000
AC-06	18.964	18.671	20.838	20.957	21.512	21.728	23.541	23.296	23.239	22.196	21.050	18.985
AC-07	18.088	18.799	19.720	19.426	19.643	19.074	19.303	18.793	17.917	18.854	18.621	18.418
AC-08	7.085	6.583	5.736	5.024	4.595	4.669	4.791	4.938	5.327	6.193	6.926	7.258
AC-09	7.700	7.182	6.112	5.386	4.976	5.061	5.239	5.360	5.663	6.597	7.589	7.749
AC-10	13.052	8.032	1.951	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	10.899
AC-11	0.581	0.565	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.112
AC-12	1.306	0.971	0.650	0.343	0.303	0.928	1.398	0.948	0.849	1.472	1.758	1.518
AC-13	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
AC-14	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
AC-15	0.000	0.000	0.012	0.012	0.007	0.012	0.003	0.004	0.004	0.004	0.000	0.000
AC-16	3.100	2.831	2.050	0.742	0.062	0.248	0.547	0.764	1.288	2.548	3.172	3.183
AC-17	2.516	2.098	1.154	0.424	0.072	0.241	0.585	0.579	0.786	1.621	2.432	2.603
AC-18	1.118	0.933	0.567	0.210	0.071	0.213	0.399	0.383	0.415	0.808	1.119	1.190
AC-19	0.050	0.123	0.175	0.256	0.187	0.158	0.101	0.083	0.057	0.041	0.029	0.023
AC-20	20.918	22.565	21.492	19.677	16.921	16.227	15.455	17.328	17.774	20.035	19.207	19.958

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 6 - 13. Caudal Afloramiento Distribuido Pexc = 85% (m³/s) . Cuenca del Río Maipo

ACUÍFERO	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR
AC-01	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
AC-02	1.651	2.155	2.431	2.875	2.818	2.413	1.873	1.695	1.590	1.514	1.358	1.376
AC-03	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
AC-04	5.432	5.056	5.027	4.960	4.117	4.174	3.941	3.517	3.904	4.397	4.730	4.615
AC-05	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
AC-06	13.088	12.461	13.964	14.714	13.624	12.525	13.880	14.787	14.660	15.432	14.645	12.587
AC-07	15.100	15.051	15.203	14.955	13.861	13.443	13.317	13.513	14.429	14.888	15.147	14.679
AC-08	5.912	5.717	5.113	4.562	4.103	4.101	4.297	4.514	4.751	5.418	5.778	6.058
AC-09	6.992	6.620	5.939	5.287	4.763	4.779	4.789	5.019	5.393	6.154	6.845	7.130
AC-10	5.903	4.177	0.672	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
AC-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
AC-12	0.201	0.083	0.000	0.000	0.000	0.028	0.415	0.421	0.398	0.618	0.742	0.578

ACUÍFERO	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR
AC-13	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
AC-14	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
AC-15	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
AC-16	2.870	2.591	1.703	0.603	0.000	0.000	0.000	0.334	1.188	2.427	2.910	2.937
AC-17	1.927	1.556	0.966	0.379	0.000	0.000	0.052	0.247	0.740	1.494	2.052	2.150
AC-18	0.907	0.747	0.464	0.184	0.000	0.000	0.021	0.130	0.357	0.697	0.909	0.938
AC-19	0.000	0.065	0.103	0.132	0.113	0.086	0.048	0.015	0.012	0.000	0.000	0.000
AC-20	18.527	19.625	19.375	16.867	14.201	12.965	11.324	11.166	13.365	14.830	14.921	16.399

Fuente: Elaboración Propia

VI.3.2. Afloramientos Puntuales

Los afloramientos puntuales han sido obtenidos sólo para aquellos acuíferos que lo requieren, asignándole esa propiedad a algún nodo asociado al respectivo acuífero.

Los Cuadros 6-14 y 6-15 muestran los caudales de afloramiento puntual de la cuenca del Río Maipo, asociados a una probabilidad de excedencia de 50% y 85%, respectivamente.

Cuadro 6 - 14. Caudal Afloramiento Puntual $P_{exc} = 50\%$ (m^3/s). Cuenca del Río Maipo

ACUÍFERO	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR
AC-08	3.220	3.220	3.220	3.215	3.200	3.183	3.173	3.169	3.164	3.172	3.196	3.219
AC-09	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
AC-13	2.323	2.282	2.447	2.747	2.255	2.105	2.560	3.126	3.835	3.784	3.158	2.042
AC-14	5.319	5.332	5.336	5.326	5.301	5.284	5.286	5.281	5.268	5.266	5.280	5.300
AC-20	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 6 - 15. Caudal Afloramiento Puntual $P_{exc} = 85\%$ (m^3/s). Cuenca del Río Maipo

ACUÍFERO	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR
AC-08	3.216	3.220	3.220	3.214	3.197	3.176	3.155	3.137	3.126	3.130	3.154	3.191
AC-09	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
AC-13	1.919	1.813	1.900	1.979	1.759	1.865	1.919	2.488	3.338	2.421	2.154	1.999
AC-14	5.155	5.162	5.162	5.151	5.129	5.148	5.163	5.142	5.136	5.132	5.135	5.140
AC-20	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Fuente: Elaboración Propia

VI.3.3. Derrames de Riego

Los Cuadros 6-16 y 6-17 muestran los caudales de derrame en la cuenca del Río Maipo, asociados a una probabilidad de excedencia de 50% y 85%, respectivamente, calculados para cada una de las zonas de riego.

Cuadro 6 - 16. Caudal Derrame Pexc = 50% (m³/s). Cuenca del Río Maipo

ZONA	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR
ZR-01	0.904	0.669	1.088	0.955	0.678	0.642	1.576	1.597	2.344	2.302	1.361	0.753
ZR-02	0.806	0.564	0.793	0.910	0.580	0.671	1.309	2.006	0.770	0.707	0.682	0.565
ZR-03	0.246	0.327	0.397	0.461	0.305	0.298	0.430	0.413	0.344	0.273	0.243	0.244
ZR-04	1.599	0.651	1.298	1.104	0.860	0.606	2.174	4.263	3.634	3.622	3.094	2.543
ZR-05	0.346	0.846	1.140	1.154	0.812	0.413	0.501	0.452	0.322	0.317	0.240	0.137
ZR-06	1.062	1.143	1.334	1.787	1.191	0.733	1.559	2.183	1.258	1.254	1.611	0.725
ZR-07	0.558	0.161	0.234	0.268	0.155	0.229	0.871	1.693	1.942	1.927	1.626	1.108
ZR-08	1.891	2.097	2.477	3.546	2.009	1.521	3.002	5.461	8.445	8.396	5.946	1.375
ZR-09	0.760	0.457	0.673	0.664	0.401	0.393	1.005	0.625	0.606	0.606	0.606	0.610
ZR-10	0.192	0.100	0.168	0.134	0.082	0.097	0.342	0.361	0.380	0.380	0.377	0.326
ZR-11	0.204	0.164	0.197	0.302	0.167	0.153	0.284	0.411	0.307	0.134	0.089	0.134
ZR-12	0.288	0.329	0.394	0.536	0.317	0.310	0.799	1.136	0.746	0.348	0.275	0.232
ZR-13	0.333	0.279	0.340	0.446	0.242	0.238	1.089	2.343	2.065	1.832	1.339	1.045
ZR-14	0.405	0.443	0.531	0.745	0.437	0.390	1.370	3.001	2.720	2.613	2.084	1.163
ZR-15	0.325	0.302	0.362	0.492	0.291	0.329	0.997	1.318	1.001	0.913	0.723	0.495
ZR-16	0.230	0.319	0.407	0.626	0.346	0.284	0.422	0.570	0.537	0.473	0.403	0.244
ZR-17	0.304	0.209	0.299	0.319	0.188	0.163	0.670	0.987	0.987	0.955	0.955	0.802
ZR-18	0.119	0.091	0.135	0.135	0.080	0.072	0.215	0.582	0.478	0.444	0.440	0.193
ZR-19	0.022	0.111	0.171	0.164	0.095	0.056	0.025	0.014	0.013	0.006	0.004	0.003
ZR-20	0.697	0.637	0.802	1.107	0.633	0.513	0.947	1.589	2.238	2.222	1.573	0.397
ZR-21	0.039	0.056	0.087	0.083	0.048	0.084	0.103	0.119	0.122	0.112	0.100	0.068
ZR-22	0.149	0.178	0.286	0.296	0.154	0.170	0.284	0.496	0.569	0.549	0.487	0.300
ZR-23	0.022	0.033	0.047	0.048	0.041	0.032	0.034	0.018	0.018	0.018	0.013	0.011
ZR-24	0.163	0.072	0.108	0.110	0.076	0.108	0.444	0.516	0.510	0.415	0.301	0.174
ZR-25	0.311	0.327	0.444	0.489	0.344	0.334	0.558	0.800	0.345	0.330	0.303	0.223
ZR-26	0.024	0.020	0.024	0.028	0.018	0.025	0.040	0.069	0.060	0.060	0.051	0.031
ZR-27	0.214	0.234	0.257	0.318	0.214	0.230	0.352	0.453	0.313	0.233	0.180	0.177
ZR-28	0.021	0.018	0.015	0.018	0.012	0.017	0.026	0.038	0.032	0.030	0.027	0.021
ZR-29	0.042	0.136	0.157	0.197	0.126	0.067	0.146	0.355	0.354	0.353	0.251	0.021
ZR-30	0.089	0.226	0.267	0.307	0.217	0.132	0.083	0.095	0.068	0.067	0.067	0.068
ZR-31	0.025	0.042	0.046	0.046	0.037	0.043	0.025	0.021	0.010	0.009	0.010	0.010
ZR-32	0.053	0.113	0.141	0.177	0.124	0.073	0.041	0.095	0.086	0.083	0.092	0.088
ZR-33	0.924	0.077	0.057	0.066	0.043	0.575	1.539	2.306	1.925	1.524	1.465	1.338
ZR-34	0.137	0.090	0.130	0.135	0.078	0.108	0.214	0.308	0.215	0.209	0.199	0.154
ZR-35	1.446	1.741	2.009	2.754	1.735	1.137	2.099	3.523	3.592	3.427	2.805	1.258
ZR-36	0.047	0.052	0.075	0.085	0.050	0.048	0.063	0.125	0.156	0.146	0.120	0.073
ZR-37	0.296	0.107	0.172	0.178	0.093	0.122	0.647	0.639	0.639	0.639	0.639	0.639
ZR-38	0.352	0.455	0.735	0.738	0.396	0.346	0.583	0.635	0.939	0.936	0.745	0.379
ZR-39	1.843	1.436	2.337	2.416	1.257	1.577	3.992	5.172	6.194	5.954	5.319	3.272
ZR-40	0.618	0.357	0.530	0.548	0.285	0.425	1.644	1.267	1.267	1.267	1.267	1.267
ZR-41	0.331	0.202	0.320	0.310	0.162	0.251	0.813	0.583	0.580	0.580	0.581	0.591
ZR-42	0.689	0.646	1.035	1.070	0.557	0.586	1.588	0.914	0.818	0.815	0.806	0.658
ZR-43	0.031	0.060	0.062	0.085	0.051	0.122	0.115	0.052	0.025	0.015	0.013	0.013
ZR-44	1.709	1.160	1.157	1.633	0.956	1.333	3.034	1.887	1.797	1.746	1.743	1.467

DIAGNÓSTICO DE CAUDALES EN CUENCAS NO CONTROLADAS DE RECUPERACIÓN, CUENCAS DE ACONCAGUA Y MAIPO. INFORME FINAL

ZONA	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR
ZR-45	1.215	0.549	0.608	0.852	0.499	0.838	2.116	2.380	3.024	3.020	2.565	1.541
ZR-46	0.008	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.035	0.034	0.035	0.039	0.035

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 6 - 17. Caudal Derrame Pexc = 85% (m³/s). Cuenca del Río Maipo

ZONA	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR
ZR-01	0.304	0.131	0.135	0.264	0.277	0.397	0.644	0.683	0.873	0.875	0.770	0.520
ZR-02	0.439	0.223	0.224	0.330	0.186	0.486	0.476	0.666	0.678	0.652	0.611	0.410
ZR-03	0.123	0.073	0.074	0.147	0.108	0.160	0.196	0.228	0.231	0.186	0.185	0.167
ZR-04	1.028	0.215	0.189	0.299	0.182	0.314	1.316	2.640	3.495	3.514	3.032	1.804
ZR-05	0.069	0.215	0.345	0.487	0.293	0.185	0.152	0.146	0.165	0.164	0.145	0.107
ZR-06	0.283	0.380	0.444	0.653	0.318	0.412	0.504	0.692	0.879	0.784	0.784	0.551
ZR-07	0.334	0.053	0.063	0.095	0.042	0.136	0.680	1.424	1.708	1.678	1.523	0.939
ZR-08	0.521	0.581	0.863	1.217	0.460	0.693	0.939	3.486	6.481	3.460	2.416	1.314
ZR-09	0.403	0.108	0.159	0.165	0.093	0.166	0.590	0.589	0.588	0.557	0.527	0.589
ZR-10	0.126	0.029	0.039	0.046	0.027	0.054	0.258	0.299	0.338	0.303	0.296	0.295
ZR-11	0.110	0.049	0.057	0.089	0.043	0.061	0.173	0.152	0.087	0.053	0.047	0.057
ZR-12	0.042	0.075	0.113	0.162	0.089	0.097	0.443	0.394	0.351	0.137	0.125	0.021
ZR-13	0.017	0.043	0.060	0.106	0.073	0.054	0.559	1.027	1.015	0.149	0.096	0.017
ZR-14	0.068	0.110	0.162	0.224	0.121	0.110	1.017	1.889	1.160	0.113	0.081	0.018
ZR-15	0.043	0.073	0.109	0.149	0.083	0.123	0.610	0.766	0.751	0.147	0.125	0.030
ZR-16	0.114	0.101	0.117	0.184	0.087	0.086	0.234	0.335	0.402	0.356	0.313	0.220
ZR-17	0.180	0.037	0.068	0.071	0.035	0.070	0.420	0.850	0.788	0.718	0.489	0.488
ZR-18	0.069	0.017	0.029	0.033	0.015	0.029	0.166	0.382	0.422	0.369	0.241	0.153
ZR-19	0.001	0.023	0.035	0.041	0.018	0.014	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ZR-20	0.274	0.181	0.261	0.380	0.141	0.255	0.315	0.919	1.715	0.817	0.555	0.373
ZR-21	0.022	0.013	0.018	0.021	0.009	0.021	0.051	0.092	0.111	0.102	0.091	0.065
ZR-22	0.070	0.051	0.082	0.059	0.023	0.045	0.220	0.435	0.481	0.466	0.419	0.297
ZR-23	0.001	0.000	0.000	0.001	0.003	0.007	0.005	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000
ZR-24	0.009	0.000	0.000	0.001	0.003	0.017	0.057	0.009	0.014	0.015	0.011	0.009
ZR-25	0.149	0.097	0.132	0.174	0.109	0.211	0.191	0.285	0.328	0.328	0.302	0.191
ZR-26	0.016	0.006	0.007	0.010	0.007	0.016	0.025	0.046	0.058	0.057	0.049	0.031
ZR-27	0.102	0.083	0.091	0.126	0.081	0.130	0.153	0.235	0.208	0.128	0.122	0.099
ZR-28	0.008	0.006	0.005	0.006	0.002	0.006	0.012	0.023	0.023	0.014	0.013	0.010
ZR-29	0.005	0.036	0.051	0.047	0.017	0.005	0.008	0.345	0.308	0.181	0.008	0.007
ZR-30	0.013	0.073	0.088	0.079	0.033	0.019	0.027	0.025	0.017	0.018	0.019	0.020
ZR-31	0.002	0.009	0.016	0.013	0.006	0.010	0.005	0.008	0.007	0.006	0.006	0.007
ZR-32	0.014	0.044	0.049	0.066	0.040	0.030	0.016	0.044	0.036	0.039	0.036	0.041
ZR-33	0.718	0.038	0.016	0.023	0.014	0.554	1.298	1.488	1.186	1.038	1.124	0.844
ZR-34	0.063	0.027	0.032	0.048	0.021	0.061	0.125	0.192	0.205	0.193	0.185	0.137
ZR-35	0.502	0.599	0.681	1.001	0.450	0.590	0.914	1.743	2.628	1.982	1.988	1.234
ZR-36	0.017	0.017	0.021	0.031	0.013	0.018	0.037	0.098	0.144	0.138	0.117	0.050
ZR-37	0.189	0.030	0.045	0.027	0.014	0.085	0.510	0.632	0.632	0.632	0.632	0.632
ZR-38	0.157	0.115	0.184	0.101	0.058	0.163	0.290	0.562	0.811	0.777	0.570	0.267
ZR-39	0.971	0.410	0.610	0.380	0.184	1.048	2.836	4.872	5.384	5.015	4.397	2.924
ZR-40	0.239	0.095	0.154	0.118	0.042	0.285	1.249	1.220	1.198	1.175	1.220	1.231

ZONA	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR
ZR-41	0.142	0.054	0.086	0.068	0.024	0.174	0.565	0.555	0.534	0.515	0.517	0.564
ZR-42	0.198	0.186	0.276	0.175	0.082	0.359	0.654	0.716	0.719	0.657	0.654	0.566
ZR-43	0.008	0.016	0.019	0.025	0.015	0.032	0.011	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007
ZR-44	0.615	0.295	0.363	0.472	0.290	0.925	1.278	1.460	1.559	1.513	1.493	1.148
ZR-45	0.639	0.153	0.189	0.247	0.151	0.584	1.166	1.854	2.145	1.938	1.782	1.234
ZR-46	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.005	0.004	0.004	0.005	0.004

Fuente: Elaboración Propia

En los Anexos 6.4 al 6.6 se muestran las estadísticas completas de Afloramientos, Afloramientos Especiales y Derrames de Riego.

VI.3.4. Recuperación en los Nodos

Las recuperaciones totales correspondientes a la suma de los elementos antes mencionados, tienen como destino algún nodo dentro del sistema superficial, pudiendo corresponder el mismo nodo a más de alguna recuperación. El Cuadro 6-18 muestra los nodos receptores para cada una de las recuperaciones.

Cuadro 6 - 18. Nodos de Recuperación Cuenca del Río Maipo

NODO	Sección	Afloramiento	Afl. Especial	Derrame
NO-018	Primera Maipo	-	-	ZR-04
NO-022	Primera Maipo	-	-	ZR-04
NO-023	Primera Maipo	-	-	ZR-01, ZR-04
NO-026	Primera Maipo	AC-10	-	ZR-07
NO-028	Segunda Maipo	AC-13	-	ZR-10
NO-030	Segunda Maipo	-	-	ZR-13
NO-031	Segunda Maipo	-	-	ZR-15
NO-032	Segunda Maipo	-	-	ZR-12
NO-034	Segunda Maipo	AC-12	-	ZR-14
NO-037	Segunda Maipo	-	-	ZR-12
NO-041	Segunda Maipo	-	-	ZR-16
NO-042	Segunda Maipo	AC-11	-	-
NO-044	Segunda Maipo	-	-	ZR-11
NO-045	Segunda Maipo	-	-	ZR-08
NO-047	Segunda Maipo	-	AC-13	ZR-17, ZR-20
NO-049	Segunda Maipo	-	-	ZR-18
NO-051	Segunda Maipo	-	-	ZR-19
NO-053	Segunda Maipo	AC-13	-	ZR-09, ZR-21
NO-054	Segunda Maipo	-	AC-14	ZR-35
NO-055	Tercera Maipo	AC-14	-	ZR-22, ZR-37
NO-059	Primera Mapocho	-	-	ZR-23
NO-062	Primera Mapocho	-	-	ZR-24
NO-065	Primera Mapocho	AC-05	-	-
NO-070	Segunda Mapocho	AC-06	-	ZR-03
NO-071	Segunda Mapocho	-	-	ZR-01, ZR-26

NODO	Sección	Afloramiento	Afl. Especial	Derrame
NO-075	Segunda Mapocho	AC-19	-	-
NO-076	Segunda Mapocho	-	-	ZR-31
NO-079	Segunda Mapocho	AC-01	-	-
NO-081	Segunda Mapocho	-	-	ZR-29
NO-083	Segunda Mapocho	AC-02	-	ZR-30
NO-084	Segunda Mapocho	-	-	ZR-28
NO-087	Segunda Mapocho	-	-	ZR-32, ZR-46
NO-091	Segunda Mapocho	AC-03	-	ZR-27
NO-092	Segunda Mapocho	-	-	ZR-02
NO-095	Segunda Mapocho	AC-04	-	ZR-33
NO-096	Segunda Mapocho	-	AC-08	-
NO-097	Segunda Mapocho	AC-07	AC-09	-
NO-099	Segunda Mapocho	-	-	ZR-01
NO-104	Tercera Mapocho	-	-	ZR-05, ZR-25
NO-105	Cuarta Mapocho	AC-08	-	ZR-34, ZR-35
NO-106	Quinta Mapocho	AC-09	-	-
NO-107	Quinta Mapocho	-	AC-14	ZR-36
NO-108	Quinta Mapocho	AC-14	-	-
NO-109	Tercera Maipo	-	AC-20	-
NO-111	Tercera Maipo	-	-	ZR-39
NO-112	Tercera Maipo	AC-20	-	-
NO-113	Tercera Maipo	-	-	ZR-40
NO-115	Tercera Maipo	AC-20	-	ZR-41
NO-118	Tercera Maipo	AC-15	-	ZR-43
NO-120	Tercera Maipo	AC-16	-	ZR-44
NO-121	Tercera Maipo	-	-	ZR-44
NO-124	Tercera Maipo	AC-17	-	ZR-45
NO-125	Tercera Maipo	AC-18	-	ZR-39
NO-128	Tercera Maipo	-	-	ZR-39, ZR-41
NO-130	Tercera Maipo	AC-20	-	ZR-42

Fuente: Elaboración Propia

Los Cuadros 6-19 y 6-20 muestran los caudales de recuperación de la cuenca del Río Maipo, asociados a una probabilidad de excedencia de 50% y 85%, respectivamente, calculados para cada uno de los nodos mencionados anteriormente. El cálculo corresponde al análisis realizado sobre la suma de todas las recuperaciones aportantes a un nodo.

Cuadro 6 - 19. Caudal de Recuperación en Nodos Pexc = 50% (m³/s). Cuenca del Río Maipo

NODO	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR
NO-018	0.048	0.020	0.039	0.033	0.026	0.018	0.065	0.128	0.109	0.109	0.093	0.076
NO-022	0.064	0.026	0.052	0.044	0.034	0.024	0.087	0.171	0.145	0.145	0.124	0.102
NO-023	1.555	0.628	1.207	1.077	0.824	0.580	2.088	4.084	3.475	3.467	2.932	2.386
NO-026	13.402	8.292	2.214	0.268	0.155	0.229	0.871	1.710	2.036	1.930	2.058	12.166
NO-028	0.198	0.109	0.168	0.134	0.082	0.097	0.342	0.460	0.380	0.380	0.377	0.326

DIAGNÓSTICO DE CAUDALES EN CUENCAS NO CONTROLADAS DE RECUPERACIÓN, CUENCAS DE ACONCAGUA Y MAIPO. INFORME FINAL

NODO	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR
NO-030	0.186	0.156	0.190	0.250	0.136	0.133	0.610	1.312	1.156	1.026	0.750	0.585
NO-031	0.325	0.302	0.362	0.492	0.291	0.329	0.997	1.318	1.001	0.913	0.723	0.495
NO-032	0.086	0.099	0.118	0.161	0.095	0.093	0.240	0.341	0.224	0.104	0.083	0.070
NO-034	1.592	1.315	0.958	0.966	0.712	1.152	2.152	2.733	2.508	2.839	3.103	2.487
NO-037	0.202	0.230	0.276	0.375	0.222	0.217	0.559	0.795	0.522	0.244	0.193	0.162
NO-041	0.230	0.319	0.407	0.626	0.346	0.284	0.422	0.570	0.537	0.473	0.403	0.244
NO-042	0.581	0.565	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.112
NO-044	0.204	0.164	0.197	0.302	0.167	0.153	0.284	0.411	0.307	0.134	0.089	0.134
NO-045	1.343	1.489	1.759	2.518	1.426	1.080	2.131	3.877	5.996	5.961	4.222	0.976
NO-047	2.650	2.482	2.772	3.116	2.483	2.253	3.172	4.063	4.822	4.751	3.999	2.822
NO-049	0.119	0.091	0.135	0.135	0.080	0.072	0.215	0.582	0.478	0.444	0.440	0.193
NO-051	0.022	0.111	0.171	0.164	0.095	0.056	0.025	0.014	0.013	0.006	0.004	0.003
NO-053	0.814	0.546	0.760	0.747	0.449	0.477	1.131	1.055	0.734	0.709	0.696	0.685
NO-054	3.880	4.164	4.383	5.097	4.080	3.567	4.471	5.541	5.743	5.615	5.054	3.768
NO-055	0.474	0.285	0.458	0.474	0.247	0.285	0.949	1.141	1.207	1.188	1.126	0.938
NO-059	0.022	0.033	0.047	0.048	0.041	0.032	0.034	0.018	0.018	0.018	0.013	0.011
NO-062	0.163	0.072	0.108	0.110	0.076	0.108	0.444	0.516	0.510	0.415	0.301	0.174
NO-065	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3.583	4.318	2.804	0.619	0.000
NO-070	19.324	19.037	21.144	21.635	21.950	22.049	23.750	23.870	23.504	22.452	21.281	19.165
NO-071	0.088	0.069	0.096	0.093	0.066	0.071	0.147	0.162	0.224	0.221	0.146	0.084
NO-075	0.050	0.123	0.175	0.256	0.187	0.158	0.101	0.083	0.057	0.041	0.029	0.023
NO-076	0.025	0.042	0.046	0.046	0.037	0.043	0.025	0.021	0.010	0.009	0.010	0.010
NO-079	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.656	0.673	0.295
NO-081	0.042	0.136	0.157	0.197	0.126	0.067	0.146	0.355	0.354	0.353	0.251	0.021
NO-083	2.600	3.624	3.945	5.517	4.204	3.504	2.864	2.727	2.421	2.759	2.795	2.616
NO-084	0.021	0.018	0.015	0.018	0.012	0.017	0.026	0.038	0.032	0.030	0.027	0.021
NO-087	0.053	0.113	0.141	0.177	0.124	0.073	0.041	0.095	0.086	0.083	0.092	0.088
NO-091	0.109	0.119	0.131	0.162	0.109	0.117	0.180	0.231	0.160	0.119	0.092	0.090
NO-092	0.806	0.564	0.793	0.910	0.580	0.671	1.309	2.006	0.770	0.707	0.682	0.565
NO-095	7.664	7.406	7.537	8.664	7.323	6.558	7.377	7.884	7.781	8.233	8.281	8.263
NO-096	3.220	3.220	3.220	3.215	3.200	3.183	3.173	3.169	3.164	3.172	3.196	3.219
NO-097	18.088	18.799	19.720	19.426	19.643	19.074	19.303	18.793	17.917	18.854	18.621	18.418
NO-099	0.452	0.335	0.544	0.478	0.339	0.321	0.788	0.799	1.172	1.151	0.681	0.377
NO-104	0.446	0.757	0.821	1.101	0.740	0.531	0.748	1.016	0.490	0.474	0.412	0.318
NO-105	7.250	6.731	6.062	5.501	4.957	5.023	5.324	5.716	6.039	6.821	7.501	7.606
NO-106	7.700	7.182	6.112	5.386	4.976	5.061	5.239	5.360	5.663	6.597	7.589	7.749
NO-107	2.711	2.726	2.736	2.752	2.712	2.697	2.709	2.768	2.792	2.781	2.760	2.718
NO-108	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
NO-109	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
NO-111	0.164	0.128	0.208	0.215	0.112	0.140	0.356	0.461	0.552	0.531	0.474	0.292
NO-112	6.275	6.770	6.448	5.903	5.076	4.868	4.637	5.198	5.332	6.011	5.762	5.987
NO-113	0.618	0.357	0.530	0.548	0.285	0.425	1.644	1.267	1.267	1.267	1.267	1.267
NO-115	6.585	6.850	6.638	6.196	5.492	5.134	5.200	5.797	5.810	6.389	6.157	6.511
NO-118	0.036	0.064	0.073	0.104	0.068	0.130	0.135	0.078	0.048	0.025	0.023	0.019
NO-120	3.898	3.206	2.620	1.607	0.609	0.813	2.027	2.459	2.597	3.409	4.096	4.070
NO-121	0.855	0.580	0.579	0.817	0.478	0.667	1.517	0.944	0.899	0.873	0.872	0.734
NO-124	3.534	2.470	1.723	1.392	0.631	1.061	2.536	4.083	3.967	4.690	5.150	4.519

NODO	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR
NO-125	1.725	1.379	1.460	1.127	0.653	0.812	1.922	2.764	2.760	3.045	3.121	2.441
NO-128	1.090	0.828	1.346	1.391	0.724	0.918	2.396	2.930	3.497	3.369	3.030	1.939
NO-130	9.110	9.629	9.766	9.149	7.858	7.203	7.754	7.930	8.020	8.835	8.624	9.273

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 6 - 20. Caudal de Recuperación en Nodos Pexc = 85% (m³/s). Cuenca del Río Maipo

NODO	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR
NO-018	0.031	0.006	0.006	0.009	0.005	0.009	0.039	0.079	0.105	0.105	0.091	0.054
NO-022	0.041	0.009	0.008	0.012	0.007	0.013	0.053	0.106	0.140	0.141	0.121	0.072
NO-023	0.987	0.203	0.187	0.292	0.180	0.308	1.251	2.501	3.286	3.303	2.874	1.708
NO-026	6.577	4.649	1.776	0.095	0.042	0.136	0.680	1.433	1.708	1.678	1.523	1.833
NO-028	0.128	0.033	0.039	0.046	0.027	0.054	0.258	0.301	0.338	0.303	0.296	0.295
NO-030	0.009	0.024	0.034	0.059	0.041	0.030	0.313	0.575	0.568	0.083	0.054	0.010
NO-031	0.043	0.073	0.109	0.149	0.083	0.123	0.610	0.766	0.751	0.147	0.125	0.030
NO-032	0.013	0.023	0.034	0.048	0.027	0.029	0.133	0.118	0.105	0.041	0.038	0.006
NO-034	0.234	0.200	0.187	0.369	0.215	0.326	1.159	1.662	1.495	1.027	0.960	0.649
NO-037	0.029	0.053	0.079	0.113	0.062	0.068	0.310	0.276	0.245	0.096	0.088	0.014
NO-041	0.114	0.101	0.117	0.184	0.087	0.086	0.234	0.335	0.402	0.356	0.313	0.220
NO-042	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
NO-044	0.110	0.049	0.057	0.089	0.043	0.061	0.173	0.152	0.087	0.053	0.047	0.057
NO-045	0.370	0.413	0.612	0.864	0.326	0.492	0.667	2.475	4.602	2.457	1.715	0.933
NO-047	2.094	1.858	1.998	2.115	1.807	1.972	2.359	3.405	4.272	3.076	2.874	2.640
NO-049	0.069	0.017	0.029	0.033	0.015	0.029	0.166	0.382	0.422	0.369	0.241	0.153
NO-051	0.001	0.023	0.035	0.041	0.018	0.014	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
NO-053	0.437	0.125	0.178	0.187	0.102	0.241	0.672	0.686	0.703	0.670	0.629	0.656
NO-054	3.123	3.136	3.260	3.520	3.061	3.152	3.452	4.067	4.884	4.250	4.298	3.690
NO-055	0.259	0.082	0.131	0.088	0.036	0.143	0.730	1.062	1.113	1.098	1.051	0.933
NO-059	0.001	0.000	0.000	0.001	0.003	0.007	0.005	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000
NO-062	0.009	0.000	0.000	0.001	0.003	0.017	0.057	0.009	0.014	0.015	0.011	0.009
NO-065	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
NO-070	13.272	12.628	14.209	15.112	13.920	12.827	14.054	15.329	14.927	15.583	14.834	12.752
NO-071	0.038	0.014	0.022	0.030	0.030	0.045	0.074	0.114	0.120	0.119	0.103	0.067
NO-075	0.000	0.065	0.103	0.132	0.113	0.086	0.048	0.015	0.012	0.000	0.000	0.000
NO-076	0.002	0.009	0.016	0.013	0.006	0.010	0.005	0.008	0.007	0.006	0.006	0.007
NO-079	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
NO-081	0.005	0.036	0.051	0.047	0.017	0.005	0.008	0.345	0.308	0.181	0.008	0.007
NO-083	1.703	2.295	2.507	3.047	2.834	2.528	1.993	1.751	1.684	1.586	1.472	1.480
NO-084	0.008	0.006	0.005	0.006	0.002	0.006	0.012	0.023	0.023	0.014	0.013	0.010
NO-087	0.014	0.044	0.049	0.066	0.040	0.030	0.016	0.044	0.036	0.039	0.036	0.041
NO-091	0.052	0.042	0.046	0.064	0.041	0.066	0.078	0.120	0.106	0.065	0.062	0.050
NO-092	0.439	0.223	0.224	0.330	0.186	0.486	0.476	0.666	0.678	0.652	0.611	0.410
NO-095	6.258	5.129	5.083	5.006	4.131	4.718	5.301	4.915	5.117	5.547	5.841	5.700
NO-096	3.216	3.220	3.220	3.214	3.197	3.176	3.155	3.137	3.126	3.130	3.154	3.191
NO-097	15.100	15.051	15.203	14.955	13.861	13.443	13.317	13.513	14.429	14.888	15.147	14.679
NO-099	0.152	0.065	0.067	0.132	0.138	0.198	0.322	0.342	0.437	0.438	0.385	0.260
NO-104	0.216	0.212	0.321	0.425	0.234	0.302	0.244	0.356	0.426	0.416	0.369	0.244

NODO	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR
NO-105	6.372	6.004	5.453	5.030	4.501	4.400	4.828	5.000	5.678	5.929	6.388	6.642
NO-106	6.992	6.620	5.939	5.287	4.763	4.779	4.789	5.019	5.393	6.154	6.845	7.130
NO-107	2.636	2.646	2.683	2.645	2.645	2.639	2.645	2.695	2.721	2.711	2.696	2.661
NO-108	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
NO-109	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
NO-111	0.087	0.037	0.054	0.034	0.016	0.093	0.253	0.434	0.480	0.447	0.392	0.261
NO-112	5.558	5.888	5.812	5.060	4.260	3.890	3.397	3.350	4.010	4.449	4.476	4.920
NO-113	0.239	0.095	0.154	0.118	0.042	0.285	1.249	1.220	1.198	1.175	1.220	1.231
NO-115	5.722	5.906	5.853	5.092	4.315	4.009	3.883	3.825	4.463	4.834	4.863	5.289
NO-118	0.010	0.024	0.036	0.034	0.028	0.039	0.018	0.010	0.009	0.007	0.007	0.007
NO-120	3.440	2.819	2.138	0.968	0.269	0.517	1.375	1.257	2.089	3.251	3.674	3.632
NO-121	0.307	0.147	0.182	0.236	0.145	0.462	0.639	0.730	0.780	0.756	0.746	0.574
NO-124	3.075	1.844	1.272	0.690	0.287	0.687	1.812	2.307	2.898	3.419	3.833	3.385
NO-125	1.486	0.955	0.737	0.456	0.191	0.470	1.170	2.025	2.417	2.601	2.611	2.102
NO-128	0.565	0.241	0.360	0.230	0.106	0.619	1.706	2.716	3.055	2.858	2.528	1.744
NO-130	7.855	8.025	8.086	6.932	6.063	5.685	5.494	5.760	6.324	6.718	6.703	7.238

Fuente: Elaboración Propia

Realizando el mismo análisis anterior, esta vez para cada sección de los Ríos Maipo y Mapocho, los resultados son los que se muestran en los Cuadros 6-21 y 6-22.

Cuadro 6 - 21. Caudales de Recuperación por Sección Pexc = 50% (m³/s). Cuenca del Río Maipo

SECCIÓN	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR
Primera Maipo	15.245	8.871	3.527	1.410	1.042	0.861	3.108	6.020	5.670	5.641	4.774	14.580
Segunda Maipo	13.522	12.965	13.929	16.394	11.433	10.858	18.751	25.671	27.896	27.250	22.924	14.141
Tercera Maipo	34.088	32.837	31.324	27.979	20.900	22.073	30.291	31.313	33.972	38.413	38.224	35.743
Primera Mapocho	0.185	0.105	0.155	0.158	0.117	0.140	0.478	4.117	4.846	3.237	0.933	0.185
Segunda Mapocho	49.243	50.379	54.655	57.153	54.556	52.743	56.426	57.393	54.531	55.727	53.882	49.701
Tercera Mapocho	0.470	0.716	0.968	1.020	0.718	0.524	0.788	1.008	0.493	0.476	0.413	0.286
Cuarta Mapocho	7.424	6.917	6.147	5.545	4.916	4.936	5.299	5.739	6.045	6.882	7.518	7.588
Quinta Mapocho	10.407	9.900	8.855	8.134	7.677	7.751	7.945	8.126	8.453	9.376	10.349	10.472

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 6 - 22. Caudal de Recuperación por Sección Pexc = 85% (m³/s). Cuenca del Río Maipo

SECCIÓN	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR
Primera Maipo	7.276	4.450	0.929	0.405	0.234	0.465	2.021	4.090	5.237	5.227	4.585	2.764
Segunda Maipo	7.193	6.280	6.943	7.902	5.826	6.669	11.315	17.062	21.126	14.573	12.850	10.380
Tercera Maipo	27.041	25.726	24.203	19.515	14.987	16.370	19.155	22.559	27.194	30.267	30.859	30.097
Primera Mapocho	0.009	0.000	0.000	0.001	0.006	0.023	0.062	0.010	0.016	0.015	0.011	0.009
Segunda Mapocho	36.834	35.409	37.378	38.569	35.142	34.217	35.567	36.912	37.745	38.986	38.434	35.143
Tercera Mapocho	0.181	0.196	0.290	0.398	0.244	0.296	0.261	0.352	0.404	0.403	0.368	0.240
Cuarta Mapocho	6.045	5.828	5.240	4.750	4.186	4.244	4.549	4.949	5.324	5.888	6.241	6.367
Quinta Mapocho	9.586	9.217	8.540	7.893	7.340	7.371	7.406	7.688	8.104	8.858	9.529	9.750

Fuente: Elaboración Propia

Las Figuras 6-35 y 6-36 muestran en forma gráfica la información de los Cuadros anteriores.

Figura 6 - 35. Caudal de Recuperación por Sección Pexc = 50%. Cuenca del Río Maipo

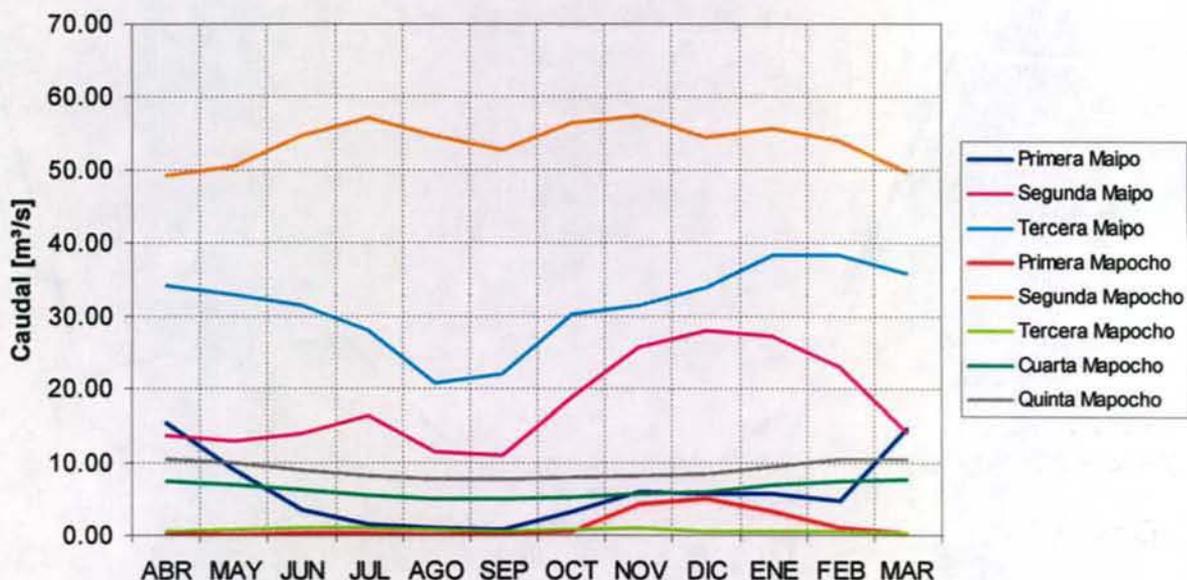
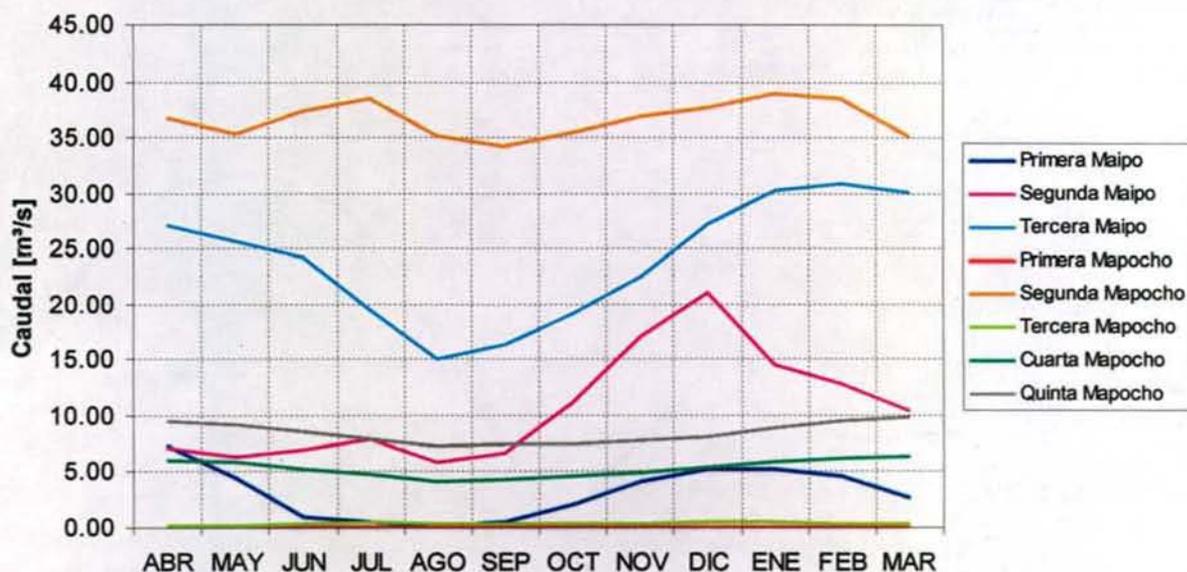


Figura 6 - 36. Caudal de Recuperación por Sección Pexc = 85%. Cuenca del Río Maipo



En las Figuras 6-37 a la 6-44 se muestra un resumen de las recuperaciones por sección, separando cada una de las componentes de manera tal de poder visualizar de mejor modo la magnitud de cada uno. Estas Figuras solo representan el caudal de recuperación asociado al 50% de seguridad.

Figura 6 - 37. Componentes de la Recuperación. Primera Sección Maipo Pexc = 50% Cuenca del Río Maipo

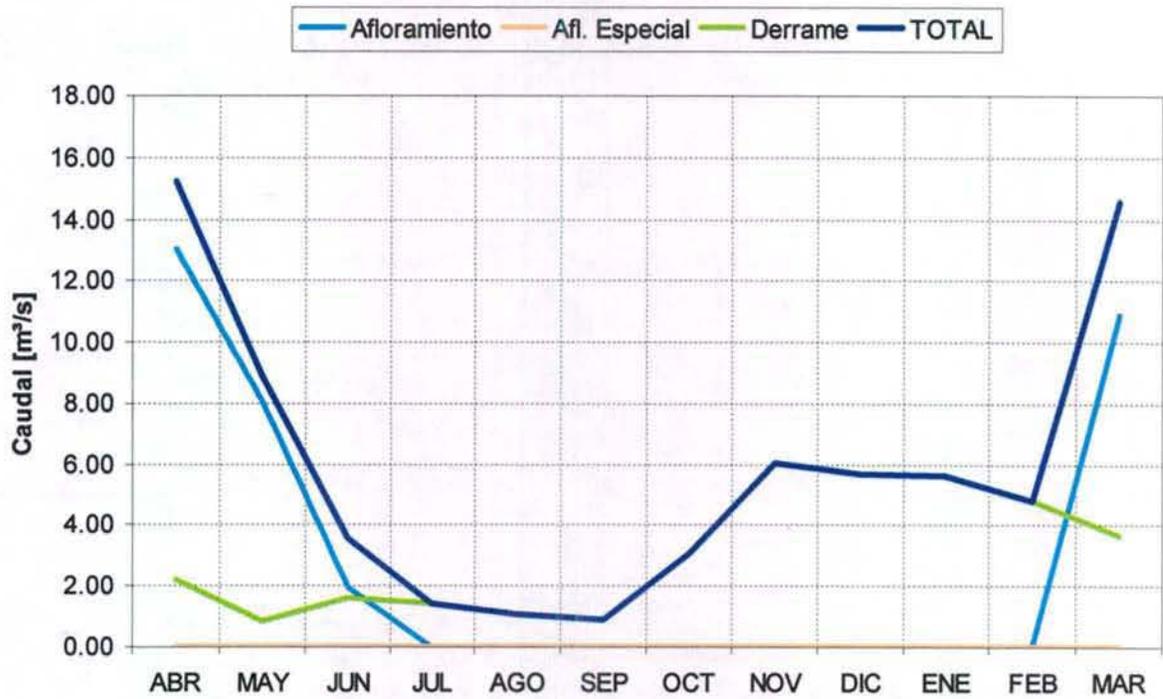


Figura 6 - 38. Componentes de la Recuperación. Segunda Sección Maipo Pexc = 50% Cuenca del Río Maipo

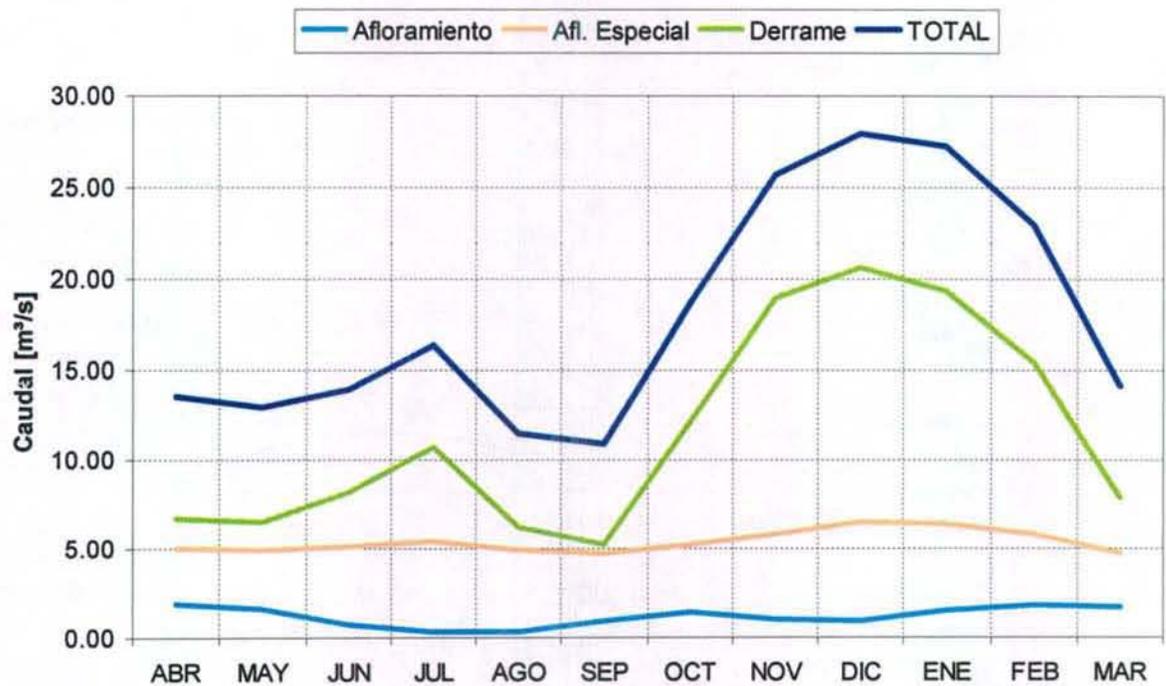


Figura 6 - 39. Componentes de la Recuperación. Tercera Sección Maipo Pexc = 50% Cuenca del Río Maipo

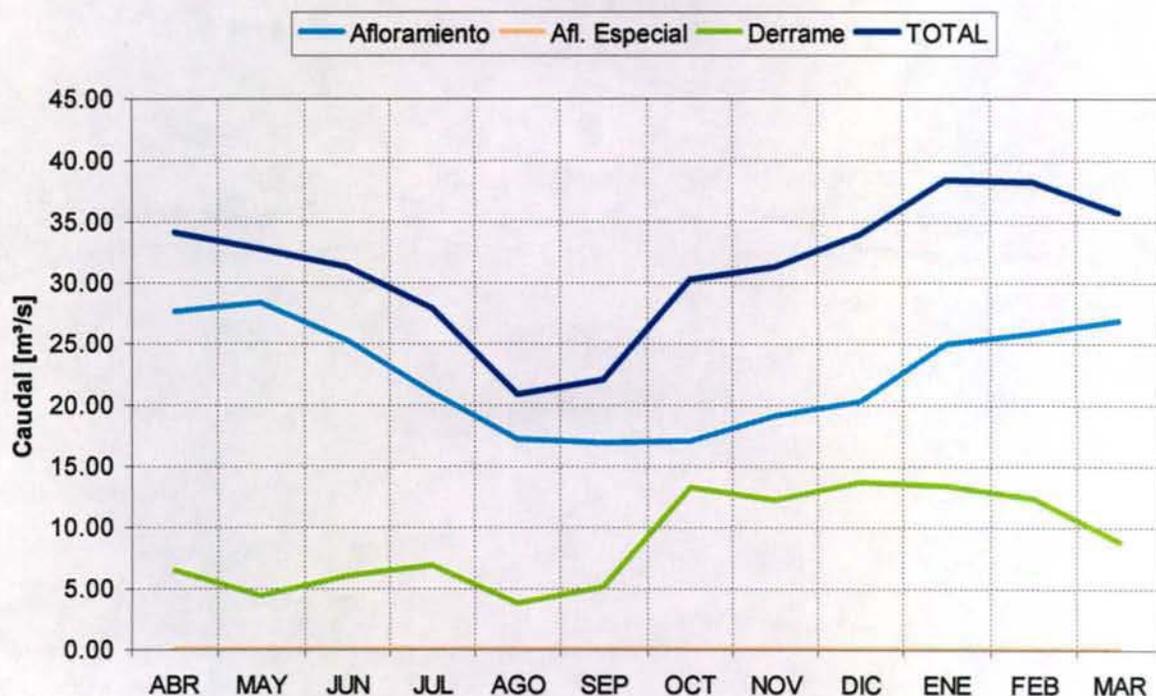


Figura 6 - 40. Componentes de la Recuperación. Primera Sección Mapocho Pexc = 50% Cuenca del Río Maipo

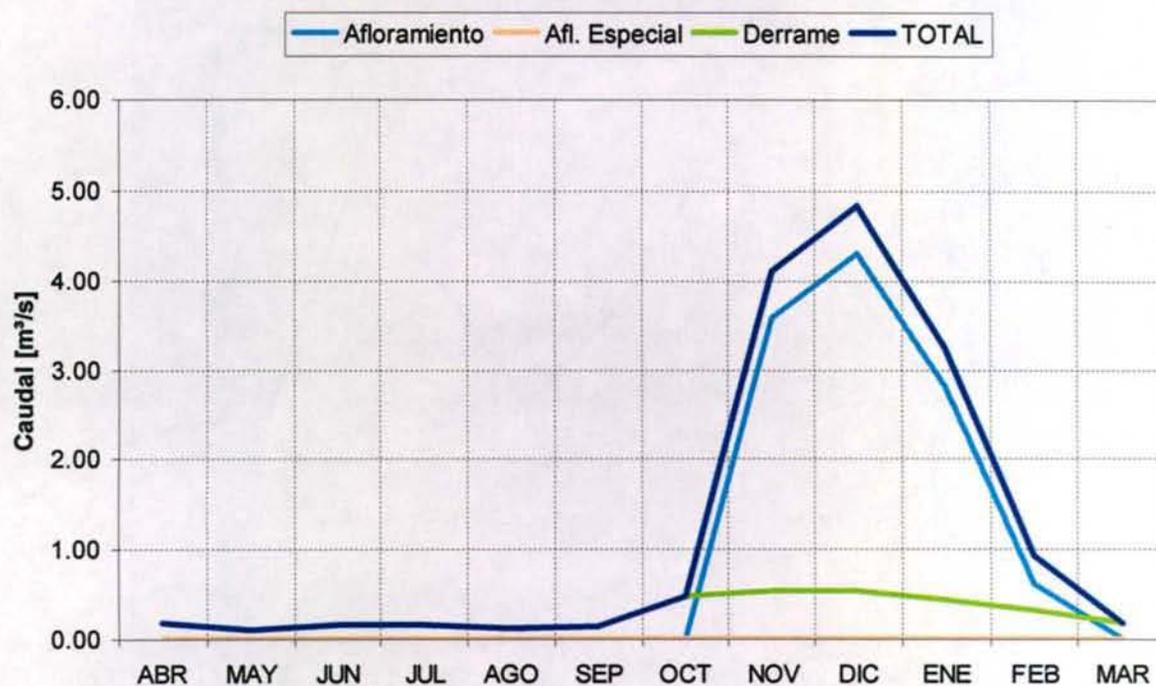


Figura 6 - 41. Componentes de la Recuperación. Segunda Sección Mapocho Pexc = 50% Cuenca del Río Maipo

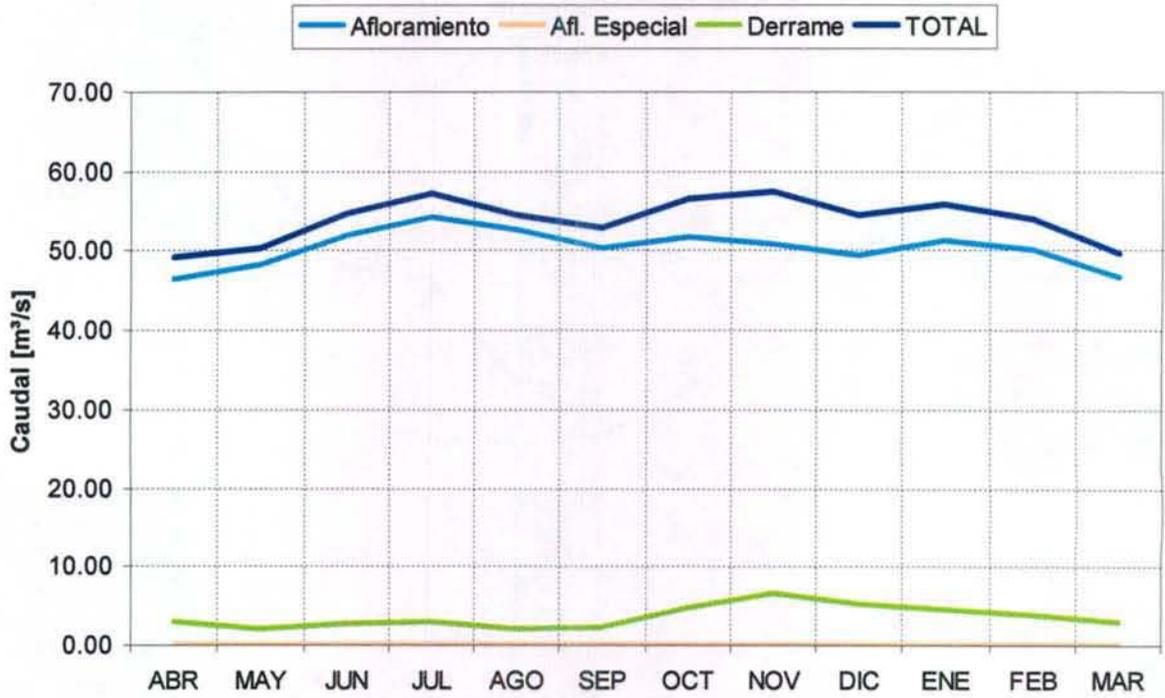


Figura 6 - 42. Componentes de la Recuperación. Tercera Sección Mapocho Pexc = 50% Cuenca del Río Maipo



Figura 6 - 43. Componentes de la Recuperación. Cuarta Sección Mapocho Pexc = 50% Cuenca del Río Maipo

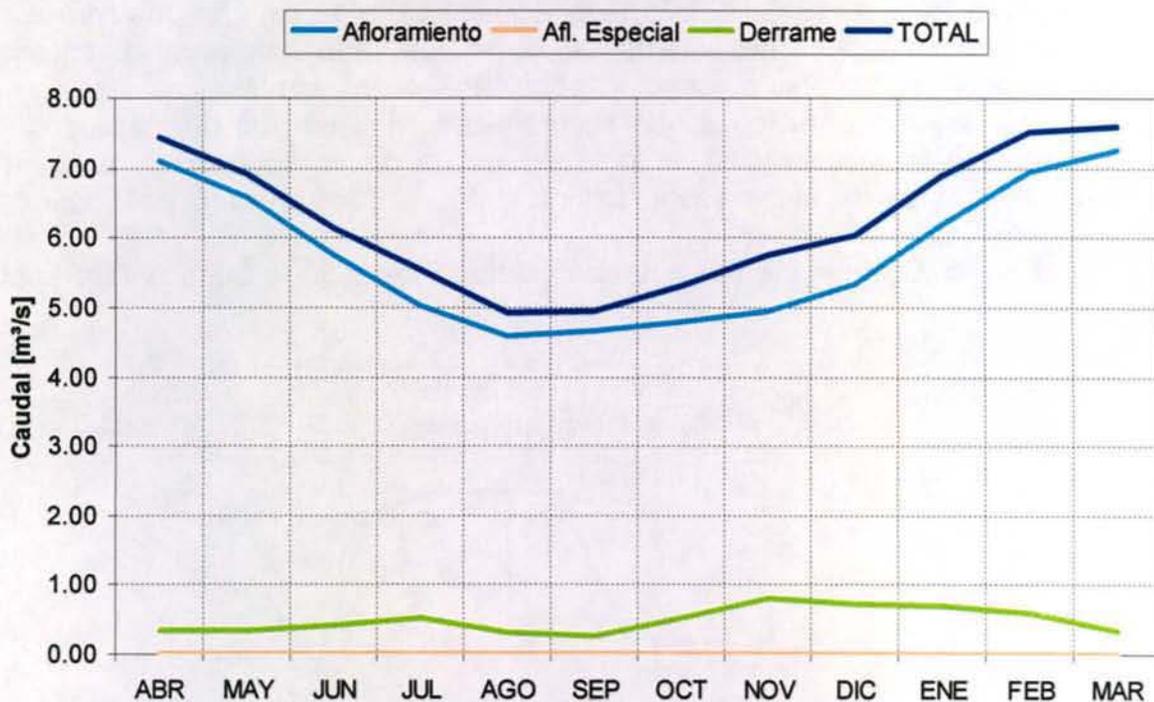
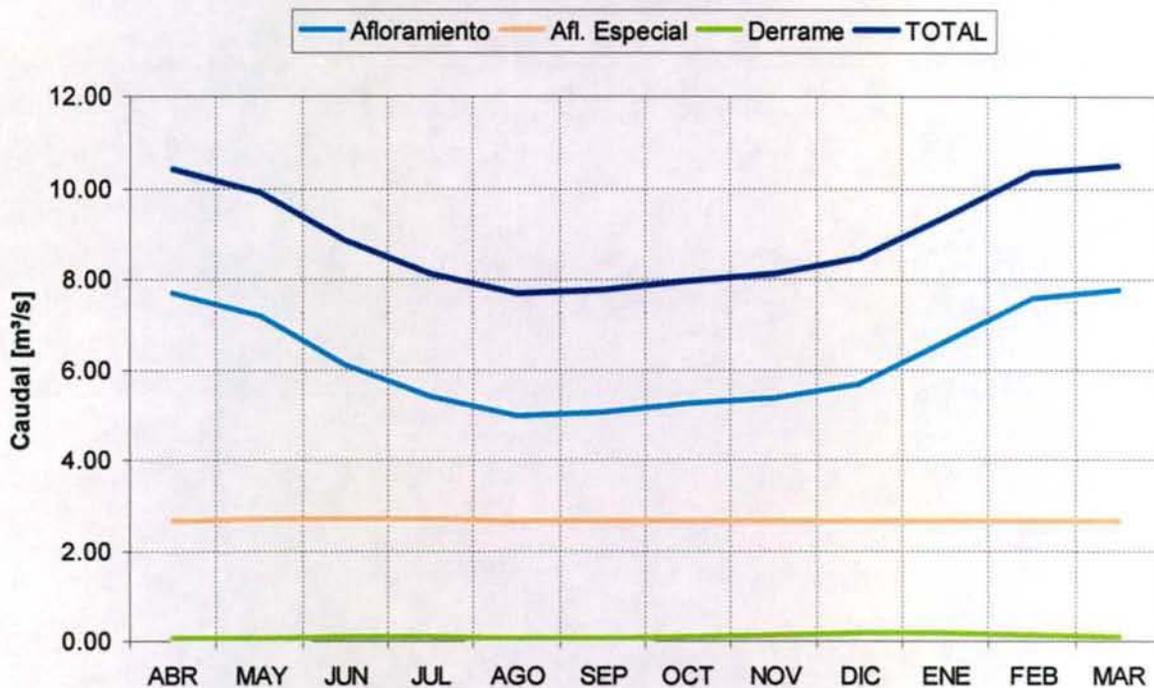


Figura 6 - 44. Componentes de la Recuperación. Quinta Sección Mapocho Pexc = 50% Cuenca del Río Maipo



Finalmente, las Figuras 6-45 a la 6-50 muestran una comparación entre los caudales de recuperación y el caudal del cauce principal. Los valores graficados corresponden al valor medio anual de las estadísticas obtenidas de la simulación. Las secciones son representadas por su cauce principal, en el sentido izquierda-derecha, mostrando las recuperaciones que se producen en cada uno de los nodos. En el caso en que la recuperación se produce en un cauce secundario, ésta se verá reflejada en el nodo que representa la junta entre el cauce principal y el secundario.

Figura 6 - 45. Esquema Primera Sección Maipo Pexc = 50%. Cuenca del Río Maipo

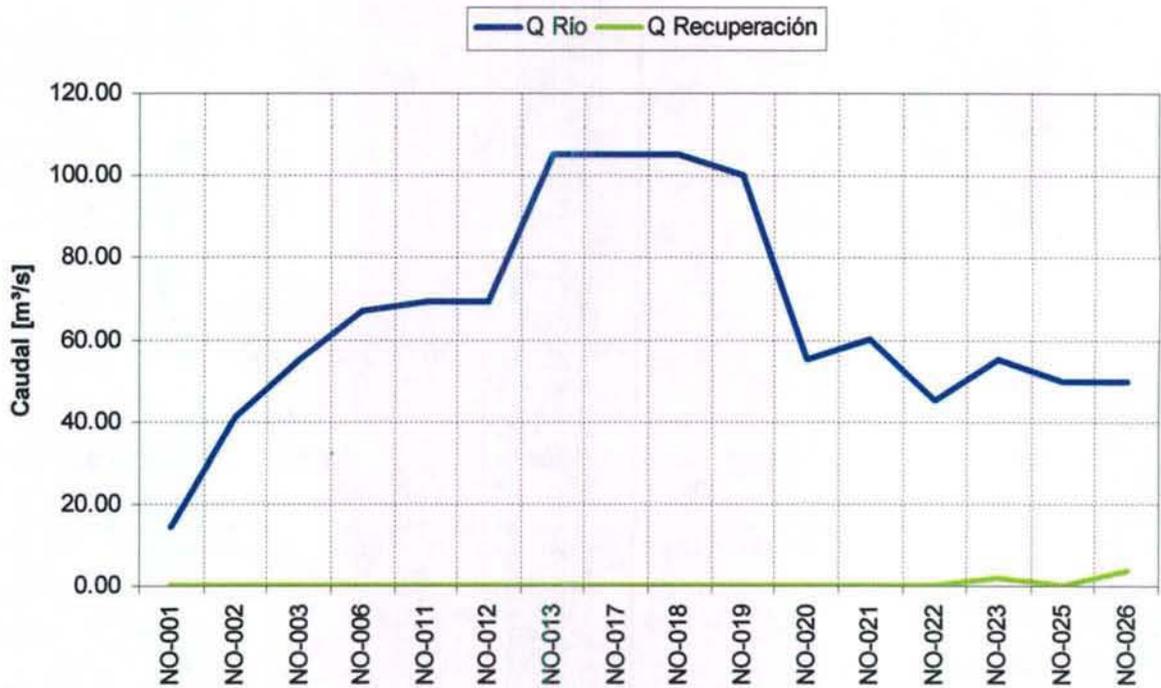


Figura 6 - 46. Esquema Segunda Sección Maipo Pexc = 50%. Cuenca del Río Maipo

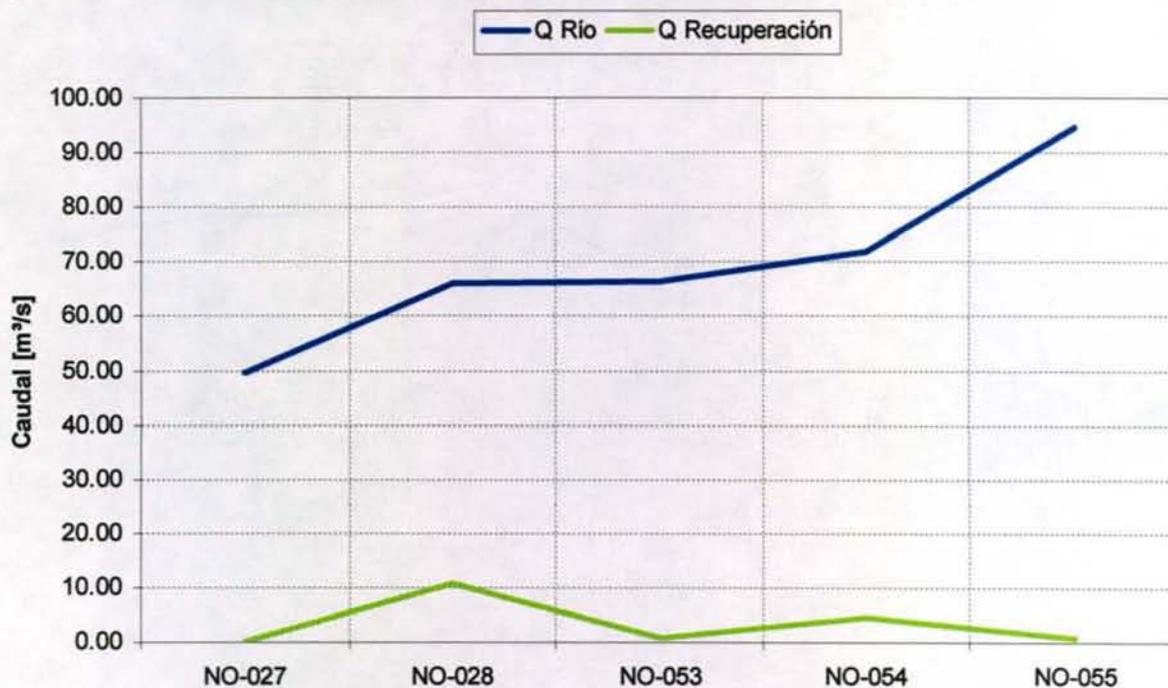


Figura 6 - 47. Esquema Tercera Sección Maipo Pexc = 50%. Cuenca del Río Maipo

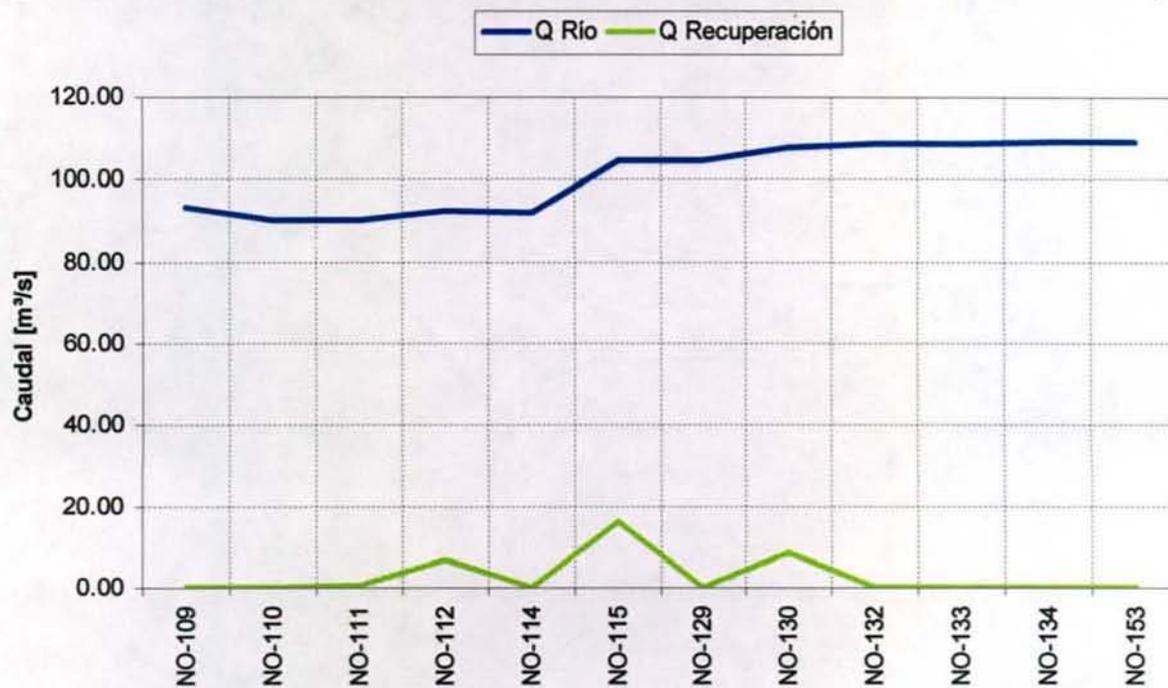


Figura 6 - 48. Esquema Primera Sección Mapocho Pexc = 50%. Cuenca del Río Maipo

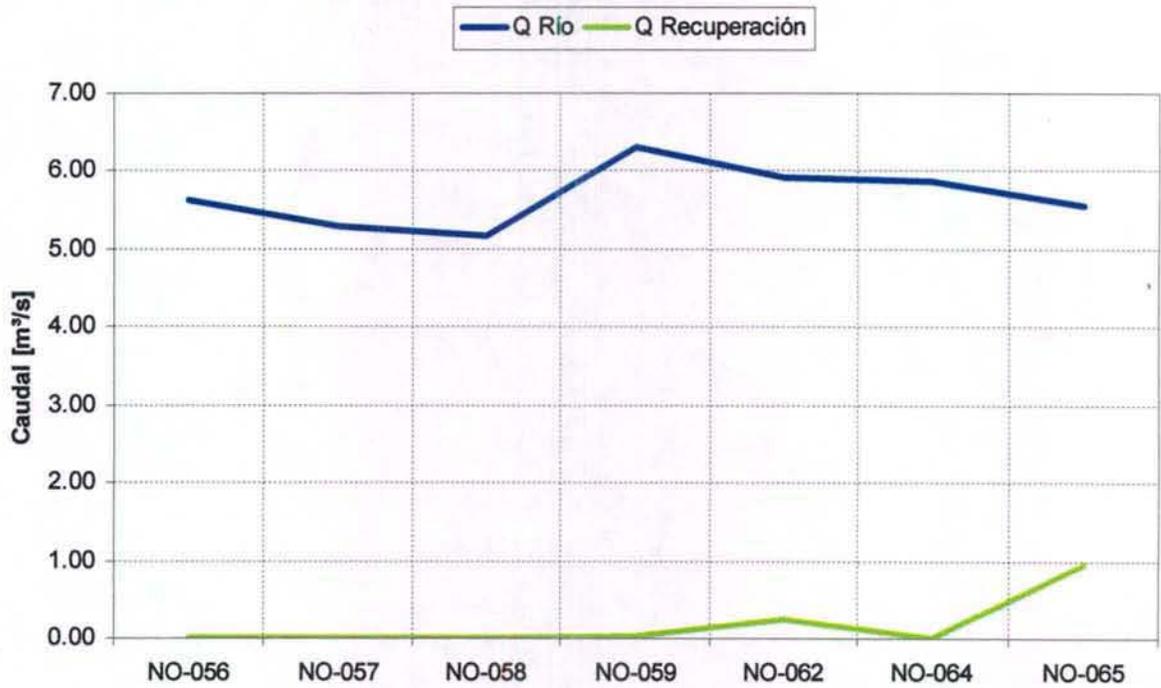


Figura 6 - 49. Esquema Segunda Sección Mapocho Pexc = 50%. Cuenca del Río Maipo

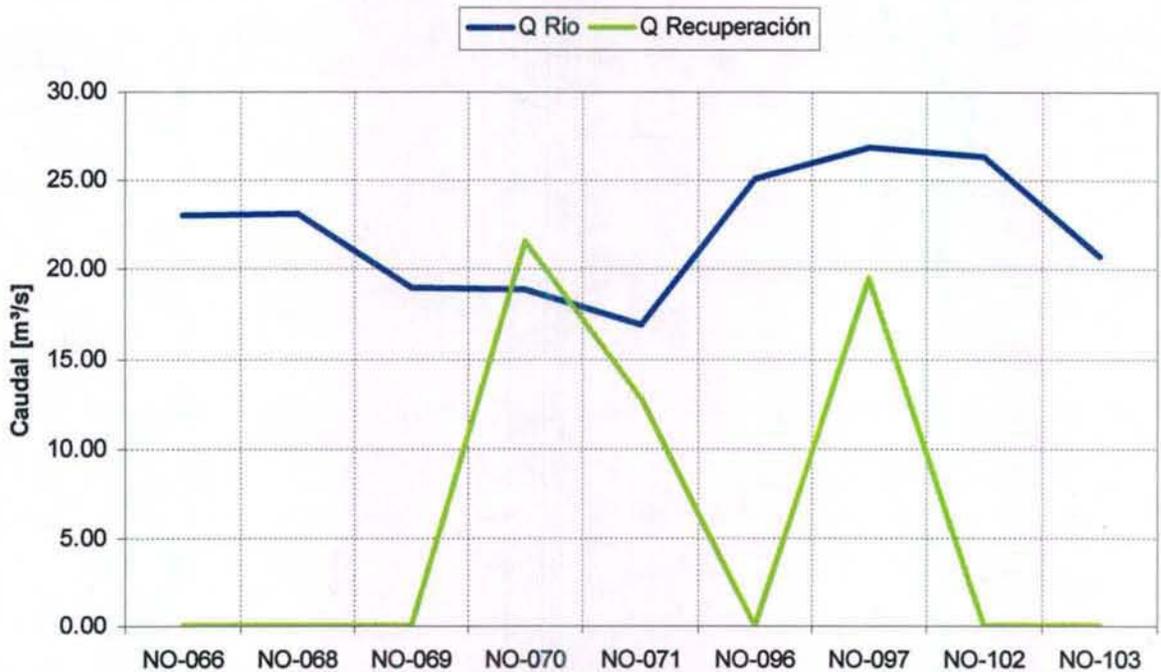
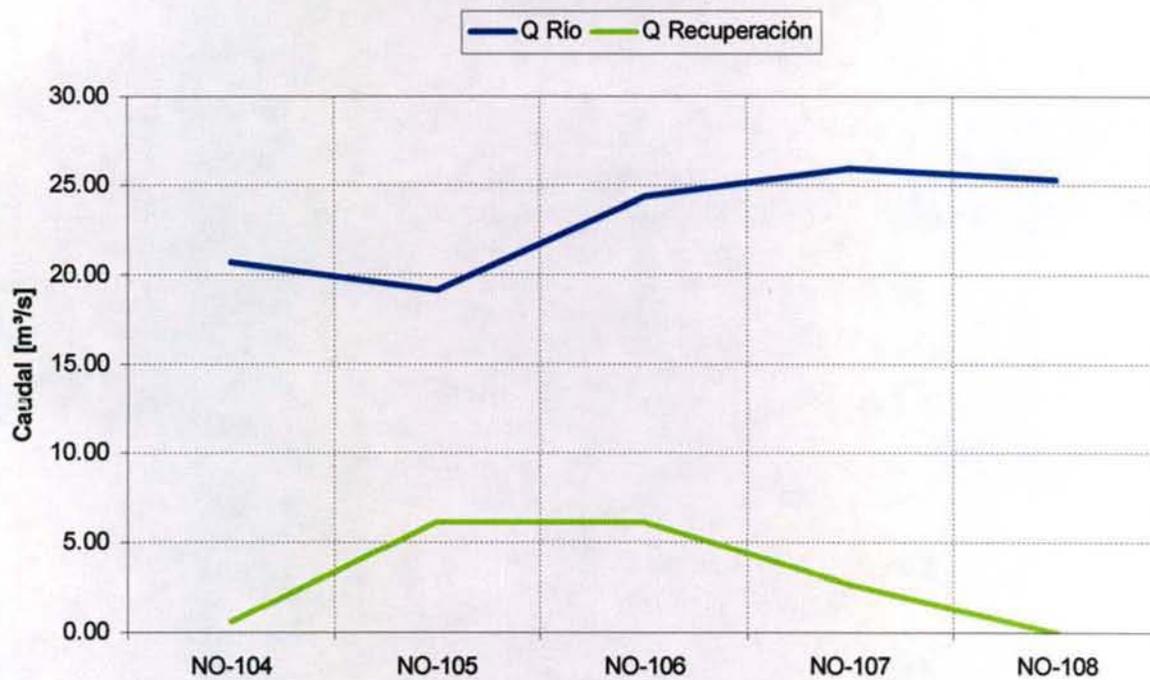


Figura 6 - 50. Esquema Tercera, Cuarta y Quinta Sección Mapocho Pexc = 50%.
Cuenca del Río Maipo



VII. RELACIÓN ENTRE RESULTADOS OBTENIDOS POR MAGIC Y OTROS MÉTODOS EN ZONAS DE RECUPERACIÓN

VII.1. INTRODUCCIÓN

De acuerdo a lo establecido en los Términos de Referencia, en el presente capítulo se presenta un análisis crítico de diferentes metodologías implementadas por postulantes a la Ley 18.450. Además se comparan sus resultados con los obtenidos con el presente modelo MAGIC.

Para lo anterior, se seleccionaron algunos proyectos presentados a la ley de fomento al riego que presentaran un espectro amplio de metodologías de estimación de caudales en zonas de recuperación.

Las zonas de recuperación en el Aconcagua se encuentran principalmente en la segunda y tercera sección, es decir, principalmente en las comunas de La Calera, Panquehue, Quillota, Hijuelas y aledañas. Los proyectos seleccionados, algunos de riego y otros de obras civiles, ubicados en estas comunas, fueron los siguientes:

- Reparación Canal El Cerro de Panquehue, comuna de Panquehue, V Región. Código CNR 170-05-001, Año 1999.
- Reparación Canal Lo Rojas, comuna de La Calera, V Región. Código CNR 191-05-004, Año 2000.
- Reparación Canales Calle Larga y Pochochay, comuna de La Cruz, V Región. Código 183-05-061, Año 2001.
- Instalación de sistema de riego por goteo y microaspersión en Reserva del Fundo El Castillo, Reserva Cora N° 1 y 2 del Fundo El Castillo y Parcela N° 33 Proyecto de Parcelación El Castillo, comuna de Calle Larga, V Región. Código CNR 05-2003-05-025, Año 2003.
- Captación de Aguas Subterráneas y Riego Tecnificado Buena Vista, comuna de La Cruz. Código CNR 13-2005-05-025, Año 2005.
- Riego Tecnificado en Predio Reserva Cora N° 1. Código CNR 05-2003-05-003.

Las zonas de recuperación en el Maipo se encuentran principalmente en su segunda y tercera sección, además de las últimas secciones del Río Mapocho y algunos sectores de los Ríos Angostura, Colina y Estero Lampa. Los proyectos seleccionados, algunos de riego y otros de obras civiles, ubicados en estos sectores, fueron los siguientes:

- Reparación y Protección de un Tramo del Sifón El Molino en el Estero Colina. Comuna de Colina. Código CNR 08-2003-13-001.
- Proyecto de Mejoramiento Canales Hacienda Chada Reparación de Obra. Comuna de Paine. Código CNR 11-2001-13-004.

- Proyecto de Mejoramiento Bocatoma Canal San Antonio de Naltahua Reparación de Obra. Comuna de Isla de Maipo. Código CNR 11-2001-13-005.
- Reforzamiento de Muros, Canal Puangue, Sector Los Jazmines. Comuna de Melipilla. Código CNR 14-2002-13-007.
- Rehabilitación Bocatoma Canal Mallarauco. Comuna de Melipilla. Código CNR 01-2004-13-003.
- Rehabilitación Canal Culiprán Sector Chocalán, Km 18. Comuna de Melipilla. Código CNR 14-2002-13-005.

Dichos estudios fueron escogidos, dentro del amplio espectro de proyectos históricos en la cuenca, por los siguientes criterios:

- Vigencia actual del proyecto.
- Período reciente de diseño (los últimos 10 años).
- Mayor costo de implementación, puesto que implicaría un diseño más elaborado de las obras civiles, y por ende, la implementación de metodologías de estimación de caudal superficial.
- Los propietarios estuvieran asociados a alguna Junta de Vigilancia o Asociación de Canalistas, de manera que el proyecto en magnitud y diseño sea idóneo para el objetivo que se persigue.
- Consultor que se adjudicó el proyecto, designando aquellos con más experiencia en el tipo de proyectos involucrados.

De análisis de los proyectos seleccionados se observa que en general los proyectos que se presentan a concurso no poseen una metodología estandarizada para estimar el caudal disponible, en particular para las zonas de recuperaciones.

Como metodología lo más frecuente es; la utilización de estadísticas de caudales observados en estaciones cercanas al punto o canal de interés o la transposición de caudal a partir de un estación lejana, la estimación de caudales con otro modelo de simulación y aforos puntuales de bocatomas de canales determinados.

La mayoría de estos métodos resultan insuficientes por sí solos para una correcta cuantificación y caracterización de los caudales de los cauces en las zonas de interés, por el solo hecho que presentan un enfoque local, sin la interrelación que ofrece el modelo de simulación. En los casos en que también se usó un modelo, la validez de una u otra cifra esta dada por la validez de cada modelo (su ajuste).

Asimismo, no debe confundirse el concepto de disponibilidad real de caudales en un punto determinado del cauce (y por ende que puede ser aprovechado) que es lo que se determina con un modelo como el MAGIC, con el caudal captado por un canal en particular.

VII.2. ANÁLISIS DE PROYECTOS DE RIEGO Y DE OBRAS CIVILES IMPLEMENTADOS EN ZONAS DE RECUPERACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA

A continuación, se describe la metodología utilizada en cada proyecto de la ley 18.450 que fue revisado y tomado como ejemplo. Se incluye una descripción de la ubicación del proyecto y su compatibilidad con la topología implementada en el modelo MAGIC.

Reparación Canal El Cerro de Panquehue

El Canal el Cerro se encuentra en la segunda sección del río Aconcagua, y su bocatoma se ubica 4 km. aguas abajo de la ciudad de San Felipe. El canal posee una longitud de 16 km, y su bocatoma posee una capacidad, de acuerdo a mediciones efectuadas en el canal, de 2.8 m³/s. Los derechos en bocatoma del canal corresponden a un total de 34 acciones. El objetivo de este proyecto fue la reparación de este canal, seriamente dañado durante las tormentas del invierno de 1997.

Para estimar los recursos superficiales que ingresan al canal, en el proyecto se utilizó la estadística de la estación fluviométrica río Aconcagua en San Felipe, acotada y filtrada por la capacidad del canal. De esta forma, se generó una estadística asociada al caudal captado en la bocatoma del canal El Cerro, a la cual se le realizó un análisis de frecuencia, obteniendo de esta forma el caudal asociado a una probabilidad de excedencia de 85%, utilizado como base para proyectar las dimensiones de la obra.

De acuerdo con la malla topológica del modelo elaborado para el presente estudio, este canal está asociado al elemento CA19, agrupado con canales como el Escorial y otros de menor envergadura, y capta recursos desde el nodo NO-15.

Observando los caudales del Río Aconcagua tanto en el proyecto como en la modelación MAGIC para el período coincidente (1962 – 1976) se aprecia una pequeña diferencia, con un caudal medio de 13 m³/s en el proyecto y 16 m³/s en el caso del modelo MAGIC. Los valores se muestran similares, ya que la estación Aconcagua en San Felipe se encuentra a pocos kilómetros aguas arriba de la bocatoma del canal, por lo que los caudales en ambos puntos debieran ser similares, a pesar de usar diferentes métodos. En este caso en particular, la utilización de la estadística de la estación mencionada resulta adecuada, debido a su cercanía.

Reparación Canal Lo Rojas

El canal Lo Rojas se encuentra en la tercera sección del río Aconcagua, y se abastece de la hoya hidrográfica del estero El Litre y el estero Pucalán. Capta inicialmente sus aguas desde la ribera derecha del estero El Litre, y luego de un tramo de 600 m, intercepta al estero Pucalán, del cual también capta recursos. La

capacidad nominal en bocatoma del canal es de 1 m³/s. Los derechos en bocatoma del canal corresponden a un total de 1000 acciones. La reparación de este canal fue necesaria debido al sostenido deterioro de su infraestructura.

Como no existen registros fluviométricos en los esteros en estudio, para determinar el caudal con probabilidad de excedencia 85% en bocatoma, el proyecto respectivo trabajó sobre los resultados del Modelo de Simulación Agrohidrológico de los Valles Aconcagua, Putaendo, Ligua y Petorca, desarrollado por la Universidad Técnica Federico Santa María en 1985.

Se realizó un balance hídrico entre los elementos topológicos involucrados, ya que se concluyó que las aguas que abastecen el canal se obtienen principalmente desde recuperaciones sobre los esteros en cuestión. De esta forma, se generó una estadística de caudales medios mensuales simulados entre el período 1973-1992, la cual, al acotarse por la capacidad del canal, genera la estadística asociada al caudal captado en bocatoma. Un análisis de frecuencia sobre ésta, permitió obtener el caudal asociado a una probabilidad de excedencia 85%, con el cual se realizó el diseño de las obras proyectadas.

De acuerdo con la malla topológica del modelo elaborado para el presente estudio, este canal está asociado al elemento CA37, agrupado junto con otros canales de menor infraestructura. El objeto asociado a la captación de recursos es el nodo NO-48.

Observando los caudales del Estero El Litre y Pucalán tanto en el proyecto como en la modelación MAGIC para el período coincidente (1973 – 1992) se aprecian valores de 2.2 m³/s en el proyecto y 1.1 m³/s en el caso del modelo MAGIC como valor promedio en los meses de Noviembre, Diciembre y Enero. Esto se debe principalmente a la utilización de dos modelos diferentes. No obstante que se desconoce la validez de los datos y supuestos del modelo usado para respaldar el proyecto, por su antigüedad y dado el mayor grado de detalle espacial y amplio rango temporal considerado en el nuevo modelo MAGIC, éste último resulta más confiable.

Reparación Canales Calle Larga y Pocochay

Los canales Calle Larga y Pocochay pertenecen a la tercera sección del río Aconcagua. Ambos poseen un recorrido conjunto en el inicio de sus tramos, separándose luego de una extensión de 600 m. Por separado recorren 20.5 km. el canal Calle Larga y 18 km. el canal Pocochay. La bocatoma conjunta permanente se ubica bajo el Puente Aconcagua del Camino Internacional Valparaíso-Mendoza. La capacidad nominal de la bocatoma es de 4.5 m³/s. Los derechos en bocatoma de los canales, en tanto, corresponden a 2100 acciones para el Calle Larga y 944 acciones para el Pocochay.

Las obras de reparación consisten principalmente en el abovedamiento del canal Calle Larga a la altura de la fábrica cemento Melón y del canal Pochochay en el sector de la escuela Industrial y la construcción de una compuerta de corta del canal.

La Junta de Vigilancia de la tercera sección del río dispone de reglas aforadoras que miden el caudal de entrada en esta bocatoma, por lo tanto, existía estadística asociada al caudal captado por el canal troncal. Luego se efectuó un análisis de frecuencia a dicha serie para estimar el caudal de excedencia 85%.

De acuerdo con la malla topológica elaborada para el presente estudio, ambos canales se han agrupado y asociado al elemento CA39, mientras que el objeto asociado a la captación de recursos es el nodo NO-47.

En el informe del proyecto no se utilizó información acerca del caudal superficial en el río Aconcagua, sino que se utilizó directamente la información de aforos en el canal, los cuales mostraron un caudal igual a $2.3 \text{ m}^3/\text{s}$ con probabilidad de 85%. Realizando el mismo análisis a los resultados entregados por MAGIC para el caudal captado por el canal CA39 dentro del mismo período (1973 – 1995) se obtiene un valor de $2.4 \text{ m}^3/\text{s}$ con una probabilidad de 85%. Si bien los caudales son muy parecidos, se debe recalcar que los resultados no son comparables. En efecto, el Magic está orientado a determinar la disponibilidad real y efectiva bajo diferentes condiciones de los recursos hídricos en los cauces y no al interior de un canal en particular.

Instalación de sistema de riego por goteo y microaspersión en Reserva del Fundo El Castillo, Reserva Cora N° 1 y 2 del Fundo El Castillo y Parcela N° 33 Proyecto de Parcelación El Castillo

Este proyecto se presentó con el fin de postular a los beneficios de la Ley N° 18.450, de Fomento a la Inversión Privada en Obras Menores de Riego y Drenaje, que consiste en la implementación de un sistema de riego por goteo para 8.57 háts de Olivos y un sistema de riego por microaspersión para 4.72 háts de nogales para el fundo el Castillo, propiedad de Agrícola El Castillo S.A.. Se encuentra ubicado en la localidad de El Castillo, Comuna de Calle Larga, y que abarca una superficie total de 103.92 háts.

Los recursos de agua corresponden a 69.19 acciones del Canal Santa Rosa, el cual extrae aguas de la primera sección del río Aconcagua, que representan 134.5 l/s a nivel de predio, con seguridad de 85%. A su vez, posee recursos de agua por 95.68 l/s del estero Pocuro, el cual siempre se encuentra agotado a la altura del fundo, por lo que estos recursos nunca son utilizados.

Para determinar la estadística de captación en el canal Santa Rosa, se recurre a una ecuación de toma para la totalidad de los canales de riego ubicados entre Chacabuco y San Felipe, teniendo como variable de reparto la estadística del río Aconcagua en Chacabucuito. Dicha fórmula de reparto (que establece caudales a repartir en ambas riberas en toda la primera sección, estableciéndose una segunda fórmula para la distribución entre ribera sur y norte) fue obtenida de el Estudio

Integral de Riego de los Valles de Aconcagua, Putaendo, Ligua y Petorca realizado para CNR en 1982. Se obtiene así una estadística que permite estimar en forma aproximada el caudal disponible con probabilidad de excedencia 85% mediante un análisis de frecuencia.

De acuerdo con la malla topológica elaborada para el presente estudio, este canal está asociado al elemento CA08, agrupado junto al canal San Vicente. El objeto asociado a la captación de recursos es el nodo NO-04.

El caudal captado por el canal está regido por el caudal observado en la estación Aconcagua en Chacabuquito según la ley de reparto. El caudal medio de esta estación es de 33.8 m³/s, mientras que el caudal medio del nodo NO-04 simulado en MAGIC es de 27.3 m³/s. Estas diferencias se deben básicamente a la existencia de canales entre la estación y el canal Santa Rosa, que extraen parte del recurso, por lo que no son comparables.

Captación de Aguas Subterráneas y Riego Tecnificado Buena Vista

El proyecto consiste en la instalación de un sistema de riego tecnificado a ejecutar en el predio denominado "Lote A1 de la subdivisión del Lote A de la Encierra, La Cantera del P.P. Los Faisanes" y "Lote B de la subdivisión del Bien Común La Cantera del P.P. Los Faisanes", ubicados en la comuna de La Cruz. El abastecimiento hídrico del sistema se basa en recursos subterráneos provenientes del pozo profundo y recursos superficiales provenientes del Estero Los Litres, conducidos hasta el predio por el canal Lo Rojas.

Como el canal Lo Rojas extrae sus recursos desde el estero El Litre, y como no existen registros fluviométricos, la metodología utilizada consistió en determinar las recuperaciones o derrames de riego provenientes del canal El Melón. Utilizando datos de superficie de riego del canal, así como su dotación y eficiencia, se obtuvo un valor de los derrames de este sector de riego (asumido como un 75% de las pérdidas), utilizando siempre caudales con probabilidad de excedencia 85%. De esta forma, se obtuvo el caudal que transportaría el estero El Litre bajo esta condición hidrológica. Considerando, por último, una distribución porcentual (arbitraria al parecer) entre los 3 canales que abastece dicho estero, se obtuvo el caudal que ingresa al canal, asociado a una probabilidad de excedencia 85%.

Las características físicas y topológicas del canal Lo Rojas ya fueron explicadas anteriormente en el proyecto relacionado con la reparación de éste. Realizando un análisis de frecuencia a los caudales del estero Los Litres en el sector de la bocatoma calculados en el modelo MAGIC, se obtiene un caudal de 0.24 m³/s con una seguridad de 85%, valor muy por debajo de los 0.82 m³/s estimados en el proyecto. Los resultados mostrados en el proyecto se consideran poco confiables, debido a que, además de ser un enfoque local, se realizan muchos supuestos sin justificación y no se muestra la manera en que se realizaron los análisis de frecuencia.

Riego Tecnificado en Predio Reserva Cora N° 1

El proyecto consiste en la puesta en marcha de un sistema de riego por microaspersión para el riego de paltos, llevado a cabo en el predio Reserva Cora N° 1 del P.P. Las Casas Chicas de Quilpue, ubicado en la comuna de San Felipe.

El predio posee derechos de agua por 18.414 acciones de la primera sección del río Aconcagua, que son conducidas a través del canal Quilpue.

Para obtener el caudal con probabilidad de excedencia 85% en bocatoma, el proyecto consideró una relación proporcional entre las acciones que le corresponden al canal Quilpue y las acciones totales existentes en la primera sección del río Aconcagua. Dicho factor fue ponderado por el caudal 85% asociado a la estación Aconcagua en Chacabuquito, obteniéndose así el caudal 85% en bocatoma, que permite diseñar las obras de riego tecnificado.

De acuerdo con la malla topológica elaborada para el presente estudio, este canal está asociado al elemento CA04, agrupado junto al canal Santander. El objeto asociado a la captación de recursos es el nodo NO-06.

El método utilizado resulta ser similar al utilizado en MAGIC para la obtención de los factores de distribución para cada canal, aunque en este caso se distribuyó por acciones en vez de superficie de riego y capacidad de canal, por lo que las cifras no son comparables.

VII.3. ANÁLISIS DE PROYECTOS DE RIEGO Y DE OBRAS CIVILES IMPLEMENTADOS EN ZONAS DE RECUPERACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO MAIPO

A continuación, se describe la metodología utilizada en cada proyecto de la ley 18.450 que fue revisado y tomado como ejemplo. Se incluye una descripción de la ubicación del proyecto y su compatibilidad con la topología implementada en el modelo MAGIC.

Reparación y Protección de un Tramo del Sifón El Molino en el Estero Colina

Este proyecto se ubica en un tramo de unos 5 km del Río Colina, entre la bocatoma del Canal Colina y el Sifón El Molino. El Sifón se ubica unos 1000 metros aguas arriba del puente de la Autopista Los Libertadores y sufrió los efectos de las crecidas durante los días 3 y 4 de Junio del año 2002, en que la socavación ocurrida dejó en precaria situación la estabilidad del sifón. El objetivo de este proyecto fue la restitución del material de soporte en el sector del lado derecho del sifón y su protección frente a futuras crecidas.

Para estimar el caudal superficial en el Río Colina en el sector del sifón se utilizó la estadística de la estación fluviométrica Canal Colina en Peldehue, la cual posee registros a partir del año 1980 y hasta la actualidad. La estadística fue utilizada directamente como representativa del punto de interés debido a que la cuenca intermedia entre la estación fluviométrica y el sifón tiene una superficie muy reducida en relación a la cuenca superior.

De acuerdo con la malla topológica del modelo elaborado para el presente estudio, el Canal Colina, al cual se relaciona el Sifón El Molino, está asociado al elemento CA054, y capta recursos desde el nodo NO-089.

En relación con la metodología utilizada para el cálculo del caudal superficial, se puede observar que la estación fluviométrica utilizada se encuentra a unos 5 km del Sifón El Molino, tramo en que la cuenca intermedia posee una superficie de aproximadamente un 10% de la superficie de la cuenca aportante a la estación. En este sentido el supuesto utilizado sería razonable.

Los caudales resultan coincidentes entre el modelo y el proyecto, ya que la estadística de la cuenca AN-06, aportante al nodo NO-089, corresponde a la estación Canal Colina en Peldehue.

Proyecto de Mejoramiento Canales Hacienda Chada Reparación de Obra

Este proyecto corresponde a la reparación de canales Hacienda Chada, referida específicamente al canal Tronco Chada-Culitrín. Este canal extrae sus aguas del Río Peuco, afluente del Río Angostura y en toda su extensión posee una serie de problemas que son recopilados en el estudio del proyecto, así como también se plantea la solución a cada uno de ellos.

Para estimar el caudal medio anual en el Río Peuco se utilizó un método de transposición de caudales, el que considera como parámetros la superficie, y precipitación media de la cuenca.

La estación base utilizada para la transposición corresponde a Río Claro en Campamento (cuenca del Río Rapel), mientras que la distribución mensual se adoptó de la curva de variación observada en la estación Arrayán en La Montosa (cuenca del Río Maipo). Como puede apreciarse ninguna de las estaciones base consideradas son cercanas al punto de estudio.

Por otro lado, de acuerdo con la malla topológica del modelo MAGIC, el canal Tronco Chada-Culitrín está asociado al elemento CA024, y capta recursos desde el nodo NO-035.

Observando las estimaciones del caudal del Río Peuco tanto en el proyecto como en la modelación MAGIC para el período coincidente (1961 – 2000) se aprecia una gran diferencia, con un caudal medio de 5.8 m³/s en el proyecto y 1.8 m³/s en el caso del modelo MAGIC. Esta diferencia se produciría principalmente por las estadísticas

base utilizadas para la generación de la escorrentía en el proyecto, las que no serían adecuadas para el río Peuco (base anual río Claro del Cachapoal y base mensual de Arrayán en La Montosa).

Este ejemplo muestra claramente la necesidad y conveniencia de usar un modelo de simulación, puesto que sería la mejor alternativa para estimar caudales en subcuencas sin control fluviométrico o muy alejados de una estación de medición.

Proyecto de Mejoramiento Bocatoma Canal San Antonio de Naltahua **Reparación de Obra**

El Canal San Antonio de Naltahua capta sus aguas del Río Maipo, en su segunda sección, unos 2.4 km aguas arriba del puente Naltahua, entre las descargas de los esteros El Chancho y El Gato. El objetivo principal del proyecto es la reparación de los primeros 300 metros de bocatoma del canal mediante la construcción de defensas fluviales.

Para estimar el caudal superficial se consideró el estudio "Modelo de Simulación Hidrológico Operacional Cuencas de los Ríos Maipo y Mapocho" (2000), correspondiente a uno de los estudios base del presente informe. En función de los resultados de este estudio se obtuvo el caudal del Río Maipo aguas abajo del estero El Gato, el cual es resultado de la modelación realizada. A este caudal se le descontó el volumen correspondiente a los esteros El Gato y Gatica, por encontrarse aguas abajo de la bocatoma del canal. Estos caudales se calcularon mediante la relación precipitación-escorrentía de "Peñuelas", cuya expresión es la siguiente:

$$\begin{aligned} E &= 0.5 \cdot P^2 \quad (mm) \quad \text{si } P \leq 1000 \text{ mm} \\ E &= P - 500 \quad (mm) \quad \text{si } P \geq 1000 \text{ mm} \end{aligned} \quad \text{y} \quad Q = \frac{E}{86.4 \cdot 365} \cdot A \quad (m^3/s)$$

Donde E representa la escorrentía anual en mm, P la precipitación anual en mm, A la superficie de la cuenca en km² y Q el caudal medio anual en m³/s.

La distribución mensual del caudal se realizó en base a la distribución de la estación Lliu-Lliu, que se ubica en V región.

De acuerdo con la malla topológica del modelo elaborado para el presente estudio, el Canal San Antonio de Naltahua está asociado al elemento CA044, y capta recursos desde el nodo NO-053.

Observando las estimaciones del caudal del Río Maipo tanto en el proyecto como en la modelación MAGIC para el período coincidente (1950 – 1996) se aprecia una gran diferencia, con un caudal medio de 31 m³/s en el proyecto y 73 m³/s en el caso del modelo MAGIC. La diferencia radicaría principalmente en la forma en como se trató de estimar los aportes de los esteros El Gato y Gatica en el proyecto, usando una fórmula muy general (Peñuelas) y una distribución mensual no justificada geográficamente (Liu-Liu).

Reforzamiento de Muros, Canal Puangue, Sector Los Jazmines

Este proyecto tiene como objetivo el revestimiento de 60 metros del canal Puangue en su radier y costado, debido a que este sector fue destruido por el temporal de Junio de 2002. La bocatoma de este canal se encuentra a unos 1180 metros aguas abajo de la desembocadura del Río Mapocho en el Río Maipo, en su tercera sección.

Para estimar el caudal superficial del Río Maipo en la bocatoma del Canal Puangue se utilizó directamente una estadística rellena de la estación Maipo en Chiñihue, ubicada a unos 6 km aguas abajo.

De acuerdo con la malla topológica del modelo elaborado para el presente estudio, el Canal Puangue está asociado al elemento CA078, y capta recursos desde el nodo NO-055.

Observando las estimaciones del caudal del Río Maipo tanto en el proyecto como en la modelación MAGIC para el período coincidente (1950 – 1997) se aprecia una diferencia notoria, con un caudal medio de 75 m³/s en el proyecto y 108 m³/s en el caso del modelo MAGIC.

Es claro que la diferencia radica en la poca confiabilidad (o nula) de la estación Maipo en Chiñihue (suspendida), la que prácticamente nunca existió (sólo registró 5 meses en el año 1976/77). Entre otros problemas esa estación no incluía todos los posibles brazos del río.

En este caso resulta notable mencionar la poca confiabilidad que puede encontrarse en los sustentos de los proyectos que postulan a la ley de riego.

Rehabilitación Bocatoma Canal Mallarauco

El Canal Mallarauco capta sus aguas del Río Mapocho, en el sector denominado Puntilla de Peñaflor y es el único que forma parte de la cuarta sección de dicho cauce. El objetivo de este proyecto consiste en reparar la obra de bocatoma del canal que fue seriamente dañada por las crecidas del Río Mapocho en Junio del año 2002.

Para estimar el caudal superficial del Río Mapocho se utilizó el estudio “Modelo de Simulación Hidrológico Operacional Cuencas de los Ríos Maipo y Mapocho” (2000), correspondiente a uno de los estudios base del presente informe. De este estudio se utilizaron los valores de caudal afluente al nodo 42, que corresponde al nodo en que se encuentra la toma del Canal Mallarauco y se utilizaron para calcular el caudal con seguridad de 85% en el sector.

De acuerdo con la malla topológica del modelo elaborado para el presente estudio, el Canal Mallarauco está asociado al elemento CA095, y capta recursos desde el nodo NO-105.

Observando las estimaciones del caudal del Río Maipo tanto en el proyecto como en la modelación MAGIC para el período coincidente (1950 – 1997) se aprecia que la magnitud de los caudales difiere en promedio en poco más de un 20%, mostrando los siguientes valores en los caudales mensuales (con seguridad de 85%).

	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR
PROYECTO	7.04	9.17	9.76	14.56	9.43	6.93	8.07	10.14	11.44	11.32	9.86	7.81
MAGIC	12.78	19.23	19.71	22.72	19.35	15.93	12.04	9.43	4.88	4.12	3.22	4.48

Fuente: Elaboración Propia y Proyecto Rehabilitación Bocatoma Canal Mallarauco

Ambos modelos son parecidos en cuanto a su conceptualización, por lo que las diferencias se asociarían al diferente ajuste logrado en cada uno (calibración).

Rehabilitación Canal Culiprán Sector Chocalán, Km 18

El Canal Culiprán capta sus aguas en la 3ª sección del Río Maipo, en las cercanías de Melipilla. El proyecto corresponde a una protección para el canal, afectado por las crecidas derivadas de los temporales del invierno del año 2002. Estas protecciones consisten en revestimientos en algunas zonas y rellenos en las zonas socavadas.

Para estimar el caudal superficial del Río Maipo en la bocatoma del Canal Culiprán se utilizó directamente la estadística de la estación Maipo en Chiñihue, ubicada a unos 5 km aguas arriba. Como ya se ha señalado esta estación prácticamente nunca existió.

De acuerdo con la malla topológica del modelo elaborado para el presente estudio, el Canal Culiprán está asociado al elemento CA083, y capta recursos desde el nodo NO-110.

Observando las estimaciones del caudal del Río Maipo tanto en el proyecto como en la modelación MAGIC para el período coincidente (1951 – 1980) se aprecia, como era esperable, una gran diferencia, con un valor de 19.7 m³/s en el proyecto y 50.2 m³/s en la modelación MAGIC. Vale las mismas consideraciones señaladas para el proyecto del canal Puangue en Los Jazmines.

VIII. METODOLOGÍA PARA EL SEGUIMIENTO Y ACTUALIZACIÓN DEL MODELO

De acuerdo a la revisión y análisis de los proyectos de la ley 18.450 indicados en el capítulo anterior, es posible afirmar la necesidad de realizar una actualización permanente del modelo MAGIC implementado para las cuencas del Río Aconcagua y Maipo, antes de su operación para cada caso particular. En efecto, la gran cantidad de información susceptible de mejorar sumado al conocimiento de los usuarios de la ley 18.450 en sectores particulares, posibilita el mejoramiento de la información considerada durante el desarrollo del modelo MAGIC. Se ha constatado que existen diferencias en los datos incorporados en MAGIC respecto a los informados en los proyectos de la ley 18.450, que tienen relación con las siguientes variables:

- Capacidad de bocatomas y canales
- Longitud y Eficiencias de conducción de canales
- Distribución de derechos en bocatomas
- Superficies de riego asociado a canales

De acuerdo a lo anterior, en términos generales se considera que es posible realizar actualizaciones y seguimiento a tres componentes del modelo: Malla de Modelación, Datos y Calibración. La Figura VIII-1 muestra el esquema general de la metodología de seguimiento y actualización del modelo.

- Malla de Modelación

Dado que la representación en el modelo de ciertos elementos de la cuenca está sujeto a una serie de criterios definidos, es posible que algunos de ellos puedan ser reformulados o pierdan validez por diversas razones, entre los cuales puede estar la necesidad de mejorar el nivel de detalle del modelo o la existencia de nuevos antecedentes que modifiquen la topología definida en un sector determinado.

- Datos

Entre los temas incorporados en el MAGIC que pueden ser actualizados, se encuentra la estadística Pluviométrica y Fluviométrica, estando ésta última asociada a las cuencas con estaciones de control, como aquella estadística resultante de la estimación de caudales en cuencas sin control pluviométrico y que se vincula con la utilización del Modelo Pluvial y el modelo Nival.

Adicionalmente, se debe tener especial atención con los restantes parámetros que MAGIC incorpora, ya que cualquier mejora en la estimación de ellos, puede reflejar una mejora de los resultados del modelo. Entre los datos relevantes para la utilización del modelo en la Ley

18.450 se encuentran los indicados anteriormente, tales como la capacidad de canales, eficiencia de conducción, superficies de riego, etc.

- Calibración

Tal vez uno de los componentes de mayor relevancia en el desarrollo del modelo, es la calibración y las estaciones de control que se utilizan para aquello. En la medida que se incorporen nuevas estaciones de calibración será posible ir mejorando los resultados del modelo, pudiendo incluso incorporar series de caudales observados en canales, como estaciones de calibración.

Figura 8 - 1. Esquema General de Seguimiento y Actualización del Modelo

