



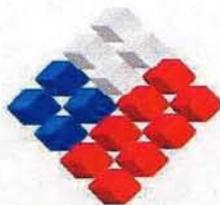
**GOBIERNO DE CHILE**  
**COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO**  
**SECRETARÍA EJECUTIVA**  
**DEPARTAMENTO TECNICO**

**ESTUDIO DE CALIDAD DE AGUAS  
SUBTERRÁNEAS EN LAS CUENCAS DE  
HUASCO Y MATAQUITO**

**INFORME FINAL**

**FEBRERO 2006**

**GCF INGENIEROS CONSULTORES LTDA.**  
Ricardo Matte Pérez 0535 - Fono 56 2 209 71 79 - Fax 56 2 209 71 03  
e-mail [gcabrera@entelchile.net](mailto:gcabrera@entelchile.net) Providencia Santiago Chile



**GOBIERNO DE CHILE**  
COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO  
SECRETARÍA EJECUTIVA

DEPARTAMENTO TECNICO

# ESTUDIO DE CALIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LAS CUENCAS DE HUASCO Y MATAQUITO

## INFORME FINAL

FEBRERO 2006

**GCF INGENIEROS CONSULTORES LTDA.**  
Ricardo Matte Pérez 0535 - Fono 56 2 209 7179 · Fax 56 2 209 7103  
e-mail [gcabrera@entelchile.net](mailto:gcabrera@entelchile.net) Providencia Santiago Chile

# ESTUDIO DE CALIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LAS CUENCAS DE HUASCO Y MATAQUITO

## PARTICIPANTES

- Por parte de la COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO:

Nelson Pereira M.	Secretario Ejecutivo
Enrique Mlynarz M.	Jefe del Departamento Técnico
Juan Pablo Schuster V.	Coordinador Unidad Desarrollo Territorial
Gastón Sagrado T.	Ingeniero de Proyectos

- Por parte de la Dirección General de Aguas del MOP:

Ana María Gangas P.	Departamento de Estudios y Planificación de Desarrollo
Mauricio Zambrano B.	Departamento de Conservación y Protección de Recursos Hídricos

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

Guillermo Cabrera F.	Jefe de Proyecto
Félix Pérez S.	Coordinador del Proyecto
Sergio Matus G.	Ingeniero Civil
Patricio Murúa S.	Ingeniero Agrónomo
Iván Rivera R.	Ingeniero Civil
Jorge Guarda A.	Ingeniero Civil
Felipe Orellana M.	Ingeniero Civil
Lorena Bustamante J.	Cartógrafo
Salomón Vielma P.	Cartógrafo
Geodatos	Prospecciones Geofísicas
Hidrolab	Análisis de Calidad

**INDICE**

1	INTRODUCCIÓN .....	1-1
1.1	OBJETIVO GENERAL .....	1-1
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	1-1
2	ANTECEDENTES .....	2-1
2.1	REVISIÓN DE ANTECEDENTES AGROECONÓMICOS Y DE POSIBLES ACTIVIDADES CONTAMINANTES .....	2-1
2.2	REVISIÓN DE ANTECEDENTES HIDROLÓGICOS E HIDROGEOLÓGICOS .....	2-6
3	ACTIVIDADES POTENCIALMENTE CONTAMINANTES .....	3-1
3.1	ANÁLISIS DE LA PROPIEDAD RURAL .....	3-1
3.1.1	Análisis Distribución de la Propiedad por Riego .....	3-1
3.1.2	Análisis Distribución de la Propiedad por Uso del Suelo .....	3-3
3.1.3	Determinación del Universo de Agricultores .....	3-5
3.2	ENCUESTAS .....	3-9
3.2.1	Cuenca del Río Huasco .....	3-9
3.2.1.1	Selección de la Muestra .....	3-9
3.2.1.2	Desarrollo de la encuesta agropecuaria .....	3-14
3.2.1.3	Resultados básicos .....	3-15
3.2.1.4	Dificultades de la encuesta .....	3-16
3.2.1.5	Procesamiento .....	3-16
3.2.1.6	Presentación de resultados .....	3-17
3.2.1.7	.....	3-17
3.2.1.8	.....	3-17
3.2.2	Cuenca del Río Mataquito .....	3-25
3.2.2.1	Selección de la Muestra .....	3-25
3.2.2.2	Desarrollo de la encuesta agropecuaria .....	3-36
3.2.2.3	Resultados básicos .....	3-37
3.2.2.4	Dificultades de la encuesta .....	3-40
3.2.2.5	Procesamiento .....	3-40
3.2.2.6	Presentación de resultados .....	3-40
3.2.2.7	.....	3-40
3.2.2.8	.....	3-40
3.3	USO ACTUAL DEL SUELO .....	3-56
3.3.1	Cuenca del Río Huasco .....	3-56
3.3.2	Cuenca del Río Mataquito .....	3-66
3.4	IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE POSIBLES CONTAMINANTES .....	3-87
3.4.1	Actividad Agrícola y Ganadera .....	3-87
3.4.1.1	Introducción .....	3-87
3.4.1.2	Formas de Contaminación .....	3-87
3.4.1.3	Clasificación de Fertilizantes y su Presencia en las Área de Estudio .....	3-89
3.4.1.4	Actividad Ganadera y su Presencia en las Área de Estudio .....	3-94
3.4.1.5	Clasificación de Agroquímicos y su Presencia en las Área de Estudio .....	3-95
3.4.2	Actividad Industrial .....	3-103
3.4.2.1	Introducción .....	3-103
3.4.2.2	Procesos Productivos Potenciales de Generar RILes .....	3-104
3.4.2.3	Emisores de RILes .....	3-107
3.4.2.4	Caracterización de Residuos Líquidos .....	3-115
3.4.2.5	Diagnóstico Preliminar de la Situación de Cumplimiento .....	3-121

4	ANÁLISIS HIDROGEOLÓGICO .....	4-1
4.1	GEOLOGÍA Y GEOFÍSICA.....	4-1
4.1.1	Geología.....	4-1
4.1.1.1	Valle del Huasco .....	4-1
4.1.1.1.1	Unidades Geológicas e Hidrogeológicas de Cobertura Superficial .....	4-1
4.1.1.1.2	Unidades Geológicas e Hidrogeológicas de Subsuperficie.....	4-4
4.1.1.2	Valle del Mataquito.....	4-12
4.1.1.2.1	Unidades Geológicas e Hidrogeológicas de Cobertura Superficial .....	4-12
4.1.1.2.2	Unidades Geológicas e Hidrogeológicas de Subsuperficie .....	4-15
4.1.2	Geofísica.....	4-26
4.1.2.1	Valle del Huasco .....	4-26
4.1.2.2	Valle del Mataquito.....	4-29
4.2	IDENTIFICACIÓN DE LAS UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS .....	4-38
4.2.1	Cuenca del Río Huasco .....	4-38
4.2.2	Cuenca del Río Mataquito.....	4-43
4.3	ACTUALIZACIÓN DE LOS CATASTROS DE CAPTACIONES SUBTERRÁNEAS .....	4-47
4.3.1	Valle del Huasco.....	4-47
4.3.2	Cuenca del Río Mataquito.....	4-49
4.4	CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDROGEOLÓGICA CUANTITATIVA.....	4-51
4.4.1	Caracterización Hidrológica .....	4-51
4.4.2	Caracterización Hidrogeológica .....	4-68
4.4.2.1	Niveles Freáticos.....	4-68
4.4.2.2	Parámetros Hidrogeológicos.....	4-80
4.4.2.3	Antecedentes de Calidad del Agua Subterránea.....	4-88
4.4.2.3.1	Introducción .....	4-88
4.4.2.3.2	Información de Calidad de Aguas en la Cuenca del Río Huasco.....	4-88
4.4.2.3.3	Información de Calidad de Aguas en la Cuenca del Río Mataquito .....	4-90
4.4.2.4	Diagnóstico de la Situación de Uso Actual del Agua Subterránea .....	4-93
4.4.2.4.1	Introducción .....	4-93
4.4.2.4.2	Cuenca del Río Huasco.....	4-93
4.4.2.4.3	Cuenca del Río Mataquito.....	4-95
4.4.2.5	Caracterización de la Oferta y Disponibilidad del Agua Subterránea .....	4-97
5	ESTUDIO AGRONÓMICO .....	5-1
5.1	ESTUDIO DE SUELOS.....	5-1
5.1.1	Metodología.....	5-1
5.1.2	Descripción Suelos por Cuenca .....	5-2
5.1.2.1	Cuenca Río Huasco .....	5-2
5.1.2.2	Cuenca Río Mataquito.....	5-6
5.1.3	Pautas de Clasificación de Suelos .....	5-12
5.1.4	Clasificaciones Interpretativas.....	5-12
5.2	ESTUDIO DE CLIMA .....	5-13
5.2.1	Introducción.....	5-13
5.2.2	Aspectos Metodológicos .....	5-13
5.2.3	Variables Agroclimática Descritas en el Estudio.....	5-14
5.2.4	Cuenca Río Huasco.....	5-15
5.2.5	Cuenca Río Mataquito .....	5-22
5.2.6	Adaptabilidad de los cultivos.....	5-32
5.3	DEMANDAS DE AGUA.....	5-34
5.3.1	Cuenca Río Huasco.....	5-34
5.3.1.1	Evapotranspiración Potencial y Real.....	5-34
5.3.1.2	Demanda Neta de Agua de Riego .....	5-35
5.3.1.3	Eficiencias de Riego y Tasas de Riego.....	5-37
5.3.1.4	Demandas Brutas de Riego.....	5-38

5.3.2	Cuenca Río Mataquito .....	5-42
5.3.2.1	Evapotranspiración Potencial y Real.....	5-42
5.3.2.2	Demanda Neta de Agua de Riego.....	5-44
5.3.2.3	Eficiencias de Riego y Tasas de Riego.....	5-46
5.3.2.4	Demandas Brutas de Riego.....	5-50
5.4	ALTERNATIVAS PRODUCTIVAS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS .....	5-58
5.4.1	Introducción.....	5-58
5.4.2	Estudio de Mercado Comercialización y Precios .....	5-58
5.4.2.1	Comercialización.....	5-58
5.4.2.1.1	Cuenca Río Huasco .....	5-58
5.4.2.1.2	Cuenca Río Mataquito.....	5-59
5.4.2.2	Mercados .....	5-61
5.4.2.2.1	Análisis por producto.....	5-62
5.4.2.2.2	Conclusiones .....	5-106
5.4.2.3	Determinación precios de productos.....	5-108
5.4.3	Análisis de Recursos Básicos .....	5-121
5.4.3.1	Suelos.....	5-121
5.4.3.2	Clima.....	5-122
5.4.4	Fichas Técnico Económicas .....	5-123
5.4.5	Escenario Futuro para Demandas de Agua.....	5-133
5.4.5.1	Cuenca Río Huasco .....	5-133
5.4.5.2	Cuenca Río Mataquito.....	5-136
5.4.6	Potencialidad Agrícola de los Valles.....	5-142
6	CALIDAD DE AGUAS .....	6-1
6.1	DISCUSIÓN DEL ESTUDIO ANTERIOR SOBRE CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL (CNR-GEOTÉCNICA, 2003).....	6-1
6.2	ESTADO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUPERFICIALES .....	6-5
6.2.1	Huasco .....	6-5
6.2.2	Mataquito .....	6-6
6.2.3	Comentarios.....	6-8
6.3	FORMULACIÓN DEL PLAN DE MONITOREO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS .....	6-10
6.3.1	Parámetros Seleccionados .....	6-10
6.3.2	Puntos Seleccionados .....	6-15
6.3.2.1	Huasco.....	6-15
6.3.2.2	Mataquito.....	6-20
6.4	ESTADO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS .....	6-25
6.4.1	Huasco .....	6-25
6.4.2	Mataquito .....	6-27
7	MODELAMIENTO HIDROGEOLÓGICO DE LAS CUENCAS .....	7-1
7.1	INTRODUCCIÓN.....	7-1
7.2	MODELACIÓN HIDROGEOLOGICA DE LA CUENCA DEL RÍO MATAQUITO.....	7-2
7.2.1	Introducción.....	7-2
7.2.2	Zona Modelada y Discretización Espacial y Temporal.....	7-2
7.2.3	Discretización del Acuífero.....	7-7
7.2.4	Parámetros del Medio Acuífero.....	7-11
7.2.5	Condiciones de Borde de Nivel Conocido.....	7-12
7.2.6	Condiciones de Borde Tipo Río. Representación de los Ríos Teno, Lontué y Mataquito .....	7-14
7.2.7	Condiciones de Borde del Tipo Recargas por Efecto de Precipitación y Percolación de Riego .....	7-21
7.2.8	Descargas por Bombeo .....	7-23
7.2.9	Calibración en Régimen Permanente y Transiente.....	7-23

7.3	MODELACIÓN HIDROGEOLÓGICA CUENCA DEL RÍO HUASCO .....	7-42
7.3.1	Introducción.....	7-42
7.3.2	Valle Principal del Río Huasco.....	7-42
7.3.2.1	Zona Modelada .....	7-42
7.3.2.2	Discretización del Acuífero .....	7-43
7.3.2.2.1	Discretización Temporal.....	7-43
7.3.2.2.2	Discretización Espacial.....	7-43
7.3.2.3	Parámetros del Medio Acuífero.....	7-50
7.3.2.4	Condiciones de Borde de Nivel Conocido.....	7-51
7.3.2.5	Condición de Borde Tipo Río. Representación del Río Huasco.....	7-52
7.3.2.6	Condiciones de Borde del Tipo Recargas por Efecto de Precipitación y Percolación de Riego.....	7-55
7.3.2.6.1	Recarga por Infiltración de Precipitaciones.....	7-55
7.3.2.6.2	Recarga por Percolación desde Zonas de Riego.....	7-56
7.3.2.7	Descargas por Condiciones de Borde.....	7-58
7.3.2.8	Descargas por Bombeo.....	7-58
7.3.2.9	Calibración General del Modelo en Régimen Permanente y Transiente .....	7-60
7.3.2.9.1	Régimen Permanente .....	7-60
7.3.2.9.2	Régimen Transiente.....	7-65
7.3.3	Valle del Río El Tránsito .....	7-72
7.3.3.1	Zona Modelada .....	7-72
7.3.3.2	Discretización del Acuífero .....	7-75
7.3.3.3	Parámetros del Medio Acuífero.....	7-77
7.3.3.4	Pozo de Bombeo.....	7-77
8	MODELAMIENTO DEL TRANSPORTE DE CONTAMINANTES.....	8-1
8.1	DEFINICIÓN DE ESCENARIOS.....	8-1
8.2	ESCENARIOS DE MODELAMIENTO DE LA CONTAMINACIÓN.....	8-7
8.2.1	Contaminación Difusa.....	8-9
8.2.1.1	Pesticidas.....	8-9
8.2.1.2	Fertilizantes.....	8-13
8.2.2	Contaminación Puntual.....	8-16
8.2.2.1	Ganadería.....	8-16
8.2.3	Identificación de Escenarios .....	8-18
8.3	SIMULACIÓN Y RESULTADOS OBTENIDOS.....	8-19
8.3.1	Pesticidas - Modelo PESTAN.....	8-19
8.3.2	Fertilizantes - Ganadería - Modelo VS2DT.....	8-19
8.3.3	Simulación de Contaminación por Pesticidas .....	8-20
8.3.3.1	Obtención de la Información .....	8-20
8.3.3.2	Escenario P-H1: Dimetoato en la comuna de Vallenar .....	8-22
8.3.3.3	Escenario P-M1: Atrazina en la comuna de Sagrada Familia .....	8-26
8.3.3.4	Escenario P-M2: Atrazina en la comuna de Teno.....	8-33
8.3.3.5	Escenario P-M3: Carbofurano en la comuna de Curicó.....	8-37
8.3.3.6	Escenario P-M4: Carbofurano en la comuna de Hualañé .....	8-41
8.3.4	Simulación de Contaminación por Fertilizantes .....	8-45
8.3.4.1	Obtención de la información .....	8-45
8.3.4.2	Escenario F-H1: Nitratos en la comuna de Vallenar .....	8-46
8.3.4.3	Escenario F-M1: Nitratos en la comuna de Hualañé .....	8-50
8.3.5	Simulación de Contaminación por Ganadería .....	8-54
8.3.5.1	Obtención de la información .....	8-54
8.3.5.2	Escenario G-M1: Actividad ganadera en cuenca del Mataquito.....	8-55
8.4	SÍNTESIS DE RESULTADOS .....	8-59
9	PROPUESTA DE MANEJO HIDROGEOLÓGICO .....	9-1

## ANEXOS

- ANEXO 3.1-1: Listado de Regantes. Cuenca del Río Huasco.
- ANEXO 3.1-2: Listado de Regantes. Cuenca del Río Mataquito.
- ANEXO 3.2-1: Formato de Encuesta. Cuenca del Río Huasco.
- ANEXO 3.2-2: Formato de Encuesta. Cuenca del Río Mataquito.
- ANEXO 3.4-1: Clasificación de las Industrias. Cuenca del Río Huasco.
- ANEXO 3.4-2: Clasificación de las Industrias. Cuenca del Río Mataquito.
- ANEXO 3.4-3: Encuesta a Industrias. Cuenca del Río Huasco.
- ANEXO 3.4-4: Encuesta a Industrias. Cuenca del Río Mataquito.
- ANEXO 3.4-5: Resultado Encuesta a Industrias. Cuenca del Río Huasco.
- ANEXO 3.4-6: Resultado Encuesta a Industrias. Cuenca del Río Mataquito.
- ANEXO 4.1-1: Informe Geológico. Aquaconsult.
- ANEXO 4.1-2: Informes de Labores Geofísicas. Geodatos S.A.
- ANEXO 4.3-1: Catastro de Captaciones Subterráneas. Cuenca del Río Huasco.
- ANEXO 4.3-2: Catastro de Captaciones Subterráneas. Cuenca del Río Mataquito.
- ANEXO 4.4-1: Estadística Pluviométrica Observada.
- ANEXO 4.4-2: Estadística Pluviométrica Rellenada.
- ANEXO 4.4-3: Estadística Fluviométrica Observada.
- ANEXO 4.4-4: Estadística Fluviométrica Rellenada.
- ANEXO 4.4-5: Datos de Calidad del Agua.
- ANEXO 5.1-1: Caracterización de Suelos: Cuenca del Río Huasco.
- ANEXO 5.1-2: Caracterización de Suelos: Cuenca del Río Mataquito.
- ANEXO 5.1-3: Pautas de Clasificación de Suelos.
- ANEXO 5.4-1: Fichas Técnico Económicas. Cuenca del Río Huasco.
- ANEXO 5.4-2: Fichas Técnico Económicas. Cuenca del Río Mataquito.
- ANEXO 6.4-1: Instructivo para Toma de Muestras de Agua según Norma Chilena Nch 409 y Nch 1333.
- ANEXO 6.4-2: Resultados de los Muestreos.
- ANEXO 8.2-1: Descripción del Programa WHI Unsat Suite Plus.
- ANEXO 8.2-2: Pesticidas Encontrados.
- ANEXO 8.2-3: Parámetros Principales – PESTAN

## **1 INTRODUCCIÓN**

La CNR realizó durante el año 2003 el estudio “Diagnóstico y Análisis de la Calidad del Agua de Riego en Huasco y Mataquito”. Dicho estudio contempló encuestas y entrevistas a industriales y agricultores, además de campañas de muestreos para determinar los contaminantes asociados a la actividad industrial y agrícola, como riles, agroquímicos y aguas servidas domiciliarias, que se descargan a las aguas de los principales ríos y esteros de las cuencas en estudio.

Como consecuencia de dicho trabajo se determinó la necesidad de analizar el efecto de la contaminación sobre el sistema acuífero de ambas cuencas, principalmente por el bajo conocimiento que se tiene acerca de los impactos a corto y largo plazo que produce la contaminación superficial derivada del sector agrícola e industrial.

De acuerdo con lo anterior, la CNR licitó a fines del año 2004 un estudio sobre la “Calidad del Agua Subterránea en las Cuencas de Huasco y Mataquito”, del cual el presente documento corresponde al informe final del trabajo desarrollado. El trabajo permitió alcanzar satisfactoriamente los objetivos y alcances que se mencionan a continuación.

### **1.1 Objetivo General**

Determinar el estado actual de contaminación de los acuíferos de las cuencas de Huasco y Mataquito producto de la actividad agrícola y otras fuentes, y analizar ante diversos escenarios de desarrollo y explotación, el comportamiento del sistema subterráneo y los efectos generados sobre los pozos existentes, ya sea de riego como de agua potable.

### **1.2 Objetivos Específicos**

Los objetivos específicos del estudio fueron los siguientes:

- Estudiar las actividades potenciales generadoras de contaminación de aguas subterráneas en las cuencas en estudio.
- Estudiar la hidrogeología de las cuencas en estudio.
- Realizar campañas de muestreos de calidad de aguas subterráneas en las cuencas de Huasco y Mataquito.
- Modelar el acuífero y el comportamiento de los contaminantes en las aguas subterráneas de las cuencas en estudio.
- Estudiar, mediante la modelación, el eventual efecto de contaminación que podría producirse sobre el acuífero, y proponer, de ser posible, metodologías de mitigación y manejo sustentable del embalse subterráneo.

## 2 ANTECEDENTES

### 2.1 REVISIÓN DE ANTECEDENTES AGROECONÓMICOS Y DE POSIBLES ACTIVIDADES CONTAMINANTES

Se efectuó una detallada recopilación de los antecedentes disponibles acerca de los diferentes aspectos relacionados con la actividad productiva actual y potencial, posibles actividades contaminantes del acuífero y calidad de los recursos disponibles en las cuencas de los ríos Huasco y Mataquito, ubicadas en la III y VII Región, respectivamente.

La recopilación de antecedentes se logró a través de la revisión de información bibliográfica y mediante visitas al área de estudio.

La información bibliográfica referida a los aspectos agroeconómicos se ha obtenido de la revisión de publicaciones de instituciones como el Instituto Nacional de Estadísticas (INE), Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), Dpto. de Economía Agraria de la Universidad Católica, Instituto Nacional de Normalización, PROCHILE, Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), Instituto Nacional de Desarrollo Agropecuario (INDAP), Universidades, Agroindustrias y Ferias Ganaderas, entre otras.

Una vez recopilada la información, ésta se analizó en forma crítica, con el propósito de poder calificar el uso que se le dará durante el desarrollo del estudio y determinar con precisión aquellos antecedentes que se requiere actualizar, complementar y en ciertos casos generar.

Respecto a lo anterior, se debe señalar algunos estudios de interés para la presente consultoría, considerando sólo los más cercanos a la temática del presente proyecto:

- **Estudio de Actualización de Catastro de Usuarios para Regularización de Derechos de agua en la Hoya del Río Teno, VII Región.**

Este estudio fue elaborado por la empresa Ricardo Edwards G. – Ingenieros (REG), para la Dirección General de Aguas en el año 1982. Este proyecto se utilizó en la definición del área de estudio, sectorización y estratificación predial.

- **Catastro de Usuarios de Aguas de los Ríos Lontue y Mataquito, VII Región.**

Este estudio fue elaborado por la empresa Solano Vega y Asociados Ingenieros Consultores Ltda., para la Dirección General de Aguas en el año 1985.

Este proyecto se utilizó en la definición del área de estudio, sectorización y estratificación predial de los ríos mencionados.

- **Catastro de Regantes Hoya del Río Huasco, III Región.**

Este estudio fue elaborado por la Dirección General de Aguas en el año 1983. Este proyecto se utilizó en la definición del área de estudio, sectorización y estratificación predial del área del río Huasco.

- **Consultoría OME-29 – Embalses de Regulación Cuenca Río Mataquito, VII Región.**

Elaborado por la empresa Geotécnica para la Dirección de Obras Hidráulicas en el año 1994.

En este estudio se efectuó una completa descripción de la situación actual y con proyecto. De esta forma, dicho informe incluye información referente al uso actual y potencial del suelo y antecedentes de estratificación de la propiedad, entre otros.

Se debe señalar que según éste estudio el área de interés de la presente consultoría, correspondiente a la cuenca del río Mataquito, estaría conformada por 33.432,18 ha actualmente regadas y 16.419,71 ha potenciales a introducir para riego.

- **Diagnóstico Actual del Riego y Drenaje en Chile y su Proyección, elaborado por los presentes consultores bajo la firma Ayala, Cabrera y Asociados Ltda. para la Comisión Nacional de Riego, entre los años 2001 y 2003.**

En este estudio se recopiló una gran cantidad de información en forma cartográfica. Entre los antecedentes de importancia para el presente proyecto se pueden considerar las siguientes variables: suelos, clima, población, red de canales y embalses, uso actual del suelo, catastro de pozos, proyectos bonificados por la Ley 18.450, etc.

- **Legislación medioambiental.**

Esta legislación se encuentra relacionada con las normativas impulsadas por la CONAMA y el Instituto Nacional de Normalización. Al respecto, dichas normativas son de gran relevancia al momento de bonificar proyectos de aguas subterráneas a través de la Ley 18.450 de Riego y Drenaje.

- **Revisión de antecedentes Programa Riego Campesino de INDAP: Manual de Procedimientos, antecedentes relativos a resultados de la intervención, políticas de INDAP, instrumentos institucionales de intervención, etc.**

Estos antecedentes están referidos a la normativa aplicada por el Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP) en cuanto a la implementación de bonificaciones al riego y drenaje a pequeños agricultores a través de la Ley 18.450.

- **La Política Agraria (Agricultura 2010).**

Texto que relaciona la política agraria actual en relación a las proyecciones futuras en función principalmente de los Tratados de Libre Comercio que el país ha suscrito en los últimos años. De igual forma, se efectúa una descripción de las políticas agrarias referidas a cada una de las regiones que conforman el país.

- **Instrumentos técnicos y financieros de apoyo al desarrollo de obras menores de riego. (CNR, CORFO, INDAP, etc).**

Dentro de las políticas agrícolas de Chile, se considera una serie de beneficios desde el punto de vista de apoyo técnico y crediticio, las cuales se encuentran desligadas en instituciones como la Comisión Nacional de Riego, CORFO, INDAP, e instituciones privadas como Bancos, Financieras, ONGs, Universidades, etc.

- **Estudio Hidrogeológico del Secano Interior y Costero Regiones VI, VII y VIII, elaborado por los presentes consultores bajo la firma GCF Consultores para INDAP e IICA, entre los años 2001 y 2002.**

El objetivo central de este estudio fue detectar áreas con potencial agrícola factibles de ser regadas. Para estos efectos, se recopiló información de suelos por Clase de Capacidad de Uso de I a VI para propiedades menores de 12 HRB, obtenidas de ortofotos de Ciren Corfo a escala 1:20.000.

Cabe señalar que este estudio cuenta con una descripción de la potencialidad de cada cuenca estudiada, en términos de suelos, clima, caminos de acceso, centros de consumo y propuestas de cultivos potenciales para cada zona.

También incorpora información hidrogeológica y de captaciones que podrán ser consideradas en el presente trabajo.

- **VI Censo Nacional Agropecuario, Texto y CD. INE, 1997.**

Los antecedentes de este estudio serán fundamentales en la obtención del uso actual del suelo para un año seco, la estratificación de las propiedades y la obtención de rendimientos de algunas especies cultivadas en Chile.

- **Centro Información Recursos Naturales (CIREN-CORFO).**

Ortofotos de propiedades escala 1:10.000 y 1:20000: Esta información servirá de base y orientación para la ubicación de los predios del área de estudio.

- **Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA).**

ODEPA posee antecedentes de precios y volúmenes transados en el mercado mayorista de Santiago. Con esta información generada como series de precios, será factible determinar en el Estudio de Mercados, Comercialización y Precios, los precios internos de los principales productos asignados para el presente proyecto. Asimismo, dicha entidad posee registros de retornos a productor de las distintas especies exportadas.

- **Servicio Agrícola y Ganadero (SAG).**

El SAG a través de su Catastro de Explotaciones Ganaderas, especialmente lecherías y planteles de cerdos y aves, proporciona antecedentes de ubicación y producción. Estos antecedentes servirán de orientación para la caracterización general especialmente en las comunas involucradas de la III y VII Región.

- **Atlas Agroclimático de Chile de la Universidad de Chile.**

Para caracterizar el clima y agroclima del área en estudio se utilizará fundamentalmente la información contenida en el Atlas Agroclimático de Chile de la Universidad de Chile (Fernando Santibañez) del año 1993, donde el parámetro de Evapotranspiración Potencial será revisado con el contenido en el estudio denominado "Cálculo y Cartografía de la Evapotranspiración Potencial en Chile" elaborado por Ciren-Corfo y la Comisión Nacional de Riego, puesta a disposición del público a fines del año 1997.

- **Atlas Agroclimático de Chile del INIA.**

Estudio elaborado en 1989. Incluye una amplia información climática y agroclimática para todo el país, siendo el único trabajo que entrega información desde la I a la XII Región del país. Cabe señalar que los distritos agroclimáticos involucran una gran superficie, por lo que el grado de precisión en áreas específicas es limitado.

- **FAO N° 56.**

Este documento, elaborado en 1990, contiene información más actualizada que el FAO N°24 (1976), para verificar y complementar los factores de cultivo en la determinación de las necesidades de agua de riego.

- **Cálculo y Cartografía de la Evapotranspiración Potencial en Chile (Ciren Corfo-CNR).**

Estudio elaborado en 1997 y que determinó las ETo esencialmente con la aplicación del método de Penman y, en aquellos lugares donde no se pudo, por falta de algún parámetro, se aplicó una de otras cuatro fórmulas, ajustadas mediante coeficientes de regresión, teniendo como referencia la ecuación de Penman. Las otras cuatro fórmulas empíricas consideradas fueron las de Turc, de Ivanov, de Blaney y Criddle y el método de la bandeja de evaporación.

- **Directorio de Infraestructura y Agroindustria Frutícola (Ciren Corfo).**

Son documentos actualizados por región, en donde se destalla la infraestructura correspondiente a agroindustrias de deshidratados, destilerías, plantas elaboradoras de aceite de oliva, plantas de embalaje, cámaras de frío y fumigación, entre otras. Estos antecedentes son de utilidad en la caracterización del área, identificación de actividades contaminantes y en la proyección de los diferentes rubros en situación con proyecto.

## 2.2 REVISIÓN DE ANTECEDENTES HIDROLÓGICOS E HIDROGEOLÓGICOS

En el presente capítulo se entrega un análisis del contenido de los estudios que son relevantes para complementar la caracterización hidrológica e hidrogeológica. Se describen los contenidos principales respecto de esos temas y además se señala su utilidad para el presente estudio.

- **“Estudio Integral de Riego del Valle de Huasco”**, elaborado por CEDEC para la Comisión Nacional de Riego, 1985, Parte III, El Área del Estudio y sus Recursos. El objetivo de este estudio fue asegurar el riego de alrededor de 10.000 ha, incluida un área de secano. Se estudió el embalse El Toro y Santa Juana, descartándose este último, situación que fue revertida en posteriores estudios.

En este estudio se realizó una caracterización pluviométrica, fluviométrica e hidrogeológica del valle del río Huasco, la cual fue presentada en dicho informe, en el Capítulo III.D: Agua. Cabe hacer notar que este estudio es muy anterior a la entrada en operación del Embalse Santa Juana por lo que los registros fluviométricos corresponden a los caudales sin intervención de regulación.

A continuación se resumen los principales antecedentes y conclusiones de dicho capítulo que resultan útiles para el presente trabajo.

### III.D.1 Pluviometría:

*... “La cuenca del río Huasco se caracteriza por tener un régimen de precipitaciones de pequeña magnitud y altamente variable en el tiempo. La variabilidad temporal se manifiesta tanto estacionalmente como interanualmente. Además, las precipitaciones se presentan concentradas fundamentalmente en los meses de Abril a Septiembre, con algunas precipitaciones aisladas en los meses de verano, en la zona alta de la cuenca, producto de la influencia del llamado invierno boliviano en algunos años” ...*

Para ejemplificar lo anterior, se presentaron las precipitaciones anual promedio y sus correspondientes desviaciones estándar para 4 estaciones, correspondientes a Puerto Huasco con precipitación promedio de 32,1 mm y desviación estándar de 29,6 mm; Freirina, con 37,6 mm promedio y desviación de 34,8 mm; El Tránsito con 59,4 mm promedio y desviación de 52,5 mm y La Pampa con promedio de 68,6 mm y desviación de 62,3 mm.

El estudio pluviométrico de este trabajo se basó en la recopilación y análisis de las precipitaciones mensuales y anuales registradas en estaciones de la zona, lo que permitió generar registros para el período 1941 – 1980. Las estaciones consideradas se presentan en la Tabla 2.2-1 siguiente. Por poseer muy pocos datos medidos, se desechó la estación Central Huasco y la estación Vallenar DGA no fue

considerada por encontrarse prácticamente en el mismo lugar de Vallenar DMC, que en el año de realización del estudio poseía registros más completos.

**Tabla 2.2-1**  
Estaciones Pluviométricas Consideradas  
Estudio Integral de Riego Valle de Huasco, 1985

Estación	Institución que controla	Longitud	Latitud	Altitud (msnm)
Puerto Huasco	DMC	71° 15'	28° 27'	4
Freirira Retén	DMC	71° 05'	28° 30'	81
Vallenar (DMC)	DMC	70° 46'	28° 36'	469
Santa Juana en Camarones	DGA	70° 39'	28° 40'	560
Junta del Carmen	DGA	70° 29'	28° 45'	800
El Tránsito	DMC	70° 16'	25° 52'	1.100
San Félix	DMC	70° 27'	25° 55'	1.150
Conay Retén	DGA	70° 09'	28° 58'	1.450
Tambos	DGA	70° 11'	28° 58'	1.385
Pampa	DMC	70° 14'	28° 58'	1.300
Vallenar (DGA)	DGA	70° 46'	28° 34'	373
Central Huasco	ENDESA	71° 16'	28° 28'	10

A través de los procesos de correlación, relleno, extensión y homogenización de las estadísticas se generaron series mensuales completas para el período Enero 1941 – Diciembre 1980. En la Tabla 2.2-2 se presentan los valores de precipitaciones anuales medios para cada estación.

**Tabla 2.2-2**  
Pluviometría Anual Media Período 1941 - 1980  
Estudio Integral de Riego Valle de Huasco, 1985

Estación	Institución que controla	Precipitación Anual Media (mm)
Puerto Huasco	DMC	32,08
Freirira Retén	DMC	37,56
Vallenar (DMC)	DMC	36,03
Santa Juana en Camarones	DGA	52,72
Junta del Carmen	DGA	55,18
El Tránsito	DMC	59,36
San Félix	DMC	55,18
Conay Retén	DGA	98,52
Tambos	DGA	75,04
Pampa	DMC	68,71

Un aspecto interesante de señalar es que se realizó un análisis de tendencia de las precipitaciones anuales para las estaciones La Pampa (con registros medidos desde 1918 a 1980) y El Tránsito (1936 – 1980). Para ello se realizaron gráficos de promedios móviles de años para la pluviometría anual. Estos

gráficos se muestran en las Figura 2.2-1 y 2.2-2 siguientes y al respecto el informe de CEDEC concluye lo siguiente:

... "la pendiente de la recta de tendencia ajustada, revela un descenso promedio anual de precipitación de 1,33 mm en el caso de La Pampa, y de 1,57 mm en el caso de El Tránsito. Estas tendencias decrecientes son bastante significativas, dadas las pequeñas magnitudes de los totales anuales de precipitación que se registran en la zona. Al observar los promedios móviles de La Pampa, que abarcan un mayor período, se aprecia que la tendencia decreciente se comienza a manifestar en forma ostensible sólo a partir de la mitad de la década de los años cuarenta" ...

Figura 2.2-1  
Promedios móviles de 10 años estación La Pampa  
Estudio Integral de Riego Valle de Huasco, 1985

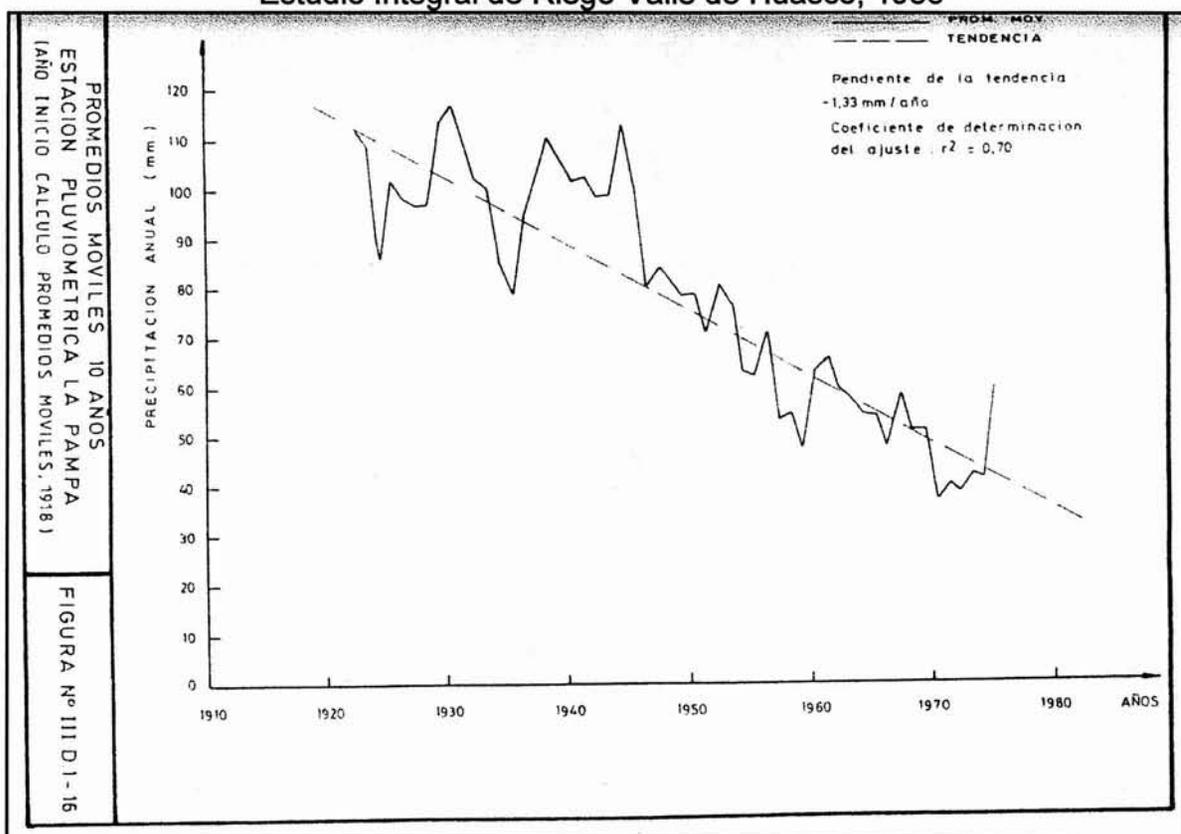
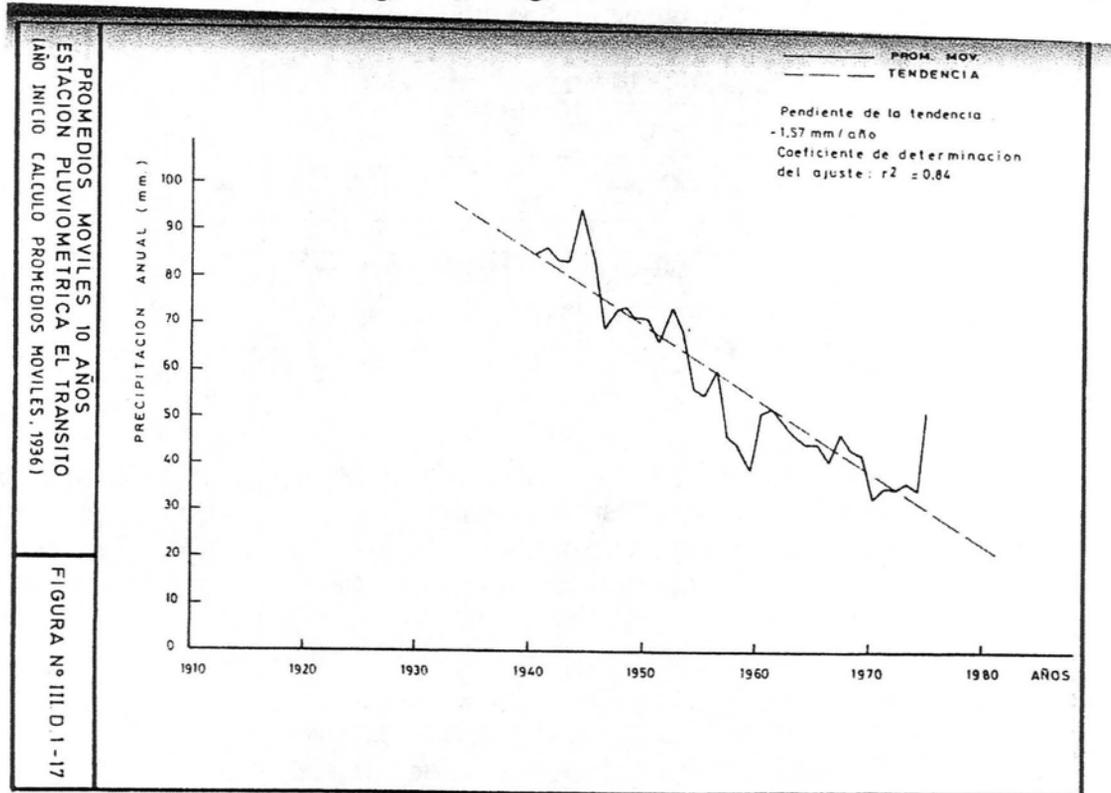


Figura 2.2-2  
Promedios móviles de 10 años estación El Tránsito  
Estudio Integral de Riego Valle de Huasco, 1985



### III.D.2 Fluviometría:

... “La cuenca del río Huasco está formada en su parte alta por las subcuencas correspondientes a los ríos El Carmen y El Tránsito. Estos dos ríos, al confluir, dan origen al río Huasco. Los recursos de agua superficial en esta cuenca se generan en su mayor parte en la zona alta ...”

... “la influencia en los recursos superficiales, de las precipitaciones que caen agua abajo de la junta de los ríos mencionados (El Carmen y El Tránsito), es mínima. En toda la cuenca se aprecian claramente los efectos que tienen las extracciones para riego sobre los gastos superficiales ...”

El análisis fluviométrico realizado en este estudio consideró los registros de caudales medios mensuales controlados en las nueve estaciones que se listan en la Tabla 2.2-3 siguiente.

Tabla 2.2-3  
Estaciones Fluviométricas Consideradas  
Estudio Integral de Riego Valle de Huasco, 1985

Estación	Institución que controla	Longitud	Latitud	Altitud (msnm)	Área de la Cuenca (km <sup>2</sup> )
Tránsito en Los Tambos	DGA	70° 10'	28° 58'	1.380	2.647
Tránsito en Angostura	DGA	70° 15'	28° 57'	1.225	2.786
Tránsito en Junta con Carmen	DGA	70° 29'	28° 45'	770	4.130
Carmen en San Félix	DGA	70° 28'	28° 56'	1.140	2.736
Carmen en Ramadillas	DGA	70° 29'	28° 45'	780	3.013
Huasco en Algodones	DGA	70° 30'	28° 44'	725	7.197
Huasco en Santa Juana	DGA	70° 39'	28° 40'	545	7.382
Huasco en Puente Atacama	DGA	71° 01'	28° 31'	150	9.426
Huasco en Camarones	ENDESA	70° 39'	28° 40'	530	7.790

Para 6 de las estaciones del cuadro anterior se realizaron correcciones, rellenos y extensiones de las estadísticas controladas con el fin de generar series completas y homogéneas para el período Mayo 1942 – Abril 1981. En la Tabla 2.2-4 se muestran los caudales medios anuales promedio de la series de cada estación analizada en el estudio.

Tabla 2.2-4  
Caudales Medio Anuales Promedio  
Estudio Integral de Riego Valle de Huasco, 1985

Estación	Área de la Cuenca (km <sup>2</sup> )	Caudal Anual Promedio (m <sup>3</sup> /s)
Tránsito en Los Tambos	2.647	<b>3,15</b>
Tránsito en Angostura	2.786	<b>2,91</b>
Tránsito en Junta con Carmen	4.130	<b>2,61</b>
Carmen en San Félix	2.736	<b>1,79</b>
Carmen en Ramadillas	3.013	<b>1,83</b>
Huasco en Algodones	7.197	<b>4,56</b>

La tabla anterior muestra que la cuenca del río El Tránsito presenta un aporte mayor de caudal que la cuenca del río El Carmen lo cual resulta lógico por cuanto su área aportante es mayor en algo más de 1.000 km<sup>2</sup>. El caudal conjunto de ambas cuencas alcanza a poco más de 4,5 m<sup>3</sup>/s controlados en la estación Huasco en Algodones.

### III.D.2 Hidrogeología:

El Estudio Integral realizó una caracterización detallada de las características hidrogeológicas del valle del Huasco, atendiendo principalmente a los antecedentes estratigráficos de los pozos de la zona.

Para efectos de análisis, se distinguieron 2 áreas de trabajo. La parte superior de la cuenca abarca los valles de los ríos El Carmen y El Tránsito, además del río Huasco desde su formación hasta la Quebrada El Jilguero (aguas arriba de Vallenar). El segundo sector corresponde a aquel que se ubica entre la Quebrada El Jilguero y la desembocadura en el sector de Huasco Bajo.

La información estratigráfica de los sondajes de la parte alta, muestra que existirían dos unidades diferenciadas de sedimentos que sobreyacen a la roca fundamental. La unidad superior posee espesores máximos de 25 m en el río El Carmen, 11 m en El Tránsito y 9,5 m en el Huasco. Esta unidad corresponde a los depósitos fluviales recientes y representa la zona de mayor interés hidrogeológico.

La unidad inferior presentaría una permeabilidad inferior y corresponden a depósitos fluvio – aluviales anteriores a los de la unidad superior, con sedimentos más finos y en parte semiconsolidados.

En el valle del río El Carmen, la potencia conjunta de ambas unidades alcanza entre 25 y 50 m. Sólo en el sector inferior (La Vega) la profundidad se ha estimado en mayor a 50 m.

El valle del río El Tránsito posee tributarios de mayor importancia que el valle del río El Carmen, por lo que se han formado conos de deyección y abanicos aluviales. Otra característica de este sector son los frecuentes niveles aterrizados en los sedimentos aluviales, especialmente en los sectores altos del valle.

La potencia del relleno sedimentario en este valle se estima superior a del valle de El Carmen por cuanto ningún sondaje perforado (que son de regular profundidad) reconoció roca basal.

Esta configuración, en donde la unidad sedimentaria superior presenta granulometría gruesa y nula compactación, unido a lo estrecho de los valles, genera que el acuífero se encuentre en contacto directo con el escurrimiento superficial.

La transmisibilidad media de este sector alto fue estimada en 2.000 m<sup>2</sup>/día y el coeficiente de almacenamiento de largo plazo, en un 15%. A su vez, el flujo subterráneo superaría los 200 l/s, presentando fuertes variaciones producto de los continuos angostamientos que obligan afloramientos.

Los niveles freáticos se encuentran muy superficiales (1 a 2 m respecto al nivel de terreno), a excepción de los sectores bajo angostamientos, en donde las profundidades máximas de la napa alcanzan a los 10 a 12 m.

El segundo sector analizado, correspondiente a aquel ubicado desde la Quebrada El Jilguero hacia aguas abajo, presenta un valle más ancho adquiriendo mayor atractivo hidrogeológico que el sector superior.

Hasta el sector de Freirina, la estratigrafía de los rellenos sedimentarios es similar a la observada en los valles de la parte alta; esto es, una unidad superficial de espesor máximo de 38 m en los alrededores de Vallenar que por su alta permeabilidad correspondería al acuífero principal. Bajo ésta se desarrollaría una unidad de permeabilidad menor con una profundidad máxima reconocida de 200 m.

A partir de Freirina hacia aguas abajo, se desarrolla una secuencia sedimentaria con evidente influencia marina que contiene dos unidades acuíferas de carácter semiconfinado a confinado. La primera presenta una potencia del orden de los 10 m, y la segunda, un espesor variable entre los 5 y 15 m.

En cuanto a la transmisibilidad de los pozos del sector, en torno a la localidad de Vallenar, los valores registrados se ubican en el rango de 1.200 a 3.000 m<sup>2</sup>/día. Se estima que desde Freirina hacia aguas abajo, la transmisibilidad disminuye hasta llegar a los 600 m<sup>2</sup>/día observados en los sondajes de Huasco Bajo. El coeficiente de almacenamiento se ha estimado en 15% para el sector de Vallenar a Freirina y en 1% para el sector de desembocadura.

A excepción del sector en torno a Vallenar, el nivel de la napa se encuentra superficial y concordante con las fluctuaciones del escurrimiento superficial. Esto permite una interacción directa entre el flujo subterráneo y el cauce del río Huasco, aflorando agua en las zonas de estrechamiento del valle.

Sólo en el sector aguas arriba de Vallenar, específicamente desde Quebrada El Jilguero hasta la propia localidad mencionada, el nivel de la napa se encontraría entre los 15 y 20 m de profundidad. Por ello, en esta zona el río Huasco recarga permanentemente la napa en un caudal no superior a los 340 l/s. Los afloramientos del acuífero, aguas abajo de la localidad de Vallenar, fueron estimados en un valor medio de 140 l/s.

Finalmente, en cuanto a los consumos de agua subterránea, los sectores de vegas consumirían por evapotranspiración de freatófitas, un caudal continuo de 390 l/s y la explotación por sondajes se estima en 200 l/s, concentrada en los sondajes de SENDOS aguas arriba de Vallenar y los de CAP en el sector de Huasco Bajo.

En resumen, el estudio concluye que el atractivo hidrogeológico de este valle para explotación subterránea es menor por cuanto lo estrecho del mismo y la directa relación entre río y acuífero impedirían efectuar una extracción permanente de interés por sobre los 200 l/s que ya se registran.

- **“Propuesta de Modificación a Metodologías de Evaluación de Proyectos de Riego”**, elaborado por GCF Ingenieros Consultores para la Comisión Nacional de Riego, Agosto de 2004

Este estudio, cuyo fin fue plantear una nueva metodología para la evaluación de los proyectos de riego, ya que hasta la fecha, los proyectos no incorporan los efectos indirectos y externalidades.

La nueva metodología propuesta fue aplicada a 3 casos específicos, uno de los cuales correspondió a la operación del embalse Santa Juana. Para este caso se realizó un modelo de operación superficial del sistema (considerando la regulación del embalse) detallando los sectores de riego, canales y cultivos existentes en la zona.

Esta información servirá de base en relación a las posibles proyecciones de la agricultura una vez implementadas las captaciones de agua subterránea que sean necesarias para el desarrollo agrícola y agroindustrial de la zona.

Para efectos del presente capítulo dicho estudio sólo aportaría información fluviométrica, sin embargo esto no es así, ya que se utilizaron las mismas series históricas de caudales medios mensuales de las estaciones rellenadas y extendidas en el Estudio Integral de Riego de CEDEC. El período utilizado no fue actualizado, por lo que en definitiva, este estudio no aporta nuevos antecedentes en ese aspecto. La información de canales y sectores de riego es relevante, pero no para el presente trabajo.

- **“Estudio Hidrológico e Hidrogeológico de las Captaciones de Agua Potable de Servicios Urbanos de la III Región, Ciudad: Vallenar”**, elaborado por GCF Ingenieros Consultores para Aguas Chañar, Agosto de 2004

El fin de este estudio fue realizar un diagnóstico de las captaciones de agua potable de la ciudad de Vallenar desde el punto de vista hidrológico e hidrogeológico. Se presentaron entre otros aspectos, antecedentes geológicos regionales, antecedentes de los sondeos pertenecientes a Aguas Chañar y volúmenes de explotación.

En cuanto a la geología, de acuerdo con la información del Mapa Geológico de Chile, en la zona de Vallenar es posible distinguir dos unidades geológicas en superficie. Una de ellas corresponde a los depósitos fluviales recientes formados por gravas, arenas y limos. La otra unidad corresponde a secuencias sedimentarias clásticas de piedemonte, aluviales, coluviales o fluviales correspondientes a conglomerados, areniscas y limolitas.

En cuanto a las fuentes de producción de agua potable para la ciudad de Vallenar, el estudio señala que el sistema se compone de un dren y diversos sondeos ubicados en el sector inmediatamente aguas arriba de la ciudad.

El principal aporte lo hacen los pozos, mientras que el dren Potrerillos (ubicado a unos 6 km aguas arriba de la ciudad) aporta en promedio, un 15% de la producción total. Los pozos actualmente en operación corresponden a los del recinto Santa Inés (SI01, SI02 y SI03) y al pozo QZ01 del recinto Quinta Zlatar. Los rendimientos de los pozos del recinto Santa Inés se encuentran entre los 58 y los 70 l/s, en tanto el pozo QZ01 presenta un caudal factible de explotación de 24,5 l/s.

La producción media de agua potable para la ciudad de Vallenar entre Enero de 1998 y Diciembre de 2003 fue de 12.451 m<sup>3</sup>/día, equivalentes a 144 l/s. De este caudal total, 1.587 m<sup>3</sup>/día (o sea 18,4 l/s) provienen del dren Potrerillos y el resto de los sondajes.

En cuanto a la estratigrafía del sector en donde se ubican los sondajes (aguas arriba de Vallenar), las descripciones de las columnas muestran que los pozos ubicados en la ribera Norte del río Huasco presentan una unidad sedimentaria gruesa con bajos contenidos de arcilla. Dentro de esta unidad, que se extiende hasta al menos los 80 m de profundidad, no es posible diferenciar subunidades.

Los sondajes ubicados en la ribera Sur (recinto Torino) muestran una unidad similar a la anterior, pero con intercalaciones de estratos delgados (5 a 8 m) con un mayor contenido de arcilla.

Finalmente, dentro de los anexos del estudio se presentan los planos de construcción de los sondajes con sus correspondientes curvas de agotamiento las que serán utilizadas en el presente trabajo para obtener estimaciones del coeficiente de permeabilidad.

- **“Estudio Hidrológico e Hidrogeológico de las Captaciones de Agua Potable de Servicios Urbanos de la III Región, Ciudades: Huasco y Freirina”,** elaborado por GCF Ingenieros Consultores para Aguas Chañar, Agosto de 2004

El fin de este estudio fue realizar un diagnóstico de las captaciones de agua potable de las ciudades de Huasco y Freirina desde el punto de vista hidrológico e hidrogeológico. Se presentaron entre otros aspectos, antecedentes geológicos regionales, antecedentes de los sondajes pertenecientes a Aguas Chañar y volúmenes de explotación.

En cuanto a la geología, de acuerdo con la información del Mapa Geológico de Chile, en la zona en que se ubica la localidad de Huasco es posible distinguir en superficie dos unidades sedimentarias. La primera corresponde a depósitos fluviales recientes formados por gravas, arenas y limos del curso actual y es por esta unidad por donde actualmente fluye el río Huasco. La segunda unidad corresponde a secuencias sedimentarias marinas, litorales y transicionales del período Triásico – Jurásico Inferior.

En tanto, en la zona de Freirina se distinguen las mismas 2 unidades detectadas en la zona de Vallenar; esto es, la secuencia fluvial reciente y las secuencias sedimentarias clásticas de piedemonte, aluviales, coluviales y/o fluviales del Mioceno Superior – Plioceno.

En cuanto a las fuentes de producción de agua potable, las localidades de Huasco y Freirina cuentan con el dren Los Chorros (ubicado en la Quebrada Maitencillo) y con un sistema de pozos ubicados aguas arriba de la ciudad de Vallenar los cuales se ubican en los recintos Torino y Prat.

El caudal de producción del dren Los Chorros sería de 22 l/s aproximadamente y los sondajes TO01 y TO02 (del recinto Torino) bombearían caudales de 30 y 27 l/s, respectivamente.

De acuerdo con los registros de Aguas Chañar, entre Enero de 1998 y Diciembre de 2003, la producción media fue de 3.366 m<sup>3</sup>/día, equivalentes a 39 l/s, de los cuales 27,2 l/s provienen del dren Los Chorros y los 11,8 l/s restantes de la producción a través de sondajes.

En este estudio se realizó un análisis hidrológico de la Quebrada Maitencillo con el objetivo de determinar los caudales de escurrimientos medios de largo plazo. Utilizando el procedimiento explicado en la publicación DGA, "Balance Hídrico de Chile", se concluyó que la escorrentía total media anual asciende a 152 l/s lo que escurren en su totalidad de forma subterránea.

El análisis estratigráfico realizado en este estudio revisado, fue el mismo que el realizado para la referencia previa, ya que considera los mismos sondajes de las plantas Santa Inés, Torino y Prat.

- **"Estudio Integral de Riego de la Cuenca del Río Mataquito"**, elaborado por CICA para la Comisión Nacional de Riego, Marzo de 1978
  - Tomo A, Informe General
  - Tomo F, Hidrología
  - Tomo G, Hidrogeología

Este estudio presenta una completa y detallada caracterización de los recursos hídricos superficiales a través del estudio hidrológico y de los recursos subterráneos, dentro del capítulo de hidrogeología. Abarca la totalidad de la cuenca del río Mataquito, incluyendo tanto los ríos Teno como Lontué.

Especial significación tiene para el presente estudio la información agrológica, la cual se encuentra tanto en forma descriptiva como cartográfica. Esta fue elaborada a escala 1:50.000 y presentada finalmente a escala 1:40.000, debido a ajustes en la elaboración del album de planos.

En cuanto a la hidrología, este estudio plantea que *"... la cuenca del río Mataquito tiene un área de 6.200 km<sup>2</sup> y un largo de 190 km desde la Cordillera de los*

Andes hasta el mar. Su ancho es de unos 70 km en la parte alta y de 15 km en la parte baja.

Sus tributarios principales, los ríos Teno y Lontué, proveen agua para regadío del 90% de la superficie bajo canal. Tienen un régimen pluvionival con caudales abundantes en años lluviosos e insuficientes en años secos. Ambos ríos se juntan en el límite Oeste del Valle Central formando el río Mataquito, cuyo angosto valle representa sólo el 10% de la superficie regada de la cuenca.

En la Cordillera de la Costa, el río Mataquito no tiene tributarios importantes aunque existen algunos valles de secano con topografía adecuada para practicar agricultura de riego. Estos valles son los de Culenar, Curepto y Peralillo”.

La escorrentía superficial de este valle ha sido caracterizada a través del estudio de los caudales medios mensuales pasantes por 10 estaciones de control fluviométrico, las cuales se concentran principalmente en la parte andina y que se listan en la Tabla 2.2-5. Al respecto cabe señalar que los caudales registrados en las estaciones ubicadas en el río Teno están influenciadas en mayor o menor medida, por la operación del embalse El Planchón y por las extracciones de los canales de riego, por lo que sus registros no corresponderían a régimen natural.

Tabla 2.2-5  
Estaciones Fluviométricas Consideradas  
Estudio Integral de Riego de la Cuenca del Río Mataquito, 1978

Nombre Estación	Control	Período Disponible	Q medio anual 50% (m <sup>3</sup> /s)
El Manzano en Desembocadura	DGA	1959 - 1976	2.2
Teno bajo junta Quebrada Infiernillo	Endesa	1969 - 1977	30.0
Teno en Los Queñes	DGA	1938 - 1977	35.2
Claro en Los Queñes	DGA	1918 - 1976	15.0
Teno después de Junta	DGA	1947 - 1976	49.7
Teno en Puente de Ferrocarril	Endesa	1962 - 1977	34.9
Upeo en Upeo	DGA	1963 - 1976	5.4
Colorado en junta con Palos	DGA	1942 - 1976	40.4
Palos antes de junta con Colorado	DGA	1941 - 1975	25.4
Teno en Captación	Endesa	1975 - 1977	s/inf

El caudal del río Teno a la entrada del valle central sería de 50 m<sup>3</sup>/s, de los cuales 15 m<sup>3</sup>/s provendrían de su tributario el río Claro. Por su parte el río Lontué se conforma por la suma de los caudales de los ríos Colorado y Palos, que en conjunto totalizan un caudal del orden de los 65 m<sup>3</sup>/s.

Por otra parte, el Estudio Hidrológico también consideró un detallado estudio de precipitaciones, para lo cual se recopiló información de 10 estaciones dentro de la cuenca del río Mataquito, las cuales se listan en la Tabla 2.2-6. También

se recopiló y analizó la precipitación registrada en 20 estaciones adicionales ubicadas en las cuencas vecinas.

Tabla 2.2-6  
Estaciones Pluviométricas Consideradas  
Estudio Integral de Riego de la Cuenca del Río Mataquito, 1978

Nombre Estación	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)
Teno EAP	34° 52'	71° 10'	298
Rauco	34° 56'	71° 19'	164
Santa Susana	34° 54'	71° 02'	408
Romeral	34° 57'	71° 08'	294
Curicó	34° 59'	71° 15'	211
Hacienda Caune	35° 00'	71° 37'	250
Los Queñes Retén	35° 00'	70° 49'	671
Molina	35° 06'	71° 17'	235
Curepto	35° 06'	72° 01'	60
Hacienda Monte Grande	35° 14'	71° 04'	500

En relación con la hidrogeología, el estudio menciona que *“... en el área del proyecto, el interés hidrogeológico se concentra sobre todo en los sedimentos que rellenan el Valle Central y, en forma secundaria, en el valle que forma el río Mataquito.*

*Los sondeos en los valles de los ríos Teno y Lontué señalan la existencia de un acuífero cuya profundidad media es de alrededor de 60 m. La falta de sondeos a profundidades mayores ha limitado el estudio a la zona acuífera superior.*

*La zona presenta sedimentos gruesos en la caja de los ríos y sedimentos finos en el sector interfluvial. Se caracteriza por ser un acuífero semi – confinado, con transmisibilidades máximas de 8.000 m<sup>2</sup>/día y mínimas de 1.000 m<sup>2</sup>/día. El coeficiente de almacenamiento a largo plazo se estima en  $S_y = 0,20$  y el valor instantáneo en  $S_e = 0,00025$ .*

*La alimentación del sistema proviene de la infiltración del agua de riego, de las precipitaciones y de la conexión río – acuífero ...”*

En el Tomo G de dicho estudio, dedicado exclusivamente al aspecto hidrogeológico, se realiza un análisis mucho más detallado del sistema, el cual se resume a continuación:

### Geología Regional

La hoya hidrográfica del río Mataquito está compuesta por rocas de distinto origen que datan desde el Paleozoico y quizás el Precámbrico, hasta el reciente. Las rocas más antiguas (pertenecientes al Paleozoico) se ubican en sector

Oeste de la Cordillera de la Costa y corresponden al llamado Basamento Cristalino que se desarrolla paralelo a la línea de costa desde Pichilemu hasta el Archipiélago de Las Guaitecas.

Posteriormente, durante el Mesozoico se generaron depósitos en dos ciclos marinos, cada uno de los cuales dejó como testimonio miles de metros de sedimentos marinos con intercalaciones volcánicas hacia la zona Occidental. Esta unidad se aprecia en superficie en el sector Este de la Cordillera de la Costa, así como en la Precordillera de los Andes y en gran parte de la cuenca del río Teno.

Finalmente, durante el Cenozoico se identifican las secuencias volcánicas que actualmente están cubriendo el paleorelieve andino, los sedimentos glaciales, fluvio – glaciales y fluviales, que se encuentran formando las terrazas y cauces de los ríos y esteros, rellenando la depresión central, y los depósitos de dunas costeras modernas.

### Geología de Subsuperficie

El estudio estratigráfico del sector fue realizado a través de la información de los sondajes perforados en la zona, que totalizaban un total de 60 en el área del valle central. En el sector del río Mataquito en su paso por la Cordillera de la Costa sólo se dispuso de información de 8 sondajes.

La principal área de interés corresponde al Valle Central o Depresión Intermedia, caracterizada porque sus sedimentos presentan heterogeneidad en su génesis, existiendo secuencias fluviales (de granulometría gruesa y uniforme), lacustres (arcillas y arcillas limosas), laháricas y volcánicas.

Como base de todo este paquete sedimentario y al menos a 50 m de profundidad, se encontraría una capa de arcilla, la cual sobreyace a otros sedimentos que no fueron reconocidos en el citado estudio.

La unidad superficial presenta una zonificación clara ubicándose los sectores de mejor potencial hidrogeológico en el entorno de los cauces actuales. Entre los ríos Teno y Lontué, en torno a la ciudad de Curicó, la unidad sedimentaria superficial correspondería a una secuencia interestratificada, intercalando sedimentos gruesos y medios con sedimentos finos, arcillo – limosos.

### Características Acuíferas

Como se señaló, el acuífero principal correspondería a los primeros 60 m de sedimentos del valle central, los cuales sobreyacen a una capa de arcilla bajo la cual se encontraría una secuencia sedimentaria de limos arenosos y arcilla que, si bien poseería características acuíferas, no presentaría la calidad de la superficial.

De las pruebas de agotamiento recopiladas a través de los planos de construcción de los sondajes, se trazó un plano de isotransmisibilidades el cual

indica que los valores más altos ( $8.000 \text{ m}^2/\text{día}$ ) coinciden con los cauces actuales o antiguos de los ríos Teno y Lontué. Los valores menores serían del orden de los  $1.000 \text{ m}^2/\text{día}$ , los que se registrarían en la zona ubicada al Oriente del río Lontué.

En cuanto al coeficiente de almacenamiento de napa libre  $S_y$ , las pruebas de bombeo realizadas indicaron que éste se encontraría en el rango de 0,15 a 0,23. Adoptar un valor de 0,20 como representativo del valle resultó ser adecuado.

### Volumen Almacenado

En función del coeficiente de almacenamiento de largo plazo y de la profundidad saturada promedio, se ha determinado para las cuencas de los ríos Teno y Lontué, los volúmenes de agua subterránea almacenados. Para el río Teno, se estimó un volumen total de 4.310 mill de  $\text{m}^3$  y para el acuífero asociado al río Lontué, un volumen total almacenado de 3.306 mill de  $\text{m}^3$ .

En total, el volumen almacenado en todo el valle alcanzaría a los 7.616 mill de  $\text{m}^3$ , el que equivale a un caudal medio continuo de  $4,8 \text{ m}^3/\text{s}$  durante un período de 50 años.

### Recargas

El trabajo analizado determinó las recargas producto de la percolación profunda de los excedentes del riego para la situación agrícola vigente a la fecha de realización del estudio (esto es, mediados de los años 70).

Los valores calculados indicaron que las zonas de riego pertenecientes a la cuenca del río Teno generarían una recarga de  $6,49 \text{ m}^3/\text{s}$  para un año tipo 50%. A su vez, las zonas de riego del valle del río Lontué, generarían una recarga de  $7,09 \text{ m}^3/\text{s}$  para el mismo año 50%.

La infiltración directa de las precipitaciones fue estimada en base a los datos de las intensidades de los distintos eventos de precipitación; ello condujo a que para el valle del río Teno, la recarga directa de lluvias fuese estimada en  $7,65 \text{ m}^3/\text{s}$  para un año 50% y para el valle del río Lontué, fuese de  $11,60 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Finalmente, se realizó un estudio de la infiltración de agua desde el cauce de los ríos Teno y Lontué. Para ello, en función de la profundidad de los niveles freáticos, se determinó que solamente el río Teno, en su sector más alto presentaría recargas al acuífero. Su zona baja, así como el río Lontué corresponderían a zonas de afloramiento según se detalla más adelante.

Cuantitativamente, para el río Teno se ha determinado una tasa de infiltración de  $85 \text{ l/s/km}$  para el tramo ubicado entre Los Queñes y Cerrillo Verde, y de  $185 \text{ l/s/km}$  para el tramo entre Cerrillo Verde y Panamericana. Esto representa un caudal neto de infiltración de  $1,8 \text{ m}^3/\text{s}$  para el primer tramo y de  $2,1 \text{ m}^3/\text{s}$  para el segundo, totalizando un caudal de infiltración de  $3,9 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Entre Panamericana y el Puente Rauco, el río Teno presentaría un comportamiento mixto, recargando en invierno y recuperando en época estival. La infiltración potencial estimada para este tramo fue de  $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ .

### Movimiento

Utilizando la Ley de Darcy se han estimado los flujos subterráneos pasantes por el acuífero principal; para ello se han utilizado los gradientes hidráulicos que han definido las curvas equipotenciales. Para el sector del río Teno se estimó un flujo subterráneo de  $2,83 \text{ m}^3/\text{s}$  en un perfil Norte – Sur ubicado a la altura de Romeral y de  $3,55 \text{ m}^3/\text{s}$  para otro perfil ubicado en dirección Sureste – Noroeste a la altura de Curicó.

Para el acuífero del río Lontué, se estimó un flujo pasante de  $4,19 \text{ m}^3/\text{s}$  para un perfil transversal al río, ubicado al Sur de Molina, y de  $8,21 \text{ m}^3/\text{s}$  para otro perfil transversal al río, ubicado al Sureste de Lontué.

Finalmente, para la zona acuífera ubicada en el inicio del río Mataquito, el flujo pasante fue estimado en sólo  $0,34 \text{ m}^3/\text{s}$ , lo que indica claramente que casi la totalidad del flujo subterráneo del valle central termina aflorando en las partes bajas de los ríos Teno y Lontué.

### Descarga

Las recuperaciones en el río Teno ocurren desde el sector de Panamericana hacia aguas abajo y dependen estacionalmente de los niveles freáticos. El estudio asignó como valor más probable de afloramiento en el cauce del río, un valor de  $2,3 \text{ m}^3/\text{s}$ . De manera similar, para el río Lontué se estimó un caudal de afloramiento de  $4,9 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Otra descarga analizada, aunque muy menor en comparación con las recuperaciones en los cauces, correspondió a las pérdidas por evaporación desde las cajas de los ríos. Esta fue estimada en  $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Finalmente, el cálculo de caudales explotados por sondajes fue estimado en base al catastro, considerando que un pozo para riego se ocupa en promedio un 16,4% del tiempo y uno dedicado al uso industrial, un 40%. En total el caudal de explotación real de todos los sondajes (para mediados de los años 70) era de  $0,43 \text{ m}^3/\text{s}$ .

### Fluctuación de Niveles

En el estudio en análisis se presentó una figura con las curvas de isoprofundidad del nivel freático en todo el valle central. Esta lámina muestra que en la parte alta del río Teno los niveles de la napa se encontrarían por sobre los 30 m de profundidad y a medida que se desciende por el valle, la napa pierde profundidad

hasta encontrarse prácticamente superficial a unos 5 km al oriente del puente del FFCC.

El acuífero del río Lontué se encuentra en general a menor profundidad; ya en su cabecera, el nivel de la napa se encontraría en torno a los 10 m, y a la altura de Lontué, el nivel freático sería prácticamente coincidente con los niveles de terreno.

Las fluctuaciones estacionales de niveles dentro de un mismo año no son relevantes (según lo muestra la Figura 8.2 del estudio en análisis), ya que las mayores diferencias entre el máximo nivel de la napa (fines de Enero) y el menor valor (comienzos de Octubre) no superaría los 3 m en las cabeceras de los valles. Hacia aguas abajo, estas fluctuaciones serían inferiores a 1 m.

### Explotación de Recursos

El estudio analizado definió en función de todos los aspectos reseñados anteriormente, dos zonas de alto potencial de explotación. La primera de ellas corresponde a aquel sector que se ubica entre Curicó y Teno, a ambos costados del río Teno, específicamente en el entorno de la localidad de Sarmiento. Para este sector se propuso una explotación media continua de  $9,7 \text{ m}^3/\text{s}$ , valor estimado en base a la suma de todas las recargas al acuífero.

El segundo sector propuesto se ubica en la parte Sur de la cuenca entre las localidades de Lontué y Molina, inmediatamente al Oriente de la carretera Panamericana. Para este sector estimó una explotación en torno a los  $8 \text{ m}^3/\text{s}$ .

- **“Diagnóstico de Recursos Hídricos en Secano Interior y Costero, VI a VIII Región”**, elaborado por AC Ingenieros Consultores Ltda. para la Comisión Nacional de Riego, Noviembre de 2003

En este estudio se recopiló una gran cantidad de información, entre la que se debe destacar antecedentes de aguas subterráneas, suelos, clima, población, antecedentes productivos, económicos, potencial productivo e identificación de proyectos de interés, entre otros. Presenta además un análisis hidrológico e hidrogeológico enfocado específicamente a las cuencas costeras de la VI, VII y VIII Regiones. Para fines de este estudio se analizan a continuación los aspectos relevantes que pueden constituir antecedentes de interés.

### Hidrología

En el revisado estudio no se consideró ninguna estación pluviométrica al interior de la cuenca del río Mataquito. Sin embargo se consideraron dos estaciones cercanas al área de interés que correspondieron a la estación Iloca ( $34^{\circ} 57'$  Lat. Sur,  $72^{\circ} 13'$  Long. Oeste) ubicada a una altitud de 10 msnm, y la estación Curepto ( $35^{\circ} 07'$  Lat. Sur,  $72^{\circ} 02'$  Long. Oeste) ubicada a 60 msnm.

Los registros medidos en la estación Iloca son breves y abarcan desde Enero de 1964 hasta Diciembre de 1976, con un promedio anual de precipitaciones de 744 mm. Por su parte, la estación Curepto, presenta registros discontinuos desde Abril de 1944 hasta Diciembre de 1975, con un promedio de precipitación anual de 616 mm.

A pesar de lo breve de los registros medidos, de igual forma en el estudio analizado se extendieron los registros para completar la serie histórica 1941/42 a 2000/01. En esta serie rellenada, la estación Iloca presenta un promedio anual de 757 mm y la estación Curepto, de 654 mm.

En cuanto a la fluviometría, la cuenca del río Mataquito no fue considerada en el análisis por corresponder a un sistema nivopluvial proveniente de la Depresión Intermedia y de la Cordillera de los Andes, donde el caudal superficial es utilizado por todos los rubros productivos de la zona y por tanto escapaba al objetivo central del proyecto. Dentro de los antecedentes que se señalan en el citado estudio se encontrarían los caudales medios mensuales de la estación Río Mataquito en Licantén; sin embargo sus registros no aparecen en el informe ni en los anexos.

### Hidrogeología

En este capítulo se realizó una presentación general de las unidades geológicas presentes en la zona costera de estas 3 regiones. La descripción de los rellenos Cuaternarios considera la presencia de Depósitos Fluviales Actuales, Depósitos Fluviales, Rellenos Fluviales del Cauce Antiguo, Relleno Fluvial de Valles Interserranos, Depósitos Aluviales de Valles Interserranos, Depósitos Fluviales y Aluviales de Valles Interserranos, Depósitos Cineríticos, Depósitos Gravitacionales, Regolitos, Depósitos de Playa y Dunas, Terrazas Litorales, Depósitos Salinos Fluvio – Litorales y Depósitos Eólicos.

También en este estudio se realizó un catastro de las captaciones existentes en la zona determinando la existencia de 40 sondajes tipo pozo y 7 norias en el valle del río Mataquito desde la localidad de Villa Prat hacia aguas abajo.

En cuanto a la caracterización hidrogeológica, el estudio dividió el valle del río Mataquito en 4 zonas:

- Mataquito Costa: Gracias a su amplitud, perfectamente podrían extraerse caudales importantes a todo su largo, de varias centenas de l/s, mediante punteras principalmente. La dificultad de esto radica en la influencia de las mareas que podrían producir altos niveles de salinidad. En esta zona no existen antecedentes de captaciones subterráneas que permitieran realizar un mejor análisis.
- Mataquito – Hualañé: El ancho del valle en esta zona es de 1 a 2 km, con un nivel freático ubicado a no más de 12 m de profundidad. Dentro de este sector se ubican 25 pozos y 7 norias de los cuales 14 pozos y 5 norias se utilizan

para la producción de agua potable. El coeficiente de permeabilidad es muy alto, fluctuando entre  $1,4 \cdot 10^{-4}$  y  $8,1 \cdot 10^{-4}$  m/s. Los mayores valores coinciden con el relleno fluvial reciente del río.

- Mataquito – Peralillo: En este sector existen sólo 5 pozos perforados utilizados todos para la producción de agua potable de las localidades de Peralillo, Limávida y El Porvenir. La permeabilidad de este sector se ha estimado en  $4,0 \cdot 10^{-4}$  m/s, valor alto coincidente con los sedimentos gruesos del depósito fluvial reciente.
- Mataquito – Huaquén: En este sector existen 10 pozos perforados, 8 de los cuales se utilizan para la producción de agua potable para las localidades de Villa Prat, La Huerta, Huaquén y La Higuera. Los rellenos de este sector se caracterizan por corresponder a un estrato con ripios en una matriz areno – arcillosa con un potencial hidrogeológico medio. La presencia de arcillas en esta zona es mayor en los sectores de aguas abajo, lo que determina que los sondajes posean un caudal de explotación superior a los 20 l/s. La permeabilidad de este sector fluctuaría entre  $1,7 \cdot 10^{-5}$  y  $7,3 \cdot 10^{-4}$  m/s.
- **“Estudio Diagnóstico y Análisis de la Calidad del Agua de Riego en Huasco y Mataquito”**, elaborado por ARCADIS Geotécnica para la Comisión Nacional de Riego, Junio de 2004

Si bien este estudio es un gran avance en cuanto a la determinación de la calidad de los recursos hídricos superficiales utilizados en ambas cuencas, presenta algunas deficiencias, en especial en la base de sustentación en que se fundamentó dicho estudio. Al respecto, se puede indicar que la cobertura de la encuesta no alcanzó al 1% del universo de agricultores. En cambio para las industrias la encuesta abarcó un 38%, de las cuales alrededor de un 12% corresponde a agroindustrias.

Además, en el estudio citado se aplicó una encuesta mínima sobre un universo indeterminado, en cuanto a sectorización y estratificación de la propiedad, aspectos relevantes en la determinación y ubicación espacial, tanto de las variables de seguridad de riego como a la identificación de actividades contaminantes.

Por otra parte, este estudio considera como base el año agrícola 1997, detectado en el VI Censo Nacional Agropecuario, situación que corresponde a un año seco, por lo cual debió ser actualizado y comparado con un año normal.

Asimismo y respecto de las características de la calidad de las aguas superficiales, la información del estudio ARCADIS será de gran utilidad para establecer las condiciones de borde o de carga potencial contaminante sobre los modelos que se desarrollarán más adelante.

Además, es este estudio se caracterizaron los caudales , determinándose los caudales medios mensuales para probabilidades de excedencia de 50% y 85% en los principales ríos pertenecientes a ambas cuencas. Para Mataquito en: río

Mataquito, río Lontué y río Teno. Para Huasco en: Carmen en San Félix, Tránsito en Angostura y Huasco en Santa Juana.

En el primer capítulo de este estudio se presenta una descripción general de la geomorfología y del régimen hidrológico de las cuencas de los ríos Huasco y Mataquito, cuyos principales aspectos se resumen a continuación.

### Geomorfología Huasco

El estudio señala que la parte alta de la cuenca del río Huasco, específicamente sus afluentes originarios, se encuentran en un área marcada por las acciones glaciales ocurridas en los últimos milenios y por la acción erosiva de los ríos de alta montaña. La roca basal, que se encuentra expuesta en la mayoría de las cumbres y laderas de las montañas, es ígnea, predominando las rocas intrusivas.

El valle del Huasco puede dividirse morfológicamente en dos sectores. Entre la Junta de El Carmen y la desembocadura de la Quebrada El Jilguero (5 km aguas arriba de la ciudad de Vallenar), el río escurre por un típico cajón cordillerano de 33 km de longitud, en un lecho relativamente angosto que presenta angosturas en las zonas de El Toro, Santa Juana y Chañar Blanco. Las quebradas laterales interrumpen con sus conos de deyección el curso del río, desviándolo de un lado a otro.

En el sector inferior, desde la Quebrada El Jilguero hasta el mar (55 km de longitud), la caja del río se ensancha y el valle se presenta acompañado de extensas terrazas fluviales cuaternarias. En el sector de desembocadura, el ancho del valle alcanza a más de 2 km.

### Régimen Hidrológico Huasco

De acuerdo con el estudio, el río Huasco tendría un régimen nival con crecidas en los meses de verano, específicamente de Noviembre a Enero. En años más secos, las crecidas provienen directamente de las precipitaciones invernales.

El río Huasco es controlado a través de las estaciones Algodones con un registro medio de 3,35 m<sup>3</sup>/s y Santa Juana con 2,81 m<sup>3</sup>/s. El río El Carmen, controlado en la estación Ramadillas, tendría un caudal medio de 1,42 m<sup>3</sup>/s, en tanto el río El Tránsito en el sector de Junta del Carmen tendría un caudal medio e 2,11 m<sup>3</sup>/s.

### Geomorfología Mataquito

*“La depresión intermedia posee una cubierta general de materiales aluviales aportados por los grandes ríos, sobre los cuales se ha creado una capa de suelo agrícola que proporciona los más extensos campos de cultivo del país. Existen, sin embargo, algunas discontinuidades en este cuadro. Por ejemplo, el río Teno ha sufrido una fuerte inflexión hacia el Norte empujado por las acumulaciones*

*fluviovolcánicas acarreadas por el río Lontué. Los Cerrillos de Teno, una formación relativamente reciente, corresponderían a una violenta expulsión de sedimentos fluvio – glacio – volcánicos por el valle del río Teno. Grandes lahares o corrientes de barro han provocado importantes cambios en la llanura aluvial sobre la cual se depositó, produciendo un paisaje típico. Las características granulométricas de bloques grandes envueltos en masa de finas cenizas y arenas, la topografía fuertemente ondulada, la disposición caótica de los ingredientes glaciovolcánicos, son factores que hablarían de una súbita y violenta detención de esta acumulación por el muro cordillerano costero de los cerros de Ruda y Quirineo. Esta acumulación sólo pudo escapar parcialmente, hacia el mar, a través del corredor de Chépica en el Norte y Valdivia de Lontué en el Sur.”*

#### Régimen Hidrológico Mataquito

De acuerdo con lo señalado en el estudio, el río Mataquito posee un caudal de 153 m<sup>3</sup>/s, con un régimen hidrológico más bien uniforme entre Febrero y Octubre con crecidas a fines de primavera y en verano. Este mismo comportamiento se aprecia en sus ríos formadores Teno y Lontué cuyo gastos medios bordean los 54 y los 73 m<sup>3</sup>/s respectivamente.

### **3 ACTIVIDADES POTENCIALMENTE CONTAMINANTES**

#### **3.1 ANÁLISIS DE LA PROPIEDAD RURAL**

##### **3.1.1 Análisis Distribución de la Propiedad por Riego**

La cuenca del río Huasco, desde oriente a poniente, abarca las comunas de Alto del Carmen, Vallenar, Huasco y Freirina. De acuerdo a los antecedentes del VI Censo Nacional Agropecuario efectuado por INE en el año 1997, en la comuna de Alto del Carmen la superficie de riego alcanza a casi un 6% del total del área comunal. El tamaño predial que abarca el mayor número de predios es el comprendido entre 1 a menos de 5 hectáreas.

Vallenar, por su parte, riega el 16,9% del total de la superficie predial. El estrato de tamaño que abarca el mayor número de predios es el de 1 a menos de 5 ha, en tanto que en términos de superficie regada el de más relevancia es el de 20 a menos de 50 has, cuya representatividad es de casi 30%.

En Freirina la superficie regada alcanza a sólo un 0,3% del total comunal. Al igual que en los casos anteriores, el estrato de tamaño más relevante en número, es el que va de 1 a menos de 5 ha, pero en superficie de riego los más importantes son los más grandes, es decir, los que superan las 50 has de riego.

Por último, en la comuna de Huasco, la superficie de riego abarca más del 55% del total predial. En término de números, los estratos más relevantes son los que agrupan predios menores a 1 ha hasta 5 has. En superficie, éstos se distribuyen en forma relativamente homogénea entre los de 1 a menos de 100 has.

Cabe señalar que en todos los casos el sistema de riego que predomina es el gravitacional, en tanto que el riego mecanizado presenta una mayor cobertura en las comunas de Alto del Carmen y Vallenar, lo que estaría asociado a los cultivos de uva de mesa de exportación y paltos, respectivamente.

Considerando la totalidad de las comunas en estudio se puede precisar que el estrato de mayor relevancia, en número, es el compuesto por los predios de 1 a menos de 5 ha, seguido por el menor a 1 ha y el de 5 a 10 ha. En superficie, se destaca el de 20 a menos de 50 ha, seguido por los de 1 a 5 ha y 50 a 100 ha. De acuerdo a la información del INE, en 1997, la superficie regada en la cuenca del río Huasco se produciría en un 88,7% mediante métodos gravitacionales, y el resto por sistemas mecanizados.

El área que comprende la cuenca del río Mataquito abarca a un total de nueve comunas, cuya ubicación desde oriente a poniente, es Romeral, Teno, Curicó, Molina, Rauco, Sagrada Familia, Hualañé, Licantén y Curepto.

Según el VI Censo Nacional Agropecuario, en la comuna de Romeral los estratos de mayor relevancia en cuanto a número de predios son los de 1 a 5 has, menor a 1 ha y de 10 a 20 ha. En contraposición, en superficie, el más importante es de 100 a 200 ha, seguido por los de 10 a 20 ha, 200 a 500 ha y 20 a 50 ha. La superficie de riego en esta comuna alcanza al 11,7% del total predial.

Entretanto, en la comuna de Teno el área regada supera el 43% del total predial, donde el riego mecanizado según INE en 1997 abarcaba más del 3,2% de la superficie regada. En número, los estratos de tamaño con mayor cobertura son los menores a 1 ha hasta 10 ha, seguidos por los de 10 a 50 ha. En superficie, los más importantes son los que involucran predios desde 10 a 100 hectáreas.

En el caso de Curicó, la superficie de riego supera el 35% del total predial, donde en número los más relevantes son los menores a 1 ha hasta 5 ha. En superficie, los estratos que abarcan una mayor extensión son los que se distribuyen entre las 20 a 200 ha. En Molina, por su parte, sin lugar a dudas el estrato más relevante es el de 1 a 5 ha, el que agrupa a casi el 30% de las propiedades; en superficie, la distribución es más homogénea y abarca a un mayor número de estratos.

En Rauco, el riego se extiende a casi un 30% de la superficie predial. Los estratos de tamaño más relevantes en cuanto a número, son los pequeños, es decir, hasta las 5 has. En superficie, los de mayor representatividad son los de 20 a 50 ha y de 100 a 200 ha. Esta misma tendencia se constata en la Comuna de Sagrada Familia, donde los estratos de menor tamaño concentran más del 54% de las propiedades, mientras que en superficie los de 20 a 500 ha representan casi el 60% del área de riego.

A diferencia de las comunas anteriores, la condición de secano aumenta su participación en las comunas de Hualañé, Licantén y Curepto, y es en esta última donde el riego se practica en sólo un 4,4% de su extensión. En todas ellas el estrato de tamaño más relevante es el constituido por predios de 1 a 5 ha, mientras que en superficie la situación varía. En efecto, en Hualañé el estrato con mayor superficie regada es el de 20 a 50 ha, en Licantén el de 500 a 1.000 ha y en Curepto el de 1.000 a 2.000 ha.

Con respecto a los sistemas de riego, el más utilizado es el gravitacional, cuya superficie, según la información del INE, en 1997 abarcaba a casi un 97% del total regado. Las comunas que presentan una mayor tecnificación son Curicó, Teno y Molina.

A nivel de la totalidad de las comunas estudiadas en la cuenca del río Mataquito, se puede precisar que el estrato de mayor relevancia, en número, es el

compuesto por los predios de 1 a menos de 5 ha, seguido por el menor a 1 ha y el de 10 a 20 ha. En superficie, se destaca el de 20 a menos de 50 ha, seguido por los de 50 a 100 ha, 100 a 200 ha y 10 a 20 ha.

### 3.1.2 Análisis Distribución de la Propiedad por Uso del Suelo

En cuanto al uso del suelo por comuna, según el censo del INE, en las comunas que conforman la cuenca del río Huasco, se debe señalar que los frutales es la actividad que involucra la mayor superficie de cultivo. En efecto, según INE, en 1997 existía una superficie del orden de 2.223 ha destinadas a frutales, distribuidas en todos los estratos de tamaño, aunque las mayores superficies estaban dadas en los predios 20 a 50 has y 1 a 5 has. Esta actividad es seguida por forrajeras anuales y permanentes, hortalizas, viñas y parronales, cereales y chacras; los dos últimos rubros con una menor participación.

Al respecto, se debe señalar que todas las actividades de carácter comercial mencionadas son altamente demandantes de pesticidas y fertilizantes, insumos que de no ser aplicados estos rubros no serían viables económicamente.

La actividad agrícola difiere entre los distintos estratos de tamaño, por cuanto en los predios menores a 1 ha, que generalmente son de uso habitacional, presentan una producción menos intensiva. En los predios de mayor superficie, disminuye la participación de viñas, parronales y hortalizas, se incrementan las especies forrajeras, en tanto que los frutales, sólo comienzan a disminuir en aquellos predios de más de 500 has.

En este contexto, cabe señalar que al aumentar el tamaño predial, generalmente aumenta la tecnología de producción, mejora la gestión empresarial y se producen economías de escala.

De esta manera para analizar la actividad agrícola en esta cuenca se definió la siguiente estratificación por tamaño:

Estrato	Rango de Tamaño (ha)
1	< a 1
2	1 – 10
3	10 – 50
4	50 – 500
5	> de 500

A nivel comunal, las viñas y parronales alcanzan su mayor cobertura en la comuna de Alto del Carmen, la que tradicionalmente se había destacado por ser productora de vides pisqueras, las que hoy están siendo reemplazadas por parronales de uva de mesa de exportación. Los frutales, entretanto, registran su

mayor superficie en Huasco, situación que está dada básicamente por la presencia de olivos, especie que actualmente coexiste en huertos modernos y otros muy antiguos, con bajos rendimientos y cultivados con escasa tecnología. Las hortalizas cubren su mayor extensión en Vallenar, lo que está asociado a la cercanía de los centros de consumo más importantes.

En la cuenca del río Mataquito, el uso del suelo según el estrato de tamaño varía considerablemente. Es así como en los predios menores de 5 ha, la presencia de cultivos extensivos, representados por cereales y forrajeras, es escasa, como también los son los cultivos industriales, viñas y parronales; en estos estratos la actividad predominante son las hortalizas.

Entretanto, en los predios insertos en los estratos de 5 a 50 hectáreas aumenta la participación de los cultivos intensivos como frutales, viñas, hortalizas y cultivos industriales, aunque también se constata la expansión de los cereales. En aquellos de 50 a 500 has, si bien tienen características semejantes al rango descrito recientemente, se diferencia en el significativo incremento de los semilleros, viñas, frutales y forrajeras y en el descenso de los cultivos hortícolas. Los predios de mayor tamaño, presentan un uso más extensivo.

Según este análisis la estratificación predial definida para los predios presentes en la cuenca del río Mataquito es la siguiente:

Estrato	Rango de Tamaño (ha)
1	< a 5
2	5 – 50
3	50 – 500
4	> de 500

Al igual que el caso del río Huasco, se debe tener presente que al aumentar el tamaño predial, generalmente aumenta la tecnología de producción, mejora la gestión empresarial y se producen economías de escala.

A nivel comunal, el uso del suelo varía considerablemente, como consecuencia de las condiciones edafoclimáticas imperantes, pero la distribución de los cultivos por estrato de tamaño descrita para la cuenca, en términos generales, se mantiene.

De esta manera, al analizar el uso del suelo desde la precordillera hacia la costa, se constata que en aquellas comunas ubicadas más al oriente, como Romeral, la presencia de viñas, parronales y hortalizas es reducida. Hacia la parte central aumenta el cultivo de viñas y hortalizas, y la fruticultura adquiere un carácter relevante. Esto se aprecia claramente en Curicó y Molina. En el caso de Rauco y Sagrada Familia, las viñas y parronales superan ampliamente a los frutales, lo que está asociado a las características climáticas.

Más hacia la costa, específicamente en las comunas de Hualañé, Licantén y Curepto, tanto los frutales como las vides disminuyen su participación, tornándose más importantes cereales, chacras y hortalizas. En esta área la agricultura de secano se hace más importante, y en aquellas zonas que tienen problemas de drenaje y sufren inundaciones frecuentes, sólo es posible el cultivo de especies anuales, las que son sembradas en forma tardía esperando que los terrenos estén aptos para su cultivo.

### **3.1.3 Determinación del Universo de Agricultores**

En esta actividad se efectuó un catastro agrícola de todas las propiedades involucradas dentro de cada comuna en estudio, utilizando como base los planos de la Dirección General de Aguas escala 1:10.000 del Catastro de Usuarios de Aguas de la Cuenca del Río Huasco, Catastro Usuarios Cuenca del Río Teno y Catastro de Usuarios Cuenca del los Ríos Lontue y Mataquito. Adicionalmente, en la confección de los planos de estratificación de propiedades que se presentan en este informe se han considerado las Ortofotos con propiedades a escala 1:20.000 de Ciren Corfo.

Una vez establecida la sectorización del área de interés, correspondiente a las comunas insertas al interior de las cuencas en estudio, se procedió a confeccionar un listado con los beneficiarios del proyecto, utilizando para estos efectos los antecedentes señalados precedentemente.

A continuación, se efectuó la estratificación de la propiedad agrícola por tamaño según la superficie total y la regada de cada predio. Debido a que los listados de los catastros de usuarios de la DGA sólo presentan información referida a superficies regadas, para poder compatibilizar la estratificación indicada en puntos anteriores en base a superficie total predial, se procedió a determinar los factores de riego que hacen compatible ambos valores. El detalle de estos cálculos se presenta en las Tablas 3.1-1 y 3.1-2.

Tabla 3.1-1  
Compatibilización de Información referida a Superficies Totales y Regadas  
Cuenca del Río Huasco

Comuna	Estrato de Tamaño	Porcentaje Riego	Rangos por Riego		Ajuste Rangos	
			Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
<b>Vallenar</b>						
Vallenar	Menores de 1 ha.	32,7	0,0	0,3	0,0	0,3
Vallenar	De 1 a menos de 10 ha.	34,2	0,3	3,4	0,3	3,4
Vallenar	De 10 a menos de 50 ha.	34,5	3,4	17,2	3,4	13,9
Vallenar	De 50 a menos de 500 ha.	21,3	10,6	106,5	13,9	106,5
Vallenar	más de 500 ha.	7,7	38,7	—	—	—
<b>Freirina</b>						
Freirina	Menores de 1 ha.	53,8	0,0	0,5	0,0	0,5
Freirina	De 1 a menos de 10 ha.	52,3	0,5	5,2	0,5	5,6
Freirina	De 10 a menos de 50 ha.	59,6	6,0	29,8	5,6	25,5
Freirina	De 50 a menos de 500 ha.	42,3	21,1	211,3	25,5	211,3
Freirina	más de 500 ha.	0,04	0,2	—	—	—
<b>Huasco</b>						
Huasco	Menores de 1 ha.	98,5	0,0	1,0	0,0	0,8
Huasco	De 1 a menos de 10 ha.	64,1	0,6	6,4	0,8	5,3
Huasco	De 10 a menos de 50 ha.	40,9	4,1	20,4	5,3	26,2
Huasco	De 50 a menos de 500 ha.	63,9	32,0	319,5	26,2	319,5
Huasco	más de 500 ha.	—	—	—	—	—
<b>Alto del Carmen</b>						
Alto del Carmen	Menores de 1 ha.	64,4	0,0	0,6	0,0	0,6
Alto del Carmen	De 1 a menos de 10 ha.	46,1	0,5	4,6	0,6	4,1
Alto del Carmen	De 10 a menos de 50 ha.	35,7	3,6	17,9	4,1	17,4
Alto del Carmen	De 50 a menos de 500 ha.	33,6	16,8	168,1	17,4	168,1
Alto del Carmen	más de 500 ha.	0,5	2,3	—	—	—

Nota: Porcentaje de riego obtenido del VI Censo Nacional Agropecuario, INE, 1997

Tabla 3.1-2  
Compatibilización de Información referida a Superficies Totales y Regadas  
Cuenca del Río Mataquito

Comuna	Estrato de Tamaño	Porcentaje Riego	Rangos por Riego		Ajuste Rangos	
			Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
<b>Curicó</b>						
Curicó	Menores de 5 ha.	84,7	0,0	4,2	0,0	4,0
Curicó	De 5 a menos de 50 ha.	73,8	3,7	36,9	4,0	32,3
Curicó	De 50 a menos de 500 ha.	55,3	27,6	276,4	32,3	276,4
Curicó	más de 500 ha.	4,8	24,1	--	--	--
<b>Teno</b>						
Teno	Menores de 5 ha.	81,9	0,0	4,1	0,0	3,8
Teno	De 5 a menos de 50 ha.	68,5	3,4	34,3	3,8	31,7
Teno	De 50 a menos de 500 ha.	57,9	29,0	289,6	31,7	289,6
Teno	más de 500 ha.	6,9	34,5	--	--	--
<b>Romeral</b>						
Romeral	Menores de 5 ha.	83,6	0,0	4,2	0,0	4,0
Romeral	De 5 a menos de 50 ha.	76,0	3,8	38,0	4,0	36,0
Romeral	De 50 a menos de 500 ha.	68,0	34,0	340,1	36,0	340,1
Romeral	más de 500 ha.	1,5	7,5	--	--	--
<b>Molina</b>						
Molina	Menores de 5 ha.	78,6	0,0	3,9	0,0	3,8
Molina	De 5 a menos de 50 ha.	71,7	3,6	35,9	3,8	34,0
Molina	De 50 a menos de 500 ha.	64,1	32,1	320,6	34,0	320,6
Molina	más de 500 ha.	4,7	23,3	--	--	--
<b>Sagrada Familia</b>						
Sagrada Familia	Menores de 5 ha.	83,0	0,0	4,1	0,0	4,0
Sagrada Familia	De 5 a menos de 50 ha.	78,2	3,9	39,1	4,0	31,8
Sagrada Familia	De 50 a menos de 500 ha.	49,0	24,5	244,8	31,8	244,8
Sagrada Familia	más de 500 ha.	7,9	39,4	--	--	--
<b>Hualañé</b>						
Hualañé	Menores de 5 ha.	39,7	0,0	2,0	0,0	1,9
Hualañé	De 5 a menos de 50 ha.	34,7	1,7	17,3	1,9	10,1
Hualañé	De 50 a menos de 500 ha.	5,6	2,8	27,8	10,1	26,1
Hualañé	más de 500 ha.	4,9	24,4	--	26,1	--
<b>Licantén</b>						
Licantén	Menores de 5 ha.	27,1	0,0	1,4	0,0	1,0
Licantén	De 5 a menos de 50 ha.	11,2	0,6	5,6	1,0	4,8
Licantén	De 50 a menos de 500 ha.	7,9	4,0	39,5	4,8	53,5
Licantén	más de 500 ha.	13,5	67,5	--	53,5	--
<b>Rauco</b>						
Rauco	Menores de 5 ha.	77,9	0,0	3,9	0,0	3,7
Rauco	De 5 a menos de 50 ha.	68,9	3,4	34,5	3,7	24,2
Rauco	De 50 a menos de 500 ha.	27,9	13,9	139,5	24,2	139,5
Rauco	más de 500 ha.	10,6	52,9	--	--	--
<b>Curepto</b>						
Curepto	Menores de 5 ha.	26,8	0,0	1,3	0,0	0,8
Curepto	De 5 a menos de 50 ha.	6,8	0,3	3,4	0,8	2,2
Curepto	De 50 a menos de 500 ha.	2,0	1,0	9,9	2,2	17,8
Curepto	más de 500 ha.	5,1	25,7	--	17,8	--

Nota: Porcentaje de riego obtenido del VI Censo Nacional Agropecuario, INE, 1997

Esta estratificación se realizó con el objeto de analizar y representar de la mejor forma la encuesta muestral y el posterior diagnóstico de la situación actual de riego y presencia de contaminantes.

Según lo anterior la estratificación adoptada por comuna y para cada cuenca es la siguiente:

**Área Río Huasco III Región**  
**Todas las Comunas**

<b>Estratificación de la Propiedad</b>
Pedios entre 0 y 1,0 ha
Pedios entre 1,01 y 10,0 ha
Pedios entre 10,01 y 50,0 ha
Pedios mayores de 50,0 ha

**Área Río Mataquito VII Región**  
**Comunas de Curepto, Hualañe y Licantén**

<b>Estratificación de la Propiedad</b>
Pedios entre 0 y 5,0 ha
Pedios entre 5,01 y 50,0 ha
Pedios entre 50,01 y 500,0 ha
Pedios mayores de 500,0 ha

**Área Río Mataquito VII Región**  
**Comunas de Curicó, Molina, Rauco  
Romeral, Sagrada Familia y Teno**

<b>Estratificación de la Propiedad</b>
Pedios entre 0 y 5,0 ha
Pedios entre 5,01 y 50,0 ha
Pedios mayores de 50,0 ha

El detalle de predios por sector y estrato de tamaño, con información del canal con el cual riegan y la superficie predial regada se presenta en el Anexo 3.1-1 y 3.1-2.

## 3.2 ENCUESTAS

### 3.2.1 Cuenca del Río Huasco

#### 3.2.1.1 Selección de la Muestra

La muestra de predios a ser encuestados se ha diseñado con un porcentaje de cobertura total del 2%. En cuanto a la selección y distribución de la muestra de la encuesta, ésta se efectuó calculando el peso de cada estrato ( $W_e$ ). El peso de cada estrato de predios ( $W_e$ ) corresponde al resultado de ponderar el peso de los predios ( $W_p$ ) en relación a la superficie de los mismos ( $W_s$ ), de lo cual:

$$W_e = \frac{W_p + W_s}{2}$$

Donde:

$$W_p = \frac{\text{Nº de predios en el estrato}}{\text{Nº total de predios}}$$

$$W_s = \frac{\text{Superficie en el estrato}}{\text{Superficie total proyecto}}$$

De esta forma, primero se debe obtener la distribución de la muestra a nivel del total de la cuenca, determinando la representatividad de cada comuna al interior del área de estudio. Los resultados se presentan a continuación:

**Distribución de la encuesta por estratos total área**

**Alto del Carmen**

Wp	$\frac{1.457}{2.103}$	=	69,3	%
Ws	$\frac{2.270,55}{9.196,25}$	=	24,7	%
We	$\frac{69,3}{2} + \frac{24,7}{2}$	=	47,0	%

**Vallenar**

Wp	$\frac{326}{2.103}$	=	15,5	%
Ws	$\frac{4.867,70}{9.196,25}$	=	52,9	%
We	$\frac{15,5}{2} + \frac{52,9}{2}$	=	34,2	%

**Freirina**

Wp	$\frac{230}{2.103}$	=	10,9	%
Ws	$\frac{1.469,80}{9.196,25}$	=	16,0	%
We	$\frac{10,9}{2} + \frac{16,0}{2}$	=	13,5	%

**Huasco**

Wp	$\frac{90}{2.103}$	=	4,3	%
Ws	$\frac{588,20}{9.196,25}$	=	6,4	%
We	$\frac{4,3}{2} + \frac{6,4}{2}$	=	5,4	%

**Resumen**

	%	Número de Predios a Encuestar	% de la Muestra	Redondeo de Muestra	
Alto del Carmen	47,0	19,8	1,4	20	predios
Vallenar	34,2	14,4	4,4	14	predios
Freirina	13,5	5,7	2,5	6	predios
Huasco	5,4	2,3	2,6	2	predios
<b>Total a Encuestar</b>	<b>100</b>	<b>42,2</b>	<b>2,0%</b>	<b>42</b>	<b>predios</b>

Cabe señalar que la columna de “%” del Resumen corresponde a la distribución ponderada (por peso de número de predios y superficie) por comuna dentro del total del área de estudio. A su vez, el número de predios a encuestar, se obtiene del resultado entre la multiplicación del número total de predios del área por el porcentaje ponderado que le corresponde a cada comuna (obtenido de la columna “%”), por el porcentaje de muestra a encuestar, que en este caso es del 2%.

Posteriormente, una vez determinado el número de predios a encuestar por comuna, se procedió a aplicar este mismo procedimiento al interior de cada comuna por estrato de tamaño. Los resultados por estratos de tamaño y comuna se presentan a continuación:

**Distribución de la encuesta por estratos Comuna de Vallenar**

**Predios entre 0,1 y 1,0 ha**

Wp	$\frac{112}{326} = 34,4 \%$
Ws	$\frac{19,80}{4.867,70} = 0,4 \%$
We	$\frac{34,4 + 0,4}{2} = 17,4 \%$

**Predios entre 1,01 y 10,0 ha**

Wp	$\frac{82}{326} = 25,2 \%$
Ws	$\frac{92,70}{4.867,70} = 1,9 \%$
We	$\frac{25,2 + 1,9}{2} = 13,6 \%$

**Predios entre 10,01 y 50,0 ha**

Wp	$\frac{40}{326} = 12,3 \%$
Ws	$\frac{327,40}{4.867,70} = 6,7 \%$
We	$\frac{12,3 + 6,7}{2} = 9,5 \%$

**Predios mayores de 50,0 ha**

Wp	$\frac{92}{326} = 28,2 \%$
Ws	$\frac{4.427,80}{4.867,70} = 91,0 \%$
We	$\frac{28,2 + 91,0}{2} = 59,6 \%$

**Resumen**

	<b>%</b>	<b>Número de Predios a Encuestar</b>	<b>% de la Muestra</b>	<b>Redondeo de Muestra</b>	
Predios entre 0 y 1,0 ha	17,4	2,6	2,3	3	predios
Predios entre 1,01 y 10,0 ha	13,6	2,0	2,4	2	predios
Predios entre 10,01 y 50,0 ha	9,5	1,4	3,5	1	predios
Predios mayores de 50,0 ha	59,6	8,9	9,7	9	predios
<b>Total a Encuestar</b>	<b>100</b>	<b>14,9</b>	<b>5,0%</b>	<b>15</b>	<b>predios</b>

**Distribución de la encuesta por estratos Comuna de Freirina**

**Predios entre 0,1 y 1,0 ha**

Wp	$\frac{90}{230}$	=	39,1	%
Ws	$\frac{22,40}{1.469,80}$	=	1,5	%
We	$\frac{39,1}{2}$	+	1,5	= 20,3 %

**Predios entre 1,01 y 10,0 ha**

Wp	$\frac{85}{230}$	=	37,0	%
Ws	$\frac{194,90}{1.469,80}$	=	13,3	%
We	$\frac{37,0}{2}$	+	13,3	= 25,2 %

**Predios entre 10,01 y 50,0 ha**

Wp	$\frac{46}{230}$	=	20,0	%
Ws	$\frac{553,50}{1.469,80}$	=	37,7	%
We	$\frac{20,0}{2}$	+	37,7	= 28,9 %

**Predios mayores de 50,0 ha**

Wp	$\frac{9}{230}$	=	3,9	%
Ws	$\frac{699,00}{1.469,80}$	=	47,6	%
We	$\frac{3,9}{2}$	+	47,6	= 25,8 %

**Resumen**

	%	Número de Predios a Encuestar	% de la Muestra	Redondeo de Muestra	
Predios entre 0 y 1,0 ha	20,3	1,2	1,3	1	predios
Predios entre 1,01 y 10,0 ha	25,2	1,4	1,6	1	predios
Predios entre 10,01 y 50,0 ha	28,9	1,7	3,7	2	predios
Predios mayores de 50,0 ha	25,8	1,5	16,7	2	predios
<b>Total a Encuestar</b>	<b>100</b>	<b>5,8</b>	<b>2,0%</b>	<b>6</b>	<b>predios</b>

Distribución de la encuesta por estratos Comuna de Huasco

Predios entre 0,1 y 1,0 ha

Wp	$\frac{15}{90} = 16,7$	%
Ws	$\frac{7,30}{588,20} = 1,2$	%
We	$\frac{16,7}{2} + \frac{1,2}{2} = 9,0$	%

Predios entre 1,01 y 10,0 ha

Wp	$\frac{51}{90} = 56,7$	%
Ws	$\frac{133,50}{588,20} = 22,7$	%
We	$\frac{56,7}{2} + \frac{22,7}{2} = 39,7$	%

Predios entre 10,01 y 50,0 ha

Wp	$\frac{20}{90} = 22,2$	%
Ws	$\frac{209,60}{588,20} = 35,6$	%
We	$\frac{22,2}{2} + \frac{35,6}{2} = 28,9$	%

Predios mayores de 50,0 ha

Wp	$\frac{4}{90} = 4,4$	%
Ws	$\frac{237,80}{588,20} = 40,4$	%
We	$\frac{4,4}{2} + \frac{40,4}{2} = 22,4$	%

Resumen

	%	Número de Predios a Encuestar	% de la Muestra	Redondeo de Muestra	
Predios entre 0 y 1,0 ha	9,0	0,2	1,3	1	predios
Predios entre 1,01 y 10,0 ha	39,7	0,9	1,8	1	predios
Predios entre 10,01 y 50,0 ha	28,9	0,7	3,5	1	predios
Predios mayores de 50,0 ha	22,4	0,5	12,5	1	predios
Total a Encuestar	100	2,3	3,0%	4	predios

Cabe señalar, que debido a que el número de encuestas a aplicar en la comuna de Alto del Carmen es superior al resto de las comunas que comprenden la cuenca, y considerando que la relevancia de esta parte de la cuenca en cuanto a aguas subterráneas es menor (Alto del Carmen) que el valle central de la misma, se procedió a reducir considerablemente el número de predios encuestados en esta comuna en beneficio del aumento de encuestas en la comuna de Vallenar, la cual posee la mayor superficie de riego dentro de la cuenca del río Huasco.

De esta forma el número de encuestas aplicadas en la comuna de Alto del Carmen se redujo a un 60% de la muestra original (de 21 a 13 encuestas). En cambio, en la comuna de Vallenar, el número de predios a encuestar aumentó un 28% al pasar de 15 a 18 encuestas y Huasco un 50% al pasar de 4 a 6 encuestas.

Por otra parte, se debe señalar que los predios a encuestar fueron seleccionados de manera de representar espacialmente el máximo de las áreas que conforman cada comuna.

En la Tabla 3.2-1 se presenta la representatividad en cuanto a superficie y número de predios encuestados en la cuenca del río Huasco. Como se aprecia en el cuadro indicado, el porcentaje de cobertura predial alcanza al 2%, en tanto que la superficie encuestada supera el 40%.

**Tabla 3.2-1**  
**Representatividad de Muestra Encuestada**  
**Cuenca Río Huasco**

Comuna	Total Comuna		Total Encuestado		Representatividad % de encuestado	
	ha	Nº Predios	ha	Nº Predios	en ha	en Nº predios
Alto del Carmen	2.270,55	1.457	197,40	13	8,7	0,9
Vallenar	4.867,70	326	3.147,50	18	64,7	5,5
Freirina	1.469,80	230	288,10	5	19,6	2,2
Huasco	588,20	90	186,30	6	31,7	6,7
<b>Total</b>	<b>9.196,25</b>	<b>2.103</b>	<b>3.819,30</b>	<b>42</b>	<b>41,5</b>	<b>2,0</b>

En cuanto al diseño del formulario de encuesta, cabe señalar que éste se realizó pensando en algo simple pero amplio, de fácil comprensión, que contuviera la mayor cantidad de información.

En el Anexo 3.2-1 se presenta el formato de encuesta utilizado en el presente proyecto.

### 3.2.1.2 Desarrollo de la encuesta agropecuaria

Para la aplicación de la encuesta, se organizó un equipo profesional en terreno, formado por un jefe de terreno y dos encuestadores, uno de los cuales actuó como coordinador, todos de profesión Ingenieros Agrónomos y Técnico Agrícolas. Operativamente cada profesional realizó un trabajo individual apoyado por el coordinador, siendo supervisados por el jefe de terreno.

Se analizó el formato, se discutió la forma de enfrentar la encuesta en terreno y se dilucidaron además las rutas lógicas a seguir.

El control de calidad de las encuestas fue efectuado en terreno en las siguientes etapas:

- Supervisión directa al momento de aplicar la encuesta, por el propio encuestador.
- Revisión y análisis de consistencia lógica de la encuesta en gabinete por el jefe de terreno.

- Verificación de encuestas dudosas mediante la reaplicación de la encuesta en terreno.
- Revisión final de la encuesta por profesionales calificados.

### 3.2.1.3 Resultados básicos

El proceso de encuesta tuvo una duración total de seis días. Es este período se logró la aplicación de 42 encuestas, con una representatividad del 2% en el número de predios, equivalentes a un total de 2.554,3 ha regadas. Esta superficie alcanza a alrededor del 30% del total de riego de la cuenca.

A continuación en las Tablas 3.2-2 a la 3.2-5 se presenta el listado de predios encuestados por comuna y estrato de tamaño.

Tabla 3.2-2  
Listado de Predios Encuestados Comuna Alto del Carmen

N° Encuesta	Estrato	Propietario	Roll S.L.L.	Comuna	Predio	Canal de Riego	Superficie de Riego	Superficie de Secano	Cerros	Sin Uso Agrícola	Superficie Total Predio	Número Total de Predios
33	< 1	Soc. Recreacional Alto del Carmen	854-12	Alto del Carmen	Santa Catalina	El Carmen	0,1				0,1	
34	< 1	Suc. Almirante Torres Meléndez	515-18	Alto del Carmen	El Arrayán	Teranes Antiguos	0,1				0,1	
42	< 1	Juan Torres Rivera	988-4	Alto del Carmen	Santa María	Del Medio y La Majada	0,4				0,4	
35	< 1	Julia Contreras	978-4	Alto del Carmen	San Juan	Paez	0,1				0,1	
Total							0,7				0,7	4
35	1-10	Suc. Vicente Díaz Castulo	979-25	Alto del Carmen	San Vicente	Bogote y Pedregal	2,5				2,5	
37	1-10	Hernán Zuleta Zuleta	976-10	Alto del Carmen	La Viñita	Trapiche y Retamo Antiguo	4,0		12,0		16,0	
38	1-10		971-18	Alto del Carmen	La Finca	Escobas	1,3				1,3	
40	1-10	Suc. Oscar Layton	952-2	Alto del Carmen	Rodro	Huracán Chucal	3,7		6,3		10,0	
41	1-10	Luis Gougain Carne	953-7	Alto del Carmen	Santa Ana	Algodón y Molino	3,8				3,8	
Total							15,3	6,3	12,0		33,6	5
31	10-50	Omar Campillay	856-7	Alto del Carmen	Parcial 112	Mediaguas	20,0			5,0	25,0	
32	10-50	Juana Dugueño Méroz	853-4	Alto del Carmen	La Huerta	La Huerta	10,0			5,0	15,0	
39	10-50	Hernán Cortés	952-10	Alto del Carmen		Cajardo	7,1		3,0		10,1	
Total							37,1		3,0	10,0	50,1	3
30	> 50	Oasis Soc. Agrícola Ltda.	852-2	Alto del Carmen	Hda. Armadita	Armadita	98,0	15,0			113,0	
Total							98,0	15,0			113,0	1
Total Comuna							151,1	21,3	15,0	10,0	197,4	13

Tabla 3.2-3  
Listado de Predios Encuestados Comuna Freirina

N° Encuesta	Estrato	Propietario	Roll S.L.L.	Comuna	Predio	Canal de Riego	Superficie de Riego	Superficie de Secano	Cerros	Sin Uso Agrícola	Superficie Total Predio	Número Total de Predios
8	< 1	Suc. Godoy de Hurtado	102-12	Freirina	Lo Godoy	Castillo	0,1				0,1	
Total							0,1				0,1	1
7	1-10	Suc. Tomás Hurtado Hurtado	102-5	Freirina	Algarrobo	Castillo	10,0				10,0	
Total							10,0				10,0	1
11	10-50	Roberto Rojas Avila	103-18	Freirina	Parcela 74	Nicoless	16,0				16,0	
Total							16,0				16,0	1
9	> 50	Suc. Callejas	102-21	Freirina	San Juan	San Juan	60,0	60,0	30,0	10,0	170,0	
10	> 50	Vicente Rodríguez	103-51	Freirina	Parcela 107	San José	40,0	52,0			92,0	
Total							120,0	112,0	30,0	10,0	262,0	2
Total Comuna							146,1	112,0	30,0	10,0	288,1	5

Tabla 3.2-4  
Listado de Predios Encuestados Comuna Huasco

N° Encuesta	Estrato	Propietario	Roll S.L.L.	Comuna	Predio	Canal de Riego	Superficie de Riego	Superficie de Secano	Cerros	Sin Uso Agrícola	Superficie Total Predio	Número Total de Predios
5	< 1	Marina Rojas	143-2	Huasco	Quinta Santa Rosa	Madariaga	0,7				0,7	
Total							0,7				0,7	1
2	1-10	Rebison Gonzalez	148-18	Huasco	Parcela 5	Ballewista	4,0				4,0	
4	1-10	Suc. Hernán Callejas	143-4	Huasco	Fundo Arena	Madariaga	4,0	4,0	2,0		10,0	
Total							8,0	4,0	2,0		14,0	2
6	10-50	Selma Rojas Gonzalez	145-1	Huasco	Las Camelias	Madariaga	16,9			1,7	18,6	
Total							16,9			1,7	18,6	1
1	> 50	Sebastián Callejas Molina	148-116	Huasco	Parcela 5	Del Bojo	83,6			1,4	85,0	
3	> 50	Suc. Luis Callejas	141-2	Huasco	Fundo Pervenir	Cachina	65,0			3,0	68,0	
Total							148,6			4,4	153,0	2
Total Comuna							174,2	4,0		8,1	186,3	6

Tabla 3.2-5  
Listado de Predios Encuestados Comuna Vallenar

N° Encuesta	Estrato	Propietario	Rell S.L.L.	Comuna	Predio	Canal de Riego	Superficie de Riego	Superficie de Secano	Corres	Sin Uso Agrícola	Superficie Total Predio	Número Total de Predios
24	< 1	Carlos Herrera Campillay	838-5	Vallenar		Marañón	0,2	0,8			1,0	
26	< 1	Suc. Aurora Torres	838-5	Vallenar		Marañón	0,3			0,5	0,8	
28	< 1	Damiana González	838-17	Vallenar	El Peral	Remeja Torres	0,3			0,5	0,8	
Total							0,8	0,8		1,0	2,6	3
27	1-10	Jorge Poblete Godoy	839-6	Vallenar		Compañía	1,0		7,0		8,0	
29	1-10	Maximiliano Vega Godoy	839-20	Vallenar	La Finca	Compañía	1,0	0,6		1,0	2,6	
Total							2,0	0,6	7,0	1,0	10,6	2
23	10 - 50	Carlota Martínez Franco	814-13	Vallenar	Potrerillos	Marañón	10,0	2,0			12,0	
15	10-50	Daniela Llorente	1015-70	Vallenar	Parcela 29	Ramal Esperanza	17,0			8,0	25,0	
25	10-50	Agrotifio	838-37	Vallenar	Llano del Oeste	Compañía	16,0	9,0			25,0	
Total							43,0	11,0		8,0	62,0	3
12	> 50	Soc. Agrícola Longomilla	1015-17	Vallenar	Longomilla	Qda. Honda	80,1			9,9	90,0	
13	> 50	Agrícola Gray Nolff Ltda.	1015-15	Vallenar		Qda. Honda	32,0	22,0			54,0	
14	> 50	Juan Zavata García	839-1	Vallenar	El Salto N°67	Victoria	55,0	27,3			82,3	
16	> 50	Manuel Caballero	1015-101	Vallenar	Parcela 60	Gallo y Ferrana	31,0	20,0		4,0	55,0	
17	> 50	Soc. Agrícola Las Ventanas	834-3	Vallenar	Hda. Ventanas	Ventanas	1.231,0	149,0		20,0	1.400,0	
18	> 50	Soc. Agrícola Las Ventanas	834-4	Vallenar	Hda. Valparaíso	Pahona y Ventanas	169,0	31,0			200,0	
19	> 50	Agrícola La Rural de Huasco S.A.		Vallenar	Hda. Perales	Perales	194,0	606,0			800,0	
20	> 50	Emmerinda Mansilla	1015-42	Vallenar	Parcela 1	Compañía	5,0	40,0		12,0	57,0	
21	> 50	Luis Muñoz	823-4	Vallenar		Marañón	40,0	20,0			60,0	
22	> 50	Silvio Valle	833-4	Vallenar	Cavancha	Marañón	200,0	74,0			274,0	
Total							2.837,1	969,3		45,9	3.872,3	19
Total Comuna							2.882,9	1.001,7	7,0	55,9	3.147,5	19
Total Cuenca En Estudio							2.554,3	1.129,0	52,0	84,0	3.819,3	42

### 3.2.1.4 Dificultades de la encuesta

Las principales dificultades encontradas durante el proceso de la encuesta se señalan a continuación:

- Obtención de información sobre temas referentes a precios, comercialización y dosis de pesticidas y fertilizantes en algunos rubros.
- Imposibilidad de encontrar a la persona que tuviera la información requerida.
- Mala calidad de los caminos de acceso.

Debido a lo anterior en algunos casos en que no se pudo completar el número de predios a encuestar en un determinado Estrato-Sector, se optó por completar el número preestablecido de predios dentro del mismo sector por propiedades de otros estratos de tamaño de superficies similares al seleccionado.

### 3.2.1.5 Procesamiento

El procesamiento de la información de las encuestas consistió primero en una revisión y verificación de la información incluida. Se le dio especial énfasis a la existencia de datos dentro de rangos válidos de acuerdo a las condiciones de cada encuestado.

Posteriormente, se debió validar computacionalmente todos los antecedentes recabados en la encuesta. Lo anterior tiene relación con la adecuada digitación de la información al momento de su ingreso computacional. En la confección del formulario se intentó parametrizar las respuestas, es decir, transformar todas las respuestas en códigos de fácil registro en el formulario.

El procesamiento fue orientado posteriormente a la obtención de resultados por estrato de tamaño y para el total de cada sector en función de los siguientes indicadores: totales, promedios, porcentajes y rangos.

### **3.2.1.6 Presentación de resultados**

A continuación se dan a conocer algunos aspectos de la información recopilada y analizada que tienen especial interés en la descripción de la realidad actual del área en estudio.

Cabe señalar que sólo se han procesado aquellas características que presentaron una suficiente cantidad de datos.

#### **a) Distribución de Superficies**

En la Tabla 3.2-6 se presenta la superficie de riego y sin riego (secano arable, cerros y sin uso agrícola) declarado por los agricultores encuestados. Con respecto a la separación entre riego permanente y eventual, ésta no fue posible debido a que casi el 100% de los encuestados declaró solamente tener superficie regada en forma permanente.

De acuerdo a esto, se puede observar que la superficie total encuestada y que se encuentra dentro del área de estudio alcanza a 3.819,3 ha, de las cuales 2.554,9 ha corresponden a suelos regados y 1.264,4 ha a sin riego. Además, se debe señalar que la comuna con mayor proporción de superficie regable corresponde a Huasco seguido, en orden de importancia, por Alto del Carmen, Vallenar y Freirina. El detalle por comuna y estrato de tamaño se observa en la Tabla antes mencionada.

Tabla 3.2-6  
Distribución de la Superficie Predial

Comuna	Estrato de Tamaño	Superficies					
		Riego		Sin Riego		Total	
		ha	%	ha	%	ha	%
Alto del Carmen	< 1 ha	0,7	100,0			0,7	100,0
	1-10 ha	15,3	45,5	18,3	54,5	33,6	100,0
	10-50 ha	37,1	74,1	13,0	25,9	50,1	100,0
	> 50 ha	98,0	86,7	15,0	13,3	113,0	100,0
	<b>Total</b>	<b>151,1</b>	<b>76,5</b>	<b>46,3</b>	<b>23,5</b>	<b>197,4</b>	<b>100,0</b>
Vallenar	< 1 ha	0,8	30,8	1,8	69,2	2,6	100,0
	1-10 ha	2,0	18,9	8,6	81,1	10,6	100,0
	10-50 ha	43,0	69,4	19,0	30,6	62,0	100,0
	> 50 ha	2.037,1	66,3	1.035,2	33,7	3.072,3	100,0
	<b>Total</b>	<b>2.082,9</b>	<b>66,2</b>	<b>1.064,6</b>	<b>33,8</b>	<b>3.147,5</b>	<b>100,0</b>
Freirina	< 1 ha	0,1	100,0			0,1	100,0
	1-10 ha	10,0	100,0			10,0	100,0
	10-50 ha	16,0	100,0			16,0	100,0
	> 50 ha	120,0	45,8	142,0	54,2	262,0	100,0
	<b>Total</b>	<b>146,1</b>	<b>50,7</b>	<b>142,0</b>	<b>49,3</b>	<b>288,1</b>	<b>100,0</b>
Huasco	< 1 ha	0,7	100,0			0,7	100,0
	1-10 ha	8,0	57,1	6,0	42,9	14,0	100,0
	10-50 ha	16,9	90,9	1,7	9,1	18,6	100,0
	> 50 ha	148,6	97,1	4,4	2,9	153,0	100,0
	<b>Total</b>	<b>174,2</b>	<b>93,5</b>	<b>12,1</b>	<b>6,5</b>	<b>186,3</b>	<b>100,0</b>

De la información presentada se puede concluir que los estratos de mayor tamaño son los que poseen la mayor cantidad de superficie dentro del total encuestado, seguidos por los estratos 10-50, 1-10 y, finalmente, por el estratos menor de 1 ha.

#### b) Nivel tecnológico agrícola

En relación a la preparación de suelos, la zona presenta una mayoría de agricultores que utiliza maquinaria agrícola en desmedro del tiro animal. Cabe destacar que el uso de maquinaria agrícola adquiere mayor importancia en los estratos de tamaño mayores, la excepción está dado en el estrato de tamaño mayor a 50 ha en la comuna de Huasco en que solo un 50% de los agricultores declararon usar en sus labores maquinaria agrícola (Ver Tabla 3.2-7).

Tabla 3.2-7  
Labores Agrícolas

Comuna	de Tamaño	Tiro animal		Maquinaria Agrícola		Total	
		ha	%	ha	%	ha	%
Alto del Carmen	< 1 ha	2	66,7	1	33,3	3	100,0
	1-10 ha	2	40,0	3	60,0	5	100,0
	10-50 ha			3	100,0	3	100,0
	> 50 ha			1	100,0	1	100,0
	<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>33,3</b>	<b>8</b>	<b>66,7</b>	<b>12</b>	<b>100,0</b>
Vallenar	< 1 ha	2	100,0			2	100,0
	1-10 ha	2	100,0			2	100,0
	10-50 ha			3	100,0	3	100,0
	> 50 ha	2	18,2	9	81,8	11	100,0
	<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>33,3</b>	<b>12</b>	<b>66,7</b>	<b>18</b>	<b>100,0</b>
Freirina	< 1 ha	1	50,0	1	50,0	2	100,0
	1-10 ha	1	50,0	1	50,0	2	100,0
	10-50 ha			1	100,0	1	100,0
	> 50 ha	1	33,3	2	66,7	3	100,0
	<b>Total</b>	<b>3</b>	<b>37,5</b>	<b>5</b>	<b>62,5</b>	<b>8</b>	<b>100,0</b>
Huasco	< 1 ha			1	100,0	1	100,0
	1-10 ha			2	100,0	2	100,0
	10-50 ha			2	100,0	2	100,0
	> 50 ha	1	50,0	1	50,0	2	100,0
	<b>Total</b>	<b>1</b>	<b>14,3</b>	<b>6</b>	<b>85,7</b>	<b>7</b>	<b>100,0</b>

En cuanto al uso de fertilizantes, especialmente químicos, este tipo de insumo es ampliamente utilizado en la zona de estudio. Se debe señalar para el caso de la comuna de Freirina, que el uso de fertilizantes orgánicos (guano de cabra) supera el uso de los químicos. (Tabla 3.2-8).

Tabla 3.2-8  
Uso de Fertilizantes

Comuna	Estrato de Tamaño	Uso de Fertilizantes						Total	
		Químicos		Orgánicos		No Aplica		ha	%
		ha	%	ha	%	ha	%		
Alto del Carmen	< 1 ha	1	33,3	1	33,3	1	33,3	3	100,0
	1-10 ha	4	80,0	1	20,0			5	100,0
	10-50 ha	3	75,0	1	25,0			4	100,0
	> 50 ha	1	50,0	1	50,0			2	100,0
	<b>Total</b>	<b>9</b>	<b>64,3</b>	<b>4</b>	<b>28,6</b>	<b>1</b>	<b>7,1</b>	<b>14</b>	<b>100,0</b>
Vallenar	< 1 ha	2	50,0	2	50,0			4	100,0
	1-10 ha	1	50,0	1	50,0			2	100,0
	10-50 ha	3	75,0	1	25,0			4	100,0
	> 50 ha	9	64,3	4	28,6	1	7,1	14	100,0
	<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>62,5</b>	<b>8</b>	<b>33,3</b>	<b>1</b>	<b>4,2</b>	<b>24</b>	<b>100,0</b>
Freirina	< 1 ha			1	100,0			1	100,0
	1-10 ha	1	50,0	1	50,0			2	100,0
	10-50 ha	1	50,0	1	50,0			2	100,0
	> 50 ha	1	33,3	2	66,7			3	100,0
	<b>Total</b>	<b>3</b>	<b>37,6</b>	<b>5</b>	<b>62,5</b>			<b>8</b>	<b>100,0</b>
Huasco	< 1 ha			1	100,0			1	100,0
	1-10 ha	2	66,7	1	33,3			3	100,0
	10-50 ha	1	100,0					1	100,0
	> 50 ha	1	50,0			1	50,0	2	100,0
	<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>57,1</b>	<b>2</b>	<b>28,6</b>	<b>1</b>	<b>14,3</b>	<b>7</b>	<b>100,0</b>

Con respecto al tipo de control de plagas y enfermedades, de la información presentada en la Tabla 3.2-9, se puede concluir, a excepción de la comuna de Freirina, que prácticamente la totalidad de los agricultores realiza control químico.

Tabla 3.2-9  
Control de Plagas y Enfermedades

Comuna	Estrato de Tamaño	Control de Plagas y Enfermedades					
		Control Químico		No Controla		Total	
		ha	%	ha	%	ha	%
Alto del Carmen	< 1 ha			3	100,0	3	100,0
	1-10 ha	4	100,0			4	100,0
	10-50 ha	3	100,0			3	100,0
	> 50 ha	1	100,0			1	100,0
	<b>Total</b>	<b>8</b>	<b>72,7</b>	<b>3</b>	<b>27,3</b>	<b>11</b>	<b>100,0</b>
Vallenar	< 1 ha	1	33,3	2	66,7	3	100,0
	1-10 ha			2	100,0	2	100,0
	10-50 ha	3	100,0			3	100,0
	> 50 ha	8	80,0	2	20,0	10	100,0
	<b>Total</b>	<b>12</b>	<b>66,7</b>	<b>6</b>	<b>33,3</b>	<b>18</b>	<b>100,0</b>
Freirina	< 1 ha			1	100,0	1	100,0
	1-10 ha			1	100,0	1	100,0
	10-50 ha			1	100,0	1	100,0
	> 50 ha			2	100,0	2	100,0
	<b>Total</b>			<b>5</b>	<b>100,0</b>	<b>5</b>	<b>100,0</b>
Huasco	< 1 ha			1	100,0	1	100,0
	1-10 ha	2	100,0			2	100,0
	10-50 ha	1	100,0			1	100,0
	> 50 ha	1	50,0	1	50,0	2	100,0
	<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>66,7</b>	<b>2</b>	<b>33,3</b>	<b>6</b>	<b>100,0</b>

Con respecto al manejo sanitario animal, éste se da prácticamente en la totalidad de los casos en que existe ganadería de tipo comercial.

c) **Uso del suelo en riego**

El uso del suelo se presenta en detalle por estrato de tamaño y comuna en las Tablas 3.2-10 a la 3.2-25.

Tabla 3.2-10  
Uso del Suelo en Riego

Cultivo	Comuna Alto del Carmen Estrato < 1 ha									
	Presurizado		Surco		Tendido		Total		Rendimiento Promedio	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	Unidad	Cantidad
Huerta Frutal			0,10	100,0			0,10	100,0	Kg	
Alfalfa					0,10	100,0	0,10	100,0	Fardos	1.500
Pradera Natural					0,50	100,0	0,50	100,0		
<b>Total</b>			<b>0,10</b>	<b>14,3</b>	<b>0,60</b>	<b>85,7</b>	<b>0,70</b>	<b>100,0</b>		

Tabla 3.2-11  
Uso del Suelo en Riego

Cultivo	Comuna Alto del Carmen Estrato 1-10 ha									
	Presurizado		Surco		Tendido		Total		Rendimiento Promedio	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	Unidad	Cantidad
Uva de Mesa	1,80	100,0					1,80	100,0	Cejas	2.000
Vid Pisquera			7,80	100,0			7,80	100,0	Kg	30.000
Palto			0,50	100,0			0,50	100,0	Kg	1.500
Otros Frutales	0,01	100,0					0,01	100,0	Kg	
Huerta Frutal			0,50	100,0			0,50	100,0	Kg	
Huerta Casera			0,20	100,0			0,20	100,0	Kg	
Pradera Natural					3,70	100,0	3,70	100,0		
<b>Total</b>	<b>1,81</b>	<b>12,5</b>	<b>9,00</b>	<b>62,0</b>	<b>3,70</b>	<b>25,5</b>	<b>14,51</b>	<b>100,0</b>		

Tabla 3.2-12  
Uso del Suelo en Riego

Cultivo	Comuna Alto del Carmen Estrato 10-50 ha									
	Presurizado		Surco		Tendido		Total		Rendimiento Promedio	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	Unidad	Cantidad
Uva de Mesa	33,10	100,0					33,10	100,0	Cajas	1.800
Vid Pisquera			1,00	100,0			1,00	100,0	Kg	10.000
Palto			1,00	100,0			1,00	100,0	Kg	2.000
Citríco	1,50	100,0					1,50	100,0	Kg	13.200
<b>Total</b>	<b>34,60</b>	<b>94,5</b>	<b>2,00</b>	<b>5,5</b>			<b>36,60</b>	<b>100,0</b>		

Tabla 3.2-13  
Uso del Suelo en Riego

Cultivo	Comuna Alto del Carmen Estrato > 50 ha									
	Presurizado		Surco		Tendido		Total		Rendimiento Promedio	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	Unidad	Cantidad
Uva de Mesa	98,00	100,0					98,00	100,0	Cajas	1.500
<b>Total</b>	<b>98,00</b>	<b>100,0</b>					<b>98,00</b>	<b>100,0</b>		

Tabla 3.2-14  
Uso del Suelo en Riego

Cultivo	Comuna Vallenar Estrato < 1 ha									
	Presurizado		Surco		Tendido		Total		Rendimiento Promedio	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	Unidad	Cantidad
Palto	0,30	50,0	0,30	50,0			0,60	100,0	Kg	
Maíz					0,20	100,0	0,20	100,0	qq	
<b>Total</b>	<b>0,30</b>	<b>37,5</b>	<b>0,30</b>	<b>37,5</b>	<b>0,20</b>	<b>25,0</b>	<b>0,80</b>	<b>100,0</b>		

Tabla 3.2-15  
Uso del Suelo en Riego

Cultivo	Comuna Vallenar Estrato 1-10 ha									
	Presurizado		Surco		Tendido		Total		Rendimiento Promedio	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	Unidad	Cantidad
Palto	0,80	61,5	0,50	38,5			1,30	100,0	Kg	
Pradera Natural					0,70	100,0	0,70	100,0		
<b>Total</b>	<b>0,80</b>	<b>40,0</b>	<b>0,50</b>	<b>25,0</b>	<b>0,70</b>	<b>35,0</b>	<b>2,00</b>	<b>100,0</b>		

Tabla 3.2-16  
Uso del Suelo en Riego

Cultivo	Comuna Vallenar Estrato 10-50 ha									
	Presurizado		Surco		Tendido		Total		Rendimiento Promedio	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	Unidad	Cantidad
Olivo			2,00	100,0			2,00	100,0	Kg	
Uva de Mesa	16,00	100,0					16,00	100,0	Cajas	2.200
Vid Pisquera			2,00	100,0			2,00	100,0	Kg	16.000
Palto	5,00	100,0					5,00	100,0	Kg	510
Trigo					3,50	100,0	3,50	100,0	qq	60
Alfalfa					3,50	100,0	3,50	100,0	Fardos	1.200
<b>Total</b>	<b>21,00</b>	<b>65,6</b>	<b>4,00</b>	<b>12,5</b>	<b>7,00</b>	<b>21,9</b>	<b>32,00</b>	<b>100,0</b>		

Tabla 3.2-17  
Uso del Suelo en Riego

Cultivo	Comuna Vallenar Estrato > 50 ha									
	Presurizado		Surco		Tendido		Total		Rendimiento Promedio	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	Unidad	Cantidad
Uva de Mesa	70,00	100,0					70,00	100,0	Kg	
Vid Pisquera			6,00	100,0			6,00	100,0	Kg	35.000
Palto	60,00	97,6	1,50	2,4			61,50	100,0	Kg	
Trigo					164,00	100,0	164,00	100,0	qq	60
Maíz					20,00	100,0	20,00	100,0	qq	
Otros Cereales					40,00	100,0	40,00	100,0	qq	50
Papa			84,00	100,0			84,00	100,0	sacos	160
Arveja Verde			13,50	100,0			13,50	100,0	sacos	78
Poroto Verde			16,50	100,0			16,50	100,0	sacos	49
Tomate			1,00	100,0			1,00	100,0	Kg	18.000
Otras Hortalizas			30,00	100,0			30,00	100,0	Kg	
Alfalfa					723,50	100,0	723,50	100,0	Fardos	1.770
Trébol					10,00	100,0	10,00	100,0		
Pradera Mixta					436,00	100,0	436,00	100,0		
Pradera Natural					70,00	100,0	70,00	100,0		
<b>Total</b>	<b>130,00</b>	<b>7,4</b>	<b>152,50</b>	<b>8,7</b>	<b>1.463,50</b>	<b>83,9</b>	<b>1.746,00</b>	<b>100,0</b>		

Tabla 3.2-18  
Uso del Suelo en Riego

Cultivo	Comuna Freirina Estrato < 1 ha									
	Presurizado		Surco		Tendido		Total		Rendimiento Promedio	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	Unidad	Cantidad
Olivo					0,10	100,0	0,10	100,0	Kg	30.000
Total					0,10	100,0	0,10	100,0		

Tabla 3.2-19  
Uso del Suelo en Riego

Cultivo	Comuna Freirina Estrato 1-10 ha									
	Presurizado		Surco		Tendido		Total		Rendimiento Promedio	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	Unidad	Cantidad
Olivo					10,00	100,0	10,00	100,0	Kg	4.000
Total					10,00	100,0	10,00	100,0		

Tabla 3.2-20  
Uso del Suelo en Riego

Cultivo	Comuna Freirina Estrato 10-50 ha									
	Presurizado		Surco		Tendido		Total		Rendimiento Promedio	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	Unidad	Cantidad
Olivo	16,00	100,0					16,00	100,0	Kg	
Total	16,00	100,0					16,00	100,0		

Tabla 3.2-21  
Uso del Suelo en Riego

Cultivo	Comuna Freirina Estrato > 50 ha									
	Presurizado		Surco		Tendido		Total		Rendimiento Promedio	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	Unidad	Cantidad
Olivo	40,00	57,1			30,00	42,9	70,00	100,0	Kg	20.000
Pradera Natural					50,00	100,0	50,00	100,0		
Total	40,00	33,3			80,00	66,7	120,00	100,0		

Tabla 3.2-22  
Uso del Suelo en Riego

Cultivo	Comuna Huasco Estrato < 1 ha									
	Presurizado		Surco		Tendido		Total		Rendimiento Promedio	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	Unidad	Cantidad
Olivo					0,70	100,0	0,70	100,0	Kg	20.000
Total					0,70	100,0	0,70	100,0		

Tabla 3.2-23  
Uso del Suelo en Riego

Cultivo	Comuna Huasco Estrato 1-10 ha									
	Presurizado		Surco		Tendido		Total		Rendimiento Promedio	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	Unidad	Cantidad
Olivo					7,50	100,0	7,50	100,0	Kg	3.000
Otros Frutales					0,50	100,0	0,50	100,0	Kg	4.000
Pradera Natural					4,00	100,0	4,00	100,0		
Total					12,00	100,0	12,00	100,0		

Tabla 3.2-24  
Uso del Suelo en Riego

Cultivo	Comuna Huasco Estrato 10-50 ha									
	Presurizado		Surco		Tendido		Total		Rendimiento Promedio	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	Unidad	Cantidad
Olivo					16,90	100,0	16,90	100,0	Kg	20.000
Pradera Natural										
Total					16,90	100,0	16,90	100,0		

Tabla 3.2-25  
Uso del Suelo en Riego

Cultivo	Comuna Huasco Estrato > 50 ha									
	Presurizado		Surco		Tendido		Total		Rendimiento Promedio	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	Unidad	Cantidad
Olivo					65,00	100,0	65,00	100,0	Kg	3.000
Pradera Natural					83,60	100,0	83,60	100,0		
Total					148,60	100,0	148,60	100,0		

Se concluye de los cuadros presentados que tanto en la comuna de Huasco como de Freirina, predomina el cultivo de olivos. En el caso específico de la comuna de Huasco, los olivos son esencialmente árboles de gran edad, sobre suelos con problemas leves a severos de salinidad, con escaso manejo tecnológico y rendimientos. En cambio, en la comuna de Freirina han aparecido nuevas plantaciones de olivos, esencialmente para aceite, algunos regados en forma tecnificada y con mayores perspectivas de desarrollo que los de la zona costera.

En cuanto al área cordillerana, asociada a la comuna de Alto del Carmen, en los valles del estero el Tránsito y El Carmen, predomina una agricultura intensiva de exportación, especialmente de uva de mesa, con una presencia significativa de riego tecnificado. Entretanto, en los predios más pequeños coexisten vides pisqueras y plantaciones de paltos de una amplia gama de variedades.

La comuna de Vallenar, es la que presenta una mayor diversificación en las especies cultivadas. De esta forma, en esta comuna es posible encontrar plantaciones de vides de mesa y pisqueras, paltos, hortalizas, cereales y chacras, entre otros cultivos.

Finalmente, las comunas de Vallenar y Freirina son las que presentan una mayor cantidad de praderas de tipo natural y artificial.

**d) Ganadería**

En cuanto al rubro ganadero existe una importante actividad en la zona de estudio en las comunas de Vallenar y Freirina, razón por la cual se detectó una gran cantidad de vientres, terneros y novillos en desmedro de otro tipo de animales (Tabla 3.2-26).

Tabla 3.2-26  
Existencia de Ganado

Comuna	Estrato de Tamaño	Ganadería Bovina									
		Vacas		Vaquillas		Novillos		Terneros		Total	
		ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Vallenar	< 1 ha										
	1-10 ha										
	10-50 ha										
	> 50 ha	133	7			1.694	92	14	1	1.841	100
Total	133	7			1.694	92	14	1	1.841	100	
Freirina	< 1 ha										
	1-10 ha	6	60					4	40	10	100
	10-50 ha										
	> 50 ha										
Total	6	60					4	40	10	100	

Con respecto al tipo de explotación ganadera, información que se presenta en la Tabla 3.2-27, se puede indicar que las explotaciones son esencialmente de tipo extensivo, razón por la cual las fecas son depositadas en los mismos potreros donde pastan los animales, ayudando al proceso de abonado natural de las especies forrajeras.

Tabla 3.2-27  
Tipo de Explotación Ganadera

Comuna	Estrato de Tamaño	Tipo de Explotación Ganadera							
		Confinamiento		Extensiva		Mixta		Total	
		ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Vallenar	< 1 ha								
	1-10 ha								
	10-50 ha			4	80,0	1	20,0	5,0	100,0
	> 50 ha								
	Total			4,0	80,0	1,0	20,0	5,0	100,0
Freirina	< 1 ha								
	1-10 ha								
	10-50 ha			1	100,0			1,0	100,0
	> 50 ha								
	Total			1,0	100,0			1,0	100,0

Finalmente, referente a la existencia de sistemas de tratamiento de residuos ganaderos, se debe señalar que prácticamente la totalidad de los planteles en donde existe algún grado de confinamiento de animales, los excrementos son destinados a la fertilización natural de cultivos, especialmente en praderas y frutales.

e) Sistema Sanitario Predial

En relación al sistema sanitario predial cabe señalar que existe una amplia gama de sistemas utilizados, predominado los pozos negros, pozos sépticos y letrinas (Ver Tabla 3.2-28).

Tabla 3.2-28  
Tipo de Sanitario

Comuna	Estrato de Tamaño	Tipo de Fosa Sanitaria											
		Pozo Negro		Pozo Séptico		Letrina		Fosas con Filtros		No Hay		Total	
		Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Alto del Carmen	< 1 ha	2	50,0	1	25,0					1	25,0	4	100,0
	1-10 ha					1	20,0	1	20,0	3	60,0	5	100,0
	10-50 ha			1	33,3	1	33,3	1	33,3			3	99,9
	> 50 ha					5	100,0					5	100,0
	Total	2	11,8	2	11,8	7	41,2	2	11,8	4	23,5	17	100,0
Vallenar	< 1 ha	2	66,7			1	33,3					3	100,0
	1-10 ha	2	100,0									2	100,0
	10-50 ha	1	25,0	1	25,0	1	25,0	1	25,0			4	100,0
	> 50 ha	4	40,0	4	40,0	1	10,0			1	10,0	10	100,0
	Total	9	47,4	5	26,3	3	15,8	1	5,3	1	5,3	19	100,0
Freirina	< 1 ha									1	100,0	1	100,0
	1-10 ha											1	100,0
	10-50 ha	1	100,0							1	100,0	1	100,0
	> 50 ha							2	100,0			2	100,0
	Total	1	20,0					2	40,0	2	40,0	5	100,0
Huasco	< 1 ha									1	100,0	1	100,0
	1-10 ha			1	50,0			1	50,0			2	100,0
	10-50 ha									1	100,0	1	100,0
	> 50 ha							1	50,0	1	50,0	2	100,0
	Total			1	16,7			2	33,3	3	50,0	6	100,0

Finalmente, en cuanto a la limpieza anual de los sanitarios, situación que se presenta en la Tabla 3.2-29, prácticamente la totalidad de las propiedades

encuestadas no realiza limpia de los mismos, salvo excepcionales casos ocurridos en las comunas de Vallenar y Freirina.

Tabla 3.2-29  
Limpieza de Sanitarios

Comuna	Estrato de Tamaño	Limpieza de Fosas Sanitarias					
		Se Limpia		No Se Limpia		Total	
		ha	%	ha	%	ha	%
Alto del Carmen	< 1 ha			4	100,0	4	100,0
	1-10 ha			5	100,0	5	100,0
	10-50 ha			3	100,0	3	100,0
	> 50 ha			1	100,0	1	100,0
	<b>Total</b>			<b>13</b>	<b>100,0</b>	<b>13</b>	<b>100,0</b>
Vallenar	< 1 ha			3	100,0	3	100,0
	1-10 ha			2	100,0	2	100,0
	10-50 ha	1	33,3	2	66,7	3	100,0
	> 50 ha			10	100,0	10	100,0
	<b>Total</b>	<b>1</b>	<b>5,6</b>	<b>17</b>	<b>94,4</b>	<b>18</b>	<b>100,0</b>
Freirina	< 1 ha			1	100,0	1	100,0
	1-10 ha			1	100,0	1	100,0
	10-50 ha			1	100,0	1	100,0
	> 50 ha	1	50,0	1	50,0	2	100,0
	<b>Total</b>	<b>1</b>	<b>20,0</b>	<b>4</b>	<b>80,0</b>	<b>5</b>	<b>100,0</b>
Huasco	< 1 ha			1	100,0	1	100,0
	1-10 ha			2	100,0	2	100,0
	10-50 ha			1	100,0	1	100,0
	> 50 ha			2	100,0	2	100,0
	<b>Total</b>			<b>6</b>	<b>100,0</b>	<b>6</b>	<b>100,0</b>

### 3.2.2 Cuenca del Río Mataquito

#### 3.2.2.1 Selección de la Muestra

La muestra de predios a ser encuestados se ha diseñado con un porcentaje de cobertura total del 2%. En cuanto a la selección y distribución de la muestra de la encuesta, ésta se efectuó calculando el peso de cada estrato (We). El peso de cada estrato de predios (We) corresponde al resultado de ponderar el peso de los predios (Wp) en relación a la superficie de los mismos (Ws), de lo cual:

$$We = \frac{Wp + Ws}{2}$$

Donde:

$$Wp = \frac{\text{Nº de predios en el estrato}}{\text{Nº total de predios}}$$

$$Ws = \frac{\text{Superficie en el estrato}}{\text{Superficie total proyecto}}$$

De esta forma, primero se debe obtener la distribución de la muestra a nivel del total de la cuenca, determinando la representatividad de cada comuna al interior del área de estudio. Los resultados se presentan a continuación:

Distribución de la encuesta por estratos total área					
<b>Curepto</b>					
Wp	$\frac{206}{7.418}$	=	2,8	%	
We	$\frac{1.348,00}{86.726,00}$	=	1,6	%	
We	$\frac{2,8}{2}$	+ 1,6	=	2,2 %	
<b>Curicó</b>					
Wp	$\frac{1.724}{7.418}$	=	23,2	%	
We	$\frac{19.379,65}{86.726}$	=	22,3	%	
We	$\frac{23,2}{2}$	+ 22,3	=	22,8 %	
<b>Hustalia</b>					
Wp	$\frac{256}{7.418}$	=	3,5	%	
We	$\frac{2.672,94}{86.726,00}$	=	3,1	%	
We	$\frac{3,5}{2}$	+ 3,1	=	3,3 %	
<b>Licantén</b>					
Wp	$\frac{123}{7.418}$	=	1,7	%	
We	$\frac{1.201,78}{86.726,00}$	=	1,4	%	
We	$\frac{1,7}{2}$	+ 1,4	=	1,6 %	
<b>Molina</b>					
Wp	$\frac{1.276}{7.418}$	=	17,2	%	
We	$\frac{17.797,80}{86.726,00}$	=	20,5	%	
We	$\frac{17,2}{2}$	+ 20,6	=	18,9 %	
<b>Rauco</b>					
Wp	$\frac{442}{7.418}$	=	6,0	%	
We	$\frac{4.732,32}{86.726,00}$	=	5,5	%	
We	$\frac{6,0}{2}$	+ 5,5	=	5,8 %	
<b>Romeral</b>					
Wp	$\frac{696}{7.418}$	=	9,4	%	
We	$\frac{9.154,57}{86.726,00}$	=	10,6	%	
We	$\frac{9,4}{2}$	+ 10,6	=	10,0 %	
<b>Sagrada Familia</b>					
Wp	$\frac{844}{7.418}$	=	11,4	%	
We	$\frac{10.862,81}{86.726,00}$	=	12,5	%	
We	$\frac{11,4}{2}$	+ 12,5	=	12,0 %	
<b>Teno</b>					
Wp	$\frac{1.851}{7.418}$	=	25,0	%	
We	$\frac{19.577,47}{86.726,00}$	=	22,6	%	
We	$\frac{25,0}{2}$	+ 22,6	=	23,8 %	
<b>Resumen</b>					
	%		Número de Predios a Encuestar	% de la Muestra	Redondeo de Muestra
Curepto	2,2		3,3	1,6	3 predios
Curicó	22,8		33,8	2,0	34 predios
Hustalia	3,3		4,9	1,3	5 predios
Licantén	1,6		2,4	2,0	2 predios
Molina	18,9		28,0	2,2	28 predios
Rauco	5,8		8,6	1,3	8 predios
Romeral	10,0		14,8	2,1	15 predios
Sagrada Familia	12,0		17,8	2,1	18 predios
Teno	23,8		35,3	1,3	35 predios
Total a Encuestar	100		148,9	2,0%	148 predios

Cabe señalar que la columna de “%” del Resumen corresponde a la distribución ponderada (por peso de número de predios y superficie) por comuna dentro del total del área de estudio. A su vez, el número de predios a encuestar, se obtiene del resultado entre la multiplicación del número total de predios del área por el porcentaje ponderado que le corresponde a cada comuna (obtenido de la columna “%”), por el porcentaje de muestra a encuestar, que en este caso es del 2%.

Posteriormente, una vez determinado el número de predios a encuestar por comuna, se procedió a aplicar este mismo procedimiento al interior de cada comuna por estrato de tamaño. Los resultados por estrato de tamaño y comuna se presentan a continuación:

Distribución de la encuesta por estratos Comuna de Curepto

Predios entre 0,1 y 5,0 ha

Wp	$\frac{58}{206} = 28,2 \%$	
Ws	$\frac{26,00}{1.348,00} = 1,9 \%$	
We	$\frac{28,2 + 1,9}{2} = 15,1 \%$	

Predios entre 5,01 y 50,0 ha

Wp	$\frac{82}{206} = 39,8 \%$	
Ws	$\frac{117,20}{1.348,00} = 8,7 \%$	
We	$\frac{39,8 + 8,7}{2} = 24,3 \%$	

Predios entre 50,01 y 500,0 ha

Wp	$\frac{49}{206} = 23,8 \%$	
Ws	$\frac{298,80}{1.348,00} = 22,2 \%$	
We	$\frac{23,8 + 22,2}{2} = 23,0 \%$	

Predios mayores de 500,0 ha

Wp	$\frac{17}{206} = 8,3 \%$	
Ws	$\frac{906,00}{1.348,00} = 67,2 \%$	
We	$\frac{8,3 + 67,2}{2} = 37,8 \%$	

Resumen

	%	Número de Predios a Encuestar	% de la Muestra	Redondeo de Muestra	
Predios entre 0 y 5,0 ha	15,1	0,5	0,9	1	predios
Predios entre 5,01 y 50,0 ha	24,3	0,8	1,0	1	predios
Predios entre 50,01 y 500,0 ha	23,0	0,8	1,6	1	predios
Predios mayores de 500,0 ha	37,8	1,2	7,1	1	predios
<b>Total a Encuestar</b>	<b>100</b>	<b>3,3</b>	<b>2,0%</b>	<b>4</b>	<b>predios</b>

**Distribución de la encuesta por estratos Comuna de Hualañe**

**Predios entre 0,1 y 5,0 ha**

Wp	$\frac{102}{256} = 39,8 \%$
Ws	$\frac{67,82}{2.672,94} = 2,5 \%$
We	$\frac{39,8 + 2,5}{2} = 21,2 \%$

**Predios entre 5,01 y 50,0 ha**

Wp	$\frac{73}{256} = 28,5 \%$
Ws	$\frac{452,93}{2.672,94} = 16,9 \%$
We	$\frac{28,5 + 16,9}{2} = 22,7 \%$

**Predios entre 50,01 y 500,0 ha**

Wp	$\frac{61}{256} = 23,8 \%$
Ws	$\frac{894,92}{2.672,94} = 33,5 \%$
We	$\frac{23,8 + 33,5}{2} = 28,7 \%$

**Predios mayores de 500,0 ha**

Wp	$\frac{20}{256} = 7,8 \%$
Ws	$\frac{1.257,27}{2.672,94} = 47,0 \%$
We	$\frac{7,8 + 47,0}{2} = 27,4 \%$

**Resumen**

	<b>%</b>	<b>Número de Predios a Encuestar</b>	<b>% de la Muestra</b>	<b>Redondeo de Muestra</b>	
Predios entre 0 y 5,0 ha	21,2	1,0	1,0	1	predios
Predios entre 5,01 y 50,0 ha	22,7	1,1	1,5	1	predios
Predios entre 50,01 y 500,0 ha	28,7	1,4	2,3	1	predios
Predios mayores de 500,0 ha	27,4	1,3	6,5	1	predios
<b>Total a Encuestar</b>	<b>100</b>	<b>4,8</b>	<b>2,0%</b>	<b>4</b>	<b>predios</b>

Distribución de la encuesta por estratos Comuna de Licanten

Predios entre 0,1 y 5,0 ha

Wp	$\frac{32}{123}$	=	26,0	%
Ws	$\frac{21,73}{1.201,78}$	=	1,8	%
We	$\frac{26,0}{2}$	+	1,8	= 13,9 %

Predios entre 5,01 y 50,0 ha

Wp	$\frac{41}{123}$	=	33,3	%
Ws	$\frac{96,15}{1.201,78}$	=	8,0	%
We	$\frac{33,3}{2}$	+	8,0	= 20,7 %

Predios entre 50,01 y 500,0 ha

Wp	$\frac{45}{123}$	=	36,6	%
Ws	$\frac{708,90}{1.201,78}$	=	59,0	%
We	$\frac{36,6}{2}$	+	59,0	= 47,8 %

Predios mayores de 500,0 ha

Wp	$\frac{5}{123}$	=	4,1	%
Ws	$\frac{375,00}{1.201,78}$	=	31,2	%
We	$\frac{4,1}{2}$	+	31,2	= 17,7 %

Resumen

	%	Número de Predios a Encuestar	% de la Muestra	Redondeo de Muestra	
Predios entre 0 y 5,0 ha	13,9	0,3	0,9	1	predios
Predios entre 5,01 y 50,0 ha	20,7	0,5	1,2	1	predios
Predios entre 50,01 y 500,0 ha	47,8	1,2	2,7	1	predios
Predios mayores de 500,0 ha	17,7	0,4	8,0	1	predios
<b>Total a Encuestar</b>	<b>100</b>	<b>2,4</b>	<b>2,0%</b>	<b>4</b>	<b>predios</b>

Distribución de la encuesta por estratos Comuna de Curicó

Pedios entre 0,1 y 5,0 ha

Wp	$\frac{823}{1.724} = 47,7 \%$
Ws	$\frac{1.097,20}{19.378,65} = 5,7 \%$
We	$\frac{47,7 + 5,7}{2} = 26,7 \%$

Pedios entre 5,01 y 50,0 ha

Wp	$\frac{788}{1.724} = 45,7 \%$
Ws	$\frac{9.938,35}{19.378,65} = 51,3 \%$
We	$\frac{45,7 + 51,3}{2} = 48,5 \%$

Pedios entre 50,01 y 500,0 ha

Wp	$\frac{113}{1.724} = 6,6 \%$
Ws	$\frac{8.343,10}{19.378,65} = 43,1 \%$
We	$\frac{6,6 + 43,1}{2} = 24,9 \%$

Pedios mayores de 500,0 ha

Wp	$\frac{\quad}{1.724} = 0,0 \%$
Ws	$\frac{\quad}{19.378,65} = 0,0 \%$
We	$\frac{0,0 + 0,0}{2} = 0,0 \%$

Resumen

	%	Número de Pedios a Encuestar	% de la Muestra	Redondeo de Muestra	
Pedios entre 0 y 5,0 ha	26,7	9,2	1,1	9	predios
Pedios entre 5,01 y 50,0 ha	48,5	16,7	2,1	17	predios
Pedios entre 50,01 y 500,0 ha	24,9	8,6	7,6	8	predios
Pedios mayores de 500,0 ha	0,0	0,0	0,0	0	predios
<b>Total a Encuestar</b>	<b>100</b>	<b>34,5</b>	<b>2,0%</b>	<b>34</b>	<b>predios</b>

**Distribución de la encuesta por estratos Comuna de Molina**

**Predios entre 0,1 y 5,0 ha**

Wp	$\frac{592}{1.276}$	=	46,4	%
Ws	$\frac{638,07}{17.797,80}$	=	3,6	%
We	$\frac{46,4}{2} + \frac{3,6}{2}$	=	25,0	%

**Predios entre 5,01 y 50,0 ha**

Wp	$\frac{565}{1.276}$	=	44,3	%
Ws	$\frac{7.531,76}{17.797,80}$	=	42,3	%
We	$\frac{44,3}{2} + \frac{42,3}{2}$	=	43,3	%

**Predios entre 50,01 y 500,0 ha**

Wp	$\frac{119}{1.276}$	=	9,3	%
Ws	$\frac{9.627,97}{17.797,80}$	=	54,1	%
We	$\frac{9,3}{2} + \frac{54,1}{2}$	=	31,7	%

**Predios mayores de 500,0 ha**

Wp	$\frac{0}{1.276}$	=	0,0	%
Ws	$\frac{0,00}{17.797,80}$	=	0,0	%
We	$\frac{0,0}{2} + \frac{0,0}{2}$	=	0,0	%

**Resumen**

	%	Número de Predios a Encuestar	% de la Muestra	Redondeo de Muestra	
Predios entre 0 y 5,0 ha	25,0	7,0	1,2	7	predios
Predios entre 5,01 y 50,0 ha	43,3	12,2	2,2	12	predios
Predios entre 50,01 y 500,0 ha	31,7	8,9	7,5	9	predios
Predios mayores de 500,0 ha	0,0	0,0	0,0	0	predios
<b>Total a Encuestar</b>	<b>100</b>	<b>28,1</b>	<b>2,0%</b>	<b>28</b>	<b>predios</b>

**Distribución de la encuesta por estratos Comuna de Rauco**

**Predios entre 0,1 y 5,0 ha**

Wp	$\frac{240}{442}$	=	54,3	%
Ws	$\frac{239,65}{4.732,32}$	=	5,1	%
We	$\frac{54,3}{2} + \frac{5,1}{2}$	=	29,7	%

**Predios entre 5,01 y 50,0 ha**

Wp	$\frac{149}{442}$	=	33,7	%
Ws	$\frac{1.702,34}{4.732,32}$	=	36,0	%
We	$\frac{33,7}{2} + \frac{36,0}{2}$	=	34,9	%

**Predios entre 50,01 y 500,0 ha**

Wp	$\frac{53}{442}$	=	12,0	%
Ws	$\frac{2.790,33}{4.732,32}$	=	59,0	%
We	$\frac{12,0}{2} + \frac{59,0}{2}$	=	35,5	%

**Predios mayores de 500,0 ha**

Wp	$\frac{0}{442}$	=	0,0	%
Ws	$\frac{0,00}{4.732,32}$	=	0,0	%
We	$\frac{0,0}{2} + \frac{0,0}{2}$	=	0,0	%

**Resumen**

	<b>%</b>	<b>Número de Predios a Encuestar</b>	<b>% de la Muestra</b>	<b>Redondeo de Muestra</b>	
Predios entre 0 y 5,0 ha	29,7	2,5	1,0	2	predios
Predios entre 5,01 y 50,0 ha	34,9	2,9	1,9	3	predios
Predios entre 50,01 y 500,0 ha	35,5	3,0	5,7	3	predios
Predios mayores de 500,0 ha	0,0	0,0	0,0	0	predios
<b>Total a Encuestar</b>	<b>100</b>	<b>8,4</b>	<b>2,0%</b>	<b>8</b>	<b>predios</b>

**Distribución de la encuesta por estratos Comuna de Romeral**

**Predios entre 0,1 y 5,0 ha**

Wp	$\frac{258}{696}$	=	37,1	%
Ws	$\frac{279,54}{9.154,57}$	=	3,1	%
We	$\frac{37,1}{2}$	+	3,1	= 20,1 %

**Predios entre 5,01 y 50,0 ha**

Wp	$\frac{378}{696}$	=	54,3	%
Ws	$\frac{4.877,33}{9.154,57}$	=	53,3	%
We	$\frac{54,3}{2}$	+	53,3	= 53,8 %

**Predios entre 50,01 y 500,0 ha**

Wp	$\frac{60}{696}$	=	8,6	%
Ws	$\frac{3.997,70}{9.154,57}$	=	43,7	%
We	$\frac{8,6}{2}$	+	43,7	= 26,2 %

**Predios mayores de 500,0 ha**

Wp	$\frac{0}{696}$	=	0,0	%
Ws	$\frac{0,00}{9.154,57}$	=	0,0	%
We	$\frac{0,0}{2}$	+	0,0	= 0,0 %

**Resumen**

	%	Número de Predios a Encuestar	% de la Muestra	Redondeo de Muestra	
Predios entre 0 y 5,0 ha	20,1	2,9	1,1	3	predios
Predios entre 5,01 y 50,0 ha	53,8	7,9	2,1	8	predios
Predios entre 50,01 y 500,0 ha	26,2	3,8	6,3	4	predios
Predios mayores de 500,0 ha	0,0	0,0	0,0	0	predios
<b>Total a Encuestar</b>	<b>100</b>	<b>14,6</b>	<b>2,0%</b>	<b>15</b>	<b>predios</b>

Distribución de la encuesta por estratos Comuna de Sagrada Familia

Pedios entre 0,1 y 5,0 ha

Wp	$\frac{329}{844}$	=	39,0	%
Ws	$\frac{443,78}{10.862,81}$	=	4,1	%
We	$\frac{39,0 + 4,1}{2}$	=	21,6	%

Pedios entre 5,01 y 50,0 ha

Wp	$\frac{447}{844}$	=	53,0	%
Ws	$\frac{5.330,93}{10.862,81}$	=	49,1	%
We	$\frac{53,0 + 49,1}{2}$	=	51,1	%

Pedios entre 50,01 y 500,0 ha

Wp	$\frac{68}{844}$	=	8,1	%
Ws	$\frac{5.088,10}{10.862,81}$	=	46,8	%
We	$\frac{8,1 + 46,8}{2}$	=	27,5	%

Pedios mayores de 500,0 ha

Wp	$\frac{0}{844}$	=	0,0	%
Ws	$\frac{0,00}{10.862,81}$	=	0,0	%
We	$\frac{0,0 + 0,0}{2}$	=	0,0	%

Resumen

	%	Número de Predios a Encuestar	% de la Muestra	Redondeo de Muestra	
Pedios entre 0 y 5,0 ha	21,6	3,8	1,2	4	predios
Pedios entre 5,01 y 50,0 ha	51,1	9,1	2,0	9	predios
Pedios entre 50,01 y 500,0 ha	27,5	4,9	7,2	5	predios
Pedios mayores de 500,0 ha	0,0	0,0	0,0	0	predios
<b>Total a Encuestar</b>	<b>100</b>	<b>17,8</b>	<b>2,0%</b>	<b>18</b>	<b>predios</b>

Distribución de la encuesta por estratos Comuna de Teno

**Predios entre 0,1 y 5,0 ha**

Wp	$\frac{640}{1.851} = 34,6 \%$
Ws	$\frac{635,60}{19.577,47} = 3,2 \%$
We	$\frac{34,6 + 3,2}{2} = 18,9 \%$

**Predios entre 5,01 y 50,0 ha**

Wp	$\frac{1.111}{1.851} = 60,0 \%$
Ws	$\frac{13.156,19}{19.577,47} = 67,2 \%$
We	$\frac{60,0 + 67,2}{2} = 63,6 \%$

**Predios entre 50,01 y 500,0 ha**

Wp	$\frac{100}{1.851} = 5,4 \%$
Ws	$\frac{5.785,68}{19.577,47} = 29,6 \%$
We	$\frac{5,4 + 29,6}{2} = 17,5 \%$

**Predios mayores de 500,0 ha**

Wp	$\frac{0}{1.851} = 0,0 \%$
Ws	$\frac{0,00}{19.577,47} = 0,0 \%$
We	$\frac{0,0 + 0,0}{2} = 0,0 \%$

**Resumen**

	<b>%</b>	<b>Número de Predios a Encuestar</b>	<b>% de la Muestra</b>	<b>Redondeo de Muestra</b>	
Predios entre 0 y 5,0 ha	18,9	6,6	1,0	7	predios
Predios entre 5,01 y 50,0 ha	63,6	22,4	2,0	22	predios
Predios entre 50,01 y 500,0 ha	17,5	6,2	6,2	6	predios
Predios mayores de 500,0 ha	0,0	0,0	0,0	0	predios
<b>Total a Encuestar</b>	<b>100</b>	<b>35,2</b>	<b>2,0%</b>	<b>35</b>	<b>predios</b>

Se debe señalar que los predios a encuestar fueron seleccionados de manera de representar espacialmente el máximo de las áreas que conforman cada comuna.

En la Tabla 3.2-30 se presenta la representatividad en cuanto a superficie y número de predios encuestados en la cuenca del río Mataquito. Como se aprecia en el cuadro indicado, el porcentaje de cobertura predial alcanza al 2%, en tanto que la superficie encuestada supera el 10%.

Tabla 3.2-30  
Representatividad de Muestra Encuestada  
Cuenca Río Mataquito

Comuna	Total Comuna		Total Encuestado		Representatividad % de encuestado	
	ha	N° Predios	ha	N° Predios	en ha	en N° predios
Curepto	1.348,00	206	771,00	4	57,2	1,9
Hualañe	2.672,94	256	1.081,50	4	40,5	1,6
Licantén	1.201,78	123	1.151,60	4	95,8	3,3
Curicó	19.378,65	1.724	1.435,60	34	7,4	2,0
Molina	17.797,80	1.276	1.455,30	28	8,2	2,2
Rauco	4.732,32	442	239,40	8	5,1	1,8
Romerol	9.154,57	696	517,40	15	5,7	2,2
Sagrada Familia	10.862,81	844	1.245,00	18	11,5	2,1
Teno	19.577,47	1.851	856,60	35	4,4	1,9
<b>Total</b>	<b>86.726,34</b>	<b>7.418</b>	<b>8.753,40</b>	<b>150</b>	<b>10,1</b>	<b>2,0</b>

En cuanto al diseño del formulario de encuesta, cabe señalar que éste se realizó pensando en algo simple pero amplio, de fácil comprensión, que contuviera la mayor cantidad de información.

En el Anexo 3.2-2 se presenta el formato de encuesta utilizado en el presente proyecto.

### 3.2.2.2 Desarrollo de la encuesta agropecuaria

Para la aplicación de la encuesta, se organizó un equipo profesional en terreno, formado por un jefe de terreno y dos encuestadores, uno de los cuales actuó como coordinador, todos de profesión Ingenieros Agrónomos y Técnico Agrícolas. Operativamente cada profesional realizó un trabajo individual apoyado por el coordinador, siendo supervisados por el jefe de terreno.

Se analizó el formato, se discutió la forma de enfrentar la encuesta en terreno y se dilucidaron además las rutas lógicas a seguir.

El control de calidad de las encuestas fue efectuado en terreno en las siguientes etapas:

- Supervisión directa al momento de aplicar la encuesta, por el propio encuestador.
- Revisión y análisis de consistencia lógica de la encuesta en gabinete por el jefe de terreno.
- Verificación de encuestas dudosas mediante la reaplicación de la encuesta en terreno.
- Revisión final de la encuesta por profesionales calificados.

### 3.2.2.3 Resultados básicos

El proceso de encuesta tuvo una duración total de ocho días. En este período se logró la aplicación de 150 encuestas, con una representatividad del 2% en número de predios equivalentes a una superficie total de 5.600,7 ha regadas, lo que representa a alrededor del 6,5% de la superficie de riego total de la cuenca.

A continuación en las Tablas 3.2-31 a la 3.2-39 se presenta el listado de predios encuestados por comuna y estrato de tamaño.

Tabla 3.2-31  
Listado de Predios Encuestados Comuna Curepto

N° Encuesta	Estrato	Propietario	Rol S.J.L.	Comuna	Predio	Canal de Riego	Superficie de Riego		Superficie de Secano	Corros	Sin Uso Agrícola	Superficie Total Predio	Número Total de Predios
							Gavilacional	Subterránea					
12	< 5	Juan Maldonado	179-16	Curepto	El Rodeo	Embalse Yaca Yaca	2,5					2,5	1
							2,5					2,5	1
9	5-50	Jorge Poblete	194-60	Curepto	La Alfalfa	Docamóvida	1,5		1,5		2,5	5,5	1
							1,5		1,5		2,5	5,5	1
7	50-500	Abraham Miranda	198-35b	Curepto		Constantiú	20,0		33,0	10,0		63,0	1
							20,0		33,0	10,0		63,0	1
6	> 500	Soc. Agrícola Sta. Sabina	204-3	Curepto	El Ajal	Paule	150,0			550,0		700,0	1
							150,0			550,0		700,0	1
							174,0		34,5	560,0	2,5	771,0	4
							174,0		34,5	560,0	2,5	771,0	4

Tabla 3.2-32  
Listado de Predios Encuestados Comuna Hualañé

N° Encuesta	Estrato	Propietario	Rol S.J.L.	Comuna	Predio	Canal de Riego	Superficie de Riego		Superficie de Secano	Corros	Sin Uso Agrícola	Superficie Total Predio	Número Total de Predios
							Gavilacional	Subterránea					
2	< 5	Gregorio Gonzalez Havia	155-1b	Hualañé	C. A. Paule	Mahue	1,0		1,5			2,5	1
							1,0		1,5			2,5	1
1	5-50	Juan Gonzalez Maldonado	165-19	Hualañé	La Isla	Mahue	2,0		5,0		2,0	9,0	1
							2,0		5,0		2,0	9,0	1
10	50-500	Esau Castillo Rojas	137-6	Hualañé	Las Acacias	La Huerta	18,0		7,0	145,0		170,0	1
							18,0		7,0	145,0		170,0	1
8	> 500	Suc. Amelia Vial Concha	160-11	Hualañé	Rva. Peraillo	Peraillo	93,0		100,0	707,0		900,0	1
							93,0		100,0	707,0		900,0	1
							114,0		113,5	852,0	2,0	1.081,5	4
							114,0		113,5	852,0	2,0	1.081,5	4

Tabla 3.2-33  
Listado de Predios Encuestados Comuna Licantén

N° Encuesta	Estrato	Propietario	Rol S.J.L.	Comuna	Predio	Canal de Riego	Superficie de Riego		Superficie de Secano	Corros	Sin Uso Agrícola	Superficie Total Predio	Número Total de Predios
							Gavilacional	Subterránea					
13	< 5	Humberto Bravo Reyes	165-32	Licantén	Huapi	Bomba	1,5		2,1			3,6	1
							1,5		2,1			3,6	1
11	5-50	Rosa Guerra	162-66	Licantén	San Isidro	Bomba y Lora	25,0		15,0	10,0		50,0	1
							25,0		15,0	10,0		50,0	1
14	50-500	Javier Gutierrez Palacios	168-4	Licantén	El Peñón	Bomba	20,0		420,0			440,0	1
							20,0		420,0			440,0	1
15	> 500	Agrícola y Ganadera Lora I	189-13	Licantén	Lora	Bomba	130,0		130,0	390,0		650,0	1
							130,0		130,0	390,0		650,0	1
							176,5		147,1	820,0		1.151,6	4
							176,5		147,1	820,0		1.151,6	4

Tabla 3.2-34  
Listado de Predios Encuestados Comuna Curicó

N° Encuesta	Estrato	Propietario	Rol# S.J.L.	Comuna	Predio	Canal de Riesgo	Superficie de Riesgo		Superficie de Secame	Corros	Sin Uso Agrícola	Superficie Total Predio	Número Total de Predios
							Gubernacional	Subterránea					
4	< 5	Luzmira Pavés	541-53	Curicó	Upeo	Molino Upeo	1.5		2.0		0.5	4.0	
5	< 5		542-18	Curicó	El Sauce	Molino Upeo	1.9				0.1	2.0	
56	< 5	Francisco González Hida	505-6	Curicó	Convento Viejo	El Molino de Convento Viejo	1.5					1.5	
57	< 5	Suc. Eliro Layton	507-13	Curicó	Convento Viejo	Las Tascas de Convento Viejo	0.4					0.4	
58	< 5	Berta Olmedo Bravo	507-20	Curicó	Convento Viejo	Las Tascas de Convento Viejo	1.5					1.5	
59	< 5	Francisco González Fernández	507-38	Curicó		Las Tascas de Convento Viejo	0.3					0.3	
60	< 5	San Onofre Gutiérrez Fernández	513-5	Curicó	El Nogal Tutuquén	Tutuquén Unido	3.0					3.0	
61	< 5	Fernando Moreno de la Cardosa	526-9	Curicó	La Higuera	La Turbana	2.5					2.5	
62	< 5	José Alejandro Herrera Rojas	537-36	Curicó	Pc. 13 Poverir	Huafufe	1.7					1.7	
Total							14.3		2.0		0.6	16.9	9
3	5-60	Héctor Morales	542-37	Curicó	Santa Elvira	Molino Upeo	6.5		7.5		1.0	15.0	
63	5-60	Sofía Ramírez Vda. De La	505-18	Curicó	Santa Sofía	Convento Viejo	25.0					25.0	
64	5-60	Suc. Angel Guerra Saavedra	509-36	Curicó	El Vaticano	Molino Bellavista	7.0				4.0	11.0	
65	5-60	Agricultora Manuel Santa María	513-15	Curicó	Sra. Susana	Tutuquén San Pedro	10.0					10.0	
66	5-60	Suc. Wernhard Wilhelm	525-2	Curicó	Vña El Vergal	Huapi	21.0					21.0	
67	5-60	Luis Correa Ponco	535-17	Curicó	Pc. 7 Marengo	Huafufe	14.5					14.5	
68	5-60	Agromadenera Mújica Ltda.	535-31	Curicó	Marengo Chico	Marengo Chico	12.5					12.5	
69	5-60	Andrés Hernán Avilés	535-52	Curicó	Santa Domingo	La Obra de Amiba	25.0					25.0	
70	5-60	Luis Correa	536-6	Curicó	Sra. Verónica	Nuevo Los Niches	21.0				1.0	22.0	
71	5-60	Eliana del Valle Vasquez	537-104	Curicó		Huafufe	25.0					25.0	
72	5-60	Jorge Walter Wahl	537-195	Curicó	Pc. 9 Los Cristales	Zapaflor	19.5					19.5	
73	5-60	Manuel Segundo Zapata Y	538-28	Curicó	Pc. 5 Chaquaniñi	Ramírez Martínez	12.0					12.0	
74	5-60	Jaydée Martínez Valenzuela	539-31	Curicó	Pc. 22 Chaquaniñi	Ramírez Martínez	8.0					8.0	
75	5-60	Horacio Pavez	539-46	Curicó	San Isidro	Rodríguez	20.0					20.0	
76	5-60	Teresa Mozo Ossa	549-46	Curicó	San Gregorio	La Obra del Medio	31.0					31.0	
77	5-60	Asesme Augusto Mufes Lab	549-50	Curicó	Pc. 6 El Malén	La Obra de Amiba	10.0					10.0	
84	5-60	Alejandro Arenas Gomes	551-13	Curicó	Pc. 7 Casas Grandi	Viejo Los Niches	13.2					13.2	
Total							281.2		7.5		6.0	294.7	17
26	> 60	Suc. Santiago Lozano	536-1	Curicó	San Manuel	La Obra del Medio	80.0					80.0	
30	> 60	Agromadenera Mújica Ltda.	535-10	Curicó	Marengo Chico	Marengo Chico	72.0					72.0	
78	> 60	Magdalena Solar	536-2	Curicó		Huafufe	63.0					63.0	
79	> 60	Juan Enrique Banga	536-3	Curicó	Florida del Alto	Huafufe	63.0					63.0	
80	> 60	Terramater S.A.	545-1	Curicó	San Jorge	Viejo Los Niches	600.0					600.0	
81	> 60	Wapri S.A.	543-2	Curicó	Marengo	Huafufe	128.0					128.0	
82	> 60	Teresa Mozo Ossa	549-16	Curicó	San Gregorio	La Obra del Medio	53.0					53.0	
83	> 60	Huerto Cóndor Kwi	551-12	Curicó	La Toma	Viejo Los Niches	50.0				15.0	65.0	
Total							1.199.8		15.0		15.0	1.219.8	8
Total Comuna							1.484.5		9.5		21.6	1.435.6	25

Tabla 3.2-35  
Listado de Predios Encuestados Comuna Molina

N° Encuesta	Estrato	Propietario	Rol# S.J.L.	Comuna	Predio	Canal de Riesgo	Superficie de Riesgo		Superficie de Secame	Corros	Sin Uso Agrícola	Superficie Total Predio	Número Total de Predios
							Gubernacional	Subterránea					
27	< 5	María Hortensia López	612-57	Molina	Parcela 21 El Cerrillo	Cerrilano	2.0					2.0	
28	< 5	Pedro Correa Herrera	613-13	Molina	Bajo Los Romanos	Cárceres	2.0					2.0	
31	< 5	Lidia Buriaga	621-10	Molina	No Me Olvides	Ramírez y Rinconada	0.1					0.1	
32	< 5	Luis Puaibá	622-23	Molina	San Pedro	Ramírez y Rinconada	0.1					0.1	
33	< 5	Claudio Barría	624-37	Molina	El Narengo	La Isla	3.5					3.5	
34	< 5	Pedro Salgado	633-2	Molina	San Pedro	Los Palnos de Pichingal	0.9					0.9	
39	< 5	Jorge Brocal Bustos	612-71	Molina	Parcela 35 El Cerrillo	El Cerrillo	0.5				1.5	2.0	
Total							9.1				1.5	10.6	7
36	5-60	Agricultora Vña El Cándor Ltda	612-9	Molina	Parcela 22	Ramírez y Rinconada	22.0					22.0	
36	5-60	Agricultora Vña El Cándor Ltda	612-13	Molina	Parcela 27	Ramírez y Rinconada	15.0					15.0	
37	5-60	José Pozo Verdugo	612-86	Molina	Parcela 14 El Cerrillo	Cerrilano	4.0				4.5	8.5	
38	5-60	José Miguel Quera	613-11	Molina	Santa Erna	Cárceres	19.0		20.0		4.0	43.0	
40	5-60	Emilio Michales	623-28	Molina	Mayorca	San Pedro de Molina	15.0					15.0	
41	5-60	Agricultora y Ganadera La Unión	613-41	Molina	El Libertador Pc. 33	Ramírez y Rinconada	20.0				6.0	26.0	
42	5-60	Vña Sna Pedro S.A.	623-61	Molina	Vña San Pedro	Cerrilano	16.5					16.5	
43	5-60	Florencio Gálleguillos	623-67	Molina	Pc. 4 San Cerrillo	Cerrilano	20.5					20.5	
44	5-60	Domingo Fuenzalida Carr	624-96	Molina	Pc. 32	Derriames Sta. Lucía 2	13.0					13.0	
45	5-60	Juan Ibañez	629-54	Molina	El Manzanar	Lira y San José	32.0					32.0	
46	5-60	Leo Ransien Bozzolo	632-1	Molina	San Marcos	La Patagua	22.2					22.2	
47	5-60	Cable y Compañía Ltda.	634-10	Molina	Corcolán	La Patagua	25.0					25.0	
48	5-60	Inversiones Roladae Ltda.	635-21	Molina	Pc. 6	La Patagua	17.0				2.0	19.0	
Total							211.2		20.0		16.5	277.7	13
29	> 60	Arvalo Astaburuega Goycol	624-4	Molina	Santa Teresa	Derriames Sta. Lucía 2	100.0					100.0	
49	> 60	Antonia Serezueta	601-10	Molina	Vña Reina	La Patagua	64.0					64.0	
50	> 60	Agricultora Vña El Cándor Ltda	612-18	Molina	Vña El Cándor	Ramírez y Rinconada	70.0					70.0	
51	> 60	Vña San Pedro	623-9	Molina	Vña San Pedro	Varios canales	646.0					646.0	
52	> 60	Carlos Correa Cuevas	623-16	Molina	Vñes Vñes	Solares de la Estancia	54.0					54.0	
53	> 60	Daniel Ouel	624-111	Molina	La Fortuna	Pitruán	61.0					61.0	
54	> 60	José Patricio Yavar	627-30	Molina	Santa María	Ouchaveguas	80.0					80.0	
55	> 60	LonFrut	632-6	Molina	Santa Raquel	La Patagua	112.0					112.0	
Total							1.667.8					1.667.8	8
Total Comuna							1.417.3		20.0		18.0	1.455.3	28

Tabla 3.2-36  
Listado de Predios Encuestados Comuna Rauco

N° Encuesta	Estrato	Propietario	Rol# S.J.L.	Comuna	Predio	Canal de Riesgo	Superficie de Riesgo		Superficie de Secame	Corros	Sin Uso Agrícola	Superficie Total Predio	Número Total de Predios
							Gubernacional	Subterránea					
112	< 5	Suc. José Becerra Morales	31-69	Raucó	San Francisco El M	Tropiche	3.0					3.0	
114	< 5	Amanda Bustamante Díaz	24-68	Raucó	Las Arboledas El Llano	Comunero El Llano	4.0					4.0	
Total							7.0					7.0	2
108	5-60	Pauline Concha Undurraga	24-90	Raucó	Hña Casas Viejas	Comunero Raucó	18.0					18.0	
110	5-60	Rand Zamorano Aredondo	22-8	Raucó	Sra Luisa Outcharc	Cerralbe	48.0		1.0	1.0		50.0	
111	5-60	Ignacio Marques Espino	26-5	Raucó	San Osvaldo	Pitrano	36.0					36.0	
113	5-60	María Isabel Aguilera Ramírez	22-30	Raucó	El Plumero	Cerralbe y Chavelo	11.2					11.2	
115	5-60	Luis Norambuena Castillo	23-41	Raucó	Pc. 12	La Toma	7.5					7.5	
Total							126.7		1.0	1.0		127.7	5
109	> 60	Frutícola Río Copiapó Ltda.	24-87	Raucó	El Recurso		70.0		19.7		30.0	109.7	
Total							78.0		19.7		28.0	109.7	1
Total Comuna							197.7		20.7	1.0	28.0	237.4	8

Tabla 3.2-37  
Listado de Predios Encuestados Comuna Romeral

Nº Encuesta	Estado	Propietario	Rol S.J.L.	Comuna	Predio	Canal de Riego	Superficie de Riego		Superficie de Secano	Corros	Sin Uso Agrícola	Superficie Total Predio	Numero Total de Predios
							Gavirracional	Subterránea					
97	< 5	Alicia ramírez Bustamante	35-90	Romeral		La Cañada	2,5				2,5		
101	< 5	Elena Gutiérrez Mansilla	59-41	Romeral	Sitio 4	El Peñón	0,5			0,4	0,9		
102	< 5	Roberto Herrera	33-40	Romeral		Det. Quilvano	2,0				2,0		
<b>Total</b>							5,0				0,4	5,4	3
93	5-60	Hernán Baeza	31-4	Romeral	El Guindo	La Cañada	45,0				45,0		
95	5-60	Soc. Agrícola La Divisa Ltda	59-3	Romeral	La Divisa	Calaboso	45,0				45,0		
96	5-60	Héctor Peirce	59-15	Romeral	Pc. 9 La Unión	Maqui Chico	13,0				13,0		
98	5-60	Patricia Arellano Fuenzalida	34-96	Romeral	Santa Julia Hja 1	Quilvo	14,0				14,0		
99	5-60	Elisa Hernández Rojas	57-114	Romeral		Gusco 1	12,0			3,0	15,0		
100	5-60	Suc. Augusto Palma Cofré	59-33	Romeral		El Peñón	24,0			24,0	48,0		
103	5-60	Julio Pereira Uribe	32-24	Romeral		Donoso	12,5				12,5		
104	5-60	Rafael Jofré Tapia	37-34	Romeral	Pc. 44 Menquihué	Beltravista	17,0	1,0		0,5	18,5		
105	5-60	Hugo Cabalán Soc. Ltda.	35-6	Romeral		Merino y La Cañada	40,0				40,0		
106	5-60	Jesús Pons Martínez	32-3	Romeral	Los Huérfanos	Merino	50,0				50,0		
<b>Total</b>							272,5	1,0		24,0	3,5	300,0	10
94	> 60	Hernán Baeza	31-10	Romeral	Puñero Manqui	La Cañada	60,0			22,0	82,0		
107	> 60	Vitorio Fuenzalida Santelices	55-4	Romeral	Las Barrancas	Peraltes y Quilvo	122,0			8,0	130,0		
<b>Total</b>							182,0			30,0		212,0	2
<b>Total Comuna</b>							459,5	1,0		54,0	3,9	517,4	15

Tabla 3.2-38  
Listado de Predios Encuestados Comuna Sagrada Familia

Nº Encuesta	Estado	Propietario	Rol S.J.L.	Comuna	Predio	Canal de Riego	Superficie de Riego		Superficie de Secano	Corros	Sin Uso Agrícola	Superficie Total Predio	Numero Total de Predios
							Gavirracional	Subterránea					
86	< 5	Gerardo Martínez Baeza	133-6	Sagrada Familia	La Isla	Culener	1,5				1,5		
86	< 5	Luis Alberto Inostroza Pino	134-9	Sagrada Familia	Villa Prat	Culener	1,6				1,6		
87	< 5	Alejandro Vargas Rojas	135-29	Sagrada Familia	Isla Mataquito	Culener	0,7				0,7		
89	< 5	Mariano Vargas Vargas	136-15	Sagrada Familia	La Purísima	Culener	1,2				1,2		
<b>Total</b>							5,0					5,0	3
16	5-60	Forestal Quilayes	140-67	Sagrada Familia	San Fernando	Quilayes	40,0				40,0		
17	5-60	José Romero Reyes	140-97	Sagrada Familia	Parcela 33 Lautaro	Quilayes	19,0			3,0	22,0		
20	5-60	Andrés Pirazoli	147-193	Sagrada Familia	Parcela 5	Quilayes	19,0				19,0		
21	5-60	Vivia Correa Albano	121-26	Sagrada Familia	El Descanso	Río Saco y Pichuico	20,0				20,0		
23	5-60	Alfonso Chadwick Enzarzur	121-4	Sagrada Familia	Hja. 11 El Descanso	Carratón	33,0				33,0		
24	5-60	Sidney Ojeda	141-64	Sagrada Familia	Los Arroyanos	Río Saco y Pichuico	6,0				6,0		
89	5-60	Suc. Angel rama Herrera	131-66	Sagrada Familia	Pc. 25	Culener	20,0				20,0		
90	5-60	Ancesal Valenzuela Arenz	140-76	Sagrada Familia	Pc. 3 Lautaro	Quilayes	21,0				21,0		
<b>Total</b>							178,0			3,0		181,0	8
18	> 60	Raúl River Palma	141-70	Sagrada Familia	Hja. 2 Sta. Julia	Quilayes y Sta. Elcece	74,0				74,0		
22	> 60	oc. Agrícola Tunqueán Ltda	121-14	Sagrada Familia	Vívia Tunqueán	Carratón	56,0				56,0		
25	> 60	Héctor Peirce	121-66a	Sagrada Familia	La Esperanza Hja	Estero Pichuco	140,0			20,0	160,0		
91	> 60	Ernesto Paves	135-20	Sagrada Familia	San Agustín	Culener	23,0			97,0	120,0		
92	> 60	Terramer S.A.	141-13	Sagrada Familia	Hda. El Córdor Puri	Quilayes	370,0			200,0	570,0		
19	> 60	Soc. Agrícola Sta. Lucía	121-19	Sagrada Familia	Sta. Lucía	Estero Saco y Pichuco	80,0				80,0		
<b>Total</b>							742,0			97,0	220,0	1.059,0	6
<b>Total Comuna</b>							925,0			97,0	223,0	1.245,0	18

Tabla 3.2-39  
Listado de Predios Encuestados Comuna Teno

Nº Encuesta	Estado	Propietario	Rol S.J.L.	Comuna	Predio	Canal de Riego	Superficie de Riego		Superficie de Secano	Corros	Sin Uso Agrícola	Superficie Total Predio	Numero Total de Predios
							Gavirracional	Subterránea					
116	< 5	Ansel Jesús Galves Muñoz	563-77	Teno		La Vía	5,0				5,0		
128	< 5	Suc. Juan Bauelista Arosos	75-12	Teno		Aratos	0,3			0,3	0,5		
129	< 5	Lucila Rodríguez y Otros	69-30	Teno		Mequi Macul	3,0				3,0		
130	< 5	Guillermo Díaz Bravo	71-5	Teno		Mequi Macul	2,0				2,0		
135	< 5	Jimena Layton Correa	77-35	Teno		Viburo	0,5				0,5		
137	< 5	Manuel Jesús Perra Perra	46-5	Teno	Las Pequeñas				1,0		1,0		
138	< 5	Severino Hernández Iruja	65-23	Teno		Camale	1,8				1,8		
141	< 5	Pamcino Vandenrama Franco	46-23	Teno		Camale	0,9				0,9		
<b>Total</b>							13,4			1,0	0,3	14,7	8
117	5-60	Hugo Vidal	60-29	Teno	Pc. 11	Quintano	8,0		40,0		48,0		
118	5-60	Jorge Sánchez Ugarte	65-17	Teno	El Cortijo	Quintano	50,0				50,0		
119	5-60	Augusto Herrera Uruza	66-140	Teno	Pc. 6B	El Sauce	12,3				12,3		
120	5-60	Alfredo Labbe León	65-26	Teno	Pc. 6B	Huemulmo	15,0				15,0		
121	5-60	Luis Pizarro Pizarro	66-165	Teno	Pc. 21	Huemul	10,0			4,0	14,0		
123	5-60	Carlos Galés Madanaga	73-61	Teno	Sta. Rosa P.C. 42	Aurora y Derrames Santa R	10,0			6,0	16,0		
124	5-60	Pedro Melo Torres	60-67	Teno	Pc. 51 Quinta San F	San Rafael y Quintano	28,0			2,1	30,1		
125	5-60	Pedro Melo Torres	73-37	Teno	Pc. 21 San Cristóbal	Ventana	13,4			1,4	14,8		
126	5-60	Suc. Luis Benavides Bravo	65-43	Teno	Pc. 40 El Ojedo	Santa Rosa o Mantecillas	13,3			1,5	14,8		
127	5-60	Suc. Luis Torres Quiroga	61-136	Teno		Quintano	11,5			0,5	12,0		
131	5-60	Jorge Urzúa Corral	70-4	Teno		Rv. Santa Eugenia Mequi Macul	50,0				50,0		
133	5-60	Juan Díaz Albaredo	70-56	Teno		El Molino	28,0				28,0		
134	5-60	Dagoberto Pariz Alaga	74-11	Teno	Pc. 13	Ventana	16,0				16,0		
136	5-60	Suc. Carlos Díaz Bravo	68-86	Teno		Mequi Macul	13,0			6,0	19,0		
139	5-60	Oscar González Lobos	55-38	Teno	Pc. 51 Biceaya	Agustín Cerda	14,0				14,0		
140	5-60	Ercilio Peña Paragüez	55-107	Teno	Pc. 107 Biceaya	Agustín Cerda	9,5				9,5		
142	5-60	edro Cesario Moraja Donos	68-60	Teno	Pc. 46	Graneros	17,4			2,0	19,4		
143	5-60	Gerardo Guesardo Cordevo	67-20	Teno	Hijuela 6 Lote 1	Huemul	10,0				10,0		
144	5-60	Suc. Vicente Muñoz Muñoz	65-85	Teno	Pc. 27 El Trebol	Quintano	10,0			5,6	15,6		
145	5-60	Domingo Valderrama Díaz	60-59	Teno	Pc. 43 San Rafael	Quintano	20,1				20,1		
147	5-60	Remo Yasori Marino	67-29	Teno	Pc. 69	Huemul	12,2				12,2		
148	5-60	Jarameri Bustamante Sale	47-14	Teno	Hijuela 3 Sur El Gui	Aurora y Derrames Rivera	11,0				11,0		
149	5-60	Neily Alcide González	47-40	Teno	Proyecto San Refae	Quintano y Aurora	22,0				22,0		
<b>Total</b>							466,8		40,0	36,6	12,5	475,9	23
122	> 60	Zara del Santa Moreno	75-28	Teno	Hjo. Santa Sara	Ventana	100,0				100,0		
132	> 60	Jorge Taglia Castello	68-19	Teno	La Pampa	Mequi Macul	95,0				95,0		
146	> 60	Rodrigo Frías Donoso	54-16	Teno	Punta del Monte	Punta del Monte	90,0				90,0		
150	> 60	oc. Agrícola Santa Lidia Ltd	76-11	Teno	El Rastro	Derrames Santa Rosa	65,0			25,0	90,0		
<b>Total</b>							311,0			25,0	30,0	366,0	4
<b>Total Comuna</b>							731,2			66,0	46,6	843,8	33

#### **3.2.2.4 Dificultades de la encuesta**

Las principales dificultades encontradas durante el proceso de la encuesta se señalan a continuación:

- Obtención de información sobre temas referentes a precios, comercialización y dosis de pesticidas y fertilizantes en algunos rubros.
- Imposibilidad de encontrar a la persona que tuviera la información requerida.
- Mala calidad de los caminos de acceso.

Debido a lo anterior, en algunos casos en que no se pudo completar el número de predios a encuestar en un determinado Estrato-Sector, se optó por completar el número preestablecido de predios dentro del mismo sector por propiedades de otros estratos de tamaño de superficies similares al seleccionado.

#### **3.2.2.5 Procesamiento**

El procesamiento de la información de las encuestas consistió primero en una revisión y verificación de la información incluida. Se le dio especial énfasis a la existencia de datos dentro de rangos válidos de acuerdo a las condiciones de cada encuestado.

Posteriormente, se debió validar computacionalmente todos los antecedentes recabados en la encuesta. Lo anterior tiene relación con la adecuada digitación de la información al momento de su ingreso computacional. En la confección del formulario se intentó parametrizar las respuestas, es decir, transformar todas las respuestas en códigos de fácil registro en el formulario.

El procesamiento fue orientado posteriormente a la obtención de resultados por estrato de tamaño y para el total de cada sector en función de los siguientes indicadores: totales, promedios, porcentajes y rangos.

#### **3.2.2.6 Presentación de resultados**

A continuación se dan a conocer algunos aspectos de la información recopilada y analizada que tienen especial interés en la descripción de la realidad actual del área en estudio.

Cabe señalar que sólo se han procesado aquellas características que presentaron una suficiente cantidad de datos.

a) **Distribución de Superficies**

En la Tabla 3.2-40 se presenta la superficie con riego y sin riego (secano arable, cerros y sin uso agrícola) declarado por los agricultores encuestados. Con respecto a la separación entre riego permanente y eventual, ésta no fue posible debido a que casi el 100% de los encuestados declaró solamente tener superficie regada en forma permanente.

De acuerdo a esto, se puede observar que la superficie total encuestada y que se encuentra dentro del área de estudio alcanza a 8.754,4 ha, de las cuales 5.600,7 ha corresponden a suelos regados y 3.153,7 ha a sin riego. Además, se debe señalar que la comuna con mayor proporción de superficie regable corresponde a Curicó seguido, en orden de importancia, por Molina, Romeral, Teno, Rauco, Sagrada Familia, Curepto, Licantén y, por último, la comuna de Hualañé. El detalle por comuna y estrato de tamaño se observa en el cuadro antes mencionado.

Tabla 3.2-40  
Distribución de la Superficie Predial

Comuna	Estrato de Tamaño	Superficies					
		Riego		Sin Riego		Total	
		ha	%	ha	%	ha	%
Curepto	< 5 ha	2,5	100,0			2,5	100,0
	5-50 ha	1,5	27,3	4,0	72,7	5,5	100,0
	50-500 ha	20,0	31,7	43,0	68,3	63,0	100,0
	> 500 ha	150,0	21,4	550,0	78,6	700,0	100,0
	<b>Total</b>	<b>174,0</b>	<b>22,6</b>	<b>597,0</b>	<b>77,4</b>	<b>771,0</b>	<b>100,0</b>
Hualañe	< 5 ha	1,0	40,0	1,5	60,0	2,5	100,0
	5-50 ha	2,0	22,2	7,0	77,8	9,0	100,0
	50-500 ha	18,0	10,6	152,0	89,4	170,0	100,0
	> 500 ha	93,0	10,3	807,0	89,7	900,0	100,0
	<b>Total</b>	<b>114,0</b>	<b>10,5</b>	<b>967,5</b>	<b>89,5</b>	<b>1.081,5</b>	<b>100,0</b>
Licantén	< 5 ha	1,5	41,7	2,1	58,3	3,6	100,0
	5-50 ha	25,0	50,0	25,0	50,0	50,0	100,0
	50-500 ha	20,0	4,5	420,0	95,5	440,0	100,0
	> 500 ha	130,0	19,8	528,0	80,2	658,0	100,0
	<b>Total</b>	<b>176,5</b>	<b>15,3</b>	<b>975,1</b>	<b>84,7</b>	<b>1.151,6</b>	<b>100,0</b>
Curicó	< 5 ha	14,3	84,6	2,6	15,4	16,9	100,0
	5-50 ha	281,2	95,4	13,5	4,6	294,7	100,0
	50-500 ha	1.109,0	98,7	15,0	1,3	1.124,0	100,0
	> 500 ha	<b>1.404,5</b>	<b>97,8</b>	<b>31,1</b>	<b>2,2</b>	<b>1.435,6</b>	<b>100,0</b>
	<b>Total</b>	<b>1.417,3</b>	<b>97,4</b>	<b>38,0</b>	<b>2,6</b>	<b>1.455,3</b>	<b>100,0</b>
Molina	< 5 ha	9,1	85,8	1,5	14,2	10,6	100,0
	5-50 ha	241,2	86,9	36,5	13,1	277,7	100,0
	> 50 ha	1.167,0	100,0			1.167,0	100,0
	<b>Total</b>	<b>1.417,3</b>	<b>97,4</b>	<b>38,0</b>	<b>2,6</b>	<b>1.455,3</b>	<b>100,0</b>
	<b>Total</b>	<b>1.417,3</b>	<b>97,4</b>	<b>38,0</b>	<b>2,6</b>	<b>1.455,3</b>	<b>100,0</b>
Rauco	< 5 ha	7,0	100,0			7,0	100,0
	5-50 ha	120,7	98,4	2,0	1,6	122,7	100,0
	> 50 ha	70,0	63,8	39,7	36,2	109,7	100,0
	<b>Total</b>	<b>197,7</b>	<b>82,6</b>	<b>41,7</b>	<b>17,4</b>	<b>239,4</b>	<b>100,0</b>
	<b>Total</b>	<b>197,7</b>	<b>82,6</b>	<b>41,7</b>	<b>17,4</b>	<b>239,4</b>	<b>100,0</b>
Romeral	< 5 ha	5,0	92,6	0,4	7,4	5,4	100,0
	5-50 ha	273,5	90,9	27,5	9,1	301,0	100,0
	> 50 ha	182,0	85,8	30,0	14,2	212,0	100,0
	<b>Total</b>	<b>460,5</b>	<b>88,8</b>	<b>57,9</b>	<b>11,2</b>	<b>518,4</b>	<b>100,0</b>
	<b>Total</b>	<b>460,5</b>	<b>88,8</b>	<b>57,9</b>	<b>11,2</b>	<b>518,4</b>	<b>100,0</b>
Sagrada Familia	< 5 ha	5,0	100,0			5,0	100,0
	5-50 ha	178,0	98,3	3,0	1,7	181,0	100,0
	> 50 ha	742,0	70,1	317,0	29,9	1.059,0	100,0
	<b>Total</b>	<b>925,0</b>	<b>74,3</b>	<b>320,0</b>	<b>25,7</b>	<b>1.245,0</b>	<b>100,0</b>
	<b>Total</b>	<b>925,0</b>	<b>74,3</b>	<b>320,0</b>	<b>25,7</b>	<b>1.245,0</b>	<b>100,0</b>
Teno	< 5 ha	13,4	91,5	1,3	8,5	14,7	100,0
	5-50 ha	406,8	85,5	69,1	14,5	475,9	100,0
	> 50 ha	311,0	85,0	55,0	15,0	366,0	100,0
	<b>Total</b>	<b>731,2</b>	<b>85,4</b>	<b>125,4</b>	<b>14,6</b>	<b>856,6</b>	<b>100,0</b>
	<b>Total</b>	<b>731,2</b>	<b>85,4</b>	<b>125,4</b>	<b>14,6</b>	<b>856,6</b>	<b>100,0</b>

De la información presentada se puede concluir que los estratos de mayor tamaño son los que poseen la mayor cantidad de superficie dentro del total encuestado, siendo casi irrelevante la superficie de los menores de 5 ha, a excepción de la comunas de Teno y Molina.

**b) Nivel tecnológico agrícola**

En relación a la preparación de suelos, en las zonas más costeras (Licantén, Curepto y Hualañe), dicha labor se distribuye equitativamente entre el uso de tiro animal y de maquinaria agrícola de tracción mecánica. En el caso de las comunas ubicadas al interior del valle y en precordillera, el uso de maquinaria agrícola supera

con creces el 60% de los encuestados, razón por la cual se deduce que el nivel tecnológico de estas zonas, en desmedro de las costeras, es mayor (Ver Tabla 3.2-41).

Tabla 3.2-41  
Labores Agrícolas

Comuna	Estrato de Tamaño	Uso de Tiro Animal y/o Maquinaria Agrícola					
		Tiro animal		Maquinaria Agrícola		Total	
		ha	%	ha	%	ha	%
Curepto	< 5 ha	1	100,0			1	100,0
	5-50 ha	1	100,0			1	100,0
	50-500 ha			1	100,0	1	100,0
	> 500 ha			1	100,0	1	100,0
	<b>Total</b>	<b>2</b>	<b>50,0</b>	<b>2</b>	<b>50,0</b>	<b>4</b>	<b>100,0</b>
Hualañe	< 5 ha	1	100,0			1	100,0
	5-50 ha			1	100,0	1	100,0
	50-500 ha	1	50,0	1	50,0	2	100,0
	> 500 ha			1	100,0	1	100,0
	<b>Total</b>	<b>2</b>	<b>40,0</b>	<b>3</b>	<b>60,0</b>	<b>5</b>	<b>100,0</b>
Licantén	< 5 ha	1	100,0			1	100,0
	5-50 ha			1	100,0	1	100,0
	50-500 ha	1	100,0			1	100,0
	> 500 ha			1	100,0	1	100,0
	<b>Total</b>	<b>2</b>	<b>50,0</b>	<b>2</b>	<b>50,0</b>	<b>4</b>	<b>100,0</b>
Curicó	< 5 ha	4	44,4	5	55,6	9	100,0
	5-50 ha	2	12,5	14	87,5	16	100,0
	50-500 ha			8	100,0	8	100,0
	> 500 ha						
	<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>18,2</b>	<b>27</b>	<b>81,8</b>	<b>33</b>	<b>100,0</b>
Molina	< 5 ha	1	33,3	2	66,7	3	100,0
	5-50 ha	1	8,3	11	91,7	12	100,0
	> 50 ha			8	100,0	8	100,0
	<b>Total</b>	<b>2</b>	<b>8,7</b>	<b>21</b>	<b>91,3</b>	<b>23</b>	<b>100,0</b>
	Rauco	< 5 ha	2	100,0			2
5-50 ha				3	100,0	3	100,0
> 50 ha				1	100,0	1	100,0
<b>Total</b>		<b>2</b>	<b>33,3</b>	<b>4</b>	<b>66,7</b>	<b>6</b>	<b>100,0</b>
Romeral		< 5 ha	2	66,7	1	33,3	3
	5-50 ha	2	16,7	10	83,3	12	100,0
	> 50 ha			2	100,0	2	100,0
	<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>23,5</b>	<b>13</b>	<b>76,5</b>	<b>17</b>	<b>100,0</b>
	Sagrada Familia	< 5 ha	1	25,0	3	75,0	4
5-50 ha		1	12,5	7	87,5	8	100,0
> 50 ha		1	14,3	6	85,7	7	100,0
<b>Total</b>		<b>3</b>	<b>15,8</b>	<b>16</b>	<b>84,2</b>	<b>19</b>	<b>100,0</b>
Teno		< 5 ha	1	20,0	4	80,0	5
	5-50 ha	10	34,5	19	65,5	29	100,0
	> 50 ha	1	20,0	4	80,0	5	100,0
	<b>Total</b>	<b>12</b>	<b>30,8</b>	<b>27</b>	<b>69,2</b>	<b>39</b>	<b>100,0</b>

En cuanto al uso de fertilizantes químicos, este tipo de insumo es ampliamente utilizado en la zona de estudio. La excepción se da en la comuna de Licantén en donde los fertilizantes orgánicos (guanos) se ocupan en igual proporción que los químicos (Tabla 3.2-42).

Tabla 3.2-42  
Uso de Fertilizantes

Comuna	Estrato de Tamaño	Uso de Fertilizantes							
		Químicos		Orgánicos		No Aplica		Total	
		ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Curepto	< 5 ha	1	100,0					1	100,0
	5-50 ha	1	100,0					1	100,0
	50-500 ha	1	50,0	1	50,0			2	100,0
	> 500 ha	1	100,0					1	100,0
	<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>80,0</b>	<b>1</b>	<b>20,0</b>			<b>5</b>	<b>100,0</b>
Hualañe	< 5 ha	1	100,0					1	100,0
	5-50 ha	1	100,0					1	100,0
	50-500 ha	1	100,0					1	100,0
	> 500 ha	1	50,0	1	50,0			2	100,0
	<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>80,0</b>	<b>1</b>	<b>20,0</b>			<b>5</b>	<b>100,0</b>
Licantén	< 5 ha			1	100,0			1	100,0
	5-50 ha	1	100,0					1	100,0
	50-500 ha					1	100,0	1	100,0
	> 500 ha	1	50,0	1	50,0			2	100,0
	<b>Total</b>	<b>2</b>	<b>40,0</b>	<b>2</b>	<b>40,0</b>	<b>1</b>	<b>20,0</b>	<b>5</b>	<b>100,0</b>
Curicó	< 5 ha	5	55,6			4	44,4	9	100,0
	5-50 ha	15	78,9	2	10,5	2	10,5	19	99,9
	50-500 ha	8	100,0					8	100,0
	> 500 ha	28	77,8	2	5,6	6	16,7	36	100,1
	<b>Total</b>	<b>2</b>	<b>22,2</b>	<b>2</b>	<b>22,2</b>	<b>5</b>	<b>55,6</b>	<b>9</b>	<b>100,0</b>
Molina	< 5 ha	8	72,7	2	18,2	1	9,1	11	100,0
	5-50 ha	8	88,9	1	11,1			9	100,0
	> 500 ha	18	62,1	5	17,2	6	20,7	29	100,0
	<b>Total</b>	<b>2</b>	<b>100,0</b>	<b>2</b>	<b>100,0</b>	<b>1</b>	<b>14,3</b>	<b>7</b>	<b>100,0</b>
	Rauco	< 5 ha	4	57,1	2	28,6	1	14,3	7
5-50 ha		1	50,0	1	50,0			2	100,0
> 500 ha		7	63,6	3	27,3	1	9,1	11	100,0
<b>Total</b>		<b>3</b>	<b>75,0</b>	<b>1</b>	<b>25,0</b>			<b>4</b>	<b>100,0</b>
Romeral		< 5 ha	9	81,8	2	18,2			11
	5-50 ha	2	66,7	1	33,3			3	100,0
	> 500 ha	14	77,8	4	22,2			18	100,0
	<b>Total</b>	<b>3</b>	<b>75,0</b>	<b>1</b>	<b>11,1</b>	<b>1</b>	<b>14,3</b>	<b>7</b>	<b>100,0</b>
	Sagrada Familia	< 5 ha	8	88,9	1	11,1			9
5-50 ha		5	71,4	1	14,3	1	14,3	7	100,0
> 500 ha		16	80,0	2	10,0	2	10,0	20	100,0
<b>Total</b>		<b>6</b>	<b>85,7</b>			<b>1</b>	<b>14,3</b>	<b>7</b>	<b>100,0</b>
Teno		< 5 ha	19	82,6			4	17,4	23
	5-50 ha	4	100,0					4	100,0
	> 500 ha	29	85,3			6	14,7	34	100,0
	<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>14,7</b>	<b>34</b>	<b>100,0</b>				

Con respecto al tipo de control de plagas y enfermedades, de la información presentada en la Tabla 3.2-43, se puede concluir que prácticamente la totalidad de los agricultores realiza control químico. La excepción, al igual que en el uso de fertilizantes, se da en la comuna de Licantén, en donde la proporción de agricultores que controla y no controla es igual.

Tabla 3.2-43  
Control de Plagas y Enfermedades

Comuna	Estrato de Tamaño	Control de Plagas y Enfermedades					
		Control Químico		No Controla		Total	
		ha	%	ha	%	ha	%
Curepto	< 5 ha	1	100,0			1	100,0
	5-50 ha	1	100,0			1	100,0
	50-500 ha	1	100,0			1	100,0
	> 500 ha	1	100,0			1	100,0
	<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>100,0</b>			<b>4</b>	<b>100,0</b>
Hualañe	< 5 ha			1	100,0	1	100,0
	5-50 ha	1	100,0			1	100,0
	50-500 ha	1	100,0			1	100,0
	> 500 ha	1	100,0			1	100,0
	<b>Total</b>	<b>3</b>	<b>75,0</b>	<b>1</b>	<b>25,0</b>	<b>4</b>	<b>100,0</b>
Licantén	< 5 ha			1	100,0	1	100,0
	5-50 ha	1	100,0			1	100,0
	50-500 ha			1	100,0	1	100,0
	> 500 ha	1	100,0			1	100,0
	<b>Total</b>	<b>2</b>	<b>50,0</b>	<b>2</b>	<b>50,0</b>	<b>4</b>	<b>100,0</b>
Curicó	< 5 ha	3	33,3	6	66,7	9	100,0
	5-50 ha	15	88,2	2	11,8	17	100,0
	50-500 ha	8	100,0			8	100,0
	> 500 ha	26	76,5	8	23,5	34	100,0
	<b>Total</b>	<b>26</b>	<b>76,5</b>	<b>8</b>	<b>23,5</b>	<b>34</b>	<b>100,0</b>
Molina	< 5 ha	2	28,6	5	71,4	7	100,0
	5-50 ha	11	84,6	2	15,4	13	100,0
	> 50 ha	9	100,0			9	100,0
	<b>Total</b>	<b>22</b>	<b>75,9</b>	<b>7</b>	<b>24,1</b>	<b>29</b>	<b>100,0</b>
	Rauco	< 5 ha	1	50,0	1	50,0	2
5-50 ha		3	60,0	2	40,0	5	100,0
> 50 ha		1	100,0			1	100,0
<b>Total</b>		<b>5</b>	<b>62,5</b>	<b>3</b>	<b>37,5</b>	<b>8</b>	<b>100,0</b>
Romeral		< 5 ha	3	100,0			3
	5-50 ha	9	100,0			9	100,0
	> 50 ha	2	100,0			2	100,0
	<b>Total</b>	<b>14</b>	<b>100,0</b>			<b>14</b>	<b>100,0</b>
	Sagrada Familia	< 5 ha	3	75,0	1	25,0	4
5-50 ha		8	100,0			8	100,0
> 50 ha		5	83,3	1	16,7	6	100,0
<b>Total</b>		<b>16</b>	<b>88,9</b>	<b>2</b>	<b>11,1</b>	<b>18</b>	<b>100,0</b>
Teno		< 5 ha	6	85,7	1	14,3	7
	5-50 ha	19	82,6	4	17,4	23	100,0
	> 50 ha	4	100,0			4	100,0
	<b>Total</b>	<b>29</b>	<b>85,3</b>	<b>5</b>	<b>14,7</b>	<b>34</b>	<b>100,0</b>

Con respecto al manejo sanitario animal, éste se da prácticamente en la totalidad de los casos en que existe ganadería de tipo comercial.

### c) Uso del suelo en riego

El uso del suelo se presenta en detalle, por estrato de tamaño y comuna, en las Tablas 3.2-44 a la 3.2-73.

Tabla 3.2-44  
Uso del Suelo en Riego

Cultivo	Comuna Curepto Estrato < 5 ha									
	Presurizado		Surco		Tendido		Total		Rendimiento Promedio	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	Unidad	Cantidad
Frutilla	0,20	100,0					0,20	100,0	Kg	7.500
Avena					0,75	100,0	0,75	100,0	qq	
Poroto	1,00	100,0					1,00	100,0	qq	16
<b>Total</b>	<b>1,20</b>	<b>61,5</b>			<b>0,75</b>	<b>38,5</b>	<b>1,95</b>	<b>100,0</b>		

Tabla 3.2-45  
Uso del Suelo en Riego

Cultivo	Comuna Curepto Estrato 5-50 ha									
	Presurizado		Surco		Tendido		Total		Rendimiento Promedio	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	Unidad	Cantidad
Maiz					0,50	100,0	0,50	100,0	qq	80
Papa			0,50	100,0			0,50	100,0	Sacos	100
Alfalfa					0,50	100,0	0,50	100,0	Fardos	800
<b>Total</b>			<b>0,50</b>	<b>33,3</b>	<b>1,00</b>	<b>66,7</b>	<b>1,50</b>	<b>100,0</b>		

Tabla 3.2-46  
Uso del Suelo en Riego

Cultivo	Comuna Curepto Estrato 50-500 ha									
	Presurizado		Surco		Tendido		Total		Rendimiento Promedio	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	Unidad	Cantidad
Vid Vinífera	20,00	100,0					20,00	100,0	Kg	10.000
<b>Total</b>	<b>20,00</b>	<b>100,0</b>					<b>20,00</b>	<b>100,0</b>		

Tabla 3.2-47  
Uso del Suelo en Riego

Cultivo	Comuna Curepto Estrato >500 ha									
	Presurizado		Surco		Tendido		Total		Rendimiento Promedio	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	Unidad	Cantidad
Vid Vinífera	150,00	100,0					150,00	100,0	Kg	11.000
<b>Total</b>	<b>150,00</b>	<b>100,0</b>					<b>150,00</b>	<b>100,0</b>		

Tabla 3.2-48  
Uso del Suelo en Riego

Cultivo	Comuna Hualañe Estrato < 5 ha									
	Presurizado		Surco		Tendido		Total		Rendimiento Promedio	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	Unidad	Cantidad
Maiz					1,00	100,0	1,00	100,0	qq	80
<b>Total</b>					<b>1,00</b>	<b>100,0</b>	<b>1,00</b>	<b>100,0</b>		

Tabla 3.2-49  
Uso del Suelo en Riego

Cultivo	Comuna Hualañe Estrato 5-50 ha									
	Presurizado		Surco		Tendido		Total		Rendimiento Promedio	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	Unidad	Cantidad
Maiz					2,00	100,0	2,00	100,0	qq	120
<b>Total</b>					<b>2,00</b>	<b>100,0</b>	<b>2,00</b>	<b>100,0</b>		

Tabla 3.2-50  
Uso del Suelo en Riego

Cultivo	Comuna Hualañe Estrato 50-500 ha									
	Presurizado		Surco		Tendido		Total		Rendimiento Promedio	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	Unidad	Cantidad
Maiz					7,00	100,0	7,00	100,0	qq	140
Sandía			1,00	100,0			1,00	100,0	Unidad	4.000
Tomate			3,00	100,0			3,00	100,0	Kg	30.000
Pradera Mixta					7,00	100,0	7,00	100,0	Fardos	100
<b>Total</b>			<b>4,00</b>	<b>22,2</b>	<b>14,00</b>	<b>77,8</b>	<b>18,00</b>	<b>100,0</b>		

Tabla 3.2-51  
Uso del Suelo en Riego

Cultivo	Comuna Hualañe Estrato >500 ha									
	Presurizado		Surco		Tendido		Total		Rendimiento Promedio	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	Unidad	Cantidad
Semillero Maiz			63,00	100,0			63,00	100,0	qq	
Tomate Industrial			30,00	100,0			30,00	100,0	Ton	100
<b>Total</b>			<b>93,00</b>	<b>100,0</b>			<b>93,00</b>	<b>100,0</b>		

Tabla 3.2-52  
Uso del Suelo en Riego

Cultivo	Comuna Licantén Estrato < 5 ha									
	Presurizado		Surco		Tendido		Total		Rendimiento Promedio	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	Unidad	Cantidad
Garbanzo			1,00	100,0			1,00	100,0	qq	17
<b>Total</b>			<b>1,00</b>	<b>100,0</b>			<b>1,00</b>	<b>100,0</b>		

Tabla 3.2-53  
Uso del Suelo en Riego

Cultivo	Comuna Licantén Estrato 5-50 ha									
	Presurizado		Surco		Tendido		Total		Rendimiento Promedio	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	Unidad	Cantidad
Trigo					10,00	100,0	10,00	100,0	qq	50
Poroto			2,50	100,0			2,50	100,0	qq	18
Garbanzo			2,50	100,0			2,50	100,0	qq	18
<b>Total</b>			<b>5,00</b>	<b>33,3</b>	<b>10,00</b>	<b>66,7</b>	<b>15,00</b>	<b>100,0</b>		

Tabla 3.2-54  
Uso del Suelo en Riego

Cultivo	Comuna Licantén Estrato 50-500 ha									
	Presurizado		Surco		Tendido		Total		Rendimiento Promedio	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	Unidad	Cantidad
Pradera Natural					20,00	100,0	20,00	100,0		
<b>Total</b>					<b>20,00</b>	<b>100,0</b>	<b>20,00</b>	<b>100,0</b>		

Tabla 3.2-55  
Uso del Suelo en Riego

Cultivo	Comuna Licantén Estrato >500 ha									
	Presurizado		Surco		Tendido		Total		Rendimiento Promedio	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	Unidad	Cantidad
Poroto			8,00	100,0			8,00	100,0	qq	20
Alfalfa					20,00	100,0	20,00	100,0	Fardos	2.500
Maiz Sito					22,00	100,0	22,00	100,0	Ton	
Pradera Mixta					50,00	100,0	50,00	100,0	Fardos	
<b>Total</b>			<b>8,00</b>	<b>8,0</b>	<b>92,00</b>	<b>92,0</b>	<b>100,00</b>	<b>100,0</b>		

Tabla 3.2-56  
Uso del Suelo en Riego

Cultivo	Comuna Curicó Estrato < 5 ha									
	Presurizado		Surco		Tendido		Total		Rendimiento Promedio	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	Unidad	Cantidad
Vid Vinífera			10,60	100,0			10,60	100,0	Kg	9.400
Maiz					0,80	100,0	0,80	100,0	qq	60
Papa			0,80	100,0			0,80	100,0	Sacos	60
Poroto			0,80	100,0			0,80	100,0	qq	15
Huerta Casera					0,30	100,0	0,30	100,0	Kg	
<b>Total</b>			<b>12,20</b>	<b>91,7</b>	<b>1,10</b>	<b>8,3</b>	<b>13,30</b>	<b>100,0</b>		

Tabla 3.2-57  
Uso del Suelo en Riego

Cultivo	Comuna Curicó Estrato 5-50 ha									
	Presurizado		Surco		Tendido		Total		Rendimiento Promedio	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	Unidad	Cantidad
Frambuesa	4,00	100,0					4,00	100,0	Kg	Nuevas
Cerezo			14,50	100,0			14,50	100,0	Kg	8.000
Manzano			64,00	100,0			64,00	100,0	Kg	17.000
Vid Vinífera	20,00	14,1	122,00	85,9			142,00	100,0	Kg	11.500
Maíz					12,00	100,0	12,00	100,0	qq	148
Papa			1,00	100,0			1,00	100,0	Sacos	200
Poroto			1,00	100,0			1,00	100,0	qq	17
Sandía			6,50	100,0			6,50	100,0	Unidad	
Tomate			6,50	100,0			6,50	100,0	Kg	
Alcachofa					50,00	100,0	50,00	100,0	Unidad	
Huerta Casera			10,00	100,0			10,00	100,0	Kg	
Pradera Mixta					14,00	100,0	14,00	100,0	Fardos	
<b>Total</b>	<b>24,00</b>	<b>7,4</b>	<b>225,50</b>	<b>69,3</b>	<b>76,00</b>	<b>23,3</b>	<b>325,50</b>	<b>100,0</b>		

Tabla 3.2-58  
Uso del Suelo en Riego

Cultivo	Comuna Curicó Estrato > 50 ha									
	Presurizado		Surco		Tendido		Total		Rendimiento Promedio	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	Unidad	Cantidad
Cerezo			50,00	100,0			50,00	100,0	Kg	8.000
Kwi			55,00	100,0			55,00	100,0	Kg	20.500
Manzano			590,00	100,0			590,00	100,0	Kg	22.500
Vid Vinífera	250,00	75,1	83,00	24,9			333,00	100,0	Kg	10.000
Semillero Maíz			12,00	100,0			12,00	100,0	qq	35
<b>Total</b>	<b>250,00</b>	<b>24,0</b>	<b>790,00</b>	<b>76,0</b>			<b>1.040,00</b>	<b>100,0</b>		

Tabla 3.2-59  
Uso del Suelo en Riego

Cultivo	Comuna Molina Estrato < 5 ha									
	Presurizado		Surco		Tendido		Total		Rendimiento Promedio	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	Unidad	Cantidad
Vid Vinífera			5,00	100,0			5,00	100,0	Kg	8.200
Huerta Casera					0,20	100,0	0,20	100,0	Kg	
Pradera Mixta					0,90	100,0	0,90	100,0	Fardos	
<b>Total</b>			<b>5,00</b>	<b>82,0</b>	<b>1,10</b>	<b>18,0</b>	<b>6,10</b>	<b>100,0</b>		

Tabla 3.2-60  
Uso del Suelo en Riego

Cultivo	Comuna Molina Estrato 5-50 ha									
	Presurizado		Surco		Tendido		Total		Rendimiento Promedio	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	Unidad	Cantidad
Cerezo			9,20	100,0			9,20	100,0	Kg	7.000
Manzano			54,00	100,0			54,00	100,0	Kg	37.000
Vid Vinífera	16,50	16,9	80,90	83,1			97,40	100,0	Kg	10.800
Maíz					20,00	100,0	20,00	100,0	qq	148
Avena					20,00	100,0	20,00	100,0	qq	
Pradera Natural					24,00	100,0	24,00	100,0		
<b>Total</b>	<b>16,50</b>	<b>7,3</b>	<b>144,10</b>	<b>64,2</b>	<b>64,00</b>	<b>28,5</b>	<b>224,60</b>	<b>100,0</b>		

Tabla 3.2-61  
Uso del Suelo en Riego

Cultivo	Comuna Molina Estrato > 50 ha									
	Presurizado		Surco		Tendido		Total		Rendimiento Promedio	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	Unidad	Cantidad
Kwi			9,00	100,0			9,00	100,0	Kg	20.000
Manzano			62,00	100,0			62,00	100,0	Kg	20.000
Peral			50,00	100,0			50,00	100,0	Kg	20.000
Vid Vinífera	861,00	85,2	149,00	14,8			1.010,00	100,0	Kg	12.900
Maíz					20,00	100,0	20,00	100,0	qq	140
Pradera Mixta					10,00	100,0	10,00	100,0	Fardos	
<b>Total</b>	<b>861,00</b>	<b>74,2</b>	<b>270,00</b>	<b>23,3</b>	<b>30,00</b>	<b>2,6</b>	<b>1.161,00</b>	<b>100,0</b>		

Tabla 3.2-62  
Uso del Suelo en Riego

Cultivo	Comuna Rauco Estrato < 5 ha										
	Presurizado		Surco		Tendido		Total		Rendimiento Promedio		
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	Unidad	Cantidad	
Huerta Casera			2,00	100,0			2,00	100,0		Kg	
Pradera Mixta					2,50	100,0	2,50	100,0		Fardos	
<b>Total</b>			<b>2,00</b>	<b>44,4</b>	<b>2,50</b>	<b>55,6</b>	<b>4,50</b>	<b>100,0</b>			

Tabla 3.2-63  
Uso del Suelo en Riego

Cultivo	Comuna Rauco Estrato 5-50 ha										
	Presurizado		Surco		Tendido		Total		Rendimiento Promedio		
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	Unidad	Cantidad	
Frambuesa			2,00	100,0			2,00	100,0		Kg	Nuevas
Uva de Mesa			2,00	100,0			2,00	100,0		Kg	20.000
Cerezo			4,00	100,0			4,00	100,0		Kg	Nuevas
Kiwi	24,00	75,0	8,00	25,0			32,00	100,0		Kg	34.000
Vid Vinífera	12,00	100,0					12,00	100,0		Kg	25.000
Maíz			48,00	100,0			48,00	100,0		qq	
Pradera Mixta					7,50	100,0	7,50	100,0		Fardos	
Pradera Natural					11,20	100,0	11,20	100,0			
<b>Total</b>	<b>36,00</b>	<b>30,3</b>	<b>64,00</b>	<b>53,9</b>	<b>18,70</b>	<b>15,8</b>	<b>118,70</b>	<b>100,0</b>			

Tabla 3.2-64  
Uso del Suelo en Riego

Cultivo	Comuna Rauco Estrato > 50 ha										
	Presurizado		Surco		Tendido		Total		Rendimiento Promedio		
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	Unidad	Cantidad	
Kiwi	67,50	100,0					67,50	100,0		Kg	12.600
Maíz					4,00	100,0	4,00	100,0		qq	
<b>Total</b>	<b>67,50</b>	<b>94,4</b>			<b>4,00</b>	<b>5,6</b>	<b>71,50</b>	<b>100,0</b>			

Tabla 3.2-65  
Uso del Suelo en Riego

Cultivo	Comuna Romeral Estrato < 5 ha										
	Presurizado		Surco		Tendido		Total		Rendimiento Promedio		
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	Unidad	Cantidad	
Frambuesa			0,75	100,0			0,75	100,0		Kg	6.700
Cerezo			0,50	100,0			0,50	100,0		Kg	800
Kiwi			2,50	100,0			2,50	100,0		Kg	10.800
<b>Total</b>			<b>3,75</b>	<b>100,0</b>			<b>3,75</b>	<b>100,0</b>			

Tabla 3.2-66  
Uso del Suelo en Riego

Cultivo	Comuna Romeral Estrato 5-50 ha										
	Presurizado		Surco		Tendido		Total		Rendimiento Promedio		
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	Unidad	Cantidad	
Frambuesa			16,50	100,0			16,50	100,0		Kg	8.100
Cerezo	34,00	85,0	6,00	15,0			40,00	100,0		Kg	5.800
Kiwi	5,80	100,0					5,80	100,0		Kg	32.000
Manzano	6,00	9,0	60,50	91,0			66,50	100,0		Kg	37.000
Ciruelo	8,00	100,0					8,00	100,0		Kg	28.000
Durazno			1,00	100,0			1,00	100,0		Kg	26.000
Trigo					20,50	100,0	20,50	100,0		qq	60
Maíz					0,25	100,0	0,25	100,0		qq	12
Cebada					13,00	100,0	13,00	100,0		qq	
Poroto			1,00	100,0			1,00	100,0		qq	4
Semillero Maíz			18,00	100,0			18,00	100,0		qq	
Semillero Maravilla			2,30	100,0			2,30	100,0		qq	
Pradera Natural					28,50	100,0	28,50	100,0			
<b>Total</b>	<b>53,80</b>	<b>24,3</b>	<b>105,30</b>	<b>47,8</b>	<b>62,25</b>	<b>28,1</b>	<b>221,35</b>	<b>100,0</b>			

Tabla 3.2-67  
Uso del Suelo en Riego

Cultivo	Comuna Romeral Estrato > 50 ha									
	Presurizado		Surco		Tendido		Total		Rendimiento Promedio	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	Unidad	Cantidad
Frambuesa			3,00	100,0			3,00	100,0	Kg	9.000
Trigo					10,00	100,0	10,00	100,0	qq	60
Maíz					20,00	100,0	20,00	100,0	qq	100
Semillero Maíz			22,00	100,0			22,00	100,0	qq	
Alfalfa					10,00	100,0	10,00	100,0	Fardos	600
Pradera Mixta					102,00	100,0	102,00	100,0	Fardos	
<b>Total</b>			<b>25,00</b>	<b>15,0</b>	<b>142,00</b>	<b>85,0</b>	<b>167,00</b>	<b>100,0</b>		

Tabla 3.2-68  
Uso del Suelo en Riego

Cultivo	Comuna Sagrada Familia Estrato < 5 ha									
	Presurizado		Surco		Tendido		Total		Rendimiento Promedio	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	Unidad	Cantidad
Aji			1,20	100,0			1,20	100,0	Kg	10.000
Tomate			3,10	100,0			3,10	100,0	Kg	37.000
Huerta Casera					0,70	100,0	0,70	100,0	Kg	
<b>Total</b>			<b>4,30</b>	<b>86,0</b>	<b>0,70</b>	<b>14,0</b>	<b>5,00</b>	<b>100,0</b>		

Tabla 3.2-69  
Uso del Suelo en Riego

Cultivo	Comuna Sagrada Familia Estrato 5-50 ha									
	Presurizado		Surco		Tendido		Total		Rendimiento Promedio	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	Unidad	Cantidad
Cerezo	2,00	25,0	6,00	75,0			8,00	100,0	Kg	10.000
Manzano	2,00	100,0					2,00	100,0	Kg	20.000
Ciruelo	2,00	100,0					2,00	100,0	Kg	2.800
Vid Vinifera	19,00	21,8	68,00	78,2			87,00	100,0	Kg	13.500
Maíz			59,00	85,5	10,00	14,5	69,00	100,0	qq	140
Papa			5,00	100,0			5,00	100,0	Sacos	
Tomate			5,00	100,0			5,00	100,0	Kg	
<b>Total</b>	<b>25,00</b>	<b>14,0</b>	<b>143,00</b>	<b>80,3</b>	<b>10,00</b>	<b>5,6</b>	<b>178,00</b>	<b>100,0</b>		

Tabla 3.2-70  
Uso del Suelo en Riego

Cultivo	Comuna Sagrada Familia Estrato > 50 ha									
	Presurizado		Surco		Tendido		Total		Rendimiento Promedio	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	Unidad	Cantidad
Cerezo	20,00	93,0	1,50	7,0			21,50	100,0	Kg	
Kiwi	20,00	100,0					20,00	100,0	Kg	
Manzano	20,00	100,0					20,00	100,0	Kg	
Peral	13,00	100,0					13,00	100,0	Kg	45.000
Olivo	190,00	100,0					190,00	100,0	Kg	5.000
Ciruelo			24,00	100,0			24,00	100,0	Kg	2.800
Vid Vinifera	135,00	39,6	206,00	60,4			341,00	100,0	Kg	10.600
Maíz					15,00	100,0	15,00	100,0	qq	145
Semillero Maíz			13,50	100,0			13,50	100,0	qq	
Tomate			8,00	100,0			8,00	100,0	Kg	30.000
Pradera Mixta					74,00	100,0	74,00	100,0	Fardos	
<b>Total</b>	<b>398,00</b>	<b>53,8</b>	<b>253,00</b>	<b>34,2</b>	<b>89,00</b>	<b>12,0</b>	<b>740,00</b>	<b>100,0</b>		

Tabla 3.2-71  
Uso del Suelo en Riego

Cultivo	Comuna Teno Estrato < 5 ha									
	Presurizado		Surco		Tendido		Total		Rendimiento Promedio	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	Unidad	Cantidad
Frambuesa			1,05	100,0			1,05	100,0	Kg	400
Cerezo			0,50	100,0			0,50	100,0	Kg	1.500
Trigo					2,00	100,0	2,00	100,0	qq	70
Maíz			0,50	100,0			0,50	100,0	qq	30
Poroto			0,25	100,0			0,25	100,0	qq	20
Alfalfa					0,90	100,0	0,90	100,0	Fardos	100
Pradera Natural					6,00	100,0	6,00	100,0		
<b>Total</b>			<b>2,30</b>	<b>20,5</b>	<b>8,90</b>	<b>79,5</b>	<b>11,20</b>	<b>100,0</b>		

Tabla 3.2-72  
Uso del Suelo en Riego

Cultivo	Comuna Teniente Estrada 5-50 ha									
	Presurizado		Surco		Tendido		Total		Rendimiento Promedio	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	Unidad	Cantidad
Frambuesa			0,75	100,0			0,75	100,0	Kg	1.300
Kwi	8,00	100,0					8,00	100,0	Kg	24.000
Manzano	26,00	70,3	11,00	29,7			37,00	100,0	Kg	45.500
Ciruelo			12,00	100,0			12,00	100,0	Kg	
Trigo					36,50	100,0	36,50	100,0	qq	56
Maíz			25,50	45,9	30,00	54,1	55,50	100,0	qq	135
Papa			0,50	100,0			0,50	100,0	Sacos	50
Poroto			17,00	85,0	3,00	15,0	20,00	100,0	qq	18
Remolacha	15,00	50,0			15,00	50,0	30,00	100,0	Ton	80
Tomate Industrial			39,50	100,0			39,50	100,0	Ton	80
Pimentón			4,00	100,0			4,00	100,0	Kg	15.000
Huerta Casera			1,00	100,0			1,00	100,0	Kg	
Alfalfa					4,00	100,0	4,00	100,0	Fardos	
Pradera Mixta					27,00	100,0	27,00	100,0	Fardos	
Pradera Natural					139,80	100,0	139,80	100,0		
<b>Total</b>	<b>49,00</b>	<b>11,8</b>	<b>111,25</b>	<b>26,8</b>	<b>255,30</b>	<b>61,4</b>	<b>415,55</b>	<b>100,0</b>		

Tabla 3.2-73  
Uso del Suelo en Riego

Cultivo	Comuna Teniente Estrada > 50 ha									
	Presurizado		Surco		Tendido		Total		Rendimiento Promedio	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	Unidad	Cantidad
Manzano			31,00	100,0			31,00	100,0	Kg	29.000
Ciruelo			2,80	100,0			2,80	100,0	Kg	33.000
Vid Vinífera			74,00	100,0			74,00	100,0	Kg	10.000
Trigo					28,00	100,0	28,00	100,0	qq	70
Maíz			80,00	100,0			80,00	100,0	qq	115
Remolacha					18,00	100,0	18,00	100,0	Ton	80
Tabaco			2,00	100,0			2,00	100,0	Kg	2.500
Tomate Industrial			16,00	100,0			16,00	100,0	Ton	70
Pimentón			10,00	100,0			10,00	100,0	Kg	34.000
Pradera Mixta					36,00	100,0	36,00	100,0	Fardos	
<b>Total</b>			<b>215,80</b>	<b>72,5</b>	<b>82,00</b>	<b>27,5</b>	<b>297,80</b>	<b>100,0</b>		

Con respecto al uso del suelo, se debe señalar que las comunas ubicadas más cerca de la costa (Licantén, Curepto y Hualañe), la proporción de suelos regados es notoriamente menor a la ocurriente en comunas ubicadas en el valle interior y precordillerano del estudio.

En el caso de la comuna de Curepto se ha desarrollado una fuerte presencia del cultivo de frutilla, además de chacras, cereales y hortalizas. De igual forma en Hualañe, la presencia de vides viníferas, chacras y hortalizas es importante.

En el caso de Licantén existe una fuerte presencia de actividad ganadera asociada al cultivo de chacras, especialmente garbanzos y porotos, con escaso nivel tecnológico aplicado en las labores de cultivo.

En cuanto a las comunas de Molina, Curicó, Rauco y Sagrada Familia, la introducción de vides viníferas de cepa fina es fuerte, especialmente en Molina y Sagrada Familia.

En el caso específico de Curicó, la presencia de otros frutales, además de vides viníferas, manzanos y cerezos también es relevante, sin perder de vista que en esta comuna es donde se concentra la mayor cantidad de empresas exportadoras y agroindustriales de la cuenca.

Por otra parte, en Curicó, también se detectó la presencia de los únicos dos planteles de cerdos existentes en la zona, ambos ubicados en el camino a Los Niches.

En cuanto a la comuna de Sagrada Familia, en ésta además de la presencia de vides viníferas, es importante el cultivo de olivos, ciruelos y hortalizas de consumo fresco.

Por otra parte, en la comuna de Romeral es donde se concentra la mayor cantidad de plantaciones de cerezos y frambuesa existentes en el área de estudio. En Teno, si bien la presencia de frambuesa es importante, adquiere mayor relevancia la actividad ganadera y cerealera, debido esencialmente a la menor calidad de los suelos que componen esta comuna.

#### d) Ganadería

En cuanto al rubro ganadero existe una importante actividad en la zona de estudio, razón por la cual se detectó una gran cantidad de vientres, terneros y novillos en desmedro de otro tipo de animales (Tabla 3.2-74).

Tabla 3.2-74  
Existencia de Ganado

Comuna	Estrato de Tamaño	Ganadería Bovina									
		Vacas		Vaquillas		Novillos		Terneros		Total	
		ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Hualañe	< 5 ha										
	5-50 ha										
	50-500 ha	10	100,0							10	100,0
	> 500 ha										
	<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>100,0</b>							<b>10</b>	<b>100,0</b>
Licantén	< 5 ha										
	5-50 ha										
	50-500 ha					12	100,0			12	100,0
	> 500 ha										
	<b>Total</b>					<b>12</b>	<b>100,0</b>			<b>12</b>	<b>100,0</b>
Molina	< 5 ha										
	5-50 ha	40	57,1					30	42,9	70	100,0
	> 50 ha					25	100,0			25	100,0
		<b>Total</b>	<b>40</b>	<b>42,1</b>			<b>25</b>	<b>26,3</b>	<b>30</b>	<b>31,6</b>	<b>95</b>
Rauco	< 5 ha										
	5-50 ha	17	34,7	10	20,4	10	20,4	12	24,5	49	100,0
	> 50 ha										
		<b>Total</b>	<b>17</b>	<b>34,7</b>	<b>10</b>	<b>20,4</b>	<b>10</b>	<b>20,4</b>	<b>12</b>	<b>24,5</b>	<b>49</b>
Romeral	< 5 ha										
	5-50 ha	20	43,5	12	26,1			14	30,4	46	100,0
	> 50 ha	50	10,0	200	40,0	200	40,0	50	10,0	500	100,0
		<b>Total</b>	<b>70</b>	<b>12,8</b>	<b>212</b>	<b>38,8</b>	<b>200</b>	<b>36,6</b>	<b>64</b>	<b>11,8</b>	<b>646</b>
Sagrada Familia	< 5 ha										
	5-50 ha										
	> 50 ha	150	51,7	50	17,2	40	13,8	50	17,2	290	99,9
		<b>Total</b>	<b>150</b>	<b>81,7</b>	<b>50</b>	<b>17,2</b>	<b>40</b>	<b>13,8</b>	<b>50</b>	<b>17,3</b>	<b>290</b>
Teno	< 5 ha	11	61,1	2	11,1			5	27,8	18	100,0
	5-50 ha	313	35,9	150	17,2	232	26,6	177	20,3	872	100,0
	> 50 ha					120	100,0			120	100,0
		<b>Total</b>	<b>324</b>	<b>32,1</b>	<b>162</b>	<b>16,0</b>	<b>352</b>	<b>34,9</b>	<b>182</b>	<b>18,0</b>	<b>1.010</b>

Del cuadro anterior, se desprende que en las comunas de Teno y Romeral es donde la actividad ganadera se ha desarrollado con mayor fuerza en la zona. Ahora bien, con respecto al tipo de explotación ganadera, información que se presenta en la Tabla 3.2-75, se puede indicar que prácticamente la totalidad de las explotaciones la practica en forma extensiva.

Tabla 3.2-75  
Tipo de Explotación Ganadera

Comuna	Estrato de Tamaño	Tipo de Explotación Ganadera							
		Confinamiento		Extensiva		Mixta		Total	
		ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Hualañe	< 5 ha								
	5-50 ha								
	50-500 ha			1	100,0			1	100,0
	> 500 ha								
	<b>Total</b>			<b>1</b>	<b>100,0</b>			<b>1</b>	<b>100,0</b>
Licantén	< 5 ha								
	5-50 ha								
	50-500 ha			1	100,0			1	100,0
	> 500 ha					1	100,0	1	100,0
	<b>Total</b>			<b>1</b>	<b>50,0</b>	<b>1</b>	<b>50,0</b>	<b>2</b>	<b>100,0</b>
Molina	< 5 ha								
	5-50 ha					1	100,0	1	100,0
	> 50 ha	1	100,0					1	100,0
	<b>Total</b>	<b>1</b>	<b>50,0</b>			<b>1</b>	<b>50,0</b>	<b>2</b>	<b>100,0</b>
Rauco	< 5 ha								
	5-50 ha			2	100,0			2	100,0
	> 50 ha								
	<b>Total</b>			<b>2</b>	<b>100,0</b>			<b>2</b>	<b>100,0</b>
Romeral	< 5 ha								
	5-50 ha	1	100,0					1	100,0
	> 50 ha			1	100,0			1	100,0
	<b>Total</b>	<b>1</b>	<b>50,0</b>	<b>1</b>	<b>50,0</b>			<b>2</b>	<b>100,0</b>
Sagrada Familia	< 5 ha								
	5-50 ha								
	> 50 ha			1	100,0			1	100,0
	<b>Total</b>			<b>1</b>	<b>100,0</b>			<b>1</b>	<b>100,0</b>
Teno	< 5 ha			3	100,0			3	100,0
	5-50 ha			14	93,3	1	6,7	15	100,0
	> 50 ha			1	100,0			1	100,0
	<b>Total</b>			<b>18</b>	<b>94,7</b>	<b>1</b>	<b>6,3</b>	<b>19</b>	<b>100,0</b>

Finalmente, referente a la existencia de algún sistema de tratamiento de residuos ganaderos, se debe señalar que prácticamente la totalidad de los planteles en donde existe algún grado de confinamiento de animales, los excrementos son destinados a la fertilización natural de cultivos, especialmente en praderas y frutales.

**e) Sistema Sanitario Predial**

Con respecto al sistema sanitario predial, cabe señalar que existe una amplia presencia de pozos negros y sépticos, en desmedro de letrinas y baños químicos (Ver Tabla 3.2-76). En cuanto a los baños químicos, si bien su presencia es menor, éstos se concentran básicamente en las comunas de Sagrada Familia y Molina.

Tabla 3.2-76  
Tipo de Sanitario

Comuna	Estrato de Tamaño	Tipo de Fosa Sanitaria												
		Pozo Negro		Pozo Septico		Letrina		Baños Químicos		No Hay		Total		
		N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	
Curepto	< 5 ha	1	100,0									1	100,0	
	5-50 ha	1	100,0									1	100,0	
	50-500 ha	1	100,0									1	100,0	
	> 500 ha	1	100,0									1	100,0	
	Total	4	100,0									4	100,0	
Hualañe	< 5 ha	1	100,0									1	100,0	
	5-50 ha									1	100,0	1	100,0	
	50-500 ha	1	100,0									1	100,0	
	> 500 ha	1	50,0				1	50,0				2	100,0	
	Total	3	60,0				1	20,0		1	20,0	5	100,0	
Licantén	< 5 ha	1	100,0									1	100,0	
	5-50 ha	1	100,0									1	100,0	
	50-500 ha									1	100,0	1	100,0	
	> 500 ha	1	100,0									1	100,0	
	Total	3	75,0							1	25,0	4	100,0	
Curicó	< 5 ha	5	55,6	2	22,2					2	22,2	9	100,0	
	5-50 ha	3	17,6	11	64,7				1	5,9	2	11,6	17	100,0
	> 50 ha	1	10,0	6	60,0				3	30,0		10	100,0	
	Total	9	25,0	19	52,8				4	11,1	4	11,1	36	100,0
	Molina	< 5 ha	2	28,6	3	42,9					2	28,6	7	100,0
5-50 ha	4	28,6	1	7,1	2	14,3		5	35,7	2	14,3	14	100,0	
> 50 ha	1	12,5	4	50,0				2	25,0	1	12,5	8	100,0	
Total	7	24,1	8	27,6	2	6,9		7	24,1	5	17,2	29	99,9	
Rauco	< 5 ha	1	50,0	1	50,0							2	100,0	
	5-50 ha	2	33,3	2	33,3						2	33,3	6	99,9
	> 50 ha			1	100,0							1	100,0	
	Total	3	33,3	4	44,4						2	22,2	9	99,9
	Romerol	< 5 ha	1	33,3	2	66,7							3	100,0
5-50 ha	4	40,0	2	20,0				2	20,0	2	20,0	10	100,0	
> 50 ha	1	50,0	1	50,0							2	100,0		
Total	6	40,0	5	33,3				2	13,3	2	13,3	15	99,9	
Sagrada Familia	< 5 ha	2	50,0	1	25,0						1	25,0	4	100,0
	5-50 ha	3	37,5	2	25,0				2	25,0	1	12,5	8	100,0
	> 50 ha	2	33,3	1	16,7				3	50,0		6	100,0	
	Total	7	38,9	4	22,2				5	27,8	2	11,1	18	100,0
	Teno	< 5 ha	4	50,0	2	25,0					2	25,0	8	100,0
5-50 ha	7	30,4	7	30,4				3	13,0	6	26,1	23	99,9	
> 50 ha	3	50,0	2	33,3				1	16,7		6	100,0		
Total	14	37,8	11	29,7				4	10,8	8	21,6	37	99,9	

Finalmente, se debe destacar que la limpieza anual de los sanitarios, situación que se presenta en la Tabla 3.2-77, es prácticamente inexistente, a excepción de un menor porcentaje de agricultores de las comunas de Curicó, Molina y Sagrada Familia.

Tabla 3.2-77  
Limpieza de Sanitarios

Comuna	Estrato de Tamaño	Limpieza de Fosas Sanitarias						
		Se Limpia		No Se Limpia		Total		
		ha	%	ha	%	ha	%	
Curepto	< 5 ha			1	100,0	1	100,0	
	5-50 ha			1	100,0	1	100,0	
	50-500 ha			1	100,0	1	100,0	
	> 500 ha			1	100,0	1	100,0	
	<b>Total</b>			<b>4</b>	<b>100,0</b>	<b>4</b>	<b>100,0</b>	
Hualañe	< 5 ha			1	100,0	1	100,0	
	5-50 ha			1	100,0	1	100,0	
	50-500 ha			1	100,0	1	100,0	
	> 500 ha			1	100,0	1	100,0	
	<b>Total</b>			<b>4</b>	<b>100,0</b>	<b>4</b>	<b>100,0</b>	
Licantén	< 5 ha			1	100,0	1	100,0	
	5-50 ha			1	100,0	1	100,0	
	50-500 ha			1	100,0	1	100,0	
	> 500 ha			1	100,0	1	100,0	
	<b>Total</b>			<b>4</b>	<b>100,0</b>	<b>4</b>	<b>100,0</b>	
Curicó	< 5 ha		1	11,1	8	88,9	9	100,0
	5-50 ha		3	17,6	14	82,4	17	100,0
	> 50 ha		3	37,5	5	62,5	8	100,0
	<b>Total</b>		<b>7</b>	<b>20,6</b>	<b>27</b>	<b>79,4</b>	<b>34</b>	<b>100,0</b>
	Molina	< 5 ha		2	28,6	5	71,4	7
5-50 ha			4	30,8	9	69,2	13	100,0
> 50 ha			2	25,0	6	75,0	8	100,0
<b>Total</b>			<b>8</b>	<b>28,6</b>	<b>20</b>	<b>71,4</b>	<b>28</b>	<b>100,0</b>
Rauco		< 5 ha			2	100,0	2	100,0
	5-50 ha			5	100,0	5	100,0	
	> 50 ha			1	100,0	1	100,0	
	<b>Total</b>			<b>8</b>	<b>100,0</b>	<b>8</b>	<b>100,0</b>	
	Romeral	< 5 ha			3	100,0	3	100,0
5-50 ha				10	100,0	10	100,0	
> 50 ha				2	100,0	2	100,0	
<b>Total</b>				<b>15</b>	<b>100,0</b>	<b>15</b>	<b>100,0</b>	
Sagrada Familia		< 5 ha			4	100,0	4	100,0
	5-50 ha		1	12,5	7	87,5	8	100,0
	> 50 ha			6	100,0	6	100,0	
	<b>Total</b>		<b>1</b>	<b>5,6</b>	<b>17</b>	<b>94,4</b>	<b>18</b>	<b>100,0</b>
	Teno	< 5 ha			8	100,0	8	100,0
5-50 ha				23	100,0	23	100,0	
> 50 ha				4	100,0	4	100,0	
<b>Total</b>				<b>35</b>	<b>100,0</b>	<b>35</b>	<b>100,0</b>	

### 3.3 USO ACTUAL DEL SUELO

El uso del suelo a considerar en la representación de cada subunidad de agrupaciones prediales (por estratos de tamaño) corresponde al patrón de cultivo señalados en la presentación de los resultados de la encuesta muestral.

Esta distribución de cultivos por comuna y estrato de tamaño será la base para la posterior representación de las demandas de agua de riego y de la presencia de elementos contaminantes, situación que corresponde presentar en posteriores capítulos de este estudio.

A continuación, se presenta para cada cuenca una descripción general referida al uso actual de sus suelos.

#### 3.3.1 Cuenca del Río Huasco

El valle de Huasco, ubicado en la Tercera Región, involucra las comunas de Vallenar, Freirina y Huasco. Aguas arriba de Vallenar, el Valle es estrecho y confinado por altos cerros. Este sector incluye a los valle interiores de El Tránsito y San Félix. Por el Valle de San Félix (Primera Sección) baja el Río El Carmen, es una zona dedicada a la uva de exportación y, por años, a la producción de pisco.

En la Foto 3.3-1 se puede observar una plantación en parronal de uva de mesa de alto nivel tecnológico ubicada en el valle del estero El Tránsito. Cabe señalar que este valle ha sufrido un gran crecimiento de su superficie de riego y tecnificación de los sistema en los últimos años.

Foto 3.3-1  
Vid de Mesa Valle de El Tránsito – Alto del Carmen



Entretanto, por el Valle del Tránsito (Segunda Sección) baja el Río El Tránsito portando aguas desde la cordillera y las Lagunas Grande y Chica. Es un valle más ancho que el de San Félix y se dan condiciones para la producción de primores. La mayor producción de uva de mesa de la provincia proviene de ese sector.

En la Foto 3.3-2 se aprecia en cambio un parronal de vid pisquera, regado por surco y con escasa tecnificación, debido esencialmente a los bajos precios que se pagan en la actualidad por este producto.

Foto 3.3-2  
Vid Pisquera en valle de estero El Carmen – Alto del Carmen



Ambos ríos, el Tránsito y El Carmen, se unen en la junta del Carmen a 90 km del mar dando origen al Río Huasco, que aguas más abajo y antes de llegar a Vallenar, forman el embalse Santa Juana, todo este sector conforma la Tercera Sección, caracterizada por cultivos agrícolas más tradicionales.

En las Fotos 3.3-3 y 3.3-4 se puede apreciar el estado actual en que se encuentra el Embalse Santa Juana.

Foto 3.3-3  
Embalse Santa Juana

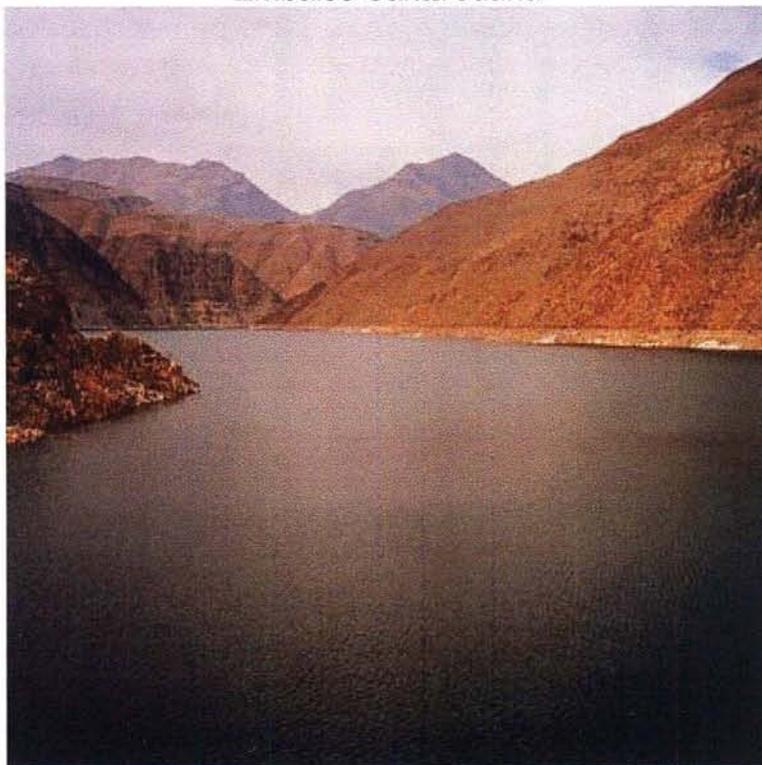
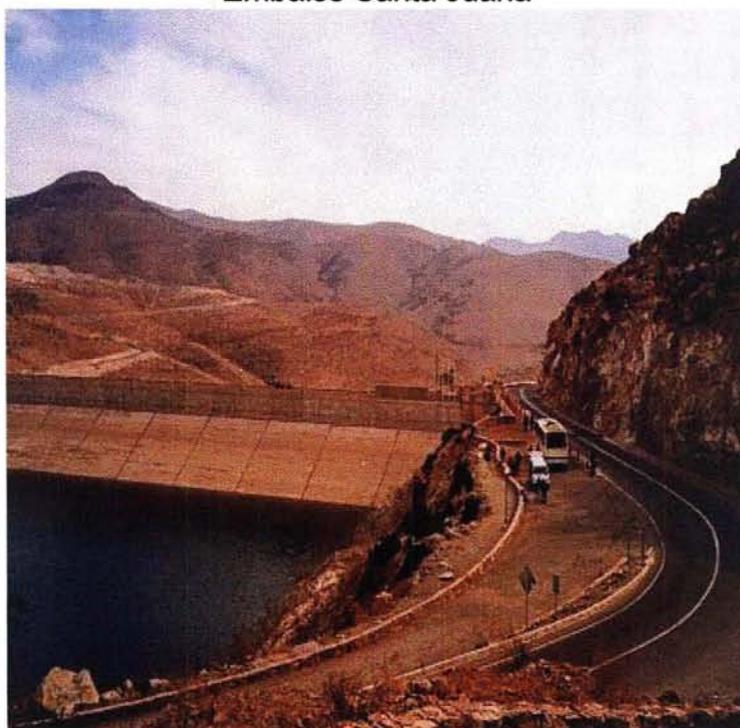
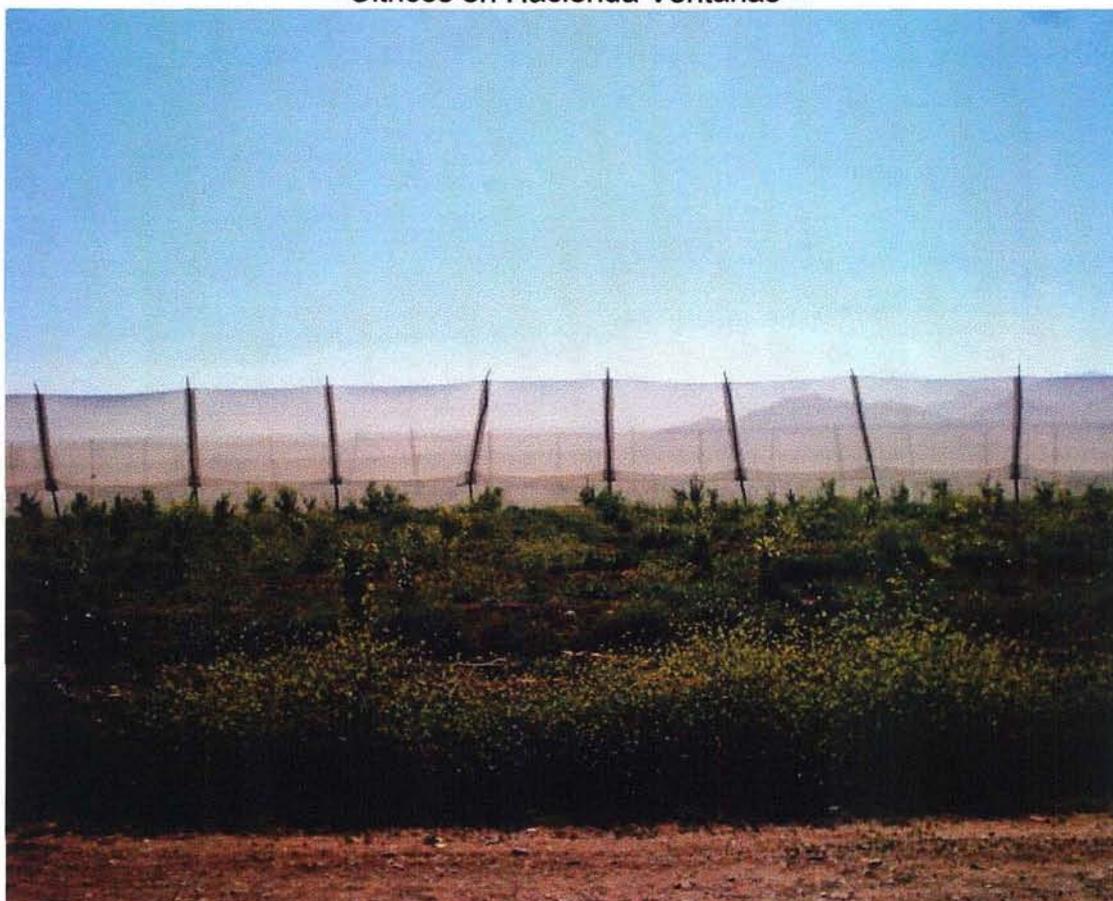


Foto 3.3-4  
Embalse Santa Juana



En tanto en la comuna de Vallenar se concentran los predios de mayor tamaño, alguno de ellos, como la Hacienda Ventanas, con tamaños que superan las 2.000 ha. En la Foto 3.3-5 se puede apreciar parte de esta hacienda en donde además de producirse cítricos, también se cultivan vides de mesa, papas y ganadería bovina, entre otros rubros.

Foto 3.3-5  
Cítricos en Hacienda Ventanas



Por otra parte, en la hacienda Perales, también de gran tamaño, a diferencia de la hacienda Ventanas, el área regada es bastante inferior, presentando una gran cantidad de excelentes suelos sin posibilidad de ser regados (ver Foto 3.3-6)

Foto 3.3-6  
Terrenos en Secano en Hacienda Perales



Al igual que en la comuna de Alto del Carmen, en Vallenar la presencia de parronales de vid de mesa también es relevante, situación que se presenta en la Foto 3.3-7.

Foto 3.3-7  
Parronales en Vallenar – Hacienda Cavanha



En el caso de pequeños productores de la comuna de Vallenar, resalta la presencia de numerosos predios ubicados entre el embalse y la ciudad en donde el principal cultivo es el palto, compuesto por numerosas variedades, muchos regados por goteo, y que son la base del abastecimiento de la zona (ver Foto 3.3-8).

Foto 3.3-8  
Paltos en pequeños predios de la comuna de Vallenar



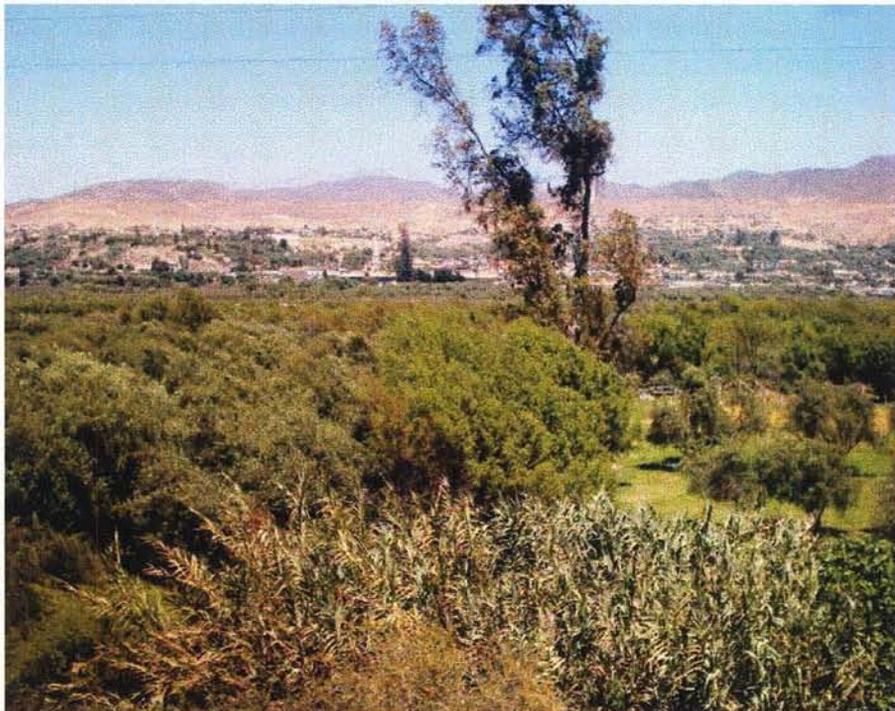
Aguas abajo de Vallenar, el Valle se extiende por 50 km hasta el Puerto de Huasco y se caracteriza por sus extensas terrazas de origen fluvial ubicadas en ambos márgenes del río (Cuarta Sección) y el cultivo tradicional de olivos.

Según lo señalado, en las comunas de Huasco y Freirina predomina el cultivo de olivos. En el caso específico de la comuna de Huasco, los olivos son esencialmente árboles de gran edad, sobre suelos con problemas leves a severos de salinidad, con escaso manejo tecnológico y rendimientos (ver Foto 3.3-9 y 3.3-10).

Foto 3.3-9  
Suelos de Vega con Problemas severos de Mal Drenaje



Foto 3.3-10  
Olivos en Huasco



En cambio, en la comuna de Freirina han aparecido nuevas plantaciones de olivos, esencialmente para aceite, algunos regados en forma tecnificada y con mayores perspectivas de desarrollo que los de la zona costera (ver Foto 3.3-11).

Foto 3.3-11  
Plantación Nueva de Olivos para Aceite



Tal como se señaló anteriormente, Freirina es una comuna con importante presencia de ganado bovino, por lo cual la existencia de praderas, naturales o artificiales es relevante (Foto 3.3-12).

Foto 3.3-12  
Praderas en Freirina



Finalmente, se debe señalar que los recursos hídricos superficiales de la cuenca se generan en su mayor parte en la zona alta, vale decir, en las cuencas de los dos ríos tributarios (El Carmen y el Tránsito); los recursos que caen más abajo de la Junta son mínimos.

Los caudales subterráneos posibles no superan los 200 l/s en las primeras tres secciones, con fuertes variaciones debidas a los angostamientos del valle y afloramientos. En cambio, desde Vallenar hacia el mar los recursos subterráneos son más interesantes. Según agricultores de la Cuarta Sección, incluso en los años más secos, el río trae agua en este sector.

### **3.3.2 Cuenca del Río Mataquito**

La cuenca del río Mataquito, se extiende desde cordillera a mar, en las comunas de Teno, Romeral, Curicó, Molina, Rauco, Sagrada Familia, Hualañé, Curepto y Licantén. Esta área es abastecida, por los ríos Teno, por el norte, y Lontué, por el sur, los cuales se unen al poniente de la ciudad de Curicó, dando origen al río Mataquito. Se debe señalar como afluente de importancia secundaria al estero Curepto, el cual desemboca en el río Mataquito a la altura de la localidad de Lora, en Licantén.

La descripción del uso del suelo se presenta a continuación, desde las localidades costeras hasta la precordillera. Así, en el área de Curepto se observan

suelos con severos problemas de drenaje y algunos con pradera natural dedicados a la ganadería (ver Foto 3.3-13).

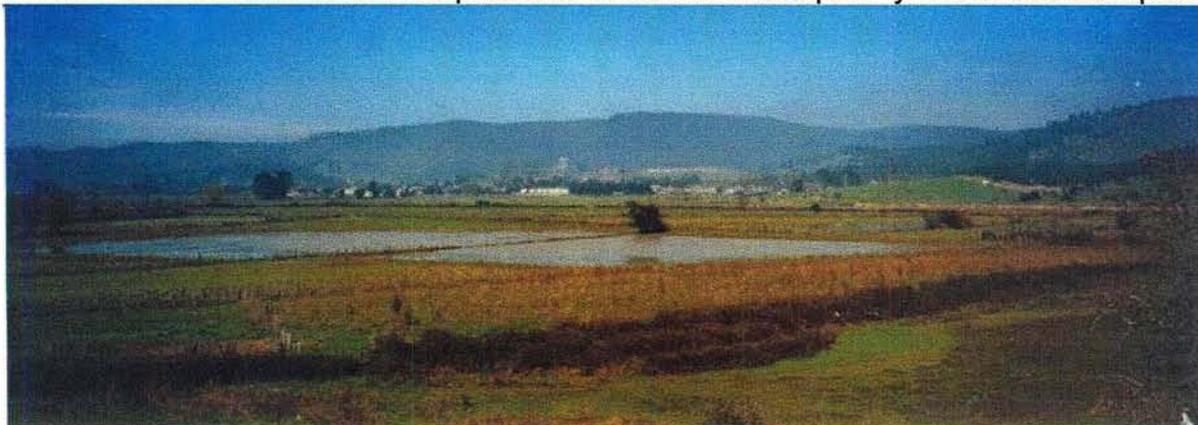
Foto 3.3-13  
Problemas de mal Drenaje



Agentes consultados de la zona señalan que en septiembre los suelos con problemas de mal drenaje son cultivados con garbanzos, lentejas, porotos o papas, pero que el interés de los agricultores por cultivar estas especies ha disminuido considerablemente debido a que los ingresos no cubren los costos.

Además, estos agentes señalan que en la zona lo más importante es la actividad ganadera (ver Foto 3.3-14).

Foto 3.3-14  
Vista Panorámica Sector Compreendido entre Río Mataquito y Localidad Curepto



Cabe señalar que algunos agricultores de la zona han arrancado sus viñas, conducidas en cabeza, ya que no han podido comercializar el vino.

En términos generales, los entrevistados informan que la gente de la zona trabaja en la forestación y otra actividad que está adquiriendo importancia es la

recolección de callampas en los cerros, cuyo producto lo vienen a comprar a la localidad.

En la parte más alta de la zona se observa una intensificación de las viñas conducidas en cabeza y aparecen algunos invernaderos de tomate, éstos últimos cuentan con el apoyo de INDAP (ver Foto 3.3-15).

Foto 3.3-15  
Invernaderos Apoyados por INDAP



En el valle del estero Rapilermo, tal como se observa en la Foto 3.3-16, existen suelos con potencial agrícola cultivados con trigo y pastos naturales. Además, esta zona continúa con el cultivo de tomates en invernaderos.

Foto 3.3-16  
Área de Rapilermo



En relación al área de Huaquen, comuna de Curepto, la mayor parte es de secano, aunque existen terrenos regados mediante goteo y otros con método tradicional.

En el área de Tonlemo, tal como se observa en la Foto 3.3-17, existen plantaciones de alfalfa regadas, cuya producción es enfardada y vendida en la

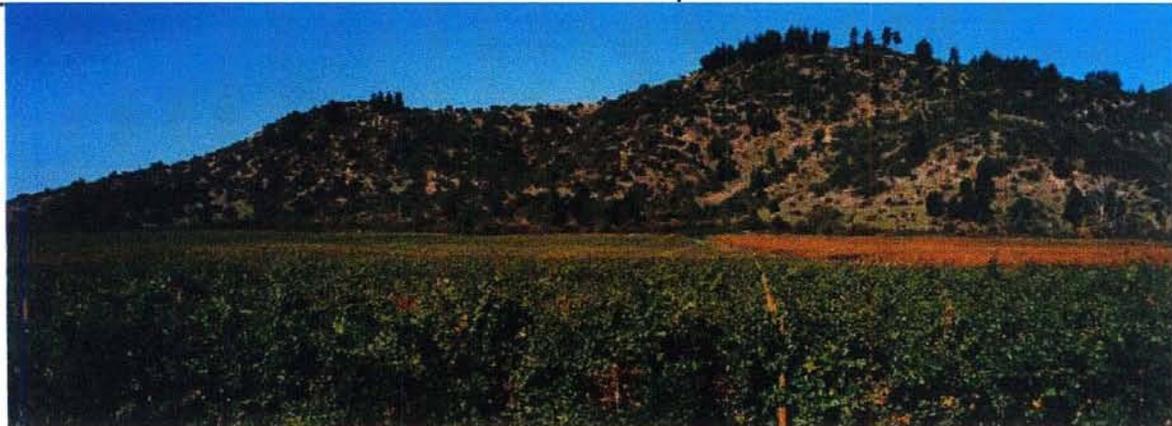
localidad. Asimismo, se cultivan zapallos, los que posteriormente son almacenados. En las casas se observan distintas especies frutales

Foto 3.3-17  
Alafalfa en Tonlemo



En la localidad de Huaquén, propiamente tal, existe una extensa superficie cultivada con viñedos y regada por goteo, con agua proveniente de elevación mecánica y de pozos (Foto 3.3-18).

Foto 3.3-18  
Viñedos en Huaquen



En el mismo sector, se constata una plantación de paltos, cítricos y manzanos, regados por goteo en buenas condiciones.

En la comuna de Licantén presenta predios a ambos lados del río, en su gran mayoría, se encuentran divididos por los caminos, cultivándose las tierras aledañas al río y sirviendo para las viviendas los terrenos en altura. En este sentido, cabe señalar que la zona es muy susceptible a inundaciones del río Mataquito, por lo que las familias instalan sus viviendas en los cerros, salvo excepciones, en que las

construcciones se encuentran en sectores bajos sufriendo las inundaciones (ver Foto 3.3-19).

Foto 3.3-19  
Problemas de Inundación en Mataquito



La agricultura desarrollada en el área es de riego y secano. La primera condición, se consigue a través de elevaciones mecánicas, lo cual no es generalizado, debido a los escasos recursos disponibles para el riego.

En el sector de La Pesca, aledaño a la costa, existen pequeños propietarios con ganado y algunas plantaciones de papayos (ver Fotos 3.3-20 y 3.3-21). En este sector la gente se dedica a la pesca y al turismo.

Foto 3.3-20  
Terrenos Dedicados a Ganadería



Foto 3.3-21  
Plantación de Papayos



En el sector de Los Gauchos se aprecian terreno inundados y con engorda intensiva de ganado bovino (Foto 3.3-22). Al lado izquierdo de la carretera, donde no existen problemas de drenaje, se constatan siembras de trigo y terrenos con pradera natural dedicados a la ganadería bovina. En los suelos regados se cultiva maíz, papas y alfalfa, en tanto que en los de secano se siembra arveja, garbanzo y trigo.

Foto 3.3-22  
Ganadería Intensiva



El sector de Lora es ganadero, aunque también explotan rubros como trigo, porotos, papas y tomates, cuya producción es comercializada en Curicó. Los frutales son sólo para autoconsumo.

En general, a lo largo de la Ribera del Río Mataquito (hasta Hualañé) se observan suelos con pradera natural, con ganado, en descanso, cultivados con trigo y otros cuyos suelos están siendo preparados para ser sembrados en primavera, sector de La Orilla (Foto 3.3-23).

Foto 3.3-23  
Vista Panorámica de Sector de La Orilla



El área de la comuna de Hualañé también presenta predios a ambos lados del río, en su gran mayoría, se encuentran divididos por los caminos, cultivándose las tierras aledañas al río y sirviendo para las viviendas los terrenos en altura. En este sentido, cabe señalar que esta zona al igual que Licantén es muy susceptible a inundaciones del río Mataquito.

La agricultura desarrollada en el área es de riego y secano. La primera condición, se consigue a través de elevaciones mecánicas, lo cual no es generalizado, debido a los escasos recursos disponibles para el riego.

En general, a lo largo de la Ribera del Río Mataquito se observan suelos con pradera natural, con ganado, en descanso, cultivados con trigo y otros cuyos suelos están siendo preparados para ser sembrados en primavera.

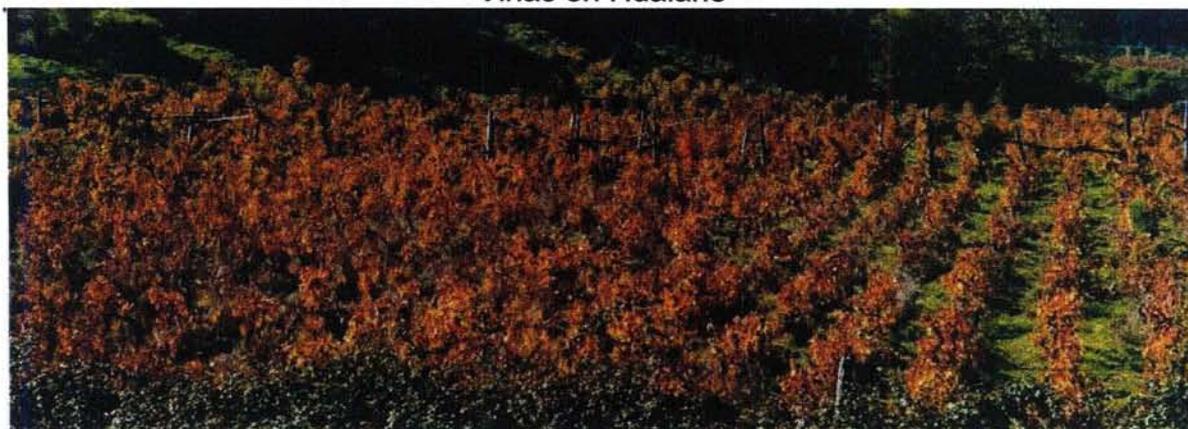
En el sector de Idahue-Placilla se cultivan hortalizas (Foto 3.3-24). También existen parronales de uva vinífera, donde algunos paños revelan problemas de drenaje.

Foto 3.3-24  
Hortalizas en Idahue Placilla



También se aprecian viñas de mayor edad conducidas en cabeza, situación que se repite en Hualañé (Ver Foto 3.3-25). En esta última localidad se observan terrenos con rastrojo de maíz, y en paños más extensos ganado bovino sobre pradera natural. En el sector de Mira Ríos existen además plantaciones forestales.

Foto 3.3-25  
Viñas en Hualañé



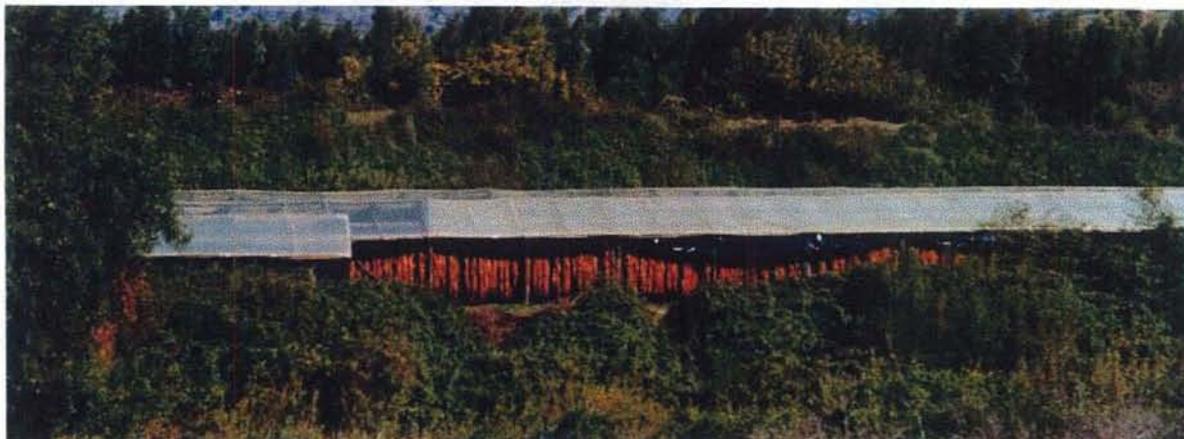
En la localidad de Docamávida se pueden cultivar los terrenos desde Septiembre en adelante, debido a las inundaciones. En condiciones de riego se cultiva poroto, maíz, papa y alfalfa.

En Calpún la mayor superficie de cultivo es bajo condiciones de secano, donde las especies de mayor relevancia son lentejas, garbanzos, chícharo, trigo y pradera natural.

Hacia el interior de Hualañé la agricultura es de riego. Agentes consultados señalan que esta condición se cumple con bombas hasta la localidad de Los Cuervos y

con canal riegan hasta Idahue. Indican que los rubros más cultivados son maíz, tabaco, tomate para conserva y pimentón; señalan que remolacha no cultivan por el costo del flete y que las hortalizas no son convenientes por encontrarse alejados de los centros de consumo (Foto 3.3-26).

Foto 3.3-26  
Secado de Tabaco

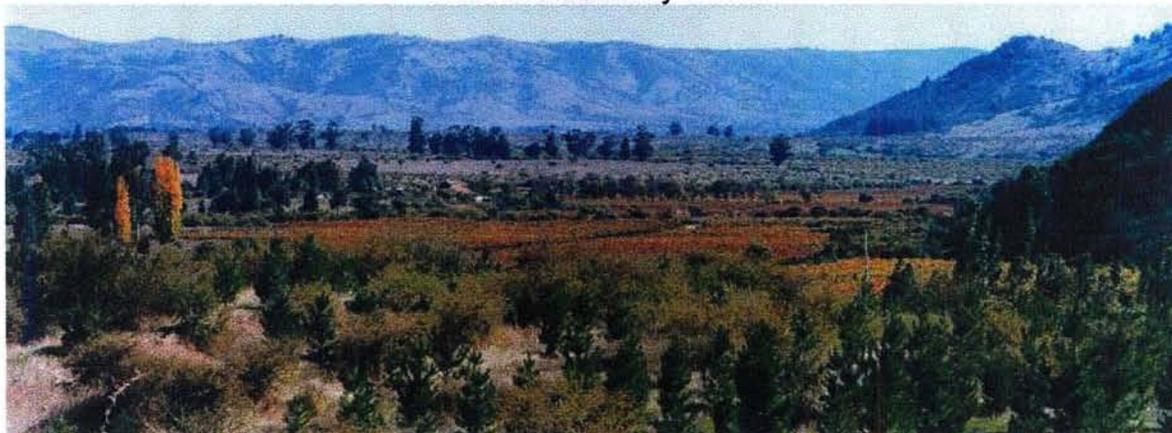


Los entrevistados indican que la ganadería ha disminuido, ya que los cultivos efectuados son más rentables. Asimismo, como han tenido lugar años secos, el pasto en los cerros han escaseado, lo que ha obligado a los productores de ese sector a vender el ganado.

En el área de Peralillo, comuna de Hualañe, comienza con una fuerte presión forestal en cerros y lomajes. Al llegar al valle aparecen viñas de carácter comercial y se aprecian suelos sin habilitar dedicados a ganadería.

La agricultura desarrollada en el área es de riego y secano. La primera condición, se consigue a través de elevaciones mecánicas, lo cual no es generalizado, debido a los escasos recursos disponibles para el riego (Ver Foto 3.3-27).

Foto 3.3-27  
Presión Forestal y Viñas



En general, se observan suelos con pradera natural, con ganado, en descanso, cultivados con trigo y otros cuyos suelos están siendo preparados para ser sembrados. También se constatan terrenos con maíz y viñas de mayor edad conducidas en cabeza. En Peralillo se destaca una plantación de vides viníferas regadas por goteo, además en este sector cultivan tomate industrial y maíz. El tomate industrial lo venden en Iansa y Agrossi.

En la ribera sur del río Mataquito, comuna de Curepto, cultivan maíz y algo de alfalfa. También existen vides en espaldera regadas.

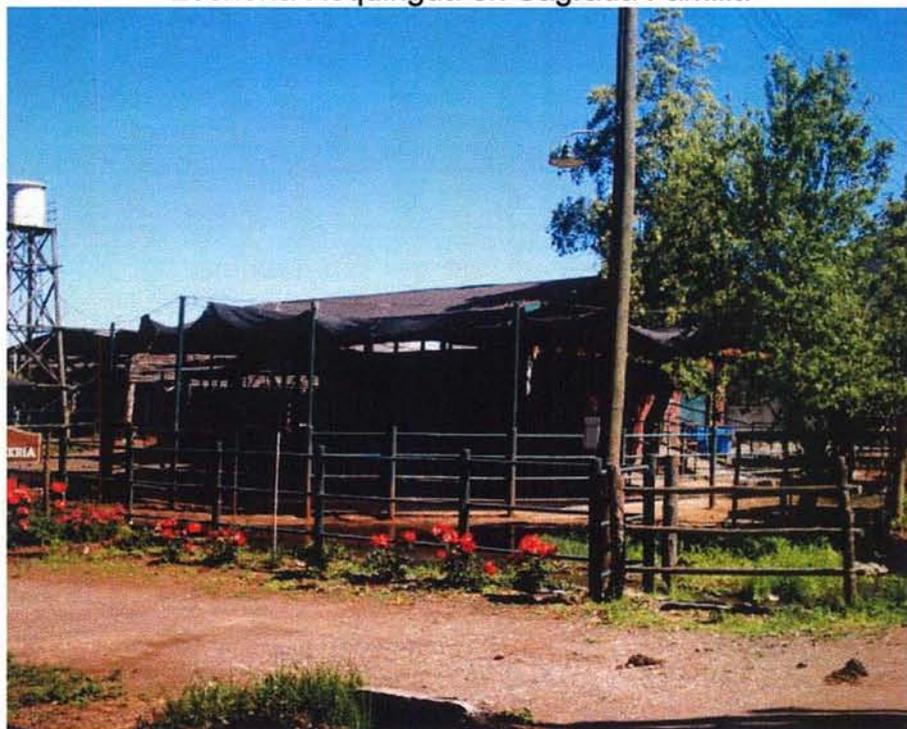
En Sagrada Familia, específicamente en Villa Prat, se observa una agricultura más diversificada, ya que cuentan con agua de riego de la elevación de Culenar. Así, se constatan cultivos de maíz, viñedos, olivos, ají y otras hortalizas; éstas últimas en las casas. Además, se aprecian siembras de trigo y ganado bovino sobre pastos naturales (Ver Foto 3.3-28).

Foto 3.3-28  
Ají y otros Cultivos en Villa Prat



En Sagrada Familia se encuentra la lechería más grande de la provincia (ver Foto 3.3-29), ubicada en la Hacienda Requiringua, cuya tecnología en la elaboración de productos lácteos, además de vinos de exportación, la tornan un ejemplo para el resto de los agricultores. De igual forma, la hacienda El Cóndor de Peteroa, la más grande en la zona es la principal productora de aceite de oliva del país, a través de su marca premiada en el extranjero y denominada Terramater.

Foto 3.3-29  
Lechería Requiringua en Sagrada Familia



Por otra parte, en Molina es donde se concentra la mayor cantidad de vides viníferas, especialmente por la presencia de la Viña San Pedro, la cual posee alrededor de 2.000 de vides en la zona (ver Foto 3.3-30).

Foto 3.3-30  
Viña San Pedro



En conversaciones sostenidas con agentes de la Viña San Pedro, una de las empresas que demanda una gran cantidad de uva de los agricultores del área de estudio, señalan que el principal problema que enfrenta el rubro es la falta de especialización de las zonas en relación a las variedades cultivadas. En este sentido el área de estudio es óptima para el cultivo de variedades tintas como Cabernet Sauvignon y Merlot.

Por otra parte, se exige calidad en desmedro de la cantidad de uva producida. En este aspecto, es necesario que el cultivo sea manejado por agricultores que apliquen un elevado nivel tecnológico y que aseguren sus producciones con contratos de mediano a largo plazo con las empresas vitivinícolas existentes en la región.

De igual forma, la presencia de plantaciones de manzanos en varias de las comunas estudiadas, es una clara señal de que este cultivo sigue siendo uno de los favoritos de los agricultores debido a su estabilidad en cuanto a precios y a lo difundido de su manejo.

En la Foto 3.3-31 se puede apreciar una plantación de manzanos en la comuna de Molina.

Foto 3.3-31  
Manzanos en Molina



En el caso de Curicó la presencia de otros frutales, además de vides viníferas, como manzanos y cerezos también es relevante, teniendo en consideración que en esta comuna es donde se concentra la mayor cantidad de empresas exportadoras y agroindustrias de la cuenca. En Curicó también se ha detectado la presencia de los únicos dos planteles de cerdos existentes en la zona, ambos ubicados en el camino a Los Niches.

En la Foto 3.3-32 se presenta el plantel de cerdos de El Peñón el cual actualmente maneja un total de 22.000 cabezas. Se debe señalar que esta empresa realiza un adecuado manejo de los purines descargando sus aguas completamente limpias a través de los canales de riego existentes en la zona.

Al respecto, este plantel procesa sus aguas a través de decantadores y filtros de gravas, separando los elementos sólidos del agua. Posteriormente, los sólidos son destinados a elaboración de fertilizantes y alimento de ganado (pasto mezclado con fecas), en tanto que los líquidos son utilizados para riego de especies forestales y praderas.

Foto 3.3-32  
Plantel de Cerdo El Peñón



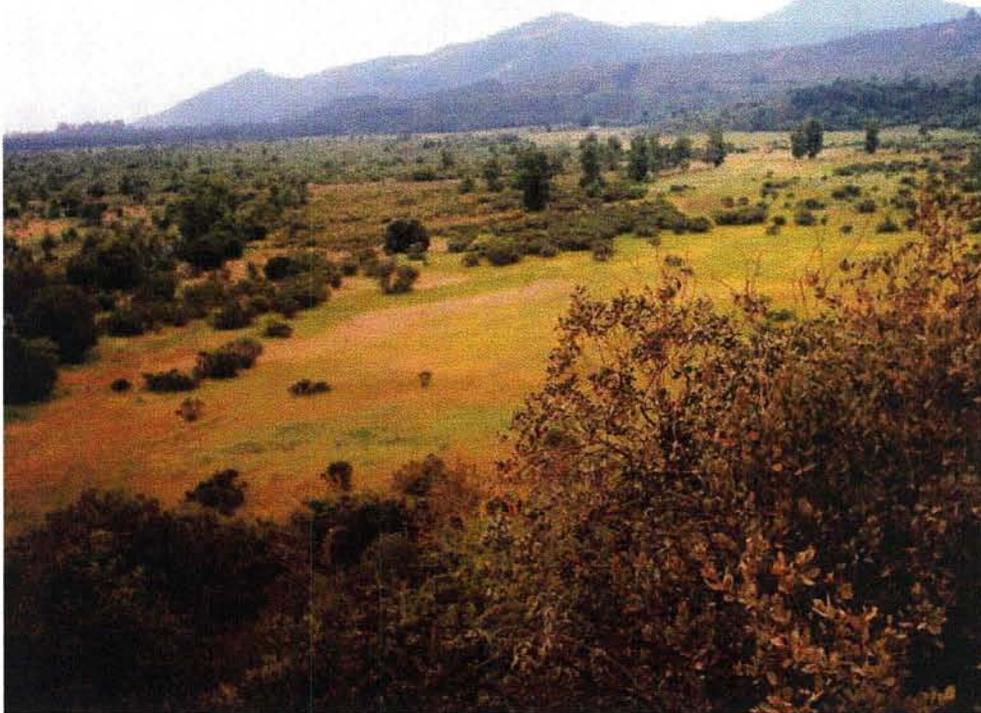
Por otra parte, el plantel de Los Castaños, el más grande de la zona, con un total de 30.000 animales, posee un depósito de purines, donde se prensan y separan los sólidos de los líquidos. Posteriormente, los sólidos se llevan a un sitio de acumulación donde se descomponen y se transforman en un fertilizante orgánico, del cual parte se vende y la otra se utiliza en plantaciones de vides y cerezos que posee esta empresa. En cuanto a los líquidos, estos son utilizados como fuente de riego para un bosque de eucaliptos destinado a evapotranspirar estos residuos (ver Foto 3.3-33).

Foto 3.3-33  
Plantel de Cerdo Los Castaños



Cabe señalar que si bien Curicó es la comuna que presenta una mayor cantidad de sus suelos regados, también existen algunos terrenos actualmente en seco y que presentan un adecuado potencial para ser incorporados al riego. Como ejemplo se puede apreciar en la Foto 3.3-34 suelos ubicados cerca de la localidad de Potrero Grande actualmente en condiciones hídricas de seco.

Foto 3.3-34  
Terrenos secano Potrero Grande Curicó



Por otra parte, en la comuna de Romeral, es donde se concentra la mayor cantidad de plantaciones de cerezos y frambuesas existentes en la zona. En Teno si bien la presencia de frambuesa es importante, adquiere mayor relevancia la actividad ganadera y cerealera, debido esencialmente a la menor calidad de los suelos que componen esta comuna.

En la Foto 3.3-35 se puede apreciar una plantación de cerezos en formación y regada por goteo.

Foto 3.3-35  
Cerezos regados por goteo en la comuna de Romeral



En la zona precordillerana de Romeral existe una gran cantidad de terrenos cultivados con empastadas y frambuesas. Ambos cultivos se adaptan perfectamente a estas condiciones más restringidas que en el valle central (ver Fotos 3.3-36 y 3.3-37).

Foto 3.3-36  
Panorámica Comuna de Romeral cercano a la localidad de Los Queñes



Foto 3.3-37  
Frambuesa en comuna de Romeral



Tal como se indicó anteriormente, la comuna de Teno es la que presenta una mayor cantidad de predios dedicados a la actividad ganadera, esencialmente debido a que la calidad de sus suelos es menor que en el resto de las comunas. En la Foto 3.3-38 se pueden apreciar las primeras empastadas regadas en la zona precordillerana de esta comuna.

Foto 3.3-38  
Primeras Áreas regadas en la comuna de Teno



En la Foto 3.3-39 se puede apreciar una panorámica de parte de los suelos cultivados con cereales y empastadas en Teno.

Foto 3.3-39  
Panorámica Teno Cultivos Anuales y Empastadas



Además, en Teno, se detectó una relevante cantidad de suelos cultivados con remolacha, cultivo que debido a los problemas de competencia con productos importados de similares cualidades, ha disminuido notoriamente su presencia tanto en cantidad como en disminución de los precios pagados a agricultor (ver Foto 3.3-40).

Foto 3.3-40  
Remolacha en comuna de Teno



### **3.4 IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE POSIBLES CONTAMINANTES**

#### **3.4.1 Actividad Agrícola y Ganadera**

##### **3.4.1.1 Introducción**

Para lograr el aumento de la producción agrícola así como el correcto estado fitosanitario de los cultivos, se requiere el uso de fertilizantes y pesticidas, sin perder de vista que de igual manera implican un riesgo para la salud, no sólo para quien lo aplica, sino que también para otros sectores de la población.

De esta forma el hombre ha desarrollado productos en base a componentes orgánicos e inorgánicos destinados a potenciar la producción de especies agrícolas tanto en el orden nutritivo como en función del control de plagas y enfermedades que afectan a nuestros cultivos.

La práctica de fertilización en los últimos decenios, producto de la alta competitividad productiva y cualitativa que enfrentan actualmente los agricultores, ha crecido en forma insospechada, de tal manera que la aplicación de componentes nitrogenados, sobre todo en cultivo de cereales y empastadas, se ha convertido en el principal foco de contaminación de aguas subterráneas.

Por otra parte, el control de las plagas y enfermedades se hace indispensable, pues gran parte de las cosechas son destruidas por éstas, cuando no se aplican las medidas necesarias para combatirlas o controlarlas. Si bien, diversas culturas han desarrollado mecanismos para combatir y controlar las plagas, no es hasta la Segunda Guerra Mundial, con el desarrollo de la industria química, que la producción de plaguicidas sintéticos comenzó a ser sistemática y se convirtió en la manera predominante de combatirlas.

Dependiendo de la forma de utilizarlos, de la clase de fertilizantes y pesticidas utilizados y la manipulación de estos, se detectan residuos en alimentos, aguas, tierra, aire y vida silvestre. De aquí nace la importancia de investigar los principales productos utilizados en las cuencas, para determinar así, la posible incidencia de estos en la calidad de las aguas de los ríos en Estudio.

##### **3.4.1.2 Formas de Contaminación**

Las aguas subterráneas suelen ser más difíciles de contaminar que las superficiales, pero cuando esta contaminación se produce, es más difícil de eliminar. Sucede esto porque las aguas del subsuelo tienen un ritmo de renovación muy lento.

Se calcula que mientras el tiempo de permanencia medio del agua de los ríos es de días, en un acuífero es de cientos de años, lo que hace muy difícil su purificación.

Se suelen distinguir dos tipos de procesos contaminantes de las aguas subterráneas: los puntuales que afectan zonas muy localizadas, y los difusos que provocan contaminación dispersa en zonas amplias, en la que no es fácil identificar un foco principal.

Las actividades que suelen provocar contaminación puntual son:

- Lixiviados de vertederos de residuos urbanos y fugas de agua residuales que se infiltran en el terreno.
- Lixiviados de vertederos industriales, de relaves de minas, depósitos de residuos radioactivos o tóxicos mal aislados, gasolineras con fugas en sus depósitos de combustible, etc.
- Pozos sépticos y acumulaciones de purines procedentes de las granjas.

Este tipo de contaminación suele ser más intensa junto al lugar de origen y se va diluyendo con la distancia.

La contaminación difusa, por su parte, suele estar provocada por:

- Uso excesivo de fertilizantes y pesticidas en la agricultura.
- Explotación excesiva de los acuíferos que facilita el que las aguas salinas invadan la zona de agua dulce, por desplazamiento de la interfase entre los dos tipos de agua.

Este tipo de contaminación puede provocar situaciones especialmente preocupantes con el paso del tiempo, al ir cargándose de contaminación, lenta pero continuamente, zonas muy extensas.

Los principales problemas de los acuíferos son por contaminación difusa, principalmente por nitratos y por invasión de agua salada. Las contaminaciones puntuales no son un grave problema, exceptuando algunas zonas muy concretas en núcleos industriales o junto a grandes poblaciones.

Se distinguen dos tipos de contaminantes:

- Conservativos: su estructura química se mantiene a lo largo del tiempo a pesar de su interacción con los materiales del medio. A pesar de no verse alterados, no siempre son capaces de llegar al agua subterránea pues procesos tales como la adsorción en la superficie de arcillas o materia orgánica o la formación de complejos insolubles pueden fijarlos o retrasar su avance (contaminantes químicos).
- No conservativos: son aquellos cuya estructura química se modifica al interaccionar con el medio o por autodegradación (contaminantes orgánicos o biológicos).

### 3.4.1.3 Clasificación de Fertilizantes y su Presencia en las Área de Estudio

Los fertilizantes se subdividen en orgánicos e inorgánicos. Para las áreas específicas en estudio los fertilizantes orgánicos están compuestos por guanos de cabra, pollo y vacuno.

En cuanto a la clasificación general de fertilizantes, estos se subdividen esencialmente en nitrogenados, fosfatados y potásicos. Al respecto, el principal problema que afecta a las aguas subterráneas es la elevada concentración de nitratos, provenientes mayoritariamente del empleo de abonos inorgánicos.

El uso de fertilizantes puede afectar a las aguas de la siguiente manera:

- Al proliferar las bacterias del suelo que consumen el nitrógeno disponible aumentan las necesidades de fertilizantes nitrogenados.
- La aplicación de dosis excesivas de fertilizantes con un alto contenido en agua afecta a las propiedades físicas del suelo, lo que causa un incremento de la lixiviación de sustancias nitrogenadas y un deterioro en la calidad de humus.
- La aplicación de abonos líquidos que contengan nitrógeno amoniacal puede afectar directamente a la calidad de las aguas subterráneas.
- Los microorganismos presentes en los abonos orgánicos naturales pueden contaminar las aguas.
- Los compuestos nitrogenados orgánicos antes de que puedan ser empleados por las plantas o arrastrados hacia el agua subterránea han de pasar por las etapas de mineralización. Esta lenta liberación mejora su rendimiento y limita su acceso al agua.
- Los compuestos de fósforo presentan una movilidad muy reducida y son rápidamente fijados o adsorbidos por los compuestos del suelo.

Según lo anterior, a través de los resultados de la encuesta muestral efectuada a las áreas de las cuencas de los ríos Huasco y Mataquito se han determinado por comuna y estrato de tamaño los principales fertilizantes con sus dosis aplicadas para cada rubro productivo.

En la Tabla 3.4-1 se presenta la información referida a la cuenca del río Huasco y en la Tabla 3.4-2 al río Mataquito.

Tabla 3.4-1  
 Uso de Fertilizantes por Comuna, Estrato de Tamaño y Cultivo  
 Cuenca del Río Huasco

Comuna	Estrato de Tamaño	Especie	Nombre Comercial	Dosis por ha	Composición Porcentual (%)			Composición en Kilos			
					N	P	K	N	P	K	
Alto del Carmen	< 1	Alfalfa	Urea	200,0	46,0%			92,0			
		Pr. Natural	Guano	2.000,0	2,5%	1,2%	2,6%	50,0	24,0	52,0	
	1-10	Uva de Mesa	Urea	150,0	46,0%			69,0			
			Sulfato de K Nitrato de K	80,0 200,0	13,5%		50,0% 45,0%	27,0		40,0 90,0	
		Vid Pisquera	Urea	150,0	46,0%			69,0			
			SFT Salitre K	250,0 111,0	15,0%	47,0%	14,0%	17,0	118,0	16,0	
	10-50	Uva de Mesa	Sulfato de K Nitrato de K	70,0 200,0	13,5%		50,0% 45,0%	27,0		35,0 90,0	
			Urea	100,0	46,0%			46,0			
		Cítricos	Nitrato de K	100,0	13,5%		45,0%	14,0		45,0	
	> 50	Uva de Mesa	Guano	2.300,0	2,5%	1,2%	2,6%	58,0	28,0	60,0	
			Nitrato de K Sulfato de K	150,0 60,0	13,5%		45,0% 48,0%	20,0		68,0 29,0	
	Vallenar	< 1	Maíz	Urea	100,0	46,0%			46,0		
Palto			Urea	300,0	46,0%			138,0			
1-10		Palto	Guano	700,0	2,5%	1,2%	2,6%	18,0	8,0	18,0	
		Vid Pisquera	Urea	420,0	46,0%			193,0			
10-50		Uva de Mesa	Nitrato de K Sulfato de K	175,0 50,0	13,5%		45,0% 50,0%	24,0		79,0 25,0	
			Palto	Guano	1.500,0	2,5%	1,2%	2,6%	38,0	18,0	39,0
		Trigo	Urea	420,0	46,0%			193,0			
			Urea	80,0	46,0%			37,0			
> 50		Poroto Granado	Urea	100,0	11,0%	52,0%		11,0	52,0		
			Urea SFT	350,0 25,0	46,0%	47,0%		161,0	12,0		
		Arveja Verde	Palto	Urea	100,0	46,0%			46,0		
			Urea	125,0	46,0%			58,0			
			SFT	25,0		47,0%			12,0		
			Nitrato de K Fosfato Diamónico	150,0 100,0	13,5% 11,0%	52,0%	45,0%	20,0 11,0	52,0	68,0	
			Uva de Mesa	Sulfato de K	70,0			50,0%			35,0
			Trigo	Urea	400,0	46,0%			184,0		
Tomate		Urea	200,0	46,0%			92,0				
		Nitrato de K	150,0	13,5%		45,0%	20,0		68,0		
	Fosfato Diamónico	100,0	11,0%	52,0%		11,0	52,0				
	Urea	100,0	46,0%			46,0					
Freirina	< 1	Olivo	Guano	156,0	2,5%	1,2%	2,6%	4,0	2,0	4,0	
		Urea	16,0	46,0%			7,0				
	1-10	Olivo	Guano	320,0	2,5%	1,2%	2,6%	8,0	4,0	8,0	
		Urea	100,0	46,0%			46,0				
	> 50	Olivo	Nitrato de K Guano	50,0 1.000,0	13,5% 2,5%	1,2%	45,0% 2,6%	7,0 25,0	12,0	23,0 26,0	
			Urea	200,0	46,0%			92,0			
Huasco	< 1	Olivo	Urea	200,0	46,0%			92,0			
		Guano	1.800,0	2,5%	1,2%	2,6%	45,0	22,0	47,0		
	1-10	Olivo	Urea	160,0	46,0%			74,0			
			Sulfato de K SFT	40,0 80,0		47,0%	50,0%		38,0	20,0	
			Guano	1.600,0	2,5%	1,2%	2,6%	40,0	19,0	42,0	
	10-50	Olivo	Urea	180,0	46,0%			83,0			
			Sulfato de K	80,0			50,0%			40,0	
	> 50	Olivo	Urea	160,0	46,0%			74,0			
Sulfato de K			160,0			50,0%			80,0		

Tabla 3.4-2  
Uso de Fertilizantes por Comuna, Estrato de Tamaño y Cultivo  
Cuenca del Río Mataquito

Comuna	Estrato de Tamaño	Especie	Nombre Comercial	Dosis por ha	Composición Porcentual (%)			Composición en Kilos		
					N	P	K	N	P	K
Curepto	< 5	Frutilla	Urea	120,0	46,0%			55,0		
		Maiz	Urea	160,0	46,0%			74,0		
	5-50	Papa	Urea	100,0	46,0%			46,0		
			SFT	50,0		47,0%			24,0	
	50-500	Vid Vinífera	Urea	200,0	46,0%			92,0		
		Guano	10.000,0	2,0%	1,0%	2,3%	200,0	100,0	230,0	
	> 500	Vid Vinífera	Urea	200,0	46,0%			92,0		
Hualañe	< 5	Maiz	Urea	150,0	46,0%			69,0		
			SFT	250,0	46,0%			115,0		
	5-50	Maiz	Urea	400,0	46,0%			184,0		
			SFT	100,0		47,0%			47,0	
	> 500	Semillero Maiz	Urea	500,0	46,0%			230,0		
			SFT	200,0		47,0%			94,0	
		Tomate Industrial	Urea	5.000,0	46,0%			2.300,0		
			SFT	200,0	46,0%			92,0		
		Urea	150,0	46,0%			69,0			
		Guano	5.000,0	46,0%			2.300,0			
Licantén	< 5	Garbanzo	SFT	60,0		47,0%			28,0	
			Urea	150,0	46,0%			69,0		
	5-50	Trigo	SFT	75,0		47,0%			35,0	
			SFT	80,0		47,0%			38,0	
	> 500	Alfalfa	SFT	80,0		47,0%			38,0	
Guano			2.000,0	2,0%	1,0%	2,3%	40,0	20,0	46,0	

Comuna	Estrato de Tamaño	Especie	Nombre Comercial	Dosis por ha	Composición Porcentual (%)			Composición en Kilos		
					N	P	K	N	P	K
Curicó	< 5	Vid Vinífera	Urea	100,0	46,0%			46,0		
			SFT	50,0		47,0%			24,0	
	5-50	Vid Vinífera	Urea	175,0	46,0%			81,0		
			Nitrato de K	115,0	13,5%		45,0%	16,0		52,0
			SFT	60,0		47,0%			28,0	
		Guano	2.000,0	2,0%	1,0%	2,3%	40,0	20,0	46,0	
		Alcachofa	Urea	360,0	46,0%			166,0		
	Cerezo	Urea	200,0	46,0%			92,0			
		SFT	100,0		47,0%			47,0		
	Manzano	Urea	300,0	46,0%			138,0			
		Salitre K	300,0	15,0%		14,0%	45,0		42,0	
	Maiz	Urea	600,0	46,0%			276,0			
		Mezcla NPK	800,0	27,0%	17,0%	11,0%	216,0	136,0	88,0	
	> 50	Vid Vinífera	Urea	150,0	46,0%			69,0		
Guano			2.000,0	2,0%	1,0%	2,3%	40,0	20,0	46,0	
Cerezo		Urea	250,0	46,0%			115,0			
		Nitrato de K	100,0	13,5%		45,0%	14,0		45,0	
Manzano		Urea	325,0	46,0%			150,0			
		SFT	75,0		47,0%			35,0		
Salitre K		250,0	15,0%		14,0%	38,0		35,0		
Semillero Maiz	Urea	300,0	46,0%			138,0				
	SFT	200,0		47,0%			94,0			

Tabla 3.4-2 (Continuación)  
 Uso de Fertilizantes por Comuna, Estrato de Tamaño y Cultivo  
 Cuenca del Río Mataquito

Comuna	Estrato de Tamaño	Especie	Nombre Comercial	Dosis por ha	Composición Porcentual (%)			Composición en Kilos		
					N	P	K	N	P	K
Molina	< 5	Vid Vinífera	Guano	5.000,0	2,0%	1,0%	2,3%	100,0	50,0	115,0
		Vid Vinífera	Urea	160,0	46,0%			74,0		
			Nitrato de K	70,0	13,5%		45,0%	9,0		32,0
	5-50	Cerezo	Urea	175,0	46,0%			81,0		
		Maíz	Urea	600,0	46,0%			276,0		
			Mezcla NPK	800,0	27,0%	17,0%	11,0%	216,0	136,0	88,0
		Manzano	Urea	200,0	46,0%			92,0		
			Sulfato de K SFT	160,0 100,0		47,0%	50,0%		47,0	80,0
		Trigo	Urea SFT	150,0 80,0	46,0%	47,0%		69,0	38,0	
	> 50	Kiwi	Urea	500,0	46,0%			230,0		
		Manzano	Urea	250,0	46,0%			115,0		
			Salitre K	320,0	15,0%		14,0%	48,0		45,0
		Peral	Urea	150,0	46,0%			69,0		
		Maíz	Urea Mezcla NPK	250,0 500,0	46,0% 27,0%	17,0%	11,0%	115,0 135,0	85,0	55,0
	Vid Vinífera	Urea SFT	175,0 75,0	46,0%	47,0%		81,0	35,0		
Rauco	< 5	Huerta Casera	Urea	200,0	46,0%			92,0		
	5-50	Cerezo	Urea	50,0	46,0%			23,0		
			Guano	500,0	2,0%	1,0%	2,3%	10,0	5,0	12,0
		Kiwi	Urea	195,0	46,0%			90,0		
			Nitrato de K Guano	170,0 500,0	13,5% 2,0%	1,0%	4,0% 2,3%	23,0 10,0	5,0	7,0 12,0
		Uva de Mesa	Urea	190,0	46,0%			87,0		
		Vid Vinífera	Guano	7.000,0	3,0%			210,0		
	Pr. Mixta	Urea	200,0	46,0%			92,0			
	> 50	Kiwi	Urea Nitrato de K	100,0 35,0	46,0% 13,5%		45,0%	46,0 5,0		16,0
		Trigo	Urea	300,0	46,0%			138,0		

Comuna	Estrato de Tamaño	Especie	Nombre Comercial	Dosis por ha	Composición Porcentual (%)			Composición en Kilos		
					N	P	K	N	P	K
Romeral	< 5	Kiwi	Urea	200,0	46,0%			92,0		
			Nitrato de K	50,0	13,5%			7,0		23,0
			Guano	700,0	2,0%	1,0%	2,3%	14,0	7,0	16,0
		Frambuesa	Urea	90,0	46,0%			41,0		
			SFT	100,0		47,0%			47,0	
			Mezcla NPK Salitre K	80,0 100,0	27,0% 15,0%	17,0%	11,0% 14,0%	22,0 15,0	14,0	9,0 14,0
		Cerezo	Urea	80,0	46,0%			37,0		
			Mezcla NPK	80,0	27,0%	17,0%	11,0%	22,0	14,0	9,0
		5-10	Trigo	Urea	400,0	46,0%			184,0	
	Mezcla NPK			300,0	27,0%	17,0%	11,0%	81,0	51,0	33,0
	Cebada		Urea	250,0	46,0%			115,0		
			Mezcla NPK	150,0	27,0%	17,0%	11,0%	41,0	26,0	17,0
	Semillero Maíz		Urea	200,0	46,0%			92,0		
	Kiwi		Urea	200,0	46,0%			92,0		
			Nitrato de K	50,0	13,5%		45,0%	7,0		23,0
	Manzano		Urea	225,0	46,0%			104,0		
	Frambuesa		Urea	200,0	46,0%			92,0		
			Salitre K Mezcla NPK	100,0 300,0	15,0% 27,0%	17,0%	14,0% 11,0%	15,0 81,0	51,0	14,0 33,0
	Cerezo	Urea	200,0	46,0%			92,0			
	Semillero Maravilla	Mezcla NPK	350,0	27,0%	17,0%	11,0%	95,0	60,0	39,0	
	> 50	Frambuesa	Urea	200,0	46,0%			92,0		
			Mezcla NPK	100,0	27,0%	17,0%	11,0%	27,0	17,0	11,0
		Maíz	Urea	600,0	46,0%			276,0		
SFT			100,0		47,0%			47,0		
Semillero Maíz		Urea	200,0	46,0%			92,0			
Trigo	Urea Mezcla NPK	300,0 180,0	46,0% 27,0%	17,0%	11,0%	138,0 49,0	31,0	20,0		

Tabla 3.4-2 (Continuación)  
 Uso de Fertilizantes por Comuna Estrato de Tamaño y Cultivo  
 Cuenca del Río Mataquito

Comuna	Estrato de Tamaño	Especie	Nombre Comercial	Dosis por ha	Composición Porcentual (%)			Composición en Kilos		
					N	P	K	N	P	K
Sagrada Familia	< 5	Tomate	Urea	400,0	46,0%			184,0		
			SFT	220,0		47,0%			103,0	
	5-50	Maíz	Urea	500,0	46,0%			230,0		
			SFT	100,0		47,0%			47,0	
			Mezcla NPK	800,0	27,0%	17,0%	11,0%	216,0	136,0	88,0
		Papa	Urea	250,0	46,0%			115,0		
		SFT	120,0		47,0%			56,0		
		Vid Vinífera	Urea	78,0	13,5%		45,0%	11,0		35,0
			Nitrato de K	10.000,0	2,0%	1,0%	2,3%	200,0	100,0	230,0
	> 50	Tomate	Urea	400,0	46,0%			184,0		
			SFT	220,0		47,0%			103,0	
		Cerezo	Urea	200,0	46,0%			92,0		
		SFT	50,0		47,0%			24,0		
		Ciruelo	Urea	350,0	46,0%			161,0		
	SFT	80,0		47,0%			38,0			
	> 50	Vid Vinífera	Urea	175,0	46,0%			81,0		
			SFT	50,0		47,0%			24,0	
Maíz		Urea	500,0	46,0%			230,0			
		Mezcla NPK	600,0	27,0%	17,0%	11,0%	162,0	102,0	66,0	
Peral		Urea	200,0	46,0%			92,0			
Olivo		Urea	250,0	46,0%			115,0			
Ciruelo		Urea	300,0	46,0%			138,0			
	Guano	10.000,0	2,0%	1,0%	2,3%	200,0	100,0	230,0		
Semillero Maíz	Urea	350,0	46,0%			161,0				
	Mezcla NPK	450,0	27,0%	17,0%	11,0%	122,0	77,0	50,0		
Guano	20.000,0	2,0%	1,0%	2,3%	400,0	200,0	460,0			

Comuna	Estrato de Tamaño	Especie	Nombre Comercial	Dosis por ha	Composición Porcentual (%)			Composición en Kilos		
					N	P	K	N	P	K
Teno	< 5	Trigo	Urea	500,0	46,0%			230,0		
			Mezcla NPK	200,0	27,0%	17,0%	11,0%	54,0	34,0	22,0
		Frambuesa	SFT	65,0		47,0%			31,0	
			Salitre K	65,0	15,0%		14,0%	10,0		9,0
		Cerezo	Urea	200,0	46,0%			92,0		
	SFT		80,0		47,0%			38,0		
	5-50	Maíz	Urea	100,0	46,0%			46,0		
			Urea	275,0	46,0%			127,0		
		Kiwi	Nitrato de K	150,0	13,5%		45,0%	20,0		68,0
			Guano	6.000,0	2,0%	1,0%	2,3%	120,0	60,0	138,0
		Manzano	Urea	100,0	46,0%			46,0		
			Guano	10.000,0	2,0%	1,0%	2,3%	200,0	100,0	230,0
		Remolacha	Mezcla NPK	700,0	27,0%	17,0%	11,0%	189,0	119,0	77,0
		Frambuesa	Salitre K	20,0	15,0%		14,0%	3,0		3,0
			Nitrato de K	50,0	13,5%		45,0%	7,0		23,0
		Maíz	Urea	525,0	46,0%			242,0		
			Mezcla NPK	425,0	27,0%	17,0%	11,0%	115,0	72,0	47,0
		Tomate Industrial	Urea	300,0	46,0%			138,0		
	SFT		150,0		47,0%			71,0		
	Mezcla NPK		400,0	27,0%	17,0%	11,0%	108,0	68,0	44,0	
	Trigo	Nitrato de K	100,0	13,5%		45,0%	14,0		45,0	
		Urea	400,0	46,0%			184,0			
	Poroto	Mezcla NPK	200,0	27,0%	17,0%	11,0%	54,0	34,0	22,0	
		Fosfato Diamónico	200,0	11,0%	52,0%		22,0	104,0		
	> 50	Maíz	Urea	500,0	46,0%			230,0		
			Mezcla NPK	500,0	27,0%	17,0%	11,0%	135,0	85,0	55,0
		Manzano	Urea	175,0	46,0%			81,0		
Guano			500,0	2,0%	1,0%	2,3%	10,0	5,0	12,0	
Remolacha		SFT	150,0		47,0%			71,0		
		Fosfato Diamónico	400,0	11,0%	52,0%		44,0	208,0		
Mezcla NPK		750,0	27,0%	17,0%	11,0%	203,0	128,0	83,0		
		Urea	120,0	46,0%			55,0			
Vid Vinífera		Salitre K	140,0	15,0%		14,0%	21,0		20,0	
		Urea	120,0	46,0%			55,0			
Ciruelo		Salitre K	140,0	15,0%		14,0%	21,0		20,0	
		Urea	120,0	46,0%			55,0			
Pimentón	Mezcla NPK	1.100,0	27,0%	17,0%	11,0%	297,0	187,0	121,0		
Tomate Industrial	Urea	300,0	46,0%			138,0				
	SFT	150,0		47,0%			71,0			
	Mezcla NPK	700,0	27,0%	17,0%	11,0%	189,0	119,0	77,0		
Nitrato de K	100,0	13,5%		45,0%	14,0		45,0			

Como se aprecia en los cuadros indicados, el principal compuesto que podría afectar eventualmente las napas subterráneas corresponde al nitrógeno contenido en los fertilizantes inorgánicos, esencialmente constituidos por aplicaciones de urea y mezclas de NPK.

En cuanto a los guanos (compuestos orgánicos), si bien su presencia es importante, los procesos de mineralización limitan su acceso al agua subterránea, siendo más importante la eventual contaminación provocada por los agentes patógenos que contienen estos compuestos.

#### **3.4.1.4 Actividad Ganadera y su Presencia en las Área de Estudio**

En general las deyecciones ganaderas se aplican directamente en los terrenos agrícolas como fertilizante, siendo esta coacción ganadería-agricultura beneficiosa para ambos y también para el medio ambiente.

Lo anterior se da esencialmente en las actividades de tipo extensivo como es el caso de ganadería bovina de crianza y engorda, ovinos y caprinos.

Por otra parte, el incremento de producción de ganado se ha logrado mediante el desarrollo de mejores razas animales y a la alimentación intensiva, en áreas de explotación estabulada, con la consiguiente generación de residuos orgánicos.

Desde el punto de vista del impacto ambiental ocasionado por la gestión de los residuos ganaderos, se debe destacar la diferencia entre los producidos por ganadería extensiva y, que en general, no precisa de intervenciones de control ya que se valoriza como abono orgánico, y la ganadería intensiva de mucho mayor impacto y cuyo control es necesario para evitar deterioros ambientales.

Por otro lado, el vertido de residuos ganaderos da lugar a emisiones de metano, amoníaco y dióxido de carbono así como la aparición de olores. La contaminación difusa por nitratos es otro punto importante de considerar.

En el caso específico del área de Huasco la existencia de ganadería es de tipo extensiva, dada esencialmente por la presencia de crianza y engorda de animales de tipo extensivo en la especie bovinos y crianza de caprinos en áreas aledañas fuera del área de estudio. Por tal razón en esta cuenca de la III Región la problemática de contaminación por actividad ganadera esta descartada.

En cuanto al área de Mataquito, existen alrededor de tres empresas lecheras de importancia, Lora en la comuna de Licantén, Requingua en Sagrada Familia y, por último, Frohlich en Curicó.

La planta lechera más grande es Requingua con un total de 510 cabezas, seguida por Lora con un total de 460 animales y Frohlich con 200 unidades. Si se

considera que un animal defeca alrededor de 36 kilos al día, en promedio, se estima que la eventual contaminación puntual de estos establecimientos alcanza a alrededor de 18.360 kg/día, 16.560 kg/día y 7.200 kg/día, respectivamente.

Cabe señalar que en el caso de lecherías si bien existe un cierto confinamiento de animales, en general el guano acumulado en corrales y en las propias lecherías es posteriormente esparcido en otros terrenos como fertilizante natural o evacuado a vertederos externos, por lo que el proceso de contaminación podría ser evitado.

Por otra parte, se debe señalar que en la cuenca del río Mataquito existen sólo dos planteles de cerdos, los que se concentran en la comuna de Curicó. Uno denominado El Peñón, el que actualmente maneja un total de 22.000 cabezas y el otro es Los Castaños con un total de 30.000 cabezas.

Se debe indicar que el plantel de E Peñón realiza un adecuado manejo de los purines descargando sus aguas completamente limpias a través de los canales de riego existentes en la zona.

De igual forma Los Castaños, el más grande de la zona, posee un depósito de purines, donde se presan y separan los sólidos de los líquidos. Posteriormente, los sólidos se llevan a un sitio de acumulación donde se descomponen y se transforman en fertilizante orgánico. Este fertilizante, una parte se vende y la otra se utiliza en plantaciones de vides y cerezos que posee esta empresa. En cuanto a los líquidos, estos son utilizados como fuente de riego para un bosque de eucaliptos destinado a evapotranspirar estos residuos.

Según lo anterior y considerando que un animal (porcino) produce alrededor de 5,5 litros de purines diarios, se tiene que en la zona de Curicó se producen diariamente alrededor de 121.000 lt de purines en El Peñón y 165.000 lt en Los Castaños, situación que con las buenas prácticas agrícolas que actualmente se están aplicando, no deberían ser de importancia contaminante.

#### **3.4.1.5 Clasificación de Agroquímicos y su Presencia en las Área de Estudio**

Los agroquímicos se pueden clasificar según el uso que se les dé, el modo de acción, la formulación, composición química y toxicidad.

A continuación se presenta cada clasificación con su subdivisión:

Clasificación según Uso: Dependiendo del organismo que controlen, se dividen en los siguientes grupos:

- Acaricidas (ácaros, arañas)
- Fungicidas (hongos)

- Bactericidas (bacterias)
- Insecticidas (insectos)
- Herbicidas (malezas)
- Nematicidas (gusanos, lombrices)
- Rodenticidas (roedores)
- Molusquicidas (caracoles)

Clasificación según Modo De Acción:

- Sistémicos: Capaces de penetrar al interior del tejido vegetal, ubicarse y extender su acción desde el lugar de absorción a otros puntos de la planta.
- De contacto: Permanece sobre la superficie aplicada, actuando directa o indirectamente sobre el organismo que controlará.
- Digestivos: Actúa sobre los microorganismos cuando estos digieren las superficies tratadas con el plaguicida.
- Fumigantes: Sustancia sólida, líquida o gaseosa que, en forma de vapor o gas tóxico de elevado poder de difusión, controla diferentes organismos.
- Repelentes: Sustancia que produce el efecto de alejar o ahuyentas ciertos microorganismos.

Clasificación según Formulación o Presentación Comercial:

- Secos: Polvo seco, mojable y soluble; cebos tóxicos; fumigantes sólidos.
- Líquidos: Concentrados emulsionables o líquidos emulsibles, miscibles o solubles, microcapsulados, suspensiones concentradas o dispersables, fumigantes líquidos, aerosoles.
- Gaseosos: fumigantes gaseosos.

Clasificación según Estructura Química: En este caso es posible subdividir en los dos grupos: compuestos inorgánicos y orgánicos, compuestos que se pueden ser presentados solos o mezclados

Orgánicos

- Organoclorados
- Organofosforados
- Organofluorados

- Organobromados
- Piretroides
- Carbamatos
- Piretrinas
- Otros

#### Inorgánicos

- Derivados del Cobre
- Azufre
- Derivados del Mercurio
- Sales de Zinc
- Sales de Manganeso
- Sales de Arsénico

#### Clasificación según Toxicidad:

- Alta toxicidad
- Moderada toxicidad
- Leve toxicidad
- Ninguna

Para efectos del presente estudio, podemos clasificar los pesticidas en productos Conservativos y No Conservativos. Tal como se mencionó anteriormente los productos Conservativos corresponden esencialmente a productos inorgánicos, cuya estructura química se mantiene a lo largo del tiempo a pesar de su interacción con los materiales del medio. A pesar de no verse alterados, no siempre son capaces de llegar al agua subterránea pues procesos tales como la adsorción en la superficie de arcillas o materia orgánica o la formación de complejos insolubles pueden fijarlos o retrasar su avance. En cambio los No Conservativos son aquellos cuya estructura química se modifica al interaccionar con el medio o por autodegradación.

En general los Conservativos, correspondientes a pesticidas inorgánicos no deberían causar problemas de contaminación de la napa subterránea, sobre todo en suelos que presenten altas concentraciones de arcillas y/o materia orgánica, a excepción de que las dosis aplicadas sean excesivas.

Los pesticidas orgánicos debido a que no se fijan como los inorgánicos existe una cierta movilidad a través del perfil del suelo, razón por la cual el riesgo de contaminación de los acuíferos es mayor.

En relación a que los productos conservativos no deberían causar problemas, esta apreciación es preliminar, y mientras no se realicen los muestreos de agua no es factible dilucidar que tipo de productos efectivamente están produciendo problemas de contaminación en aguas subterráneas.

Por otra parte, se entiende que existen un gran número de factores que influyen en la presencia de estos contaminantes en la napa subterránea, pero hay que considerar que la mayor parte de la aplicación de pesticidas, en áreas con alto potencial productivo y exportador, se encuentra normado en cuanto a dosis y nómina de productos aceptados tanto en Chile como en el país de destino, no siendo factible a priori definir concentraciones que perjudiquen las napas. Según lo anterior, lo más razonable es pensar que elementos de alta movilidad en el suelo, como es el caso de nitrógeno (ej.: aplicación de productos nitrogenados en siembras de maíz) en altas dosis puedan efectivamente estar afectando las aguas del subsuelo.

Se debe señalar que la forma de aplicar estos pesticidas influye en forma importante al relacionarlos con su potencial de contaminante. De tal modo que aplicaciones de nematicidas y herbicidas, las cuales son dirigidas directamente al suelo, tienen mayores probabilidades de llegar al subsuelo y con ello alcanzar las napas subterráneas. En cambio aplicaciones al follaje, como es el caso de insecticidas, acaricidas, fungicidas y fitorreguladores, los hace menos probable de alcanzar los acuíferos, salvo aquella parte del producto que se pierde por efecto de la deriva ocasionada por el viento y del escurrimiento normal de líquido que no se fija a la superficie de los vegetales y cae inevitablemente a la superficie del suelo.

Según lo anterior, a través de los resultados de la encuesta muestral efectuada a las áreas de las cuencas de los ríos Huasco y Mataquito se ha determinado por comuna y estrato de tamaño los principales pesticidas con sus dosis aplicadas para cada rubro productivo.

En la Tabla 3.4-3 se presenta la información referida a la cuenca del río Huasco y en la Tabla 3.4-4 al río Mataquito.

Tabla 3.4-3  
Uso de Pesticidas por Comuna, Estrato de Tamaño y Cultivo  
Cuenca del Río Huasco

Comuna	Estrato de Tamaño	Especie	Nombre Comercial	Ingrediente Activo	Dosis por ha	Clasificación	Grupo	Carencia días	Toxicidad	
Alto del Carmen	1-10	Uva de Mesa	Acido Giberélico Bayletón 25 WP	Acido Giberélico Triadimefón	50 ppm 0,6 lt	Fitorregulador Fungicida	Giberelinas Triazoles	20 7-14	Ninguna Ninguna	
		Vid Pisquera	Roundup Success	Glifosato Spinosad	3 lt 0,3 lt	Herbicida Insecticida	Fosfonatos Naturalite	15 14	Leve Leve	
	10-50	Uva de Mesa	Roundup Success	Glifosato Spinosad	1,5 lt 0,3 lt	Herbicida Insecticida	Fosfonatos Naturalite	15 14	Leve Leve	
			Acido Giberélico Swift	Acido Giberélico Triadimefón	50 ppm 0,5 kg	Fitorregulador Fungicida	Giberelinas Inhibidor de esterol	20 10-20	Ninguna Leve	
			Cyanamida Lannate	Cyanamida Hidrogenada Metomil	75 lt 2 kg	Fitorregulador Insecticida	Cyanamida Carbamato	No Corresponde 21	Moderada Alta	
	> 50	Uva de Mesa	Lannate	Metomil	2 kg	Insecticida	Carbamato	1	Alta	
			Acido Giberélico Noble	Acido Giberélico Triadimefón	50 ppm 2 kg 0,8 kg	Fitorregulador Insecticida Fungicida	Giberelinas Carbamato Triazoles	20 21 7-14	Ninguna Alta Ninguna	
	Vallenar	10-50	Vid Pisquera	Azufre Mojable Dimetoato	Azufre Dimetoato	8 lt 2 lt	Fungicida Insecticida	Azufre Organofosforado	No Tiene 30	Leve Moderada
			Uva de Mesa	Azufre Mojable Noble	Azufre Triadimefón	8 lt 0,5 kg	Fungicida Fungicida	Azufre Triazoles	No Tiene 7-14	Leve Ninguna
				Cyanamida Acido Giberélico	Cyanamida Hidrogenada Acido Giberélico	40 lt 45 ppm	Fitorregulador Fitorregulador	Cyanamida Giberelinas	No Corresponde 20	Moderada Ninguna
Success				Spinosad	0,2 lt	Insecticida	Naturalite	14	Leve	
Palto			Glifosato	Glifosato	3,0 lt	Herbicida	Fosfonatos	15	Leve	
Trigo		Halmark 75 EC	Esfenvalerato	0,3 lt	Insecticida	Pirrotroide	7	Moderada		
		MCPA	Sai Dimetil Amina	1,5 lt	Herbicida	Fenoxiacético	30	Moderada		
> 50		Poroto Granado	MTD 600	Metamidofos	0,5 lt	Insecticida	Organofosforado	20	Muy Alta	
			Tamarón 600	Metamidofos	1 lt	Insecticida	Organofosforado	No Tiene	Muy Alta	
		Poroto Verde	Neres 50 WP	Clorhidrato de Cartap	1 kg	Insecticida	Nerisotoxinas	7	Moderada	
			Palto	Roundup	Glifosato	2,0 lt	Herbicida	Fosfonatos	15	Leve
		Arveja Verde	MTD 600	Metamidofos	0,5 lt	Insecticida	Organofosforado	20	Muy Alta	
			Neres 50 WP	Clorhidrato de Cartap	1 kg	Insecticida	Nerisotoxinas	7	Moderada	
		Uva de Mesa	Azufre Mojable	Azufre	2 lt	Fungicida	Azufre	No Tiene	Leve	
			Noble Success Cyanamida	Triadimefón Spinosad Cyanamida Hidrogenada	0,6 kg 0,24 lt 75 lt	Fungicida Insecticida Fitorregulador	Triazoles Naturalite Cyanamida	7-14 14 No Corresponde	Ninguna Leve Moderada	
Trigo		MCPA	Sai Dimetil Amina	1,5 lt	Herbicida	Fenoxiacético	30	Moderada		
Tomate	Neres 50 WP MTD 600	Clorhidrato de Cartap Metamidofos	1 kg 0,5 lt	Insecticida Insecticida	Nerisotoxinas Organofosforado	7 20	Moderada Muy Alta			
Freirina	1-10	Olivo	Roundup	Glifosato	1,5 lt	Herbicida	Fosfonatos	30	Leve	
Huasco	1-10	Olivo	Roundup	Glifosato	2,0 lt	Herbicida	Fosfonatos	30	Leve	
		Chirimoyo	Roundup	Glifosato	2,0 lt	Herbicida	Fosfonatos	30	Leve	
	10-50	Olivo	Roundup	Glifosato	2,0 lt	Herbicida	Fosfonatos	30	Leve	
	>50	Olivo	Roundup	Glifosato	1,5 lt	Herbicida	Fosfonatos	30	Leve	

Tabla 3.4-4  
Uso de Pesticidas por Comuna, Estrato de Tamaño y Cultivo  
Cuenca del Río Mataquito

Comuna	Estrato de Tamaño	Especie	Nombre Comercial	Ingrediente Activo	Dosis por ha	Clasificación	Grupo
Curepto	< 5	Poroto	Flex	Fomesafen	1 lt	Herbicida	Difenil Eter
		Frutilla	Polyben 50 WP Captan 80 WP	Benomil Captan	1 kg 2 kg	Fungicida Fungicida	Bezimidiazoles Dicarboximidas
	5-50	Maiz	MCPA	Sai Dimetil Amina	1,5 lt	Herbicida	Fenoxiacético
	50-500	Vid Vinifera	Glifosato	Glifosato	6 lt	Herbicida	Fosfonatos
			Azufre Polvo	Azufre	90 kg	Fungicida	Azufre
	> 500	Vid Vinifera	Roundup Azufre Polvo	Glifosato Azufre	5 lt 100 kg	Herbicida Fungicida	Fosfonatos Azufre
Hualafé	5-50	Maiz	MCPA	Sai Dimetil Amina	1,5 lt	Herbicida	Fenoxiacético
	50-500	Maiz	MCPA	Sai Dimetil Amina	1 lt	Herbicida	Fenoxiacético
			Lorsban 4E	Clorpirifos	1 lt	Insecticida	Organofosforado
	> 500	Semillero Maiz	Furadán 10 G	Carbofurano	20 kg	Insecticida	Carbamatos
			Karate 50W Dual 960 EC	Dicofol S-Metolaprolo	0,7 lt 2 lt	Insecticida Herbicida	Piretroides+Carbamato Acetamilida
		Tomate Industrial	Tamarón 600	Metamidofos	2 lt	Insecticida	Organofosforado
			Dithane M-45 Ridomil Gold Plus 42.5WP	Mancozeb Mefenozam	2 kg 2,5 kg	Fungicida Fungicida	Ditiocarbamato Aclilantinas+Cúprico
Licantén	5-50	Trigo	MCPA	Sai Dimetil Amina	1 lt	Herbicida	Fenoxiacético
	Poroto	Flex	Fomesafen	1,5 lt	Herbicida	Difenil Eter	
	> 500	Poroto	Flex	Fomesafen	1 lt	Herbicida	Difenil Eter

Tabla 3.4-4 (Continuación)  
 Uso de Pesticidas por Comuna, Estrato de Tamaño y Cultivo  
 Cuenca del Río Mataquito

Comuna	Estrato de Tamaño	Especie	Nombre Comercial	Ingrediente Activo	Dosis por ha	Clasificación	Grupo
Curicó	< 5	Vid Vinífera	Roundup	Glifosato	5 lt	Herbicida	Fosfonatos
			Vertimec	Abamectina	1 lt	Acaricida	Insecticida Natural
			Azufre Polvo	Azufre	70 kg	Fungicida	Azufre
	5-50	Vid Vinífera	Rufasi 75EW	Acinatrina	0,3 lt	Insecticida y Acaricida	Piretroides ésteres
			Roundup	Glifosato	5 lt	Herbicida	Fosfonatos
			Azufre Polvo	Azufre	90 kg	Fungicida	Azufre
			DZN 600 EW	Diazinon	1 lt	Insecticida	Organofosforado
			Vertimec	Abamectina	0,8 lt	Acaricida	Insecticida Natural
			Winspray	Aceite Mineral	20 lt	Insecticida	Aceites Agrícolas
			Lorsban 4E	Clorpirifos	0,5 lt	Insecticida	Organofosforado
		Cyhexatin 500F	Cyhexatin	1,5 lt	Acaricida	Derivado del Estafío	
		Alcachofa	Dithane M-45	Mancozeb	3,2 kg	Fungicida	Ditiocarbamato
		Cerezo	Cuprodul WG	Oxido Cuproso	6 kg	Fungicida	Sales de Cobre
			Lorsban 4E	Clorpirifos	2 lt	Insecticida	Organofosforado
		Manzano	Nustar	Fusilazol	1,5 lt	Fungicida	Triazoles
			Supracid 40 WP	Metidation	4 kg	Insecticida	Organofosforado
Maíz	Topas 200 EW	Penconazol	1 lt	Fungicida	Triazoles		
	Lorsban 4E	Clorpirifos	3 lt	Insecticida	Organofosforado		
> 50	Vid Vinífera	Atrazina	Atrazina	3 lt	Herbicida	Triazinas	
		Roundup	Glifosato	6 lt	Herbicida	Fosfonatos	
		Azufre Polvo	Azufre	120 kg	Fungicida	Azufre	
		Lorsban 4E	Clorpirifos	0,5 lt	Insecticida	Organofosforado	
		Bayletón 25 WP	Triadimefón	0,2 lt	Fungicida	Triazoles	
		DZN 600 EW	Diazinon	1 lt	Insecticida	Organofosforado	
	Vertimec	Abamectina	0,8 lt	Acaricida	Insecticida Natural		
	Switch 85.5WG	Cyprodinil, Fludioxonil	1 kg	Fungicida	Anilinoimidina+Fenilpirrol		
	Cerezo	Cuprodul WG	Oxido Cuproso	6 kg	Fungicida	Sales de Cobre	
		Lorsban 4E	Clorpirifos	1,4 lt	Insecticida	Organofosforado	
Manzano	Supracid 40 WP	Metidation	1,8 kg	Insecticida	Organofosforado		
	Nustar	Fusilazol	1,8 lt	Fungicida	Triazoles		
Semillero Maíz	Supracid 40 WP	Metidation	1,5 kg	Insecticida	Organofosforado		
	Lorsban 4E	Clorpirifos	2 lt	Insecticida	Organofosforado		
Furadán 10 G	Imidan	Phosmet	2 kg	Insecticida	Organofosforado		
	Lorsban Plus	Clorpirifos	20 kg	Insecticida	Organofosforado+Piretroide		
Atrazina	Atrazina	Atrazina	3 lt	Herbicida	Triazinas		
	Atrazina	Atrazina	3 lt	Herbicida	Triazinas		

Comuna	Estrato de Tamaño	Especie	Nombre Comercial	Ingrediente Activo	Dosis por ha	Clasificación	Grupo
Molina	< 5	Vid Vinífera	Roundup	Glifosato	4 lt	Herbicida	Fosfonatos
			Azufre Polvo	Azufre	95 kg	Fungicida	Azufre
			Roundup	Glifosato	3 lt	Herbicida	Fosfonatos
	5-50	Vid Vinífera	Azufre Polvo	Azufre	120 kg	Fungicida	Azufre
			Lorsban 4E	Clorpirifos	0,5 lt	Insecticida	Organofosforado
			Vertimec	Abamectina	0,8 lt	Acaricida	Insecticida Natural
			Imidan	Phosmet	1 kg	Insecticida	Organofosforado
			Winspray	Aceite Mineral	10 lt	Insecticida	Aceites Agrícolas
			Farmon	Paraquat	3 lt	Herbicida	Bipiridilo
		Cerezo	Cuprodul WG	Oxido Cuproso	5,4 kg	Fungicida	Sales de Cobre
			Lorsban 4E	Clorpirifos	1,5 lt	Insecticida	Organofosforado
			Roundup	Glifosato	4 lt	Herbicida	Fosfonatos
			Citrofliv	Aceite Mineral	36 lt	Insecticida	Aceites
	Maíz	Lorsban Plus	Clorpirifos	3 lt	Insecticida	Organofosforado+Piretroide	
		Atrazina	Atrazina	3 lt	Herbicida	Triazinas	
	Manzano	Guardian	Acetochlor	1,5 lt	Herbicida	Acetamida	
		Nustar	Fusilazol	1,5 lt	Fungicida	Triazoles	
	> 50	Manzano	Supracid 40 WP	Metidation	1,5 kg	Insecticida	Organofosforado
			Topas 200 EW	Penconazol	1 lt	Fungicida	Triazoles
			Gusathion	Azinfos Metil	1,8 kg	Insecticida	Organofosforado
		Trigo	MCPA	Sal Dimetil Arina	1 lt	Herbicida	Fenoxiacético
			Glifosato	Glifosato	3 lt	Herbicida	Fosfonatos
		Kwi	Dormex	Cyanamida Hidrogenada Estabilizada	3 lt	Fitorregulador	No Corresponde
Nustar			Fusilazol	1,5 lt	Fungicida	Triazoles	
Peral		Supracid 40 WP	Metidation	1,8 kg	Insecticida	Organofosforado	
		Topas 200 EW	Penconazol	1 lt	Fungicida	Triazoles	
		Gusathion	Azinfos Metil	3 kg	Insecticida	Organofosforado	
	DZN 600 EW	Diazinon	1,5 lt	Insecticida	Organofosforado		
Maíz	Dodine	Dodine	1,5 kg	Fungicida	Guanidina		
	Mancozeb	Mancozeb	4,8 kg	Fungicida	Ditiocarbamato		
Reuco	5-50	Cerezo	Lorsban Plus	Clorpirifos	3 lt	Insecticida	Organofosforado+Piretroide
			Atrazina	Atrazina	3 lt	Herbicida	Triazinas
			Guardian	Acetochlor	1,5 lt	Herbicida	Acetamida
	> 50	Kwi	Roundup	Glifosato	5 lt	Herbicida	Fosfonatos
			Azufre Polvo	Azufre	90 kg	Fungicida	Azufre
			Imidan	Phosmet	2 kg	Insecticida	Organofosforado
			Winspray	Aceite Mineral	10 lt	Insecticida	Aceites Agrícolas
			Farmon	Paraquat	1,5 lt	Herbicida	Bipiridilo
			Cyhexatin 500F	Cyhexatin	2 lt	Acaricida	Derivado del Estafío
			Oxido Cuproso	Oxido Cuproso	6 kg	Fungicida	Sales de Cobre
5-50	Kwi	Belmark 300EC	Fenvalerato	1 lt	Insecticida	Piretroide	
		Roundup	Glifosato	3 lt	Herbicida	Fosfonatos	
> 50	Kwi	Roundup	Glifosato	5 lt	Herbicida	Fosfonatos	
		Sunspray	Derivado de la destilación de petróleo	2 lt	Fitorregulador	No Corresponde	
Uva de Mesa	Kwi	Azufre Polvo	Azufre	140 kg	Fungicida	Azufre	
		Roundup	Glifosato	3 lt	Herbicida	Fosfonatos	
Sunspray	Kwi	Farmon	Paraquat	3 lt	Herbicida	Bipiridilo	
		Sunspray	Derivado de la destilación de petróleo	3 lt	Insecticida	Aceites Minerales Parafínicos	

Tabla 3.4-4 (Continuación)  
 Uso de Pesticidas por Comuna, Estrato de Tamaño y Cultivo  
 Cuenca del Río Mataquito

Comuna	Estrato de Tamaño	Especie	Nombre Comercial	Ingrediente Activo	Dosis por ha	Clasificación	Grupo		
Romeral	< 5	Kwi	Roundup	Glifosato	4 lt	Herbicida	Fosfonatos		
			Fammon	Paraquat	2 lt	Herbicida	Bipiridilo		
			Sunspray	Derivado de la destilación de petróleo	3 lt	Insecticida	Acetiles Minerales Parafínicos		
	Frambuesa	Supracid 40 WP	Metidation	1 kg	Insecticida	Organofosforado			
		Supracid 40 WP	Metidation	2 kg	Insecticida	Organofosforado			
		Trigo	Ajax Hussar 20 WG Pirimor	Metsulfurón-Metil Iodosulfuron-Metil-Sodio Pirimicarb	0,1 kg 0,3 kg 0,5 kg	Herbicida Herbicida Insecticida	Sulfonilureas Sulfonilureas Carbamatos		
	Cebada	Pirimor	Pirimicarb	0,5 kg	Insecticida	Carbamatos			
		MCPA Tordón	Sal Dimetil Amina Picloran 2,4 D	2 lt 1 lt	Herbicida Herbicida	Fenoxiacético Derivado del Acido Picolínic			
	Semillero Maíz	Lorsban 4E Surpass Gesaprim	Clorpirifos Acetochlor Atrazina	5 lt 2,2 lt 1,6 kg	Insecticida Herbicida Herbicida	Organofosforado Acetamida Triazinas			
		Durazno	DZN 600 EW Cuprodul WG Citroliv	Diazinon Oxido Cuproso Acete Mineral	1,3 lt 3 kg 30 lt	Insecticida Fungicida Insecticida	Organofosforado Sales de Cobre Acetiles		
	Kwi		Glifosato Dicofol Sunspray	Glifosato Dicofol Derivado de la destilación de petróleo	3 lt 2 kg 3 lt	Herbicida Acaricida Insecticida	Fosfonatos Organoclorados Acetiles Minerales Parafínicos		
		5-50	Manzano	Nustar Supracid 40 WP Topas 200 EW	Flusilazol Metidation Penconazol	0,3 lt 1,5 kg 0,25 lt	Fungicida Insecticida Fungicida	Triazoles Organofosforado Triazoles	
	Dodine Citroliv			Dodine Acete Mineral	1,5 kg 40 lt	Fungicida Insecticida	Guandina Acetiles		
	Systhane 2 EC Diazinon 600 SE Dimetoato Score			Myclobutanil Diazinon Dimetoato Difenoconazole	0,2 kg 1,3 lt 2 lt 0,2 lt	Fungicida Insecticida Insecticida Fungicida	Triazoles Organofosforado Organofosforado Triazoles		
	Frambuesa			Roundup Fammon Sevin	Glifosato Paraquat Carbaryl	2 lt 2 lt 1 lt	Herbicida Herbicida Insecticida	Fosfonatos Bipiridilo Carbamatos	
				Kethane 50W	Dicofol	0,4 kg	Acaricida	Organoclorado	
	Cerezo			DZN 600 EW Cuprodul WG Citroliv Glifosato Lorsban 4E Activol	Diazinon Oxido Cuproso Acete Mineral Glifosato Clorpirifos	1,3 lt 6 kg 36 lt 4 lt 2 lt	Insecticida Fungicida Insecticida Herbicida Insecticida	Organofosforado Sales de Cobre Acetiles Fosfonatos Organofosforado	
				Bravo 720	Acido Giberélico Clorotalonil	20 ppm 0,5 lt	Fitorregulador Fungicida	Giberelinas Aromáticos Sustituidos	
				Semillero Maravilla	Lorsban Plus Guardian Treflan	Clorpirifos Acetochlor Trifluralina	5 lt 2,5 lt 2 lt	Insecticida Herbicida Herbicida	Organofosforado+Piretroide Acetamida Dintro Anilina
	> 50			Frambuesa	Lannate	Metomil	2 kg	Insecticida	Carbamatos
					Gramoxone Super	Paraquat	3 lt	Herbicida	Bipiridilo
		Maíz	MCPA	Sal Dimetil Amina	1,5 lt	Herbicida	Fenoxiacético		
		Semillero Maíz	Lorsban Plus	Clorpirifos	5 lt	Insecticida	Organofosforado+Piretroide		
	Trigo	Ajax Hussar 20 WG Pirimor	Metsulfurón-Metil Iodosulfuron-Metil-Sodio Pirimicarb	0,1 kg 0,3 kg 0,5 kg	Herbicida Herbicida Insecticida	Sulfonilureas Sulfonilureas Carbamatos			

Tabla 3.4-4 (Continuación)  
 Uso de Pesticidas por Comuna, Estrato de Tamaño y Cultivo  
 Cuenca del Río Mataquito

Comuna	Estrato de Tamaño	Especie	Nombre Comercial	Ingrediente Activo	Dosis por ha	Clasificación	Grupo
Sagrada Familia	< 5	Tomate	Tamarón 600	Matamidofos	3 lt	Insecticida	Organofosforado
			Furadán 10 G	Carbofurano	15 kg	Insecticida	Carbamatos
	5-50	Maiz	MCPA	Sal Dimetil Amina	1,5 lt	Herbicida	Fenoxiacético
			Lorsban Plus	Clorpirifos	4 lt	Insecticida	Organofosforado+Piretroide
		Guardian	Acetochlor	1,5 lt	Herbicida	Acetamida	
		Papa	Dimetoato	Dimatoato	1 lt	Insecticida	Organofosforado
			Mancozeb	Mancozeb	2,5 kg	Fungicida	Ditiocarbamato
		Vid Vinifera	Roundup	Glifosato	4 lt	Herbicida	Fosfonatos
			Lorsban 4E	Clorpirifos	2 lt	Insecticida	Organofosforado
			Azufre Polvo	Azufre	90 kg	Fungicida	Azufre
		Tomate	Rufast 75EW	Acrinatrina	0,2 lt	Insecticida y Acaricida	Piretroides ésteres
			Tamarón 600	Matamidofos	4 lt	Insecticida	Organofosforado
		Cerezo	Furadán 10 G	Carbofurano	15 kg	Insecticida	Carbamatos
			Cuprodul WG	Oxido Cuproso	5,4 kg	Fungicida	Sales de Cobre
	Ciruelo	Citroliv	Acetil Mineral	36 lt	Insecticida	Acetles	
		Lorsban 4E	Clorpirifos	1,5 lt	Insecticida	Organofosforado	
	> 50	Vid Vinifera	Bravo 720	Clorotalonil	2,5 lt	Fungicida	Aromáticos Sustituídos
			Lorsban 4E	Clorpirifos	2,4 lt	Insecticida	Organofosforado
		Diazinon 600 SE	Diazinon	1 lt	Insecticida	Organofosforado	
		Maiz	Roundup	Glifosato	5 lt	Herbicida	Fosfonatos
			Azufre Polvo	Azufre	90 kg	Fungicida	Azufre
			Rufast 75EW	Acrinatrina	0,2 lt	Insecticida y Acaricida	Piretroides ésteres
		Peral	Vertimec	Abamectina	0,7 lt	Acaricida	Insecticida Natural
Bayletón 25 WP			Triadimefón	0,3 lt	Fungicida	Triazoles	
Oливо		Switch 85.5WG	Cyprodinil, Fludioxonil	0,8 kg	Fungicida	Anilinoirimidina+Fenilpirrol	
		Topas 200 EW	Penconazol	0,5 lt	Fungicida	Triazoles	
Ciruelo		Dodine	Dodine	1,8 lt	Fungicida	Guanidina	
		Score	Difenoconazole	0,2 lt	Fungicida	Triazoles	
Semillero Maiz	DZN 600 EW	Diazinon	1,4 lt	Insecticida	Organofosforado		
	Mancozeb	Mancozeb	4,8 kg	Fungicida	Ditiocarbamato		
Semillero Maiz	Gusathion	Azinfos Metil	2,8 kg	Insecticida	Organofosforado		
	Azufre Mojable	Azufre	9 kg	Fungicida	Azufre		
Semillero Maiz	Cuprodul WG	Oxido Cuproso	12 kg	Fungicida	Sales de Cobre		
	Bravo 720	Clorotalonil	2,5 lt	Fungicida	Aromáticos Sustituídos		
Semillero Maiz	Lorsban 4E	Clorpirifos	3 lt	Insecticida	Organofosforado		
	Supracid 40 WP	Metidation	4,5 kg	Insecticida	Organofosforado		
Semillero Maiz	Cuprodul WG	Oxido Cuproso	6 kg	Fungicida	Sales de Cobre		
	Lorsban Plus	Clorpirifos	5 lt	Insecticida	Organofosforado+Piretroide		
Semillero Maiz	Atrazina	Atrazina	3,5 lt	Herbicida	Triazinas		

Tabla 3.4-4 (Continuación)  
 Uso de Pesticidas por Comuna, Estrato de Tamaño y Cultivo  
 Cuenca del Río Mataquito

Comuna	Estrato de Tamaño	Especie	Nombre Comercial	Ingrediente Activo	Dosis por ha	Clasificación	Grupo
Teno	< 5	Trigo	MCPA	Sal Dimetil Amina	1,5 lt	Herbicida	Fenoxiacético
		Frambuesa	Supracid 40 WP	Metidation	1 kg	Insecticida	Organofosforado
		Maiz	Lorsban Plus Atrazina	Clorpirifos Atrazina	3,5 lt 1 lt	Insecticida Herbicida	Organofosforado+Piretroide Triazinas
	5-50	Kwi	Sunspray	Derivado de la destilación de petróleo	3 lt	Insecticida	Aceites Minerales Parafinicos
		Manzano	Nustar	Flusilazol	0,3 lt	Fungicida	Triazoles
			Dodine	Dodine	1,6 kg	Fungicida	Guanidina
			Score	Difenoconazole	0,2 lt	Fungicida	Triazoles
			Roundup	Glifosato	3 lt	Herbicida	Fosfonatos
		Remolacha	Azufre Mojable	Azufre	8 kg	Fungicida	Azufre
			Karate 50W	Dicofol	17 lt	Insecticida	Piretroide+Carbamato
			Dual 960 EC	S-Metolaprola	1,6 lt	Herbicida	Acetamida
		Frambuesa	Lorsban 4E	Clorpirifos	5 lt	Insecticida	Organofosforado
			Supracid 40 WP	Metidation	1 kg	Insecticida	Organofosforado
		Maiz	MCPA	Sal Dimetil Amina	1 lt	Herbicida	Fenoxiacético
			Lorsban Plus	Clorpirifos	4 lt	Insecticida	Organofosforado+Piretroide
			Primagrán Gold	Atrazina+S-Metolactoro	3 lt	Herbicida	Triazina+Acetamida
		Tomate Industrial	Tamarón 600	Matamidos	2 lt	Insecticida	Organofosforado
			Lorsban 4E	Clorpirifos	4 lt	Insecticida	Organofosforado
	Ridomil Gold Plus 42.5WP		Mefenoxam	2 kg	Fungicida	Acilalanina+Cúprico	
	> 50	Trigo	MCPA	Sal Dimetil Amina	1,5 lt	Herbicida	Fenoxiacético
		Poroto	Lorsban 4E	Clorpirifos	2 lt	Insecticida	Organofosforado
			Flex	Fomesafen	1 lt	Herbicida	Difenil Eter
			Monitor 600	Metamidos	1 lt	Insecticida	Organofosforado
		Maiz	Dual 960 EC	S-Metolaprola	2 lt	Herbicida	Acetamida
			Lorsban 4E	Clorpirifos	4 lt	Insecticida	Organofosforado
			Manzano	Dodine	Dodine	1,5 kg	Fungicida
		Score		Difenoconazole	0,2 lt	Fungicida	Triazoles
		Roundup		Glifosato	5 lt	Herbicida	Fosfonatos
		Supracid 40 WP		Metidation	1,8 kg	Insecticida	Organofosforado
		Remolacha	Salut	Dimetoato+Clorpirifos	3 lt	Insecticida	Organofosforado
Perfekthion			Dimetoato	2 lt	Insecticida	Organofosforado	
Dual 960 EC	S-Metolaprola		1,5 lt	Herbicida	Acetamida		
Lorsban Plus	Clorpirifos		2 lt	Insecticida	Organofosforado+Piretroide		
MTD 600	Metamidos		2 lt	Insecticida	Organofosforado		
Vid Vinífera	Betanal	Phenmediphan;Desmediphan;Ethofumesate	3 lt	Herbicida	Carbamato; Sulfonato		
	Salut	Dimetoato+Clorpirifos	2 lt	Insecticida	Organofosforado		
	Roundup	Glifosato	4 lt	Herbicida	Fosfonatos		
Ciruelo	Azufre Polvo	Azufre	90 kg	Fungicida	Azufre		
	Salut	Dimetoato+Clorpirifos	3 lt	Insecticida	Organofosforado		
	Roundup	Glifosato	4 lt	Herbicida	Fosfonatos		
Pimentón	Perfekthion	Dimetoato	2 lt	Insecticida	Organofosforado		
	Monitor 600	Metamidos	0,5 lt	Insecticida	Organofosforado		
	Baythroid 050 EC	Cyfluthrin	0,5 lt	Insecticida	Piretroide		
Tomate Industrial	Triflurex 48EC	Trifluralina	2,5 lt	Herbicida	Dinitro Anilina		
	Tamarón 600	Matamidos	2 lt	Insecticida	Organofosforado		
	Lorsban 4E	Clorpirifos	4 lt	Insecticida	Organofosforado		
		Ridomil Gold Plus 42.5WP	Mefenoxam	2 kg	Fungicida	Acilalanina+Cúprico	

### 3.4.2 Actividad Industrial

#### 3.4.2.1 Introducción

En esta parte del informe se presenta la información referida a las actividades de tipo industrial, agroindustrial y de aguas servidas presentes en ambas cuencas en estudio.

Se debe señalar que en este acápite se consideró válida la información recopilada y presentada por Arcadis-Geotecnica en el informe elaborado para la Comisión Nacional de Riego destinado a determinar la calidad de las aguas superficiales de las cuencas de los ríos Huasco y Mataquito.

Según lo anterior, a continuación se presentan aquellos antecedentes de mayor relevancia del estudio antes mencionado y que servirán para la caracterización de las aguas subterráneas de las cuencas de Huasco y Mataquito.

### 3.4.2.2 Procesos Productivos Potenciales de Generar RILes

#### a) Catastro de Industrias y RILES Potenciales

En forma teórica, el código C.I.I.U. establece de manera general los elementos o parámetros físico-químicos asociados a determinados procesos productivos. La determinación de los números C.I.I.U.<sup>1</sup> se definió en función de la actividad económica según la “Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes asociados a las Descargas de Residuos Industriales Líquidos a Sistemas de Alcantarillado” (Decreto 609 y su modificación a través del Decreto N° 3.592).

Para conformar un listado de industrias, con sus códigos C.I.I.U., composición y características de las descargas (utilizando el Decreto 609) en las cuencas de Huasco y Mataquito, se utilizó el catastro general de las industrias potenciales de descargar RILes. Posteriormente, según el grado de similitud de los procesos productivos se agruparon por actividad económica. El listado se encuentra en los Anexos 3.4-1 e 3.4-2 para las Cuencas de Huasco y Mataquito, respectivamente.

#### b) Cuenca del Huasco

Con respecto a la actividad económica que podría participar eventualmente en la contaminación de los acuíferos, se debe indicar que alrededor del 60% de ésta podría tener incidencia potencial en el deterioro de la calidad del agua. Al respecto se deben mencionar las siguientes actividades con potencial contaminante:

- Extracción de minerales metálicos
- Elaboración y envasado de frutas
- Fabricación de destilados
- Secado de algas marinas
- Fabricación de bloques de cemento
- Distribución y producción de energía eléctrica

Las empresas con mayor presencia son las panaderías (33%), las cuales fueron descartadas al no requerir cumplir requisitos específicos (Decreto N°3.592). Asimismo, se han descartado aquellas industrias que no están sujetas a clasificación.

En la Tabla 3.4-5 se resume la totalidad de las industrias pertenecientes a la cuenca del Huasco según su C.I.I.U..

---

<sup>1</sup> Clasificación Industrial Uniforme de Todas las Actividades Económicas, de acuerdo a los Informes estadísticos, serie M N4, Rev. 2 de las Naciones Unidas

Tabla 3.4-5  
Empresas por Actividad Económica (Nº. C.I.I.U.) en Huasco

ACTIVIDAD ECONOMICA	ACTIVIDADES AGRUPADAS	C.I.I.U.	TOTAL	PORCENTAJE
Panadería	Amasanderías, fábricas de pan, fábrica de pasteles	n/a	15	33%
Extracción de minerales metálicos	Extracción de minerales, minería	230**	9	20%
Elaboración y envasado de frutas y legumbres, incluidos los jugos	Agrícolas, agroindustriales,	31131	5	11%
Fabricación de destilados	Bodega, elaboradoras, envasadoras de destilados y licores	31321	4	9%
Elaboración de pescados, crustáceos y otros productos marinos	Procesador productos del mar, explotación de frutos acuáticos	31141	2	4%
Fabricación de cemento, cal, yeso y tubos de cemento	Fábrica de bloques de cemento	36921	2	4%
Generación, transmisión y distribución de electricidad	Distribución y producción de energía eléctrica	41011	2	4%
Elaboración de aceites y grasas vegetales y subproductos	Fábrica de aceite de oliva	31151	1	2%
Fabricación de explosivos y municiones	Explosivos	35293	1	2%
Lavanderías y tintorerías	Servicio de lavandería artesanal	95201	1	2%
No sujetas a clasificación		n/a	3	7%
		<b>Total</b>	<b>45</b>	<b>100 %</b>

### c) Cuenca de Mataquito

En cuanto a la cuenca del río Mataquito, aproximadamente el 57% de la actividad económica de la zona podría tener alguna eventual incidencia en la contaminación del agua subterránea, afectando con ello su calidad y su actual uso. Según lo anterior, a continuación se indican aquellas actividades que pueden participar en este proceso:

- Procesamiento de Frutas
- Fabricación de vinos
- Imprentas y encuadernación
- Fabricación de muebles y accesorios metálicos
- Preparación de fiambres
- Fabricación de lácteos
- Fabricación de cemento, cal, yeso y tubos de cemento
- Elaboración de fideos.

Al igual que lo sucedido en la cuenca del río Huasco, en el área de Mataquito las panaderías y aquellas industrias que no están sujetas a clasificación C.I.I.U., las que representan un 30% y 13%, respectivamente, se han excluido del análisis de industrias con potencial incidencia en la contaminación de la cuenca.

En la Tabla 3.4-6 se resume la totalidad de las industrias pertenecientes a la cuenca del Mataquito de acuerdo a su C.I.I.U..

Tabla 3.4-6  
Empresas por Actividad Económica (N°. C.I.I.U.) en Mataquito

ACTIVIDAD ECONÓMICA	ACTIVIDADES AGRUPADAS	C.I.I.U.	TOTAL	PORCENTAJE
Panaderías	Panaderías, amasanderías, fábricas de pasteles, pastelerías	n/a	115	29.5%
No sujetas a clasificación C.I.I.U.		n/a	50	12.8%
Elaboración y envasado de frutas y legumbres, incluidos jugos	Agroindustrias, procesadoras, exportadoras, envasadoras, importadoras de frutas, agrícola, frutícolas, packing	31131	40	10.3%
Fabricación de vinos	Vitivícolas, fabricación de vinos	31321	27	6.9%
Imprenta y encuadernación	Imprentas y encuadernación, talleres de imprenta	34201	22	5.6%
Fabricación de muebles y accesorios principalmente metálicos	Fabricación de artículos metálicos y muebles, maestranzas, fundiciones	38121	17	4.4%
Fabricación de cemento, cal, yeso y tubos de cemento	Fabricación de tubos de cemento, baldosas, adocretos	36921	11	2.82%
Preparación de fiambres, embutidos y conservas de carne	Fábricas de cecinas	31115	10	2.6%
Fabricación de mantequilla y quesos, quesillos, crema y yogur	Fábricas de queso, quesillo, lácteos, mantequillas	31121	10	2.6%
Elaboración de fideos, tallarines y otras pastas	Fábricas de masas y pastas	31174	9	2.3%
Fabricación de dulces, mermeladas, jaleas	Fabricación de mermeladas, chocolates, confites, dulces	31133	7	1.8%
Frigorífico	Frigoríficos	31112	6	1.5%
Fabricación de condimentos, mostazas y vinagres	Fábricas de encurtidos, condimentos, aji	31211	6	1.5%
Elaboración de bebidas no alcohólicas y aguas minerales gasificadas y embotellado de aguas naturales y minerales	Fábricas de bebidas analcohólicas, fábrica y distribución de aguas	31341	5	1.3%
Matanza de ganado	Mataderos	31111	4	1.0%
Fabricación de conservas, caldos concentrados y otros alimentos deshidratados	Industrias de conservas y deshidratado	31134	4	1.0%
Fabricación de material refractario	Fábrica de ladrillos y tejas	36915	4	1.0%
Construcción, montaje, reconstrucción y reformas de vehículos automóviles	Fábrica y reparación de maquinaria y equipo de la agricultura	38431	4	1.0%
Lavanderías y tintorerías	Lavanderías y tintorerías	95201	4	1.0%
Fabricación de Helados, sorbetes y otros postres	Fábricas de helados	31123	3	0.8%
Elaboración de pescado, crustáceos y otros productos marinos	Planta procesadora de mariscos, incubación-engorda de truchas	31141	3	0.8%
Curtiduría y talleres de acabado	Curtiembres	32311	3	0.8%
Fabricación de pulpa de madera	Fábricas de celulosa	34111	3	0.8%
Generación, transmisión y distribución de electricidad	Transmisión de energía eléctrica	41011	3	0.8%
Estudios Fotográficos	Estudios fotográficos	95921	3	0.8%

Tabla 3.4-6 (Continuación)  
Empresas por Actividad Económica (Nº. C.I.I.U.) en Mataquito

ACTIVIDAD ECONOMICA	ACTIVIDADES AGRUPADAS	C.I.I.U.	TOTAL	PORCENTAJE
Cría de aves, para producción de carnes y huevos	Avícola, aves y huevos	11127	2	0.5%
Fabricación de cacao y chocolate en polvo	Fabricación de chocolates	31191	2	0.5%
Fabricación de almidón y sus derivados	Elaboradoras de arroz	31212	2	0.5%
Destilación, rectificación de bebidas alcohólicas	Destilación y aditivos enológicos	31312	2	0.5%
Producción de leche, excepto acopio	Lechería	11123	1	0.3%
Elaboración de aceites y grasas vegetales y subproductos	Fábrica de aceites	31151	1	0.3%
Elaboración de aceites y grasas animales no comestibles	Elaboración de grasas	31152	1	0.3%
Fabricación y refinación de azúcar	Fabricación y refinación de azúcar	31181	1	0.3%
Fabricación de ceras	Fábrica de cera	35291	1	0.3%
Fabricación De tintas	Fabricación de pinturas	35296	1	0.3%
Construcción, montaje, reconstrucción y reforma de vehículos móviles	Fábrica de frenos para automóviles	38431	1	0.3%
Fabricación de piezas y accesorios para vehículos automóviles tales como, motores, frenos, embragues, cajas de cambio, transmisiones, ruedas y chasis	Fábrica empaquetaduras de autos	38432	1	0.3%
Rellenos Sanitarios	Servicio de recolección de residuos domiciliarios	92001	1	0.3%
	<b>Total</b>		<b>390</b>	<b>100 %</b>

### 3.4.2.3 Emisores de RILes

#### a) Cuenca del Río Huasco

El número de industrias presentes en esta cuenca alcanza a 45, las cuales están distribuidas de acuerdo a las siguientes actividades económicas: panaderías (15), mineras (9), agroindustrial (5), fábricas de destilados (4), procesadoras de producto del mar (2), fábricas de bloques de cemento (2), distribución y producción de energía eléctrica (2), fábrica de aceite de oliva (1), fábrica de explosivos (1), servicio de lavandería artesanal (1) y no clasificadas (3).

Para efectos de realizar una encuesta a empresas de tipo industrial Arcadis-Geotecnia descartó 18 establecimientos (panaderías y no clasificadas), luego, el universo de industrias se redujo a 27. De éstas se eligieron 10 (36%), por ser más representativas de las actividades industriales generadoras de RILes, considerando criterios adicionales, tales como los siguientes:

- Cercanía a los ríos y canales de interés
- Tipo y tamaño de industria

- Cercanía a zonas de riego

En el caso del C.I.I.U. 36921, que representa a las industrias con actividad económica denominada Fabricación de cemento, cal, yeso y tubos de cemento, son en general procesos secos, por lo que se descartó en la elección de las industrias a encuestar.

Las industrias asociadas a los C.I.I.U. 35293, Fabricación de Explosivos y Municiones y 95201, Lavandería y Tintorerías, no se consideraron debido a la baja frecuencia de aparición en la cuenca.

De esta manera, la agroindustria es la actividad económica de mayor presencia en la cuenca, especialmente en las zonas rurales, su periodo productivo es estacional, por lo cual las descargas contaminantes se restringen en cierto periodo del año.

Con respecto a la actividad minera, ésta se encuentra muy alejada del río Huasco, pero de igual modo Arcadis-Geotecnica encuestó a la planta de ENAMI, puesto que se consideró como potencial contaminante, debido a que posee un tranque de relave sin liner (grandes extensiones cubiertas por pilas de lixiviación). Asimismo, se encuestó a Cía. Minera Nevada (Barrick) a través de su incipiente proyecto Pascua Lama, sin que se identificara una potencialidad actual de contaminación.

En la Tabla 3.4-7 se indican las actividades económicas (C.I.I.U.) encuestadas por Arcadis-Geotecnica, presentando los porcentajes de encuestas realizadas. Tal como ya fue mencionado, el 36% de las industrias que son factibles de generar RILes fueron encuestadas, incluyendo las actividades económicas con mayor presencia y potencialidad de contaminación.

Tabla 3.4-7  
Universo de Industrias y Encuestas en Huasco

CATASTRO				ENCUESTAS REALIZADAS	
ACTIVIDAD ECONÓMICA	C.I.I.U.	TOTAL	% DEL TOTAL	TOTAL	% MUESTRA
Extracción de minerales metálicos	230**	9	33%	2	22%
Elaboración y envasado de frutas y legumbres, incluidos los jugos	31131	5	19%	2	40%
Fabricación de vinos	31321	4	15%	3	75%
Elaboración de pescados, crustáceos y otros productos marinos	31141	2	7%	1	50%
Fabricación de cemento, cal, yeso y tubos de cemento	36921	2	7%		
Generación, transmisión y distribución de electricidad	41011	2	7%		
Elaboración de aceites y grasas vegetales y subproductos	31151	1	4%	2	100%
Fabricación de explosivos y municiones	35293	1	4%		
Lavanderías y tintorerías	95201	1	4%		
<b>Total</b>		<b>27</b>	<b>100%</b>	<b>10</b>	<b>36%</b>

Nota: En la actividad "Elaboración de aceites y grasas vegetales y subproductos" se señala que el catastro identificó solo una industria, pero en terreno se constató la existencia de otra más que no figuraba en el Listado de Patentes, por lo que también fue encuestada.

En el Anexo 3.4-3 se presentan las fichas recopilatorias de los datos obtenidos en la ejecución de las encuestas de Arcadis-Geotecnica.

Cabe señalar que estas encuestas no proporcionaron la información requerida para la determinación de la concentración promedio de cada parámetro, dado que, en la totalidad de los casos, las empresas desconocen cual es la composición del efluente que generan, no habiendo realizado análisis de sus efluentes y/o mediciones de caudales.

Sólo el 40 % de las industrias encuestadas realiza algún tratamiento a sus descargas, sin entregar datos respecto a la eficiencia operacional de las plantas. La mayoría de las industrias posee fosas sépticas y pozos absorbentes para la disposición de los RILes y aguas servidas. Asimismo, no efectúan mediciones de consumo de agua industrial, principalmente obtenida de los cursos de agua y pozos.

Con respecto a las empresas encuestadas que realizan algún tratamiento a sus descargas, destacan la Cía. Agrícola Pisquera Elqui Ltda., con una planta de tratamiento anaeróbico, la Agrícola Doña Anita, cuyo tratamiento se basa en filtración gruesa y decantación. En Agrícola Vallenar S.A., se utiliza una cámara decantadora de grasas y, finalmente, en el caso de Sociedad E. Rosario Ltda. someten sus RILes a un proceso de decantación. Los industriales no entregan datos que avalen la eficiencia operacional de las plantas.

**b) Cuenca del Río Mataquito**

Con respecto a la cuenca del río Mataquito el número total de industrias es de 390, las cuales se distribuyen de acuerdo a las siguientes actividades económicas: panaderías (115), agroindustrial (40), fábricas de vino (27), imprenta y encuadernación (22), fábrica de muebles y accesorios metálicos (17), fábrica de cecinas (10), fabricación de lácteos (10), fábrica de tubos de cemento (10), fabricación de masas (9), otras menores a 7, equivalente a industrias con un porcentaje menor a 2% y no clasificadas (50).

De este universo, Arcadis-Geotecnica identificó los procesos factibles de generar RILes, siendo descartadas las panaderías y las no clasificadas (165), con lo que el universo de industrias a encuestar disminuyó a 225 unidades.

De las 225 industrias, se georreferenciaron 66 industrias fuera del área urbana, incluyendo aquellas industrias identificadas por la Asociación de Regantes y luego, seleccionó 25 industrias (11,1%) por ser más representativas, en relación a la generación de RILes, y actividades industriales de la cuenca y otros criterios adicionales, tales como:

- Cercanía a los cauces de interés
- Tipo y tamaño de industria
- Información recibida de Asociación de Canalistas (industrias y localización)
- Cercanía a zonas de riego

En la Tabla 3.4-8 se indican las actividades económicas (C.I.I.U.) encuestadas por Arcadis-Geotecnica, presentando los porcentajes de encuestas realizadas. Tal como ya fue mencionado, el 11% de las industrias que son factibles de generar RILes fueron encuestadas, incluyendo las actividades económicas con mayor presencia y potencialidad de contaminación.

Tabla 3.4-8  
 Universo de Industrias y Encuestas en Cuenca Río Mataquito

CATASTRO				ENCUESTAS REALIZADAS	
ACTIVIDAD ECONÓMICA	C.I.I.U.	TOTAL	% DEL TOTAL	TOTAL	% MUESTRA
Fábrica de Vinos	31321	29	44%	10	35%
Elaboración y envasado de frutas y legumbres, incluidos jugos	31131	18	27%	4	22%
Fabricación de condimentos, mostazas y vinagres	31211	3	5%	2	67%
Distribuidora		2	3%		
Fabricación de cemento, cal, yeso y tubos de cemento	36921	2	3%	1	50%
Molino	3116	2	3%	1	50%
Aserradero	33111	1	1,5%		
Curtiduría	32311	1	1,5%	1	100%
Elaboración de Alimentos preparados para animales	31221	1	1,5%	1	100%
Fábrica de Celulosa	34111	1	1,5%	1	100%
Fábrica de Espuma Plástica	35601	1	1,5%		
Fabricación de productos lácteos	36921	1	1,5%	1	100%
Fabricación y refinación de azúcar	31181	1	1,5%	1	100%
Fundición		1	1,5%	1	100%
Preparación de fiambres, embutidos y conservas de carne	31115	1	1,5%	1	100%
Transporte		1	1,5%		
<b>Total</b>		<b>66</b>	<b>100%</b>	<b>25</b>	<b>38%</b>

Al igual que en la cuenca del río Huasco, la agroindustria es la actividad económica de mayor presencia en la cuenca, especialmente en la zona fuera del casco urbano. Se descartaron aquellas industrias que se encuentran al interior de las zonas urbanas, puesto que sus efluentes industriales son descargados al alcantarillado municipal en diversos puntos de los centros urbanos. Las industrias que descargan al alcantarillado municipal deben cumplir con el Decreto N° 609 "Establece Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes asociados a las Descargas de Residuos Industriales Líquidos a Sistemas de Alcantarillado".

Puesto que el interés del Estudio es caracterizar las aguas subterráneas, el interés se enfoca en los efluentes de las industrias que descargan directamente en los cuerpos de agua antes mencionados.

En la Tabla 3.4-9 resume las 225 industrias catastradas y aquellas encuestadas (25), a consideración de los criterios señalados.

Tabla 3.4-9  
Industrias Catastradas y Encuestadas Cuenca del Río Mataquito

CATASTRADAS				ENCUESTADAS	
ACTIVIDAD ECONÓMICA	C.I.I.U.	TOTAL	% DEL TOTAL	TOTAL	% MUESTRA
Elaboración y envasado de frutas y legumbres, incluidos jugos	31131	40	17.77%	11	27.5%
Fabricación de vinos	31321	27	12.00%	7	26.0%
Imprenta y encuadernación	34201	22	9.78%		
Fabricación de muebles y accesorios principalmente metálicos	38121	17	7.56%	1	6.0%
Fabricación de cemento, cal, yeso y tubos de cemento	36921	11	4.88%	1	9.0%
Preparación de fiambres, embutidos y conservas de carne	31115	10	4.44%	1	10.0%
Fabricación de mantequilla y quesos, quesillos, crema y yogur	31121	10	4.44%		
Elaboración de fideos, tallarines y otras pastas	31174	9	4.00%		
Fabricación de dulces, mermeladas, jaleas	31133	7	3.11%		
Frigorífico	31112	6	2.67%		
Fabricación de condimentos, mostazas y vinagres	31211	6	2.67%		
Elaboración de bebidas no alcohólicas y aguas minerales gasificadas y embotellado de aguas naturales y minerales	31341	5	2.22%		
Matanza de ganado	31111	4	1.78%		
Fabricación de conservas, caldos concentrados y otros alimentos deshidratados	31134	4	1.78%		
Fabricación de material refractario	36915	4	1.78%		

Tabla 3.4-9 (Continuación)  
Industrias Catastradas y Encuestadas Cuenca del Río Mataquito

CATASTRADAS				ENCUESTADAS	
ACTIVIDAD ECONÓMICA	C.I.I.U.	TOTAL	PORCENTAJE	TOTAL	PORCENTAJE
Construcción, montaje, reconstrucción y reformas de vehículos automóviles	38431	4	1.78%		
Lavanderías y tintorerías	95201	4	1.78%		
Fabricación de Helados, sorbetes y otros postres	31123	3	1.33%		
Elaboración de pescado, crustáceos y otros productos marinos	31141	3	1.33%		
Curtiduría y talleres de acabado	32311	3	1.33%	1	33.00%
Fabricación de pulpa de madera	34111	3	1.33%	1	33.00%
Generación, transmisión y distribución de electricidad	41011	3	1.33%		
Estudios Fotográficos	95921	3	1.33%		
Cría de aves, para producción de carnes y huevos	11127	2	0.89%		
Fabricación de cacao y chocolate en polvo	31191	2	0.89%		
Fabricación de almidón y sus derivados	31212	2	0.89%	1	50.00%
Destilación, rectificación de bebidas alcohólicas	31312	2	0.89%		
Producción de leche, excepto acopio	11123	1	0.44%		
Elaboración de aceites y grasas vegetales y subproductos	31151	1	0.44%		
Elaboración de aceites y grasas animales no comestibles	31152	1	0.44%		
Fabricación y refinación de azúcar	31181	1	0.44%	1	100%
Fabricación de ceras	35291	1	0.44%		
Fabricación De tintas	35296	1	0.44%		
Construcción, montaje, reconstrucción y reforma de vehículos móviles	38431	1	0.44%		
Fabricación de piezas y accesorios para vehículos automóviles tales como, motores, frenos, embragues, cajas de cambio, transmisiones, ruedas y chasis	38432	1	0.44%		
Rellenos Sanitarios	92001	1	0.44%		
<b>Total</b>		<b>225</b>	<b>100%</b>	<b>25</b>	<b>11.10%</b>

Cabe destacar lo siguiente:

- El mayor número de industrias está asociadas al rubro del C.I.I.U. 31131, Elaboración y Envasado de frutas y legumbres. En consecuencia, concentra el 5% de las encuestas.

- La actividad económica más frecuente es la fabricación de vinos, C.I.I.U. 31321, con un porcentaje de encuestas de 3 %.
- La imprenta y encuadernación (C.I.I.U. 34201), fue descartada, porque es una actividad que se realiza al interior de la zona urbana.

En el Anexo 3.4-4 se presentan las fichas recopilatorias de los datos obtenidos en la ejecución de las encuestas efectuadas por Arcadis-Geotecnia

Las 66 industrias corresponden a todas las industrias catastradas o identificadas dentro de la cuenca del río Mataquito, por lo tanto, representa la realidad industrial productiva de la zona con importante presencia de agroindustrias, con régimen de producción principalmente estacional.

Tal como fue indicado anteriormente, las principales actividades económicas de la región son la agricultura y la industria. Dentro del sector agrícola se encuentra el sector forestal, la fruticultura de exportación y el hortícola. En cambio, en el sector industrial destaca la agroindustria.

Los resultados de las encuestas no proporcionaron datos suficientes de las descargas, puesto que sólo el 15 % de las industrias (3 de las 25 industrias encuestadas) entregó información. De ellas, el 50% de las empresas posee algún nivel de tratamiento de sus descargas, principalmente, en base a sistemas de decantación simple.

Cerca del 80% de las industrias descarga a cursos receptores, y la mayoría dispone de fosas sépticas para sus aguas servidas.

La mayoría de las empresas usan pozos y norias, y no disponen de información respecto al consumo de agua y/o de sus descargas.

A continuación, en la Tabla 3.4-10 se muestran los números C.I.I.U. para las industrias encuestadas según de los Decretos N° 609 y 3592.

Tabla 3.4-10  
C.I.I.U. de Industrias Encuestadas

Nº	Razón Social	Rubro o Giro	CIIU	CIIU Clasificado
1	Sociedad Agrícola Requiringua Ltda.	Agrícola	11131	11123
2	Agrícola Ruggieri Ltda.	Víñas y Vino fino	11111	31321
7	Sociedad Vinícola Miguel Torres S.A.	Vinícola	31321	31321
8	Viña San Pedro S.A.	Fabrica de vino (bodega elaboradora y distribuidora)	62111	31321
13	Claudio Juan de Dios Vargas Inostroza	Agroindustria	31219	31211
14	Agrícola y comercial Agrof S.A.	Agroindustria	61111 32219 11110	31211
15	Sociedad Fundición Curicó Ltda.	Industria	38197	38121
17	Agrícola Santa Francisca del Trapiche Ltda.	Agrícola	11205	31131
19	Nitripro S.A.	Alimento para Mascotas	31221	31221
21	Jorge Amenabar y Cía.	Fab de Vino	31321	31321
22	Copefrut S.A.	Otros Servicios Agrícolas al por Mayor no Clasificados	61129	31131
		Depósitos, Almacenamiento y otros servicios conexos (Frigorífico de Frutas)	71921	
24	Celulosa Arauco y Constitución S.A. Ltda.	Elaboración de Celulosa	34111	34111
25	Industria Nacional de Cemento S.A.	Fabricación de Cemento y Cal	36921	36921

#### 3.4.2.4 Caracterización de Residuos Líquidos

##### a) Introducción

La caracterización de los RILes que se descargan a ríos, afluentes o canales de riego, es fundamental para un estudio de calidad del agua, porque permite conocer con anticipación el efecto que tendrá un eventual cambio en su composición y concentración en la masa de agua del cuerpo receptor.

Debido a la escasa información, sobre la composición de los RILes arrojada por la encuesta, el estudio reunió la siguiente información secundaria:

- Identificación de contaminantes: información sustentada en Decreto N° 3.592
- Concentración promedio de cada parámetro: información sustentada en datos de industriales y O.M.S.
- Caudales de descarga: información sustentada en datos de los industriales y O.M.S.
- Cargas Contaminantes: información sustentada en estimaciones de concentraciones promedio de cada parámetro y caudales de descarga.
- Frecuencia y estacionalidad de las descargas: información sustentada en datos de industriales.

El Catastro Nacional de Descargas de RILes (SISS; 1997) junto al DS 609/98 entregan, por intermedio del Decreto N° 3592, la información requerida para el Estudio, al detallar los parámetros específicos de calidad de RILes que deben ser monitoreados y/o controlados por tipo de industria, identificando éstos como los representativos de la contaminación como resultado de cada actividad industrial.

En base a los niveles de producción de cada industria obtenidos a través de las encuestas efectuadas por Arcadis-Geotecnica en abril de 2003, y el Estudio de la O.M.S. Organización Mundial de la Salud (O.M.S.), denominado "Assessment of Sources of Air, Water and Land Pollution", se obtuvo los parámetros y cargas de contaminación para las distintas actividades industriales (C.I.I.U.) asociadas a la cuenca. En el caso de aquellas industrias que desconocían su consumo y/o descargas de aguas, se procedió a estimar los datos, a partir de encuestas de otras industrias con la misma actividad económica.

La normativa existente para la fiscalización de las descargas de residuos industriales y municipales líquidos a los sistemas de alcantarillado (DS 609/1998) y/o a cursos de aguas superficiales (DS 90/2001) y/o infiltración a aguas subterráneas (DS 46/2002) acotan las concentraciones máximas permitidas por parámetro.

## **b) Cuenca de Huasco**

### **i.- Actividad Industrial**

La cuenca del Huasco no posee una gran actividad industrial. De la actividad industrial existente, se tienen las siguientes consideraciones respecto a la caracterización de las fuentes contaminantes:

- Extracción de Minerales Metálicos: los parámetros que normalmente se vinculan a esta actividad industrial son los siguientes: metales, tales como arsénico, cadmio, cobre, zinc, cromo y manganeso; no metálicos como amoníaco, sulfato, cianuro y sulfuro, pH. Además, se encuentra alta concentración de sólidos disueltos y en suspensión.
- Elaboración y envasado de frutas: los parámetros que deben ser controlados son los siguientes: concentración de sólidos suspendidos y disueltos, DBO5, aceites y grasas y nitrógeno como amoníaco

- Fabricación de destilados: los residuos vinculados a esta actividad industrial se caracterizan por presentar un alto contenido de materia orgánica (DBO5; DQO); sólidos suspendidos (SST), y pH ácido, variable dentro de su rango. En la limpieza de las cubas la gran mayoría de las bodegas utilizan ácido cítrico, soda cáustica y detergentes, lo que explica su pH ácido.
- Procesadoras de Productos del Mar: se debe controlar los siguientes parámetros: concentración de sólidos suspendidos y disueltos, DBO5, aceites y grasas y nitrógeno como amoníaco
- Fabricación de bloques de cemento: Los parámetros vinculados a esta actividad son sólidos en suspensión y boro.
- Distribución y producción de energía eléctrica: en este caso los parámetros asociados son los sólidos en suspensión, aceites y grasas e hidrocarburos.
- Con respecto a los centros poblados pertenecientes a las comunas de la cuenca de Huasco, se debe señalar que los parámetros que deben ser controlados son concentración de sólidos suspendidos, DBO5, aceites y grasas, nitrógeno, fósforo, detergentes y coliformes fecales.

De acuerdo a lo detallado, se procedió a caracterizar los RILes en base a la información y datos de las fuentes de información señaladas, incluidos los resultados de las encuestas (ver Anexo 3.4-5).

## ii.- Aguas Servidas Municipales

A continuación, en la Tabla 3.4-11 se resume los caudales de descarga de aguas servidas municipales (mezcla de aguas servidas domésticas e industriales) descargadas a la cuenca por los centros poblados. Las aguas servidas son descargadas crudas (sin tratamiento) a la cuenca, cuando no hay planta de tratamiento, representando fuentes de contaminación que deterioran la calidad del agua de riego.

Cabe señalar, que en algunos casos, los efluentes de las plantas de tratamiento, también pueden representar una fuente de contaminación.

Tabla 3.4-11  
Descargas de Aguas Servidas Municipales en Cuenca del Río Huasco

Comuna	Ciudad	Caudal de descarga Estimado (L/s)	Cuerpo Receptor de A.S.	Planta de Tratamiento
Huasco	Huasco	11,19	Océano	
	Huasco Bajo		Río Huasco	
Freirina	Freirina	6,02	Río Huasco	Tiene
Vallenar	Vallenar	91,15	Río Huasco	Tiene
Alto del Carmen	Alto del Carmen	8,4	Río del Carmen	
	San Félix		Río del Carmen	
	El Tránsito		Río del Carmen	

### c) Cuenca de Mataquito

#### i.- Actividad Industrial

La cuenca del Mataquito posee una actividad industrial significativa al compararla con la cuenca del Huasco. La caracterización de las fuentes contaminantes por actividad económica, según literatura consultada es la siguiente:

- Procesamiento de Frutas y Agroindustrias: Los residuos líquidos generados poseen, básicamente, las mismas características, presentando una alta concentración de materia orgánica, que se traduce en altos valores de DBO<sub>5</sub>, DQO; sólidos suspendidos y disueltos y aceites y grasas. La generación de sus RILes tiene directa relación con la época en que se realizan sus cosechas.

El procesamiento de frutas, se diferencia según el tipo de fruta. No obstante, es posible identificar algunas operaciones unitarias básicas presentes en diferentes procesos industriales:<sup>2</sup> limpieza y preparación preliminares; limpieza e inspección; trozado, deshuesado, eliminación de fallas y cortado; pelado; preparación y transporte; blanqueo; pulpado y colado; cocción; mezclado e incorporación de aditivos; inspección final y envasado; proceso térmico

La mayor generación de residuos líquidos proviene de los procesos de lavado, no sólo el que se realiza a la fruta, sino que también el de la maquinaria. Estos se caracterizan básicamente por contener sólidos suspendidos y materia orgánica disuelta, el agua proveniente del lavado de maquinaria, presenta variaciones de pH con máximos tantos básicos como ácidos, y también es posible encontrar detergentes<sup>2</sup>.

- Bodegas, o fábricas de Vino: Una de las actividades principales de la zona es la elaboración de vino. Este proceso, varía si se trata de la producción de vino blanco o tinto. La variación entre los procesos productivos, se basa

<sup>2</sup> CONAMA, 1998. Industria Procesadora de Frutas y Hortalizas.

fundamentalmente en las operaciones unitarias involucradas en la elaboración del vino, las cuales se presentan a continuación, tanto para el vino tinto como para el blanco:

- Elaboración Vino Tinto: maceración; fermentación alcohólica; descube y prensado; fermentación maloláctica; trasiegos, estabilización y clarificación; guarda en barricas; embotellado y etiquetado.
- Elaboración Vino Blanco: separación de mostos; fermentación alcohólica; trasiegos, clarificación y filtrado; descube; guarda en barricas; embotellado y etiquetado.

Los RILes, provienen básicamente del lavado de las bodegas, no así de los procesos unitarios involucrados. Actividad que implica el lavado de cubas, pisos, maquinarias y equipos, situación que aumenta en los meses de vendimia (marzo– abril).

Los RILes generados se caracterizan por un alto contenido de materia orgánica (DBO<sub>5</sub>; DQO) y sólidos suspendidos (SST), y un pH ácido, variable dentro de su rango. En la limpieza de las cubas la gran mayoría de las bodegas utilizan ácido cítrico, soda cáustica y detergente, lo que explica su acidez. Al no disponer de sistemas de tratamiento adecuados (normalmente, biológicos aeróbicos y/o anaeróbicos), los valores de descarga<sup>3</sup> de DBO<sub>5</sub> varían entre 2.000 y 3.000 mg/L; los sólidos suspendidos<sup>3</sup> entre 200 y 300 mg/L y el pH entre 3 y 6,5.

- Imprentas y encuadernación: Las imprentas generan RILes en la medida que utilizan tintas para su proceso productivo, de este modo, los parámetros asociados a la calidad de sus RILes son hidrocarburos, DBO<sub>5</sub>, arsénico, cromo total y hexavalente, y mercurio.
- Fabricación de muebles y accesorios metálicos: Pueden generar RILes con contenido de sólidos suspendidos, aceites y grasas, cadmio, cianuro, cobre, cromo total y hexavalente, níquel, plomo sulfato, poder espumógeno, zinc, aluminio y magnesio.
- Preparación de fiambres: en este caso los parámetros vinculados a las descargas líquidas son sólidos sedimentables y suspendidos, aceites y grasas, DBO<sub>5</sub>, nitrógeno amoniacal y poder espumógeno.
- Fabricación de Lácteos: los parámetros críticos factibles de producir contaminación son los sólidos disueltos y suspendidos, fósforo, los aceites y grasas, amoníaco, y coliformes fecales (dependiendo de la disposición de excretas de los animales).

---

<sup>3</sup> Butzke, Ch. 1995. Constructed Wetlands as an Alternative for Improving Winery Waste Waters. American Vineyard. Vitiviniculture & Enology Lab.

- Fabricación de cemento, cal, yeso y tubos de cemento: Los parámetros vinculados a esta actividad son sólidos en suspensión y boro.
- Elaboración de fideos: los parámetros vinculados están relacionados con los sólidos suspendidos, DBO<sub>5</sub>, fósforo, nitrógeno amoniacal y poder espumógeno.
- Faenadoras de animales y curtiembres: presentan problemas en sus RILes principalmente asociados a la alta demanda de oxígeno que se produce por el contenido de carga orgánica presente en ellos. Los RILes generados en los mataderos industriales, son producto básicamente de la sangre proveniente de la limpieza de pisos. En ellos debe controlarse los sólidos suspendidos y disueltos, aceites y grasas, DBO<sub>5</sub>, fósforo, nitrógeno, y coliformes fecales. El proceso de fabricación de cecinas, genera RILes con características similares a las de las faenadoras de animales.
- Con respecto a los centros poblados pertenecientes a las comunas correspondientes a la cuenca de Mataquito, generadores de aguas servidas domésticas y/o municipales, cabe señalar que los parámetros de calidad que deben ser controlados son concentraciones de sólidos suspendidos, DBO<sub>5</sub>, aceites y grasas, nitrógeno, fósforo, detergentes y coliformes fecales

De acuerdo a lo descrito previamente, sólo algunas de las industrias de Mataquito entregaron datos de sus RILes.

El la Tabla 3.4-12 contiene una lista de los parámetros que analizan cuatro industrias, en comparación con lo exigido en la normativa.

Tabla 3.4-12  
Parámetros Normados y Analizados por las industrias

Nombre	C.I.I.U.	Parámetros exigidos <sup>4</sup>	Parámetros analizados por industrias <sup>5</sup>
Copefrut	31131	pH, T, SS, SD, A y G, DBO <sub>5</sub> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , PE	Coliformes fecales, A y G, DBO <sub>5</sub> , DQO, P, NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , Nitrógeno Kjeldhal, pH, PE, S.disueltos, S.D., S.S.
Viña Astaburuaga	31321	pH, SS, DBO <sub>5</sub>	CE, DBO <sub>5</sub> , DQO, pH, S.disueltos, S.D., S.S., T
Patagonia Chile	31131	pH, T, SS, SD, A y G, DBO <sub>5</sub> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , PE	pH, SS, SD, DBO <sub>5</sub> filtrada, DBO <sub>5</sub> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , Nitrógeno kjeldahl, P
Fábrica de azúcar	31181	pH, T, SS, SD, DBO <sub>5</sub>	DBO <sub>5</sub> , DBO <sub>5</sub> filtrado, NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , N kjeldhal, P, SD, SS

La encuesta efectuada por Arcadis-Geotecnica contemplaba recabar información relevante in-situ para determinación de factores de interés para el Estudio. Sin embargo, la mayoría de los industriales no poseen información de

<sup>4</sup> Decreto N° 3592, 2000, Ministerio de Obras Públicas

<sup>5</sup> Análisis de efluentes entregados por los industriales, mediante la realización de las encuestas (Anexo I)

caudales y/o calidades de descargas y/o consumo de agua fresca para fines productivos. Esta situación implicó la imposibilidad de determinar concentraciones promedio de parámetros de calidad pertinentes y/o las variaciones esperadas en base a datos entregados. Con el propósito, de salvar este obstáculo, se procedió a determinar la contaminación en base a las recomendaciones de la O.M.S., de igual forma que en el caso de Huasco.

Es así como, en base a los niveles de producción de cada industria obtenidos a través de las encuestas y el Estudio de la O.M.S., se identificó y estimó los parámetros y las cargas aproximadas de contaminación para las distintas actividades industriales de la cuenca (ver Anexo 3.4-6).

## ii.- Aguas Servidas Municipales

A continuación, en la Tabla 3.4-13 se resume los caudales de descarga de aguas servidas municipales (mezcla de aguas servidas domésticas e industriales) descargadas a la cuenca por los centros poblados. Las aguas servidas son descargadas crudas (sin tratamiento) a la cuenca, cuando no hay planta de tratamiento, representando fuentes de contaminación que deterioran la calidad del agua de riego.

Cabe señalar, que en algunos casos, los efluentes de las plantas de tratamiento, también pueden representar una fuente de contaminación.

Tabla 3.4-13  
Descargas de Aguas Servidas Municipales en Mataquito

Comuna	Ciudad o Pueblos	Caudal de Descarga Estimado (L/s)	Cuerpo Receptor de A.S.	Planta de Tratamiento
Teno	Teno	4.67	Río Teno	
Romeral	Romeral	4.88	Río Guaiquillo	
Curicó	Curicó	452.00	Río Guaiquillo	Tiene
Rauco	Rauco	8.80	Estero Palmilla	
Molina	Molina	92.87	Estero Carretón	En construcción
	Lontué	34.10	Río Seco	Tiene
Sagrada Familia	Villa Prat	1.26	Canal Villa Prat	
	Sagrada Familia	2.35	Río Mataquito	
Curepto	Curepto	5.40	Laguna Curepto	En construcción
Licantén	Licantén	2.79	Río Mataquito	
Hualañé	Hualañé	3.61	Río Mataquito	

### 3.4.2.5 Diagnóstico Preliminar de la Situación de Cumplimiento

A continuación se incluye un diagnóstico preliminar de la situación de cumplimiento de la NCh 1333.Of78, es decir desde un punto de vista del riego, válido para ambas cuencas en Estudio.

De acuerdo a lo observado en terreno y los resultados de las encuestas efectuadas por Arcadis-Geotecnica, la mayoría de las industrias en ambas cuencas

no dispone de sistemas de tratamiento, y descargan sus RILes y aguas servidas domésticas, a través de descargas directas y/o infiltraciones al subsuelo. Esta situación es equivalente, para las aguas servidas domésticas y municipales generadas en los predios agrícolas y ciudades/poblados, respectivamente. Asimismo, existen botaderos de residuos sólidos domésticos que no disponen de medios de control de sus percolados.

Debido a la situación descrita de la industria y centros poblados, a las bajas concentraciones naturales de los parámetros observados y la dilución en los cursos de agua, se podría diagnosticar la existencia de un impacto cuantificable en la calidad de las aguas en los ríos y canalizaciones con respecto a la norma de riego (NCh 1333), especialmente en lo pertinente a la concentración de coliformes fecales.

Una situación de incumplimiento potencial de la NCh 1333, se vincularía, principalmente, a las mayores descargas municipales e industriales. Con el objetivo de mitigar el impacto en los cursos de agua, se requerirían inversiones para la implementación de soluciones de manejo y tratamiento de aguas servidas domésticas, municipales y RILes, incluida la desinfección de los efluentes, las que deberán ser fiscalizadas, de acuerdo a la legislación vigente.

Las áreas de influencia potenciales de los contaminantes tendrían impacto sobre los predios agrícolas localizados aguas abajo de cada una de las descargas municipales e industriales. Uno de los métodos más aplicados para estimar las áreas de influencia de las descargas de aguas residuales es aquel que estima la presencia y reducción bacterial, medido a través de la concentración de los coliformes fecales (#/100 ml).

Las áreas de influencia podrían ser estimadas a través de proceso de muerte natural (decay) de los coliformes fecales al interior del sistema hídrico, estimado desde el punto de descarga y dilución inicial de las aguas contaminadas en el cauce, hasta su potencial ingreso al sistema de riego de los predios. Este concepto de decay natural es normalmente aplicado en el diseño de emisarios marinos de aguas residuales y sistemas de tratamiento por lagunaje, pudiendo estimarse en el primer caso, la concentración bacterial a su arribo a la costa, representada en nuestro caso por el ingreso en el predio vía canal de riego, para asegurar el cumplimiento de normativas de aguas para riego ( $< 1000$  coliformes fecales/100 ml).

La reducción bacterial se puede describir adecuadamente mediante la cinética de primer orden, representada matemáticamente mediante la ecuación  $N_t = N_0 \times e^{-kt}$ . Al considerar como ejemplo una concentración de  $4 \times 10^4$  coliformes fecales/100 ml, inmediatamente aguas abajo del punto de descarga, tenemos el siguiente ejemplo para el caso de un tiempo de retención (o flujo) de hasta un (1) día al interior del sistema hídrico de las cuencas:

- $N_0 = 4 \times 10^4$  coliformes fecales/100 ml (concentración estimada al inicio, después de descarga)

- $k$  = constante específica de reacción. Estimada para canales en  $1.0 \text{ día}^{-1}$  (Metcalf & Eddy, 1998)
- $t = 1.0 \text{ día}$  (tiempo de retención en el cauce, hasta el ingreso a los predios)
- $kt = 1.0 \text{ día}^{-1} \times 1.0 \text{ día} = 1.0$

De acuerdo al ábaco de reducción bacterial (Metcalf & Eddy, 1998), considerando un factor de dispersión favorable de 0,10 para los canales (cercano al flujo pistón), se tiene lo siguiente:

- $N_t / N_o = 0.04$  (i.e. 4.0 % de porcentaje remanente de coliformes fecales a la entrada a los predios)
- $N_{1.0} = 4 \times 10^4 \times 0.04 = 1,600$  coliformes fecales/100 ml

De acuerdo al cálculo estimado del ejemplo expuesto, se estima que, debido a los procesos de reducción natural de los coliformes fecales, aún después de 24 horas de flujo al interior del sistema hídrico, el agua de alimentación a los predios no cumplirá la norma de riego (1.600 coliformes fecales/100 ml). El tratamiento de las descargas de aguas residuales, especialmente la desinfección, son de la mayor importancia.

Como estimación, a pesar de considerar una baja velocidad de flujo en los cauces de sólo 1.0 m/min, para el caso del ejemplo, tendríamos un área de influencia estimada de hasta 1.5 Km aguas abajo de la descarga.

## 4 ANÁLISIS HIDROGEOLÓGICO

### 4.1 GEOLOGÍA Y GEOFÍSICA

#### 4.1.1 Geología

El objetivo de este estudio geológico fue establecer las propiedades cualitativas de los medios acuíferos, su geometría y delimitación espacial como unidad hidrogeológica que es capaz de almacenar y transmitir agua. Para ello se consideró información de estudios existentes tanto de carácter geológico como hidrogeológico y sobre todo a partir de la gran abundante cantidad de perfiles y/o descripciones estratigráficas recopiladas para la elaboración del catastro de captaciones en ambos valles.

El levantamiento geológico consistió específicamente de la identificación y localización de las unidades hidrogeológica de superficie y subsuperficie. En el Anexo 4.1-1 se entrega el informe completo a partir del cual se elaboró el presente capítulo.

##### 4.1.1.1 Valle del Huasco

###### 4.1.1.1.1 Unidades Geológicas e Hidrogeológicas de Cobertura Superficial

La definición de unidades hidrogeológicas principales ha sido realizada basándose a rangos estimativos de permeabilidad atribuidas a las unidades geológicas. De esta manera, varias unidades geológicas se agruparon para conformar unidades hidrogeológicas únicas. A continuación se indican los rangos de permeabilidad, aplicados de manera estimativa a cada tipo de unidad hidrogeológica definida:

- **Unidad 1:** Medios intergranulares de permeabilidad moderada a alta:  $>10^{-1}$  m/día.
- **Unidad 2:** Medios intergranulares y fracturados de permeabilidad moderada a baja:  $10^{-1}$  a  $10^{-4}$  m/día.
- **Unidad 3:** Medios rocosos de permeabilidad muy baja a nula:  $<10^{-4}$  m/día.

A continuación se describen dichas unidades en forma resumida, cuyo detalle puede ser consultado en el Anexo correspondiente.

## **UNIDAD 1: MEDIOS INTERGRANULARES DE PERMEABILIDAD ALTA A MODERADA**

### **Subunidad 1.1: Depósitos Sedimentarios de Origen Fluvial de Alta Energía (Mif)**

Los Depósitos Sedimentarios de Origen Fluvial de Alta Energía están compuestos por sedimentos fluviales actuales, pre-actuales y abanicos fluviales, distribuidos a lo largo del valle fluvial del Río Huasco.

Su composición granulométrica corresponde a arenas gruesas y gravas finas, con intercalaciones de estratos compuestos por (i) gravas medias y (ii) arenas finas con escasos finos (limos y arcillas).

Se distribuye exclusivamente en el cauce del Río Huasco, alcanzando su mayor ancho en el extremo oeste de la cuenca, donde supera los 2.000 m; en el extremo este de la zona de estudio, su ancho es de sólo unos 300 m. Su estratificación es subhorizontal. Estos sedimentos presentan una permeabilidad alta a muy alta (> 100 m/día).

### **Subunidad 1.2: Depósitos Sedimentarios de Origen No Fluvial (MInf)**

Corresponde a depósitos sedimentarios fluvio-aluvionales, gravitacionales, coluviales y eólicos costeros. Se trata de depósitos de edad cuaternaria, que mayoritariamente rellenan valles y quebradas correspondientes a drenajes tributarios al Río Huasco.

- **Depósitos fluvio-aluvionales y coluviales**

Los depósitos fluvio-aluvionales ocurren por procesos de tipo aluvial, semejantes a los procesos fluviales aunque en pequeña escala, mediante "lavados" de las laderas de cerros compuestos por roca meteorizada y por depósitos regolíticos. Se presentan en drenajes secundarios.

Estos depósitos presentan mayoritariamente una permeabilidad media (0,1 a 10 m/día), localmente alta (10 - 100 m/día).

- **Depósitos Gravitacionales**

Los depósitos gravitacionales corresponden a escombros de falda y depósitos aluviales actuales (o en sentido más amplio al Cuaternario Superior), de origen gravitacional. Formados por fragmentación de rocas expuestas en superficie, remoción y depositación en los bordes topográficamente inferiores de los macizos rocosos. Su distribución es discontinua y local; y son más abundantes hacia la cabecera de la cuenca.

Tienen una distribución muy local, de no más de 1 km<sup>2</sup>, ubicándose en los bordes de las quebradas sobre las unidades sedimentarias o engranando con éstas. Forma taludes y conos de deyección que terminan en pequeñas llanuras aluviales. Estos sedimentos presentan una permeabilidad baja (0,01 – 1 m/día) a media (1 – 10 m/día).

- **Depósitos de Playa y Dunas**

Sedimentos eólicos y depósitos de playa holocénicos a actuales que se distribuyen a lo largo de la zona costera. Constituyen los Depósitos de Playa y Dunas. Estos depósitos presentan una permeabilidad media (1-10 m/día).

## **UNIDAD 2: MEDIOS INTERGRANULARES DE PERMEABILIDAD MODERADA A BAJA (Mimb)**

La segunda unidad geológica-hidrogeológica de la cuenca del Río Huasco, la llamada Medios Intergranulares de Permeabilidad Moderada a Baja, está mayoritariamente compuesta por gravas y conglomerados poco consolidados.

Su distribución general ocurre en forma paralela al eje del Río Huasco, bordeando tanto el valle fluvial actual como algunos tributarios mayores. Estos depósitos representan el paleo-relleno del valle del Río Huasco y actualmente se encuentran aterrizados; han sido observadas en superficie secciones de hasta 60 m de potencia. Se originaron a partir de procesos aluviales.

Han sido definidos como Gravas de Atacama, de una distribución muy amplia en las regiones II de Antofagasta y III de Atacama. Presenta una permeabilidad moderada a baja ( $10^{-1}$  a  $10^{-4}$  m/día).

## **UNIDAD 3: MEDIOS ROCOSOS DE PERMEABILIDAD MUY BAJA A NULA (MR)**

La mitad oeste de la zona de estudio se sitúa en el ámbito de la Cordillera de la Costa; en este sector del área de estudio las rocas consolidadas son mayoritariamente intrusivas y metamórficas y minoritariamente volcano-sedimentarias. La mitad Este de la zona de estudio corresponde a la Depresión Central (de poca expresión en esta parte del territorio) y la Cordillera Principal; allí, se invierten las proporciones, siendo las secuencias volcano-sedimentarias las predominantes (Formaciones Bandurrias, Chañarcillo y Cerrillos). Todas estas unidades de roca componen los Medios Rocosos de Permeabilidad Muy Baja a Nula.

Litológicamente las rocas intrusivas corresponden a tonalitas; las rocas metamórficas son esquistos, filitas y cuarcitas. Las rocas volcanoclásticas corresponden principalmente a andesitas, sedimentitas continentales y calizas.

La cobertura de meteorización es por lo general, inferior a un metro de espesor. Prácticamente no hay fracción arcillosa (< 10%). En el caso de las rocas intrusivas y metamórficas, el regolito es gravoso con un espesor inferior a 1,0 m de espesor. Las rocas de las secuencias volcanoclasticas presentan una escasa cubierta regolítica.

Numerosos fotolineamientos denotan un probable control estructural sobre numerosos drenajes. Las permeabilidades son originadas por fracturamiento y fallamiento, por lo tanto dependen de la presencia de fracturas.

#### 4.1.1.1.2 Unidades Geológicas e Hidrogeológicas de Subsuperficie

A continuación se identifican las unidades geológicas-hidrogeológicas de subsuperficie, en áreas donde afloran depósitos sedimentarios no consolidados de origen fluvial (Medios Intergranulares de Permeabilidad Alta a Moderada, Subunidad de Depósitos Sedimentarios de Origen Fluvial de Alta Energía).

La caracterización está basada en antecedentes aportados por las siguientes fuentes de información:

- Columnas geológicas de pozos inventariados por el presente proyecto, en la zona de estudio, descritas por el perforista.
- Antecedentes geológicos e hidrogeológicos de estudios anteriores generados por el conocimiento previo de la geología e hidrogeología del área.

Resulta importante aclarar que la descripción de las columnas geológicas habitualmente es realizada por el maestro perforista y no por un profesional capacitado para ello. Por lo tanto, frecuentemente estas descripciones no corresponden exactamente a la realidad. Esta situación dificulta las interpretaciones y correlaciones estratigráficas.

La descripción que se presenta a continuación para cada unidad corresponde a una breve definición de los siguientes parámetros principales: (i) grado de consolidación ; (ii) conductividad hidráulica; y, (iii) distribución espacial.

#### **UNIDAD SUBSUPERFICIAL 1: DEPÓSITOS SEDIMENTARIOS NO CONSOLIDADOS**

La Unidad de Depósitos Sedimentarios No Consolidados está compuesta por sedimentos clásticos de variada granulometría predominante: son gruesos (Subunidad 1.1), medios-gruesos (Subunidad 1.2), medios-finos (Subunidad 1.3) y finos (Subunidad 1.4); por lo tanto se trata de secuencias compuestas por gravas, arenas gruesas a finas, limos a arcillas.

### **Subunidad 1.1: Depósitos Sedimentarios Gruesos**

- *Grado de consolidación:* Bajo-nulo
- *Conductividad hidráulica:* Muy alto –alto

### **Subunidad 1.2: Depósitos Sedimentarios Medios-Gruesos**

- *Grado de consolidación:* Bajo-nulo
- *Conductividad hidráulica:* Medio-alto

### **Subunidad 1.3: Depósitos Sedimentarios Medios-Finos**

- *Grado de consolidación:* Bajo-nulo
- *Conductividad hidráulica:* Medio-bajo

### **Subunidad 1.4: Depósitos Sedimentarios Finos**

- *Grado de consolidación:* Bajo-nulo
- *Conductividad hidráulica:* Bajo a muy bajo

## **UNIDAD SUBSUPERFICIAL 2: DEPÓSITOS SEDIMENTARIOS SEMI-CONSOLIDADOS**

- *Grado de consolidación:* Medio
- *Conductividad hidráulica:* Medio a bajo

## **UNIDAD SUBSUPERFICIAL 3: BASAMENTO ROCOSO**

### **Variedad A: Roca meteorizada**

- *Grado de consolidación:* Medio - alto
- *Conductividad hidráulica:* Bajo a muy bajo. Aunque puede constituir acuíferos locales.

### **Variedad B: Roca fresca**

- *Grado de consolidación:* Muy alto
- *Conductividad hidráulica:* Muy bajo-nulo

## **DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES SUBSUPERFICIALES**

A lo largo del valle fluvial del Río Huasco, el basamento rocoso se localiza a una profundidad máxima estimada en unos 200 m. De hecho, uno de los pozos

inventariados durante el presente estudio interceptó la roca a los 181 m. En cuatro sondajes se interceptaron Depósitos Sedimentarios Semi-Consolidados a profundidades de entre 33 m y 161 m de profundidad.

La abundancia relativa de las cuatro subunidades de la unidad de Depósitos Sedimentarios No Consolidados, ordenados de mayor a menor frecuencia, es la siguiente: (i) Subunidades 2; (ii) Subunidad 3; y, (iii) Subunidad 4; y, (iv) Subunidad 1.

Por lo tanto, en términos generales se establece un predominio de los sedimentos de granulometría media (arenas gruesas y arenas medias) sobre aquellos de carácter fino y muy gruesos.

Las columnas estratigráficas de los pozos muestran una alternancia de las cuatro subunidades de la unidad de Depósitos Sedimentarios No Consolidados.

Para complementar la descripción anterior se prepararon las Figuras 4.1-1 a la 4.1-4, que muestran el Mapa Geológico-Hidrogeológico de superficie, que es el mismo Mapa pero con las columnas estratigráficas de pozos seleccionados, y tres perfiles en corte señalados en el mapa geológico de superficie.

Figura 4.1-1

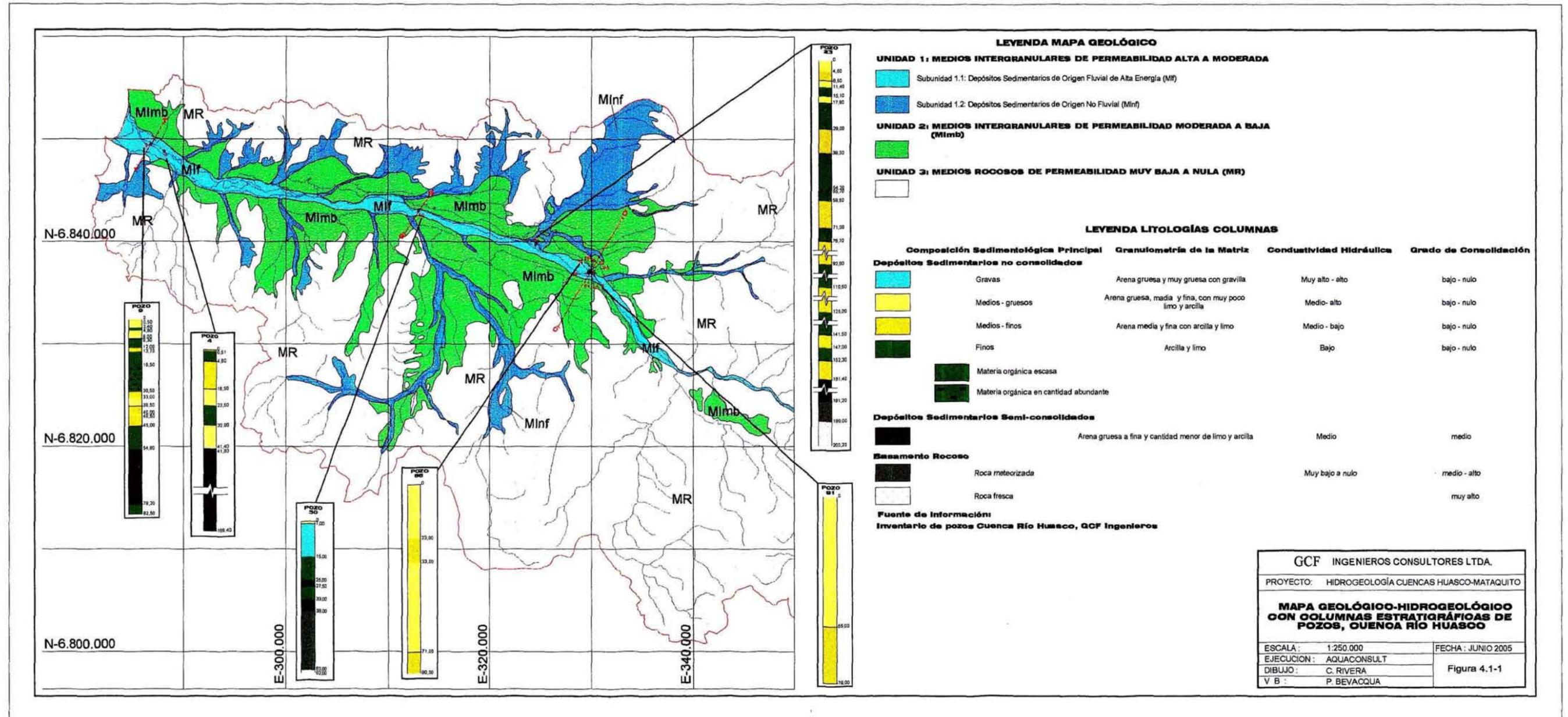
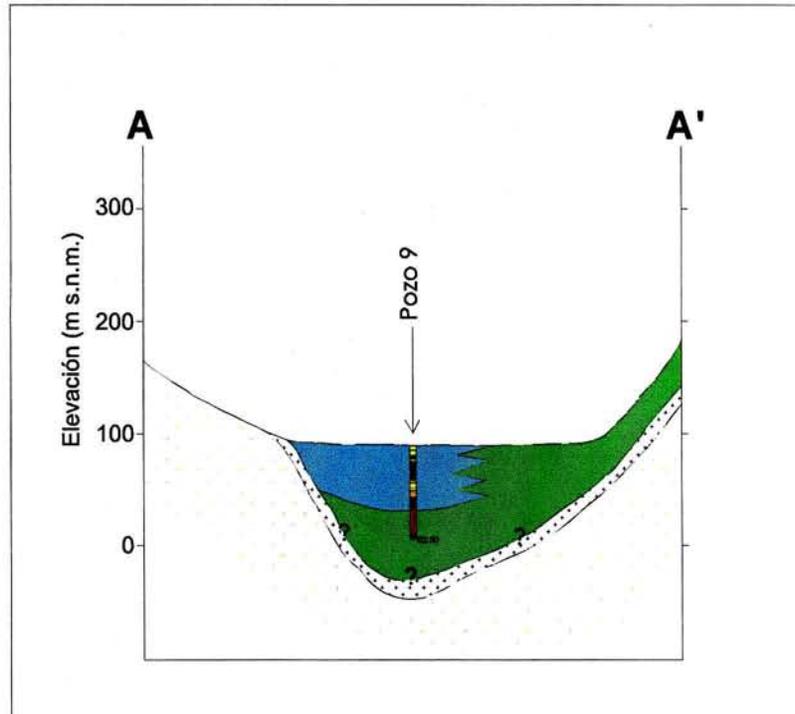


Figura 4.1-2  
Perfil A-A' Huasco



Escala Vertical 1 : 5.000  
Escala Horizontal 1 : 50.000

LEYENDA

UNIDAD 1: MEDIOS INTERGRANULARES DE PERMEABILIDAD ALTA A MODERADA

 Subunidad 1.1: Depósitos Sedimentarios de Origen Fluvial de Alta Energía (Mlf)

 Subunidad 1.2: Depósitos Sedimentarios de Origen No Fluvial (Mlnf)

UNIDAD 2: MEDIOS INTERGRANULARES DE PERMEABILIDAD MODERADA A BAJA (M1m b)



UNIDAD 3: MEDIOS ROCOSOS DE PERMEABILIDAD MUY BAJA A NULA (MR)



a: Roca meteorizada  
b: Roca fresca

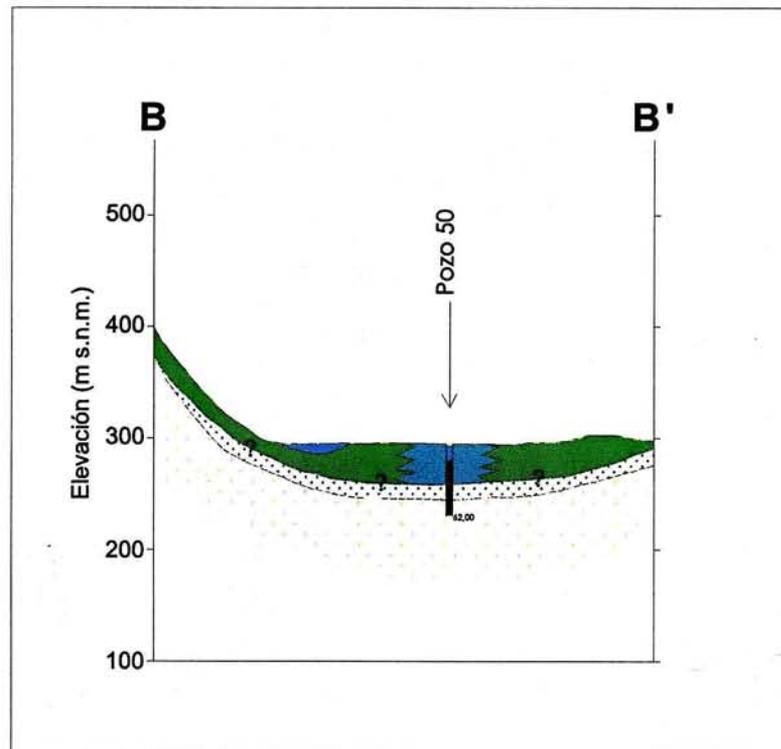
GCF Ingenieros Consultores

PROYECTO: HIDROGEOLOGÍA CUENCAS HUASCO-MATAQUITO

PERFIL A - A'  
CUENCA RÍO HUASCO

ESCALA:	INDICADAS	FECHA:	JUNIO 2005
EJECUCION:	AQUACONSULT		
DIBUJO:	C. RIVERA		Figura 4.1-2
V B:	P. BEVACQUA		

Figura 4.1-3  
Perfil B-B' Huasco



Escala Vertical 1 : 5.000  
Escala Horizontal 1 : 50.000

LEYENDA

UNIDAD 1: MEDIOS INTERGRANULARES DE PERMEABILIDAD ALTA A MODERADA

 Subunidad 1.1: Depósitos Sedimentarios de Origen Fluvial de Alta Energía (MIf)

 Subunidad 1.2: Depósitos Sedimentarios de Origen No Fluvial (MInf)

UNIDAD 2: MEDIOS INTERGRANULARES DE PERMEABILIDAD MODERADA A BAJA (MIm b)

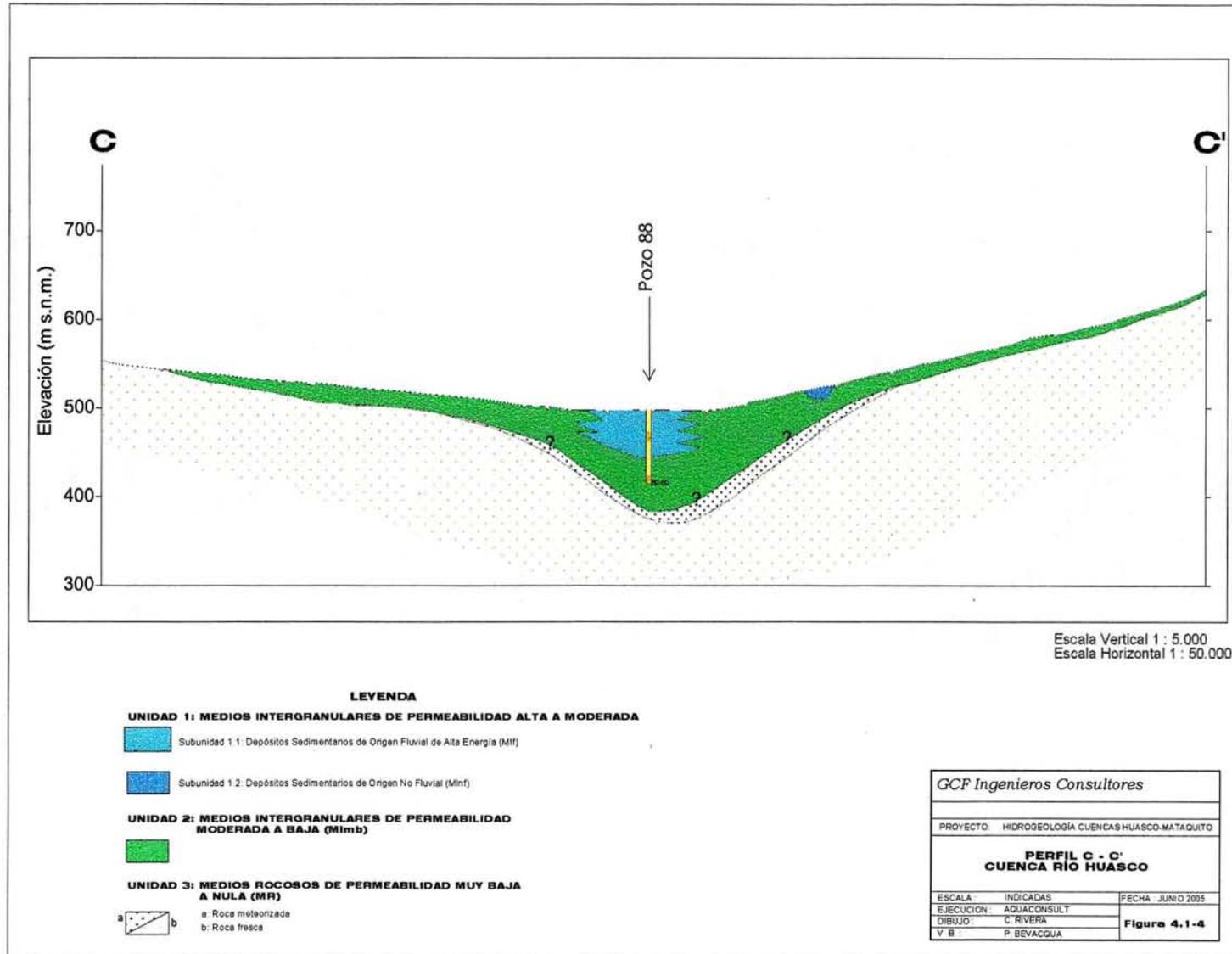


UNIDAD 3: MEDIOS ROCOSOS DE PERMEABILIDAD MUY BAJA A NULA (MR)

 a: Roca meteorizada  
b: Roca fresca

<i>GCF Ingenieros Consultores</i>		
PROYECTO: HIDROGEOLOGÍA CUENCAS HUASCO-MATAQUITO		
PERFIL B - B' CUENCA RÍO HUASCO		
ESCALA:	INDICADAS	FECHA: JUNIO 2005
EJECUCION:	AQUACONSULT	Figura 4.1-3
DIBUJO:	C. RIVERA	
V B:	P. BEVACQUA	

Figura 4.1-4  
Perfil C-C' Huasco



#### 4.1.1.2 Valle del Mataquito

##### 4.1.1.2.1 Unidades Geológicas e Hidrogeológicas de Cobertura Superficial

De la misma forma que en el río Huasco, la definición de unidades hidrogeológicas principales ha sido realizada con base en rangos estimativos de permeabilidad atribuidos a las unidades geológicas. En consecuencia, varias unidades geológicas se agruparon para conformar unidades hidrogeológicas únicas. A continuación se indican los rangos de permeabilidad, aplicados de manera estimativa a cada tipo de unidad hidrogeológica definida:

- **Unidad 1:** Medios intergranulares de permeabilidad moderada a alta:  $>10^{-1}$  m/día.
- **Unidad 2:** Medios intergranulares y fracturados de permeabilidad moderada a baja:  $10^{-1}$  a  $10^{-4}$  m/día.
- **Unidad 3:** Medios rocosos de permeabilidad muy baja a nula:  $<10^{-4}$  m/día.

A continuación se describen dichas unidades en forma resumida, pero cuyo detalle puede ser consultado en el Anexo correspondiente.

#### **UNIDAD 1: MEDIOS INTERGRANULARES DE PERMEABILIDAD ALTA A MODERADA**

##### **Subunidad 1.1: Depósitos Sedimentarios de Origen Fluvial de Alta Energía (Mif)**

Los Depósitos Sedimentarios de Origen Fluvial de Alta Energía están compuestos por sedimentos fluviales actuales, pre-actuales y abanicos fluviales, distribuidos a lo largo del lecho fluvial y el valle fluvial en general del Río Mataquito. Hacia el oriente constituye la mayor parte de los afloramientos de la llanura dispuesta en el Valle Central, al este de las serranías de la Cordillera de la Costa, y al oeste del Borde preandino (las estribaciones occidentales de la Cordillera Principal). Se han generado por la depositación de sedimentos acarreados por las aguas de estos cauces superficiales.

Se distribuye casi en su totalidad en el cauce del Río Mataquito, alcanzando sus mayores anchos en el extremo oriental de la cuenca, donde supera los 30 km. En el resto más angosto de la zona el ancho de esta unidad alcanza 200 a 400 m en promedio. Su estratificación es subhorizontal. Estos sedimentos presentan una permeabilidad alta a muy alta ( $> 100$  m/día).

## Subunidad 1.2: Depósitos Sedimentarios de Origen No Fluvial (MInf)

Corresponde a depósitos sedimentarios fluvio-aluvionales, gravitacionales, coluviales, eólicos costeros y marinos aterrazados. Se trata de depósitos de edad cuaternaria, que mayoritariamente rellenan valles de la Cordillera de la Costa y serranías intermedias.

- **Depósitos fluvio-aluvionales y coluviales**

Los depósitos fluvio-aluvionales ocurren por procesos de tipo aluvial, semejantes a los procesos fluviales aunque en pequeña escala, mediante "lavados" de las laderas de cerros compuestos por roca meteorizada y por depósitos regolíticos. Se presentan en drenajes secundarios.

Se distribuyen en planicies, relleno de pequeños valles en quebradas al norte y sur del Río Mataquito; además, forma pequeñas planicies desde la cabecera de las quebradas hasta los depósitos fluviales del Río Mataquito. Su espesor alcanza en promedio entre 20 y 40 m. Se encuentra disectada por pequeños esteros. Su estratificación es horizontal a subhorizontal. Estos depósitos presentan mayoritariamente una permeabilidad media (0,1 a 10 m/día), localmente alta (10 - 100 m/día).

- **Depósitos Gravitacionales**

Los depósitos gravitacionales corresponden a escombros de falda y depósitos aluviales actuales (o en sentido más amplio al Cuaternario Superior), de origen gravitacional. Formados por fragmentación de rocas expuestas en superficie, remoción y depositación en los bordes topográficamente inferiores de los macizos rocosos. Su distribución es discontinua y local; de no más de 1 km<sup>2</sup>, siendo más abundantes hacia la cabecera de la cuenca.

Se ubican en los bordes de las quebradas sobre las unidades sedimentarias o engranando con éstas. Forman taludes y conos de deyección que terminan en pequeñas llanuras aluviales.

No presentan estructuras de interés hidrogeológico. Están localmente interceptados por algunos escurrimientos superficiales menores. Estos sedimentos presentan una permeabilidad baja (0,01 – 1 m/día) a media (1 – 10 m/día).

- **Terrazas Litorales**

Las terrazas litorales corresponden a depósitos sedimentarios aterrazados, pleistocénicos, que se distribuyen en el área costera sobre el basamento ígneo-metamórfico. De origen continental y marino, se habrían formado durante períodos interglaciales, favorecidos por niveles altos del mar.

Distribución principalmente costera; se extienden sobre el sector norte y sur de la desembocadura del Río Mataquito Alcanzan potencias del orden de 40 a 55 m. Forman terrazas sobre el basamento ígneo-metamórfico, cuyos bordes costeros terminan en acantilados. Son localmente interceptados por algunos escurrimientos superficiales menores.

- **Depósitos de Playa y Dunas**

Sedimentos eólicos y depósitos de playa holocénicos a actuales que se distribuyen a lo largo de la región costera formando una franja continua, de 1 a 2 km de ancho, en la zona de desembocadura del Río Mataquito, entre las coordenadas UTM N 6.800 km y N 6.115 Km. Constituyen los Depósitos de Playa y Dunas.

Estos depósitos, especialmente las dunas, favorecen la formación de barreras al escurrimiento del agua hacia el mar, provocando el ensanchamiento del cauce en su desembocadura y zonas de inundación.

Aguas superficiales se presentan en los extremos norte y sur del Río Mataquito muy cercanas al cauce, con vegetación freatófita. Su estratificación es mayoritariamente cruzada. Estos depósitos presentan una permeabilidad media (1-10 m/día).

## **UNIDAD 2: MEDIOS INTERGRANULARES y FRACTURADOS DE PERMEABILIDAD MODERADA A BAJA (MIFmb)**

La segunda unidad geológica-hidrogeológica de la cuenca del Río Mataquito, la llamada Medios Intergranulares y Fracturados de Permeabilidad Moderada a Baja, está mayoritariamente compuesta por depósitos cineríticos del Pleistoceno Superior-Holoceno.

Su distribución ocurre principalmente en el Valle Central, tanto en el borde septentrional, como oriental y meridional. En el sector de la Cordillera de la Costa y Serranías Intermedias se emplazan en valles de drenajes secundarios. Forman pequeñas planicies que se extienden alrededor de los depósitos fluviales; aparecen como terrazas sobre estos últimos.

Se originaron a partir de fuertes erupciones que proporcionaron los materiales cineríticos, que frecuentemente fueron transportados por el agua y posteriormente fueron redepositados.

Su estratificación es subhorizontal. Esta unidad no presenta estructuras de interés hidrogeológico. Cursos de agua menores atraviesan la unidad formando quebradas profundas con forma de pequeños cañones. Presenta una permeabilidad moderada a baja ( $10^{-1}$  a  $10^{-4}$  m/día).

### UNIDAD 3: MEDIOS ROCOSOS DE PERMEABILIDAD MUY BAJA A NULA (MR)

La mitad oeste de la cuenca se sitúa en el ámbito del sector de la Cordillera de la Costa y las Serranías Intermedias (ambas, unidades morfoestructurales regionales); en esta área las rocas consolidadas son mayoritariamente intrusivas, metamórficas y, en menor proporción sedimentarias y volcánoclasticas. Las rocas metamórficas son parte de un prisma de acreción, mientras que las rocas intrusivas forman parte del extenso plutón del Batolito de la Costa; ambas unidades conforman el basamento ígneo-metamórfico de la Cordillera de la Costa, de edad paleozoica. En la mitad este de la cuenca, correspondiente al Valle Central y el borde preandino, las rocas son volcánosedimentarias (Formaciones Coya-Machalí y Lo Valle). Todas estas unidades de roca componen los Medios Rocosos de Permeabilidad Muy Baja a Nula.

Litológicamente las rocas intrusivas corresponden a granodioritas, monzonitas y monzodioritas; las rocas metamórficas son esquistos, filitas, metarenitas y pizarras. Las rocas volcánoclasticas corresponden principalmente a coladas andesíticas, conglomerados, areniscas y lutitas.

Son rocas con una porosidad primaria muy reducida a nula, generando permeabilidades  $<10^{-4}$  m/día. Las porosidades secundarias, dependen de la presencia de fracturas; en su mayoría correspondiente a diaclasamientos de poca continuidad.

#### 4.1.1.2.2 Unidades Geológicas e Hidrogeológicas de Subsuperficie

A continuación se identifican las unidades geológicas-hidrogeológicas de subsuperficie, en áreas donde afloran depósitos sedimentarios no consolidados de origen fluvial (Medios Intergranulares de Permeabilidad Alta a Moderada, Subunidad de Depósitos Sedimentarios de Origen Fluvial de Alta Energía).

La caracterización está basada en antecedentes aportados por las siguientes fuentes de información:

- Columnas geológicas de pozos inventariados por el presente proyecto, en la zona de estudio.
- Antecedentes geológicos e hidrogeológicos de estudios anteriores generados por el conocimiento previo de la geología e hidrogeología del área.

Resulta importante aclarar que la descripción de las columnas geológicas habitualmente es realizada por el maestro perforista y no por un profesional capacitado para ello. Por lo tanto, frecuentemente estas descripciones no corresponden exactamente a la realidad. Esta situación dificulta las interpretaciones y correlaciones estratigráficas.

La descripción que se presenta a continuación para cada unidad corresponde a una breve definición de los siguientes parámetros principales: (i) grado de consolidación ; (ii) conductividad hidráulica; y, (iii) distribución espacial.

## **UNIDAD SUBSUPERFICIAL 1: DEPÓSITOS SEDIMENTARIOS NO CONSOLIDADOS**

La Unidad de Depósitos Sedimentarios No Consolidados está compuesta por sedimentos clásticos de variada granulometría predominante: son gruesos (Subunidad 1.1), medios-gruesos (Subunidad 1.2), medios-finos (Subunidad 1.3) y finos (Subunidad 1.4); por lo tanto se trata de secuencias compuestas por gravas, arenas gruesas a finas, limos a arcillas.

### **Subunidad 1.1: Depósitos Sedimentarios Gruesos**

- *Grado de consolidación:* Bajo-nulo
- *Conductividad hidráulica:* Muy alto –alto

### **Subunidad 1.2: Depósitos Sedimentarios Medios-Gruesos**

- *Grado de consolidación:* Bajo-nulo
- *Conductividad hidráulica:* Medio-alto

### **Subunidad 1.3: Depósitos Sedimentarios Medios-Finos**

- *Grado de consolidación:* Bajo-nulo
- *Conductividad hidráulica:* Medio-bajo

### **Subunidad 1.4: Depósitos Sedimentarios Finos**

- *Grado de consolidación:* Bajo-nulo
- *Conductividad hidráulica:* Bajo a muy bajo

## **UNIDAD SUBSUPERFICIAL 2: DEPÓSITOS SEDIMENTARIOS SEMI-CONSOLIDADOS**

- *Grado de consolidación:* Medio
- *Conductividad hidráulica:* Medio a bajo

## UNIDAD SUBSUPERFICIAL 3: BASAMENTO ROCOSO

### Variedad A: Roca meteorizada

- *Grado de consolidación:* Medio - alto
- *Conductividad hidráulica:* Baja; puede constituir acuíferos locales.

### Variedad B: Roca fresca

- *Grado de consolidación:* Muy alto
- *Conductividad hidráulica:* Muy bajo-nulo

## DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES SUBSUPERFICIALES

### Sector Valle Central y Borde Preandino

En la mitad este de la cuenca, es decir en el área del Valle Central y el borde pre-andino, el espesor del relleno sedimentario está controlado por las fallas que supuestamente han formado el hundimiento tectónico de esta parte del territorio. De acuerdo a antecedentes geofísicos, alcanzaría varios cientos de metros. Los pozos profundos que han sido inventariados durante el presente trabajo, poseen profundidades en el rango de los 30 a 150 m. Ninguno de estos pozos alcanzó la unidad del Basamento Rocoso, lo cual confirma su ubicación a gran profundidad.

En sólo dos pozos del borde norte se interceptó la unidad de Depósitos Sedimentarios Semi-Consolidados a partir de una profundidad de 20 m. Se ha supuesto la presencia de esta unidad debido a la descripción de conglomerados en las columnas de los pozos, lo cual implica un tipo de roca; su grado de compactación sería moderada. Sin embargo, tal como se señaló más arriba, no puede descartarse que corresponda a gravas con bolones, que fueron mal descritos.

### Sector Cordillera de la Costa y Serranías Intermedias

El basamento rocoso se localiza a una profundidad muy inferior al del Valle Central y Borde Preandino. Sin embargo, no se cuenta con antecedentes acerca de la distribución geográfica de dicha profundidad y su valor absoluto. En un sondaje, situado a unos 25 km al este del borde costero, fue interceptado el basamento rocoso a una profundidad de 30 m en la parte centro-norte del valle fluvial. En este mismo sondaje y otro localizado más al oeste se habría atravesado Depósitos Sedimentarios Semi-Consolidados.

La abundancia relativa de las cuatro subunidades de la unidad de Depósitos Sedimentarios No Consolidados es similar a lo indicado para el área del Valle Central y Borde Preandino, por lo tanto el siguiente orden de mayor a menor frecuencia: (i) Subunidades 1 y 2; (ii) Subunidad 3; y, (iii) Subunidad 4.

Para complementar la descripción anterior se prepararon las Figuras 4.1-5 a la 4.1-10, que muestran el Mapa Geológico-Hidrogeológico de superficie, que es el mismo Mapa pero con las columnas estratigráficas de pozos seleccionados, y cinco perfiles en corte señalados en el mapa geológico de superficie.

Figura 4.1-5

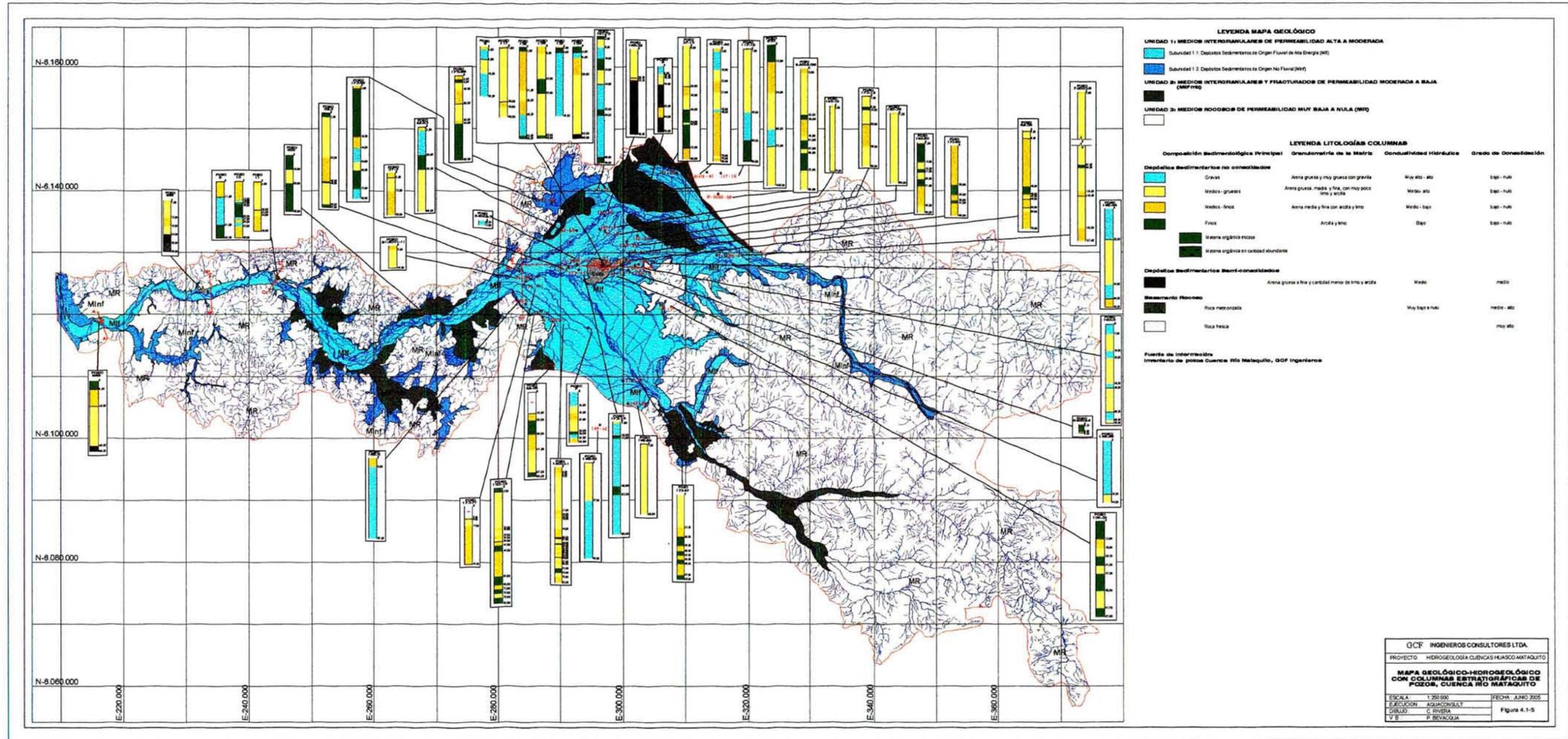
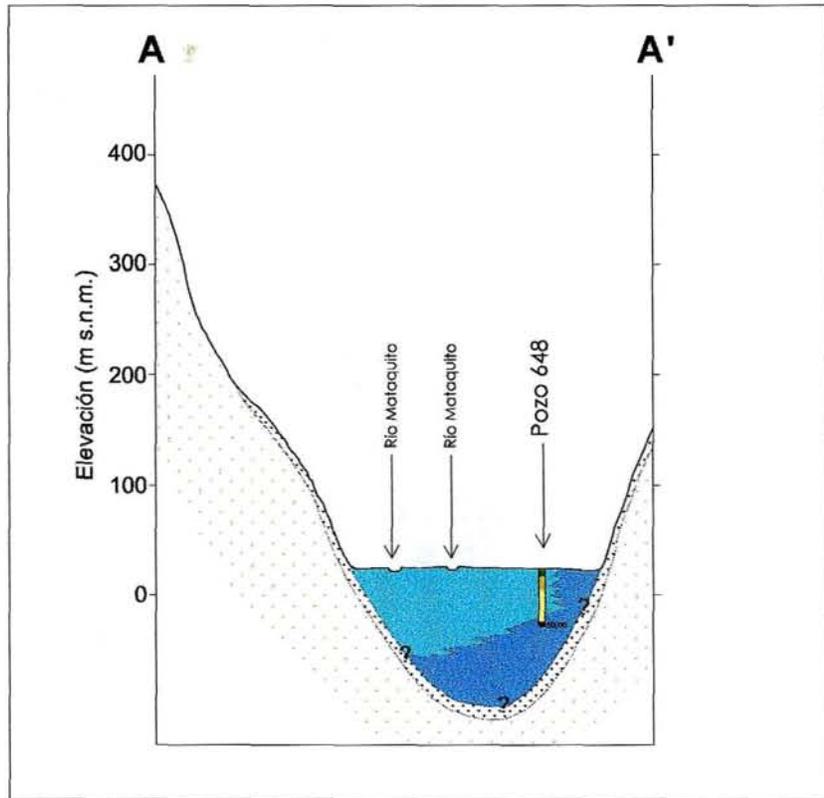


Figura 4.1-6  
Perfil A-A' Mataquito



Escala Vertical 1 : 5.000  
Escala Horizontal 1 : 50.000

LEYENDA

UNIDAD 1: MEDIOS INTERGRANULARES DE PERMEABILIDAD ALTA A MODERADA

Subunidad 1.1: Depósitos Sedimentarios de Origen Fluvial de Alta Energía (Mf)

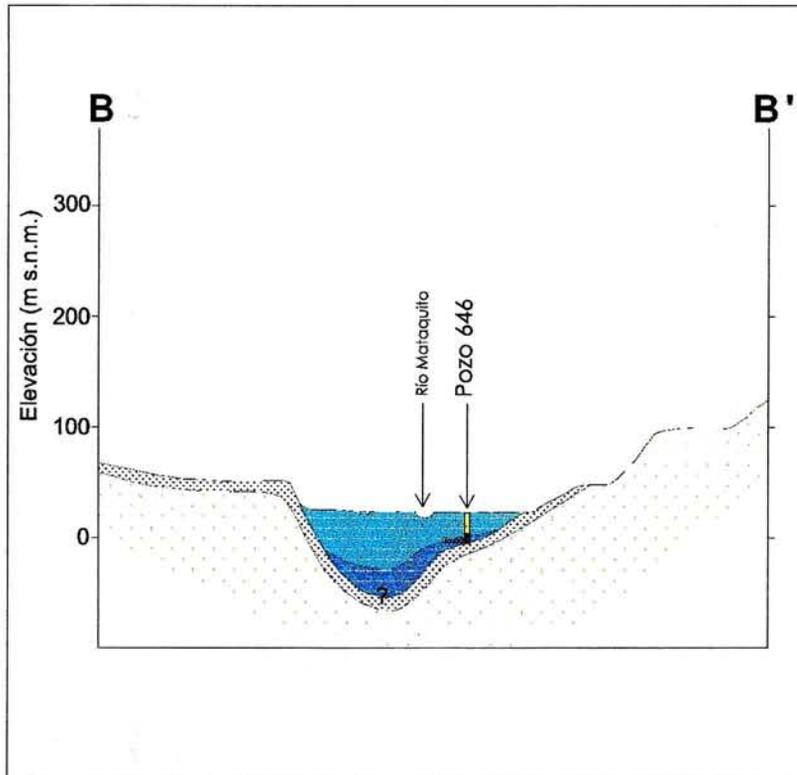
Subunidad 1.2: Depósitos Sedimentarios de Origen No Fluvial (Mnf)

UNIDAD 3: MEDIOS ROCOSOS DE PERMEABILIDAD MUY BAJA A NULA (MR)

a: Roca meteorizada  
b: Roca fresca

<i>GCF Ingenieros Consultores</i>	
PROYECTO: HIDROGEOLOGÍA CUENCAS HUASCO-MATAQUITO	
PERFIL A - A' CUENCA RÍO MATAQUITO	
ESCALA: INDICADAS	FECHA: JUNIO 2005
EJECUCION: AQUIACONSULT	
DIBUJO: C. RIVERA	Figura 4.1-6
V B: P. BEVACQUA	

Figura 4.1-7  
Perfil B-B' Mataquito



Escala Vertical 1 : 5.000  
Escala Horizontal 1 : 50.000

LEYENDA

UNIDAD 1: MEDIOS INTERGRANULARES DE PERMEABILIDAD ALTA A MODERADA

Subunidad 1.1: Depósitos Sedimentarios de Origen Fluvial de Alta Energía (MF)

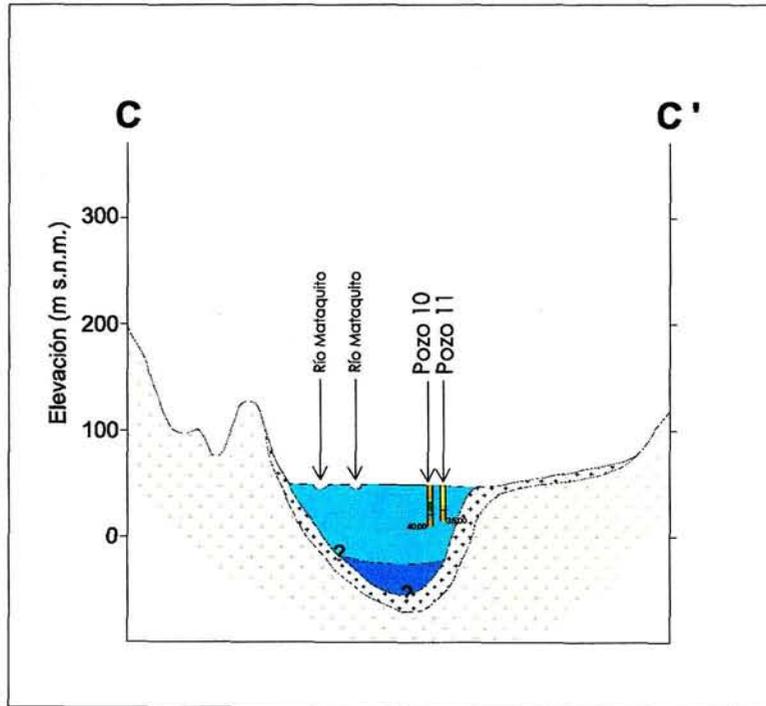
Subunidad 1.2: Depósitos Sedimentarios de Origen No Fluvial (Mkf)

UNIDAD 3: MEDIOS ROCOSOS DE PERMEABILIDAD MUY BAJA A NULA (MR)

a: Roca meteorizada  
b: Roca fresca

<b>GCF Ingenieros Consultores</b>	
PROYECTO: HIDROGEOLOGIA CUENCAS HUASCO-MATAQUITO	
PERFIL B - B' CUENCA RIO MATAQUITO	
ESCALA: INDICADAS	FECHA: JUNIO 2005
EJECUCION: AGUACONSULT	Figura 4.1-7
DIBUJO: C. RIVERA	
V B: P. BEVACGUA	

Figura 4.1-8  
Perfil C-C' Mataquito



Escala Vertical 1 : 5.000  
Escala Horizontal 1 : 50.000

LEYENDA

UNIDAD 1 : MEDIOS INTERGRANULARES DE PERMEABILIDAD ALTA A MODERADA

Subunidad 1.1: Depósitos Sedimentarios de Origen Fluvial de Alta Energía (MR)

Subunidad 1.2: Depósitos Sedimentarios de Origen No Fluvial (Mfn)

UNIDAD 3 : MEDIOS ROCOSOS DE PERMEABILIDAD MUY BAJA A NULA (MR)

a: Roca meteorizada  
b: Roca fresca

GCF Ingenieros Consultores	
PROYECTO: HIDROGEOLOGÍA CUENCAS HUASCO-MATAQUITO	
PERFIL C - C' CUENCA RÍO MATAQUITO	
ESCALA: INDICADAS	FECHA: JUNIO 2005
EJECUCION: AQUACONSULT	
DIBUJO: C. RIVERA	Figura 4.1-8
VB: P. BEVACQUA	

Figura 4.1-9  
Perfil D-D' Mataquito

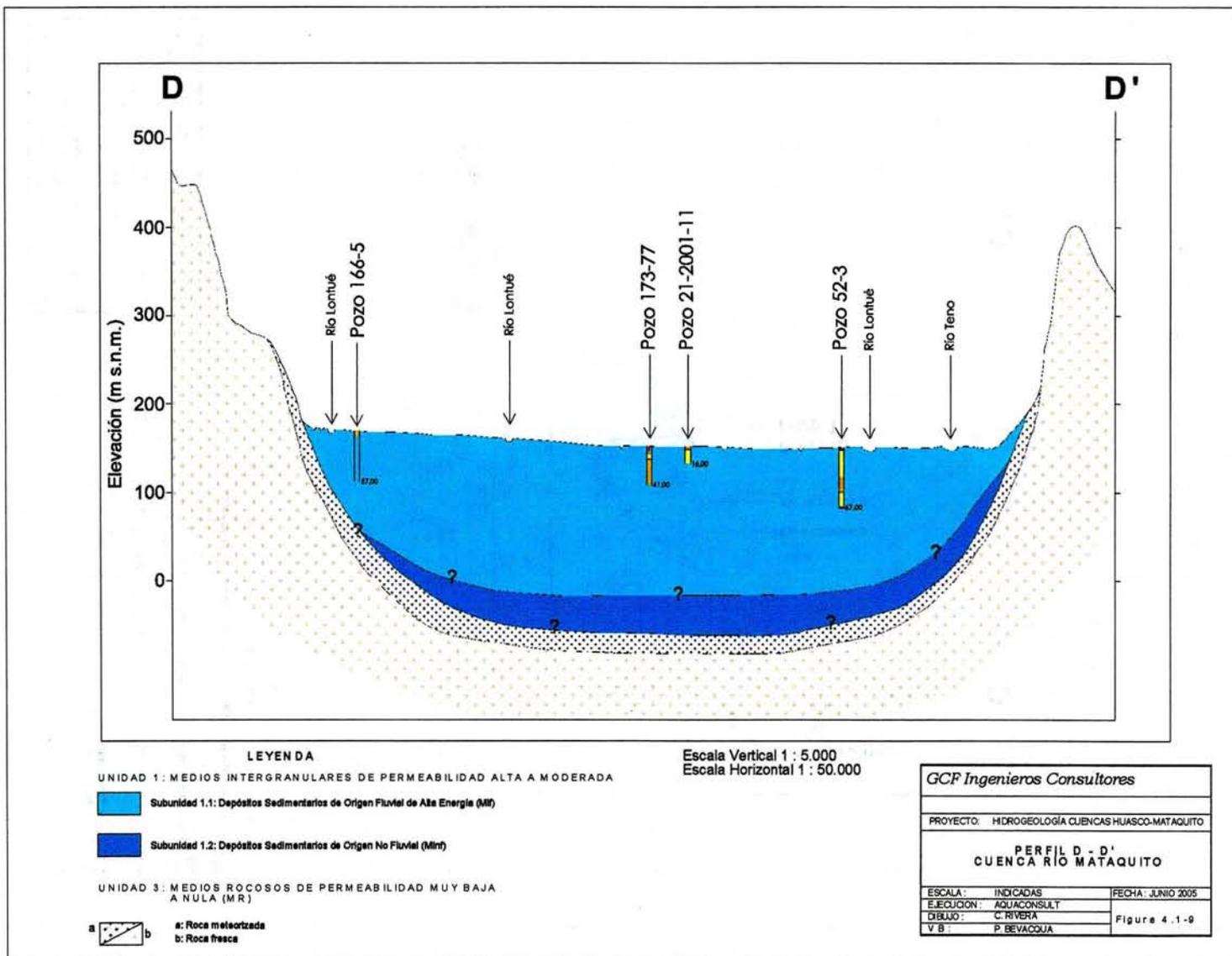
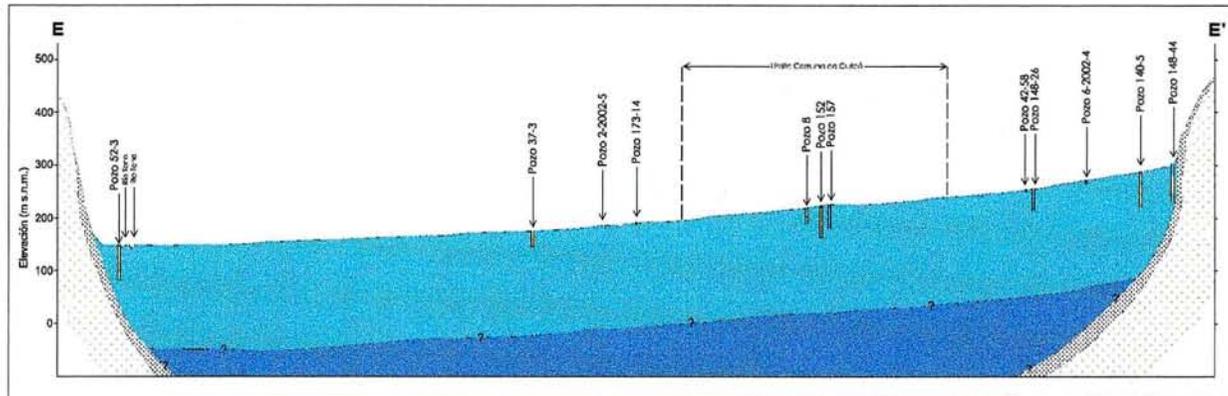


Figura 4.1-10  
Perfil E-E' Mataquito



Escala Vertical 1 : 10.000  
Escala Horizontal 1 : 100.000

LEYENDA

UNIDAD 1: MEDIOS INTERGRANULARES DE PERMEABILIDAD ALTA A MODERADA

-  Subunidad 1.1: Depósitos Sedimentarios de Origen Fluvial de Alta Energía (Mif)
-  Subunidad 1.2: Depósitos Sedimentarios de Origen No Fluvial (Minf)

UNIDAD 3: MEDIOS ROCOSOS DE PERMEABILIDAD MUY BAJA A NULA (MR)

-  a. Roca meteorizada
-  b. Roca fresca

<i>GCF Ingenieros Consultores</i>		
PROYECTO: HIDROGEOLOGÍA CUENCAS HUASCO-MATAQUITO		
PERFIL E - E' CUENCA RIO MATAQUITO		
ESCALA:	INDICADAS	FECHA: JUNIO 2005
EJECUCION:	AQUACONSULT	
DIBUJO:	C. RIVERA	
V. B.	P. BEVACQUA	Figura 4.1-10

#### **4.1.2 Geofísica**

La exploración geofísica resulta fundamental en este tipo de trabajo para mejorar el conocimiento de las unidades acuíferas presentes.

En efecto, con ella fue posible caracterizar de mejor forma las formaciones hidrogeológicas presentes en el área de estudio, específicamente en cuanto a espesor del relleno sedimentario y consecuentemente la profundidad de la roca basal, aspectos que en definitiva determinan las dimensiones de los embalses subterráneos y su funcionamiento. Más aún en este caso se requiere para la modelación del sistema acuífero.

Es así que durante los meses de Enero y Febrero del 2005 se realizó un estudio geofísico en los valles asociados a las cuencas de los ríos Huasco y Mataquito. El objetivo específico de esta exploración remota por el método de Gravimetría fue determinar la interfaz sedimentos-basamento y estimar su profundidad, con el propósito de ayudar a la caracterización del subsuelo.

A continuación se exponen las principales actividades, resultados e interpretación obtenida para ambos valles. Los informes detallados, preparados por la empresa GEODATOS S.A. que realizó el trabajo, se entregan en el Anexo 4.1-2.

##### **4.1.2.1 Valle del Huasco**

En el caso particular del valle del río Huasco, las unidades hidrogeológicas corresponden principalmente a depósitos cuaternarios, sedimentos terciarios (gravas de Atacama) y basamentos metamórfico e intrusivo.

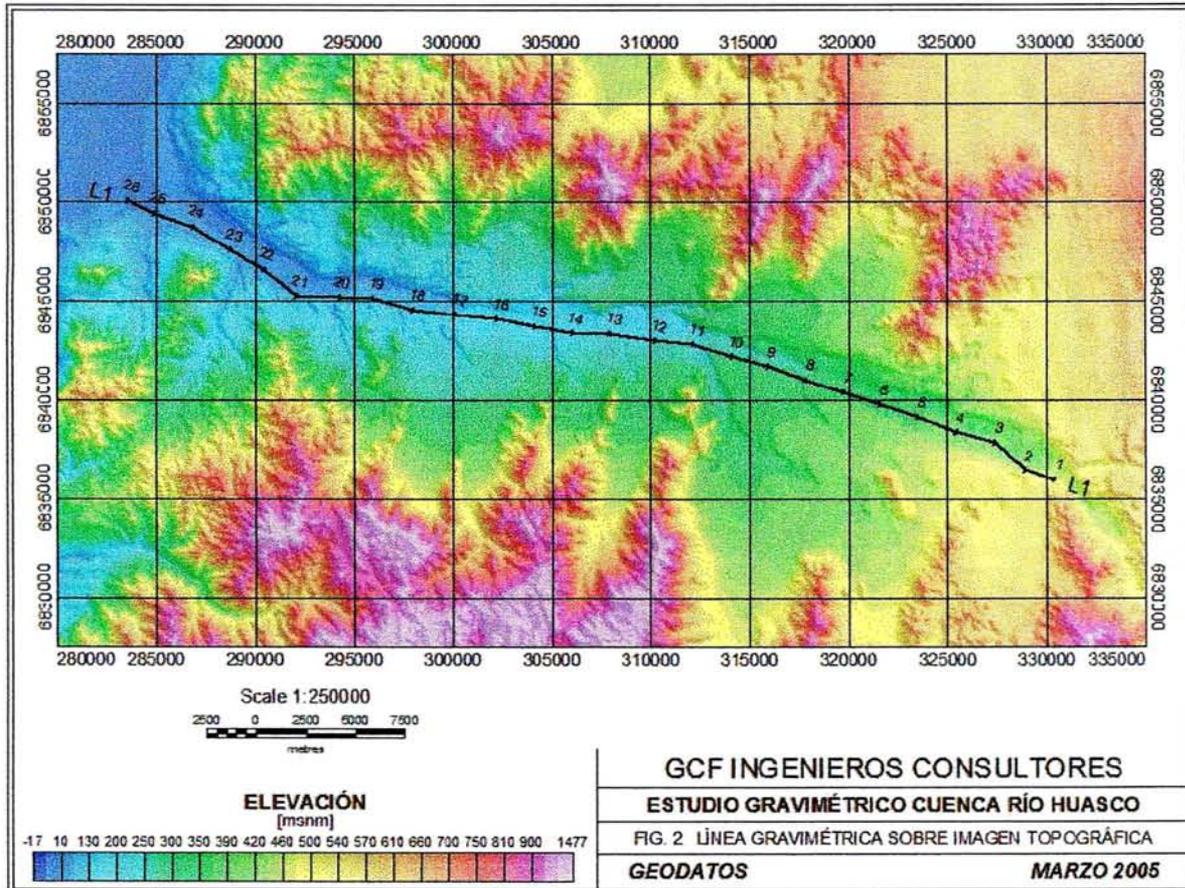
La adquisición de datos<sup>1</sup> en terreno se hizo los días 13 y 14 de Febrero del 2005. El trazado del perfil va a lo largo del eje del río.

La Figura 4.1-11 presenta la planta del perfil gravimétrico, a escala de 1:250,000, sobre una imagen topográfica. El perfil está formado por 26 estaciones, con una longitud horizontal de cerca de 49 km.

---

<sup>1</sup> Los datos gravimétricos se obtuvieron con un Gravímetro digital portátil marca Scintrex, modelo CG-3 Autograv, de 5 microgals de resolución, con corrección automática del efecto de marea, temperatura, presión y orientación. Los datos son grabados internamente y traspasables electrónicamente a un PC.

Figura 4.1-11  
Perfil Gravimétrico valle del Huasco



El proceso de reducción de los datos gravimétricos consiste en traducir la información de las mediciones del campo gravitatorio, que son dependientes de la latitud, la elevación de las estaciones y de las formaciones geológicas presentes, a espesores o profundidad de las unidades. Para ello se efectúan los siguientes pasos:

- *Corrección de latitud.* Los datos son corregidos por la elipticidad terrestre refiriéndolos al Elipsoide Internacional.
- *Corrección de Aire Libre.* Se descuenta el efecto de la elevación de cada estación respecto al elipsoide de referencia.
- *Corrección de Bouguer.* Se remueve el efecto de la masa de material entre el elipsoide y la estación.
- *Corrección topográfica.* Se corrige el efecto que la topografía tiene sobre las mediciones.

El objetivo, como se ha mencionado, fue determinar la forma de la interface sedimentos-basamento y estimar su profundidad. En el sector investigado se tiene principalmente sedimentos compuestos de gravas de Atacama y en menor

extensión depósitos cuaternarios. El basamento corresponde a rocas metamórficas paleozoicas en la parte Oeste y a rocas intrusivas en la parte Este. Por consiguiente, los datos pueden ser interpretados mediante un modelo de dos capas, donde la capa superior es asimilada a los materiales sedimentarios (considerando una densidad promedio de los diferentes tipos de estratos), mientras que la capa inferior o substrato corresponde a la roca basal, diferenciada en las dos componentes descritas.

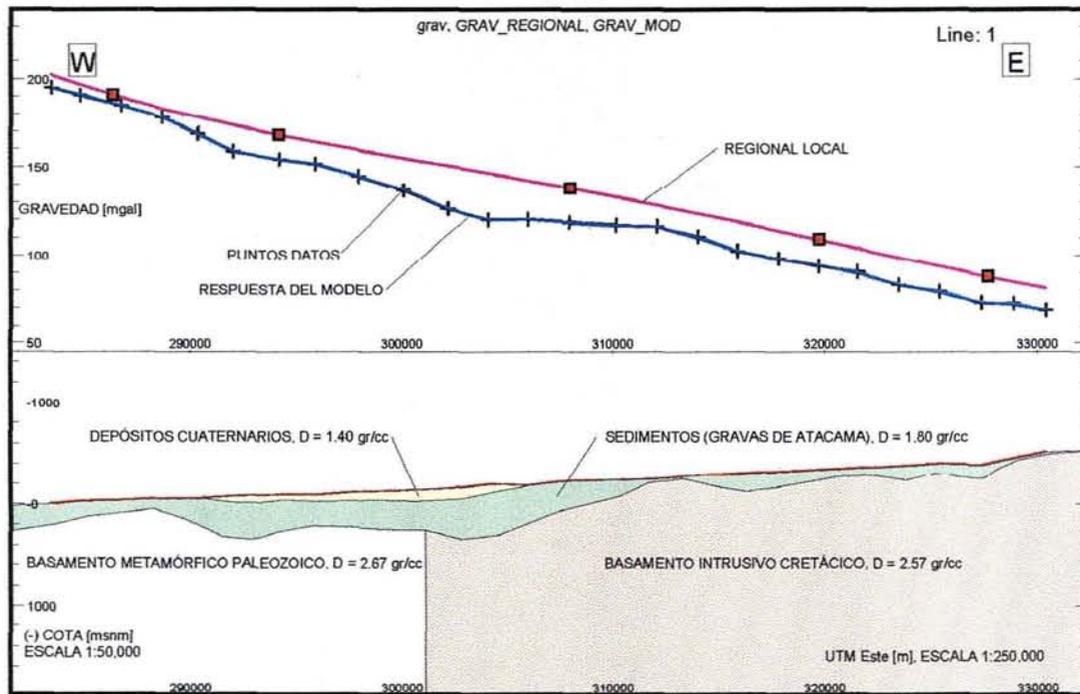
La Figura 4.1-12 muestra el resultado del proceso de modelamiento geofísico, para lo cual las densidades consideradas fueron las siguientes:

- depósitos cuaternarios = 1.40 gr/cc
- sedimentos (gravas de Atacama) = 1.8 gr/cc
- basamento metamórfico = 2.67 gr/cc
- basamento intrusivo = 2.57 gr/cc

Para el estrato de depósitos cuaternarios se estimó *a priori* un espesor entre 50 y 100 m. El conjunto de sedimentos y depósitos muestra sus máximos espesores alrededor de las estacas 21 (400 m) y 15 (500 m) en la parte Oeste del perfil. En la parte Este, el espesor varía entre 50 y 150 m aproximadamente. Los sectores de menor espesor se localizan en las estacas 23 (120 m), 11 (30 m), 6 (80 m) y 1 (30m).

Cabe señalar, que el perfil mostrado es de carácter instructivo, puesto que en el Anexo correspondiente se entregan los resultados detallados del perfil, tales como coordenada UTM, gravedad corregida, cota de terreno y cota del basamento, etc., con lo cual se pueden hacer las interpolaciones requeridas para la modelación del sistema acuífero.

Figura 4.1-12  
Perfil Longitudinal valle del Huasco



#### 4.1.2.2 Valle del Mataquito

En el caso particular de Mataquito, las unidades hidrogeológicas corresponden principalmente a estratos sedimentarios y basamento volcánico-clástico e intrusivos.

La adquisición de datos en terreno, con el mismo instrumental que el caso de Huasco, fue realizada los días 9 y 13 de Enero del 2005.

Los perfiles gravimétricos fueron replanteados en terreno acomodándose a las restricciones de acceso que imponen el cauce del río y los predios agrícolas. Sin embargo, todos los perfiles gravimétricos van de roca a roca, o llegan muy cerca de ella, excepto el perfil 1 medido sobre la Ruta 5 Sur. La Tabla 4.1-1 muestra una planta de los perfiles gravimétricos sobre una imagen topográfica.

El Anexo 4.1-2 muestra las coordenadas de todos los puntos gravimétricos. No obstante, en la siguiente tabla se consignan los valores de los parámetros de los perfiles de gravimetría.

Tabla 4.1-1  
Resumen de Perfiles Gravimétricos

Perfil	# de puntos	Longitud (m) (distancia acumulada horizontal)
1	21	40769
2	11	21564
5	8	3647
7	9	9701
9	5	2476
10	5	2335
	<b>59</b>	<b>Total 80492 m</b>

El proceso de los datos de gravedad se efectúa de la misma forma que lo señalado para el caso del valle del río Huasco.

En el sector investigado del valle del río Mataquito, los sedimentos están compuestos principalmente por ripios, gravas, arenas, limos y arcillas, en variadas combinaciones. El basamento corresponde a rocas volcánoclasticas e intrusivas, según el sector. Por consiguiente, los datos pueden ser interpretados mediante un modelo de dos capas, donde la capa superior es asimilada a los materiales sedimentarios (considerando una densidad promedio de los diferentes tipos de estratos sedimentarios), mientras que la capa inferior o substrato corresponde a la roca basal.

Las Figuras 4.1-13 a la 4.1-19 muestran el resultado del proceso de modelamiento geofísico para los 6 perfiles, en el cual las densidades consideradas fueron las siguientes:

- Sedimentos: 1,7 gr/cc
- Basamento intrusivo: 2,5 gr/cc
- Basamento volcánico-clástico: 2,1 gr/cc

En la interpretación efectuada por GEODATOS, para cada perfil se incluyen dos modelos de cuenca, considerando ambos tipos de basamento (intrusivo o volcánico-clástico), lo que implica contrastes o diferencias de densidad de 0.80 y 0.40 gr/cc. Luego de analizados los antecedentes de la geología así como de la información proporcionada por los pozos perforados, se optó por la primera (0,80 gr/cc), por cuanto genera profundidades compatibles con el resto de la información mencionada. En los perfiles se indica como modelo 1.

Los perfiles mostrados son de carácter instructivo, puesto que en el Anexo correspondiente se entregan los resultados numéricos de cada perfil, tales como

coordenada UTM, cota de terreno y cota del basamento, con lo cual se pueden hacer las interpolación requeridas para la modelación del sistema acuífero.

Figura 4.1-13  
Perfiles Gravimétricos valle del Mataquito

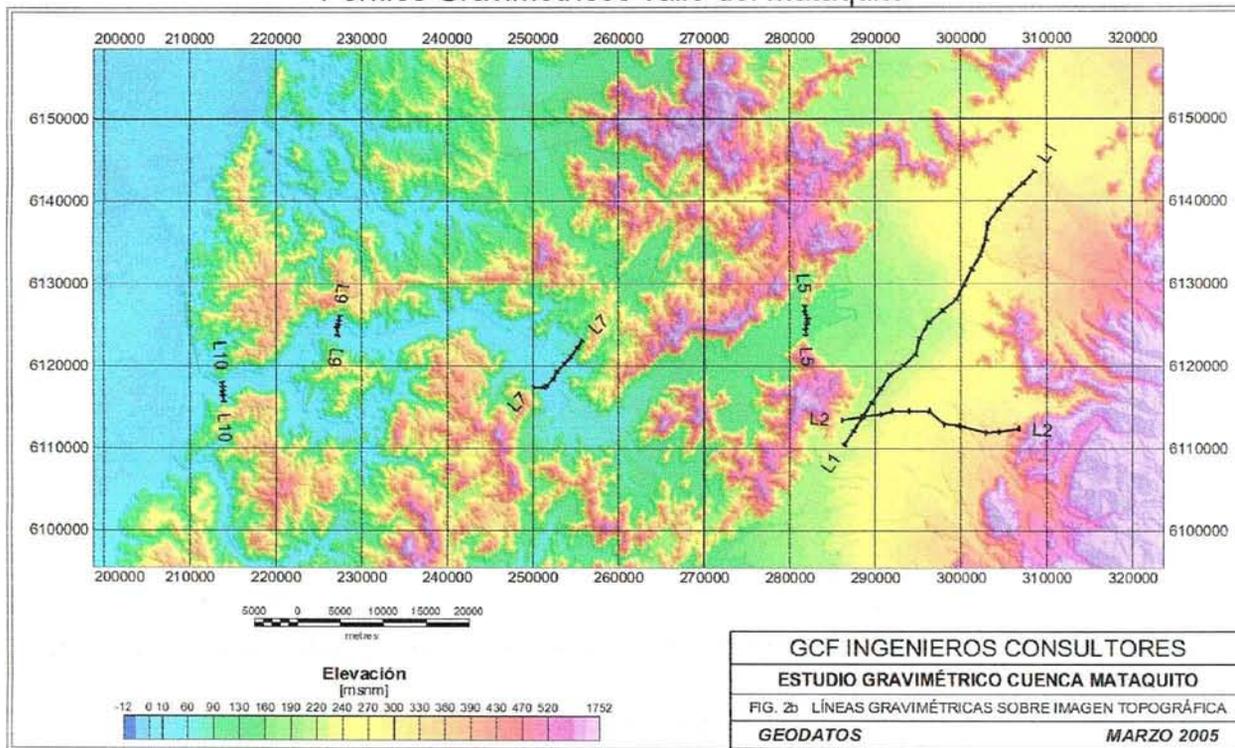
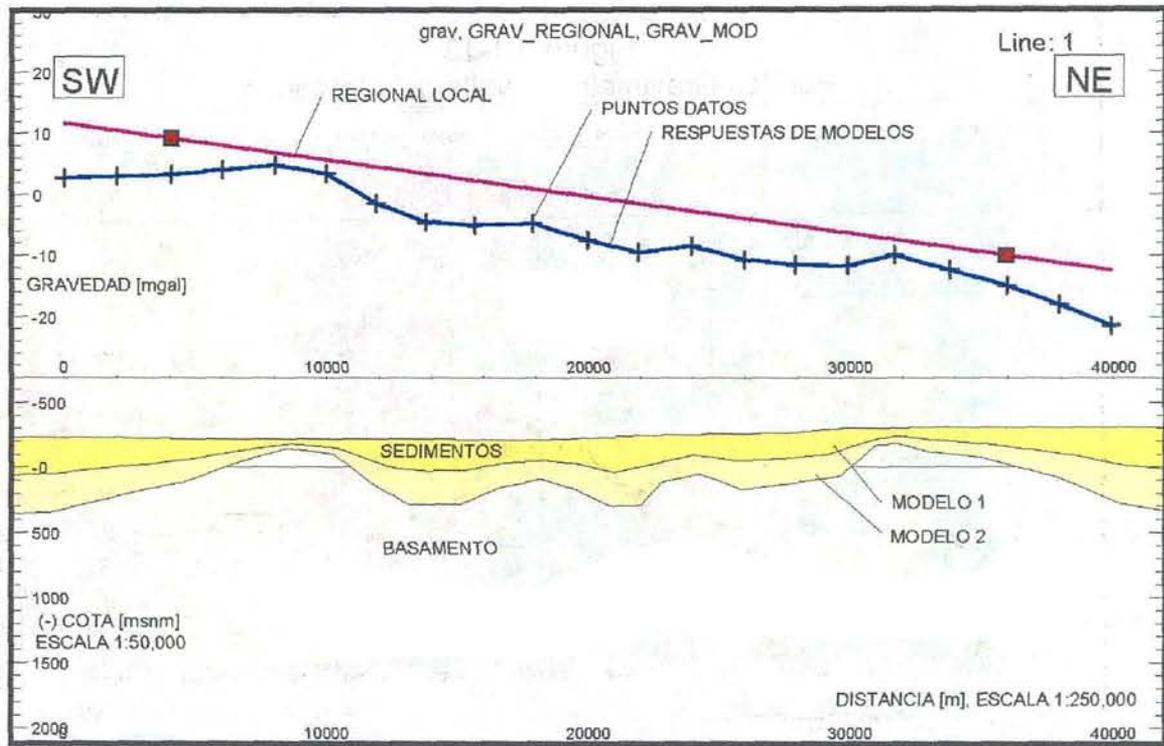


Figura 4.1-14  
Perfil 1 Mataquito



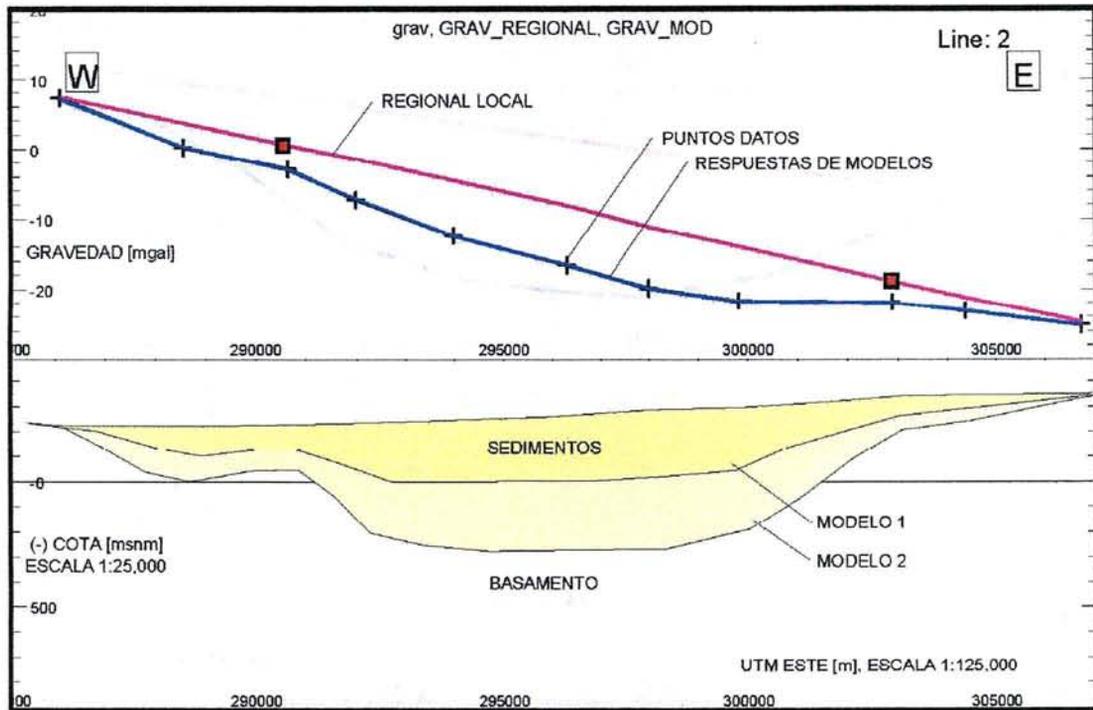
MODELO 1: CONTRASTE DE DENSIDAD = 0.8 gr/cc

(DENSIDADES: BASAMENTO INTRUSIVO = 2.5 gr/cc, SEDIMENTOS = 1.7 gr/cc)

MODELO 2: CONTRASTE DE DENSIDAD = 0.4 gr/cc

(DENSIDADES: BASAMENTO VOLCANO-CLÁSTICO = 2.1 gr/cc, SEDIMENTOS = 1.7 gr/cc)

Figura 4.1-15  
Perfil 2 Mataquito



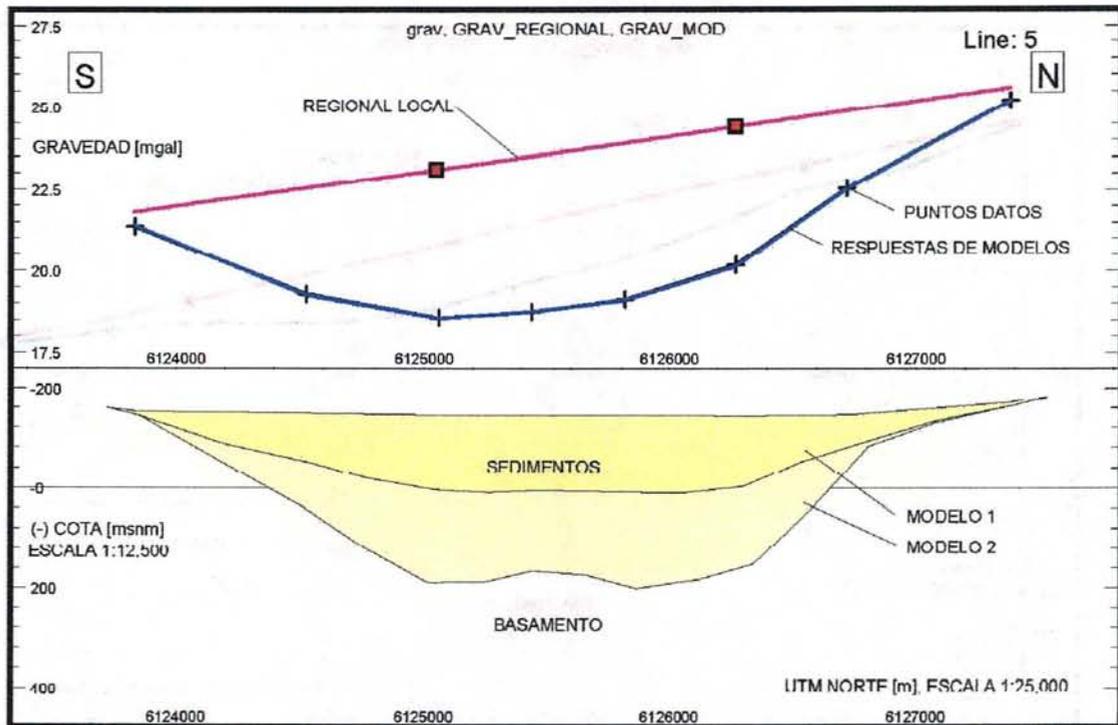
MODELO 1: CONTRASTE DE DENSIDAD = 0.8 gr/cc

(DENSIDADES: BASAMENTO INTRUSIVO = 2.5 gr/cc, SEDIMENTOS = 1.7 gr/cc)

MODELO 2: CONTRASTE DE DENSIDAD = 0.4 gr/cc

(DENSIDADES: BASAMENTO VOLCÁNICO-CLÁSTICO = 2.1 gr/cc, SEDIMENTOS = 1.7 gr/cc)

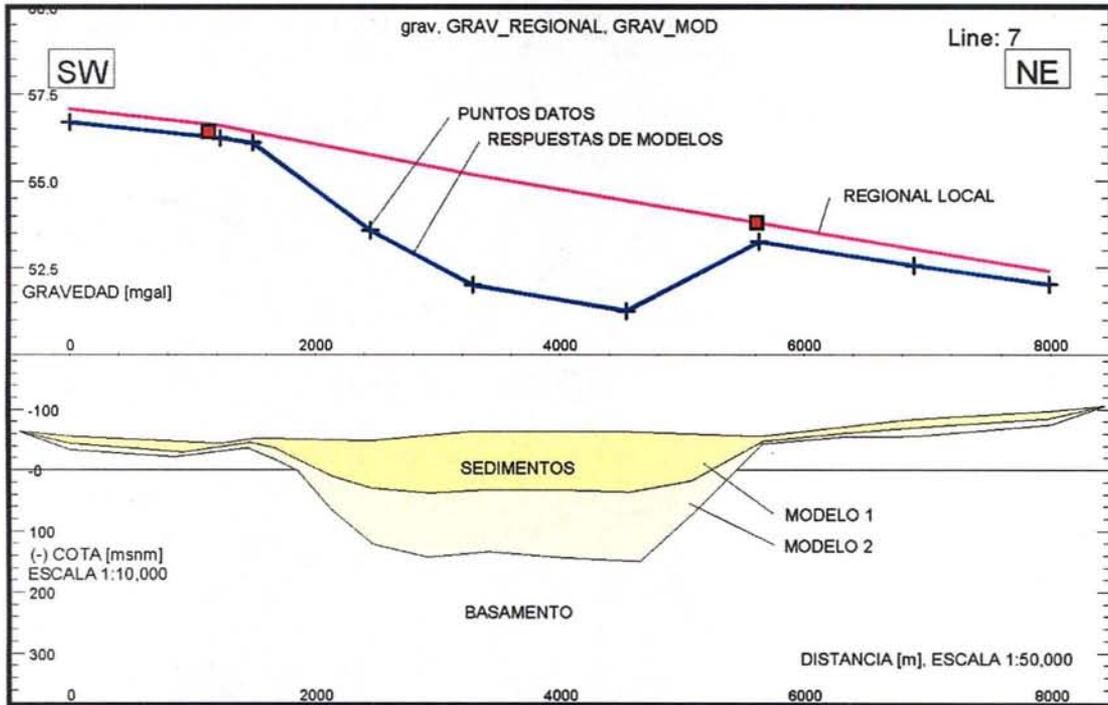
Figura 4.1-16  
Perfil 5 Mataquito



MODELO 1: CONTRASTE DE DENSIDAD = 0.8 gr/cc  
(DENSIDADES: BASAMENTO INTRUSIVO = 2.5 gr/cc, SEDIMENTOS = 1.7 gr/cc)

MODELO 2: CONTRASTE DE DENSIDAD = 0.4 gr/cc  
(DENSIDADES: BASAMENTO VOLCÁNICO-CLÁSTICO = 2.1 gr/cc, SEDIMENTOS = 1.7 gr/cc)

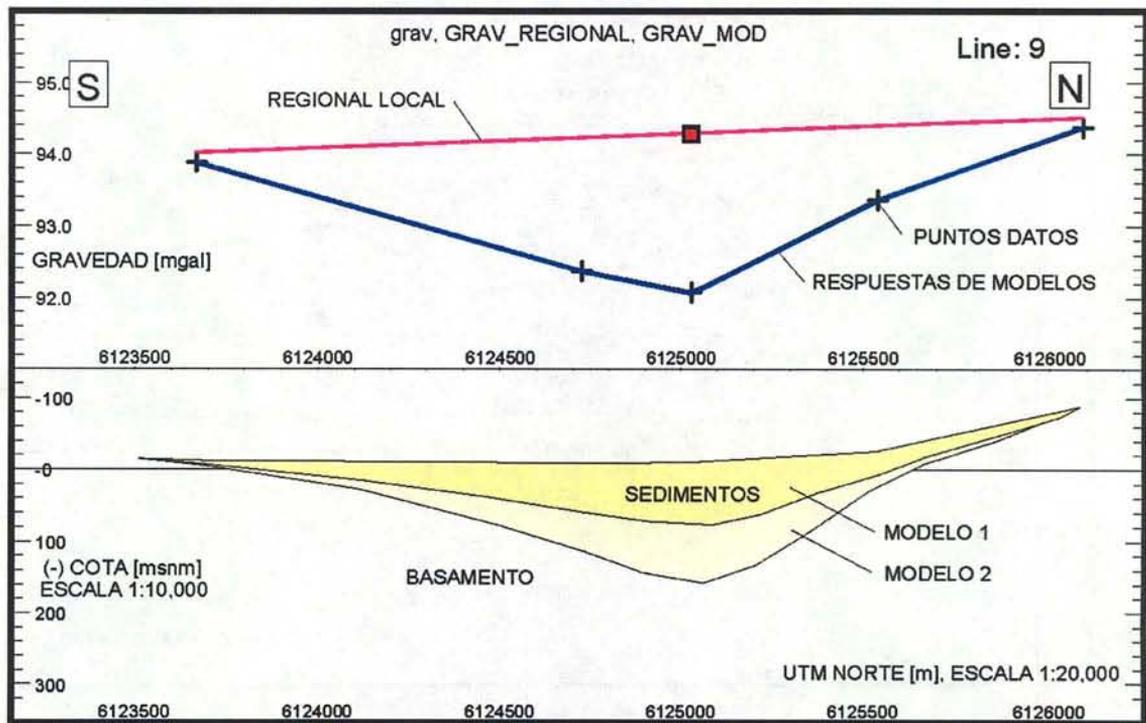
Figura 4.1-17  
Perfil 7 Mataquito



MODELO 1: CONTRASTE DE DENSIDAD = 0.8 gr/cc  
(DENSIDADES: BASAMENTO INTRUSIVO = 2.5 gr/cc, SEDIMENTOS = 1.7 gr/cc)

MODELO 2: CONTRASTE DE DENSIDAD = 0.4 gr/cc  
(DENSIDADES: BASAMENTO VOLCÁNICO CLÁSTICO = 2.1 gr/cc, SEDIMENTOS = 1.7 gr/cc)

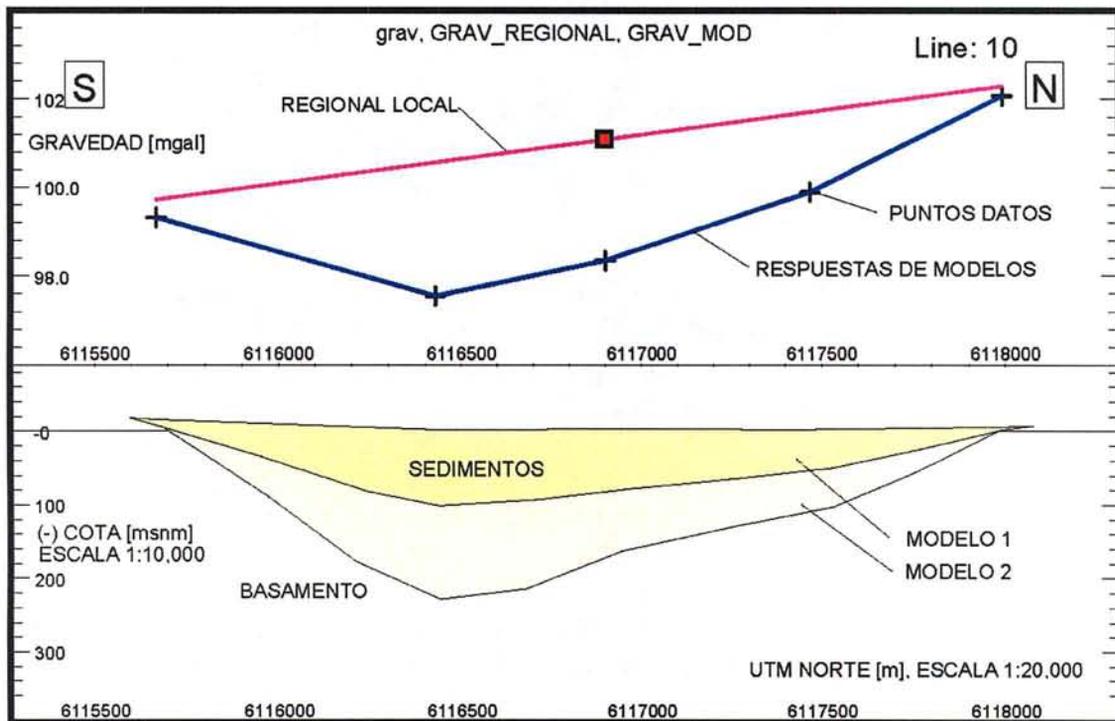
Figura 4.1-18  
Perfil 9 Mataquito



MODELO 1: CONTRASTE DE DENSIDAD = 0.8 gr/cc  
(DENSIDADES: BASAMENTO INTRUSIVO = 2.5 gr/cc, SEDIMENTOS = 1.7 gr/cc)

MODELO 2: CONTRASTE DE DENSIDAD = 0.4 gr/cc  
(DENSIDADES: BASAMENTO VOLCÁNICO-CLÁSTICO = 2.1 gr/cc, SEDIMENTOS = 1.7 gr/cc)

Figura 4.1-19  
Perfil 10 Mataquito



MODELO 1: CONTRASTE DE DENSIDAD = 0.8 gr/cc

(DENSIDADES: BASAMENTO INTRUSIVO = 2.5 gr/cc, SEDIMENTOS = 1.7 gr/cc)

MODELO 2: CONTRASTE DE DENSIDAD = 0.4 gr/cc

(DENSIDADES: BASAMENTO VOLCÁNICO-CLÁSTICO = 2.1 gr/cc. SEDIMENTOS = 1.7 gr/cc)

## 4.2 IDENTIFICACIÓN DE LAS UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS

### 4.2.1 Cuenca del Río Huasco

Las formaciones geológicas de interés, desde el punto de vista de la existencia y conducción de aguas subterráneas, la constituyen los rellenos cuaternarios correspondientes a depósitos sedimentarios identificados en el estudio geológico.

Se ha incluido la Figura 4.2-1, donde se delimita el área considerada para efectos de la caracterización cuantitativa que se presenta en el capítulo 4.4, para su modelación. No obstante que la superficie cubierta por los rellenos sedimentarios es más extensa que el área delimitada, se ha seleccionado un área menor tomando en consideración las descripciones geológicas, las curvas de nivel del terreno, los resultados de la geofísica, y la factibilidad práctica de aprovechar los recursos hídricos subterráneos, de tal manera que toda el área seleccionada formara parte de la zona principal del valle del río Huasco.

En esa figura se aprecian las unidades hidrogeológicas que conforman la zona de interés, las que corresponden a las Unidades 1 y 2 de la descripción geológica (ver Capítulo 4.1).

La Unidad 1 está compuesta por depósitos sedimentarios de granulometría gruesa (bolones, ripios, gravas), media (arenas gruesas y medias) y fina (arcillas y limos), de origen fluvial y no fluvial, de permeabilidad alta y media principalmente. Se distribuye a lo largo del cauce del río Huasco y en valles y quebradas de cauces afluentes a éste.

La Unidad 2 en tanto, está compuesta por depósitos de gravas y conglomerados semiconsolidados y su distribución es paralela al río Huasco bordeando tanto el valle como algunos afluentes mayores.

De acuerdo con los resultados del estudio geofísico, el relleno sedimentario del valle del río Huasco posee un espesor que varía entre los 50 m y más de 200 m aproximadamente, lo cual se confirma con los antecedentes estratigráficos disponibles. En efecto, en uno de los pozos ubicado en el sector de Hacienda Perales, se perforaron 200 m y no se alcanzó el basamento rocoso.

En el sector de Vallenar y unos 5 Km aguas abajo de esta localidad, se pueden encontrar los mayores espesores del relleno sedimentario, alcanzando hasta los 200 m de profundidad aproximadamente. Este relleno disminuye su potencia hacia el poniente, encontrándose espesores del orden de los 50 m en el sector de Maitencillo. Más hacia la desembocadura, en el sector de Huasco Bajo, el basamento

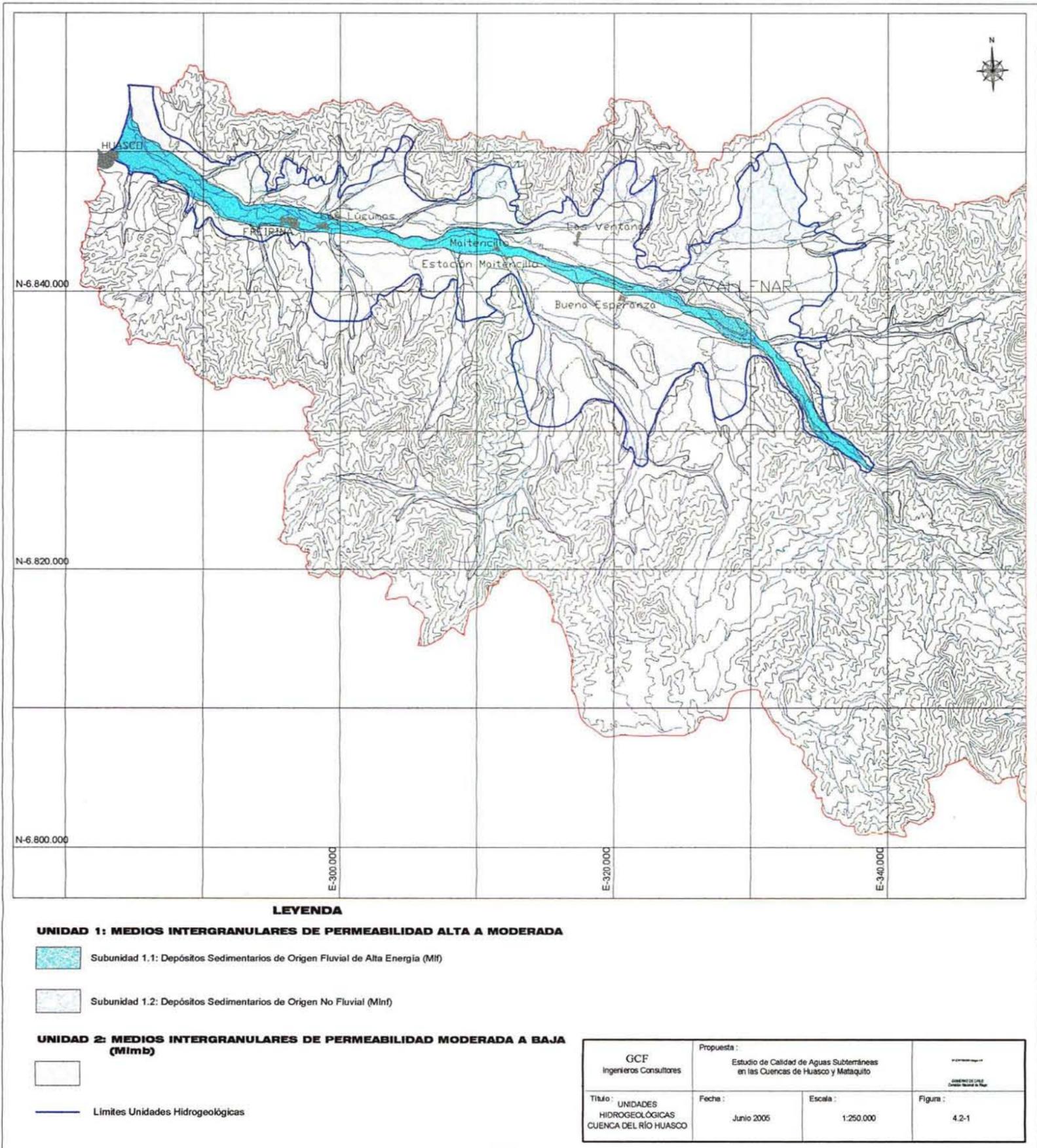
vuelve a profundizarse, permitiendo un mayor espesor de los rellenos sedimentarios, llegando hasta unos 150 m aproximadamente.

Hacia aguas arriba de la ciudad de Vallenar, la información existente referente a las unidades hidrogeológicas es más escasa, sin embargo, debido a que el valle del río Huasco se presenta como un valle mucho más estrecho, se espera que los rellenos sedimentarios sean de menor magnitud que los de aguas abajo. Lo mismo ocurre con los valles de los ríos El Tránsito y El Carmen, donde se pueden encontrar pozos cuyas profundidades varían entre los 20 m y los 50 m como máximo.

Con respecto a los niveles freáticos, éstos se encuentran a profundidades entre 15 m y 20 m, en el sector de Vallenar y sus alrededores, mientras que hacia aguas abajo, estos niveles se encuentran bastante más superficiales, llegando incluso a ser surgente en algunos sectores. En el valle de los ríos El Tránsito y El Carmen, los niveles de la napa se encontraron a poca profundidad, ubicándose en su mayoría a no más de 3 m desde la superficie de terreno.

La caracterización de los acuíferos existentes en el valle del río Huasco, en lo que se refiere a los parámetros hidrogeológicos y niveles de la napa, se detalla más adelante en el subcapítulo 4.4.2.

Figura 4.2-1



#### 4.2.2 Cuenca del Río Mataquito

De igual manera que para la cuenca del río Huasco, para la cuenca del río Mataquito se ha elaborado la Figura 4.2-2, donde se consignan las unidades hidrogeológicas incluidas dentro del área considerada como de interés para el estudio. Esta es algo menor que la superficie total que cubren los rellenos sedimentarios, puesto que para su trazado se han tomado en cuenta las mismas consideraciones que para el valle del Huasco.

Las unidades hidrogeológicas que forman parte del área de interés corresponden a las Unidades 1 y 2 (medios intergranulares de permeabilidad alta a moderada y medios intergranulares y fracturados de permeabilidad moderada a baja, respectivamente).

La Unidad 1 corresponde a depósitos sedimentarios de origen fluvial y no fluvial. Los primeros están compuestos por sedimentos fluviales actuales, preactuales y abanicos fluviales, cuya granulometría va desde material grueso (ripios, gravas), medio (gravas arenosas) hasta fino (intercalaciones lenticulares limoarcillosas). Se encuentran presentes en el cauce del río Mataquito y son la unidad de mayor presencia dentro de la zona de rellenos sedimentarios.

Los rellenos de origen no fluvial corresponden a depósitos sedimentarios fluvio-aluvionales, gravitacionales, coluviales, eólicos costeros y marinos aterrizados. Se pueden encontrar en los valles de la Cordillera de la Costa y en serranías intermedias.

La Unidad 2 está compuesta por depósitos cineríticos (cenizas volcánicas) con intercalaciones arcillosas. Se emplazan en valles de drenajes secundarios en la Cordillera de la Costa y en serranías intermedias, formando pequeñas planicies alrededor de los depósitos fluviales.

Según el estudio geofísico, y de acuerdo con los antecedentes de captaciones de pozo profundo, el relleno del valle del río Mataquito posee un gran espesor, alcanzando valores de más de 150 m.

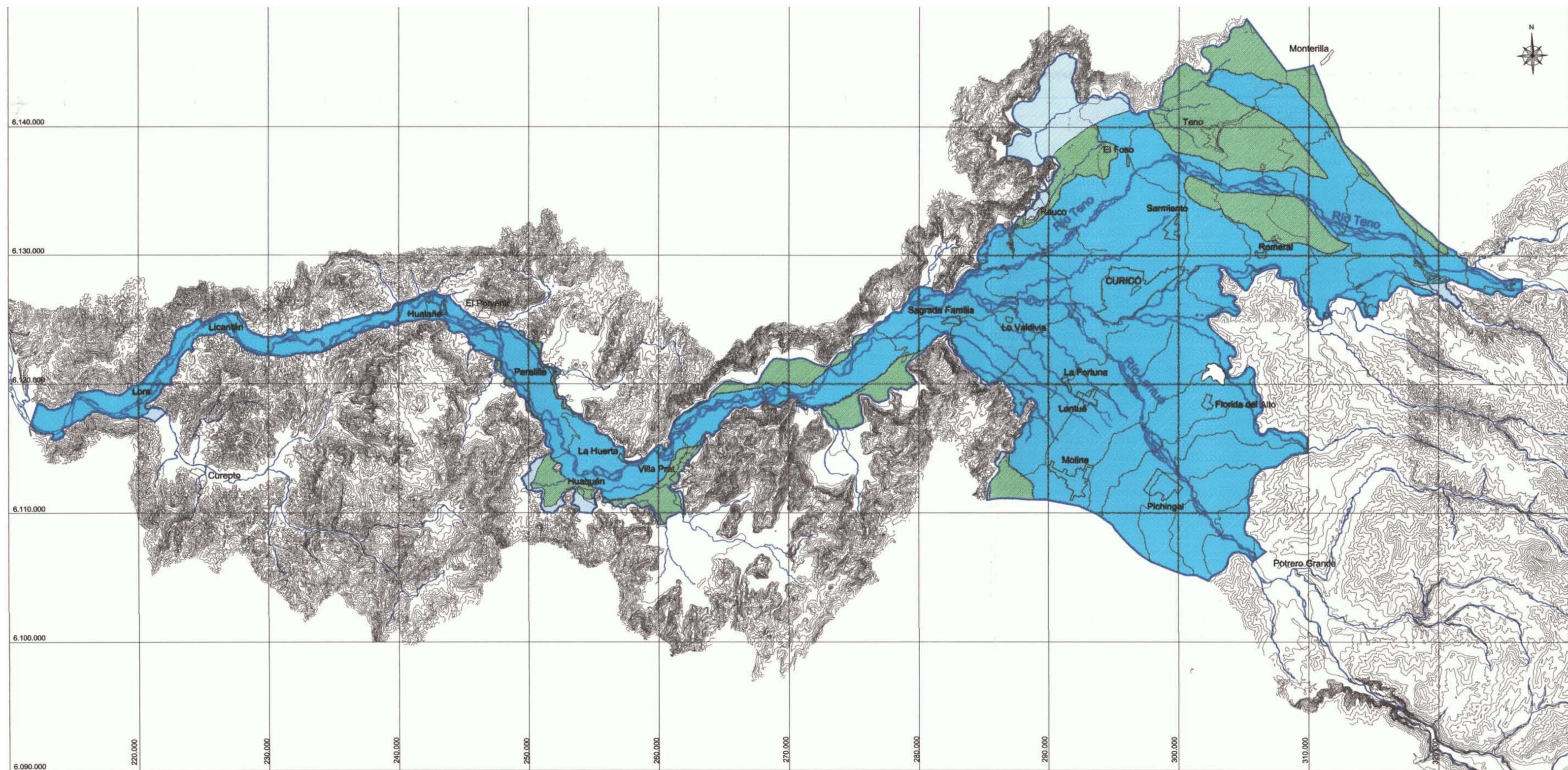
Los mayores espesores del relleno sedimentario se alcanzan en el sector del valle central, donde además los depósitos logran su mayor amplitud en superficie, llegando incluso a cubrir una zona de hasta 30 km de ancho.

Tanto hacia el poniente como al oriente del valle central, el valle del Mataquito y sus principales afluentes (Teno y Lontué) se angosta, lo cual provoca además una notable disminución del espesor de los rellenos sedimentarios, el que sin embargo, no deja de ser importante, pudiendo encontrarse espesores de hasta 100 m principalmente entre la confluencia de los ríos Teno y Lontué y la desembocadura del río Mataquito al mar.

Los antecedentes de captaciones subterráneas ubicadas hacia el oriente del valle central, son escasos, sin embargo, se observa que hacia este sector el valle de los ríos Teno y Lontué es bastante más estrecho, lo que significa también que el espesor del relleno es de mucho menor importancia que en el resto del valle. En efecto, las pocas captaciones de aguas subterráneas que existen en esta zona, por lo general tienen profundidades que no superan los 50 m.

En relación a los niveles freáticos, es posible afirmar a partir de la campaña de terreno realizada en los meses de marzo y abril del año 2005, que éstos se encuentran a profundidades no mayores de 20 m. Hacia los sectores precordilleranos, los niveles de la napa se encuentran a mayor profundidad.

La caracterización cuantitativa de los acuíferos existentes en el valle del río Mataquito, en cuanto a los parámetros hidrogeológicos y niveles freáticos, se detalla más adelante en el subcapítulo 4.4.2.



**LEYENDA**

**UNIDAD 1: MEDIOS INTERGRANULARES DE PERMEABILIDAD ALTA A MODERADA**

 Subunidad 1.1: Depósitos Sedimentarios de Origen Fluvial de Alta Energía (Mif)

 Subunidad 1.2: Depósitos Sedimentarios de Origen No Fluvial (Mnf)

**UNIDAD 2: MEDIOS INTERGRANULARES DE PERMEABILIDAD MODERADA A BAJA (Mimb)**



 Límites Unidades Hidrogeológicas

GCF Ingenieros Consultores	Propuesta : Estudio de Calidad de Aguas Subterráneas en las Cuenclas de Huasco y Mataquito		GOBIERNO DE CHILE Comisión Nacional de Riego
Título : UNIDADES HIDROGEOLOGICAS CUENCA DEL RÍO MATAQUITO	Fecha : Junio 2005	Escala : 1:250.000	Figura : 4.2-2

### 4.3 ACTUALIZACIÓN DE LOS CATASTROS DE CAPTACIONES SUBTERRÁNEAS

Con el objetivo de tener un adecuado conocimiento acerca de la existencia de captaciones de aguas subterráneas en las cuencas de los ríos Huasco y Mataquito, se desarrolló una labor de actualización de la información de catastros existentes para ambas cuencas, por medio del levantamiento de información en terreno.

Para ello se consultaron diversas fuentes de información (estudios e información almacenada en Instituciones), a partir de las cuales se elaboró un catastro base, el que luego fue verificado y complementado con información recopilada en terreno.

#### 4.3.1 Valle del Huasco

Para el valle del río Huasco se recopiló información de las siguientes fuentes:

- Manejo Integral de Recursos Hídricos a Nivel de Cuencas, III Región. Conic – BF, DOH, MOP, 1997.
- Proyecto Embalse Santa Juana – Río Huasco. Estudio del Efecto de la Pared Moldeada Sobre las Aguas Subterráneas. AC Ingenieros, 1992.
- Estudio Hidrológico e Hidrogeológico de las Captaciones de Agua Potable de Servicios Urbanos de la III Región, GCF Ingenieros, Aguas Chañar S.A., 2004.
- Proyectos Ley 18.450, CNR.
- Inventario de Derechos, Resolución N°4051 del 23 de diciembre de 2003 de la DGA.

La campaña de terreno para el catastro en la cuenca de río Huasco fue desarrollada en el mes de Febrero de 2005. Los encuestadores se movilizaban en vehículo propio, llevando consigo pozómetro, cartografía escala 1:50.000 del IGM, GPS y antecedentes de catastros anteriores.

En la ejecución de esta actividad, se procuró encuestar a los propietarios y/o usuarios de la totalidad de las captaciones encontradas en terreno. Se cumplió con el objetivo de recopilar la totalidad de la información a la que se tuvo acceso, cubriendo toda la cuenca del río Huasco.

Cada encuesta realizada se efectuó, en lo posible, al propietario o usuario de la captación. A través de la entrevista se procuró conocer las principales características geométricas de la captación, así como la producción actual e histórica y los niveles actuales del agua subterránea.

Cada punto catastrado fue ubicado en las cartas escala 1:50.000 del IGM con la información proporcionada por el GPS.

En la Tabla 4.3-1 se presenta un resumen del censo de captaciones subterráneas en la cuenca del río Huasco.

Tabla 4.3-1  
Resumen Catastro Captaciones de Aguas Subterráneas  
Cuenca del Río Huasco

DESCRIPCIÓN	POZOS		NORIAS		DRENES	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%
<b>Nº Total de Captaciones</b>	<b>123</b>	<b>100</b>	<b>1</b>	<b>100</b>	<b>3</b>	<b>100</b>
<b>Captaciones en Uso</b>						
Riego	11	8.9	0	0.0	0	0.0
Potable	24	19.5	0	0.0	2	66.6
Industrial	4	3.3	0	0.0	0	0.0
Observación	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Drenaje	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Otro	0	0.0	0	0.0	0	0.0
<b>SUBTOTAL 1</b>	<b>39</b>	<b>31.7</b>	<b>0</b>	<b>0.0</b>	<b>2</b>	<b>66.6</b>
<b>Captaciones Sin Uso, Abandonados, Sin Información y No Encontrados</b>						
Sin Uso y Abandonados	81	65.9	1	100.0	1	33.3
Sin Información o Sólo Ubicada	3	2.4	0	0.0	0	0.0
<b>SUBTOTAL 2</b>	<b>84</b>	<b>68.3</b>	<b>1</b>	<b>100.0</b>	<b>1</b>	<b>33.3</b>

En el Anexo 4.3-1 "Catastro de Captaciones Subterráneas, Cuenca del Río Huasco", se presenta toda la información del catastro, mientras que en los planos escala 1:100.000, Planos 4.3-1 y 4.3-2 adjuntos al mismo anexo, se muestra la ubicación de cada captación catastrada.

El catastro realizado se presenta en el mismo formato utilizado en el Banco Nacional de Aguas de la DGA, incorporando además información adicional que es de utilidad para el presente estudio.

En el Anexo 4.3-1 señalado anteriormente, se ha incluido, además del catastro, información de las producciones de cada captación, en términos de caudal actual de extracción, horas al día, días al mes y meses al año de funcionamiento, que será de utilidad para la modelación del sistema.

#### 4.3.2 Cuenca del Río Mataquito

Para la cuenca del río Mataquito, la información se recopiló de las siguientes fuentes:

- Análisis de Riego Zonas Costeras. CEDEC. DOH, 1992.
- Estudio Hidrogeológico Del Secano Interior Y Costero. Regiones VI, VII Y VIII. IICA, 2001.
- Estudios Hidrológicos e Hidrogeológicos de las Fuentes de Agua Potable, varias Localidades de la VII Región. GCF Ingenieros Consultores.
- Exploración de los Recursos Hídricos Subterráneos VII Región. AC Ingenieros Consultores DGA - MOP, 1999.
- Manejo Integral del Recurso Hídrico a nivel de Cuencas. INECON. DOH-MOP, 1998.
- Proyectos Ley 18.450, CNR.

La campaña de terreno para el catastro en la cuenca de río Mataquito fue desarrollada por 3 cuadrillas, entre los meses de marzo y abril de 2005. Cada cuadrilla se movilizó en vehículo propio, llevando consigo pozómetro, cartografía escala 1:50.000 del IGM, GPS y antecedentes de catastros anteriores.

En la ejecución de esta actividad, se procuró encuestar a los propietarios y/o usuarios de la totalidad de las captaciones encontradas en terreno, faena que no estuvo exenta de dificultad, en el sentido de que a veces no se contó con la cooperación de los propietarios, algunos de los cuales no permitieron el acceso a sus captaciones y no facilitaron información técnica que permitiera la ejecución correcta de esta labor. En todo caso, se cumplió con el objetivo de recopilar la totalidad de la información a la que se tuvo acceso, cubriendo la totalidad de la cuenca del río Mataquito.

Cada encuesta realizada se efectuó, en lo posible, al propietario o usuario de la captación. A través de la entrevista se procuró conocer las principales características geométricas de la captación, así como la producción actual e histórica y los niveles actuales del agua subterránea.

Cada punto catastrado fue ubicado en las cartas escala 1:50.000 del IGM con la información proporcionada por el GPS.

En la Tabla 4.3-2 se presenta un resumen del censo de captaciones subterráneas en la cuenca del río Mataquito.

Tabla 4.3-2  
Resumen Catastro Captaciones de Aguas Subterráneas  
Cuenca del Río Mataquito

DESCRIPCIÓN	POZOS		NORIAS		DRENES	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%
<b>Nº Total de Captaciones</b>	<b>488</b>	<b>100</b>	<b>96</b>	<b>100</b>	<b>5</b>	<b>100</b>
<b>Captaciones en Uso</b>						
Riego	228	46.7	46	47.9	5	100.0
Potable	125	25.6	23	24.0	0	0.0
Industrial	25	5.1	11	11.5	0	0.0
Riego - Potable	2	0.4	0	0.0	0	0.0
Industrial - Potable	8	1.6	6	6.3	0	0.0
Riego - Potable - Industrial	2	0.4	2	2.1	0	0.0
<b>SUBTOTAL 1</b>	<b>390</b>	<b>79.9</b>	<b>88</b>	<b>91.7</b>	<b>5</b>	<b>100.0</b>
<b>Captaciones Sin Uso, Abandonados, Sin Información y No Encontrados</b>						
Sin Uso y Abandonados	93	19.1	8	8.3	0	0.0
Sin Información o Sólo Ubicada	5	1.0	0	0.0	0	0.0
<b>SUBTOTAL 2</b>	<b>98</b>	<b>20.1</b>	<b>8</b>	<b>8.3</b>	<b>0</b>	<b>0.0</b>

En el Anexo 4.3-2 "Catastro de Captaciones Subterráneas, Cuenca del Río Mataquito", se presenta toda la información del catastro, mientras que en los planos escala 1:100.000, Planos 4.3-3 y 4.3-4 adjuntos al mismo anexo, se muestra la ubicación de cada captación catastrada.

El catastro realizado se presenta en el mismo formato utilizado en el Banco Nacional de Aguas de la DGA, incorporando además información adicional que es de utilidad para el presente estudio.

En el Anexo 4.3-2 señalado anteriormente, se ha incluido, además del catastro, información de las producciones de cada captación, en términos de caudal actual de extracción, horas al día, días al mes y meses al año de funcionamiento.

## 4.4 CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDROGEOLÓGICA CUANTITATIVA

### 4.4.1 Caracterización Hidrológica

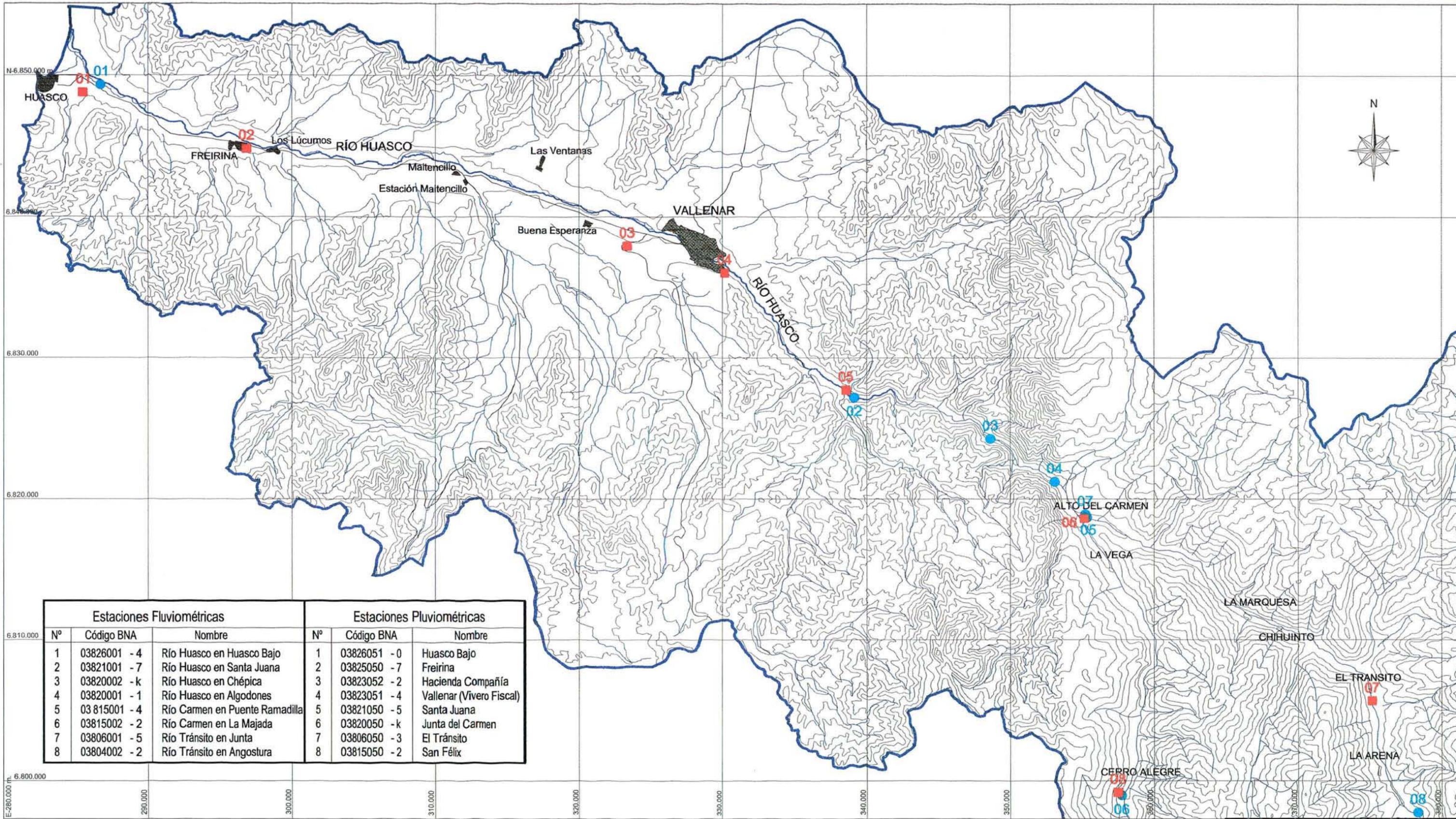
Luego de la recopilación de los antecedentes pluviométricos y fluviométricos para las dos cuencas en estudio, los cuales fueron presentados en el Capítulo 2.2, se procedió a la selección definitiva de estaciones para la caracterización hidrológica de ambos sistemas. Cabe señalar que esta caracterización ha sido desarrollada con el fin de satisfacer los requerimientos de la modelación a realizar en los capítulos siguientes de este trabajo, y no con el fin de generar un estudio específico de precipitaciones y caudales. La ubicación de las estaciones fluviométricas y pluviométricas para las cuencas de los ríos Huasco y Mataquito, se presentan respectivamente en las Figuras 4.4-1 y 4.4-2.

#### a) Precipitaciones

En la Tabla 4.4-1 se presenta el listado de estaciones pluviométricas consideradas para la cuenca del río Huasco y en la Tabla 4.4-2 se presenta el listado considerado para la cuenca del río Mataquito.

Tabla 4.4-1  
Estaciones Pluviométricas Consideradas para Cuenca del Huasco

Nº	Código BNA	Nombre	Utm Este	Utm Norte	Período Controlado	Años Completos
			(m)	(m)		
1	03826051-0	Huasco Bajo	285,477	6,848,780	1993 – 2004	9
2	03825050-7	Freirina	296,848	6,844,825	1987 – 2004	11
3	03823052-2	Hacienda Compañía	323,375	6,837,931	1993 – 2004	10
4	03823051-4	Vallenar (Vivero Fiscal)	330,152	6,836,033	1972 – 2004	28
5	03821050-5	Santa Juana	338,558	6,827,716	1964 – 2004	34
6	03820050-k	Junta del Carmen	355,149	6,818,595	1964 – 2004	40
7	03806050-3	El Tránsito	375,142	6,805,665	1993 – 2004	10
8	03815050-2	San Félix	357,494	6,799,168	1969 – 2004	30



Estaciones Fluviométricas			Estaciones Pluviométricas		
Nº	Código BNA	Nombre	Nº	Código BNA	Nombre
1	03826001 - 4	Río Huasco en Huasco Bajo	1	03826051 - 0	Huasco Bajo
2	03821001 - 7	Río Huasco en Santa Juana	2	03825050 - 7	Freirina
3	03820002 - k	Río Huasco en Chépica	3	03823052 - 2	Hacienda Compañía
4	03820001 - 1	Río Huasco en Algodones	4	03823051 - 4	Vallenar (Vivero Fiscal)
5	03 815001 - 4	Río Carmen en Puente Ramadilla	5	03821050 - 5	Santa Juana
6	03815002 - 2	Río Carmen en La Majada	6	03820050 - k	Junta del Carmen
7	03806001 - 5	Río Tránsito en Junta	7	03806050 - 3	El Tránsito
8	03804002 - 2	Río Tránsito en Angostura	8	03815050 - 2	San Félix

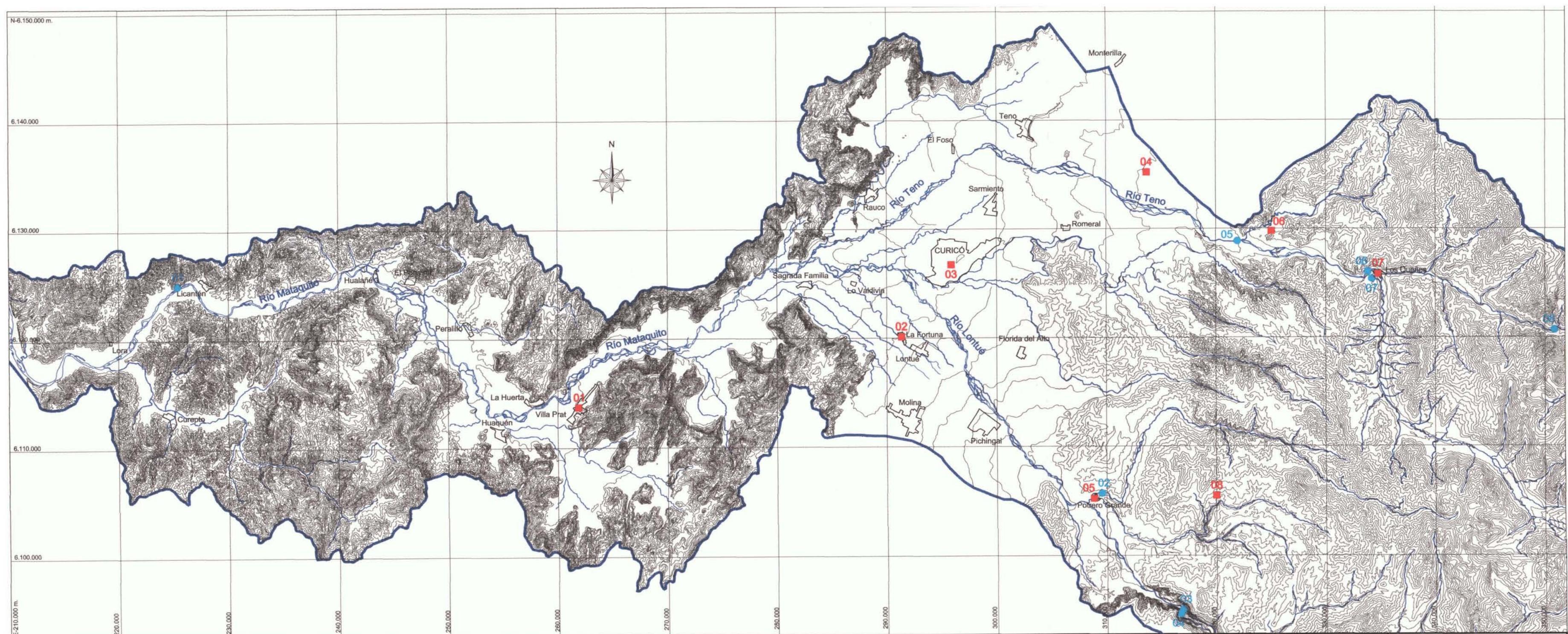
- Estación Fluviométrica
- Estación Pluviométrica
- Cuenca Hidrográfica

GCF INGENIEROS CONSULTORES LTDA.

PROYECTO: ESTUDIO DE CALIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LAS CUENCAS DE HUASCO Y MATAQUITO

**UBICACIÓN ESTACIONES FLUVIOMÉTRICAS Y PLUVIOMÉTRICAS CUENCA DEL RÍO HUASCO**

FECHA: JUNIO 2005      ESCALA: 1:250.000      Figura 4.4-1



- Estación Fluviométrica
- Estación Pluviométrica
- Cuenca Hidrográfica

Estaciones Fluviométricas						Estaciones Pluviométricas						GCF INGENIEROS CONSULTORES LTDA.	
Nº	Código BNA	Nombre	Nº	Código BNA	Nombre	Nº	Código BNA	Nombre	Nº	Código BNA	Nombre	PROYECTO: ESTUDIO DE CALIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LAS CUENCAS DE HUASCO Y MATAQUITO	
1	07123001 - 5	Río Mataquito en Licantén	5	07104001 - 1	Estero El Manzano antes Junta Teno	1	07121050 - 2	Villa Prat	5	07117050 - 0	Potrero Grande	<b>UBICACIÓN ESTACIONES FLUVIOMÉTRICAS Y PLUVIOMÉTRICAS CUENCA DEL RÍO MATAQUITO</b> FECHA: JUNIO 2005    ESCALA: 1:250.000    Figura 4.4-2	
2	07116001 - 7	Estero Upeo en Upeo	6	07104002 - k	Río Teno después de Junta	2	07119050 - 1	Lontué	6	07104051 - 8	El Manzano		
3	07112001 - 5	Río Colorado antes Junta Río Palos	7	07102001 - 0	Río Teno en los Queñes	3	07118050 - 6	Curicó	7	07104050 - k	Los Queñes		
4	07115001 - 1	Río Palos antes Junta Río Colorado	8	07101001 - 5	Río Teno bajo o Quebrada Infiernillo	4	07104052 - 6	Santa Susana	8	07116050 - 5	Monte Oscuro		

Tabla 4.4-2  
Estaciones Pluviométricas Consideradas para Cuenca del Mataquito

Nº	Código	Nombre	Utm Este	Utm Norte	Período Controlado	Años Completos
	BNA		(m)	(m)		
1	07121050-2	Villa Prat	261,879	6,113,732	1992 – 2004	11
2	07119050-1	Lontué	291,334	6,120,098	1969 – 1972 1976 – 2004	24
3	07118050-6	Curicó	295,877	6,126,706	1964 – 2004	36
4	07104052-6	Santa Susana	313,692	6,135,194	1964 – 1976 1985 – 2004	27
5	07117050-0	Potrero Grande	308,863	6,105,224	1971 – 2004	23
6	07104051-8	El Manzano	325,070	6,129,779	1964 – 1968 1976 – 2004	27
7	07104050-k	Los Queñes	334,784	6,125,830	1964 – 2004	38
8	07116050-5	Monte Oscuro	320,020	6,105,453	1994 – 2004	9

De los antecedentes recopilados de estudios previos se obtuvo gran parte de la información de precipitaciones mensuales observadas, registros que fueron completados con la información actualizada del Centro de Información de Recursos Hídricos (CIRH) de la DGA. En el Anexo 4.4-1 se presenta el listado de precipitaciones mensuales observadas.

#### a1) Precipitaciones en la Cuenca del Río Huasco

La Tabla 4.4-1, para la cuenca del río Huasco, muestra que de las 8 estaciones consideradas sólo 4 de ellas presentan registros extensos y con una gran cantidad de años completos. Las estaciones de la parte baja (Huasco Bajo, Freirina y Hacienda Compañía), y la estación El Tránsito, tienen registros cortos.

Considerando que:

- las precipitaciones de esta zona son de pequeña magnitud
- muchos de los valores mensuales, incluso en invierno, son nulos
- en muchos casos se pueden registrar precipitaciones muy variables entre estaciones cercanas
- el objetivo del estudio pluviométrico es estimar las recargas a la napa producto de la infiltración de precipitaciones, valor que corresponde tan sólo a un porcentaje menor de las lluvias y que además éstas se concentran en casi un 90% en los meses de Mayo, Junio, Julio y Agosto,

Se ha decidido trabajar a nivel de precipitaciones anuales, lo que implicó que sólo se rellenaron a nivel mensual los años incompletos dentro de la series medidas, así, la extensión de las series para el período completo de análisis (1964/65 – 2003/04) se realizó sólo a nivel anual, en donde las distintas estaciones sí presentan correlaciones claras. En el Anexo 4.4-2 se presentan las estadísticas rellenadas a nivel mensual, en tanto en la Tabla 4.4-3 se presentan los montos de precipitaciones anuales para las 8 estaciones consideradas.

Con los valores de la Tabla 4.4-3 se realizaron correlaciones anuales entre las distintas estaciones con el objetivo de extender las 8 series a los 40 años del período de análisis. En la Figura 4.4-3 se muestran las correlaciones logradas y en la Tabla 4.4-4 se muestran las precipitaciones anuales finales rellenadas y extendidas. Se aprecia que las precipitaciones medias anuales en toda la cuenca son bajas; de hecho en la zona en donde se encuentra el acuífero principal (entre la costa y el sector de Vallenar) los valores medios fluctúan entre los 30 y los 40 mm al año. En las zonas más altas, las precipitaciones son algo más importantes, con registros de entre 60 y 70 mm en los sectores de El Tránsito y San Félix.

Las variaciones entre los distintos años son grandes, lo que queda de manifiesto en que las desviaciones estándar de las series son mayores que el promedio de ellas. A manera de ejemplo, han ocurrido años en donde las precipitaciones han sido nulas y otros en que se han superado los 200 mm al año.

Tabla 4.4-3  
Precipitaciones Anuales Observadas y Rellenadas (mm)

AÑO	Huasco Bajo	Freirina	Hacienda Compañía	Vallenar DGA	Santa Juana	Juntas del Carmen	El Tránsito	San Félix
1964/65					4.5	9.4		
1965/66					125.0	114.1		
1966/67					26.5	27.0		
1967/68					39.0	42.6		
1968/69					3.0	2.5		
1969/70					19.5	23.3		33.6
1970/71					5.0	0.0		0.0
1971/72					43.0	61.5		72.4
1972/73				58.7	71.5	78.0		80.5
1973/74				0.0	0.0	12.5		21.0
1974/75				12.8		16.5		28.5
1975/76				34.5		51.5		
1976/77				28.7	46.0	62.0		71.0
1977/78				37.0	43.5	47.5		30.5
1978/79				0.0	0.0	0.0		4.5
1979/80				3.0	1.6	1.5		1.0
1980/81				78.4	99.5	101.9		198.5
1981/82				7.3	33.0	15.5		30.8
1982/83				22.5	43.0	34.0		67.5
1983/84				86.9	93.7	141.5		90.3
1984/85				95.7	171.2	170.5		354.1
1985/86				30.4	21.5	27.0		12.0
1986/87				39.0	49.7	50.1		56.8
1987/88		108.1		124.1	141.5	166.9		208.4
1988/89		0.5		0.3	1.8	4.5		1.0
1989/90		17.1		31.1	32.8	37.7		56.3
1990/91		5.6		9.0	9.2	14.0		27.2
1991/92		112.0		159.3	231.1	224.9		220.6
1992/93		25.8		43.3	41.9	70.9		53.5
1993/94	2.5	3.8	7.0	7.0	12.5	12.5	3.6	4.2
1994/95	4.5	1.5	0.0	0.5	4.0	4.8	13.9	21.5
1995/96	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	1.5	7.4	1.8
1996/97	11.0	9.5	10.5	12.2	11.1	1.5	8.0	16.0
1997/98	219.5	197.7	226.0	217.6	210.1	234.5	296.5	279.5
1998/99	3.0	5.3	9.7	8.8	20.9	40.0	45.5	45.4
1999/00	17.4	15.5	22.6	21.3	19.7	15.0	13.5	17.7
2000/01	45.0	67.8	68.7	76.2	63.2	104.0	97.5	103.0
2001/02	0.0	16.0	14.2	4.5	6.2	4.0	15.0	9.0
2002/03	80.5	73.9	112.0	106.4	123.4	141.2	139.0	197.2
2003/04	1.8	1.5	0.8	2.5	2.5	2.1	8.4	4.2
Prom.	35.0	38.9	43.0	42.5	49.3	54.3	58.9	71.2
Desv.	66.1	55.5	70.0	52.1	59.7	62.9	90.2	88.7
Máx.	219.5	197.7	226.0	217.6	231.1	234.5	296.5	354.1
Mín.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	0.0
Datos	11	17	11	32	38	40	11	34

Nota: Los datos en rojo corresponden a años rellenados a nivel mensual

Figura 4.4-3  
Correlaciones de Precipitación Anual

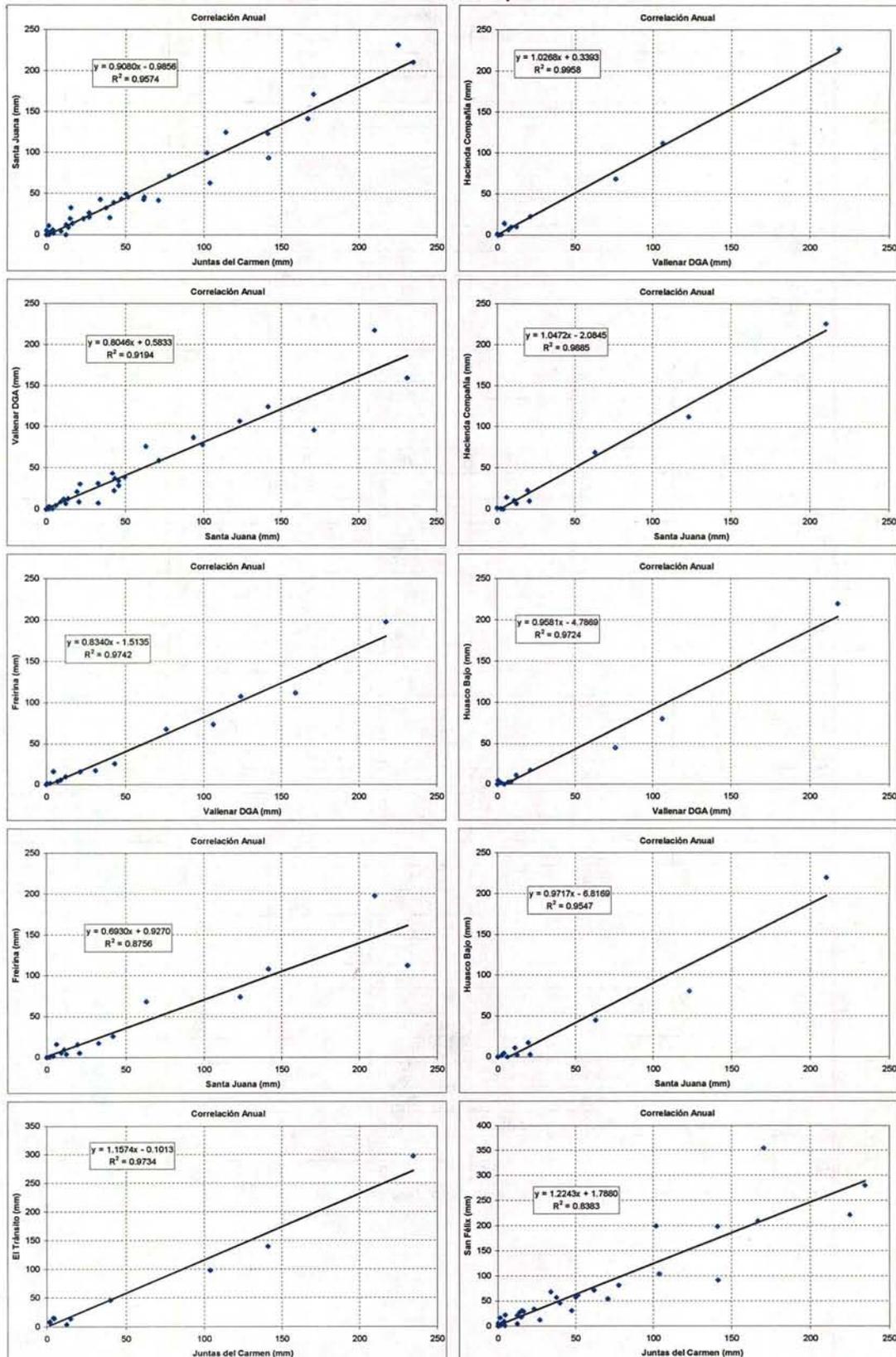


Tabla 4.4-4  
Precipitaciones Anuales Rellenadas y Extendidas (mm)

AÑO	Huasco Bajo	Freirina	Hacienda Compañía	Vallena DGA	Santa Juana	Juntas del Carmen	El Tránsito	San Félix
1964/65	2.0	4.0	4.2	3.4	4.5	9.4	10.8	14.7
1965/66	82.6	87.6	117.1	106.4	125.0	114.1	132.0	129.4
1966/67	16.7	19.3	24.8	22.2	26.5	27.0	31.1	34.0
1967/68	25.0	28.0	36.6	32.9	39.0	42.6	49.2	51.1
1968/69	1.0	3.0	2.8	2.1	3.0	2.5	2.8	7.1
1969/70	12.0	14.4	18.3	16.2	19.5	23.3	26.9	33.6
1970/71	2.3	4.4	4.7	3.8	5.0	0.0	0.0	0.0
1971/72	27.7	30.7	40.3	36.3	43.0	61.5	71.1	72.4
1972/73	41.1	47.4	59.2	58.7	71.5	78.0	90.2	80.5
1973/74	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.5	14.4	21.0
1974/75	8.7	9.2	13.7	12.8	14.0	16.5	19.0	28.5
1975/76	24.0	27.2	35.1	34.5	45.8	51.5	59.5	60.8
1976/77	19.9	22.4	29.4	28.7	46.0	62.0	71.7	71.0
1977/78	25.8	29.3	37.6	37.0	43.5	47.5	54.9	30.5
1978/79	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5
1979/80	1.8	1.0	3.9	3.0	1.6	1.5	1.6	1.0
1980/81	55.0	63.9	78.7	78.4	99.5	101.9	117.8	198.5
1981/82	4.8	4.6	8.2	7.3	33.0	15.5	17.8	30.8
1982/83	15.6	17.3	23.3	22.5	43.0	34.0	39.3	67.5
1983/84	61.0	71.0	87.1	86.9	93.7	141.5	163.7	90.3
1984/85	67.3	78.3	95.9	95.7	171.2	170.5	197.2	354.1
1985/86	21.1	23.8	31.1	30.4	21.5	27.0	31.1	12.0
1986/87	27.2	31.0	39.6	39.0	49.7	50.1	57.9	56.8
1987/88	87.3	108.1	124.0	124.1	141.5	166.9	193.1	208.4
1988/89	0.0	0.5	1.3	0.3	1.8	4.5	5.1	1.0
1989/90	21.6	17.1	31.8	31.1	32.8	37.7	43.5	56.3
1990/91	6.0	5.6	9.9	9.0	9.2	14.0	16.1	27.2
1991/92	112.2	112.0	158.9	159.3	231.1	224.9	260.2	220.6
1992/93	30.2	25.8	43.9	43.3	41.9	70.9	82.0	53.5
1993/94	2.5	3.8	7.0	7.0	12.5	12.5	3.6	4.2
1994/95	4.5	1.5	0.0	0.5	4.0	4.8	13.9	21.5
1995/96	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	1.5	7.4	1.8
1996/97	11.0	9.5	10.5	12.2	11.1	1.5	8.0	16.0
1997/98	219.5	197.7	226.0	217.6	210.1	234.5	296.5	279.5
1998/99	3.0	5.3	9.7	8.8	20.9	40.0	45.5	45.4
1999/00	17.4	15.5	22.6	21.3	19.7	15.0	13.5	17.7
2000/01	45.0	67.8	68.7	76.2	63.2	104.0	97.5	103.0
2001/02	0.0	16.0	14.2	4.5	6.2	4.0	15.0	9.0
2002/03	80.5	73.9	112.0	106.4	123.4	141.2	139.0	197.2
2003/04	1.8	1.5	0.8	2.5	2.5	2.1	8.4	4.2
Prom.	29.6	32.0	40.9	39.6	48.3	54.3	62.7	67.9
Desv.	41.9	41.0	49.9	49.0	58.4	62.9	73.2	83.5
Máx.	219.5	197.7	226.0	217.6	231.1	234.5	296.5	354.1
Mín.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Datos	40	40	40	40	40	40	40	40

Nota: Los datos en fondo amarillo corresponden a las precipitaciones determinadas por correlación anual

## a2) Precipitaciones en la Cuenca del Río Mataquito

Respecto a la cuenca del río Mataquito, la Tabla 4.4-2 muestra que, a excepción de las estaciones Villa Prat y Monte Oscuro, los registros pluviométricos de las estaciones de la zona son bastante extensos, existiendo en general más de 20 años completos por estación.

En este caso, en donde las precipitaciones ocurren en gran magnitud y durante todo el año, fue posible establecer correlaciones a nivel mensual entre las distintas estaciones para rellenar y extender las estadísticas para el período 1964/65 – 2003/04. La excepción a esto, fueron precisamente las estaciones Villa Prat y Monte Oscuro que por lo breve de sus registros no fueron extendidas.

Las series rellenadas y extendidas se muestran en el Anexo 4.4-2 y en la Tabla 4.4-5 se presenta un resumen con las series anuales de precipitación. Esta tabla muestra que las precipitaciones en la zona del valle central (estaciones Lontué, Curicó y Santa Susana) fluctúan en torno a los 700 mm al año como promedio. En las zonas precordilleranas, los montos de las precipitaciones anuales medias aumentan, alcanzando valores de entre 1.100 y 1.400 mm al año.

Es importante notar que, a diferencia de lo que ocurre en la cuenca del río Huasco, las precipitaciones en la cuenca del río Mataquito presentan un coeficiente de variación (razón entre la desviación estándar y el promedio de la serie) bastante menor y del orden de 0,4. Esto significa que existe una menor variación entre las pluviometría de años secos y de años húmedos, en comparación con el valle nortino.

Las series pluviométricas a nivel mensual presentadas en el Anexo 4.4-2, Cuenca del Mataquito, muestran que las precipitaciones se concentran de Abril a Octubre, siendo Junio el mes con el mayor promedio de lluvias. No obstante, en los meses de Noviembre, Diciembre y Marzo también ocurren precipitaciones que en varios años superan los 50 mm. Enero y Febrero son claramente los meses de menor pluviosidad, siendo nula la precipitación en gran parte de los años, al menos en la zona del valle central.

Tabla 4.4-5  
Precipitaciones Anuales Rellenadas y Extendidas (mm)

AÑO	Lontué	Curicó	Santa Susana	Potrero Grande	El Manzano	Los Queñes
1964/65	508.6	525.0	596.3	863.3	497.8	820.0
1965/66	988.2	1021.0	1180.5	1594.1	1527.0	1825.0
1966/67	987.7	1014.7	1182.9	1585.7	1727.0	1869.0
1967/68	445.8	445.1	605.8	751.7	712.8	931.0
1968/69	277.3	270.8	262.4	519.1	410.0	494.0
1969/70	502.7	503.8	725.7	857.9	1675.4	1747.5
1970/71	510.9	566.0	596.2	926.3	1003.1	1067.0
1971/72	527.1	861.6	800.6	1033.1	1098.1	1176.3
1972/73	1467.2	1502.0	1511.8	1959.5	2225.3	2375.3
1973/74	575.6	577.0	828.1	997.0	1120.1	1211.2
1974/75	871.9	900.0	951.6	962.0	1285.9	1389.3
1975/76	695.0	712.0	989.1	908.9	1318.5	1375.9
1976/77	512.4	494.4	933.3	813.0	1379.0	1101.2
1977/78	967.4	967.5	1142.5	1624.2	1957.0	1760.6
1978/79	859.0	827.6	1156.9	1306.7	1752.0	1837.0
1979/80	687.0	779.1	981.1	1215.3	1467.7	1533.2
1980/81	850.5	826.5	1004.5	1352.0	1560.5	1684.3
1981/82	541.8	518.0	890.9	1019.4	1137.4	1300.0
1982/83	1151.5	1037.0	1223.5	2064.8	2295.5	2436.5
1983/84	551.2	490.7	607.6	774.6	1022.5	1066.2
1984/85	977.0	1004.5	1167.6	1441.3	1723.1	1822.7
1985/86	546.0	464.7	342.0	874.2	798.3	844.8
1986/87	958.4	834.0	887.8	1190.5	1282.5	1531.1
1987/88	822.2	862.0	999.9	1135.4	1566.5	1601.4
1988/89	462.5	387.5	442.9	747.0	695.5	773.7
1989/90	490.6	474.4	489.7	816.1	811.5	984.5
1990/91	378.0	375.4	554.9	597.6	674.8	818.9
1991/92	744.0	804.7	983.8	1322.9	1285.0	1433.6
1992/93	530.3	998.8	794.1	1443.7	1471.1	1767.6
1993/94	584.6	555.4	669.5	976.5	1107.5	1399.0
1994/95	505.8	518.4	803.2	904.5	1038.0	1178.7
1995/96	670.5	612.8	731.5	1096.7	1278.0	1274.3
1996/97	339.1	353.8	403.7	585.6	838.0	854.0
1997/98	889.9	952.8	1434.4	1675.8	2297.0	2364.0
1998/99	168.2	183.6	222.8	311.3	307.1	374.9
1999/00	663.1	643.3	834.4	1099.1	1237.0	1238.3
2000/01	709.5	837.5	1014.2	1302.4	1588.0	1575.5
2001/02	781.2	817.0	1043.9	1530.2	1403.0	1534.3
2002/03	976.8	1011.2	1197.5	1626.5	1814.0	1925.1
2003/04	446.8	543.9	762.8	764.7	1051.0	968.4
Prom.	678.1	701.9	848.8	1114.3	1286.0	1381.6
Desv.	260.0	269.0	305.1	395.3	486.9	485.7
Máx.	1467.2	1502.0	1511.8	2064.8	2297.0	2436.5
Mín.	168.2	183.6	222.8	311.3	307.1	374.9

Nota: Los datos en fondo amarillo corresponden a los años rellenados y/o extendidos

## b) Fluviometría

En cuanto a la fluviometría, en la Tabla 4.4-6 y 4.4-7 se presentan las estaciones fluviométricas seleccionadas para el análisis de caudales medios mensuales. Al igual que el estudio pluviométrico, este análisis ha sido enfocado

específicamente para ser utilizado en la modelación posterior, por lo que el objetivo de esta parte del estudio consistió simplemente en determinar una serie histórica de 40 años de extensión de caudales medios mensuales de los cauces principales (Huasco y Mataquito) y de sus afluentes (El Carmen, El Tránsito, Teno y Lontué).

Tabla 4.4-6  
Estaciones Fluviométricas Consideradas para Cuenca del Huasco

Nº	Código BNA	Nombre	Utm Este (m)	Utm Norte (m)	Período Controlado	Años Completos
1	03826001-4	Río Huasco en Huasco Bajo	286,721	6,849,328	1987 – 1997	7
2	03821001-7	Río Huasco en Santa Juana	339,128	6,827,190	1964 – 2004	26
3	03820002-k	Río Huasco en Chépica	348,619	6,824,252	2001 – 2004	2
4	03820001-1	Río Huasco en Algodones	353,086	6,821,213	1964 – 1979 1993 – 2004	19
5	03815001-4	Río Carmen en Puente Ramadilla	355,335	6,818,681	1964 – 2001	32
6	03815002-2	Río Carmen en La Majada	357,733	6,798,976	1988 – 1999	9
7	03806001-5	Río Tránsito en Junta	355,226	6,818,910	1964 – 1975 1981 – 2004	32
8	03804002-2	Río Tránsito en Angostura	378,328	6,797,774	1965 – 2004	27

Tabla 4.4-7  
Estaciones Fluviométricas Consideradas para Cuenca del Mataquito

Nº	Código BNA	Nombre	Utm Este (m)	Utm Norte (m)	Período Controlado	Años Completos
1	07123001-5	Río Mataquito en Licantén	225,388	6,124,979	1987 – 2004	15
2	07116001-7	Estero Upeo en Upeo	309,563	6,105,702	1964 – 2004	29
3	07112001-5	Río Colorado antes Junta Río Palos	316,891	6,095,033	1964 – 2004	32
4	07115001-1	Río Palos antes Junta Río Colorado	316,697	6,094,628	1964 – 2001	29
5	07104001-1	Estero El Manzano antes Junta Teno	321,967	6,128,856	1964 – 1984	16
6	07104002-k	Río Teno después de Junta	333,843	6,126,029	1964 – 2004	35
7	07102001-0	Río Teno en los Queñes	334,209	6,125,388	1964 – 1984	17
8	07101001-5	Río Teno bajo Quebrada Infiernillo	350,846	6,120,683	1969 – 2004	14

De los antecedentes recopilados de estudios previos, se obtuvo gran parte de la información de caudales medios mensuales observados, registros que fueron completados con la información actualizada del Centro de Información de Recursos Hídricos (CIRH) de la DGA. En el Anexo 4.4-3 se presentan las series de caudales medios mensuales medidas para las estaciones seleccionadas.

#### b1) Fluviometría de la Cuenca del Río Huasco

En la cuenca del río Huasco existen 2 estaciones vigentes que controlan actualmente el caudal del río Huasco, de las cuales sólo la estación Huasco en Santa Juana posee registros extensos (40 años de mediciones con 26 años completos). El afluente El Carmen queda bien caracterizado a través de la estación Carmen en Puente Ramadilla, que cuenta con 32 años completos de estadística medida. Finalmente, las dos estaciones ubicadas en el río El Tránsito se encuentran vigentes

y presentan registros extensos y completos. En conclusión, se estimó que los registros recopilados resultaron adecuados para la caracterización del flujo pasante, habiendo sido necesario sólo efectuar los rellenos por correlación mensual. Las estaciones rellenadas fueron Huasco en Santa Juana, Carmen en Ramadillas y El Tránsito en Angostura. Los resultados se presentan en el Anexo 4.4-4 y en la Tabla 4.4-8 siguiente, se presentan las series de caudales medios anuales.

Tabla 4.4-8  
Caudales Medios Anuales, Estadística Definitiva Cuenca Río Huasco (m<sup>3</sup>/s)

AÑO	Huasco en Santa Juana	Del Carmen en Ramadilla	Tránsito En Angostura
1964/65	2.82	1.27	1.81
1965/66	9.94	3.30	4.99
1966/67	4.23	1.93	2.88
1967/68	2.13	0.81	1.66
1968/69	1.49	0.46	1.06
1969/70	0.87	0.34	0.70
1970/71	0.73	0.27	0.54
1971/72	0.59	0.31	0.58
1972/73	5.64	2.84	3.07
1973/74	5.72	2.22	3.50
1974/75	2.58	0.99	2.16
1975/76	1.08	0.69	0.88
1976/77	1.98	0.37	1.32
1977/78	3.05	0.99	1.86
1978/79	4.63	2.03	2.56
1979/80	2.53	1.42	1.77
1980/81	8.43	3.47	4.40
1981/82	7.11	2.32	3.47
1982/83	5.33	1.83	3.48
1983/84	10.90	3.26	7.00
1984/85	26.83	9.15	10.37
1985/86	8.57	2.93	4.75
1986/87	5.80	1.87	3.29
1987/88	28.83	11.71	12.65
1988/89	11.89	5.11	7.15
1989/90	5.08	1.71	2.99
1990/91	3.20	1.22	2.41
1991/92	4.04	1.36	2.73
1992/93	8.68	3.54	4.99
1993/94	6.25	1.85	3.91
1994/95	3.16	1.44	2.11
1995/96	2.42	1.10	1.62
1996/97	1.91	0.96	1.28
1997/98	14.47	16.63	6.58
1998/99	11.31	5.20	6.00
1999/00	5.53	1.95	3.63
2000/01	5.76	2.10	3.71
2001/02	4.29	2.58	3.42
2002/03	12.55	5.30	6.93
2003/04	7.46	2.61	4.52
Prom.	6.49	2.79	3.62
Desv.	6.09	3.20	2.59
Máx.	28.83	16.63	12.65
Mín.	0.59	0.27	0.54

De acuerdo con la información de la tabla anterior, el caudal pasante por el río Huasco en el sector de Santa Juana alcanzaría a 6,5 m<sup>3</sup>/s de los cuales un 43% provendrían del río El Carmen y el 57% restante, del río El Tránsito. Hay que

considerar en este análisis que a partir del año 1997, comenzó a operar el embalse Santa Juana que regula los caudales del río; sin embargo, la información diaria de la operación del embalse (caudales de entrega, volumen almacenado, etc.) ha sido recopilada y actualmente está siendo procesada para ser utilizada durante el proceso de modelación.

Hay que señalar además, que el caudal del río Huasco disminuye notablemente hacia aguas abajo producto de las múltiples extracciones que realizan los canales de riego, fundamentalmente en la zona entre la ciudad de Vallenar y Maitencillo. Para efectos de la modelación en los capítulos siguientes de este trabajo, estos caudales serán descontados con el fin de representar adecuadamente el flujo superficial en cada tramo ajustando correctamente la interacción entre el río y el acuífero.

## **b2) Fluviometría de la Cuenca del Río Mataquito**

Para la cuenca del río Mataquito, se ha realizado el mismo proceso de relleno mensual de estadísticas a través de correlaciones directas, completando los registros de las estaciones Río Colorado en Junta con Palos y Río Palos en Junta con Colorado (que sumadas corresponden al caudal de cabecera del río Lontué) y Río Teno después de Junta Río Claro.

Las series finales de caudales medios mensuales rellenas, se presentan en el Anexo 4.4-4, en tanto en la Tabla 4.4-9 se presentan los caudales medios anuales definitivos para las estaciones señaladas previamente.

Esta tabla muestra que el caudal medio del río Lontué en cabecera, sería del orden de  $73 \text{ m}^3/\text{s}$  y el del río Teno (antes del ingreso al vale central), de  $57 \text{ m}^3/\text{s}$ . Al igual que en el caso del valle del río Huasco, un porcentaje importante de este caudal es captado por los canales de riego de la zona, situación que será considerada en la etapa de modelación para la correcta representación de los cauces y su interacción con la napa de aguas subterráneas.

Concordante con lo que ocurre con las precipitaciones, la variabilidad interanual de los caudales es bastante menor que en el caso de los caudales del río Huasco. Para la cuenca del río Mataquito, la desviación estándar de la serie resulta ser del orden de un 25% del promedio de la misma, lo que significa que los caudales de los distintos años no difieren en demasía (salvo los años extremos) del promedio.

Tabla 4.4-9  
Caudales Medios Anuales, Estadística Definitiva Cuenca Río Mataquito (m<sup>3</sup>/s)

AÑO	Colorado en	Palos en Junta	Lontué en	Teno después
	Junta con Palos	con Colorado	Cabecera(*)	Junta Claro
1964/65	29.63	22.54	52.17	31.71
1965/66	60.69	36.21	96.90	71.68
1966/67	67.33	37.76	105.08	73.24
1967/68	32.23	18.97	51.20	37.82
1968/69	13.92	10.82	24.74	13.28
1969/70	38.27	22.84	61.11	45.86
1970/71	29.18	19.19	48.37	31.98
1971/72	34.39	20.69	55.08	38.18
1972/73	73.69	40.44	114.14	95.97
1973/74	42.41	24.76	67.16	52.92
1974/75	38.39	25.38	63.76	58.16
1975/76	40.20	29.31	69.52	54.39
1976/77	31.67	20.86	52.53	36.88
1977/78	56.63	35.12	91.76	79.21
1978/79	58.42	38.11	96.53	88.68
1979/80	54.82	34.72	89.54	66.13
1980/81	51.03	33.05	84.08	74.02
1981/82	37.33	25.11	62.44	48.77
1982/83	66.68	41.04	107.72	92.92
1983/84	38.67	25.49	64.17	44.22
1984/85	55.16	32.88	88.04	69.32
1985/86	36.15	23.49	59.64	36.19
1986/87	50.25	30.89	81.14	73.02
1987/88	52.84	34.83	87.67	71.44
1988/89	32.08	22.14	54.22	35.87
1989/90	28.84	20.15	48.98	35.74
1990/91	28.28	19.01	47.29	34.74
1991/92	47.40	31.43	78.83	64.78
1992/93	53.39	35.38	88.77	77.41
1993/94	57.32	30.60	87.91	63.75
1994/95	41.17	28.88	70.05	55.79
1995/96	49.96	32.24	82.20	59.91
1996/97	24.61	18.84	43.45	26.70
1997/98	68.15	40.67	108.81	98.11
1998/99	19.50	15.24	34.74	26.12
1999/00	39.21	23.93	63.14	49.92
2000/01	58.60	37.44	96.03	76.44
2001/02	56.51	40.82	97.33	76.60
2002/03	58.08	34.26	92.34	80.66
2003/04	32.51	22.08	54.59	43.05
<b>Prom.</b>	<b>44.64</b>	<b>28.44</b>	<b>73.08</b>	<b>57.29</b>
<b>Desv.</b>	<b>14.44</b>	<b>7.96</b>	<b>22.23</b>	<b>21.45</b>
<b>Máx.</b>	<b>73.69</b>	<b>41.04</b>	<b>114.14</b>	<b>98.11</b>
<b>Mín.</b>	<b>13.92</b>	<b>10.82</b>	<b>24.74</b>	<b>13.28</b>

(\*) Estimado como la suma de las estaciones de río Colorado y río Palos

#### 4.4.2 Caracterización Hidrogeológica

##### 4.4.2.1 Niveles Freáticos

###### a) Cuenca del Río Huasco

El estudio de niveles freáticos para la cuenca del río Huasco consistió en analizar la situación actual del nivel de la napa a lo largo del valle y la evolución del nivel en el tiempo, para puntos específicos en donde se cuenta con información.

Para la caracterización de la situación actual se dispuso de la medición de niveles freáticos en distintos sondajes de la cuenca, las cuales fueron efectuadas durante las labores de terreno del catastro, en el mes de Febrero del 2005. Las cotas de cada uno de los sondajes se obtuvieron de cartas IGM escala 1:50.000, con curvas de nivel cada 25 m. Las mediciones se muestran en la Tabla 4.4-10.

Tabla 4.4-10  
Nivel Freático Controlado en Sondajes, Febrero 2005

COMUNA	UBICACIÓN	PROPIETARIO	ESTE	NORTE	COTA NT (msnm)	PROF NE (m)	COTA NE (msnm)
Huasco	Huasco Bajo	Cia. Minera del Pacífico	286,649	6,849,396	12	2.00	10.00
Huasco	Cancha de Carrera Antigua	Corfo	287,703	6,848,587	15	7.50	7.50
Huasco	Sector La Arena	Com. Nac Sequia	288,015	6,848,667	15	3.20	11.80
Freirina	Bodeguilla	Francisco Bou Barrueta	305,760	6,843,470	178	6.10	171.90
Vallenar	Hacienda Perales	Agrícola Llanos del Huasco	321,071	6,840,567	305	1.45	303.55
Vallenar	Hacienda Perales	Agrícola Llanos del Huasco	321,167	6,840,184	310	1.30	308.70
Vallenar	Hacienda Perales	Agrícola Llanos del Huasco	321,362	6,840,495	305	1.40	303.60
Vallenar	Hacienda Perales	Agrícola Llanos del Huasco	323,229	6,840,207	340	4.10	335.90
Vallenar	Sector Pahona	Hacienda Perales	324,360	6,839,690	345	0.50	344.50
Vallenar	Estac. Cia. Minera del Pacífico	Cia. Minera del Pacífico	328,015	6,837,850	381	0.95	380.05
Vallenar	Quinta Bernabé	Cia. Minera del Pacífico	328,140	6,837,780	381	1.60	379.40
Vallenar	Quinta Bernabé	Cia. Minera del Pacífico	328,150	6,837,780	381	1.50	379.50
Vallenar	Sector Recinto A. Potable	EMSSAT S.A	329,633	6,836,975	395	11.69	383.31
Vallenar	Sector Recinto A. Potable	EMSSAT S.A	329,649	6,836,967	396	13.27	382.73
Vallenar	Sector Recinto A. Potable	EMSSAT S.A	329,764	6,837,139	398	15.18	382.82
Vallenar	Sector Recinto A. Potable	EMSSAT S.A	329,768	6,837,020	398	12.25	385.75
Vallenar	Planta Agua Potable-Santa Inés 1	EMSSAT S.A	329,982	6,837,451	450	13.58	436.42
Vallenar	Adm. Embalse Santa Juana	DOH	338,570	6,827,730	535	11.20	523.80
Alto del Carmen	Orilla de río	Com. Nac de Sequia	357,488	6,814,303	852	2.80	849.20
Alto del Carmen	Agrícola Retamo	Ricardo Latorre Rojas	359,107	6,811,371	885	22.40	862.60
Alto del Carmen	Comité A.P.R La Majada Crucesita	EMSSAT S.A.	358,750	6,801,087	1090	2.65	1087.35
Alto del Carmen	Comité A.P.R Higuieritas	EMSSAT S.A.	358,040	6,796,534	1180	2.15	1177.85
Alto del Carmen	Comité A.P.R El Corral	EMSSAT S.A.	364,550	6,777,903	1730	0.00	1730.00
Alto del Carmen	El Tabaco	Omar Campillay	358,396	6,817,252	830	3.20	826.80
Alto del Carmen	Pie de Monte- El Terrón	Soc. Comercial Export 33	363,609	6,814,780	885	0.50	884.50
Alto del Carmen	El Terrón	Soc. Comercial Export 33	363,737	6,814,305	886	2.30	883.70
Alto del Carmen	Marquesa	Soc. Comercial Export 33	365,723	6,812,153	935	2.40	932.60
Alto del Carmen	Sector El Olivo	Omar Campillay	367,078	6,811,213	960	1.50	958.50
Alto del Carmen	El Olivo	Soc. Comercial Export 33	367,644	6,811,211	965	0.40	964.60
Alto del Carmen	Comité A.P.R Chihuinto	EMSSAT S.A.	369,029	6,810,652	993	0.00	993.00
Alto del Carmen	Chihuinto	Inés Rojo	369,688	6,810,583	996	2.80	993.20
Alto del Carmen	Comité A.P.R Chanchoquin Chico	EMSSAT S.A.	374,027	6,807,989	1060	2.40	1057.60
Alto del Carmen	Comité A.P.R Chanchoquin Grande	EMSSAT S.A.	375,050	6,806,950	1086	6.00	1080.00
Alto del Carmen	Fundo La Arena	Agrícola Tamarugo	376,357	6,799,596	1175	12.00	1163.00
Alto del Carmen	Fundo La Arena	Agrícola Tamarugo	376,512	6,799,268	1175	9.80	1165.20
Alto del Carmen	Fundo La Arena	Agrícola Tamarugo	377,146	6,798,286	1210	15.00	1195.00

Nota: Cota del nivel de terreno de cartas IGM con curvas cada 25 m

En la Figura 4.4-4 se ilustran los valores de la tabla anterior, para el sector del acuífero principal (desde el sector de Chañar Blanco hacia aguas abajo) en

donde se aprecia que los niveles descienden en concordancia con los niveles del terreno, en sentido Este – Oeste. Cabe señalar que la información es muy puntual a lo largo del centro del valle y no permite una interpretación espacial a lo ancho del mismo, por lo que en la figura sólo se ilustra la cota del nivel de agua.

La mayor concentración de niveles se encuentra en torno a la ciudad de Vallenar en donde el nivel freático del acuífero se encontraría a una cota aproximada de 380 a 390 msnm, es decir entre 10 y 15 m de profundidad respecto al nivel de terreno.

Hacia aguas abajo, los niveles se encuentran superficiales y en concordancia con el nivel del lecho del río Huasco, lo que es indicativo de la clara interconexión entre el flujo subterráneo y el flujo superficial.

En cuanto a la variación de los niveles freáticos en el tiempo, del Centro de Información de Recursos Hídricos de la DGA se obtuvo la información de niveles de la napa controlados en 14 sondajes desde el año 1975 a la fecha. Los pozos controlados se distribuyen desde el sector de Huasco Bajo hasta los valles de los ríos El Carmen y El Tránsito. El listado de pozos de observación, sus ubicaciones, elevaciones y el período de registro existente se muestra en la Tabla 4.4-11 siguiente.

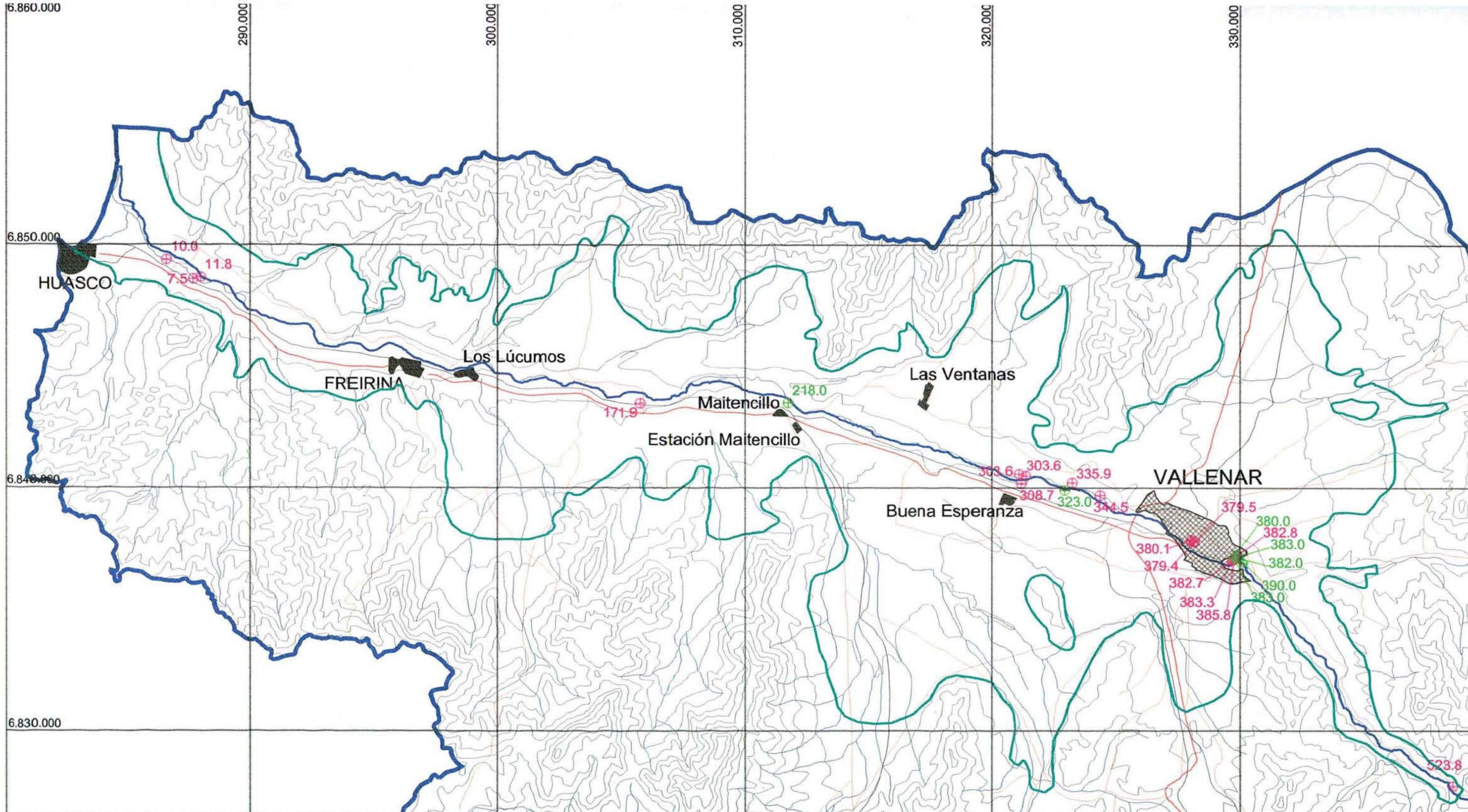
Tabla 4.4-11  
Listado de Pozos con Información de Niveles en el Tiempo

Nº	Código	Nombre	Utm Este	Utm Norte	Cota NT	Período
	BNA		(m)	(m)	(msnm)	Controlado
1	03826118-5	Olivarera de Huasco D-	285,340	6,850,235	9	1989 - 2004
2	03826100-2	Huasco Alto D-6	287,792	6,848,403	30	1975 - 2004
3	03825100-7	Huasco Alto C-2	288,500	6,849,264	20	1975 - 2004
4	03825102-3	Canal Madariaga C-5	290,283	6,847,420	27	1975 - 2004
5	03825101-5	Freirina B-8	297,216	6,845,154	65	1989 - 2004
6	03828100-3	Tatara A-1	309,717	6,844,022	205	1975 - 2004
7	03823100-6	Hacienda Ventana A-1	324,373	6,839,833	345	1975 - 2004
8	03822100-0	A.P. Vallenar	329,850	6,837,161	400	1975 - 2004
9	03815105-3	El Rosario C-6	357,420	6,814,150	855	1989 - 2004
10	03814100-7	San Félix C-1	357,714	6,798,936	1140	1989 - 2004
11	03806101-1	Ramadilla C-1	357,535	6,817,893	820	1975 - 2004
12	03806100-3	Chiguinto D-1	370,312	6,810,260	1010	1975 - 2004
13	03805100-8	Chanchoquín A-2	375,072	6,806,967	1086	1986 - 2004
14	03804100-2	El Tránsito A-1	375,274	6,804,665	1100	1975 - 2004

Nota1: Cota del nivel de terreno de cartas IGM con curvas cada 25 m

Nota2: Los pozos de esta tabla, catastrados en la campaña de terreno, han sido claramente identificados en las Figuras II.4-1 y II.4-2 "Catastro de captaciones subterráneas Valle del Río Huasco" con una simbología distintiva.

De los 14 pozos controlados, 8 se encuentran en el valle principal, entre el sector de Huasco Bajo hasta el sector de Vallenar; 2 pozos se encuentran en el valle del río El Carmen y los restantes 4 sondajes se ubican en el valle del río El Tránsito.



- ⊕ Nivel Medido Febrero 2005
- ⊕ Nivel en Fecha de Construcción
- Cuenca Hidrográfica
- Contacto Roca - Relleno

<b>GCF</b> Ingenieros Consultores	Propuesta : Estudio de Calidad de Aguas Subterráneas en las Cuenas de Huasco y Mataquito		 <small>GOBIERNO DE CHILE Comisión Nacional de Fuego</small>
Título : Cota del Nivel Freático Cuenca del Río Huasco (m s n m)	Fecha : Junio 2005	Escala : 1:100.000	Figura : 4.4-4

Los registros comienzan en general, el año 1975, en algunos casos con discontinuidades entre los años 1980 a 1985, y otras menores, en tanto los registros más recientes comienzan en el año 1989. Todos los pozos se encuentran vigentes a la fecha.

En las Figuras 4.4-5 a 4.4-8 se presentan los limnigramas de cada uno de estos sondajes, los cuales se han ordenado desde aguas abajo hacia aguas arriba.

Figura 4.4-5  
Limnigramas Sector Huasco Bajo – Freirina

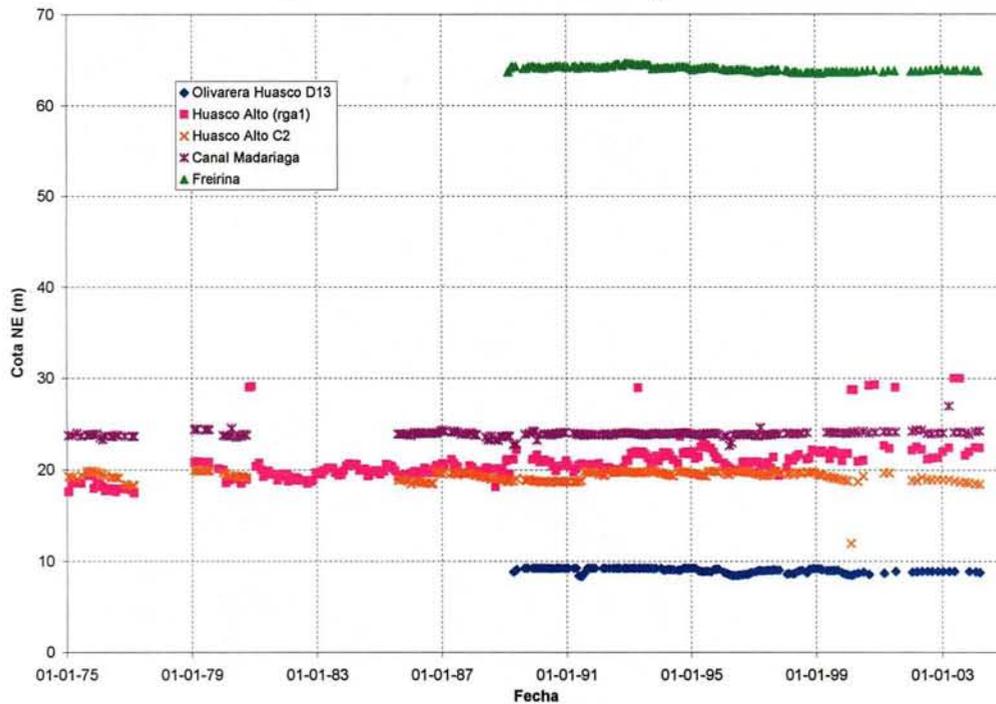


Figura 4.4-6  
Limnigramas Sector Tatará – Vallenar

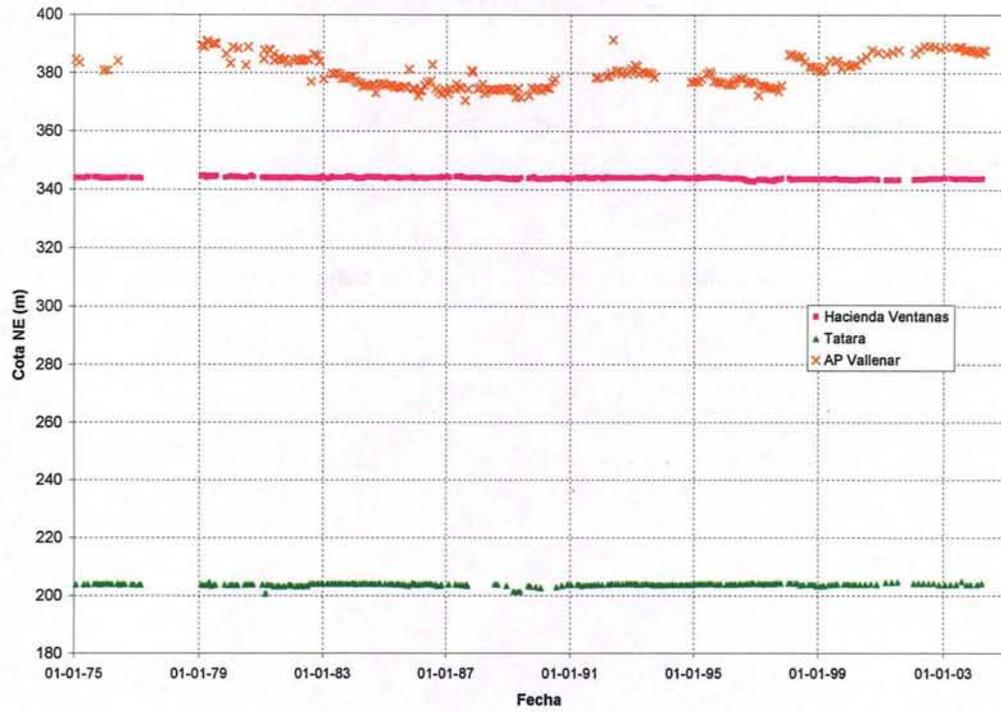


Figura 4.4-7  
Limnigramas Sector Valle Del Carmen

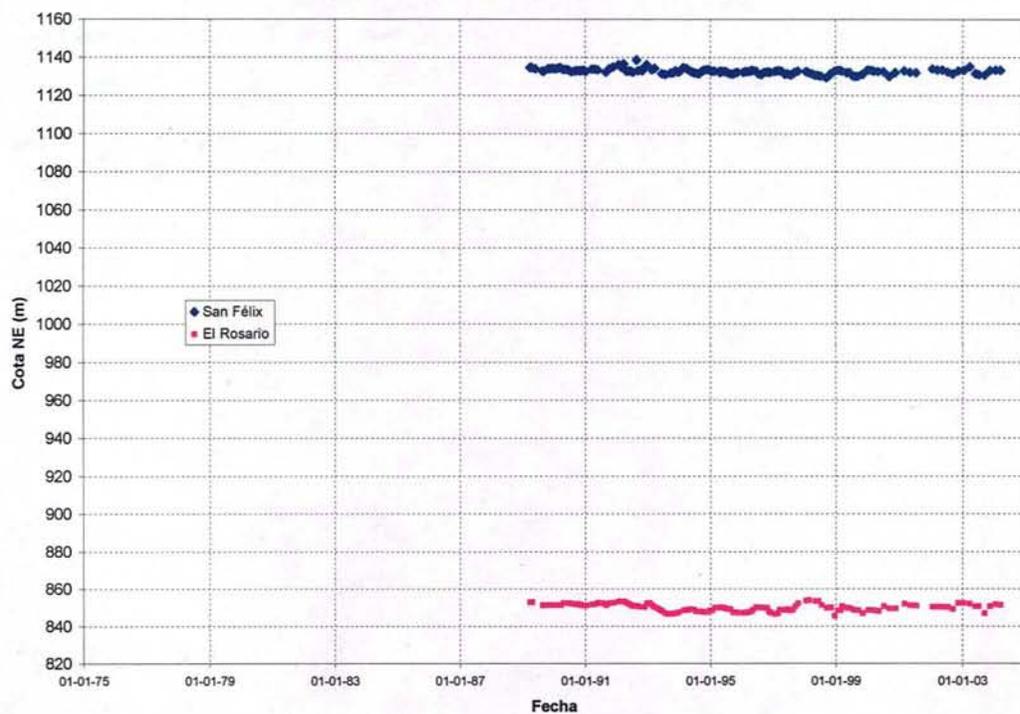
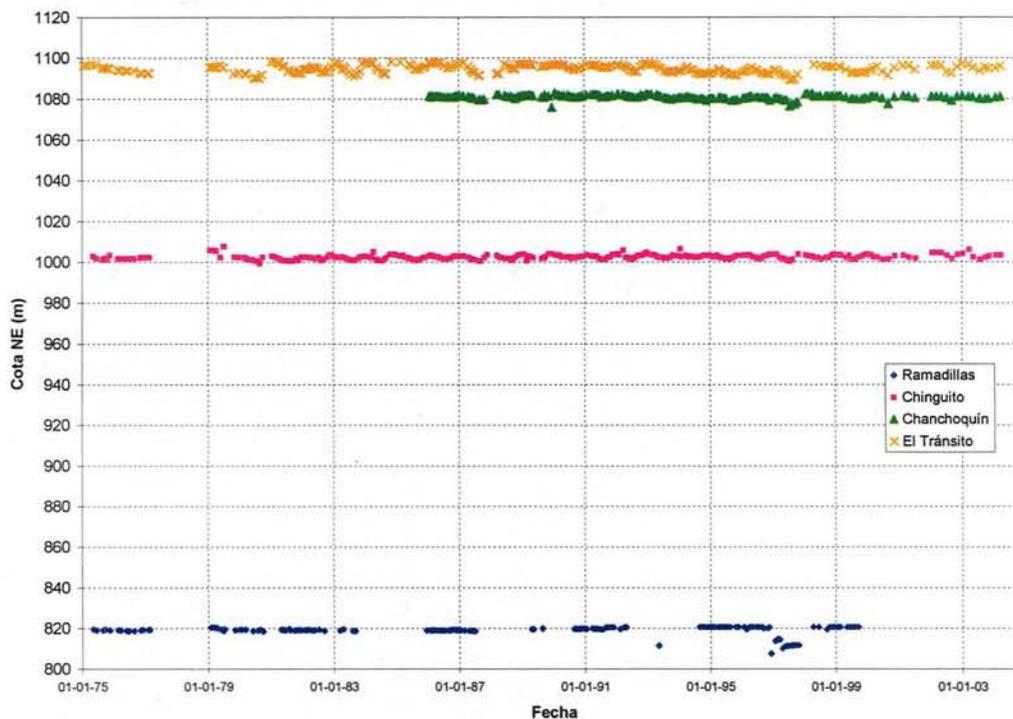


Figura 4.4-8  
Limnigramas Sector Valle de El Tránsito



Los gráficos anteriores muestran que, exceptuando el pozo correspondiente al AP Vallenar, los niveles freáticos en toda la extensión del valle han permanecido estables en el tiempo.

La afirmación anterior es un indicador de que el nivel de explotación actual de la napa es bajo, la capacidad de flujo subterráneo es baja (debido a lo estrecho del valle y a los continuos angostamientos y afloramientos rocosos) y la capacidad de infiltración de agua desde el cauce es suficiente, incluso en períodos secos, para mantener saturado el acuífero.

Como se señaló, el único sondaje que presenta fluctuación es el correspondiente al servicio de agua potable de Vallenar, ubicado aguas arriba de la ciudad<sup>2</sup>. Los niveles controlados en este sondaje muestran un descenso en el año 1983, el cual perduró hasta aproximadamente 1996 (coincidente con la fecha de entrada en operación del embalse Santa Juana). A partir de esta fecha, los niveles se recuperan hasta alcanzar su máximo, a comienzos del año 2003.

#### b) Cuenca del Río Mataquito

Lamentablemente para esta cuenca, la DGA no efectúa mediciones periódicas de niveles freáticos, por lo que no ha sido posible realizar un análisis de la

<sup>2</sup> Este pozo será clave en el proceso de calibración del coeficiente de almacenamientos en el modelo en los capítulos siguientes.

evolución de la posición de la napa en el tiempo. No obstante, en la campaña de terreno efectuada para la elaboración del catastro (Marzo – Abril de 2005) se realizaron mediciones de la profundidad del nivel de la napa en distintos sondajes del área, lo que permitió trazar la superficie freática actual.

En la Figura 4.4-9 se presenta un plano con las profundidades medidas y en la Figura 4.4-10 se muestran las curvas isofreáticas trazadas para la zona del valle central (luego de obtenidas las cotas de terreno para cada sondaje, de las cartas IGM escala 1:50.000).

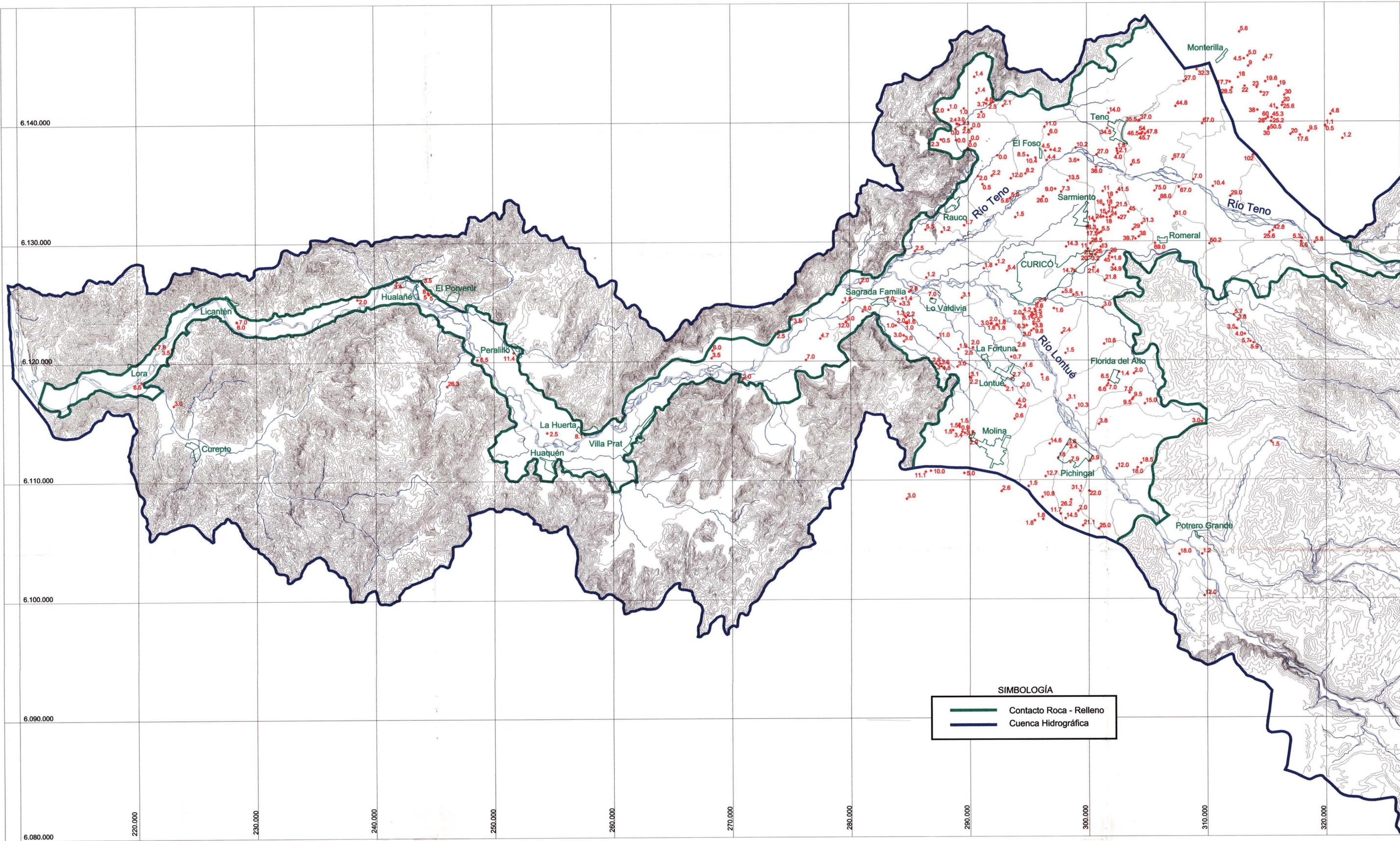
En términos generales, los niveles se encuentran más bien superficiales, no más allá de los 20 metros bajo el nivel del terreno. Las mayores profundidades se encuentran en el valle del río Teno, al Este de la localidad homónima y al Norte de la localidad de Romeral, en donde las profundidades medidas superan los 40 m. Desde el sector de Teno hacia aguas abajo, los niveles se muestran más superficiales, situación que se acentúa hasta llegar a la confluencia con el río Lontué, en donde los niveles se encuentran prácticamente al nivel de terreno.

En la zona Sur del área de estudio, esto es en la zona del Río Lontué, las profundidades mayores se encuentran en la parte alta, específicamente al Sur de la localidad de Pichingal, en donde la napa se encontraría entre 15 y 30 m de profundidad. Hacia aguas abajo, los niveles se encuentran más superficiales, situación que se prolonga hasta la junta con el río Teno.

En el valle que define el río Mataquito, desde el sector de Sagrada Familia hasta la desembocadura, los niveles se presentan superficiales, estando la mayoría de ellos a menos de 10 m de profundidad.

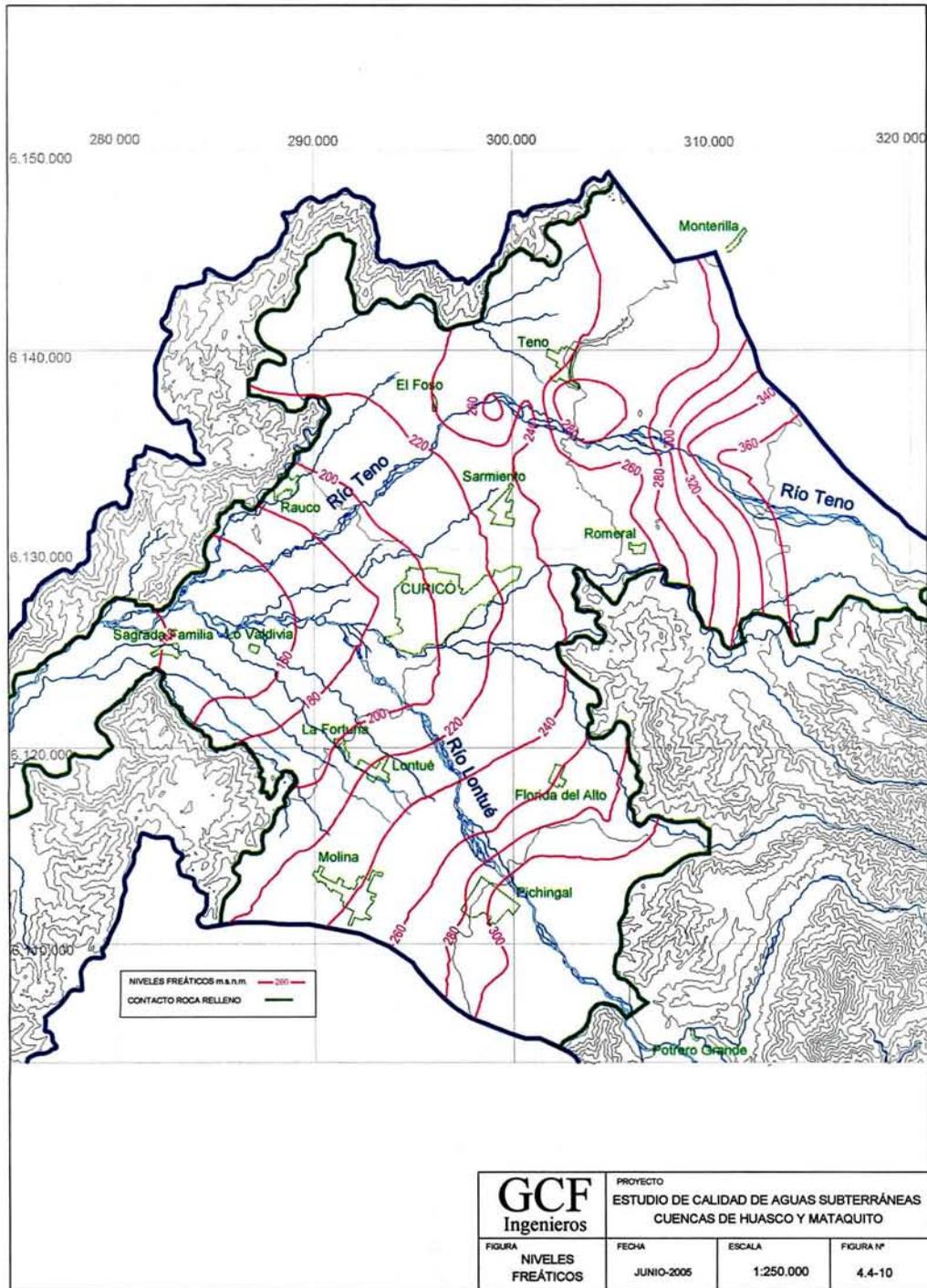
Como se señaló, la Figura 4.4-10, muestra las líneas de igual cota del nivel freático correspondiente al sector acuífero del valle central o depresión intermedia, donde el valle tiene una mayor extensión y es posible trazar curvas representativas del nivel de la napa. En esa figura, se aprecia la disminución gradual de los niveles de oriente a poniente manteniendo una estrecha relación con los niveles de terreno y con los cursos de aguas superficiales más importantes.

Hacia el sector de Sagrada Familia, las curvas isofreáticas coinciden con el nivel de terreno, lo que es un claro indicador que en ese sector se producen importantes recuperaciones de la napa hacia los cursos superficiales.



GCF Ingenieros Consultores	Propuesta : Estudio de Calidad de Aguas Subterráneas en las Cuenclas de Huasco y Mataquito	 GOBIERNO DE CHILE CENTRO NACIONAL DE RIEGO	
Título : Profundidad del Nivel Freático Cuencla Rio Mataquito (m)	Fecha : Junio 2005		

Figura 4.4-10



#### 4.4.2.2 Parámetros Hidrogeológicos

La obtención del coeficiente de permeabilidad tanto para la cuenca del Río Huasco como para la del Río Mataquito, fue a través de la interpretación de las pruebas de bombeo disponible utilizando el software AQUIFER TEST. Este software, desarrollado por Waterloo Hydrogeologic Inc., es ampliamente aceptado para este tipo de labores, siendo factible de interpretar con él, diversos tipos de pruebas de bombeo para diferentes tipos de napas recurriendo a los métodos de análisis más adecuados para cada cual.

En el caso particular de las pruebas de agotamiento disponibles, se utilizó el método de Theis, con corrección para acuífero libre e introduciendo el espesor de la napa correspondiente a los estratos considerados como aportantes (no más de 20% de presencia de arcillas y/o limos). Para las pruebas de recuperación, se utilizó el método de Theis & Jacob aplicando el mismo factor de corrección mencionado anteriormente.

En relación al coeficiente de almacenamiento, como se menciona posteriormente para cada cuenca, no fue posible calcularlo directamente debido a la falta de información necesaria (pruebas de bombeo con pozos de observación). No obstante, se estimaron valores según referencia de estudios anteriores y de la bibliografía sobre el particular, teniendo en cuenta el tipo de relleno.

Ambos parámetros, permeabilidad y almacenamiento, se incorporarán al modelo según la magnitud y distribución establecida a continuación como condiciones iniciales lo que implica posibles modificaciones y ajustes atribuidos al proceso de calibración.

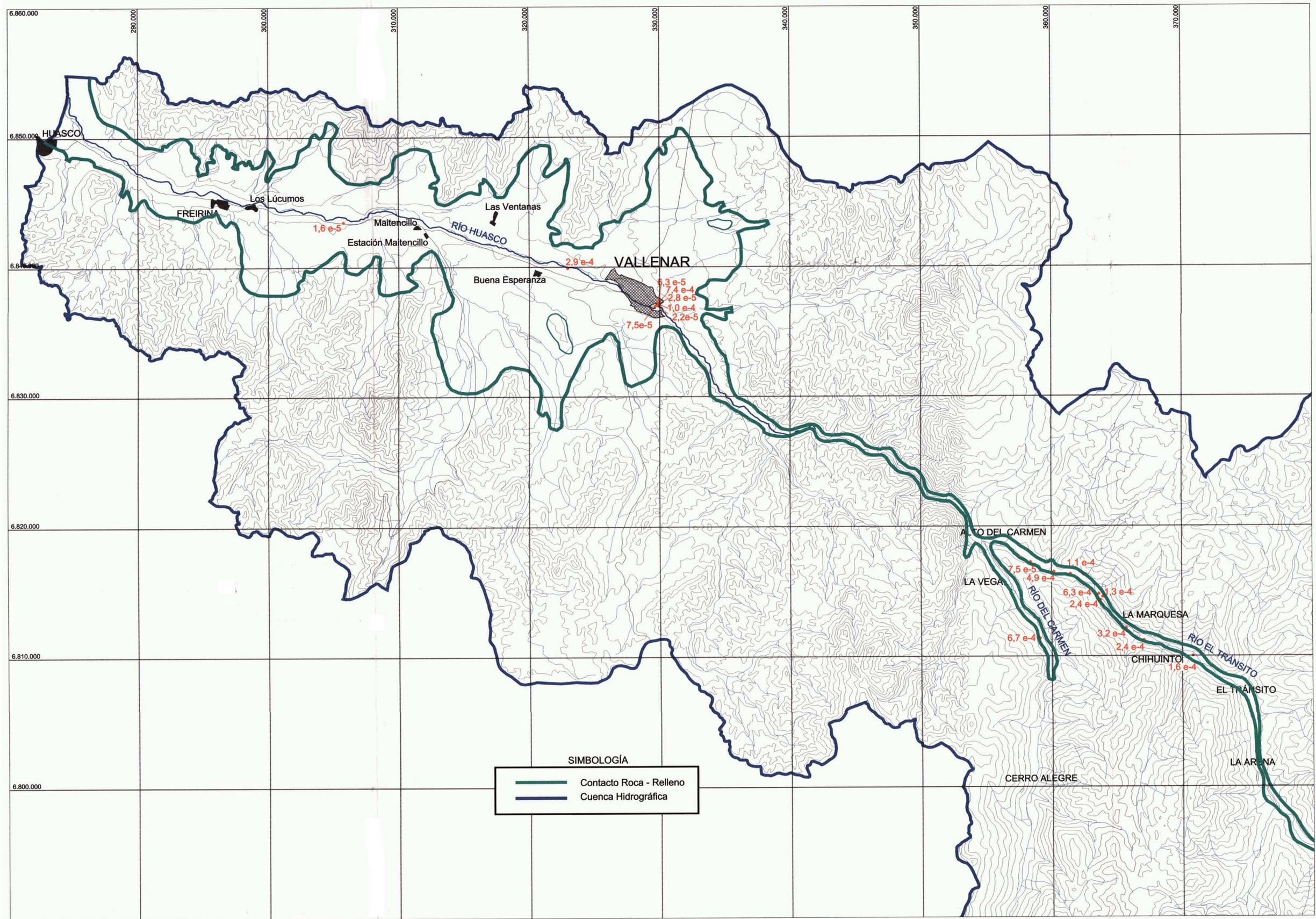
##### a) Cuenca del Río Huasco

En la cuenca del río Huasco, la mayoría de los sondajes se concentra en el sector ubicado aguas arriba de Vallenar (pozos pertenecientes a Aguas Chañar y que abastecen de agua potable a las localidades de la zona) y en el sector de los valles de los ríos Del Carmen y El Tránsito.

Como parte de los trabajos de terreno, se recopilaron los antecedentes de planos de construcción y pruebas de bombeo efectuadas en los sondajes del área con el fin de caracterizar cuantitativamente los parámetros hidrogeológicos de los rellenos. Las pruebas de bombeo fueron interpretadas, obteniéndose el coeficiente de permeabilidad de los rellenos atravesados por los sondajes. Los resultados se presentan en la Figura 4.4-11<sup>3</sup> en donde se aprecia que para el sector bajo del valle del Huasco, existe sólo un antecedente, correspondiente a un pozo ubicado entre las localidades de Freirina y Maitencillo, que indica una permeabilidad de  $1,6 \cdot 10^{-5}$  m/s.

---

<sup>3</sup> La información es escasa y puntual. Aún cuando no es práctico interpretarla espacialmente, sus resultados se presentan sobre un plano.



GCF Ingenieros Consultores	Propuesta : Estudio de Calidad de Aguas Subterráneas en las Cuenchas de Huasco y Mataquito	 GOBIERNO DE CHILE CORPORAÇÃO NACIONAL DE APYU	
Título : Coeficientes de Permeabilidad Cuenca Río Huasco (m/s)	Fecha : Junio 2005		

Hacia aguas arriba, el siguiente pozo con prueba de bombeo interpretada se ubica aguas abajo de la ciudad de Vallenar y el resultado indicaría una permeabilidad de  $2,9 \cdot 10^{-4}$  m/s.

Inmediatamente aguas arriba de Vallenar se encuentran los recintos de agua potable de Aguas Chañar, en donde se dispuso de la interpretación de 6 pruebas de bombeo, las cuales indican permeabilidades de entre  $2,0 \cdot 10^{-5}$  m/s y  $7,4 \cdot 10^{-4}$  m/s.

Desde este punto, no existen más antecedentes hasta los valles de El Carmen y El Tránsito. Al respecto, en el valle del río El Carmen, se realizó sólo una interpretación de prueba de bombeo correspondiente a un sondaje ubicado cercano a la localidad de El Rosario. El resultado indicó una permeabilidad de  $6,7 \cdot 10^{-4}$  m/s.

Finalmente, en el valle del río El Tránsito, se han interpretado 9 pruebas de bombeo correspondientes a sondajes ubicados desde el sector de El Tabaco (aguas arriba de Alto del Carmen) hasta Chihuinto. Los resultados indicaron permeabilidades de entre  $7,5 \cdot 10^{-5}$  m/s a  $6,3 \cdot 10^{-4}$  m/s.

En resumen, el relleno fluvial reciente que ha formado el cauce del río Huasco y de sus tributarios, El Carmen y El Tránsito, presentaría una alta permeabilidad, en general, por sobre  $1,0 \cdot 10^{-4}$  m/s. Hay que recordar que todos los sondajes se encuentran en los rellenos más recientes y muy próximos a los lechos de los cauces superficiales no existiendo información de la potencialidad hidrogeológica de los sedimentos que conforman las terrazas fluviales más antiguas.

En cuanto al coeficiente de almacenamiento, las pruebas de bombeo recopiladas no permitieron la determinación de este parámetro, por cuanto ninguna contaba con pozo de observación distinto al pozo de bombeo. Por ello, se ha decidido inicialmente, mantener el valor de 15% estimado en el Estudio Integral de Riego para todo el relleno fluvial, a excepción de la zona de desembocadura, en donde se estima que el coeficiente podría ser menor (1% según estudio previo).

#### **b) Cuenca del Río Mataquito**

Al igual que en el caso del valle del río Huasco, con la información de las pruebas de bombeo disponibles para las captaciones dentro del área de estudio, se procedió a determinar el coeficiente de permeabilidad de los rellenos sedimentarios de la cuenca en estudio.

En total, se contó con 130 interpretaciones, las cuales proporcionan información de prácticamente todos los sectores en análisis. Solamente el valle del Mataquito, desde la localidad de Sagrada Familia hacia el Oeste, presenta valores aislados, pero que de igual manera permiten realizar un análisis adecuado para fines del presente estudio.

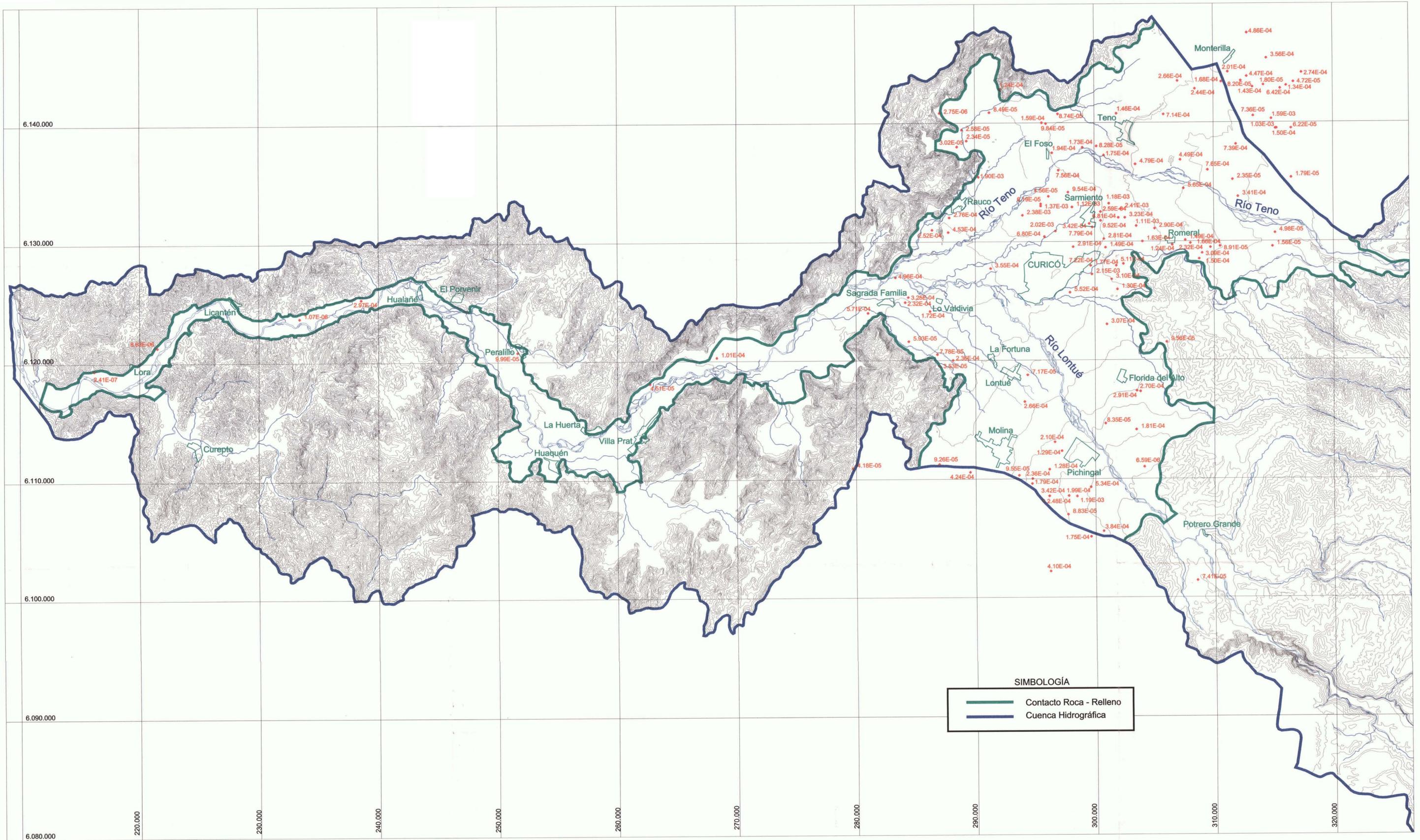
En la Figura 4.4-12 se muestran todos los valores resultantes de la interpretación de las pruebas de bombeo y en la Figura 4.4-13 se presenta, para la zona de la Depresión Intermedia o valle central, el sector que presentaría las mayores permeabilidades dentro del relleno acuífero.

Como tendencia general, se puede afirmar que, a excepción de la zona de desembocadura, los rellenos acuíferos del valle del río Mataquito y de sus tributarios Teno y Lontué, presentarían un coeficiente de permeabilidad medio a alto.

Sobre un 70% de las pruebas interpretadas, entregó como resultado un coeficiente de permeabilidad por sobre  $1,0 \cdot 10^{-4}$  m/s, lo que muestra la buena potencialidad de los rellenos para ser explotados. Más aún, sólo 5 de las 130 pruebas interpretadas arrojaron como resultado, valores menores a  $1,0 \cdot 10^{-5}$  m/s.

La Figura 4.4-13 muestra que dentro del valle central se puede identificar un sector en donde se encuentran concentradas las mayores permeabilidades. Este sector abarca la zona Noroeste de la ciudad de Curicó, hasta la localidad de Rauco además de los sectores ubicados tanto al Este como al Oeste de la localidad de Sarmiento. Esta zona presenta permeabilidades por sobre  $5,0 \cdot 10^{-4}$  m/s, que la caracteriza como de muy buen potencial hidrogeológico.

En relación con el coeficiente de almacenamiento, no hay datos de pruebas de bombeo con pozo de observación distinto al pozo de bombeo, por lo que no fue posible estimar este valor con datos de terreno. No obstante, en el Estudio Integral de Riego realizado por CICA, se contó con información cuya interpretación entregó como resultado, valores de entre 15 y 23% para el coeficiente de almacenamiento de los rellenos. Se estima que un valor en torno al 18% parece adecuado como valor representativo y conservador. En todo caso ese valor es materia de calibración o ajuste posterior con el modelo.

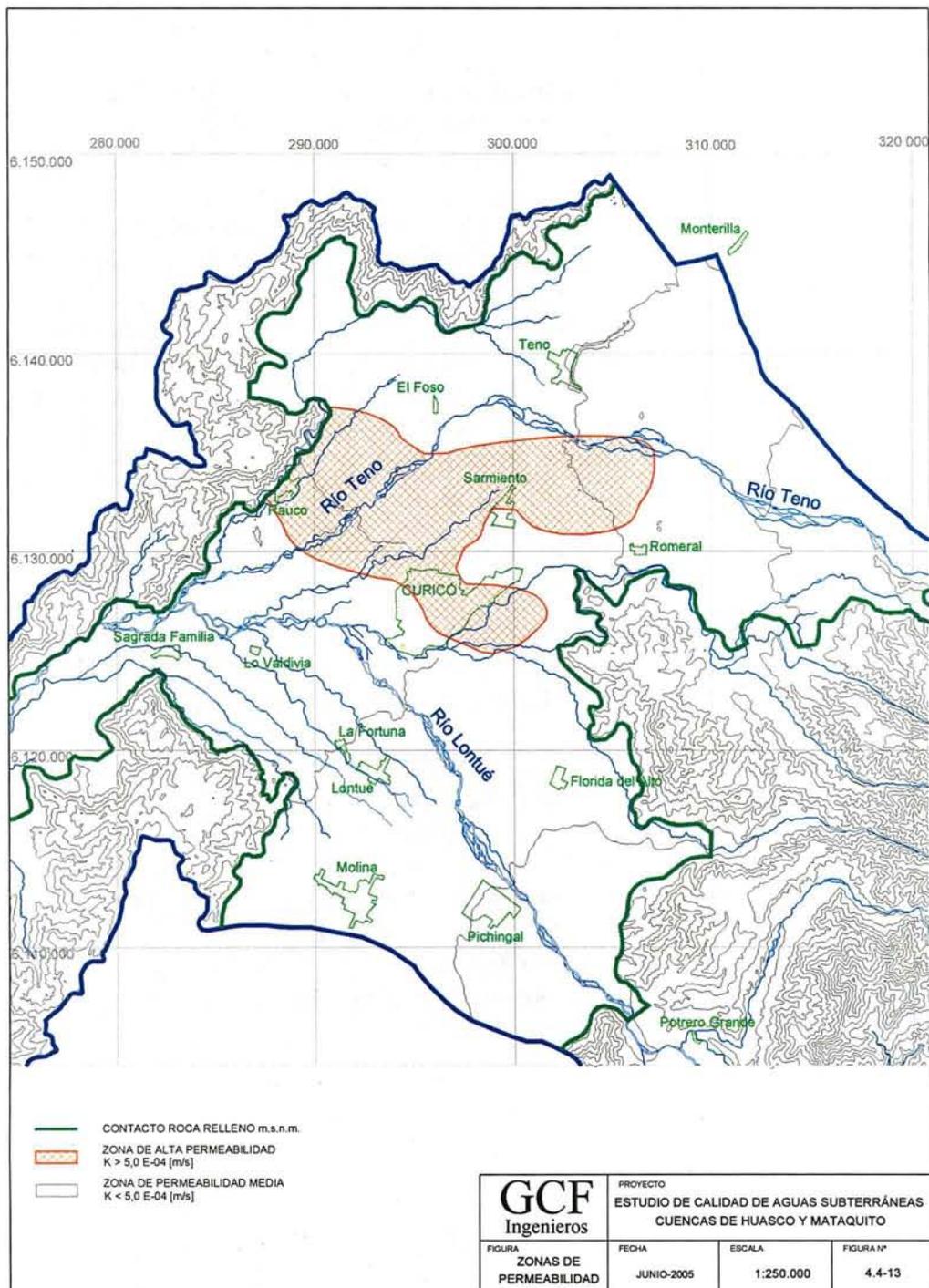


**SIMBOLOGÍA**

	Contacto Roca - Relleno
	Cuenca Hidrográfica

<b>GCF</b> Ingenieros Consultores	Propuesta : Estudio de Calidad de Aguas Subterráneas en las Cuenas de Huasco y Mataquito			<small>GOBIERNO DE CHILE</small> <small>Comisión Nacional de Regos</small>
Título :	Fecha :	Escala :	Figura :	
Coeficiente de Permeabilidad Cuenca Río Mataquito (m/s)	Junio 2005	1:150.000	4.4-12	

Figura 4.4-13



### 4.4.2.3 Antecedentes de Calidad del Agua Subterránea

#### 4.4.2.3.1 Introducción

El objetivo de este capítulo es determinar, a partir de los antecedentes que han sido recopilados, dónde existe información de calidad de aguas subterráneas, tanto en la cuenca del río Huasco, como en la del río Mataquito.

Para ello se ha revisado el material recopilado, que corresponde principalmente a resultados de los análisis físico – químico y bacteriológico a que son sometidas muestras tomadas desde captaciones que son usadas para el abastecimiento de agua potable, en el caso de la cuenca del Huasco y análisis físico –químico en muestras tomadas de pozos de riego, en la cuenca del Mataquito. No obstante lo anterior, en ambos casos hay también algunos resultados de análisis realizados a muestras tomadas de pozos destinados a otros usos. La información correspondiente se presenta en el Anexo 4.4-5.

#### 4.4.2.3.2 Información de Calidad de Aguas en la Cuenca del Río Huasco

El registro del catastro de captaciones subterráneas realizado en esta cuenca incluye un total de 127 captaciones (123 pozos, 3 drenes y 1 noria), de ellas, en 33 (1 noria, 1 dren y 31 pozos) hay antecedentes de calidad de aguas.

La información señalada corresponde en general a los resultados de análisis de laboratorio de los parámetros de la norma de agua potable (NCh409), efectuados en distintas fechas para cada captación. Como no se dispone de resultados de más de un muestreo para cada captación, no es posible establecer si la calidad se ha mantenido o presenta alguna variación significativa en alguno de los parámetros.

En la Tabla 4.4-12 siguiente se presenta la nómina de las captaciones para las cuales se dispone de información de calidad de aguas.

Tabla 4.4-12  
Captaciones con Información de Calidad de Aguas  
Cuenca del Río Huasco

N° en Catastro	Tipo de Captación	Uso	Coordenadas UTM (m)		Descripción
			N	E	
1	Pozo	P	6.828.306	337.692	A.P.R Camarones
2	Pozo	P	6.817.981	355.049	A.P.R Alto del Carmen
3	Pozo	P	6.798.910	357.765	A.P.R San Félix
4	Pozo	P	6.796.534	358.040	A.P.R Higuieritas
5	Noria	P-SU	6.780.430	358.140	A.P.R Las Breas
7	Pozo	P	6.802.060	358.822	A.P.R La Majada Crucesita P1
13	Pozo	P	6.810.652	369.029	A.P.R Chihuinto
14	Pozo	P-SU	6.806.950	375.050	A.P.R Chancoquin Grande
17	Pozo	P	6.811.523	366.935	A.P.R La Marquesa-EI Olivo
20	Pozo	P	6.805.400	375.150	A.P.R El Tránsito
22	Pozo	P	6.807.989	374.027	A.P.R Chancoquin Chico
26	Pozo	P	6.795.075	380.542	A.P.R Angostura-Pampa
27	Pozo	P-SU	6.790.880	388.130	A.P.R Chollay
28	Pozo	P	6.794.962	387.649	A.P.R Conay-Los Tambos
31	Pozo	P	6.800.277	376.103	A.P.R La Arena
33	Pozo	P	6.808.448	372.598	A.P.R Los Perales
48	Pozo	P	6.830.318	334.618	A.P.R Chañar Blanco
50	Pozo	P-SU	6.839.899	322.929	A.P.R Perales Viejos
65	Pozo	P	6.833.380	333.050	A.P.R Imperial
93	Pozo	P	6.837.790	328.170	Hostería Vallenar
108	Pozo	P	6.837.082	329.988	Planta AP-Santa Inés 3
109	Pozo	P	6.837.238	329.897	Planta AP-Santa Inés 1
110	Pozo	P	6.837.264	329.822	Planta AP-Santa Inés 2
111	Pozo	P	6.837.092	329.988	Planta AP-Quinta Zlatar
113	Pozo	P	6.837.029	329.789	Sector Recinto A. Potable
114	Pozo	P	6.837.020	329.768	Sector Recinto A. Potable
119	Dren	P	6.833.853	332.851	Sector Imperial
23	Pozo	R	6.811.371	359.107	Agrícola Retamo
60	Pozo	R-SU	6.840.184	321.167	Hacienda Perales P1
61	Pozo	R-SU	6.840.567	321.071	Hacienda Perales P2
62	Pozo	R-SU	6.840.495	321.362	Hacienda Perales P3
63	Pozo	R-SU	6.840.207	323.229	Hacienda Perales P4
64	Pozo	R-SU	6.840.271	323.270	Hacienda Perales P5

#### 4.4.2.3.3 Información de Calidad de Aguas en la Cuenca del Río Mataquito

El registro del catastro de captaciones subterráneas realizado en esta cuenca incluye un total de 589 captaciones (488 pozos<sup>4</sup>, 96 norias y 5 drenes), de ellas, en 88 (1 noria, 1 dren y 86 pozos) hay antecedentes de calidad de aguas.

La información señalada corresponde mayoritariamente a resultados de análisis realizados a muestras obtenidas en pozos de riego. Como no se dispone de resultados de más de un muestreo para cada captación, no es posible establecer si la calidad se ha mantenido o presenta alguna variación significativa en alguno de los parámetros.

En la Tabla 4.4-13 siguiente se presenta la nómina de las captaciones para las cuales se dispone de información de calidad de aguas.

---

<sup>4</sup> Incluye 9 captaciones que no fue posible clasificar con la información disponible.

Tabla 4.4-13  
Captaciones con Información de Calidad de Aguas  
Cuenca del Río Mataquito

Nº en Catastro	Tipo de Captación	Uso	Coordenadas UTM (m)		Descripción
			N	E	
29	Pozo	R	6.131.483	304.584	Hij.B Ex Chacra Sta Julia .Romeral
110	Pozo	P	6.121.305	221.480	Comité A.P.R Lora D.O.H
128	Pozo	P-SU	6.126.722	241.867	ESSAM POZO 1335
182	Pozo	R	6.133.069	301.353	PC.4 P.P. VIÑA PARIS
189	Pozo	R	6.140.970	314.349	ALFREDO LABBE
194	Pozo	R-SU	6.127.132	299.599	FUNDO LA ESPERANZA
228	Pozo	P	6.110.998	304.114	Comité A.P.R Cordillerilla
235	Pozo	P	6.117.345	303.802	Comité A.P.R Santa Elena POZO 2
241	Pozo	P	6.120.769	251.650	Comité A.P.R Peralillo
242	Pozo	P	6.125.275	238.560	MOP
249	Pozo	P	6.120.284	268.311	Essam S.A POZO 2
269	Pozo	P	6.133.836	311.542	Comité A.P.R Ventana del Alto POZO 1
272	Pozo	P	6.110.568	289.526	MOP
273	Pozo	P-SU	6.118.460	262.700	MOP
283	Pozo	P	6.144.185	317.384	Comité A.P.R San León
284	Pozo	P	6.119.410	216.205	MOP
287	Pozo	P	6.136.858	307.213	Comunidad A.P.R Domingo Mancilla
288	Pozo	P	6.140.692	305.816	Comité A.P.R Santa Rosa
292	Pozo	P	6.137.254	300.788	Comité A.P.R Piedra Blanca
293	Pozo	P-SU	6.135.360	316.508	Comité A.P.R San Carlos POZO 2
294	Pozo	P	6.143.423	310.663	Comité A.P.R La Esmeralda
300	Pozo	R-SU	6.119.493	289.000	Viña Don Ulises. Sgda.Familia
322	Pozo	P	6.116.385	293.980	DOH
323	Pozo	P	6.103.722	307.612	Comité A.P.R Yacal
325	Dren	R	6.112.924	298.202	FELIX MOLINOS OSSANDON
326	Pozo	R	6.129.550	314.900	AGR Y GANAD S. BARBARA LTDA P1
327	Pozo	R	6.130.694	315.120	AGR Y GANAD S. BARBARA LTDA P2
329	Pozo	I	6.129.642	306.729	AGROINDUSTRIAL SURFRUT LTDA
330	Pozo	R	6.132.505	300.502	FRANCISCO JAVIER CORTA B.
338	Pozo	R	6.131.691	300.572	COM AGUAS J. PUERTAS Y OTRA
339	Pozo	R-SU	6.117.274	303.477	HUGO NAVARRETE CARVACHO
340	Pozo	R	6.132.809	302.381	HUGO DEL CARMEN ROJAS MUÑOZ
342	Pozo	R	6.134.150	297.800	JOSE ANGEL PUERTAS PONS
343	Pozo	R	6.144.176	311.257	AGRICOLA MONTERILLA LTDA.
346	Pozo	R-SU	6.142.968	316.115	Sucesión Arbbere Barrenechea
348	Pozo	R	6.113.014	296.705	JORGE RUBÉN CASTRO DAVIES
349	Pozo	R	6.134.393	297.302	JOSÉ SCHIAVETTI HALLE
351	Pozo	R	6.139.500	303.770	NUÑEZ Y COMPAÑÍA LIMITADA
352	Pozo	R	6.111.825	297.416	SOC AGRÍCOLA STA CECILIA LTDA
354	Pozo	R	6.105.591	300.656	ANDRÉS ARTURO VIAL SALAS
355	Pozo	R	6.108.530	298.450	CARLOS SÁEZ RAULD
357	Pozo	R	6.108.403	299.614	CALVO Y CIA. LTDA.
358	Pozo	R	6.135.471	290.809	COM AGUAS POZO PROF. EL LLANO
360	Pozo	R	6.140.000	295.600	FELIX GARRIDO LARSON Y CIA
364	Pozo	R	6.139.405	288.938	AGR STA MARTA DE LA ESTANCIA
366	Pozo	R	6.121.636	284.516	SOC AGRICOLA TUNQUELEN LTDA

**Tabla 4.4-13 (Continuación)**  
**Captaciones con Información de Calidad de Aguas**  
**Cuenca del Río Mataquito**

Nº en Catastro	Tipo de Captación	Uso	Coordenadas UTM (m)		Descripción
			N	E	
367	Pozo	R	6.108.175	295.640	ALEJANDRA LOZANO RUDNICK
368	Pozo	R	6.139.468	290.301	Com Aguas Pozo Prof La Arboleda
369	Pozo	R	6.132.031	293.946	AGROPAXI LTDA.
371	Pozo	R	6.132.030	287.840	HUERTO STA. CONSTANZA LTDA.
372	Pozo	R	6.130.800	287.750	DOMINGO VELOZ RAMIREZ
373	Pozo	R	6.114.169	303.338	FRANCISCO VIDAL PASTRIAN
374	Pozo	R	6.117.704	294.339	RAIMUNDO ARTEAGA CORREA
375	Pozo	R	6.145.340	314.479	JORGE SANCHEZ UGARTE
376	Pozo	R	6.121.902	287.366	MARIA M. SOLER MALLAFRE
377	Pozo	R	6.139.925	295.945	JUAN Y MARIA INES SOLIS RAMIREZ
378	Pozo	R	6.137.974	300.231	COM DE RIEGO PIEDRA BLANCA
379	Pozo	R	6.125.950	301.880	AMANDA BUCARAY Y OTRO
380	Pozo	R	6.109.457	294.915	HECTOR BRICENO FARIAS
383	Pozo	R	6.137.846	299.053	PEDRO MATURANA SALAS
384	Pozo	R	6.109.300	299.600	FERNANDO CALVO GONZALEZ
385	Pozo	R	6.110.084	293.814	Mario Márquez y Agr Coigüe Ltda
386	Pozo	R	6.126.703	301.431	JOSE HUERTA C Y JOSE SOLER R
387	Pozo	R	6.145.237	313.789	SOC AGRICOLA LOS COIGUES LTDA
389	Pozo	R	6.140.854	291.121	LUIS ALBERTO ESPINOSA Y OTRA
390	Pozo	R	6.124.750	284.259	HORACIO GREZ ESPINOZA
391	Pozo	R	6.129.527	301.109	FELIX GARRIDO LARSON Y CIA.
393	Pozo	R	6.134.530	307.705	JOSE JOAQUIN PUERTAS ESTEBAN
396	Noria	R	6.135.390	298.550	FRANCISCO DIAZ BARASORDA
403	Pozo	R	6.124.147	281.072	Frutic J Soler y Cia.Ltda. Pozo 2722
404	Pozo	R	6.143.165	307.072	DIEGO GONZALEZ CANALES
405	Pozo	R	6.134.200	305.500	SOC AGRICOLA COADIG LTDA
406	Pozo	R	6.127.730	291.280	SOC DOSAL HNOS Y CIA LTDA
407	Pozo	R	6.143.345	316.676	SOC AGR STA ANA-TENO LTDA
408	Pozo	R	6.131.962	302.655	SOC AGR FR STA GABRIELA LTDA
412	Pozo	R	6.128.694	302.421	SOC FRUT LOS CRISTALES LTDA
413	Pozo	R	6.125.778	297.967	Soc Agr Angel Lago Ltda Pozo 1
414	Pozo	R	6.110.763	286.709	EL PEÑON S.A POZO 1
415	Pozo	R-SU	6.127.950	299.650	AGR MANANTIALES LTDA
416	Pozo	R-SU	6.129.786	304.181	JOSE ALARCON RIVAS
418	Pozo	R	6.133.635	301.884	COM AGUAS PARC VISTA HERMOSA
419	Noria	R-SU	6.130.219	293.312	AGR EL MILAGRO LTDA
420	Pozo	R-SU	6.114.267	300.896	IVONE MOULIAT GARCES
422	Pozo	R	6.140.749	301.827	SOC DE INV ITAL CHILE LTDA.
423	Pozo	R	6.142.915	313.313	Com Aguas Pozo E FLIES A. y Otros
428	Pozo	R	6.123.730	295.212	AGR STA DIGNA LTDA
430	Pozo	R	6.139.348	315.255	AGR STA MARÍA LTDA.
563	Pozo	R	6.143.333	312.025	SOC AGR GALO ANDINA LTDA

#### 4.4.2.4 Diagnóstico de la Situación de Uso Actual del Agua Subterránea

##### 4.4.2.4.1 Introducción

Este capítulo tiene por finalidad realizar un análisis del uso actual del agua subterránea del sistema acuífero presente en las cuencas de los ríos Huasco y Mataquito, a partir de los datos obtenidos en los catastros de captaciones que fueron realizados en el presente capítulo. Para ello, se determinó las demandas actuales a cada sistema acuífero, a partir de la explotación de todos los pozos operativos en cada área de estudio, separando el caudal de acuerdo con los distintos usos del agua.

Con el fin de determinar los volúmenes de extracción de las captaciones existentes, se empleó la información recopilada en los catastros de captaciones, y cuando ésta fue insuficiente, se procedió a estimarlos de acuerdo a la experiencia del Consultor.

##### 4.4.2.4.2 Cuenca del Río Huasco

###### a. Análisis de Usos

El análisis se ha realizado sobre el total de las captaciones, sin distinguir su tipo, ya que en la práctica son 97% pozos, 2% drenes y 1% norias.

En la Tabla 4.4-14 siguiente se presenta la información relativa a la cantidad de captaciones asociadas a los distintos usos y el porcentaje que representan del total, también se incluye el volumen correspondiente a cada uso, en m<sup>3</sup> por estación y por año, y al igual que en el caso anterior el porcentaje asociado a cada volumen extraído con respecto al total.

Tabla 4.4-14  
Captaciones y sus Diferentes Usos

Uso	Número Total (en uso)	Porcentaje del Total (%)	Volumen Medio Verano [m <sup>3</sup> ]	Volumen Medio Invierno [m <sup>3</sup> ]	Volumen Total Anual [m <sup>3</sup> ]	Porcentaje del Vol Total (%)
R	46 (11)	36	1.061.028	321.192	1.382.220	13
P	42 (26)	33	3.261.834	3.259.242	6.521.076	65
I	13 (4)	10	1.100.304	1.100.304	2.200.608	22
S/I	26 (4)	21	-	-	-	-
TOTAL	127 (45)	100	5.423.166	4.680.738	10.103.904	100

Donde: R: Riego P: Potable I: Industrial S/I: Sin Información (Fuente: Catastro Captaciones realizado por este Consultor)

De la Tabla anterior se desprende, que en términos de volumen utilizado anualmente, el abastecimiento de agua potable y el uso industrial son los principales usuarios de las aguas subterráneas de la cuenca, con un 65% y 22%,

respectivamente, seguidos por el riego, que consume el 13% de los recursos subterráneos utilizados anualmente en la cuenca del río Huasco.

Es importante señalar que en la generalidad de los casos, en otras regiones del país, donde hay actividad agrícola, el uso en riego es el principal consumidor de las aguas subterráneas, con mucha ventaja sobre los otros usos, seguido por la actividad industrial, incluyendo minería en algunos casos, y luego del uso para abastecimiento de agua potable. En la cuenca del río Huasco, el uso de las aguas subterráneas en riego no es muy importante debido a la existencia del embalse Santa Juana, que abastece gran parte de la demanda de agua de riego, lo que queda reflejado en el moderado uso de las aguas subterráneas para este fin, con respecto a los otros usos.

En primer lugar, en cuanto a volúmenes extraídos, se encuentra el uso para abastecimiento de Agua Potable con un 65%. En cuanto a número de captaciones, el uso en agua potable es el segundo más importante, con un 33% del total, detrás del riego, que concentra el 36% de las captaciones existentes en la cuenca, aunque sólo un porcentaje de ellas está en uso.

En segundo lugar se encuentra el uso industrial, con un volumen igual al 22% del total, a pesar de contar con sólo el 10% del total de captaciones.

#### b. Construcción de Captaciones a lo largo del Tiempo

La información presentada en Tabla 4.4-15 siguiente representa la evolución en la construcción de pozos en el tiempo de acuerdo a los datos obtenidos en el catastro.

Tabla 4.4-15  
Construcción de Pozos en el Tiempo

Período		Nº de pozos construidos
Hasta 1960		1
1961	1970	3
1971	1980	3
1981	1990	4
1991	2000	17
2001	a la fecha	27
Sin información		72
TOTAL		127

(Fuente: Catastro Captaciones realizado por este Consultor)

A partir de las captaciones con información se puede observar un aumento explosivo en el número de pozos construidos a partir de 1991.

En función de lo anterior y tomando en cuenta que:

- Desde el año 2001 a la fecha ya se han construido 27 pozos.
- La década del noventa experimentó un muy fuerte aumento en la construcción de pozos.
- Los derechos de aguas superficiales, destinados principalmente al riego, están comprometidos por lo que el recurso subterráneo adquiere una gran importancia, especialmente para cubrir las demandas futuras de uso industrial y agua potable, así como demandas de riego ubicadas aguas arriba del embalse.

Se puede afirmar que en los próximos años el número de captaciones de aguas subterráneas seguirá aumentando para dar respuesta a las demandas de uso industrial principalmente y riego de las zonas ubicadas aguas arriba del embalse Santa Juana, dado que las demandas de agua potable (tanto urbana como rural) y riego aguas abajo del embalse, está cubierta casi en su totalidad con las captaciones construidas en los últimos años y con el volumen de regulación del embalse.

#### 4.4.2.4.3 Cuenca del Río Mataquito

##### a. Análisis de Usos

El análisis se ha realizado sobre el total de las captaciones, pues aun cuando el número de ellas que no son pozos resulta más relevante que en la cuenca del río Huasco, la predominancia de los pozos es absoluta con más del 80% del total, frente a un 18% de norias y drenes.

En la Tabla 4.4-16 siguiente se presenta la información relativa a la cantidad de captaciones asociadas a los distintos usos y el porcentaje que representan del total, también se incluye el volumen correspondiente a cada uso, en m<sup>3</sup> por estación y por año, y al igual que en el caso anterior el porcentaje asociado a cada volumen extraído con respecto al total.

Tabla 4.4-16  
Captaciones y sus Diferentes Usos

Uso	Número Total (en uso)	Porcentaje del Total (%)	Volumen Medio Verano [m <sup>3</sup> ]	Volumen Medio Invierno [m <sup>3</sup> ]	Volumen Total Anual [m <sup>3</sup> ]	Porcentaje del Vol Total (%)
R	337 (284)	57	48.887.424	3.765.600	52.653.024	60
P	186 (152)	32	11.405.034	10.896.822	22.301.856	25
I	56 (47)	8	8.562.906	4.737.744	13.300.650	15
S/I	10 (5)	2	-	-	-	-
TOTAL	589 (488)	100	68.855.364	19.400.166	88.255.530	100

Donde: R: Riego P: Potable I: Industrial S/I: Sin Información (Fuente: Catastro Captaciones realizado por este Consultor)

De la Tabla anterior se desprende, que en términos de volumen utilizado anualmente, el riego y el abastecimiento de agua potable son los principales usuarios de las aguas subterráneas de la cuenca, con un 60% y 25%, respectivamente,

seguidos por el uso industrial, que consume el 15% de los recursos subterráneos utilizados anualmente en la cuenca del río Mataquito.

En la cuenca del río Mataquito se observa un hecho que es común a las cuencas de la zona central del país, y corresponde al hecho que la actividad agrícola es el principal consumidor de las aguas subterráneas, con mucha ventaja sobre los otros usos. En segundo término se tiene en esta cuenca el uso para abastecimiento de agua potable y bastante más atrás en importancia, el uso industrial.

**b. Construcción de Captaciones a lo largo del Tiempo**

La información presentada en Tabla 4.4-17 siguiente representa la evolución en la construcción de pozos en el tiempo de acuerdo a los datos obtenidos en el catastro.

Tabla 4.4-17  
Construcción de Pozos en el Tiempo

Período		Nº de pozos construidos
Hasta 1960		6
1961	1970	34
1971	1980	17
1981	1990	85
1991	2000	234
2001	a la fecha	88
Sin información		125
<b>TOTAL</b>		<b>589</b>

(Fuente: Catastro Captaciones realizado por este Consultor)

A partir de las captaciones con información se puede observar un aumento en la construcción de pozos en la década del '80, el que se acentuó muy fuertemente en la década del '90 y que ha mostrado una leve baja en los últimos años. En función de lo anterior y tomando en cuenta que:

- Desde el año 2001 a la fecha ya se han construido 88 pozos.
- La década del noventa experimentó un muy fuerte aumento en la construcción de pozos.
- Los derechos de aguas superficiales en la cuenca están prácticamente agotados o son muy limitados por lo que el recurso subterráneo adquiere una gran importancia.

Se puede afirmar que en los próximos años el número de captaciones de aguas subterráneas seguirá aumentando para dar respuesta a las demandas de uso industrial y riego, principalmente.

Finalmente, cabe hacer notar la inexistencia de pozos destinados a la observación de niveles o con fines de estudio. Esto permite plantear que sería

conveniente disponer de una red de monitoreo en la zona, con el fin de complementar en forma periódica los antecedentes que se generen en el presente estudio.

#### **4.4.2.5 Caracterización de la Oferta y Disponibilidad del Agua Subterránea**

La caracterización de la oferta de agua subterránea consistió en la determinación y cuantificación de los procesos que actualmente (o bien potencialmente en el futuro) aportan agua a la napa. Tanto para el valle del río Huasco, como para el valle del río Mataquito, se han identificado los siguientes procesos:

- **Recarga por Infiltración de Precipitaciones:** Corresponde al porcentaje de la lluvia que cae directamente sobre la zona acuífera y que finalmente se transforma en percolación profunda aportando a la napa. Este valor es una fracción de la lluvia que depende, fundamentalmente, de la intensidad de los eventos de precipitación y del tipo de suelo.
- **Recarga por Percolación de Zonas de Riego:** Este proceso corresponde a la percolación profunda que se produce en las zonas de riego debido a que la eficiencia de los métodos de aplicación no es 100%. Esto significa que, del total del agua aplicada a nivel predial, existe un porcentaje, que depende del mecanismo de riego empleado, que no es aprovechado por la planta y que se transforma en derrame y/o percolación a la napa. Esta situación varía en el tiempo según varíen las superficies plantadas, la demanda de los cultivos y los métodos de riego empleados
- **Recarga por Infiltración desde Cauces Superficiales:** Corresponde al aporte de los flujos superficiales a través de la infiltración desde el lecho. Este fenómeno ocurre de manera permanente en las zonas en donde el nivel de la napa se encuentra siempre por debajo del lecho del cauce y ocurre en forma ocasional, en zonas en donde el nivel freático fluctúa estacional o interanualmente. También se debe considerar que si en el futuro, producto de una explotación intensiva del recurso subterráneo, los niveles de la napa sufren un descenso a nivel regional, entonces, zonas que antes eran de comportamiento mixto, podrían pasar a infiltrar de forma permanente. Este último fenómeno corresponde a la recarga potencial. La magnitud de la recarga depende del tipo de lecho, del nivel de la napa y del caudal superficial pasante.

A continuación se presentan las estimaciones cuantitativas que se han determinado para cada uno de estos tres procesos, tanto para la cuenca del río Huasco como para la cuenca del río Mataquito.

a) **Cuenca del Río Huasco**

a1) **Recarga por Infiltración de Precipitaciones**

Como se mencionó anteriormente, la magnitud de la recarga por precipitación depende tanto de la capacidad de infiltración del suelo, como de la intensidad de la lluvia. A mayor capacidad de infiltración, mayor es el volumen de agua que ingresa al subsuelo y si además, la intensidad de la lluvia es lo suficientemente alta, entonces el suelo elevará su humedad por sobre la capacidad de campo y se producirán los fenómenos de flujo subsuperficial y de percolación a la napa.

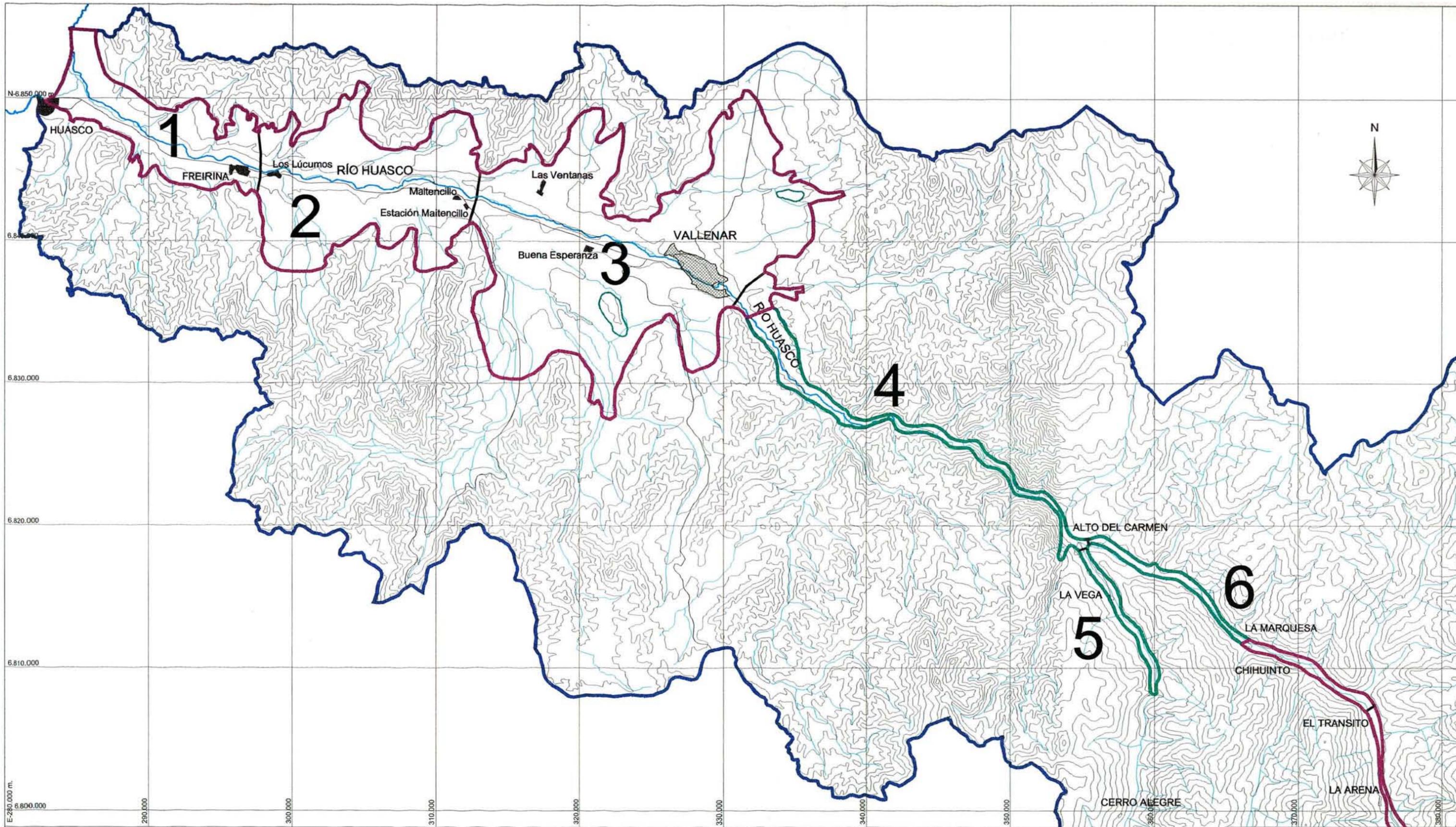
En la zona del valle del Huasco, la capacidad de infiltración del suelo se estima alta por cuanto la estratigrafía de distintos sondajes indica un contenido de finos muy bajo en los primeros estratos. Sin embargo, las precipitaciones son de baja magnitud, lo que significa que en la mayoría de los eventos de lluvia, prácticamente la totalidad del agua infiltra pero sólo para elevar el contenido de humedad de las primeras capas de suelo. Esta agua es rápidamente evapotranspirada en los días siguientes. Sólo los eventos de intensidad alta (que ocurren en baja frecuencia) serían capaces de generar percolación.

En base a la experiencia de este Consultor en cuencas similares, se estimó inicialmente que la tasa de percolación debiese encontrarse entre un 15 y un 20% de las precipitaciones. No obstante dicha cifra fue modificada al momento de ajustar los modelos de flujo (ver Capítulo 7).

Utilizando las precipitaciones anuales medias determinadas en el estudio Hidrológico, se ha determinado la recarga para todo el relleno acuífero identificado en el valle del Huasco, el cual ha sido sectorizado en 6 tramos. Los resultados se resumen en la Tabla 4.4-18 y la sub-sectorización se aprecia en la Figura 4.4-14.

Tabla 4.4-18  
Recarga por Infiltración de Precipitaciones

Sub-sector	Área (km <sup>2</sup> )	Pp. Media (mm/año)	Coef. Inf.		Q Inf.	
			Mínimo (%)	Máximo (%)	Mínimo (l/s)	Máximo (l/s)
Huasco - Freirina	67.6	30.8	15	20	9.9	13.2
Freirina - Maitencillo	132.8	34.7	15	20	21.9	29.3
Maitencillo - Vallenar	287.2	40.3	15	20	55.1	73.4
Vallenar - Alto del Carmen	32.2	47.6	15	20	7.3	9.7
Alto del Carmen - San Félix	6.8	61.1	15	20	2.0	2.6
Alto del Carmen - El Tránsito	14.6	58.5	15	20	4.1	5.4
<b>Total</b>	<b>541.2</b>				<b>100.3</b>	<b>133.7</b>



**SIMBOLOGÍA**

- Contacto Roca-Relleno
- Zona a modelar
- Cuenca Hidrográfica
- Sub-sectores de Recarga

Sub-sectores de Recarga	
Número	Nombre
1	Huasco - Freirina
2	Freirina - Maitencillo
3	Maitencillo - ValLENAR
4	ValLENAR - Alto del Carmen
5	Alto del Carmen - San Félix
6	Alto del Carmen - El Tránsito

GCF INGENIEROS CONSULTORES LTDA.

PROYECTO: ESTUDIO DE CALIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LAS CUENCAS DE HUASCO Y MATAQUITO

**SUB-SECTORES DE RECARGA POR PRECIPITACIÓN, CUENCA DEL RÍO HUASCO**

FECHA: JUNIO 2005

ESCALA: 1:250.000

Figura 4.4-14

La tabla anterior indica que la recarga por infiltración de precipitaciones para un año medio, debiese ser entre 100 y 134 l/s como caudal medio continuo. Prácticamente el 80% de este caudal se registra entre la localidad de Freirina y la ciudad de Vallena.

a2) Recarga por Percolación desde Zonas de Riego

El estudio agronómico determinó las demandas necesarias para satisfacer el riego de los cultivos presentes actualmente en la zona. A través de las encuestas prediales, también fue posible identificar el método de riego aplicado, lo que permitió estimar su eficiencia y por ende, la percolación y el derrame.

En la Tabla 4.4-19 se presenta un resumen, del presente estudio agronómico, por comuna y por estrato de tamaño, de las superficies bajo riego, las demandas de agua por temporada, el porcentaje de percolación medio y el caudal de percolación resultante. La Figura 4.4-15 muestra la ubicación de las comunas en la zona de interés.

Tabla 4.4-19  
Percolación desde Zonas de Riego Cuenca del Río Huasco

Comuna	Estrato de	Demanda	Área	Demanda	Percolación	Percolación	Percolación
	Tamaño	de Agua	Regada	de Agua	Estimada	Estimada	Estimada
		(m <sup>3</sup> /ha)	(ha)	(m <sup>3</sup> )	(%)	(m <sup>3</sup> )	(l/s)
Alto del Carmen	< 1 ha	51,316	227.6	11,680,035	29.3	3,419,496	108.4
	1 - 10 ha	29,527	1,088.7	32,146,045	24.3	7,820,876	248.0
	10 - 50 ha	11,866	676.4	8,025,806	11.2	897,921	28.5
	> 50 ha	11,024	277.2	3,055,853	10.0	305,585	9.7
	<b>Total</b>			<b>2,269.9</b>			
Vallena	< 1 ha	13,783	19.8	272,903	16.0	43,535	1.4
	1 - 10 ha	25,296	92.7	2,345,192	23.4	547,986	17.4
	10 - 50 ha	16,125	327.4	5,279,486	20.4	1,074,883	34.1
	> 50 ha	38,618	4,423.4	170,821,316	29.3	50,031,241	1586.5
	<b>Total</b>			<b>4,863.3</b>			
Freirina	< 1 ha	17,244	22.4	386,266	30.0	115,880	3.7
	1 - 10 ha	17,244	194.9	3,360,856	30.0	1,008,257	32.0
	10 - 50 ha	5,749	553.5	3,182,072	10.0	318,207	10.1
	> 50 ha	19,652	699.0	13,736,748	24.9	3,417,402	108.4
	<b>Total</b>			<b>1,469.8</b>			
Huasco	< 1 ha	16,615	7.3	121,290	30.0	36,387	1.2
	1 - 10 ha	24,030	133.5	3,208,245	30.0	962,474	30.5
	10 - 50 ha	16,615	209.6	3,482,504	30.0	1,044,751	33.1
	> 50 ha	28,474	237.8	6,771,117	30.0	2,031,335	64.4
	<b>Total</b>			<b>588.2</b>			
<b>Total Huasco</b>			<b>9,191.2</b>				<b>2,317.2</b>

Fuente: presente estudio agronómico

De acuerdo con el estudio agronómico, en el valle del río Huasco, existirían actualmente 9.191 ha bajo riego, las cuales generarían una percolación de aproximadamente 2.300 l/s como caudal medio continuo. La mayor parte de este aporte a la napa, se concentra en la comuna de Vallena.

Es importante señalar que, debido a que la capacidad de conducción del acuífero es pequeña (en general no superior a los 200 l/s) en comparación con las recargas, gran parte del agua percolada del riego puede aflorar aguas abajo de las áreas de aplicación del agua y, por lo tanto, el agua es utilizada nuevamente por los sectores ubicados aguas abajo.

Todos los valores correspondientes a las recargas, tanto por precipitación como por derrames asociados a riego, tiene un carácter de preliminar y serán usados como recargas iniciales en los modelos correspondientes, por lo tanto podrían sufrir cambios y ajustes producto de la calibración.

### a3) Infiltración desde los Ríos

A lo largo de todo el valle del río Huasco y de sus tributarios, El Carmen y El Tránsito, los niveles freáticos se encuentran superficiales, por lo que estos cauces actúan sólo como compensadores del déficit o exceso de flujo de agua subterránea.

Como se ha señalado, la capacidad de conducción del acuífero es baja en comparación con el flujo superficial, por lo que los angostamientos y ensanchamientos del valle generan pequeños afloramientos e infiltraciones respectivamente, que compensan estos cambios en la capacidad del acuífero y mantienen el equilibrio del sistema. Esto además, es avalado por el bajo nivel de explotación del sistema por parte de los pozos de la zona.

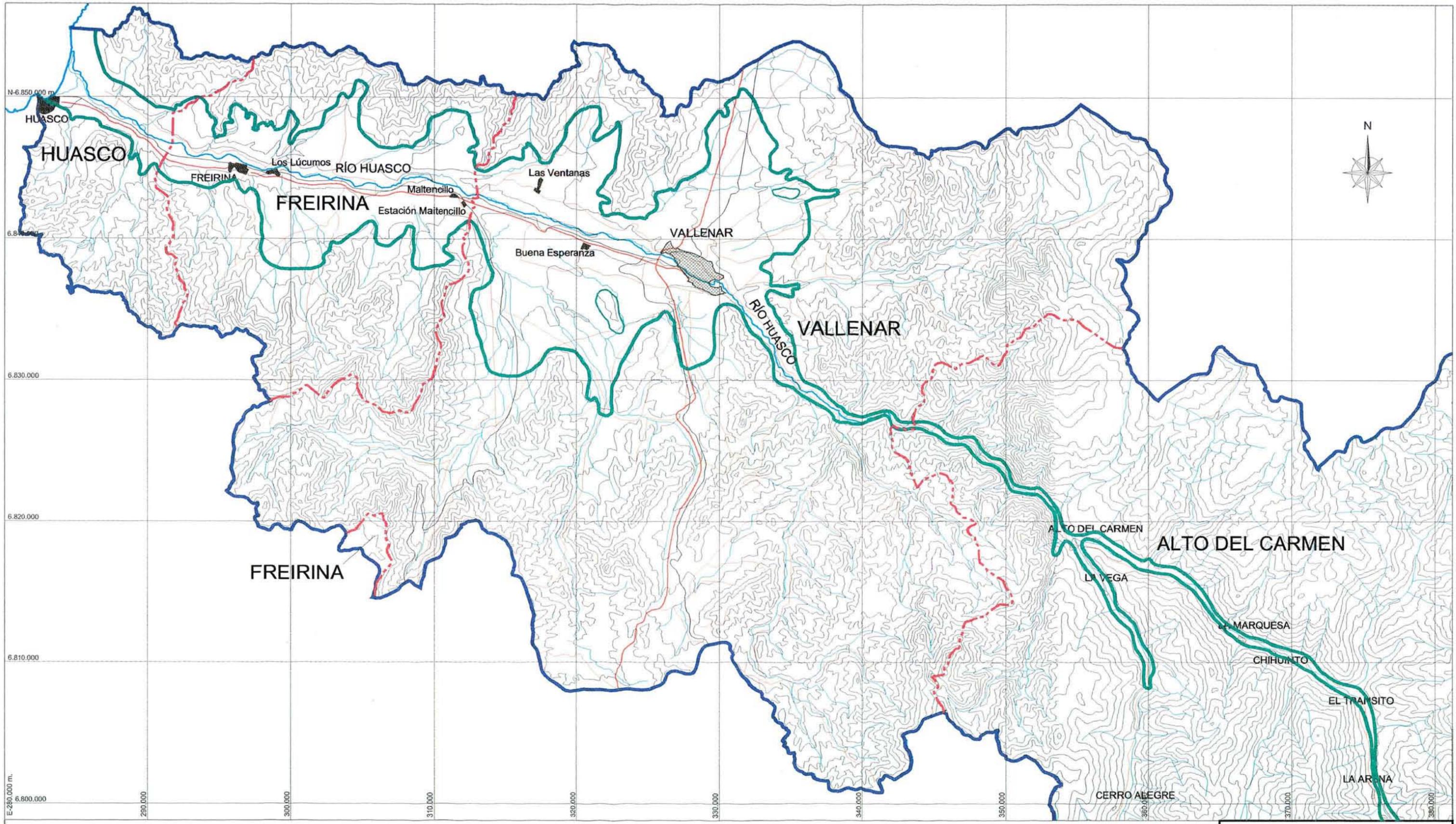
Excepción a lo anterior, corresponde al sector ubicado entre el sector de la Quebrada El Jilguero y el sector Poniente de la ciudad de Vallenar, en donde el ensanchamiento del acuífero es mayor, encontrándose además en esta zona, los pozos de producción de agua potable de Aguas Chañar.

En este sector, de aproximadamente 5 km de longitud, los niveles de la napa se encuentran a una profundidad de entre 10 y 15 m, por lo que el río Huasco presenta una infiltración permanente de agua hacia el acuífero.

En el Estudio Integral de Riego, elaborado por CEDEC en el año 1985, se estimó que el caudal de infiltración sería del orden de 300 l/s, equivalentes a 60 l/s/km.

Como referencia se puede citar el estudio desarrollado por este Consultor para el valle del río Elqui, en donde se determinó, para un caudal de 6,1 m<sup>3</sup>/s, una infiltración potencial máxima de 100 l/s/km, valor dentro del orden de magnitud del antecedente anterior.

En resumen, se estima que un valor adecuado para la capacidad de infiltración del río Huasco sería de entre 50 y 100 l/s/km, dependiendo del caudal pasante, el cual sería aplicable al menos a los 5 km de longitud en donde los niveles permiten la infiltración continua.



- - - Límite Comunal
- Vialidad
- Contacto Roca - Relleno
- Cuenca Hidrográfica

GCF INGENIEROS CONSULTORES LTDA.		
PROYECTO: ESTUDIO DE CALIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LAS CUENCAS DE HUASCO Y MATAQUITO		
<b>COMUNAS PRESENTES EN LA CUENCA DEL RÍO HUASCO</b>		
FECHA: JUNIO 2005	ESCALA: 1:250.000	Figura 4.4-15

b) Cuenca del Río Mataquito

b1) Recarga por Infiltración de Precipitaciones

Al igual que en la zona del valle del Huasco, la capacidad de infiltración del suelo se estima alta por cuanto la estratigrafía de distintos sondajes indica un contenido de finos muy bajo en los primeros estratos.

La diferencia con el valle nortino radica en que en la zona del Mataquito, las precipitaciones son de mucha mayor intensidad y frecuencia, lo que favorece el proceso de percolación de agua hacia la napa.

En base a la experiencia de este Consultor, se estima que el rango adecuado para la estimación del aporte por infiltración de lluvias sería entre un 20 y un 25% del agua caída. En la Tabla 4.4-20 se presenta el cálculo de la recarga para este rango, sectorizando el acuífero en 8 zonas de acuerdo a la variación pluviométrica del área en estudio. Las Figuras 4.4-16 y 4.4-17 muestran respectivamente, la sub-sectorización en el valle central de los Ríos Teno y Lontué y en el valle del Río Mataquito.

Tabla 4.4-20  
Recarga por Infiltración de Precipitaciones Cuenca del Mataquito

Sub-sector	Área (km <sup>2</sup> )	Pp. Media (mm/año)	Coef. Inf.		Q Inf.	
			Mínimo (%)	Máximo (%)	Mínimo (l/s)	Máximo (l/s)
Lora - Licantén - Hualañé	59.1	695.2	20	25	261	326
Hualañé - La Huerta - Sagrada Familia	178.2	693.3	20	25	784	980
Rauco - El Foso - Teno	257.1	710.0	20	25	1,158	1,447
Santa Susana, Aguas Arriba	91.2	1000.0	20	25	578	723
Curicó entorno	216.7	750.0	20	25	1,031	1,288
Lontué - Molina	188.8	850.0	20	25	1,018	1,272
Pinchingal, Aguas Arriba	80.5	1000.0	20	25	510	638
Romeral, Aguas Arriba	54.4	1100.0	20	25	379	474
<b>Total</b>	<b>1,126.0</b>				<b>5,719</b>	<b>7,148</b>

De acuerdo con la tabla anterior, la recarga producto de la infiltración de las precipitaciones que caen directamente sobre el relleno acuífero para un año medio, se encontrarían en un rango entre 5,7 y 7,1 m<sup>3</sup>/s.

De este valor, más de un 80% se concentra en los valle de los ríos Teno y Lontué y sólo un 18% correspondería a infiltración en la zona del valle del Mataquito, desde la localidad de Sagrada Familia hacia la costa. Las cifras anteriores podrían ser ajustadas según la calibración del modelo.

## b2) Recarga por Percolación desde Zonas de Riego

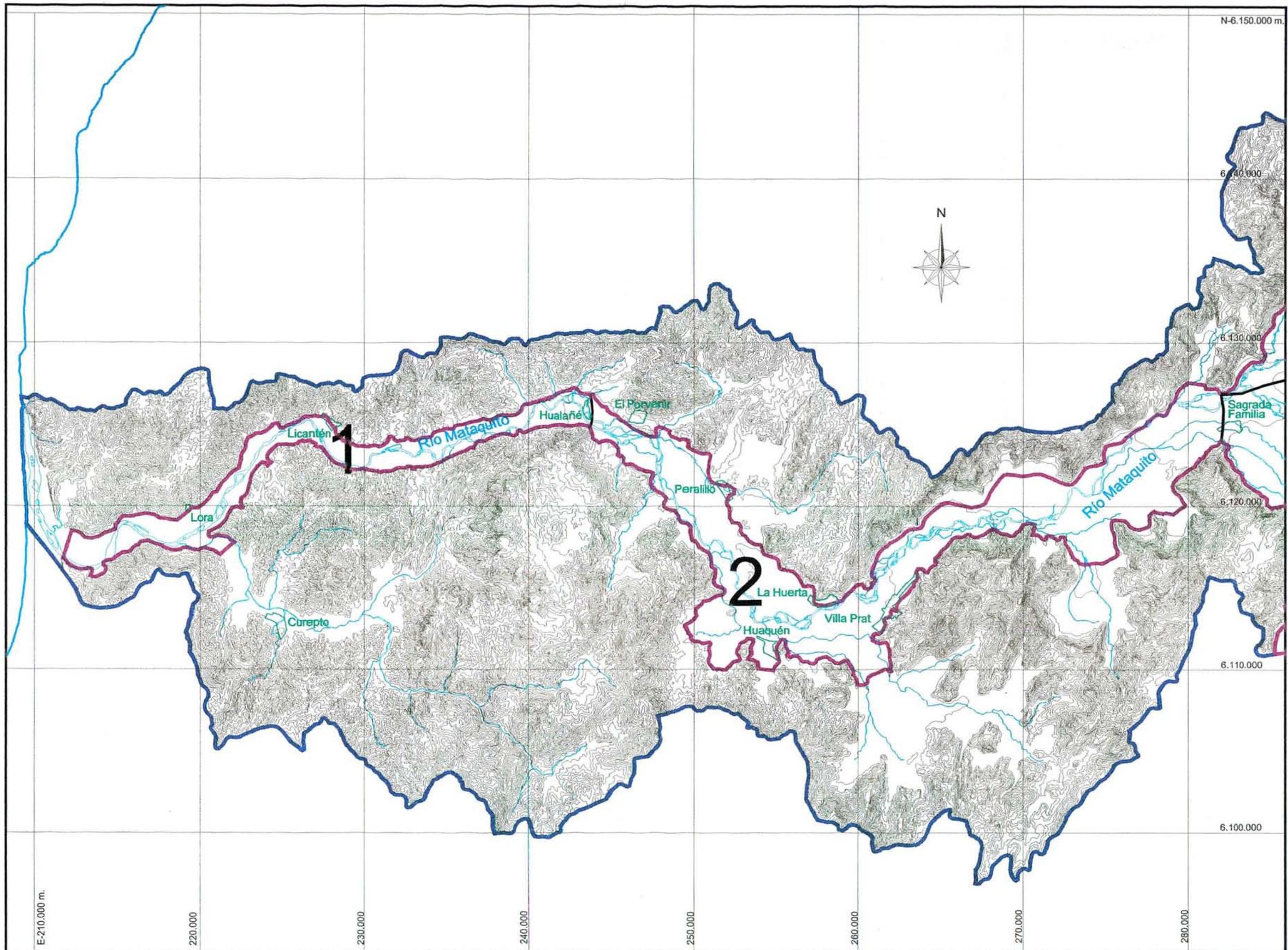
El estudio agronómico determinó las demandas necesarias para satisfacer el riego de los cultivos presentes actualmente en la zona. A través de las encuestas prediales, también fue posible identificar el método de riego aplicado, lo que permitió estimar su eficiencia y por ende, la percolación y el derrame.

En la Tabla 4.4-21 se presenta un resumen, a partir del estudio agronómico, por comuna y por estrato de tamaño, de las superficies bajo riego, las demandas de agua por temporada, el porcentaje de percolación medio y el caudal de percolación resultante. La ubicación de cada comuna dentro de la zona de interés se aprecia en la Figura 4.4-18.

Tabla 4.4-21  
Percolación desde Zonas de Riego Cuenca del Mataquito

Comuna	Estrato de	Demanda	Área	Demanda	Percolación	Percolación	Percolación
	Tamaño	de Agua	Regada	de Agua	Estimada	Estimada	Estimada
		(m <sup>3</sup> /ha)	(ha)	(m <sup>3</sup> )	(%)	(m <sup>3</sup> )	(l/s)
Teno	< 5 ha	18,461	635.6	11,733,812	28.7	3,363,197	106.6
	5 - 50 ha	16,320	13,156.2	214,709,021	25.8	55,374,739	1755.9
	> 50 ha	16,392	5,785.7	94,838,867	26.2	24,851,544	788.0
	<b>Total</b>		<b>19,577.5</b>				<b>2650.6</b>
Romeral	< 5 ha	13,047	279.5	3,647,158	20.0	729,432	23.1
	5 - 50 ha	11,300	4,877.3	55,113,829	22.3	12,286,200	389.6
	> 50 ha	18,732	3,997.7	74,884,916	29.0	21,728,785	689.0
	<b>Total</b>		<b>9,154.6</b>				<b>1101.7</b>
Curicó	< 5 ha	12,013	1,097.2	13,180,664	21.2	2,789,745	88.5
	5 - 50 ha	12,067	9,938.4	119,926,069	20.7	24,771,218	785.5
	> 50 ha	10,373	8,343.1	86,542,976	18.1	15,691,285	497.6
	<b>Total</b>		<b>19,378.7</b>				<b>1371.5</b>
Molina	< 5 ha	13,245	638.1	8,451,237	22.5	1,903,357	60.4
	5 - 50 ha	12,269	7,531.8	92,407,163	22.7	20,941,839	664.1
	> 50 ha	7,414	9,628.0	71,381,770	12.7	9,077,194	287.8
	<b>Total</b>		<b>17,797.8</b>				<b>1012.3</b>
Rauco	< 5 ha	18,826	239.7	4,511,651	27.1	1,223,461	38.8
	5 - 50 ha	13,588	1,702.3	23,131,396	20.5	4,750,649	150.6
	> 50 ha	8,621	2,790.3	24,055,435	12.7	3,066,399	97.2
	<b>Total</b>		<b>4,732.3</b>				<b>286.7</b>
Sagrada Familia	< 5 ha	13,154	443.8	5,837,482	21.8	1,273,535	40.4
	5 - 50 ha	11,752	5,330.9	62,649,089	17.4	10,912,604	346.0
	> 50 ha	10,139	5,088.1	51,588,246	19.1	9,865,463	312.8
	<b>Total</b>		<b>10,862.8</b>				<b>699.3</b>
Hualañé	< 5 ha	20,596	67.8	1,396,821	30.0	419,046	13.3
	5 - 50 ha	20,596	452.9	9,328,546	30.0	2,798,564	88.7
	50 - 500 ha	19,981	894.9	17,881,397	28.6	5,106,077	161.9
	> 500 ha	14,479	1,257.3	18,204,012	20.0	3,640,802	115.4
<b>Total</b>		<b>2,672.9</b>				<b>379.4</b>	
Curepto	< 5 ha	6,433	26.0	167,258	20.0	33,395	1.1
	5 - 50 ha	17,316	117.2	2,029,435	28.4	575,483	18.2
	50 - 500 ha	6,760	298.8	2,019,888	10.0	201,989	6.4
	> 500 ha	6,760	906.0	6,124,560	10.0	612,456	19.4
<b>Total</b>		<b>1,348.0</b>				<b>45.1</b>	
Licantén	< 5 ha	9,171	21.7	199,286	20.0	39,857	1.3
	5 - 50 ha	8,385	96.2	806,218	26.2	211,323	6.7
	50 - 500 ha	22,235	708.9	15,762,392	30.0	4,728,717	149.9
	> 500 ha	19,358	375.0	7,259,250	29.6	2,148,118	68.1
<b>Total</b>		<b>1,201.8</b>				<b>226.0</b>	
<b>Total Mataquito</b>			<b>86,726.3</b>				<b>7,772.6</b>

Fuente: presente estudio agronómico



E-210.000 m.

220.000

230.000

240.000

250.000

260.000

270.000

280.000

N-6.150.000 m.

6.140.000

6.130.000

6.120.000

6.110.000

6.100.000

**SIMBOLOGÍA**

- Zona a modelar
- Cuenca Hidrográfica
- Sub-sectores de Recarga

Sub-sectores de Recarga	
Número	Nombre
1	Lora - Licantén - Hualañé
2	Hualañé - La Huerta - Sagrada Familia

GCF INGENIEROS CONSULTORES LTDA.

PROYECTO: ESTUDIO DE CALIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LAS CUENCAS DE HUASCO Y MATAQUITO

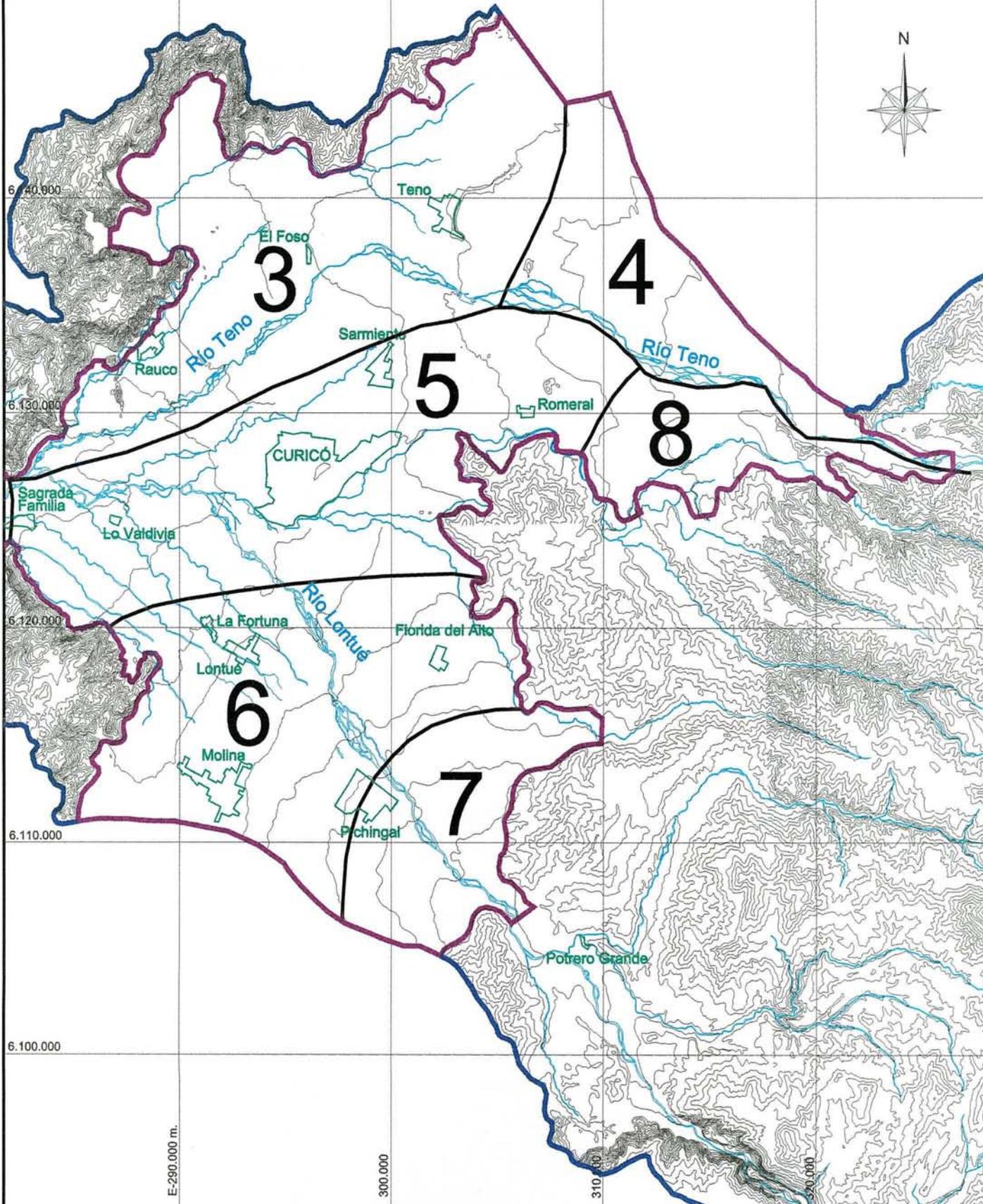
**SUB-SECTORES DE RECARGA POR PRECIPITACIÓN, VALLE DEL RÍO MATAQUITO**

FECHA: JUNIO 2005

ESCALA: 1:250.000

Figura 4.4-16

N-6.150.000 m.



6.140.000

6.130.000

6.120.000

6.110.000

6.100.000

E-290.000 m.

300.000

310.000

300.000

**SIMBOLOGÍA**

-  Zona a modelar
-  Cuenca Hidrográfica
-  Sub-sectores de Recarga

Sub-sectores de Recarga	
Número	Nombre
3	Rauco - El Foso - Teno
4	Santa Susana, Aguas Arriba
5	Curicó entorno
6	Lontué - Molina
7	Pinchingal, Aguas Arriba
8	Romeral, Aguas Arriba

GCF INGENIEROS CONSULTORES LTDA.

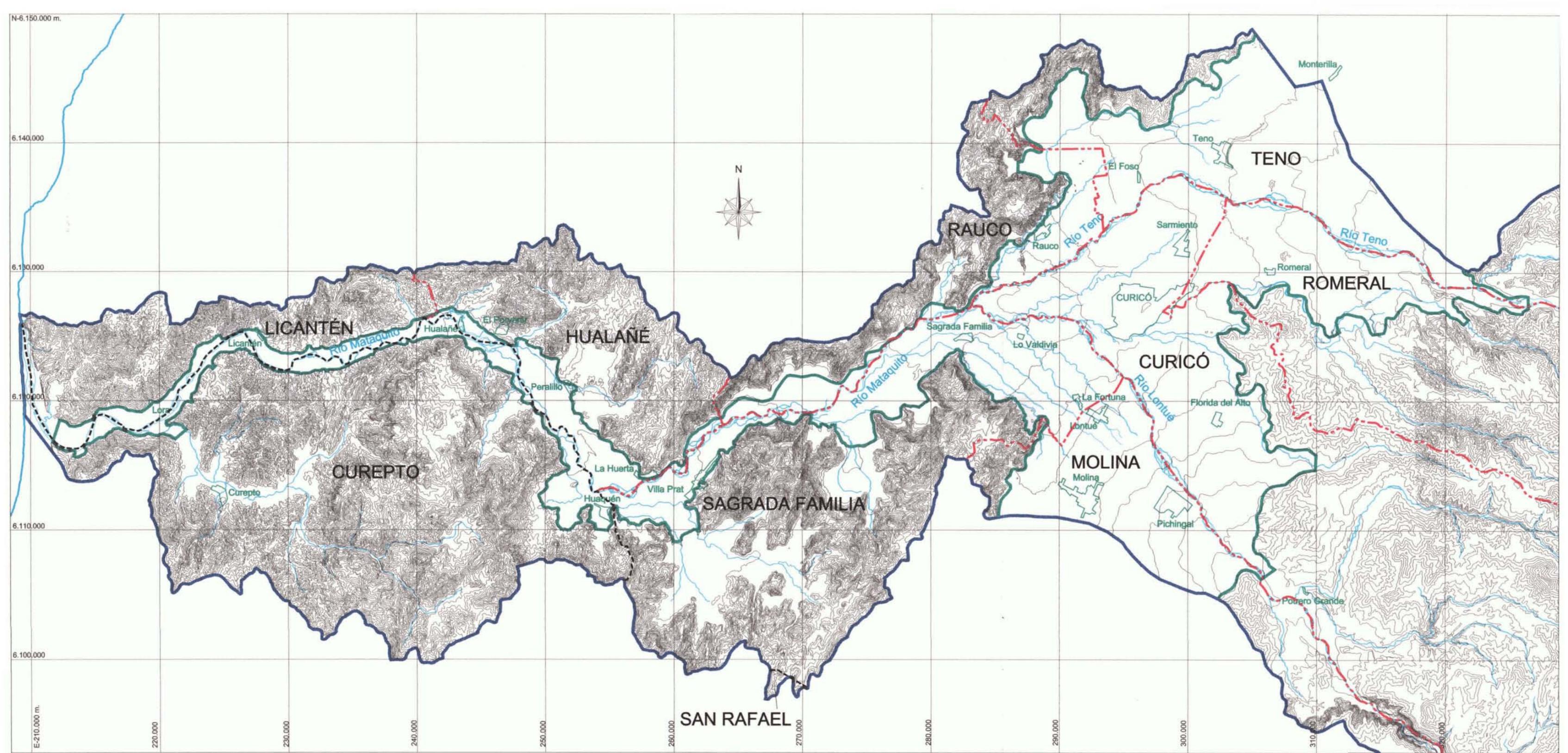
PROYECTO: ESTUDIO DE CALIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LAS CUENCAS DE HUASCO Y MATAQUITO

**SUB-SECTORES DE RECARGA POR PRECIPITACIÓN, VALLE CENTRAL DE LOS RÍOS TENO Y LONTUE**

FECHA: JUNIO 2005

ESCALA: 1:250.000

Figura 4.4-17



- - - - Límite Comunal
- - - - Límite Provincial
- Contacto Roca - Relleno
- Cuenca Hidrográfica

GCF INGENIEROS CONSULTORES LTDA.		
PROYECTO: ESTUDIO DE CALIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LAS CUENCAS DE HUASCO Y MATAQUITO		
<b>COMUNAS PRESENTES EN LA CUENCA DEL RÍO MATAQUITO</b>		
FECHA: JUNIO 2005	ESCALA: 1:250.000	Figura 4.4-18

De acuerdo con el estudio agronómico, en el valle del río Mataquito y en sus afluentes Teno y Lontué, existirían actualmente 86.000 ha bajo riego, las cuales generarían una percolación de aproximadamente 7.800 l/s como caudal medio continuo. La mayor parte de este aporte a la napa, se concentra en la comuna de Teno y en menor medida, en las comunas de Curicó, Romeral y Molina.

Considerando que la salida subterránea de todo el flujo del valle central, se produce solamente por el acuífero del valle del río Mataquito, frente a la localidad de Sagrada Familia, cuyo ancho y potencia sólo permiten un flujo restringido de agua subterránea, entonces, gran parte de la percolación de riego debiese aflorar en los cauces de los ríos Teno, Lontué y otros esteros menores, antes del sector de la junta.

Al igual que para la cuenca del río Huasco, los valores de las recargas tienen un carácter de preliminar y serán usados como recargas iniciales, por lo tanto podrían sufrir cambios y ajustes producto de la calibración.

### b3) Infiltración desde los Ríos

En función de las mediciones de profundidad del nivel freático, efectuadas en la campaña de terreno para la actualización del catastro, se ha elaborado la Figura 4.4-19 en donde se muestra el valle central y se identifica para los ríos Teno y Lontué, en qué zonas se produciría infiltración o afloramientos permanentes y en qué sectores el río tendría un comportamiento mixto (afloramiento o recarga dependiente de la fluctuación estacional o interanual de la napa).

La figura muestra que sólo en el sector alto del río Teno, desde su entrada al valle central hasta la localidad homónima, se producirían infiltraciones permanentes del lecho a la napa.

El Estudio Integral de Riego del año 1978 estimó que la capacidad de infiltración del lecho sería del orden de 185 l/s/km para dicho tramo. Por otra parte, este Consultor ha realizado estimaciones de infiltración para cauces con caudales similares, como lo es el río Pangal (afluente del Cachapoal), considerando fundamentalmente las características del lecho y las alturas de agua generadas por el caudal pasante.

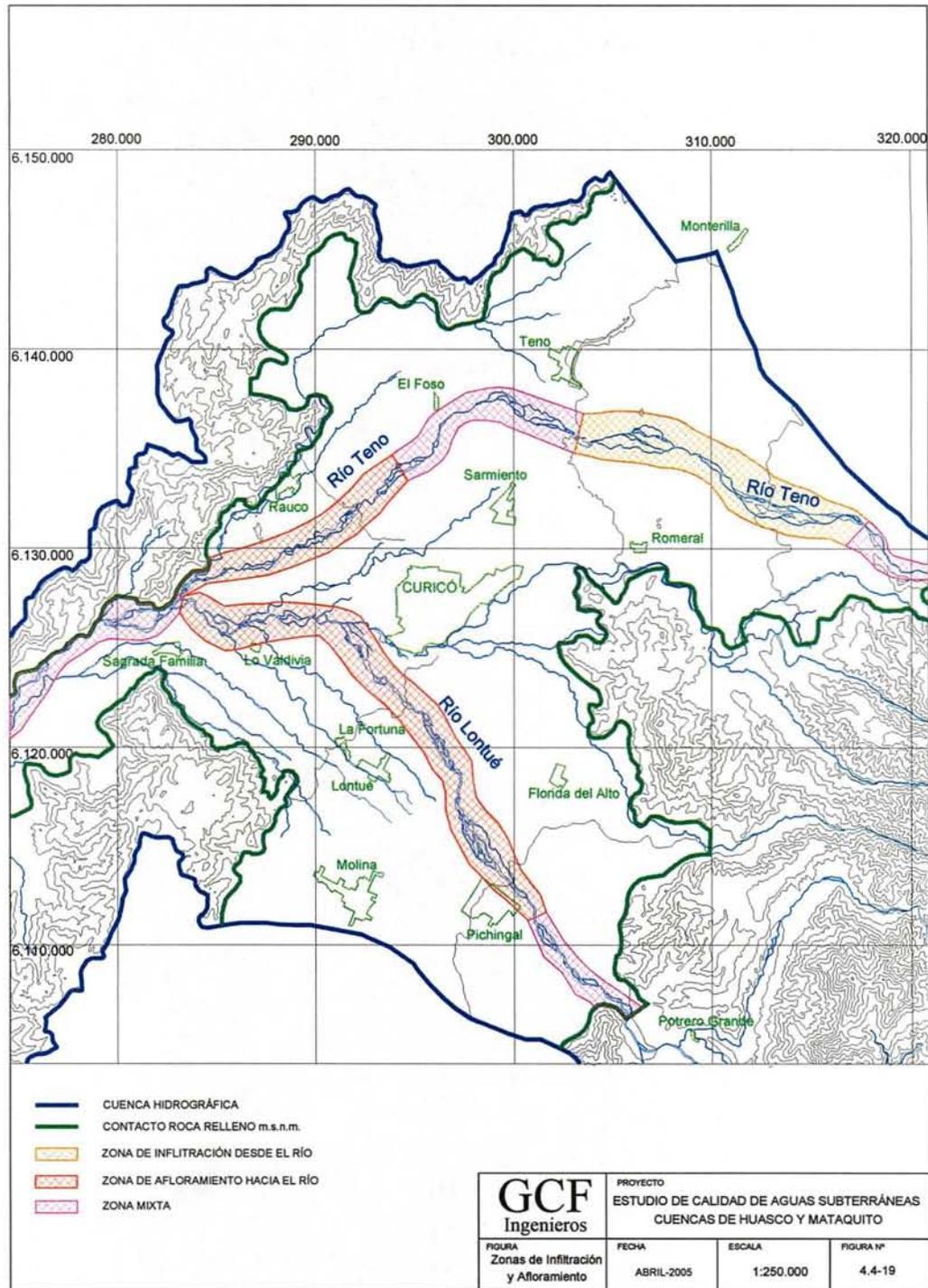
De acuerdo con esos antecedentes y lo señalado para el río Elqui en el punto a.3) previo, se estimó que la infiltración del lecho del río Teno debiese fluctuar entre 200 y 400 l/s/km.

Considerando que la zona de infiltración posee una longitud de 16,5 km aproximadamente, el caudal potencial de infiltración fluctuaría entre 3,3 y 6,6 m<sup>3</sup>/s lo que equivale a un 6 y un 12% del caudal pasante (57,3 m<sup>3</sup>/s según estudio fluviométrico).

Las zonas mixtas del río Teno y Lontué infiltrarían sólo cuando el nivel de la napa descienda por debajo de la cota del lecho y se estiman tasas de infiltración similares a las mencionadas. Las zonas de afloramiento recuperan todo el flujo subterráneo que no es capaz de fluir por la angosta salida del valle del Mataquito.

En todo caso cabe señalar, que todas estas estimaciones serán validadas a través del proceso de modelación, en donde, de manera dinámica en el tiempo, se representarán los procesos de flujo, infiltración y afloramientos de agua subterránea.

Figura 4.4-19



## 5 ESTUDIO AGRONÓMICO

### 5.1 ESTUDIO DE SUELOS

Con el objeto de establecer el potencial que los suelos ofrecen al desarrollo agropecuario, con la introducción de las aguas subterráneas, en esta ocasión se presenta un análisis general de los suelos que conforman las cuencas de los ríos Huasco y Mataquito, ubicadas en la III y VII región, respectivamente.

#### 5.1.1 Metodología

Los antecedentes agrológicos que a continuación se presentan, corresponden a una revisión de la información contenida en el Sistema de Información Geográfico (SIG), el cual fue elaborado por este Consultor para la Comisión Nacional de Riego.

En el caso específico de la Cuenca del Río Huasco, III Región, la información incluida en el Sistema de Información Geográfico se obtuvo en base al informe denominado "Estudio Agrológico del Valle del Río Huasco", elaborado por CICA-HIDROCONSULT para SERPLAC III Región en el año 1980. Para la Cuenca del Río Mataquito, la base agrológica corresponde al proyecto "Estudio Integral de Riego de la Cuenca del Río Mataquito", realizado por CICA-B&P-HTS, para la Comisión Nacional de Riego en el año 1978.

En la elaboración de ambos estudios, Huasco y Mataquito, se utilizó una escala de terreno de 1:20.000. Los estudios incluyen el estudio agrológico y las clasificaciones interpretativas de Capacidad de Uso, Aptitud de Riego, Aptitud de Drenaje y Aptitud Frutal.

La metodología, leyendas, símbolos y rangos utilizados se enmarcaron en lo establecido en el "Manual de Procedimientos y Normas Técnicas para Reconocimientos Agrológicos" preparado por CIREN, de acuerdo a las normas técnicas vigentes (Soil Survey Manual, Handbook N°18 - USDA).

Cada unidad de suelo tiene un símbolo que la identifica, para una Variación (Fase) de una determinada Serie, el símbolo está representado por letras y números dispuestos en forma consecutiva. Los tipos misceláneos de terrenos se representan por una o dos letras, sin especificar otras condiciones dado que prácticamente no existe suelo.

Se debe indicar que en aquellas áreas en que no se dispone de información de suelos, se utilizó la incluida en el Estudio de Suelos Proyecto Aerofotogramétrico Chile/OEA/BID (PAF), realizado por IREN en el año 1964.

## 5.1.2 Descripción Suelos por Cuenca

### 5.1.2.1 Cuenca Río Huasco

#### a) Caracterización General del Área

El valle del río Huasco está conformado por los ríos El Tránsito y El Carmen que se unen en la Junta del Carmen, en donde se inicia el río Huasco propiamente tal. Este valle está ubicado a los 28°30' de latitud sur.

En la Tabla 5.1-1 se presenta las series presentes en este sector con sus respectivos parámetros agrológicos. En las Tablas 5.1-2 al 5.1-5 se presenta el desglose de la superficie para cada una de los parámetros agrológicos estudiados en los suelos presentes en la cuenca del río Huasco.

De la Tabla 5.1-2 se desprende que en la cuenca del río Huasco el 41,3% de los suelos se clasifica en las Clases I, IIs y IIIs, los que no presentan limitaciones para ser cultivados. Los suelos no cultivables, por su parte, representan un 40%, son los que corresponden a las capacidades VII y VIII. El resto de los suelos, presentan limitaciones principalmente por suelo, seguidas de drenaje.

En cuanto a la aptitud de riego, es interesante señalar que sólo un 6,0% de los suelos de la cuenca del río Huasco son muy apropiados para el regadío y no presentan restricciones a esta práctica (Tabla 5.1-3). Entretanto, los moderadamente adaptados representan el 11,2% y poseen leves limitaciones, por lo que en ellos se pueden utilizar métodos tradicionales de riego con algunas prácticas de conservación, clasificándose en aptitud de riego 2. Los suelos pobremente adaptados al riego suman el 27,1% y en ellos es necesario realizar un manejo cuidadoso del riego, mientras que en aquellos cultivos más exigentes es adecuado el uso de riego tecnificado. Aquellos suelos que presentan serias limitaciones al regadío, cubren el 11,1% de la superficie. Por último, cabe indicar que un 42% no son apropiados para el regadío.

En el ámbito del drenaje, es preciso indicar que sólo del orden de un 5,7% de los suelos del sector presenta problemas de drenaje. Así, de la Tabla 5.1-4, se deduce que más del 94% de los suelos no presenta problemas de drenaje. En la Tabla 5.1-5 se presenta la Aptitud Frutal de los suelos, en donde se constata que el 32,5% de la superficie total de la cuenca del río Huasco no presenta severas limitaciones al desarrollo de las especies frutales, un 17,4% presenta severas limitaciones y un 51,4% no tiene aptitud frutícola.

Tabla 5.1-1  
Características Agrológicas Cuenca Río Huasco

Serie	Variación de Serie	Capacidad de Uso	Aptitud de Riego	Aptitud de Drenaje	Aptitud Frutal	Superficie	
						ha	%
BELLAVISTA (BVT)	BTV-1	IIIw	3w	3	D	107,73	0,47
BELLAVISTA (BVT)	BTV-2	IIIw	3w	3	D	3,70	0,02
BELLAVISTA (BVT)	BTV-3	IIIw	3w	3	D	59,59	0,30
BUENA ESPERANZA (BEZ)	BEZ-1	IIIs	1	5	A	660,40	2,90
BUENA ESPERANZA (BEZ)	BEZ-2	IIIs	2s	5	B	109,95	0,50
BUENA ESPERANZA (BEZ)	BEZ-3	IIIs	2s	5	B	825,94	3,60
BUENA ESPERANZA (BEZ)	BEZ-4	IIIs	3t	5	B	178,94	0,80
BUENA ESPERANZA (BEZ)	BEZ-5	IIIs	3t	5	C	32,62	0,10
BUENA ESPERANZA (BEZ)	BEZ-6	IIIs	3s	5	C	192,28	0,80
BUENA ESPERANZA (BEZ)	BEZ-7	IIIs	3s	5	C	53,77	0,20
BUENA ESPERANZA (BEZ)	BEZ-8	IIIs	3t	5	C	197,31	0,90
BUENA ESPERANZA (BEZ)	BEZ-9	IIIs	3s	5	C	98,77	0,40
BUENA ESPERANZA (BEZ)	BEZ-10	IVs	4s	5	D	193,19	0,90
BUENA ESPERANZA (BEZ)	BEZ-11	IVs	4s	5	E	29,52	0,10
BUENA ESPERANZA (BEZ)	BEZ-12	VI	4s	5	E	95,80	0,40
BUENA ESPERANZA (BEZ)	BEZ-13	VI	6	6	E	171,44	0,80
CAVANCHA (CVN)	CVN-1	IIIs	1	5	B	380,88	1,70
CAVANCHA (CVN)	CVN-2	IIIs	2s	5	C	18,82	0,10
CAVANCHA (CVN)	CVN-3	IIIs	2s	5	C	70,07	0,30
CAVANCHA (CVN)	CVN-4	IIIs	3t	5	C	41,14	0,20
CAVANCHA (CVN)	CVN-5	IIIs	3s	5	C	81,40	0,40
CAVANCHA (CVN)	CVN-6	IVs	4s	5	E	47,29	0,20
CAVANCHA (CVN)	CVN-7	IVs	4s	5	E	20,56	0,10
CHACHOQUIN (CNQ)	CNQ-1	I	1	5	A	116,14	0,50
CHACHOQUIN (CNQ)	CNQ-2	IIIs	1	5	A	5,84	0,00
CHACHOQUIN (CNQ)	CNQ-3	IIIs	2t	5	A	45,61	0,20
CHACHOQUIN (CNQ)	CNQ-4	IIIs	2t	5	A	53,74	0,20
CHACHOQUIN (CNQ)	CNQ-5	IIIs	2t	5	A	36,98	0,20
CHACHOQUIN (CNQ)	CNQ-6	IIIs	3s	5	C	22,56	0,10
CHACHOQUIN (CNQ)	CNQ-7	IIIs	3s	5	C	15,53	0,10
CHACHOQUIN (CNQ)	CNQ-8	IIIs	3t	5	C	14,88	0,10
CHANAR (CHA)	CHA-1	IIIs	2t	5	B	52,08	0,20
CHANAR (CHA)	CHA-2	IIIs	3t	5	C	71,02	0,30
CHANAR (CHA)	CHA-3	IIIs	3t	5	C	65,34	0,30
CHANAR (CHA)	CHA-4	IIIs	3t	5	C	117,45	0,50
CHANAR (CHA)	CHA-5	IIIs	3t	5	C	192,88	0,80
CHANAR (CHA)	CHA-6	IV	4t	5	C	43,46	0,20
CHANAR (CHA)	CHA-7	IV	4t	5	D	88,06	0,40
CHANAR (CHA)	CHA-8	IVs	4t	6	D	44,54	0,20
CHANAR (CHA)	CHA-9	IVs	4t	6	D	18,48	0,10
CHANAR (CHA)	CHA-10	VIs	4t	6	D	178,81	0,80
CHANAR (CHA)	CHA-11	VIs	4t	6	E	7,10	0,00
FREIRINA (FRN)	FRN-1	IIIs	2s	5	C	100,52	0,40
FREIRINA (FRN)	FRN-2	IIIs	3s	5	C	40,87	0,20
FREIRINA (FRN)	FRN-3	IIIs	3s	5	C	12,18	0,10
FREIRINA (FRN)	FRN-4	IIIs	3s	5	C	41,75	0,20
FREIRINA (FRN)	FRN-5	IVs	4s	6	D	20,98	0,10
FREIRINA (FRN)	FRN-6	IVs	4s	6	D	71,84	0,30
FREIRINA (FRN)	FRN-7	IVs	4s	6	D	66,11	0,30
FREIRINA (FRN)	FRN-8	IVs	4s	6	D	60,26	0,30
FREIRINA (FRN)	FRN-9	IVs	4t	6	D	53,69	0,20
FREIRINA (FRN)	FRN-10	IVs	4t	6	D	9,73	0,00
FREIRINA (FRN)	FRN-11	IVs	4t	6	E	19,97	0,10
HUANTEME (HTM)	HTM-1	VIs	6	5	E	16,65	0,10
HUANTEME (HTM)	HTM-2	VIs	6	6	E	136,63	0,60
HUANTEME (HTM)	HTM-3	VIs	6	6	E	81,84	0,40
HUANTEME (HTM)	HTM-4	VIs	6	6	E	31,62	0,10
HUASCO (HSC)	HSC-1	I	1	5	A	35,35	0,20
HUASCO (HSC)	HSC-2	IIIs	1	5	A	9,71	0,00
HUASCO (HSC)	HSC-3	IIIs	1	5	A	159,86	0,70
HUASCO (HSC)	HSC-4	IIIs	2t	5	A	71,56	0,30
HUASCO (HSC)	HSC-5	IIIs	2t	5	B	9,66	0,00
HUASCO (HSC)	HSC-6	IIIs	2t	5	B	49,37	0,20
HUASCO (HSC)	HSC-7	IIIs	3t	5	B	64,52	0,30
HUASCO (HSC)	HSC-8	IIIs	3s	5	C	156,18	0,70
HUASCO (HSC)	HSC-9	IIIs	3s	5	C	179,35	0,80
HUASCO (HSC)	HSC-10	IIIs	3s	6	C	16,47	0,10
HUASCO (HSC)	HSC-11	IIIs	3t	5	C	69,28	0,30
HUASCO (HSC)	HSC-12	IIIs	3s	6	D	29,30	0,10
HUASCO (HSC)	HSC-13	IVs	4s	6	D	22,28	0,10

VAR = Variación de Serie, CDEU = Capacidad de Uso, ADER = Aptitud de Riego, CDED = Categoría de Drenaje, A. Agrícola = Aptitud Agrícola

Tabla 5.1-1 (Continuación)  
Características Agrológicas Cuenca Río Huasco

Serie	Variación de Serie	Capacidad de Uso	Aptitud de Riego	Aptitud de Drenaje	Aptitud Frutal	Superficie	
						ha	%
LA COMPANÍA (LCM)	LCM-1	IIIs	2s	5	C	43,07	0,20
LA COMPANÍA (LCM)	LCM-2	IIIs	3s	5	C	88,19	0,40
LA COMPANÍA (LCM)	LCM-3	IIIs	3s	5	D	305,68	1,30
LA COMPANÍA (LCM)	LCM-4	IIIs	3s	5	D	80,82	0,40
LA COMPANÍA (LCM)	LCM-5	IIIs	3s	5	D	307,74	1,40
LA COMPANÍA (LCM)	LCM-6	IIIs	3s	5	D	37,02	0,20
LA COMPANÍA (LCM)	LCM-7	IIIs	3s	5	E	135,57	0,60
LA COMPANÍA (LCM)	LCM-8	IVs	4t	5	E	92,71	0,40
LA COMPANÍA (LCM)	LCM-9	IVs	4s	5	E	181,61	0,80
LA COMPANÍA (LCM)	LCM-10	IVs	4s	5	E	22,04	0,10
LA COMPANÍA (LCM)	LCM-11	VIs	4t	5	E	47,85	0,20
LA COMPANÍA (LCM)	LCM-12	VI	5	5	E	101,74	0,40
LA COMPANÍA (LCM)	LCM-13	VII	6	5	E	88,84	0,40
PAONA (PNA)	PNA-1	IIs	2s	4	C	46,75	0,20
PAONA (PNA)	PNA-2	IIIs	3s	4	C	13,70	0,10
PAONA (PNA)	PNA-3	IIIw	3w	3	D	250,39	1,10
PAONA (PNA)	PNA-4	IIIw	3w	3	D	109,29	0,50
PAONA (PNA)	PNA-5	IIIw	3w	3	D	39,87	0,20
PAONA (PNA)	PNA-6	IIIw	3w	2	D	117,84	0,50
PAONA (PNA)	PNA-7	IIIw	3w	2	D	20,05	0,10
PAONA (PNA)	PNA-8	IVw	4w	1	E	22,24	0,10
PAONA (PNA)	PNA-9	VIs	5	1	E	68,88	0,30
TATARA (TTR)	TTR-1	IIs	2s	5	B	258,96	1,10
TATARA (TTR)	TTR-2	IIs	2s	5	B	150,43	0,70
TATARA (TTR)	TTR-3	IIs	2s	5	B	138,31	0,60
TATARA (TTR)	TTR-4	IIIs	3s	5	C	138,52	0,60
TATARA (TTR)	TTR-5	IIIs	3s	6	C	341,33	1,50
TATARA (TTR)	TTR-6	IIIs	3s	6	C	167,10	0,70
TATARA (TTR)	TTR-7	IIIs	3s	6	C	127,98	0,60
TATARA (TTR)	TTR-8	IIIs	3s	6	C	553,64	2,40
TATARA (TTR)	TTR-9	IVs	4t	6	D	153,11	0,70
TATARA (TTR)	TTR-10	IVs	4s	6	E	157,42	0,70
TATARA (TTR)	TTR-11	VIs	4s	6	E	52,32	0,20
TATARA (TTR)	TTR-12	VIs	4s	6	E	202,78	0,90
TATARA (TTR)	TTR-13	VIs	4s	6	E	79,95	0,40
TATARA (TTR)	TTR-14	VIs	4s	6	E	59,75	0,30
VENTANAS (VTN)	VTN-1	IIIs	2s	5	C	467,08	2,10
VENTANAS (VTN)	VTN-2	IIIs	3s	5	C	11,89	0,10
VENTANAS (VTN)	VTN-3	IIIs	3s	5	D	441,57	1,90
VENTANAS (VTN)	VTN-4	IIIs	3s	5	D	542,72	2,40
VENTANAS (VTN)	VTN-5	IIIs	3s	5	D	102,68	0,50
VENTANAS (VTN)	VTN-6	IIIs	3s	5	D	79,97	0,40
VENTANAS (VTN)	VTN-7	IVs	4t	5	E	108,49	0,50
VENTANAS (VTN)	VTN-8	IVs	4t	5	E	8,12	0,00
VENTANAS (VTN)	VTN-9	IVs	4s	5	E	125,09	0,60
VENTANAS (VTN)	VTN-10	IVs	4s	5	E	48,98	0,20
VENTANAS (VTN)	VTN-11	VI	5	5	E	429,62	1,90
MISCELANEO ESCARPE (E-1)		VII	6	6	E	2.140,86	9,40
MISCELANEO ESCARPE (E-2)		VIII	6	6	E	1.619,66	7,10
MISCELANEO ALUVIAL (MA-1)		VII	6	6	E	3.893,86	16,91
MISCELANEO ALUVIAL (MA-2)		VII	6	6	E	184,34	0,80
MISCELANEO PANTANO (MP)		VIII	6	1	E	434,28	1,90
MISCELANEO QUEBRADA (MQ)		VII	6	6	E	322,60	1,40
MISCELANEO COLUVIAL (MC-1)		VIII	6	6	E	219,74	1,00
MISCELANEO COLUVIAL (MC-2)		VII	6	6	E	157,39	0,70
MISCELANEO PEDREGOSO (R)		VII	6	6	E	33,92	0,10
Total						22.721,56	100,00

VAR = Variación de Serie, CDEU = Capacidad de Uso, ADER = Aptitud de Riego, CDED = Categoría de Drenaje, A. Agrícola = Aptitud Agrícola

Tabla 5.1-2  
Clases de Capacidad de Uso

Capacidad de Uso	Superficie	
	ha	%
I	151,48	0,70
IIs	3.105,55	13,70
IIIs	6.121,91	26,90
IIIw	708,45	3,10
IV	131,51	0,60
IVs	1.622,15	7,10
IVw	22,24	0,20
VI	798,60	3,50
VIs	964,19	4,20
VII	6.821,80	30,00
VIII	2.273,68	10,00
<b>Total</b>	<b>22.721,56</b>	<b>100,00</b>

Tabla 5.1-3  
Aptitud de Riego

Aptitud de Riego	Superficie		Leyenda
	ha	%	
1	1.368,18	6,0	Muy bien adaptado
2s	2.229,90	9,8	Moderadamente bien adaptados
2t	319,00	1,4	Moderadamente bien adaptados
3s	4.416,50	19,4	Pobrementemente adaptado
3t	1.045,37	4,6	Pobrementemente adaptado
3w	708,45	3,1	Pobrementemente adaptado
4s	1.603,92	7,1	Muy pobrementemente adaptado
4t	874,11	3,8	Muy pobrementemente adaptado
4w	22,24	0,2	Muy pobrementemente adaptado
5	600,24	2,6	Condiciones especiales
6	9.533,66	42,0	No aptos
<b>Total</b>	<b>22.721,56</b>	<b>100,0</b>	

Tabla 5.1-4  
Categoría de Drenaje

Aptitud de Drenaje	Superficie		Leyenda
	ha	%	
1	525,41	2,3	Muy Pobrementemente Drenado
2	137,90	0,6	Pobrementemente Drenado
3	570,56	2,5	Drenaje Imperfecto
4	60,45	0,3	Drenaje Moderado
5	9.872,28	43,4	Bien Drenado
6	11.554,97	50,9	Excesivamente Drenado
<b>Total</b>	<b>22.721,56</b>	<b>100,0</b>	

Tabla 5.1-5  
Aptitud Frutal

Aptitud Frutal	Superficie		Leyenda
	ha	%	
A	1.195,19	5,30	Sin Limitación
B	2.219,04	9,80	Ligera Limitación
C	3.945,12	17,40	Moderada Limitación
D	3.663,16	16,10	Severa Limitación
E	11.699,06	51,40	Sin Aptitud
<b>Total</b>	<b>22.721,56</b>	<b>100,00</b>	

#### b) Caracterización General de las Series de Suelos

En Anexo 5.1-1 se entrega la caracterización detallada de los suelos de la cuenca.

#### 5.1.2.2 Cuenca Río Mataquito

##### a) Caracterización General del Área

La cuenca del río Mataquito está conformada por los ríos Teno, por el norte, y Lontué, por el sur, que se unen al poniente de la ciudad de Curico, en donde se inicia el río Mataquito propiamente tal. A este valle se debe considerar como afluente secundario el estero Curepto, el cual desemboca en cercanías de la costa, a la altura de la localidad de Lora. La cuenca del río Mataquito está ubicado a los 34°50' de latitud sur.

En la Tabla 5.1-6 se presenta las series presentes en la cuenca del río Mataquito con sus respectivos parámetros agrológicos.

En las Tablas 5.1-7 a la 5.1-10 se presenta el desglose de la superficie para cada una de los parámetros agrológicos estudiados en los suelos presentes en la cuenca del río Mataquito.

De la Tabla 5.1-7 se desprende que en la cuenca del río Mataquito el 27,04% de los suelos se clasifica en las Clases I, IIs y IIIs, los que no presentan limitaciones para ser cultivados. Los suelos no cultivables, por su parte, representan un 30,6%, son los que corresponden a las capacidades VIw y VII. El resto de los suelos, presentan limitaciones principalmente por suelo, seguidas de drenaje.

En cuanto a la aptitud de riego, es interesante señalar que sólo un 7,0% de los suelos de la cuenca del río Mataquito son muy apropiados para el regadío y no presentan restricciones a esta práctica (Tabla 5.1-8). Entretanto, los moderadamente adaptados representan el 14,3% y poseen leves limitaciones, por lo que en ellos se pueden utilizar métodos tradicionales de riego con algunas prácticas de

conservación, se clasifican en aptitud de riego 2. Los suelos pobremente adaptados al riego suman el 16,4%; en éstos es necesario realizar un manejo cuidadoso del riego, mientras que en aquellos cultivos más exigentes es adecuado el uso de riego tecnificado. Aquellos suelos que presentan serias limitaciones al regadío, cubren el 5,3% de la superficie. Por último, cabe indicar que un 56,1% no son apropiados para el regadío.

En el ámbito del drenaje, es preciso indicar que del orden de un 15,9% de los suelos de esta cuenca presenta problemas de drenaje. Así, de la Tabla 5.1-9, se deduce que más del 84% de los suelos no presenta problemas de drenaje.

Tabla 5.1-6  
Características Agrológicas Cuenca Río Mataquito

Serie	Variación de Serie	Capacidad de Uso	Aptitud de Riego	Aptitud de Drenaje	Aptitud Frutal	Superficie	
						ha	%
COLLÍN (COL)	COL-1	IIW	3w	3	E	24,00	0,01
COLLÍN (COL)	COL-2	IIW	3w	3	E	30,35	0,01
COLLÍN (COL)	COL-3	IIW	3w	3	E	250,02	0,10
COLLÍN (COL)	COL-4	IVW	3w	3	E	113,07	0,05
COLLÍN (COL)	COL-5	IVW	4w	2	E	245,11	0,10
COLLÍN (COL)	COL-6	IVW	4w	2	E	78,32	0,03
COMALLE (CME)	CME-2	IIW	2w	3	E	319,65	0,13
COMALLE (CME)	CME-3	IIW	2w	3	E	527,07	0,22
COMALLE (CME)	CME-4	IIW	2w	3	E	140,43	0,06
CONDELL (CDL)	CDL-1	IIW	1	4	B	457,15	0,19
CONDELL (CDL)	CDL-2	IIW	1	4	B	212,85	0,09
CONDELL (CDL)	CDL-3	IIW	1	4	B	603,74	0,25
CONDELL (CDL)	CDL-4	IIW	2w	3	C	393,03	0,16
CONDELL (CDL)	CDL-5	IIW	2w	3	C	928,32	0,38
CONDELL (CDL)	CDL-6	IIW	2w	3	C	228,59	0,09
CONDELL (CDL)	CDL-7	IIW	3w	3	C	115,16	0,05
CONDELL (CDL)	CDL-8	IVW	4w	2	E	33,06	0,01
CONSTITUCION (KT)	KT	VI	6	5	E	58.606,82	24,24
CULPEHUE (CLE)	CLE-1	IIS	1	4	B	210,56	0,09
CULPEHUE (CLE)	CLE-2	IIS	2s	5	B	52,31	0,02
CULPEHUE (CLE)	CLE-3	IIS	2s	6	B	82,21	0,03
CULPEHUE (CLE)	CLE-4	IIW	2w	4	B	525,27	0,22
CULPEHUE (CLE)	CLE-5	IIW	2w	4	B	44,64	0,02
CULPEHUE (CLE)	CLE-6	IIW	2w	3	D	96,13	0,04
CULPEHUE (CLE)	CLE-7	IIW	2w	3	D	35,96	0,01
CULPEHUE (CLE)	CLE-8	IIW	2w	3	D	82,63	0,03
CULPEHUE (CLE)	CLE-9	IVS	4s	6	E	63,90	0,03
CULPEHUE (CLE)	CLE-10	IVS	4s	6	E	58,86	0,02
CUREPTO (CRP)	CRP-1	IIW	2w	4	E	86,93	0,04
CUREPTO (CRP)	CRP-2	IIW	2w	3	E	117,15	0,05
CUREPTO (CRP)	CRP-3	IVW	4w	2	E	32,81	0,01
CURICÓ (CRC)	CRC-1	IIW	2w	3	E	152,22	0,06
CURICÓ (CRC)	CRC-2	IIW	2w	3	E	455,23	0,19
CURICÓ (CRC)	CRC-3	IIW	2w	3	E	1.160,54	0,48
CURICÓ (CRC)	CRC-4	IIW	3w	3	E	82,59	0,03
CURICÓ (CRC)	CRC-6	IIW	3w	3	E	515,33	0,21
CHEQUENLEMO (CHM)	CHM-1	IIW	2w	4	E	82,77	0,03
CHEQUENLEMO (CHM)	CHM-2	IIW	2w	3	E	498,41	0,21
CHEQUENLEMO (CHM)	CHM-4	IIW	3w	2	E	42,76	0,02
DOMULGO (DMG)	DMG-1	I	1	5	A	17,80	0,01
DOMULGO (DMG)	DMG-2	IIW	1	4	B	172,97	0,07
DOMULGO (DMG)	DMG-3	IIW	1	4	B	37,10	0,02
DOMULGO (DMG)	DMG-4	IIW	2t	4	B	1,68	0,00
DOMULGO (DMG)	DMG-5	IIS	3t	4	B	32,25	0,01
EL MOLINO (ELM)	ELM-1	IVW	3w	2	E	831,42	0,34
EL MOLINO (ELM)	ELM-2	IVW	3w	2	E	43,46	0,02
EL MOLINO (ELM)	ELM-3	IVW	4w	1	E	222,27	0,09
EL PEÑÓN (EPN)	EPN-1	IIW	2w	3	E	165,27	0,07
EL PEÑÓN (EPN)	EPN-2	IIW	2w	3	E	70,37	0,03
EL PEÑÓN (EPN)	EPN-3	IIW	3w	3	E	190,74	0,08
EL PEÑÓN (EPN)	EPN-4	IIW	3w	3	E	85,85	0,04
EL PEÑÓN (EPN)	EPN-5	IVW	4w	2	E	441,46	0,18
EL PEÑÓN (EPN)	EPN-6	IVW	4w	2	E	106,47	0,04
EL PEÑÓN (EPN)	EPN-7	IVW	4w	2	E	106,38	0,04
EL PEÑÓN (EPN)	EPN-8	IVW	4w	2	E	92,74	0,04
EL PEÑÓN (EPN)	EPN-9	IVW	4w	2	E	161,35	0,07
GUALAS (GLS)	GLS-6	IVW	3w	2	E	204,59	0,08
GUAYCUTÁN (GTA)	GTA-1	IIW	1	4	B	303,98	0,13
GUAYCUTÁN (GTA)	GTA-2	IIW	2w	3	D	936,83	0,39
GUAYCUTÁN (GTA)	GTA-3	IIW	2w	3	D	35,21	0,01
GUAYCUTÁN (GTA)	GTA-4	IVW	4w	2	E	92,93	0,04
GUAYQUILLO (GUQ)	GUQ-1	IIW	2w	3	E	596,10	0,25
GUAYQUILLO (GUQ)	GUQ-2	IIW	2w	3	E	399,98	0,17
GUAYQUILLO (GUQ)	GUQ-3	IVW	4w	2	E	100,27	0,04
GOYANA (GYN)	GYN-1	IIW	2w	4	D	1,32	0,00
HUALAÑÉ (HLE)	HLE-1	IIW	5	3	E	166,77	0,07
HUALAÑÉ (HLE)	HLE-2	IIW	5	3	E	1.111,88	0,46
HUALAÑÉ (HLE)	HLE-4	IVW	5	3	E	189,13	0,08
HUALAÑÉ (HLE)	HLE-5	VW	6	3	E	20,02	0,01
HUECÁN (HAN)	HAN-1	IIS	1	5	B	108,19	0,04

VAR = Variación de Serie, CDEU = Capacidad de Uso, ADER = Aptitud de Riego, CDED = Categoría de Drenaje, A. Agrícola = Aptitud Agrícola

Tabla 5.1-6 (Continuación)  
Características Agrológicas Cuenca Río Mataquito

Serie	Variación de Serie	Capacidad de Uso	Aptitud de Riego	Aptitud de Drenaje	Aptitud Frutal	Superficie	
						ha	%
LIMANQUE (LMQ)	LMQ-4	IIIs	2s	5	C	6.088,41	2,52
LIMANQUE (LMQ)	LMQ-5	IIIs	3s	5	D	2.312,57	0,96
LIMANQUE (LMQ)	LMQ-6	IIIs	3s	6	D	1.037,58	0,43
LIMANQUE (LMQ)	LMQ-7	IVs	4s	5	E	298,51	0,12
LOMA GRANDE (LGD)	LGD-1	IIIs	2s	5	D	10,96	0,00
LOMA GRANDE (LGD)	LGD-2	IIIs	2s	5	D	43,37	0,02
LOMA GRANDE (LGD)	LGD-3	IIIs	3s	5	D	236,74	0,10
LOMA GRANDE (LGD)	LGD-4	IIIs	3s	6	D	101,09	0,04
LOMA GRANDE (LGD)	LGD-5	IIIs	3s	5	D	418,71	0,17
LOMA GRANDE (LGD)	LGD-7	VIIs	6	6	E	96,46	0,04
LOMA GRANDE (LGD)	LGD-8	VIIs	6	6	E	8,61	0,00
LONTUÉ (LNT)	LNT-1	IIIs	3s	6	D	5.268,63	2,18
LONTUÉ (LNT)	LNT-2	IIIs	2s	6	C	1.433,36	0,59
LONTUÉ (LNT)	LNT-3	IIIs	2s	6	C	875,10	0,36
LONTUÉ (LNT)	LNT-4	IIIs	2s	6	C	381,08	0,16
LONTUÉ (LNT)	LNT-5	IIIs	2s	4	C	1.191,84	0,49
LONTUÉ (LNT)	LNT-6	IIIs	2s	4	D	177,93	0,07
LONTUÉ (LNT)	LNT-7	IIIs	3s	5	D	918,12	0,38
LONTUÉ (LNT)	LNT-8	IIIs	3s	6	D	640,18	0,26
LONTUÉ (LNT)	LNT-9	IIIs	3s	6	D	2.512,87	1,04
LONTUÉ (LNT)	LNT-10	IIIs	3s	4	D	443,65	0,18
LONTUÉ (LNT)	LNT-11	IIIs	3s	5	E	120,03	0,05
LONTUÉ (LNT)	LNT-12	IVs	3s	6	E	160,08	0,07
LONTUÉ (LNT)	LNT-13	IVs	3s	6	E	446,55	0,18
LONTUÉ (LNT)	LNT-14	IVs	4s	6	E	3.815,13	1,58
LONTUÉ (LNT)	LNT-15	IVs	4s	6	E	49,82	0,02
LONTUÉ (LNT)	LNT-16	IVs	4s	6	E	1.175,83	0,49
LONTUÉ (LNT)	LNT-17	VI	6	6	E	232,88	0,10
LOS COIPOS (LCP)	LCP-1	IVw	4w	3	E	104,53	0,04
LOS QUEÑES (LQS)	LQS-1	IIs	1	5	B	85,00	0,04
LOS QUEÑES (LQS)	LQS-2	IIIs	2t	5	C	216,02	0,09
LOS QUEÑES (LQS)	LQS-3	IIIs	2t	5	C	454,38	0,19
LOS QUEÑES (LQS)	LQS-4	IIIs	2s	5	C	248,07	0,10
LOS QUEÑES (LQS)	LQS-5	IIIs	3t	5	C	621,35	0,26
LOS QUEÑES (LQS)	LQS-6	IIIs	2t	5	C	63,97	0,03
LOS QUEÑES (LQS)	LQS-7	IIIs	3t	5	C	139,83	0,06
LOS QUEÑES (LQS)	LQS-8	IIIs	3t	5	D	57,81	0,02
LOS QUEÑES (LQS)	LQS-9	IIIs	3t	4	D	20,89	0,01
LOS QUEÑES (LQS)	LQS-11	IIIs	3t	5	D	266,78	0,11
LOS QUEÑES (LQS)	LQS-12	IIIs	3t	5	D	105,32	0,04
MACARENA (MAR)	MAR-1	IIIs	2s	5	C	516,81	0,21
MACARENA (MAR)	MAR-2	IIIs	2s	5	C	850,82	0,35
MACARENA (MAR)	MAR-3	IIIs	3s	5	C	170,65	0,07
MACARENA (MAR)	MAR-4	IIIs	3s	5	C	391,36	0,16
MACARENA (MAR)	MAR-5	IIIs	3s	6	C	106,96	0,04
MACARENA (MAR)	MAR-6	IIIs	3s	6	D	111,40	0,05
MACARENA (MAR)	MAR-7	IVs	3s	5	E	211,27	0,09
MACARENA (MAR)	MAR-8	IVs	3s	5	E	41,34	0,02
MACARENA (MAR)	MAR-9	IVs	4s	6	E	111,90	0,05
PALQUIBUDI (PQB)	PQB-1	IIw	1	4	B	208,62	0,09
PALQUIBUDI (PQB)	PQB-2	IIw	1	4	B	68,81	0,03
PALQUIBUDI (PQB)	PQB-4	IIw	2w	3	D	80,77	0,03
PALQUIBUDI (PQB)	PQB-5	IIw	2w	3	D	73,22	0,03
PALQUIBUDI (PQB)	PQB-6	IIw	2w	3	D	25,60	0,01
PALQUIBUDI (PQB)	PQB-7	IIw	3w	3	D	28,58	0,01
PARRAL (PR)	PR	III	3s	5	C	94,58	0,04
PETEROA (PTR)	PTR-1	IIw	1	4	B	21,98	0,01
PETEROA (PTR)	PTR-2	IIw	1	4	B	356,83	0,15
PETEROA (PTR)	PTR-3	IIw	1	4	B	129,86	0,05
PETEROA (PTR)	PTR-4	IIw	2w	3	D	772,18	0,32
PETEROA (PTR)	PTR-5	IIw	2w	3	D	328,97	0,14
PETEROA (PTR)	PTR-6	IIw	3w	3	D	70,61	0,03
PIEDRA BLANCA (PBL)	PBL-1	I	1	5	A	867,10	0,36
PIEDRA BLANCA (PBL)	PBL-2	IIs	1	5	A	219,59	0,09
PIEDRA BLANCA (PBL)	PBL-3	IIs	1	6	A	257,43	0,11
PIEDRA BLANCA (PBL)	PBL-4	IIw	1	4	B	3.271,28	1,35
PIEDRA BLANCA (PBL)	PBL-5	IIw	1	4	B	147,33	0,06
PIEDRA BLANCA (PBL)	PBL-6	IIs	2s	5	B	129,79	0,05
PIEDRA BLANCA (PBL)	PBL-7	IIs	2s	5	B	181,31	0,07
PIEDRA BLANCA (PBL)	PBL-8	IIw	2w	3	C	816,62	0,34

VAR = Variación de Serie, CDEU = Capacidad de Uso, ADER = Aptitud de Riego, CDED = Categoría de Drenaje, A. Agrícola = Aptitud Agrícola

Tabla 5.1-6 (Continuación)  
Características Agrológicas Cuenca Río Mataquito

Serie	Variación de Serie	Capacidad de Uso	Aptitud de Riego	Aptitud de Drenaje	Aptitud Frutal	Superficie	
						ha	%
QUETEQUETE (QTQ)	QTQ-5	llw	1	4	B	636,47	0,26
QUETEQUETE (QTQ)	QTQ-6	llw	1	4	B	295,96	0,12
QUETEQUETE (QTQ)	QTQ-7	llw	2w	3	C	597,49	0,25
QUETEQUETE (QTQ)	QTQ-8	llw	2w	3	C	274,64	0,11
QUICHARCO (QCH)	QCH-1	llw	2w	3	E	49,68	0,02
QUICHARCO (QCH)	QCH-2	llw	2w	3	E	729,42	0,30
QUICHARCO (QCH)	QCH-4	llw	2w	3	E	81,94	0,03
QUICHARCO (QCH)	QCH-5	llw	2w	3	E	110,56	0,05
QUILLAYES (QLY)	QLY-1	llw	2w	3	E	86,76	0,04
QUILLAYES (QLY)	QLY-2	llw	3w	3	E	188,57	0,08
QUILLAYES (QLY)	QLY-3	llw	3w	3	E	664,74	0,27
QUILLAYES (QLY)	QLY-4	llw	3w	3	E	378,12	0,16
QUILLAYES (QLY)	QLY-5	llw	3w	3	E	700,43	0,29
QUILLAYES (QLY)	QLY-6	lvw	4w	2	E	332,23	0,14
QUILLAYES (QLY)	QLY-7	lvw	4w	2	E	91,60	0,04
QUILLAYES (QLY)	QLY-8	lvw	4w	3	E	520,10	0,22
QUILLAYES (QLY)	QLY-9	lvw	4w	3	E	154,51	0,06
QUILLAYES (QLY)	QLY-10	lvw	4w	2	E	153,19	0,06
QUILLAYES (QLY)	QLY-11	VI	6	2	E	35,16	0,01
QUILLAYES (QLY)	QLY-12	VI	6	2	E	241,35	0,10
QUINCHAMALAL (QAL)	QAL-1	llw	2w	3	D	488,43	0,20
QUINCHAMALAL (QAL)	QAL-2	llw	2w	3	D	265,42	0,11
QUINCHAMALAL (QAL)	QAL-3	llw	3w	3	D	53,85	0,02
QUINCHAMALAL (QAL)	QAL-4	llw	3w	3	D	343,23	0,14
YACAN (YAC)	YAC-1	llw	2w	4	C	62,50	0,03
YACAN (YAC)	YAC-2	llw	2w	4	C	28,53	0,01
YACAN (YAC)	YAC-3	llw	2w	4	C	24,94	0,01
YACAN (YAC)	YAC-4	llw	2w	3	D	92,33	0,04
YACAN (YAC)	YAC-5	lls	3t	4	C	8.089,49	3,35
YACAN (YAC)	YAC-6	lls	3t	4	D	13,63	0,01
YACAN (YAC)	YAC-7	lvw	4t	4	E	50,12	0,02
YAQUIL (YQL)	YQL-1	llw	3w	3	E	499,10	0,21
YAQUIL (YQL)	YQL-2	llw	3w	3	E	28,95	0,01
YAQUIL (YQL)	YQL-3	llw	3w	3	E	284,41	0,12
YAQUIL (YQL)	YQL-4	llw	3w	3	E	1.228,35	0,51
YAQUIL (YQL)	YQL-5	llw	3w	3	E	230,11	0,10
YAQUIL (YQL)	YQL-6	lvw	3w	2	E	101,62	0,04
YAQUIL (YQL)	YQL-7	lvw	4w	2	E	23,37	0,01
YAQUIL (YQL)	YQL-8	lvw	4w	2	E	169,66	0,07
YAQUIL (YQL)	YQL-9	lvw	4w	2	E	49,60	0,02
YAQUIL (YQL)	YQL-10	lvw	4t	2	E	179,82	0,07
TALCAREHUE (TLH)	TLH-1	I	1	5	A	370,16	0,15
TALCAREHUE (TLH)	TLH-2	I	1	5	A	746,38	0,31
TALCAREHUE (TLH)	TLH-3	lls	1	5	A	1.255,32	0,52
TALCAREHUE (TLH)	TLH-4	lls	1	5	A	392,27	0,16
TALCAREHUE (TLH)	TLH-5	llw	1	4	B	647,93	0,27
TALCAREHUE (TLH)	TLH-6	lls	2s	5	B	211,41	0,09
TALCAREHUE (TLH)	TLH-7	llw	2s	4	B	98,22	0,04
TALCAREHUE (TLH)	TLH-8	llw	2w	3	C	77,98	0,03
TALHUÉN (TAH)	TAH-2	lvw	5	2	E	134,32	0,06
TALHUÉN (TAH)	TAH-3	lvw	5	3	E	281,57	0,12
TALGUENAL (TAG)	TAG-1	llw	2w	4	B	84,21	0,03
TALGUENAL (TAG)	TAG-3	lls	3s	5	B	68,08	0,03
TALGUENAL (TAG)	TAG-5	llw	3w	3	E	132,15	0,05
TALGUENAL (TAG)	TAG-6	llw	3w	3	E	44,78	0,02
TALGUENAL (TAG)	TAG-7	llw	3w	4	D	5,66	0,00
TENO (TEN)	TEN-1	llw	2w	4	E	346,75	0,14
TENO (TEN)	TEN-2	llw	2w	3	E	551,28	0,23
TENO (TEN)	TEN-3	llw	2w	3	E	272,97	0,11
TENO (TEN)	TEN-4	llw	3w	3	E	904,90	0,37
TENO (TEN)	TEN-5	llw	3w	3	E	443,16	0,18
TENO (TEN)	TEN-6	llw	3w	3	E	1.553,52	0,64
TENO (TEN)	TEN-8	lvw	3t	3	E	652,51	0,27
TENO (TEN)	TEN-10	lvw	4t	3	E	283,84	0,12
TENO (TEN)	TEN-11	lvw	4t	3	E	619,39	0,26
TENO (TEN)	TEN-12	lvw	4t	3	E	27,95	0,01
TONLEMO (TNL)	TNL-1	llw	2w	3	D	13,17	0,01
TONLEMO (TNL)	TNL-2	llw	3w	3	D	286,28	0,12
TONLEMO (TNL)	TNL-3	llw	3w	3	D	282,37	0,12
TONLEMO (TNL)	TNL-4	llw	3w	3	D	709,19	0,29

VAR = Variación de Serie, CDEU = Capacidad de Uso, ADER = Aptitud de Riego, CDED = Categoría de Drenaje, A. Agrícola = Aptitud Agrícola

Tabla 5.1-7  
Clases de Capacidad de Uso

Capacidad de Uso	Superficie	
	ha	%
I	2.900,2	1,2
IIs	7.209,8	3,0
IIw	16.377,4	6,8
III	94,6	0,14
IIIs	38.450,5	15,9
IIIw	24.554,3	10,2
IV	2.472,9	1,0
IVs	6.611,1	2,7
IVw	7.499,5	3,1
VI	61.470,2	25,4
VIs	105,1	0,0
VIw	20,0	0,0
VII	74.000,0	30,6
<b>Total</b>	<b>241.765,5</b>	<b>100,0</b>

Tabla 5.1-8  
Aptitud de Riego

Aptitud de Riego	Superficie		Leyenda
	ha	%	
1	16.872,6	7,0	Muy bien adaptado
2s	14.223,0	5,9	Moderadamente bien adaptados
2t	1.573,8	0,7	Moderadamente bien adaptados
2w	18.711,0	7,7	Moderadamente bien adaptados
3s	15.812,4	6,5	Pobrementemente adaptado
3t	10.746,9	4,4	Pobrementemente adaptado
3w	13.397,0	5,5	Pobrementemente adaptado
4s	8.046,8	3,3	Muy pobrementemente adaptado
4t	1.288,9	0,5	Muy pobrementemente adaptado
4w	3.614,2	1,5	Muy pobrementemente adaptado
5	1.883,7	0,9	Condiciones especiales
6	135.595,3	56,1	No aptos
<b>Total</b>	<b>241.765,5</b>	<b>100,0</b>	

Tabla 5.1-9  
Categoría de Drenaje

Aptitud de Drenaje	Superficie		Leyenda
	ha	%	
1	263,1	0,1	Muy Pobrementemente Drenado
2	4.551,7	1,9	Pobrementemente Drenado
3	33.557,6	13,9	Drenaje Imperfecto
4	21.740,1	9,0	Drenaje Moderado
5	88.625,1	36,7	Bien Drenado
6	93.027,9	38,4	Excesivamente Drenado
<b>Total</b>	<b>241.765,5</b>	<b>100,0</b>	

Tabla 5.1-10  
Aptitud Frutal

Aptitud Frutal	Superficie		Leyenda
	ha	%	
A	5.064,4	2,1	Sin Limitación
B	14.861,8	6,1	Ligera Limitación
C	29.527,0	12,2	Moderada Limitación
D	20.426,4	8,4	Severa Limitación
E	171.885,9	71,2	Sin Aptitud
<b>Total</b>	<b>241.765,5</b>	<b>100,0</b>	

En la Tabla 5.1-10 se presenta la Aptitud Frutal de los suelos, en donde se constata que el 20,4% de la superficie total de la cuenca del río Mataquito, equivalente a 49.320 ha, no presenta severas limitaciones al desarrollo de las especies frutales; un 8,4% presenta severas limitaciones y el 71,2% restante no tiene aptitud frutícola.

#### b) **Caracterización General de las Series de Suelos**

En Anexo 5.1-2 se entrega la caracterización detallada de los suelos de la cuenca.

#### 5.1.3 **Pautas de Clasificación de Suelos**

En el Anexo 5.1-3, se entregan las pautas para la clasificación de suelos, que se refieren a textura, profundidad, pendiente, pedregosidad y rocosidad superficial, erosión, drenaje e inundaciones.

#### 5.1.4 **Clasificaciones Interpretativas**

En Anexo 5.1-4 se entrega un detalle con la interpretaciones de las clases, categorías y aptitudes de los suelos.

## 5.2 ESTUDIO DE CLIMA

### 5.2.1 Introducción

El objetivo de esta actividad es el de caracterizar el clima y agroclima del área de estudio con la finalidad de fijar las posibilidades, que en este aspecto ofrece al desarrollo agropecuario futuro. Estas posibilidades estarán dadas, por una parte, por las características climáticas y, por otra, por los requerimientos climáticos de los diferentes cultivos.

Para caracterizar el clima y agroclima del área en estudio se ha utilizado fundamentalmente la información contenida en el Atlas Agroclimático de Chile de la Universidad de Chile (Fernando Santibañez) del año 1993, base agroclimática de Ciren Corfo, Mapa Agroclimático de Chile del INIA, 1989 y estudio denominado "Cálculo y Cartografía de la Evapotranspiración Potencial en Chile" elaborado por Ciren-Corfo y la Comisión Nacional de Riego, 1997.

### 5.2.2 Aspectos Metodológicos

Los parámetros agroclimáticos, como son las temperaturas efectivas de crecimiento y las horas de frío, se calculan mediante una rutina computacional que estima ambas variables a partir de las temperaturas extremas. Los algoritmos utilizados en este estudio calculan el número de horas en que diariamente la temperatura permanece por debajo de 7°C y la fracción del día en que permanece por sobre 10°C. La sumatoria mensual de estos valores corresponde a las horas de frío y grados-días anuales.

El régimen de heladas se evaluó por generación de probabilidades a partir de las temperaturas mínimas y considerando que éstas se distribuyen normalmente en torno al promedio mensual. Esto se refiere específicamente al período libre de heladas, fechas de la primera y última helada, número de días al año con temperatura mínima inferior a 0°C y número de días con temperatura máxima mayor de 25°C.

La evapotranspiración potencial se estimó con la información del Mapa Agroclimático de Chile de la Universidad de Chile y la base agroclimática de Ciren Corfo, información que fue verificada con la cartográfica del estudio "Cálculo y Cartografía de la Evapotranspiración Potencial en Chile" elaborado por Ciren-Corfo y la Comisión Nacional de Riego. Se debe indicar que los valores obtenidos por el estudio de la Universidad de Chile y Ciren Corfo son muy similares a los determinados en el estudio de la Comisión Nacional de Riego y CIREN CORFO.

A partir de la información de precipitaciones y de la evapotranspiración mensual se calcularon otras variables que caracterizan el régimen hídrico, tales como el déficit hídrico mensual (ETP-PP), el excedente hídrico mensual (PP-ETP) y el índice hídrico mensual.

### 5.2.3 Variables Agroclimática Descritas en el Estudio

A continuación se indica el significado e interpretación de las variables agroclimáticas analizadas en el presente estudio.

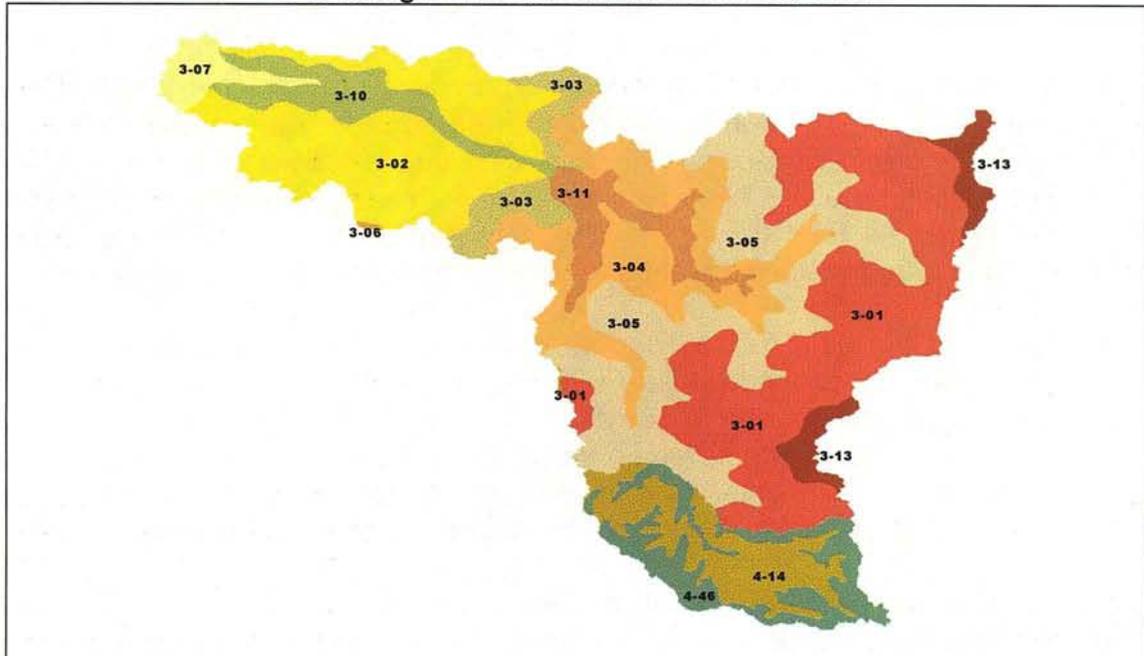
- **Temperaturas Extremas:** Temperaturas extremas máximas y mínimas mensuales de los meses del año.
- **Temperatura Media:** Corresponde a la media producida en cada mes del año.
- **Suma Térmica:** Suma anual de temperaturas. Días-grado. Corresponde a la acumulación de temperaturas efectivas para el crecimiento ( $T_m - T_u$ ), es decir, es la temperatura media ( $T_m$ ) menos una temperatura umbral ( $T_u$ ), siendo  $10^{\circ}\text{C}$ , el valor más ampliamente usado como umbral térmico. Constituye un índice de disponibilidad de calor para el normal desarrollo y maduración de las especies vegetales. La mayor precocidad se obtendrá en los lugares con la mayor suma térmica.
- **Horas de Frío:** Horas anuales en que la temperatura del aire permanece por debajo de  $7^{\circ}\text{C}$ , umbral de sensibilidad para especies que presentan un período de dormancia invernal como parte de su ciclo anual.
- **Radiación Solar de los Meses Extremos:** Radiación solar diaria promedio mensual en  $\text{cal}/\text{cm}^2/\text{día}$ .
- **Humedad Relativa:** Humedad relativa media mensual de todos los meses (%).
- **Precipitaciones:** Precipitación total, mensual y anual, expresada en mm.
- **Evapotranspiración Potencial:** Se entiende por evapotranspiración potencial a la pérdida de agua por evaporación y transpiración, desde un cultivo plenamente desarrollado, en proceso activo de crecimiento y sin déficit de agua en el suelo. Esta variable entrega una idea sobre los aportes a través del riego necesarios como complemento a la almacenada por la precipitación. En general en el país, enero corresponde al mes con mayor valor de evapotranspiración y julio al mes con menor valor. Se entregan los valores expresados en mm.
- **Déficit Hídrico:** Sumatoria anual de las diferencias positivas entre la evapotranspiración potencial mensual y la precipitación. Da una idea de los requerimientos máximos de riego.

- Excedente Hídrico: Diferencias negativas acumuladas entre la evapotranspiración potencial mensual y la precipitación. Corresponde a la suma de los excedentes mensuales acumulados en la estación lluviosa del año.
- Índices de Humedad: Es el cociente entre la precipitación y la evapotranspiración potencial. Convencionalmente se considera un mes seco cuando el agua de las precipitaciones no alcanza a cubrir el 50% de la ETP ( $IH < 0.5$ ). Por el contrario, se considera un mes húmedo cuando la precipitación es mayor que la ETP ( $IH > 1.0$ ). El índice hídrico anual (IHIA) es el cociente entre la precipitación total anual y la evapotranspiración acumulada en el año.
- Período Libre de Heladas: Número promedio de días consecutivos sin heladas en el año. Se extiende desde la fecha de la última helada del año hasta la primera helada del año siguiente. Se entiende por Helada al descenso de la temperatura mínima por debajo de un umbral en que el daño a las plantas es de carácter irreversible. El valor del umbral es muy variable, por lo cual se emplea  $0^{\circ}\text{C}$ , que corresponde al punto crioscópico del agua pura.
- Número de Heladas: Es el número promedio de días al año en que la temperatura mínima es igual o menor que  $0^{\circ}\text{C}$ . Valores inferiores a 1 indican que no todos los años hiela (0.5= hiela cada dos años; 0.1= hiela cada 10 años, etc.)

#### 5.2.4 Cuenca Río Huasco

La cuenca del río Huasco, según la base agroclimática de Ciren Corfo, está conformada por doce distritos agroclimáticos, cuya distribución espacial se presenta en la Figura 5.2-1. Cada uno de ellos presenta características propias, en términos de las variables climáticas, lo que les otorga la condición de permitir el desarrollo y la producción de diferentes especies agrícolas.

Figura 5.2-1  
Plano Agroclimático Cuenca Río Huasco



En la Tabla 5.2-1 se presenta cada uno de estos distritos, con su respectiva representatividad porcentual en la cuenca del río Huasco. En éste se constata que los que abarcan la mayor proporción son los distritos 3-02, 3-01 y 3-04, los que en conjunto suman el 73% del área de estudio.

Tabla 5.2-1  
Representatividad de Distritos Agroclimáticos  
Cuenca Río Huasco

Distrito Agroclimático	Representatividad % dentro Área
3-01	20,5
3-02	32,9
3-03	5,3
3-04	19,6
3-05	7,7
3-06	0,04
3-07	1,0
3-10	0,2
3-11	0,2
3-13	4,0
4-14	7,3
4-46	1,3
<b>Total</b>	<b>100,0</b>

A continuación se presenta la caracterización de todos los distritos agroclimáticos detectados en el área de estudio.

➤ **Distrito 3-01**

El distrito 3-01 corresponde a un distrito con influencia cordillerana. El régimen térmico se caracteriza por temperaturas que varían, en promedio, entre una máxima en Enero de 18,7°C y una mínima en julio de -1,3°C. El período libre de heladas es de 4 días, con un promedio de 145 heladas por año, la primera helada tiene lugar a mediados de Febrero en tanto que la última ocurre a principios de Diciembre. Registra anualmente 411 días-grado y 5.528 horas de frío. El régimen hídrico observa una precipitación media anual de 98 mm, un déficit hídrico de 1.365 mm y un período seco de doce meses.

Las características de este distrito se presentan en la Tabla 5.2-2.

Tabla 5.2-2  
Características Climáticas del Distrito 3-01

Parámetro	Unidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
T. Max	°C	18,7	17,6	15,4	12,6	10,1	8,5	8,3	9,4	11,6	14,4	16,9	18,5	13,5
T. Min	°C	3,2	2,8	2,0	0,9	-0,2	-1,0	-1,3	-0,9	-0,1	1,0	2,1	2,9	1,0
T. Med	°C	10,5	9,8	8,3	6,4	4,7	3,6	3,3	4,0	5,5	7,4	9,1	10,2	6,9
R. Solar	Ly/día	583	535	453	357	275	227	227	275	357	453	535	583	405
H. Relat.	%	33	32	31	29	27	26	25	26	27	29	31	32	29
Precipit.	mm	0,1	0,2	1,1	3,8	8,2	31,1	23,3	19,1	8,2	1,3	0,9	0,7	98
Evap. Pot.	mm	175,0	168,5	150,7	126,5	102,2	84,5	78,0	73,5	87,2	111,4	139,7	164,5	1461,8

Fuente: Base Agroclimática de Ciren Corfo

➤ **Distrito 3-02**

El distrito 3-02 corresponde a un distrito de posición en el valle central. El régimen térmico se caracteriza por temperaturas que varían, en promedio, entre una máxima en Enero de 28,5°C y una mínima en julio de 6,6°C. El período libre de heladas es de 358 días, con un promedio de 0 heladas por año. Registra anualmente 2.247 días-grado y 241 horas de frío. El régimen hídrico observa una precipitación media anual de 25 mm, un déficit hídrico de 1.429 mm y un período seco de doce meses.

Las características de este distrito se presentan en la Tabla 5.2-3.

Tabla 5.2-3  
Características Climáticas del Distrito 3-02

Parámetro	Unidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
T. Max	°C	28,5	27,6	25,9	23,8	21,8	20,5	20,2	21,1	22,8	24,9	26,9	28,2	24,4
T. Min	°C	12,1	11,6	10,5	9,1	7,8	6,8	6,6	7,1	8,2	9,6	10,9	11,9	9,4
T. Med	°C	19,4	18,8	17,4	15,7	14,1	13,0	12,8	13,4	14,8	16,5	18,1	19,2	16,1
R. Solar	Ly/día	611	567	490	402	325	281	281	325	402	490	567	611	446
H. Relat.	%	61	61	60	59	58	57	57	57	58	59	60	61	59
Precipit.	mm	0	0,1	0,3	1	2,1	7,9	5,9	4,9	2,1	0,3	0,2	0,2	25
Evap. Pot.	mm	185,0	177,0	155,0	125,0	95,0	73,0	65,0	63,8	82,4	112,4	145,8	173,6	1453,1

Fuente: Base Agroclimática de Ciren Corfo

➤ **Distrito 3-03**

El distrito 3-03 corresponde a un distrito de posición en el valle central. El régimen térmico se caracteriza por temperaturas que varían, en promedio, entre una máxima en Enero de 29,2°C y una mínima en Julio de 6,3°C. El período libre de heladas es de 353 días, con un promedio de 1 helada por año, la primera fecha para heladas podría ser principios de Junio en tanto que la última a fines de Agosto. Registra anualmente 2.358 días-grado y 282 horas de frío. El régimen hídrico observa una precipitación media anual de 30 mm, un déficit hídrico de 1.525 mm y un período seco de doce meses.

Las características de este distrito se presentan en la Tabla 5.2-4.

**Tabla 5.2-4**  
**Características Climáticas del Distrito 3-03**

Parámetro	Unidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
T. Max	°C	29,2	28,3	26,5	24,3	22,3	21,0	20,7	21,6	23,4	25,6	27,6	28,9	25,0
T. Min	°C	12,5	11,9	10,7	9,1	7,6	6,5	6,3	6,9	8,1	9,7	11,2	12,3	9,4
T. Med	°C	19,9	19,2	17,8	16,0	14,3	13,1	12,9	13,6	15,0	16,8	18,5	19,7	16,4
R. Solar	Ly/día	655	609	528	436	355	309	309	355	436	528	609	655	482
H. Relat.	%	50	49	47	44	42	40	39	40	42	45	47	49	45
Precipit.	mm	0	0,1	0,3	1,2	2,5	9,5	7,1	5,8	2,5	0,4	0,3	0,2	30
Evap. Pot.	mm	192,0	184,2	163,0	134,0	105,0	83,4	76,0	73,0	903,0	119,3	152,3	180,3	1553,2

Fuente: Base Agroclimática de Ciren Corfo

➤ **Distrito 3-04**

El distrito 3-04 corresponde a un distrito de posición en el valle central y áreas de precordillera. El régimen térmico se caracteriza por temperaturas que varían, en promedio, entre una máxima en Enero de 25,1°C y una mínima en Julio de 4,1°C. El período libre de heladas es de 248 días, con un promedio de 11 heladas por año, la primera helada tiene lugar a mediados de Mayo en tanto que la última a mediados de Septiembre. Registra anualmente 1.543 días-grado y 1.072 horas de frío. El régimen hídrico observa una precipitación media anual de 48 mm, un déficit hídrico de 1.483 mm y un período seco de doce meses.

Las características de este distrito se presentan en la Tabla 5.2-5.

**Tabla 5.2-5**  
**Características Climáticas del distrito 3-04**

Parámetro	Unidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
T. Max	°C	25,1	24,3	22,6	20,5	18,6	17,4	17,1	17,9	19,6	21,7	23,6	24,8	21,1
T. Min	°C	10,7	10,1	8,7	7,0	5,4	4,3	4,1	4,7	6,1	7,8	9,4	10,5	7,4
T. Med	°C	17,1	16,4	15,0	13,2	11,5	10,4	10,1	10,8	12,2	14,0	15,7	16,9	13,6
R. Solar	Ly/día	646	598	516	422	340	292	292	340	422	516	598	646	469
H. Relat.	%	45	44	42	38	35	33	32	33	35	39	42	44	39
Precipit.	mm	0	0,1	0,5	1,9	4	15,2	11,4	9,4	4	0,6	0,4	0,3	48
Evap. Pot.	mm	186,0	178,8	159,2	132,5	105,7	86,2	79,0	75,0	90,5	117,2	148,1	174,7	1533,0

Fuente: Base Agroclimática de Ciren Corfo

➤ **Distrito 3-05**

El distrito 3-05 corresponde a un distrito de posición en áreas de precordillera. El régimen térmico se caracteriza por temperaturas que varían, en promedio, entre una máxima en Enero de 21°C y una mínima en Julio de 1,9°C. El período libre de heladas es de 97 días, con un promedio de 46 heladas por año, la primera helada tiene lugar a mediados de Marzo en tanto que la última a principios de Enero. Registra anualmente 833 días-grado y 2.828 horas de frío. El régimen hídrico observa una precipitación media anual de 75 mm, un déficit hídrico de 1.423 mm y un período seco de doce meses.

Las características de este distrito se presentan en la Tabla 5.2-6.

**Tabla 5.2-6**  
**Características Climáticas del Distrito 3-05**

Parámetro	Unidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
T. Max	°C	21,0	20,3	18,8	17,0	15,2	14,1	13,8	14,5	16,0	17,8	19,6	20,7	17,4
T. Min	°C	7,0	6,6	5,6	4,3	3,0	2,1	1,9	2,3	3,3	4,6	5,9	6,8	4,5
T. Med	°C	13,4	12,8	11,7	10,1	8,7	7,7	7,5	8,0	9,2	10,7	12,2	13,1	10,4
R. Solar	Ly/día	618	571	489	394	312	265	265	312	394	489	571	618	442
H. Relat.	%	40	39	37	34	31	29	28	29	31	34	37	39	34
Precipit.	mm	0,1	0,2	0,8	2,9	6,3	23,8	17,8	14,6	6,3	1	0,7	0,5	75
Évap. Pot.	mm	180,0	173,2	154,7	129,5	104,2	85,8	79,0	74,6	89,0	114,2	143,6	169,1	1497,0

Fuente: Base Agroclimática de Ciren Corfo

➤ **Distrito 3-06**

El distrito 3-06 corresponde a un distrito de posición en el valle central. El régimen térmico se caracteriza por temperaturas que varían, en promedio, entre una máxima en Enero de 29,8°C y una mínima en Julio de 4,3°C. El período libre de heladas es de 264 días, con un promedio de 7 heladas por año, la primera helada tiene lugar a mediados de Mayo en tanto que la última a principios de Septiembre. Registra anualmente 2.289 días-grado y 658 horas de frío. El régimen hídrico observa una precipitación media anual de 30 mm, un déficit hídrico de 1.474 mm y un período seco de doce meses.

Las características de este distrito se presentan en la Tabla 5.2-7.

**Tabla 5.2-7**  
**Características Climáticas del Distrito 3-06**

Parámetro	Unidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
T. Max	°C	29,8	28,9	27,0	24,7	22,6	21,3	21,0	21,9	23,8	26,1	28,2	29,5	25,4
T. Min	°C	12,1	11,3	9,7	7,7	5,8	4,6	4,3	5,1	6,7	8,7	10,6	11,8	8,2
T. Med	°C	20,0	19,2	17,5	15,5	13,6	12,3	12,1	12,9	14,6	16,6	18,5	19,7	16,0
R. Solar	Ly/día	627	582	504	414	336	291	291	336	414	504	582	627	459
H. Relat.	%	58	58	56	54	53	51	51	51	53	55	56	58	54
Precipit.	mm	0	0	0	1,5	2,9	9,4	6,4	5,3	3,1	0,8	0,5	0,2	30
Évap. Pot.	mm	191,0	182,8	160,2	129,5	98,7	76,2	68,0	66,6	85,6	116,4	150,6	179,2	1505,0

Fuente: Base Agroclimática de Ciren Corfo

➤ **Distrito 3-07**

El distrito 3-07 corresponde a un distrito de posición costera. El régimen térmico se caracteriza por temperaturas que varían, en promedio, entre una máxima en Enero de 24,8°C y una mínima en Julio de 6,9°C. El período libre de heladas es de 356 días, con un promedio de 0 heladas por año. Registra anualmente 1.901 días-grado y 231 horas de frío. El régimen hídrico observa una precipitación media anual de 29 mm, un déficit hídrico de 1.214 mm y un período seco de doce meses.

Las características de este distrito se presentan en la Tabla 5.2-8.

Tabla 5.2-8  
Características Climáticas del Distrito 3-07

Parámetro	Unidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
T. Max	°C	24,8	24,1	22,5	20,6	18,8	17,6	17,3	18,0	19,6	21,5	23,3	24,5	21,1
T. Min	°C	14,2	13,5	12,0	10,1	8,3	7,2	6,9	7,6	9,1	11,0	12,8	13,9	10,6
T. Med	°C	18,6	17,9	16,5	14,6	12,9	11,8	11,6	12,3	13,7	15,5	17,2	18,4	15,1
R. Solar	Ly/día	535	494	423	340	269	228	228	269	340	423	494	535	382
H. Relat.	%	71	71	73	75	76	78	78	78	76	74	73	71	75
Precipit.	mm	0	0	0	1,4	2,8	9	6,1	5,1	3	0,7	0,5	0,1	29
Evap. Pot.	mm	163,0	155,4	134,7	106,5	78,2	57,6	50,0	50,5	68,6	96,8	127,7	152,8	1242,0

Fuente: Base Agroclimática de Ciren Corfo

➤ **Distrito 3-10**

El distrito 3-10 corresponde a un distrito de posición costera. El régimen térmico se caracteriza por temperaturas que varían, en promedio, entre una máxima en Enero de 26,8°C y una mínima en Julio de 6,5°C. El período libre de heladas es de 349 días, con un promedio de 1 helada por año, las heladas pueden producirse entre fines de Junio y principios de Agosto. Registra anualmente 2.050 días-grado y 288 horas de frío. El régimen hídrico observa una precipitación media anual de 40 mm, un déficit hídrico de 1.324 mm y un período seco de doce meses.

Las características de este distrito se presentan en la Tabla 5.2-9.

Tabla 5.2-9  
Características Climáticas del Distrito 3-10

Parámetro	Unidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
T. Max	°C	26,8	26,0	24,4	22,4	20,6	19,4	19,1	19,9	21,5	23,5	25,3	26,5	23,0
T. Min	°C	12,5	12,0	10,8	9,2	7,7	6,7	6,5	7,0	8,2	9,8	11,3	12,3	9,5
T. Med	°C	18,8	18,1	16,8	15,1	13,5	12,5	12,2	12,8	14,2	15,9	17,5	18,5	15,5
R. Solar	Ly/día	591	547	470	382	305	261	261	305	382	470	547	591	426
H. Relat.	%	67	67	68	69	69	70	70	70	69	68	68	67	69
Precipit.	mm	0	0	0,1	2	3,9	12,5	8,5	7,1	4,1	1	0,7	0,2	40
Evap. Pot.	mm	177,0	169,0	147,0	117,0	87,0	65,0	57,0	57,0	76,0	106,0	138,9	166,0	1362,9

Fuente: Base Agroclimática de Ciren Corfo

➤ **Distrito 3-11**

El distrito 3-11 corresponde a un distrito de posición en el valle central. El régimen térmico se caracteriza por temperaturas que varían, en promedio, entre una máxima en Enero de 30,1°C y una mínima en Julio de 6,8°C. El período libre de heladas es de 364 días, con un promedio de 0 heladas por año. Registra anualmente 2.796 días-grado y 145 horas de frío. El régimen hídrico observa una precipitación media anual de 65 mm, un déficit hídrico de 1.548 mm y un período seco de doce meses.

Las características de este distrito se presentan en la Tabla 5.2-10.

**Tabla 5.2-10**  
**Características Climáticas del Distrito 3-11**

Parámetro	Unidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
T. Max	°C	30,1	29,5	28,1	26,3	24,6	23,5	23,3	23,9	25,3	27,1	28,8	29,9	26,7
T. Min	°C	13,9	13,2	11,8	9,9	8,2	7,1	6,8	7,5	8,9	10,8	12,5	13,6	10,4
T. Med	°C	21,0	20,4	19,0	17,3	15,7	14,6	14,4	15,0	16,4	18,1	19,7	20,8	17,7
R. Solar	Ly/día	655	605	520	422	337	287	287	337	422	520	605	655	471
H. Relat.	%	51	50	49	47	45	44	43	44	45	47	49	50	47
Precipit.	mm	0,1	0,1	0,7	2,5	5,5	20,6	15,5	12,7	5,5	0,8	0,6	0,5	65
Evap. Pot.	mm	203,0	194,4	171,0	139,0	107,0	83,6	75,0	73,0	92,5	124,5	160,4	190,5	1613,9

Fuente: Base Agroclimática de Ciren Corfo

➤ **Distrito 3-13**

El distrito 3-13 corresponde a un distrito de posición en la alta cordillera. El régimen térmico se caracteriza por temperaturas que varían, en promedio, entre una máxima en Enero de 16,8°C y una mínima en Julio de -2,1°C. El período libre de heladas es de 0 días, con un promedio de 177 heladas por año. Registra anualmente 270 días-grado y 6.489 horas de frío. El régimen hídrico observa una precipitación media anual de 120 mm, un déficit hídrico de 1.337 mm y un período seco de doce meses.

Las características de este distrito se presentan en la Tabla 5.2-11.

**Tabla 5.2-11**  
**Características Climáticas del Distrito 3-13**

Parámetro	Unidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
T. Max	°C	16,8	15,7	13,4	10,6	8,0	6,4	6,2	7,3	9,6	12,4	15,0	16,6	11,5
T. Min	°C	2,1	1,8	1,0	0,0	-1,1	-1,8	-2,1	-1,8	-1,0	0,0	1,1	1,8	0,0
T. Med	°C	9,0	8,3	6,9	5,0	3,3	2,2	2,0	2,7	4,1	5,9	7,7	8,8	5,5
R. Solar	Ly/día	540	494	414	322	242	196	196	242	322	414	494	540	368
H. Relat.	%	29	29	28	26	25	24	24	24	25	27	28	29	27
Precipit.	mm	0,1	0,2	1,3	4,7	10,1	38	28,6	23,4	10,1	1,6	1,1	0,8	120
Evap. Pot.	mm	175,0	168,4	150,5	126,0	101,5	83,6	77,0	72,7	86,6	111,1	139,6	164,4	1456,5

Fuente: Base Agroclimática de Ciren Corfo

➤ **Distrito 4-14**

El distrito 4-14 corresponde a un distrito de posición cordillerana. Este distrito posee menos información climática que los anteriores, pero se puede señalar que registra un período libre de heladas de 165 días, una suma térmica de 350 días-grado, 2.000 horas de frío, un déficit hídrico de 1.000 mm y un período seco de nueve meses.

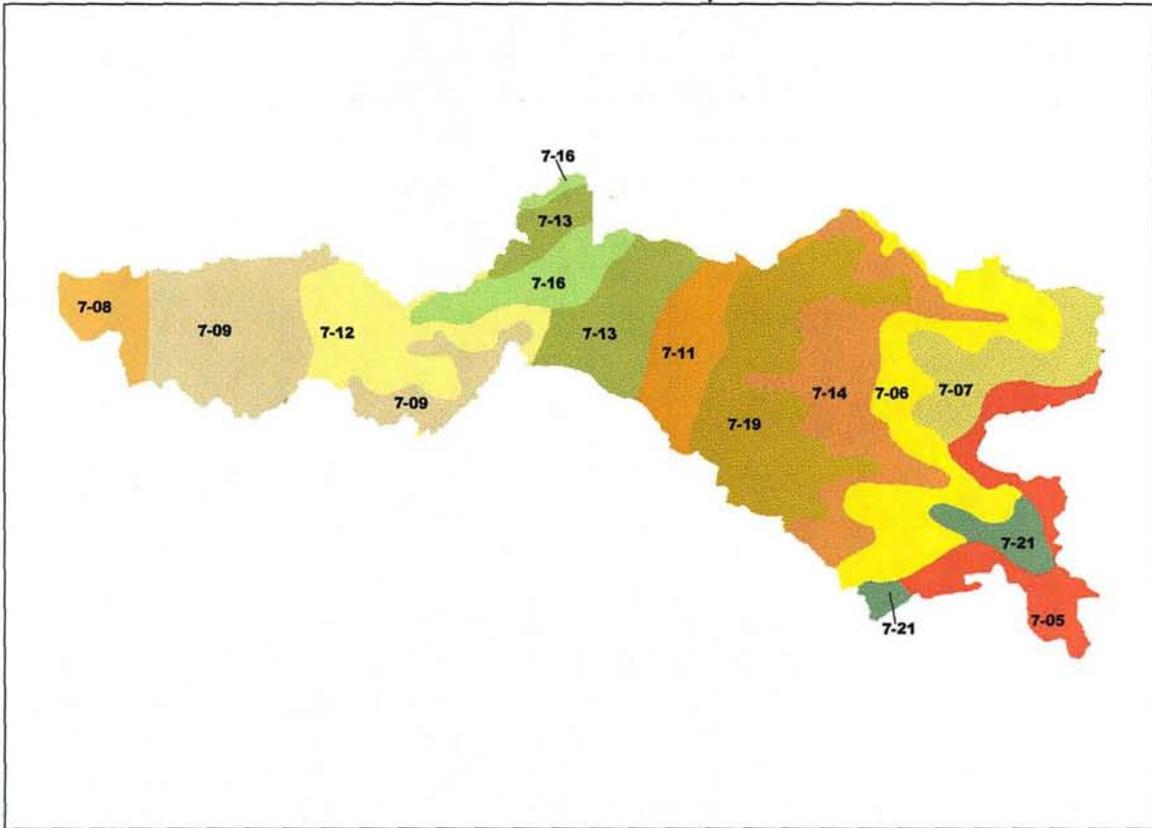
➤ **Distrito 4-46**

El distrito 4-46 corresponde a un distrito de posición cordillerana. Este distrito posee menos información climática que los anteriores, pero se puede señalar que registra un período libre de heladas de 120 días, una suma térmica de 260 días-grado, 5.000 horas de frío, un déficit hídrico de 1.000 mm y un período seco de once meses.

### **5.2.5 Cuenca Río Mataquito**

La cuenca del río Mataquito, según un estudio de la Universidad de Chile, está conformada por doce distritos agroclimáticos, cuya distribución espacial se presenta en la Figura 5.2-2. Cada uno de ellos presenta características propias, en términos de las variables climáticas, lo que les otorga la condición de permitir el desarrollo y la producción de diferentes especies agrícolas.

Figura 5.2-2  
Plano Agroclimático  
Cuenca del Río Mataquito



En la Tabla 5.2-12 se presenta la representatividad porcentual de cada uno de estos distritos en la cuenca del río Mataquito. En este se constata que los que abarcan la mayor proporción son los distritos 7-09, 7-16, 7-06, 7-13 y 7-12, los que en conjunto suman el 74,2% del área de estudio.

Tabla 5.2-12  
Representatividad de Distritos Agroclimáticos  
Cuenca Río Mataquito

Distrito Agroclimático	Representatividad % dentro Área
7-05	2,7
7-06	13,5
7-07	1,0
7-08	2,5
7-09	19,8
7-11	2,4
7-12	12,7
7-13	13,2
7-14	3,9
7-16	15,0
7-19	7,5
7-21	5,8
<b>Total</b>	<b>100,0</b>

A continuación se presenta la caracterización de todos los distritos agroclimáticos detectados en el área de estudio. Se debe señalar que el código entre paréntesis corresponde al utilizado en el Atlas Agroclimático de Chile de la Universidad de Chile (Fernando Santibañez), del año 1993 y el que se encuentra libre de paréntesis, al adoptado en el estudio denominado "Diagnóstico Actual del Riego y Drenaje en Chile y su Proyección", realizado por la empresa Ayala, Cabrera y Asociados Ltda. para la Comisión Nacional de Riego, 2000.

➤ **Distrito 7-05 (7.5)**

El distrito 7-05 (7.5) corresponde a un clima Templado Microtermal Estenotérmico Mediterráneo Húmedo con posición en alta cordillera. El régimen térmico se caracteriza por temperaturas que varían, en promedio, entre una máxima en Enero de 14,4°C y una mínima en julio de -3,6°C. El período libre de heladas es de 0 días, con un promedio de 233 heladas por año. Registra anualmente 138 días-grado y 7.062 horas de frío. El régimen hídrico observa una precipitación media anual de 2.534 mm, un déficit hídrico de 405 mm y un período seco de tres meses.

La altitud determina un régimen extremadamente frío durante todo el año, a la vez que una amplia pluviometría reduce el período seco. Las características de este distrito se presentan en la Tabla 5.2-13.

Tabla 5.2-13  
Características Climáticas del Distrito 7-05 (7.5)

Parámetro	Unidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
T. Max	°C	14,4	13,6	11,3	8,2	5,2	2,9	2,1	2,5	4,5	7,6	10,9	13,5	8,1
T. Min	°C	3,0	2,6	1,3	-0,3	-2,0	-3,2	-3,6	-3,2	-2,3	-0,7	1,1	2,5	-0,4
T. Med	°C	8,3	7,7	6,1	3,8	1,5	-0,1	-0,7	-0,3	1,0	3,3	5,7	7,6	3,7
Suma T.	D.G.	38	32	16	5	0	0	0	0	0	3	14	31	138
Hrs. Frio	Horas	368	405	515	620	709	709	709	709	709	662	535	410	7.062
R. Solar	Ly/día	568	539	460	353	245	167	138	167	246	353	461	539	353
H. Relat.	%	40	41	43	46	48	50	51	50	48	45	42	41	45
Precipit.	mm	37,8	41,5	62,7	141	465	550	461	385	173	104	65	48	2534
Evap. Pot.	mm	150,0	140,6	115,0	80,0	45,0	19,4	10,0	19,4	45,0	80,0	115,0	140,6	960,0
Def. Hidr.	mm	-111,9	-98,8	-52,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-49,8	-92,3	-405,0
Exd. Hidr.	mm	0,0	0,0	0,0	61,0	419,9	530,6	450,9	365,6	128,0	24,0	0,0	0,0	1980,0
Ind. Humed.	pp/etp	0,25	0,30	0,55	1,76	10,33	28,38	46,10	19,87	3,84	1,30	0,57	0,34	2,64
Heladas A	días	7,7	8,4	14,0	19,6	25,6	27,8	29,7	28,7	25,8	21,6	14,5	9,5	233,0
Heladas S	días	15,9	16,2	23,1	28,0	31,0	30,0	31,0	31,0	30,0	30,0	23,3	18,2	307,7

Fuente: Atlas Agroclimático de Chile de la Universidad de Chile (Fernando Santibañez), 1993.

### ➤ Distrito 7-06 (74.1)

El distrito 7-06 (74.1) corresponde a un clima Templado Microtermal Estenotérmico Mediterráneo Subhúmedo con posición en cordillera media. El régimen térmico se caracteriza por temperaturas que varían, en promedio, entre una máxima en Enero de 18,7°C y una mínima en julio de -2,1°C. el período libre de heladas es de 0 días, con un promedio de 168 heladas por año. Registra anualmente 344 días-grado y 5.718 horas de frío. El régimen hídrico observa una precipitación media anual de 1.527 mm, un déficit hídrico de 602 mm y un período seco de cinco meses.

La altitud determina un régimen térmico frío con un alto índice de heladas y un aumento considerable en las precipitaciones. Las características de este distrito se presentan en la Tabla 5.2-14.

Tabla 5.2-14  
Características Climáticas del Distrito 7-06 (74.1)

Parámetro	Unidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
T. Max	°C	18,7	17,8	15,2	11,8	8,3	5,8	4,9	5,4	7,7	11,1	14,8	17,7	11,6
T. Min	°C	5,0	4,5	3,2	1,4	-0,3	-1,6	-2,1	-1,6	-0,7	1,1	3,0	4,5	1,4
T. Med	°C	11,3	10,6	8,8	6,3	3,8	2,0	1,3	1,8	3,3	5,8	8,5	10,6	6,2
Suma T.	D.G.	79	69	45	19	5	0	0	0	3	16	41	67	344
Hrs. Frio	Horas	168	218	339	492	613	707	707	707	653	530	359	225	5.718
R. Solar	Ly/día	575	547	469	363	257	179	151	179	257	363	469	547	363
H. Relat.	%	44	45	47	50	53	55	56	55	52	49	47	45	50
Precipit.	mm	20,5	23,3	34,4	82,1	284,9	338,9	281,9	237	102	60	36	26	1527
Evap. Pot.	mm	158,0	148,4	122,2	86,5	50,7	24,6	15,0	24,6	50,8	86,5	122,3	148,4	1038,0
Def. Hidr.	mm	-140,3	-127,7	-89,6	-4,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-27,0	-88,0	-124,9	-602,0
Exd. Hidr.	mm	0,0	0,0	0,0	0,0	236,8	317,8	269,9	214,7	51,8	0,0	0,0	0,0	1091,0
Ind. Humed.	pp/etp	0,13	0,16	0,28	0,95	5,62	13,79	18,80	9,64	2,01	0,69	0,29	0,18	1,47
Heladas A	días	2,3	2,9	6,9	13,2	20,5	24,0	26,2	24,8	21,1	15,1	7,6	3,4	168,0
Heladas S	días	7,1	8,1	14,8	22,0	29,0	30,0	31,0	31,0	29,1	24,2	15,5	9,3	251,1

Fuente: Atlas Agroclimático de Chile de la Universidad de Chile (Fernando Santibañez), 1993.

➤ **Distrito 7-07 (74.2)**

El distrito 7-07 (74.2) corresponde a un clima Templado Microtermal Estenotérmico Mediterráneo Húmedo con posición en la cordillera media. El régimen térmico se caracteriza por temperaturas que varían, en promedio, entre una máxima en Enero de 13,6°C y una mínima en julio de -4,6°C. el período libre de heladas es de 0 días, con un promedio de 254 heladas por año. Registra anualmente 165 días-grado y 7.119 horas de frío. El régimen hídrico observa una precipitación media anual de 1.400 mm, un deficit hídrico de 593 mm y un período seco de cinco meses.

La altitud determina un régimen térmico notablemente frío a la vez que una alta pluviometría respecto de la región, lo que reduce el período seco estival. Las características de este distrito se presentan en la Tabla 5.2-15.

Tabla 5.2-15  
Características Climáticas del Distrito 7-07 (74.2)

Parámetro	Unidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
T. Max	°C	13,6	12,9	11,0	8,3	5,7	3,8	3,1	3,4	5,1	7,7	10,5	12,8	8,2
T. Min	°C	2,6	2,1	0,8	-1,0	-2,8	-4,1	-4,6	-4,1	-3,2	-1,4	0,5	2,0	-1,1
T. Med	°C	7,7	7,2	5,6	3,5	1,4	-0,2	-0,7	-0,4	0,9	3,0	5,3	7,1	3,4
Suma T.	D.G.	46	35	21	7	0	0	0	0	0	5	18	34	165
Hrs. Frío	Horas	399	433	531	614	702	702	702	702	702	652	540	439	7.119
R. Solar	Ly/día	569	541	464	359	254	177	149	177	254	359	464	541	359
H. Relat.	%	41	42	44	47	49	51	52	51	49	46	43	42	46
Precipit.	mm	16,7	19,9	28,6	72,7	264,8	316,8	262,8	220,9	90,9	54	30	22	1400
Evap. Pot.	mm	151,0	141,6	115,7	80,5	45,2	19,4	10,0	19,4	45,3	80,5	115,8	141,6	966,0
Def. Hidr.	mm	-136,7	-123,8	-88,7	-7,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-27,0	-87,3	-121,7	-593,0
Exd. Hidr.	mm	0,0	0,0	0,0	0,0	221,6	300,0	255,1	203,2	46,1	0,0	0,0	0,0	1026,0
Índ. Humed.	pp/etp	0,11	0,14	0,25	0,90	5,86	16,30	26,30	11,37	2,01	0,67	0,26	0,16	1,45
Heladas A	días	9,0	9,8	16,0	21,8	27,6	29,4	31,0	30,4	27,6	23,7	16,4	11,1	253,8
Heladas S	días	17,7	18,0	25,2	29,9	31,0	30,0	31,0	31,0	30,0	31,0	25,3	20,2	320,3

Fuente: Atlas Agroclimático de Chile de la Universidad de Chile (Fernando Santibañez), 1993.

➤ **Distrito 7-08 (76.1)**

El distrito 7-08 (76.1) corresponde a un clima Templado Mesotermal Inferior Estenotérmico Mediterráneo Semiárido con posición de litoral y vertiente occidental de serranías costeras. El régimen térmico se caracteriza por temperaturas que varían, en promedio, entre una máxima en Enero de 24,0°C y una mínima en julio de 6,3°C. El período libre de heladas es de 339 días, con un promedio de 1 helada por año. Registra anualmente 1.329 días-grado y 576 horas de frío. El régimen hídrico observa una precipitación media anual de 708 mm, un deficit hídrico de 766 mm y un período seco de siete meses.

El distrito 7-08 recibe la influencia marina que modera las temperaturas estivales e invernales. Las características de este distrito se presentan en la Tabla 5.2-16.

Tabla 5.2-16  
Características Climáticas del Distrito 7-08 (76.1)

Parámetro	Unidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
T. Max	°C	24,0	23,4	21,6	19,1	16,7	14,9	14,3	14,5	16,1	18,5	21,1	23,2	19,0
T. Min	°C	10,8	10,5	9,7	8,5	7,4	6,6	6,3	6,6	7,0	8,2	9,4	10,4	8,5
T. Med	°C	16,6	16,2	14,9	13,2	11,5	10,3	9,8	10,1	11,0	12,7	14,6	16,1	13,1
Suma T.	D.G.	203	189	150	104	69	49	42	45	60	92	140	186	1.329
Hrs. Frío	Horas	0	0	4	19	58	115	146	120	79	29	6	0	576
R. Solar	Ly/día	568	540	462	356	250	172	144	172	250	356	462	540	356
H. Relat.	%	76	77	79	82	84	86	87	86	84	81	78	77	81
Precipit.	mm	8,7	10,3	14,9	37,2	133,2	160,2	132,2	111,2	46,1	27	16	11	703
Evap. Pot.	mm	159,0	149,6	124,0	89,0	54,0	28,4	19,0	28,4	54,0	89,0	124,0	149,6	1068,0
Def. Hidr.	mm	-150,1	-139,1	-108,9	-51,8	0,0	0,0	0,0	0,0	-8,0	-61,9	-107,8	-138,4	-766,0
Exd. Hidr.	mm	0,0	0,0	0,0	0,0	79,0	131,5	112,9	82,6	0,0	0,0	0,0	0,0	406,0
Ind. Humed.	pp/etp	0,05	0,07	0,12	0,42	2,46	5,64	6,95	3,91	0,85	0,30	0,13	0,07	0,66
Heladas A	días	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,3	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	1,0
Heladas S	días	0,0	0,0	0,0	0,2	1,0	2,2	2,9	2,3	1,4	0,4	0,0	0,0	10,5

Fuente: Atlas Agroclimático de Chile de la Universidad de Chile (Fernando Santibañez), 1993.

➤ **Distrito 7-09 (76.2)**

El distrito 7-09 (76.2) corresponde a un clima Templado Mesotermal Inferior Estenotérmico Mediterráneo Semiárido con posición de sarranías y valles costeros de interior. El régimen térmico se caracteriza por temperaturas que varían, en promedio, entre una máxima en Enero de 27,6°C y una mínima en julio de 5,5°C. El período libre de heladas es de 301 días, con un promedio de 3 heladas por año. Registra anualmente 1.685 días-grado y 660 horas de frío. El régimen hídrico observa una precipitación media anual de 709 mm, un deficit hídrico de 863 mm y un período seco de siete meses.

En el distrito 7-09 el efecto oceánico es moderado, presentando una mayor incidencia de heladas en las zonas bajas. Las características de este distrito se presentan en la Tabla 5.2-17.

Tabla 5.2-17  
Características Climáticas del Distrito 7-09 (76.2)

Parámetro	Unidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
T. Max	°C	27,6	26,7	24,2	20,8	17,5	15,0	14,1	14,6	16,8	20,2	23,8	26,6	20,7
T. Min	°C	11,8	11,4	10,2	8,6	7,1	5,9	5,5	5,9	6,7	8,3	10,0	11,3	8,6
T. Med	°C	18,8	18,2	16,4	14,1	11,7	10,0	9,4	9,8	11,2	13,6	16,1	18,1	13,9
Suma T.	D.G.	272	253	199	128	76	48	40	44	67	115	193	250	1.685
Hrs. Frío	Horas	0	0	1	14	62	132	205	140	83	21	2	0	660
R. Solar	Ly/día	584	555	477	371	264	187	158	187	265	371	478	555	371
H. Relat.	%	67	68	72	76	81	84	85	83	80	75	71	68	76
Precipit.	mm	8,3	9,9	14,2	36,7	134,2	161,2	133,2	112,2	46,1	27	15	11	709
Evap. Pot.	mm	174,0	163,9	136,2	98,5	60,7	33,1	23,0	33,1	60,8	98,5	136,3	163,9	1182,0
Def. Hidr.	mm	-165,5	-153,8	-121,9	-61,8	0,0	0,0	0,0	0,0	-14,7	-71,4	-121,1	-152,7	-863,0
Exd. Hidr.	mm	0,0	0,0	0,0	0,0	73,4	128,2	110,3	79,1	0,0	0,0	0,0	0,0	391,0
Ind. Humed.	pp/etp	0,05	0,06	0,10	0,37	2,21	4,86	5,78	3,38	0,76	0,27	0,11	0,07	0,06
Heladas A	días	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,7	1,1	0,7	0,3	0,0	0,0	0,0	3,0
Heladas S	días	0,0	0,0	0,0	0,2	1,4	3,8	5,3	3,9	2,0	0,3	0,0	0,0	17,0

Fuente: Atlas Agroclimático de Chile de la Universidad de Chile (Fernando Santibañez), 1993.

➤ **Distrito 7-11 (76.4)**

El distrito 7-11 (76.4) corresponde a un clima Templado Mesotermal Inferior Estenotérmico Mediterráneo Semiárido con posición en la precordillera y en las serranías interiores. El régimen térmico se caracteriza por temperaturas que varían, en promedio, entre una máxima en Enero de 27,5°C y una mínima en julio de 4,1°C. El período libre de heladas es de 219 días, con un promedio de 12 heladas por año. Registra anualmente 1.380 días-grado y 1.472 horas de frío. El régimen hídrico observa una precipitación media anual de 859 mm, un déficit hídrico de 883 mm y un período seco de siete meses.

El distrito 7-11 ocupa posiciones frescas de la precordillera y de algunos sectores de la costa, con un régimen de heladas relativamente moderado. Las características de este distrito se presentan en la Tabla 5.2-18.

Tabla 5.2-18  
Características Climáticas del Distrito 7-11 (76.4)

Parámetro	Unidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
T. Max	°C	27,5	26,5	23,6	19,7	15,8	12,9	11,9	12,5	15,1	19,0	23,2	26,3	19,5
T. Min	°C	10,6	10,2	9,0	7,3	5,7	4,5	4,1	4,5	5,3	7,0	8,7	10,1	7,3
T. Med	°C	18,2	17,5	15,6	12,9	10,3	8,3	7,6	8,1	9,8	12,4	15,2	17,4	12,8
Suma T.	D.G.	248	226	169	100	53	24	19	22	47	90	159	223	1.380
Hrs. Frío	Horas	0	1	8	42	139	316	375	329	194	56	11	1	1.472
R. Solar	Ly/día	609	579	498	387	276	195	165	195	276	387	498	579	387
H. Relat.	%	60	62	66	72	77	81	83	81	77	71	65	61	71
Precipit.	mm	11,1	12,8	18,7	45,5	160,8	191,7	159,8	133,8	56,9	34	20	14	859
Evap. Pot.	mm	185,0	174,2	144,7	104,5	64,2	34,8	24,0	34,8	64,3	104,5	144,8	174,2	1254,0
Def. Hidr.	mm	-173,9	-161,4	-126,0	-58,9	0,0	0,0	0,0	0,0	-7,3	-70,5	-124,8	-160,2	-883,0
Exd. Hidr.	mm	0,0	0,0	0,0	0,0	96,7	157,2	135,9	99,2	0,0	0,0	0,0	0,0	489,0
Ind. Humed.	pp/etp	0,06	0,07	0,13	0,44	2,51	5,52	6,67	3,85	0,89	0,33	0,14	0,08	0,69
Heladas A	días	0,0	0,0	0,0	0,1	1,0	2,7	3,7	2,8	1,4	0,2	0,0	0,0	12,0
Heladas S	días	0,0	0,0	0,1	1,0	4,5	8,7	10,8	8,9	5,6	1,6	0,1	0,0	41,5

Fuente: Atlas Agroclimático de Chile de la Universidad de Chile (Fernando Santibañez), 1993.

➤ **Distrito 7-12 (76.5)**

El distrito 7-12 (76.5) corresponde a un clima Templado Mesotermal Inferior Estenotérmico Mediterráneo Semiárido con posición en las cuencas y valles costeros, secano interior. El régimen térmico se caracteriza por temperaturas que varían, en promedio, entre una máxima en Enero de 29,0°C y una mínima en julio de 4,9°C. El período libre de heladas es de 259 días, con un promedio de 6 heladas por año. Registra anualmente 1.762 días-grado y 950 horas de frío. El régimen hídrico observa una precipitación media anual de 696 mm, un déficit hídrico de 931 mm y un período seco de siete meses.

La menor influencia oceánica imperante en el distrito 7-12 favorece una amplitud térmica mayor que los distritos vecinos, con inviernos relativamente fríos y veranos calurosos. Las características de este distrito se presentan en la Tabla 5.2-19.

Tabla 5.2-19  
Características Climáticas del Distrito 7-12 (76.5)

Parámetro	Unidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
T. Max	°C	29,0	28,0	25,1	21,3	17,4	14,6	13,6	14,2	16,8	20,6	24,7	27,8	21,1
T. Min	°C	12,2	11,7	10,4	8,5	6,7	5,4	4,9	5,4	6,3	8,2	10,1	11,6	8,5
T. Med	°C	19,7	18,9	17,0	14,3	11,5	9,6	8,8	9,3	11,0	13,8	16,6	18,9	14,1
Suma T.	D.G.	296	274	213	132	73	43	35	40	65	119	203	271	1.762
Hrs. Frío	Horas	0	0	1	16	80	213	288	224	105	23	1	0	950
R. Solar	Ly/día	597	568	490	382	275	197	168	197	275	383	490	568	383
H. Relat.	%	63	64	68	74	79	83	84	82	78	73	68	64	73
Precipit.	mm	8,9	10,3	15,1	36,8	130,8	155,7	128,8	108,8	45,9	27	16	12	696
Evap. Pot.	mm	185,0	174,3	145,2	105,5	65,7	36,7	26,0	36,7	65,8	105,5	145,3	174,3	1266,0
Def. Hidr.	mm	-176,5	-164,4	-130,5	-68,8	0,0	0,0	0,0	0,0	-19,8	-78,7	-129,6	-162,7	-931,0
Exd. Hidr.	mm	0,0	0,0	0,0	0,0	65,3	119,4	103,0	72,4	0,0	0,0	0,0	0,0	360,0
Ind. Humed.	pp/etp	0,05	0,06	0,10	0,35	1,99	4,26	4,96	2,97	0,70	0,26	0,11	0,07	0,55
Heladas A	días	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	1,4	2,2	1,5	0,5	0,0	0,0	0,0	6,0
Heladas S	días	0,0	0,0	0,0	0,2	2,0	5,5	7,5	5,6	2,7	0,4	0,0	0,0	23,9

Fuente: Atlas Agroclimático de Chile de la Universidad de Chile (Fernando Santibañez), 1993.

### ➤ Distrito 7-13 (76.6)

El distrito 7-13 (76.6) corresponde a un clima Templado Mesotermal Inferior Estenotérmico Mediterráneo Semiárido, ubicado en el valle central, en cuencas de serranías costeras, en la vertiente oriental y en el secano interior. El régimen térmico se caracteriza por temperaturas que varían, en promedio, entre una máxima de Enero de 28,9°C y una mínima de Julio de 4,2°C, el período libre de heladas es de 232 días, con un promedio de 10 heladas por año. Registra anualmente 1.658 días-grado y 1.234 horas de frío. El régimen hídrico observa una precipitación media anual de 753 mm, un déficit hídrico de 927 mm y un período seco de siete meses.

El distrito 7-13, debido a su posición baja y abrigada de la costa, presenta un verano cálido y temperaturas invernales bajas, aumentando la incidencia de heladas con respecto al litoral. Las características de este distrito se presentan en la Tabla 5.2-20.

Tabla 5.2-20  
Características Climáticas del Distrito 7-13 (76.6)

Parámetro	Unidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
T. Max	°C	28,9	27,8	24,9	20,9	17,0	14,1	13,0	13,6	16,3	20,3	24,5	27,7	20,8
T. Min	°C	11,6	11,1	9,7	7,9	6,0	4,7	4,2	4,7	5,7	7,5	9,5	11,0	7,8
T. Med	°C	19,3	18,6	16,6	13,8	11,0	9,0	8,2	8,7	10,5	13,3	16,2	18,5	13,6
Suma T.	D.G.	285	263	206	121	66	38	25	34	58	109	194	260	1.658
Hrs. Frío	Horas	0	0	2	26	116	279	341	290	139	36	4	0	1.234
R. Solar	Ly/día	616	586	505	395	284	204	174	204	285	395	506	586	395
H. Relat.	%	61	63	67	73	79	83	85	83	78	72	67	62	73
Precipit.	mm	9,9	11,4	16,6	40,2	140,6	167,5	139,6	116,6	49,8	29,9	17,9	13	753
Evap. Pot.	mm	188,0	177,0	147,0	106,0	65,0	35,0	24,0	35,0	65,0	106,0	147,0	177,0	1272,0
Def. Hidr.	mm	-178,7	-166,2	-130,8	-65,9	0,0	0,0	0,0	0,0	-15,1	-76,3	-129,5	-164,6	-927,0
Exd. Hidr.	mm	0,0	0,0	0,0	0,0	75,8	132,7	115,7	81,8	0,0	0,0	0,0	0,0	406,0
Ind. Humed.	pp/etp	0,05	0,06	0,11	0,38	2,17	4,80	5,83	3,34	0,77	0,28	0,12	0,07	0,59
Heladas A	días	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	2,3	3,4	2,4	1,0	0,1	0,0	0,0	10,0
Heladas S	días	0,0	0,0	0,0	0,5	3,6	8,0	10,4	8,3	4,6	0,9	0,0	0,0	36,3

Fuente: Atlas Agroclimático de Chile de la Universidad de Chile (Fernando Santibañez), 1993.

➤ **Distrito 7-14 (76.7)**

El distrito 7-14 (76.7) corresponde a un clima Templado Infratermal Estenotérmico Mediterráneo Subhúmedo, ubicado en posición de baja cordillera. El régimen térmico se caracteriza por temperaturas que varían, en promedio, entre una máxima de Enero de 24,4°C y una mínima de Julio de 2,9°C, el período libre de heladas es de 136 días, con un promedio de 31 heladas por año. Registra anualmente 846 días-grado y 2.914 horas de frío. El régimen hídrico observa una precipitación media anual de 1.473 mm, un déficit hídrico de 679 mm y un período seco de cinco meses.

La latitud del distrito 7-14 determina inviernos fríos con temperaturas moderadas en verano. Las características de este distrito se presentan en la Tabla 5.2-21.

Tabla 5.2-21  
Características Climáticas del Distrito 7-14 (76.7)

Parámetro	Unidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
T. Max	°C	24,4	23,4	20,5	16,6	12,7	9,8	8,8	9,4	12,0	15,9	20,1	23,2	16,4
T. Min	°C	7,7	7,4	6,5	5,3	4,1	3,2	2,9	3,2	3,7	4,9	6,2	7,3	5,2
T. Med	°C	15,3	14,7	12,9	10,5	8,0	6,2	5,6	6,0	7,5	10,0	12,6	14,6	10,3
Suma T.	D.G.	167	149	105	60	24	9	6	7	20	53	99	146	846
Hrs. Frío	Horas	23	31	64	169	348	503	543	522	388	215	77	32	2.914
R. Solar	Ly/día	587	558	478	370	261	182	153	182	262	370	479	558	370
H. Relat.	%	54	55	57	60	62	64	65	64	62	59	56	55	59
Precipit.	mm	19,9	22,6	33,4	79,4	274,1	327,2	272,1	228,1	98	58	35	25	1473
Evap. Pot.	mm	171,0	161,0	133,5	96,0	58,5	31,0	21,0	31,0	58,5	96,0	133,5	161,0	1152,0
Def. Hidr.	mm	-151,2	-138,4	-100,2	-16,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-38,0	-98,6	-136,0	-679,0
Exd. Hidr.	mm	0,0	0,0	0,0	0,0	215,7	296,3	251,3	197,2	39,5	0,0	0,0	0,0	1000,0
Ind. Humed.	pp/etp	0,12	0,14	0,25	0,83	4,68	10,53	12,95	7,34	1,68	0,60	0,26	0,02	1,28
Heladas A	días	0,1	0,1	0,4	1,4	3,6	5,7	6,8	5,8	4,4	2,0	0,5	0,1	31,0
Heladas S	días	0,7	0,9	2,5	5,8	10,8	14,4	16,3	14,9	12,2	7,4	3,0	1,1	89,9

Fuente: Atlas Agroclimático de Chile de la Universidad de Chile (Fernando Santibañez), 1993.

➤ **Distrito 7-16 (87.2)**

El distrito 87.2 corresponde a un clima Templado Mesotermal Inferior Estenotérmico Mediterráneo Semiárido con posición en el valle central, valles y quebradas costeras. El régimen térmico se caracteriza por temperaturas que varían, en promedio, entre una máxima en Enero de 30,1°C y una mínima en Julio de 4,0°C. El período libre de heladas es de 231 días, con un promedio de 12 heladas por año. Registra anualmente 1.788 días-grado y 1.283 horas de frío. El régimen hídrico observa una precipitación media anual de 837 mm, un déficit hídrico de 911 mm y un período seco de siete meses.

El distrito 7-16 ocupa una posición baja precostera y abrigada que lo hace cálido y seco en verano, a la vez que más frío en invierno, aumentando el riesgo de heladas. Las características de este distrito se presentan en la Tabla 5.2-22.

Tabla 5.2-22  
Características Climáticas del Distrito 7-16 (87.2)

Parámetro	Unidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
T. Max	°C	30,1	28,9	25,8	21,4	17,1	14,0	12,8	13,5	16,5	20,8	25,3	28,8	21,3
T. Min	°C	12,1	11,6	10,1	8,0	6,0	4,5	4,0	4,5	5,6	7,7	9,8	11,5	8,0
T. Med	°C	20,2	19,3	17,1	14,1	11,1	8,8	8,0	8,6	10,6	13,6	16,8	19,2	13,9
Suma T.	D.G.	312	287	219	129	67	37	24	34	60	117	216	284	1.788
Hrs. Frío	Horas	0	0	1	23	117	296	363	308	141	32	2	0	1.283
R. Solar	Ly/día	624	594	512	400	288	206	176	206	288	400	512	594	400
H. Relat.	%	60	62	67	74	81	86	88	86	80	73	67	62	74
Precipit.	mm	12,9	14	21,3	47,1	152,9	179,9	151,9	126	58	35	22	16	837
Evap. Pot.	mm	192,0	180,7	149,7	107,5	65,2	34,3	23,0	34,3	65,3	107,5	149,8	180,7	1290,0
Def. Hidr.	mm	-179,9	-167,4	-129,0	-60,7	0,0	0,0	0,0	0,0	-7,3	-72,8	-128,3	-165,4	-911,0
Exd. Hidr.	mm	0,0	0,0	0,0	0,0	87,7	145,6	129,0	91,7	0,0	0,0	0,0	0,0	454,0
Ind. Humed.	pp/etp	0,07	0,08	0,14	0,44	2,34	5,24	6,61	3,67	0,89	0,33	0,15	0,09	0,65
Heladas A	días	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	2,8	4,2	2,9	1,1	0,0	0,0	0,0	12,0
Heladas S	días	0,0	0,0	0,0	0,4	3,7	8,6	11,3	8,9	4,6	0,7	0,0	0,0	38,3

Fuente: Atlas Agroclimático de Chile de la Universidad de Chile (Fernando Santibañez), 1993.

### ➤ Distrito 7-19 (97.1)

El distrito 7-19 (97.1) corresponde a un clima Templado Mesotermal Inferior Estenotérmico Mediterráneo Subhúmedo con posición en la precordillera, valles y quebradas andinas. El régimen térmico se caracteriza por temperaturas que varían, en promedio, entre una máxima en Enero de 26,8°C y una mínima en julio de 4,2°C. El período libre de heladas es de 216 días, con un promedio de 11 heladas por año. Registra anualmente 1.258 días-grado y 1.643 horas de frío. El régimen hídrico observa una precipitación media anual de 1.315 mm, un déficit hídrico de 757 mm y un período seco de cinco meses.

El distrito 7-19 ocupa posiciones de precordillera, con inviernos frescos e incidencia moderada de heladas, y veranos calurosos. Las características de este distrito se presentan en la Tabla 5.2-23.

Tabla 5.2-23  
Características Climáticas del Distrito 7-19 (97.1)

Parámetro	Unidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
T. Max	°C	26,8	25,7	22,8	18,8	14,8	11,9	10,8	11,4	14,1	18,1	22,4	25,6	18,6
T. Min	°C	10,1	9,7	8,6	7,1	5,7	4,6	4,2	4,6	5,3	6,8	8,4	9,6	7,1
T. Med	°C	17,6	16,9	15,0	12,4	9,8	7,9	7,2	7,7	9,3	11,9	14,7	16,8	12,3
Suma T.	D.G.	231	218	152	88	45	19	14	17	39	79	143	214	1.258
Hrs. Frío	Horas	1	2	12	51	162	343	407	359	219	68	16	3	1.643
R. Solar	Ly/día	609	579	497	385	274	192	162	192	274	386	497	579	386
H. Relat.	%	58	59	63	68	73	77	78	76	72	67	63	59	68
Precipit.	mm	20,1	21,9	33,2	73,9	241,2	284,2	238,2	199,2	90,1	54	34	25	1315
Evap. Pot.	mm	283,0	172,3	143,0	103,0	63,0	33,7	23,0	33,7	63,0	103,0	143,0	172,3	1236,0
Def. Hidr.	mm	-162,8	-150,3	-109,7	-29,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-49,0	-108,9	-147,2	-757,0
Exd. Hidr.	mm	0,0	0,0	0,0	0,0	178,1	250,4	215,1	165,4	27,0	0,0	0,0	0,0	836,0
Ind. Humed.	pp/etp	0,11	0,13	0,23	0,72	3,83	8,42	10,35	5,90	1,43	0,52	0,24	0,15	1,06
Heladas A	días	0,0	0,0	0,0	0,2	1,0	2,4	3,3	2,5	1,4	0,3	0,0	0,0	11,0
Heladas S	días	0,0	0,0	0,2	1,3	4,7	8,4	10,4	8,7	5,8	1,9	0,3	0,0	41,7

Fuente: Atlas Agroclimático de Chile de la Universidad de Chile (Fernando Santibañez), 1993.

➤ **Distrito 7-21 (97.3)**

El distrito 7-21 (97.3) corresponde a un clima Templado Microtermal Estenotérmico Mediterráneo Húmedo con posición en la cordillera media. El régimen térmico se caracteriza por temperaturas que varían, en promedio, entre una máxima en Enero de 19,4°C y una mínima en julio de -0,6°C. El período libre de heladas es de 0 días, con un promedio de 140 heladas por año. Registra anualmente 370 días-grado y 5.613 horas de frío. El régimen hídrico observa una precipitación media anual de 2.438 mm, un déficit hídrico de 420 mm y un período seco de tres meses.

La altitud del distrito 7-21 determina un régimen frío durante todo el año y la alta pluviometría reduce el período seco. Las características de este distrito se presentan en la Tabla 5.2-24.

**Tabla 5.2-24**  
**Características Climáticas del Distrito 7-21 (97.3)**

Parámetro	Unidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
T. Max	°C	19,4	18,4	15,7	11,9	8,2	5,5	4,5	5,1	7,6	11,3	15,2	18,3	11,8
T. Min	°C	5,0	4,6	3,6	2,2	0,8	-0,2	-0,6	-0,2	0,4	1,8	3,3	4,6	2,1
T. Med	°C	11,7	11,0	9,2	6,8	4,3	2,5	1,9	2,3	3,8	6,3	8,9	10,9	6,6
Suma T.	D.G.	86	74	49	20	5	0	0	0	3	16	45	73	370
Hrs. Frío	Horas	160	203	315	467	615	714	714	714	661	504	337	210	5.613
R. Solar	Ly/día	572	543	464	356	249	170	141	170	249	357	464	543	357
H. Relat.	%	46	47	49	51	54	55	56	55	53	50	48	47	51
Precipit.	mm	40,5	43	66,3	140,9	440,1	516,1	436,1	362	171	104	68	50	2438
Evap. Pot.	mm	156,0	146,5	120,5	85,0	49,5	23,5	14,0	23,5	49,5	85,0	120,5	146,5	1020,0
Def. Hidr.	mm	-114,9	-102,9	-53,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-52,2	-96,0	-420,0
Exd. Hidr.	mm	0,0	0,0	0,0	55,9	390,3	492,3	421,8	338,3	121,4	19,0	0,0	0,0	1839,0
Ind. Humed.	pp/etp	0,26	0,29	0,55	1,66	8,89	21,95	31,14	15,40	3,45	1,22	0,56	0,34	2,39
Heladas A	días	2,3	2,8	5,8	10,5	16,6	19,9	21,9	20,6	17,5	12,4	6,5	3,2	140,0
Heladas S	días	7,1	7,7	13,1	18,9	25,2	27,8	29,8	28,7	25,7	21,2	13,8	8,9	227,8

Fuente: Atlas Agroclimático de Chile de la Universidad de Chile (Fernando Santibañez), 1993.

### 5.2.6 Adaptabilidad de los cultivos

De los parámetros agroclimáticos presentados, puede concluirse que dependiendo de la región y ubicación de cada distrito, la gama de cultivos con adaptabilidad climática es amplia.

De esta forma, aquellos distritos ubicados en la cuenca del río Huasco y cercanos a la costa, como son el 3-02, 3-03, 3-07, 3-10 y 3-11 el clima permite la producción de frutales de hoja persistente como es el caso de paltos, cítricos y olivos, entre otros.

Al alejarnos de la costa e introducirnos hacia los valles interiores, como el Tránsito y San Félix, tanto la cantidad de horas frío como días grado aumentan, permitiendo el cultivo de especies caducas y exigentes en días grado y horas frío, como es el caso de la uva de mesa y pisquera.

Finalmente, los distritos ubicados más al oriente y de características de alta cordillera, como es el caso del 3-01, 3-13, 4-14 y 4-16 las horas frío aumentan en forma excesiva en desmedro de los días grado con un período libre de heladas prácticamente igual a 0, razón por la cual la adaptabilidad climática de especies comerciales es imposible, destinándose dichos suelos básicamente a la actividad ganadera, cuando el clima imperante lo permite.

En el caso de la cuenca del río Mataquito, la ubicación de los distritos agroclimáticos, de acuerdo a su cercanía o alejamiento de la costa, hace que su comportamiento sea similar a lo ocurrido en la cuenca de Huasco. De esta forma, los distritos de ubicación cordillerana, como es el caso del 7-04, 7-06, 7-07 y 7-21 impiden la implantación de cultivos de alta rentabilidad, restringiendo el uso de sus suelos a pastos naturales y ganadería. Al acercarnos al valle central la gama de cultivos aumenta considerablemente, siendo factible la producción de chacras, hortalizas, frutales de hoja caduca como cerezos, manzanos, berries y viñas, entre otros (distritos 7-11, 7-12, 7-13, 7-14, 7-16 y 7-19).

Por último, en el caso de esta cuenca (río Mataquito) los distritos costeros 7-08 y 7-09 permiten, con una moderada ocurrencia de heladas, la implantación de una amplia gama de chacras, cereales, hortalizas y praderas, además de frutillas y frutales perennes como cítricos y papayos, entre otros.

### 5.3 DEMANDAS DE AGUA

El presente capítulo incluye las labores de determinación de las demandas de riego necesarias para la definición de los escenarios de simulación. Por otra parte, en el punto 4.4.2.4 del presente informe, se entregan los antecedentes necesarios para definir el resto de la demanda de agua subterránea, es decir, para otros usos.

#### 5.3.1 Cuenca Río Huasco

##### 5.3.1.1 Evapotranspiración Potencial y Real

El valor de la Evapotranspiración Potencial (ETo) se ha obtenido de los antecedentes incluidos en el estudio denominado "Cálculo y Cartografía de la Evapotranspiración Potencial en Chile" elaborado por Ciren-Corfo y la Comisión Nacional de Riego, 1997. Los valores de Evapotranspiración Potencial se expresan mensualmente en mm/mes por comuna en las Tablas 5.3-1 a la 5.3-4.

Tabla 5.3-1  
Evapotranspiración Potencial (mm/mes)  
Comuna de Alto del Carmen

	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
ETo (mm/mes)	83,9	61,4	67,5	94,1	125,1	173,0	205,7	247,5	244,8	202,3	174,6	120,1

Tabla 5.3-2  
Evapotranspiración Potencial (mm/mes)  
Comuna de Vallenar

	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
ETo (mm/mes)	72,0	52,7	57,9	80,8	107,3	148,4	176,5	212,4	210,1	173,6	149,8	103,0

Tabla 5.3-3  
Evapotranspiración Potencial (mm/mes)  
Comuna de Freirina

	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
ETo (mm/mes)	56,3	42,1	45,2	61,4	82,0	114,4	138,8	173,7	180,8	146,7	122,1	81,0

Tabla 5.3-4  
Evapotranspiración Potencial (mm/mes)  
Comuna de Huasco

	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
ETo (mm/mes)	54,2	40,6	43,6	59,2	79,1	110,3	133,8	167,5	174,4	141,5	117,7	78,1

Paralelamente, se han determinado para cada cultivo por mes los Coeficientes de Cultivo (kc). Estos, tanto en montos como en el procedimiento de obtención, se basaron en el FAO Irrigation and Drainage Paper 56, denominado "Crop Evapotranspiration Guidelines for computing crop water requirements" (R. Allen, L. Pereira, D. Raes y M. Smith) (ver Tabla 5.3-5).

Tabla 5.3-5  
Coeficientes de Cultivo Kc

Cultivos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
Trigo		0,40	0,82	0,99	1,15	1,15	0,75					
Otros Cereales		0,40	0,82	0,99	1,15	1,15	0,75					
Maíz		0,45	0,83	1,20	1,20	0,84	0,48					
Arveja Verde					0,50	0,83	1,15	1,10				
Papa					0,30	0,73	1,15	0,75				
Poroto Verde					0,50	0,68	0,86	1,05	0,90			
Tomate Aire Libre					0,68	0,92	1,15	1,15	0,98	0,80		
Otras Hortalizas				0,50	0,78	1,05	1,00	0,90				
Cítricos	0,65	0,65	0,65	0,65	0,64	0,64	0,62	0,60	0,60	0,62	0,64	0,65
Palto	0,75	0,75	0,60	0,60	0,60	0,65	0,75	0,85	0,85	0,85	0,82	0,78
Huerta Frutal	0,50	0,50	0,50	0,70	0,60	0,70	0,80	0,70	0,70	0,70	0,70	0,60
Olivos	0,405	0,405	0,405	0,405	0,405	0,405	0,435	0,435	0,435	0,435	0,435	0,405
Otros Frutales	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,60
Parronal Uva de Mesa					0,30	0,48	0,65	0,85	0,85	0,75	0,65	0,45
Parronal Pisquero					0,30	0,48	0,65	0,85	0,85	0,75	0,65	0,45
Alfalfa	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Trébol	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Pradera Artificial	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Pradera Natural	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95

Luego, mediante la multiplicación de la Evapotranspiración Potencial por los Coeficientes de Cultivo se determinó para cada sector la Evapotranspiración Real (ETr) mensual para cada cultivo asignado.

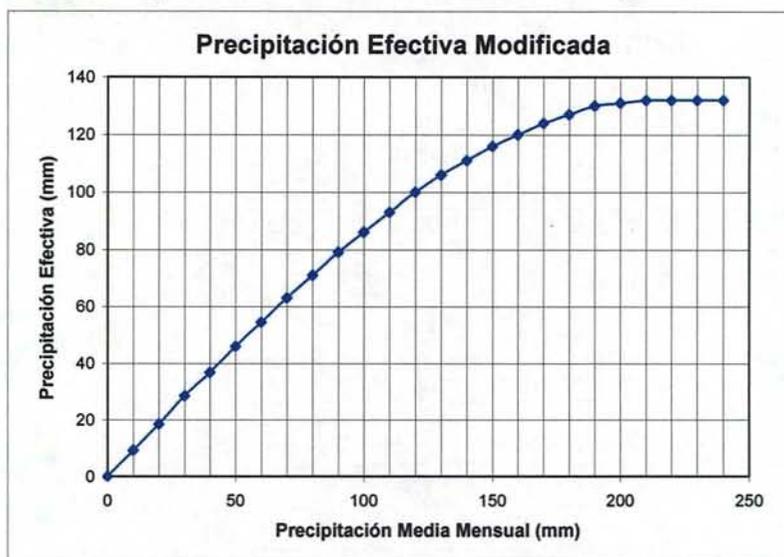
### 5.3.1.2 Demanda Neta de Agua de Riego

Para determinar la demanda neta de agua de riego, es necesario en primer lugar conocer la precipitación efectiva (ppf) ocurrida en el área en estudio. Cabe señalar que esta precipitación corresponde a la agronómica, la cual puede diferir de la hidrológica.

Al respecto para el cálculo en la precipitación efectiva (ppf) se ha utilizado la metodología de Blanney y Criddle modificada por Horacio Merlet y Fernando Santibáñez en el año 1986, la cual representa adecuadamente la zona de estudio. Esta metodología relaciona la precipitación efectiva con la media mensual a través de una curva.

En la Figura 5.3-1 se presenta la curva de Blanney y Criddle, modificada por Merlet y Santibáñez, 1986.

Figura 5.3-1  
Relación Precipitación Media Mensual v/s Precipitación Efectiva



La precipitación efectiva para cada una de las comunas en estudio se presentan en las Tablas 5.3-6 a la 5.3-9.

Tabla 5.3-6  
Precipitación Efectiva (mm/mes)  
Comuna de Alto del Carmen

	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
ppf (mm/mes)	20,1	4,7	19,0									

Tabla 5.3-7  
Precipitación Efectiva (mm/mes)  
Comuna de Vallenar

	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
ppf (mm/mes)	3,6	10,1	2,9	1,6							

Tabla 5.3-8  
Precipitación Efectiva (mm/mes)  
Comuna de Freirina

	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
ppf (mm/mes)	0,6	6,2	2,8									

Tabla 5.3-9  
Precipitación Efectiva (mm/mes)  
Comuna de Huasco

	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
ppf (mm/mes)	0,6	6,2	2,8									

Una vez conocida la precipitación efectiva, se restó a la Evapotranspiración Real (ET<sub>r</sub>) obtenida en el punto anterior. De esta forma, se determinaron las demandas unitarias netas mensuales para cada cultivo y sector.

### 5.3.1.3 Eficiencias de Riego y Tasas de Riego

Las eficiencias de riego consideradas para los diferentes cultivos asignados en situación actual, corresponden a valores que se producen a nivel potrero. Estas eficiencias varían según el método de riego utilizado, sea éste gravitacional o tecnificado.

A cada uno de los métodos de riego, ya sea goteo, surco o por tendido, se les asignó un determinado coeficiente de eficiencia. Estos coeficientes, debido a la imposibilidad de hacer experiencias a lo largo del estudio, se estimaron de acuerdo a la experiencia de los consultores, y tomando como base los coeficientes contenidos en la Ley No. 18.450 (ver Tablas 5.3-10 a la 5.3-13).

Tabla 5.3-10  
Eficiencias de Riego (%)  
Comuna de Alto del Carmen  
Valores por Estratos de Tamaño

Cultivos	< 1 ha	1 a 10 ha	10 a 50 ha	> 50 ha
Otras Hortalizas	45,0	45,0	45,0	45,0
Cítricos	45,0	45,0	90,0	45,0
Palto	45,0	45,0	45,0	45,0
Huerta Frutal	45,0	45,0	45,0	45,0
Otros Frutales	45,0	90,0	45,0	45,0
Parronal Uva de Mesa	45,0	90,0	90,0	90,0
Parronal Pisquero	45,0	45,0	45,0	45,0
Alfalfa	30,0	30,0	30,0	30,0
Pradera Natural	30,0	30,0	30,0	30,0

Nota: Goteo (90%) - Surco (45%) – Tendido (30%)

Tabla 5.3-11  
Eficiencias de Riego (%)  
Comuna de Vallenar  
Valores por Estratos de Tamaño

Cultivos	< 1 ha	1 a 10 ha	10 a 50 ha	> 50 ha
Trigo	30,0	30,0	30,0	30,0
Otros Cereales	30,0	30,0	30,0	30,0
Maíz	30,0	30,0	30,0	30,0
Arveja Verde	45,0	45,0	45,0	45,0
Papa	45,0	45,0	45,0	45,0
Poroto Verde	45,0	45,0	45,0	45,0
Tomate Aire Libre	45,0	45,0	45,0	45,0
Otras Hortalizas	45,0	45,0	45,0	45,0
Palto	90,0	90,0	90,0	88,9
Olivos	45,0	45,0	45,0	45,0
Parronal Uva de Mesa	45,0	45,0	90,0	90,0
Parronal Pisquero	45,0	45,0	45,0	45,0
Alfalfa	30,0	30,0	30,0	30,0
Trébol	30,0	30,0	30,0	30,0
Pradera Artificial	30,0	30,0	30,0	30,0
Pradera Natural	30,0	30,0	30,0	30,0

Nota: Goteo (90%) - Surco (45%) – Tendido (30%)

Tabla 5.3-12  
Eficiencias de Riego (%)  
Comuna de Freirina

Valores por Estratos de Tamaño

Cultivos	< 1 ha	1 a 10 ha	10 a 50 ha	> 50 ha
Olivos	30,0	30,0	90,0	90,0
Pradera Natural	30,0	30,0	30,0	30,0

Nota: Goteo (90%) - Tendido (30%)

Tabla 5.3-13  
Eficiencias de Riego (%)  
Comuna de Huasco

Valores por Estratos de Tamaño

Cultivos	< 1 ha	1 a 10 ha	10 a 50 ha	> 50 ha
Olivos	30,0	30,0	30,0	30,0
Otros Frutales	45,0	30,0	45,0	45,0
Pradera Natural	30,0	30,0	30,0	30,0

Nota: Surco (45%) – Tendido (30%)

Establecidas las eficiencias de riego para cada cultivo, se procedió a ajustar las demandas netas para determinar finalmente las tasas de riego, correspondientes al cociente entre la Evapotranspiración Real (ET<sub>r</sub>) y las eficiencias de riego de cada cultivo asignado.

#### 5.3.1.4 Demandas Brutas de Riego

Se han determinado para cada comuna y estrato de tamaño las demandas brutas de agua por cultivo asignado (ver Tablas 5.3-14 al 5.3-29). Esto se ha efectuado mediante la multiplicación de las tasas de riego por las asignaciones de cultivo presentadas en el capítulo 3 del presente informe.

Tabla 5.3-14  
Demandas Brutas (m<sup>3</sup>)  
Comuna de Alto del Carmen  
Estrato de Tamaño < 1 ha

Cultivos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total	Superficie
Huerta Frutal	49	58	33	146	167	269	366	385	381	315	272	180	2.599	0,10
Alfalfa	199	179	150	298	396	548	651	784	775	641	553	380	5.554	0,10
Pradera Natural	994	894	752	1.490	1.981	2.739	3.257	3.919	3.876	3.203	2.765	1.902	27.771	0,50
<b>Total (m3/mes)</b>	<b>1.241</b>	<b>1.131</b>	<b>935</b>	<b>1.934</b>	<b>2.544</b>	<b>3.556</b>	<b>4.274</b>	<b>5.088</b>	<b>5.032</b>	<b>4.158</b>	<b>3.589</b>	<b>2.442</b>	<b>35.924</b>	<b>0,70</b>

Tabla 5.3-15  
Demandas Brutas (m<sup>3</sup>)  
Comuna de Alto del Carmen  
Estrato de Tamaño 1 a 10 ha

Cultivos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total
Otras Hortalizas				209	434	807	914	990					3.354
Palto	476	460	239	628	834	1.250	1.714	2.338	2.312	1.911	1.591	1.041	14.792
Huerta Frutal	243	289	164	732	834	1.346	1.829	1.925	1.904	1.574	1.358	801	12.997
Otros Frutales	3	4	2	6	8	12	16	19	19	16	14	8	127
Parronal Uva de Mesa					751	1.661	2.675	4.208	4.162	3.035	2.270	1.082	19.843
Parronal Pisquero					6.505	14.391	23.174	36.465	36.067	26.302	19.672	9.368	171.943
Pradera Natural	7.352	6.616	5.565	11.026	14.659	20.269	24.102	29.001	28.682	23.702	20.457	14.071	205.502
<b>Total (m3/mes)</b>	<b>8.074</b>	<b>7.368</b>	<b>5.970</b>	<b>12.601</b>	<b>24.025</b>	<b>39.735</b>	<b>54.423</b>	<b>74.946</b>	<b>73.146</b>	<b>56.538</b>	<b>45.361</b>	<b>26.370</b>	<b>428.558</b>

Tabla 5.3-16  
Demandas Brutas (m<sup>3</sup>)  
Comuna de Alto del Carmen  
Estrato de Tamaño 10 a 50 ha

Cultivos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total	Superficie
Cítricos	575	587	414	1.020	1.335	1.845	2.128	2.475	2.448	2.091	1.863	1.301	18.078	1,50
Palto	952	919	478	1.255	1.668	2.499	3.428	4.675	4.624	3.821	3.182	2.082	29.563	1,00
Parronal Uva de Mesa					13.803	30.551	49.187	77.388	76.527	55.807	41.739	19.893	364.894	33,10
Parronal Pisquero					834	1.845	2.971	4.675	4.624	3.372	2.522	1.201	22.044	1,00
<b>Total (m3/mes)</b>	<b>1.527</b>	<b>1.506</b>	<b>892</b>	<b>2.275</b>	<b>17.640</b>	<b>36.740</b>	<b>67.711</b>	<b>89.213</b>	<b>88.223</b>	<b>66.091</b>	<b>49.306</b>	<b>24.477</b>	<b>434.599</b>	<b>36,60</b>

Tabla 5.3-17  
Demandas Brutas (m<sup>3</sup>)  
Comuna de Alto del Carmen  
Estrato de Tamaño > 50 ha

Cultivos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total	Superficie
Parronal Uva de Mesa					40.866	90.454	145.628	229.124	226.576	165.228	123.578	58.898	1.080.352	98,00
<b>Total (m3/mes)</b>					<b>40.866</b>	<b>90.454</b>	<b>145.628</b>	<b>229.124</b>	<b>226.576</b>	<b>165.228</b>	<b>123.578</b>	<b>58.898</b>	<b>1.080.352</b>	<b>98,00</b>

Tabla 5.3-18  
Demandas Brutas (m<sup>3</sup>)  
Comuna de Vallenar  
Estrato de Tamaño < 1 ha

Cultivos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Octubre	Noviem.	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total	Superficie
Maíz		91	301	636	858	831	565						3.282	0,20
Palto	336	196	212	313	429	643	883	1.204	1.190	984	819	536	7.745	0,50
<b>Total (m3/mes)</b>	<b>336</b>	<b>287</b>	<b>513</b>	<b>948</b>	<b>1.287</b>	<b>1.474</b>	<b>1.447</b>	<b>1.204</b>	<b>1.190</b>	<b>984</b>	<b>819</b>	<b>536</b>	<b>11.027</b>	<b>0,80</b>

Tabla 5.3-19  
Demandas Brutas (m<sup>3</sup>)  
Comuna de Vallenar  
Estrato de Tamaño 1 a 10 ha

Cultivos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Octubre	Noviem.	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total	Superficie
Palto	728	425	460	677	930	1.394	1.912	2.608	2.579	2.132	1.775	1.161	16.780	1,30
Pradera Natural	1.512	932	1.216	1.754	2.379	3.289	3.912	4.708	4.657	3.848	3.321	2.283	33.811	0,70
<b>Total (m3/mes)</b>	<b>2.240</b>	<b>1.358</b>	<b>1.676</b>	<b>2.431</b>	<b>3.308</b>	<b>4.683</b>	<b>5.825</b>	<b>7.316</b>	<b>7.236</b>	<b>5.980</b>	<b>5.096</b>	<b>3.444</b>	<b>50.592</b>	<b>2,00</b>

Tabla 5.3-20  
Demandas Brutas (m<sup>3</sup>)  
Comuna de Vallenar  
Estrato de Tamaño 10 a 50 ha

Cultivos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Octubre	Noviem.	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total	Superficie
Trigo		1.281	5.201	9.146	14.396	19.912	15.446						65.380	3,50
Palto	2.800	1.635	1.770	2.605	3.575	5.360	7.355	10.030	9.920	8.200	6.825	4.465	64.540	5,00
Olivos	1.136	500	914	1.384	1.932	2.672	3.412	4.106	4.062	3.356	2.896	1.854	28.224	2,00
Uva de Mesa					5.728	12.656	20.400	32.096	31.744	23.152	17.312	8.240	151.328	16,00
Uva Pisquera					1.430	3.186	5.098	8.024	7.938	5.786	4.326	2.060	37.830	2,00
Alfalfa	7.560	4.662	6.080	8.768	11.893	16.447	19.562	23.541	23.286	19.240	16.604	11.417	169.057	3,50
<b>Total (m3/mes)</b>	<b>11.496</b>	<b>8.078</b>	<b>13.965</b>	<b>21.902</b>	<b>38.954</b>	<b>60.212</b>	<b>71.272</b>	<b>77.797</b>	<b>76.950</b>	<b>69.734</b>	<b>47.965</b>	<b>28.036</b>	<b>516.359</b>	<b>32,00</b>

Tabla 5.3-21  
Demandas Brutas (m<sup>3</sup>)  
Comuna de Vallenar  
Estrato de Tamaño > 50 ha

Cultivos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Octubre	Noviem.	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total	Superficie
Trigo	60.024	243.704	426.532	674.532	932.996	723.732							3.063.520	164,00
Otros Cereales	14.640	59.440	104.520	164.520	227.560	176.520							747.200	40,00
Maiz	9.080	30.100	63.980	85.840	83.100	56.480							328.180	20,00
Arveja Verde				16.092	36.950	60.899		70.092					184.032	13,50
Papa				60.060	202.188	378.924	297.360						938.532	84,00
Poroto Verde				19.668	36.993	55.655	81.774		69.333				263.423	16,50
Tomate Aire Libre				1.621	3.034	4.511		5.428	4.576	3.086			22.256	1,00
Otras Hortalizas				25.860	55.800	103.890	117.060	127.440					430.650	30,00
Palto	34.871	20.357	22.017	32.411	44.526	66.726	91.574	124.845	123.492	102.029	84.932	55.596	803.375	61,50
Uva de Mesa				25.060	55.370	89.250	140.420	138.880	101.290	75.740	36.050		662.060	70,00
Uva Pisquera				4.290	9.496	15.294		24.072	23.814	17.358	12.984	6.180	113.490	6,00
Alfalfa	1.562.760	963.702	1.256.720	1.812.368	2.458.453	3.399.727	4.043.642	4.866.261	4.813.446	3.977.080	3.432.284	2.360.057	34.946.497	723,50
Trébol	21.600	13.320	17.370	25.050	33.980	46.990	55.890	67.260	66.530	54.970	47.440	32.620	483.020	10,00
Pradera Artificial	941.760	580.752	757.332	1.092.180	1.481.528	2.048.764	2.436.804	2.932.536	2.900.708	2.396.692	2.068.384	1.422.232	21.059.672	436,00
Pradera Natural	151.200	93.240	121.590	175.350	237.860	328.930	391.230	470.820	465.710	384.790	332.080	226.340	3.381.140	70,00
<b>Total (m3/mes)</b>	<b>2.712.191</b>	<b>1.755.115</b>	<b>2.508.273</b>	<b>3.759.850</b>	<b>5.363.830</b>	<b>7.582.717</b>	<b>8.698.063</b>	<b>9.208.308</b>	<b>8.606.489</b>	<b>7.037.294</b>	<b>6.053.844</b>	<b>4.141.075</b>	<b>67.427.046</b>	<b>1.746,00</b>

Tabla 5.3-22  
Demandas Brutas (m<sup>3</sup>)  
Comuna de Freirina  
Estrato de Tamaño < 1 ha

Cultivos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total	Superficie
Olivos	74	36	52	83	111	154	201	252	262	213	177	109	1.724	0,10
<b>Total (m3/mes)</b>	<b>74</b>	<b>36</b>	<b>52</b>	<b>83</b>	<b>111</b>	<b>154</b>	<b>201</b>	<b>252</b>	<b>262</b>	<b>213</b>	<b>177</b>	<b>109</b>	<b>1.724</b>	<b>0,10</b>

Tabla 5.3-23  
Demandas Brutas (m<sup>3</sup>)  
Comuna de Freirina  
Estrato de Tamaño 1 a 10 ha

Cultivos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total	Superficie
Olivos	7.400	3.620	5.170	8.290	11.070	15.440	20.130	25.190	26.220	21.270	17.700	10.940	172.440	10,00
<b>Total (m3/mes)</b>	<b>7.400</b>	<b>3.620</b>	<b>5.170</b>	<b>8.290</b>	<b>11.070</b>	<b>15.440</b>	<b>20.130</b>	<b>25.190</b>	<b>26.220</b>	<b>21.270</b>	<b>17.700</b>	<b>10.940</b>	<b>172.440</b>	<b>10,00</b>

Tabla 5.3-24  
Demandas Brutas (m<sup>3</sup>)  
Comuna de Freirina  
Estrato de Tamaño 10 a 50 ha

Cultivos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total	Superficie
Olivos	3.952	1.936	2.752	4.416	5.904	8.240	10.736	13.440	13.984	11.344	9.440	5.840	91.984	16,00
<b>Total (m3/mes)</b>	<b>3.952</b>	<b>1.936</b>	<b>2.752</b>	<b>4.416</b>	<b>5.904</b>	<b>8.240</b>	<b>10.736</b>	<b>13.440</b>	<b>13.984</b>	<b>11.344</b>	<b>9.440</b>	<b>5.840</b>	<b>91.984</b>	<b>16,00</b>

Tabla 5.3-25  
Demandas Brutas (m<sup>3</sup>)  
Comuna de Freirina  
Estrato de Tamaño > 50 ha

Cultivos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total	Superficie
Olivos	17.290	8.470	12.040	19.320	25.830	36.050	46.970	58.800	61.180	49.630	41.300	25.550	402.430	70,00
Pradera Natural	88.150	56.350	66.900	97.200	129.850	181.150	219.750	275.050	286.250	232.300	193.350	128.250	1.954.550	50,00
<b>Total (m3/mes)</b>	<b>105.440</b>	<b>64.820</b>	<b>78.940</b>	<b>116.520</b>	<b>155.680</b>	<b>217.200</b>	<b>266.720</b>	<b>333.850</b>	<b>347.430</b>	<b>281.930</b>	<b>234.650</b>	<b>153.800</b>	<b>2.356.980</b>	<b>120,00</b>

Tabla 5.3-26  
Demandas Brutas (m<sup>3</sup>)  
Comuna de Huasco  
Estrato de Tamaño < 1 ha

Cultivos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total	Superficie
Olivos	498	239	347	559	748	1.042	1.358	1.700	1.770	1.436	1.195	738	11.631	0,70
<b>Total (m3/mes)</b>	<b>498</b>	<b>239</b>	<b>347</b>	<b>559</b>	<b>748</b>	<b>1.042</b>	<b>1.358</b>	<b>1.700</b>	<b>1.770</b>	<b>1.436</b>	<b>1.195</b>	<b>738</b>	<b>11.631</b>	<b>0,70</b>

Tabla 5.3-27  
Demandas Brutas (m<sup>3</sup>)  
Comuna de Huasco  
Estrato de Tamaño 1 a 10 ha

Cultivos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total	Superficie
Olivos	5.340	2.558	3.713	5.993	8.010	11.168	14.550	18.218	18.968	15.390	12.803	7.905	124.613	7,50
Otros Frutales	532	303	390	592	791	1.103	1.561	1.954	2.035	1.651	1.373	781	13.065	0,50
Pradera Natural	6.784	4.316	5.148	7.500	10.020	13.972	16.948	21.216	22.092	17.924	14.908	9.892	150.720	4,00
<b>Total (m3/mes)</b>	<b>12.656</b>	<b>7.176</b>	<b>9.250</b>	<b>14.085</b>	<b>18.821</b>	<b>26.243</b>	<b>33.059</b>	<b>41.388</b>	<b>43.094</b>	<b>34.965</b>	<b>29.084</b>	<b>18.578</b>	<b>288.397</b>	<b>12,00</b>

Tabla 5.3-28  
Demandas Brutas (m<sup>3</sup>)  
Comuna de Huasco  
Estrato de Tamaño 10 a 50 ha

Cultivos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total	Superficie
Olivos	12.033	5.763	8.366	13.503	18.049	25.164	32.786	41.050	42.740	34.679	28.848	17.813	280.794	16,90
<b>Total (m3/mes)</b>	<b>12.033</b>	<b>5.763</b>	<b>8.366</b>	<b>13.503</b>	<b>18.049</b>	<b>25.164</b>	<b>32.786</b>	<b>41.050</b>	<b>42.740</b>	<b>34.679</b>	<b>28.848</b>	<b>17.813</b>	<b>280.794</b>	<b>16,90</b>

Tabla 5.3-29  
Demandas Brutas (m<sup>3</sup>)  
Comuna de Huasco  
Estrato de Tamaño > 50 ha

Cultivos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total	Superficie
Olivos	46.280	22.165	32.175	51.935	69.420	96.785	126.100	157.885	164.385	133.380	110.955	68.510	1.079.975	65,00
Pradera Natural	141.786	90.204	107.593	156.750	209.418	292.015	354.213	443.414	461.723	374.612	311.577	206.743	3.150.048	83,60
<b>Total (m3/mes)</b>	<b>188.066</b>	<b>112.369</b>	<b>139.768</b>	<b>208.685</b>	<b>278.838</b>	<b>388.800</b>	<b>480.313</b>	<b>601.299</b>	<b>626.108</b>	<b>507.992</b>	<b>422.532</b>	<b>275.253</b>	<b>4.230.023</b>	<b>148,60</b>

Finalmente, a manera de resumen, se presenta en la Tabla 5.3-30 las demandas unitarias en m<sup>3</sup>/ha para cada sector (comuna) y estrato de tamaño considerado. De esa Tabla se desprende que la mayor tasa de riego requerida se produce en la comuna de Alto del Carmen estrato de tamaño menor de 1 ha y las menores demandas en la comuna de Freirina, estrato de tamaño entre 10 y 50 ha. Además, en la Tabla 5.3-31 se entrega la demanda total expandida según la superficie determinada en el catastro de regantes de la DGA.

Tabla 5.3-30  
Demandas Brutas Unitarias (m<sup>3</sup>/ha)

Región	Comuna	Estratos de Tamaño	Demandas de Agua (m <sup>3</sup> /ha)
III	Alto del Carmen	< 1 ha	51.320
		1 - 10 ha	29.535
		10 - 50 ha	11.874
		> 50 ha	11.024
	Vallenar	< 1 ha	13.783
		1 - 10 ha	25.296
		10 - 50 ha	16.136
	Freirina	> 50 ha	38.618
		< 1 ha	17.244
		1 - 10 ha	17.244
	Huasco	10 - 50 ha	5.749
		> 50 ha	19.642
< 1 ha		16.615	
1 - 10 ha		24.033	
		10 - 50 ha	16.615
		> 50 ha	28.466

Tabla 5.3-31  
Demandas Brutas Totales (m<sup>3</sup>)

Comuna	Estrato de Tamaño	Demanda unit. de Agua (m <sup>3</sup> /ha)	Área Regada (ha)	Demanda total de Agua (m <sup>3</sup> )
Alto del Carmen	< 1 ha	51.316	227,6	11.680.035
	1 - 10 ha	29.537	1.088,7	32.146.045
	10 - 50 ha	11.874	676,4	8.025.806
	> 50 ha	11.024	277,2	3.055.853
	<b>Total</b>		<b>2.269,9</b>	
Vallenar	< 1 ha	13.783	19,8	272.903
	1 - 10 ha	25.296	92,7	2.345.192
	10 - 50 ha	16.125	327,4	5.279.486
	> 50 ha	38.618	4.423,4	170.821.316
	<b>Total</b>		<b>4.863,3</b>	
Freirina	< 1 ha	17.244	22,4	386.266
	1 - 10 ha	17.244	194,9	3.360.856
	10 - 50 ha	5.749	553,5	3.182.072
	> 50 ha	19.652	699,0	13.736.748
	<b>Total</b>		<b>1.469,8</b>	
Huasco	< 1 ha	16.615	7,3	121.290
	1 - 10 ha	24.030	133,5	3.208.245
	10 - 50 ha	16.615	209,6	3.482.504
	> 50 ha	28.474	237,8	6.771.117
	<b>Total</b>		<b>588,2</b>	
<b>Total Huasco</b>			<b>9.191,2</b>	<b>267.875.734</b>

## 5.3.2 Cuenca Río Mataquito

### 5.3.2.1 Evapotranspiración Potencial y Real

El valor de la Evapotranspiración Potencial (ET<sub>o</sub>) se ha obtenido de los antecedentes incluidos en el estudio denominado "Cálculo y Cartografía de la Evapotranspiración Potencial en Chile" elaborado por Ciren-Corfo y la Comisión Nacional de Riego, 1997. Los valores de Evapotranspiración Potencial se expresan mensualmente en mm/mes por comuna en las Tablas 5.3-32 a la 5.3-40.

Tabla 5.3-32  
Evapotranspiración Potencial (mm/mes)  
Comuna de Teno

	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
ETO (mm/mes)	49,6	36,3	39,9	55,7	74,0	102,3	121,7	146,4	144,8	119,7	103,3	71,0

Tabla 5.3-33  
Evapotranspiración Potencial (mm/mes)  
Comuna de Romeral

	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
ETO (mm/mes)	47,8	35,0	38,4	53,6	71,2	98,5	117,2	140,9	139,4	115,2	99,4	68,4

Tabla 5.3-34  
Evapotranspiración Potencial (mm/mes)  
Comuna de Curicó

	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
ETO (mm/mes)	47,6	34,9	38,3	53,5	71,1	98,3	116,9	140,6	139,0	114,8	99,2	68,2

Tabla 5.3-35  
Evapotranspiración Potencial (mm/mes)  
Comuna de Molina

	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
ETO (mm/mes)	47,8	35,0	38,4	53,6	71,2	98,5	117,2	140,9	139,4	115,2	99,4	68,4

Tabla 5.3-36  
Evapotranspiración Potencial (mm/mes)  
Comuna de Rauco

	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
ETO (mm/mes)	53,6	39,2	43,1	60,1	79,9	110,5	131,4	158,1	156,5	129,3	111,6	76,7

Tabla 5.3-37  
Evapotranspiración Potencial (mm/mes)  
Comuna de Sagrada Familia

	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
ETO (mm/mes)	51,3	37,5	41,3	57,5	76,5	105,7	125,7	151,3	149,5	123,6	106,7	73,4

Tabla 5.3-38  
Evapotranspiración Potencial (mm/mes)  
Comuna de Hualañé

	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
ETO (mm/mes)	50,9	37,4	40,9	56,8	75,5	104,6	125,0	151,7	152,1	125,2	107,0	72,9

Tabla 5.3-39  
Evapotranspiración Potencial (mm/mes)  
Comuna de Curepto

	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
ETO (mm/mes)	47,5	35,5	38,1	51,8	69,2	96,5	117,1	146,6	152,5	123,8	103,0	68,4

Tabla 5.3-40  
Evapotranspiración Potencial (mm/mes)  
Comuna de Licantén

	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
ETO (mm/mes)	45,2	33,8	36,3	49,3	65,9	91,9	111,5	139,6	145,4	117,9	98,1	65,1

Paralelamente, se han determinado para cada cultivo por mes los Coeficientes de Cultivo (kc). Estos, tanto en montos como en el procedimiento de obtención, se basaron en el FAO Irrigation and Drainage Paper 56, denominado "Crop Evapotranspiration Guidelines for computing crop water requirements" (R. Allen, L. Pereira, D. Raes y M. Smith) (ver Tabla 5.3-41).

Tabla 5.3-41  
Coeficientes de Cultivo Kc

Cultivos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
Manzano						0,48	0,68	0,88	1,08	1,08	0,96	0,83
Peral						0,48	0,68	0,88	1,08	1,08	0,96	0,83
Cerezo						0,48	0,66	0,84	1,03	1,03	0,78	
Ciruelo						0,58	0,72	0,86	0,98	0,98	0,70	
Durazno					0,55	0,65	0,75	0,90	0,90	0,80	0,75	0,65
Olivo					0,55	0,65	0,75	0,90	0,90	0,80	0,75	0,65
Kiwi						0,40	0,73	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
Frambuesa					0,30	0,55	0,80	1,05	1,05	0,78	0,50	
Frutilla						0,40	0,63	0,85	0,85	0,80	0,75	
Vid Vinífera					0,30	0,55	0,80	1,05	1,05	0,95	0,85	
Trigo	0,40	0,82	0,99	1,15	1,15	1,15	0,75	0,33				
Avena	0,40	0,82	0,99	1,15	1,15	1,15	0,75	0,33				
Cebada	0,40	0,82	0,99	1,15	1,15	1,15	0,75	0,33				
Maíz Grano						0,45	0,83	1,20	1,20	0,84	0,48	
Papa							0,30	0,73	1,15	0,75		
Poroto						0,40	0,78	1,15	1,15	0,35		
Garbanzo						0,40	0,80	1,05	1,05	0,30		
Huerta Casera						0,43	0,64	1,03	1,17	0,65	0,48	
Remolacha					0,35	0,87	1,39	1,20	1,20	0,95	0,70	
Tomate Industrial						0,45	0,80	1,15	1,15	1,15	1,00	0,80
Tabaco					0,15	0,35	0,35	0,40	0,45	0,45	15,00	
Semillero Maíz						0,45	0,83	1,20	1,20	0,84	0,48	
Semillero Maravilla					0,15	0,42	0,69	0,95	1,10	0,70	0,30	
Tomate					0,68	0,92	1,15	1,15	0,98	0,80		
Pimentón					0,50	0,78	1,05	1,00	0,90			
Ají					0,50	0,78	1,05	1,00	0,90			
Alcachofa	0,75	0,80	0,80	0,90	0,95	0,95	0,95	0,95	0,90	0,15	0,45	0,65
Sandia				0,40	0,60	0,80	1,00	1,00	0,75			
Maíz Silo						0,40	0,83	1,05	1,05	1,05		
Alfalfa	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Pradera Mixta	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
Pradera Natural	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95

Luego, mediante la multiplicación de la Evapotranspiración Potencial por los Coeficientes de Cultivo se determinó para cada sector la Evapotranspiración Real (ETr) mensual para cada cultivo asignado.

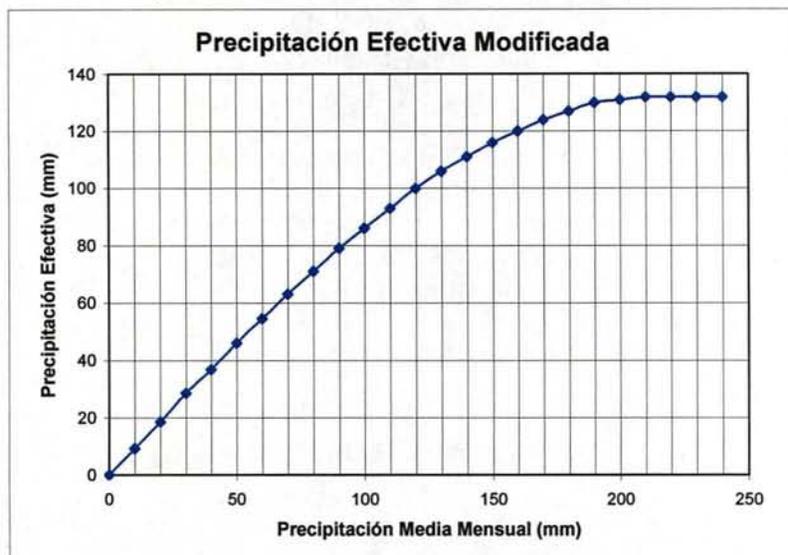
### 5.3.2.2 Demanda Neta de Agua de Riego

Para determinar la demanda neta de agua de riego, es necesario en primer lugar conocer la precipitación efectiva (ppf) ocurrida en el área en estudio. Cabe señalar que esta precipitación corresponde a la agronómica, la cual puede diferir de la hidrológica.

Al respecto para el cálculo en la precipitación efectiva (ppf) se ha utilizado la metodología de Blanney y Criddle modificada por Horacio Merlet y Fernando Santibáñez en el año 1986, la cual representa adecuadamente la zona de estudio. Esta metodología relaciona la precipitación efectiva con la media mensual a través de una curva.

En la Figura 5.3-2 se presenta la curva de Blanney y Criddle, modificada por Merlet y Santibáñez, 1986.

Figura 5.3-2  
Relación Precipitación Media Mensual v/s Precipitación Efectiva



La precipitación efectiva para cada una de las comunas en estudio se presentan en las Tablas 5.3-42 a la 5.3-50.

Tabla 5.3-42  
Precipitación Efectiva (mm/mes)  
Comuna de Teno

	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
ppf (mm/mes)	106,4	119,1	105,6	91,4	40,1	23,0	11,7	7,5	4,6	6,0	10,7	31,6

Tabla 5.3-43  
Precipitación Efectiva (mm/mes)  
Comuna de Romeral

	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
ppf (mm/mes)	106,4	119,1	105,6	91,4	40,1	23,0	11,7	7,5	4,6	6,0	10,7	31,6

Tabla 5.3-44  
Precipitación Efectiva (mm/mes)  
Comuna de Curicó

	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
ppf (mm/mes)	122,8	131,3	122,1	109,5	52,1	30,3	17,1	11,4	8,0	9,4	16,1	42,3

Tabla 5.3-45  
Precipitación Efectiva (mm/mes)  
Comuna de Molina

	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
ppf (mm/mes)	122,8	131,3	122,1	109,5	52,1	30,3	17,1	11,4	8,0	9,4	16,1	42,3

Tabla 5.3-46  
Precipitación Efectiva (mm/mes)  
Comuna de Rauco

	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
ppf (mm/mes)	106,4	119,1	105,6	91,4	40,1	23,0	11,7	7,5	4,6	6,0	10,7	31,6

Tabla 5.3-47  
Precipitación Efectiva (mm/mes)  
Comuna de Sagrada Familia

	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
ppf (mm/mes)	109,5	121,6	108,7	94,7	43,7	25,3	13,6	8,9	6,0	7,2	12,8	34,6

Tabla 5.3-48  
Precipitación Efectiva (mm/mes)  
Comuna de Hualañé

	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
ppf (mm/mes)	104,8	118,3	104,3	90,3	37,5	21,0	9,9	5,7	3,5	5,0	8,9	29,6

Tabla 5.3-49  
Precipitación Efectiva (mm/mes)  
Comuna de Curepto

	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
ppf (mm/mes)	105,1	118,6	104,6	90,3	38,4	21,5	10,8	6,1	4,0	5,5	9,8	30,5

Tabla 5.3-50  
Precipitación Efectiva (mm/mes)  
Comuna de Licantén

	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
ppf (mm/mes)	105,1	118,6	104,6	90,3	38,4	21,5	10,8	6,1	4,0	5,5	9,8	30,5

Una vez conocida la precipitación efectiva, se restó a la Evapotranspiración Real (ET<sub>r</sub>) obtenida en el punto anterior. De esta forma, se determinaron las demandas unitarias netas mensuales para cada cultivo y sector.

### 5.3.2.3 Eficiencias de Riego y Tasas de Riego

Las eficiencias de riego consideradas para los diferentes cultivos asignados en situación actual, corresponden a valores que se producen a nivel potrero. Estas eficiencias varían según el método de riego utilizado, sea éste gravitacional o tecnificado.

A cada uno de los métodos de riego, ya sea goteo, surco o tendido, se les asignó un determinado coeficiente de eficiencia. Estos coeficientes, debido a la imposibilidad de hacer experiencias a lo largo del estudio, se estimaron de acuerdo a la experiencia de los consultores, y tomando como base los coeficientes contenidos en la Ley No. 18.450 (ver Tablas 5.3-51 a la 5.3-59).

Tabla 5.3-51  
Eficiencias de Riego (%)  
Comuna de Teno  
Valores por Estratos de Tamaño

Cultivos	< 5 ha	5 a 50 ha	> 50 ha
Manzano	45,0	76,6	45,0
Peral	45,0	45,0	45,0
Cerezo	45,0	45,0	45,0
Ciruelo	45,0	45,0	45,0
Kiwi	45,0	90,0	45,0
Frambuesa	45,0	45,0	45,0
Vid Vinífera	45,0	45,0	45,0
Trigo	30,0	30,0	30,0
Maíz Grano	45,0	45,0	30,0
Papa	45,0	45,0	45,0
Poroto	45,0	45,0	45,0
Huerta Casera	45,0	45,0	45,0
Remolacha	45,0	52,5	30,0
Tomate Industrial	45,0	45,0	45,0
Tabaco	45,0	45,0	45,0
Pimentón	45,0	45,0	45,0
Alfalfa	30,0	30,0	30,0
Pradera Mixta	30,0	30,0	30,0
Pradera Natural	30,0	30,0	30,0

Nota: Goteo (90%) - Surco (45%) – Tendido (30%)

Tabla 5.3-52  
Eficiencias de Riego (%)  
Comuna de Romeral  
Valores por Estratos de Tamaño

Cultivos	< 5 ha	5 a 50 ha	> 50 ha
Manzano	45,0	49,1	45,0
Cerezo	45,0	83,3	45,0
Ciruelo	45,0	90,0	45,0
Durazno	45,0	45,0	45,0
Kiwi	45,0	90,0	45,0
Frambuesa	45,0	45,0	45,0
Trigo	30,0	30,0	30,0
Cebada	30,0	30,0	30,0
Maíz Grano	30,0	30,0	30,0
Poroto	45,0	45,0	45,0
Semillero Maíz	45,0	45,0	45,0
Semillero Maravilla	45,0	45,0	45,0
Pradera Natural	30,0	30,0	30,0

Nota: Goteo (90%) - Surco (45%) – Tendido (30%)

Tabla 5.3-53  
Eficiencias de Riego (%)  
Comuna de Curicó  
Valores por Estratos de Tamaño

Cultivos	< 5 ha	5 a 50 ha	> 50 ha
Manzano	45,0	45,0	45,0
Cerezo	45,0	45,0	45,0
Kiwi	45,0	45,0	45,0
Frambuesa	45,0	90,0	45,0
Vid Vinifera	45,0	51,3	78,8
Maíz Grano	30,0	30,0	30,0
Papa	45,0	45,0	45,0
Poroto	45,0	45,0	45,0
Huerta Casera	30,0	45,0	45,0
Semillero Maíz	45,0	45,0	45,0
Tomate	45,0	45,0	45,0
Alcachofa	45,0	30,0	45,0
Sandía	45,0	45,0	45,0
Pradera Mixta	30,0	30,0	30,0
Pradera Natural	30,0	30,0	30,0

Nota: Goteo (90%) - Surco (45%) – Tendido (30%)

Tabla 5.3-54  
Eficiencias de Riego (%)  
Comuna de Molina  
Valores por Estratos de Tamaño

Cultivos	< 5 ha	5 a 50 ha	> 50 ha
Manzano	45,0	45,0	45,0
Peral	45,0	45,0	45,0
Cerezo	45,0	45,0	45,0
Kiwi	45,0	45,0	45,0
Vid Vinifera	45,0	52,6	83,3
Avena	30,0	30,0	30,0
Maíz Grano	30,0	30,0	30,0
Huerta Casera	30,0	45,0	45,0
Pradera Mixta	30,0	30,0	30,0
Pradera Natural	30,0	30,0	30,0

Nota: Goteo (90%) - Surco (45%) – Tendido (30%)

Tabla 5.3-55  
Eficiencias de Riego (%)  
Comuna de Rauco  
Valores por Estratos de Tamaño

Cultivos	< 5 ha	5 a 50 ha	> 50 ha
Cerezo	45,0	45,0	45,0
Kiwi	45,0	78,8	90,0
Frambuesa	45,0	45,0	45,0
Vid Vinifera	45,0	90,0	45,0
Maíz Grano	30,0	45,0	30,0
Huerta Casera	45,0	45,0	45,0
Pradera Mixta	30,0	30,0	30,0
Pradera Natural	30,0	30,0	30,0

Nota: Goteo (90%) - Surco (45%) – Tendido (30%)

Tabla 5.3-56  
Eficiencias de Riego (%)  
Comuna de Sagrada Familia  
Valores por Estratos de Tamaño

Cultivos	< 5 ha	5 a 50 ha	> 50 ha
Manzano	45,0	90,0	90,0
Peral	45,0	45,0	90,0
Cerezo	45,0	56,3	86,9
Ciruelo	45,0	90,0	45,0
Olivo	45,0	45,0	90,0
Kiwi	45,0	45,0	90,0
Vid Vinífera	45,0	54,8	62,8
Maíz Grano	30,0	45,0	30,0
Papa	45,0	45,0	45,0
Huerta Casera	30,0	45,0	45,0
Semillero Maíz	45,0	45,0	45,0
Semillero Maravilla	45,0	45,0	45,0
Tomate	45,0	45,0	45,0
Aji	45,0	45,0	45,0
Pradera Mixta	30,0	30,0	30,0

Nota: Goteo (90%) - Surco (45%) – Tendido (30%)

Tabla 5.3-57  
Eficiencias de Riego (%)  
Comuna de Hualañé  
Valores por Estratos de Tamaño

Cultivos	< 5 ha	5 a 50 ha	50 a 500 ha	> 500 ha
Maíz Grano	30,0	30,0	30,0	30,0
Tomate Industrial	45,0	45,0	45,0	45,0
Semillero Maíz	45,0	45,0	45,0	45,0
Tomate	45,0	45,0	45,0	45,0
Sandía	45,0	45,0	45,0	45,0
Pradera Mixta	30,0	30,0	30,0	30,0

Nota: Surco (45%) – Tendido (30%)

Tabla 5.3-58  
Eficiencias de Riego (%)  
Comuna de Curepto  
Valores por Estratos de Tamaño

Cultivos	< 5 ha	5 a 50 ha	50 a 500 ha	> 500 ha
Frutilla	90,0	45,0	45,0	45,0
Vid Vinífera	45,0	45,0	90,0	90,0
Avena	30,0	30,0	30,0	30,0
Papa	45,0	45,0	45,0	45,0
Poroto	90,0	45,0	45,0	45,0
Alfalfa	30,0	30,0	30,0	30,0

Nota: Goteo (90%) - Surco (45%) – Tendido (30%)

Tabla 5.3-59  
Eficiencias de Riego (%)  
Comuna de Licantén  
Valores por Estratos de Tamaño

Cultivos	< 5 ha	5 a 50 ha	50 a 500 ha	> 500 ha
Trigo	30,0	30,0	30,0	30,0
Avena	30,0	30,0	30,0	30,0
Poroto	45,0	45,0	45,0	45,0
Garbanzo	45,0	45,0	45,0	45,0
Maíz Silo	30,0	30,0	30,0	30,0
Alfalfa	30,0	30,0	30,0	30,0
Pradera Mixta	30,0	30,0	30,0	30,0
Pradera Natural	30,0	30,0	30,0	30,0

Nota: Surco (45%) – Tendido (30%)

Establecidas las eficiencias de riego para cada cultivo, se procedió a ajustar las demandas netas para determinar finalmente las tasas de riego, correspondientes al cociente entre la Evapotranspiración Real (ET<sub>r</sub>) y las eficiencias de riego de cada cultivo asignado.

#### 5.3.2.4 Demandas Brutas de Riego

Se han determinado para cada comuna y estrato de tamaño las demandas brutas de agua por cultivo asignado (ver Tablas 5.3-60 a la 5.3-89 ). Esto se ha efectuado mediante la multiplicación de las tasas de riego por las asignaciones de cultivo presentadas en el capítulo 3 del presente informe.

Tabla 5.3-60  
Demandas Brutas (m<sup>3</sup>)  
Comuna de Teno  
Estrato de Tamaño < 5 ha

Cultivos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total	Superficie
Cerezo					290	783	1.283	1.806	1.303	777			6.021	0,50
Frambuesa					776	1.999	3.412	3.440	2.038	956			12.620	1,05
Trigo					3.000	6.310	5.306	2.720					17.336	2,00
Maíz Grano					256	993	1.869	1.880	1.051	432			6.479	0,50
Poroto					100	462	894	900	200				2.555	0,25
Alfalfa					906	2.226	3.118	3.947	3.989	3.232	2.624	1.076	21.117	0,90
Pradera Natural					6.042	14.838	20.784	26.316	26.592	21.546	17.490	7.170	140.778	6,00
Total (m3/mes)					9.948	24.795	33.424	40.440	38.406	29.369	22.278	8.246	206.905	11,20

**Tabla 5.3-61**  
**Demandas Brutas (m<sup>3</sup>)**  
**Comuna de Teno**  
**Estrato de Tamaño 5 a 50 ha**

Cultivos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total	Superficie
Manzano					12.617	48.949	58.571	73.297	59.533	42.698		13.209	294.224	37,00
Ciruelo					0.552	20.088	31.380	36.612	29.676	16.428			143.736	12,00
Kiwi					1.592	6.856	13.000	13.104	10.840	8.688		3.818	57.696	8,00
Frambuesa					554	1.428	2.437	2.457	1.456	683			9.014	0,75
Trigo					54.750	115.156	96.835	49.640					316.382	36,50
Maíz Grano					28.416	110.168	207.404	208.625	116.806	47.952			719.169	55,50
Papa						276	1.104	1.799	931				4.110	0,50
Poroto						7.980	36.980	71.500	71.960	15.980			204.360	20,00
Huerta Casera					455	1.462	3.173	3.652	1.587	864			11.163	1,00
Remolacha					37.710	89.870	96.090	96.680	61.560	35.220			417.210	30,00
Tomate Industrial					20.224	75.208	141.213	142.121	115.577	61.291		22.120	597.754	39,50
Pimentón						5.048	10.320	12.348	11.176				38.892	4,00
Allafía					4.028	9.892	13.856	17.544	17.728	14.364	11.680	4.780	93.852	4,00
Pradera Mbda					23.841	62.154	88.047	111.834	113.157	91.557	74.034	29.078	593.703	27,00
Pradera Natural					140.779	345.725	484.267	613.163	619.594	502.022	407.517	167.061	3.280.127	139,80
Total (m3/mes)					223.398	657.057	1.070.058	1.430.400	1.411.941	1.021.468	727.035	240.065	6.781.422	415,55

**Tabla 5.3-62**  
**Demandas Brutas (m<sup>3</sup>)**  
**Comuna de Teno**  
**Estrato de Tamaño > 50 ha**

Cultivos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total	Superficie
Manzano					17.980	48.949	83.576	104.563	84.909	60.946		18.817	419.740	31,00
Ciruelo					2.229	4.687	7.322	8.543	6.924	3.833			33.538	2,80
Vid Vinífera					54.698	140.896	240.426	242.424	177.156	128.762			982.350	74,00
Trigo					42.000	89.340	74.284	38.080					242.704	28,00
Maíz Grano					61.440	238.160	446.480	451.120	252.160	103.680			1.555.040	80,00
Remolacha					39.600	94.482	100.908	101.502	64.638	36.972			438.102	18,00
Tomate Industrial					8.192	30.464	57.200	57.568	46.816	32.928		8.960	242.128	16,00
Tabaco					570	1.374	2.270	2.692	2.128	68.392			77.426	2,00
Pimentón					12.620	25.800	30.870	27.940					97.230	10,00
Pradera Mbda					31.788	82.872	117.396	149.112	150.876	122.076	98.712	38.772	791.604	36,00
Total (m3/mes)					73.788	368.529	778.492	1.158.244	1.147.228	756.807	532.225	66.549	4.678.862	297,80

**Tabla 5.3-63**  
**Demandas Brutas (m<sup>3</sup>)**  
**Comuna de Romeral**  
**Estrato de Tamaño < 5 ha**

Cultivos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total	Superficie
Cerezo						270	730	1.232	1.544	1.252	743		6.769	0,50
Kiwi						910	4.109	7.803	7.875	6.388	5.205	2.235	34.518	2,50
Frambuesa						520	1.368	2.341	2.363	1.397	650		6.639	0,75
Total (m3/mes)						1.700	6.200	11.375	11.782	9.036	6.598	2.235	48.925	3,75

**Tabla 5.3-64**  
**Demandas Brutas (m<sup>3</sup>)**  
**Comuna de Romeral**  
**Estrato de Tamaño 5 a 50 ha**

Cultivos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total	Superficie
Manzano						32.918	92.169	157.638	197.904	160.531	114.846	34.115	790.419	66,50
Cerezo						11.680	31.560	53.280	66.780	54.120	32.120		249.520	40,00
Ciruelo						2.992	6.408	10.040	11.736	6.504	5.232		45.912	8,00
Durazno						912	1.693	2.651	2.688	1.815	1.419	286	11.582	1,00
Kiwi						1.056	4.762	9.054	9.135	7.407	6.036	2.593	40.043	5,80
Frambuesa						11.435	30.996	51.497	51.975	30.740	14.306		190.047	16,50
Trigo					28.557	61.685	52.070	26.650					168.961	20,50
Cebada					18.109	39.117	33.020	16.900					107.146	13,00
Maíz Grano					178	713	1.347	1.356	757	309			4.656	0,25
Poroto					364	1.771	3.434	3.480	783				9.792	1,00
Semillero Maíz					8.532	34.236	64.638	65.070	38.306	14.796			223.578	18,00
Semillero Maravilla					938	3.535	6.458	7.602	3.816	978			23.327	2,30
Pradera Natural					26.163	67.061	94.849	120.042	121.439	98.268	79.544	31.721	636.865	28,50
Total (m3/mes)					72.829	238.866	386.682	523.928	539.122	404.125	269.585	68.714	2.503.850	221,35

Tabla 5.3-65  
Demandas Brutas (m<sup>3</sup>)  
Comuna de Romeral  
Estrato de Tamaño > 50 ha

Cultivos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total	Superficie
Frambuesa					2.079	5.472	9.363	9.450	5.589	2.601			34.554	3,00
Trigo					13.930	30.080	25.400	13.000					82.420	10,00
Maíz Grano					14.220	57.060	107.720	108.460	60.520	24.680			372.660	20,00
Semillero Maíz					10.428	41.844	79.002	79.530	44.374	18.084			273.262	22,00
Alfalfa					9.180	23.530	33.210	42.120	42.810	34.480		11.130	224.170	10,00
Pradera Mixta					81.498	223.176	318.852	405.854	410.958	332.112	287.750	101.898	2.141.898	102,00
Total (m3/mes)					104.608	303.523	481.838	656.859	651.008	477.075	341.025	113.028	3.128.964	167,00

Tabla 5.3-66  
Demandas Brutas (m<sup>3</sup>)  
Comuna de Curicó  
Estrato de Tamaño < 5 ha

Cultivos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total	Superficie
Vid Vinifera					5.597	17.999	32.086	32.500	23.479	16.070			127.730	10,60
Maíz Grano					372	2.131	4.195	4.234	2.321	841			14.094	0,80
Papa					319	1.622	2.699	1.363					6.004	0,80
Poroto					160	1.317	2.672	2.699	547				7.395	0,80
Huerta Casera					115	573	1.330	1.542	648	315			4.523	0,30
Total (m3/mes)					6.244	22.339	41.905	43.674	28.359	17.226			159.747	13,30

Tabla 5.3-67  
Demandas Brutas (m<sup>3</sup>)  
Comuna de Curicó  
Estrato de Tamaño 5 a 50 ha

Cultivos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total	Superficie
Manzano					24.000	88.704	159.744	202.112	162.944	112.512	20.352		770.368	64,00
Cerezo					5.438	19.358	34.380	43.558	35.078	19.748			157.557	14,50
Frambuesa					1.056	3.398	6.056	6.132	3.560	1.488			21.688	4,00
Vid Vinifera					65.748	211.298	376.728	381.554	275.822	188.718			1.489.862	142,00
Maíz Grano					5.580	31.988	62.928	63.518	34.812	12.612			211.416	12,00
Papa					399	2.028	3.374	1.704					7.505	1,00
Poroto					200	1.648	3.340	3.374	684				9.244	1,00
Huerta Casera					2.550	12.740	29.540	34.260	14.410	7.000			100.500	10,00
Tomate					8.884	16.948	21.710	18.519	11.908				77.786	6,50
Alcachofa					25.750	105.150	158.600	203.600	195.150	13.050	47.550	3.400	750.250	50,00
Sandía					6.981	14.417	18.662	13.904					53.983	6,50
Pradera Mixta					5.544	27.146	41.118	53.732	54.842	43.834	34.146	6.904	269.086	14,00
Pradera Natural														
Total (m3/mes)					31.294	252.531	588.587	972.445	1.020.094	597.604	423.775	32.856	3.828.985	325,50

Tabla 5.3-68  
Demandas Brutas (m<sup>3</sup>)  
Comuna de Curicó  
Estrato de Tamaño > 50 ha

Cultivos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total	Superficie
Manzano					221.250	817.740	1.472.640	1.863.220	1.502.140	1.037.220			7.101.830	590,00
Cerezo					18.750	66.750	118.550	150.200	120.950	68.100			543.300	50,00
Kwi					11.000	83.380	166.485	168.630	135.850	107.635	35.805		706.785	55,00
Vid Vinifera					100.566	323.010	575.757	583.063	421.245	288.378			2.292.039	333,00
Semillero Maíz					3.720	21.312	41.952	42.348	23.208	8.400			140.940	12,00
Total (m3/mes)					355.286	1.312.192	2.375.384	2.907.481	2.203.393	1.509.733	223.425		10.786.894	1.040,00

Tabla 5.3-69  
Demandas Brutas (m<sup>3</sup>)  
Comuna de Molina  
Estrato de Tamaño < 5 ha

Cultivos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total	Superficie
Vid Vinifera					2.655	8.520	15.170	15.375	11.115	7.600			60.435	5,00
Huerta Casera					77	383	888	1.031	434	211			3.024	0,20
Pradera Mixta					359	1.751	2.651	3.462	3.524	2.829	2.201	578	17.354	0,90
Total (m3/mes)					359	4.483	11.555	19.521	19.929	14.378	10.011	578	80.813	6,10

Tabla 5.3-70  
Demandas Brutas (m<sup>3</sup>)  
Comuna de Molina  
Estrato de Tamaño 5 a 50 ha

Cultivos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total	Superficie
Manzano						20.358	75.114	135.108	171.072	138.024	65.202	17.388	652.266	54,00
Cerezo						3.468	12.319	21.868	27.720	22.338	12.558		100.271	9,20
Vid Vinífera						44.220	141.912	252.850	256.162	185.255	126.620		1.007.019	97,40
Avena					19.860	55.320	47.200	23.400					145.780	20,00
Maíz Grano						9.360	53.460	105.120	106.160	58.240	21.080		353.440	20,00
Pradera Natural					12.432	50.616	75.384	97.968	99.552	80.040	62.864	18.144	496.800	24,00
Total (m3/mes)					32.292	183.342	405.389	636.315	660.686	483.896	316.124	35.532	2.755.575	224,60

Tabla 5.3-71  
Demandas Brutas (m<sup>3</sup>)  
Comuna de Molina  
Estrato de Tamaño > 50 ha

Cultivos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total	Superficie
Manzano					23.374	86.242	155.124	196.416	158.472	109.308		19.964	748.898	62,00
Peral					18.850	69.550	125.100	158.400	127.800	88.150		16.100	603.950	50,00
Kwi					1.818	13.689	27.306	27.875	22.311	17.658		5.904	116.361	9,00
Vid Vinífera					288.860	929.200	1.654.380	1.678.600	1.212.000	829.210			8.590.250	1.010,00
Maíz Grano					9.360	53.460	105.120	106.160	58.240	21.080			353.440	20,00
Pradera Mixta					3.980	19.450	29.480	38.470	39.150	31.430	24.450	6.420	192.820	10,00
Total (m3/mes)					3.980	361.712	1.181.601	2.105.500	2.204.421	1.610.253	1.089.854	48.388	8.605.719	1.101,00

Tabla 5.3-72  
Demandas Brutas (m<sup>3</sup>)  
Comuna de Rauco  
Estrato de Tamaño < 5 ha

Cultivos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total	Superficie
Huerta Casera						1.066	3.198	6.880	7.910	3.450	1.908		24.410	2,00
Pradera Mixta					2.650	6.370	8.880	11.233	11.355	9.198	7.478	3.120	60.283	2,50
Total (m3/mes)					2.650	7.436	12.078	18.113	19.265	12.648	9.384	3.120	84.693	4,50

Tabla 5.3-73  
Demandas Brutas (m<sup>3</sup>)  
Comuna de Rauco  
Estrato de Tamaño 5 a 50 ha

Cultivos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total	Superficie
Cerezo						2.672	6.668	11.140	13.920	11.304	6.788		52.492	4,00
Kwi						8.608	34.208	64.416	64.896	52.736	43.284	19.872	298.000	32,00
Frambuesa						1.878	4.152	7.044	7.998	4.218	2.004		26.192	2,00
Vid Vinífera						5.880	14.532	24.854	24.850	18.172	13.090		101.178	14,00
Maíz Grano						28.512	103.872	194.352	195.408	109.440	45.744		677.328	46,00
Pradera Mixta					7.950	18.110	26.640	33.696	34.065	27.593	22.433	9.360	180.848	7,50
Pradera Natural					13.373	30.610	42.235	53.278	53.794	43.624	35.582	15.411	287.907	11,20
Total (m3/mes)					21.323	97.070	232.307	388.582	394.031	267.085	166.905	44.643	1.613.945	118,70

Tabla 5.3-74  
Demandas Brutas (m<sup>3</sup>)  
Comuna de Rauco  
Estrato de Tamaño > 50 ha

Cultivos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total	Superficie
Kwi						15.930	63.180	118.868	119.813	97.335	79.853	36.720	531.898	67,50
Maíz Grano						3.564	12.880	24.296	24.428	13.680	5.716		84.664	4,00
Total (m3/mes)						19.494	76.160	143.164	144.241	111.015	85.569	36.720	616.562	71,50

Tabla 5.3-75  
Demandas Brutas (m<sup>3</sup>)  
Comuna de Sagrada Familia  
Estrato de Tamaño < 5 ha

Cultivos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total	Superficie
Huerta Casera						458	1.550	3.417	3.930	1.697	897		11.948	0,70
Tomate					574	4.957	9.021	11.374	9.678	6.315			41.918	3,10
Aji						1.524	3.157	3.797	3.428				11.906	1,20
Total (m3/mes)					574	6.939	13.728	18.587	17.036	8.012	897		65.772	5,00

Tabla 5.3-76  
Demandas Brutas (m<sup>3</sup>)  
Comuna de Sagrada Familia  
Estrato de Tamaño 5 a 50 ha

Cultivos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total	Superficie
Manzano						566	1.598	2.760	3.454	2.806	1.992	584	13.760	2,00
Cerezo						3.616	9.984	16.808	21.048	17.080	10.016		78.432	8,00
Ciruelo						788	1.696	2.676	3.122	2.532	1.376		12.190	2,00
Vid Vinífera						52.113	138.069	238.032	239.685	174.957	123.627		966.483	87,00
Maíz Grano						34.155	139.104	264.753	265.657	148.143	58.826		910.638	69,00
Papa							2.680	11.285	18.435	9.500			41.900	5,00
Tomate					925	7.995	14.550	18.345	15.610	10.185			67.610	5,00
Total (m3/mes)					925	99.233	307.661	554.659	567.211	365.203	195.937	584	2.091.313	178,00

Tabla 5.3-77  
Demandas Brutas (m<sup>3</sup>)  
Comuna de Sagrada Familia  
Estrato de Tamaño > 50 ha

Cultivos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total	Superficie
Manzano						5.660	15.980	27.600	34.540	28.080	19.920	5.640	137.600	20,00
Peral						3.679	10.387	17.940	22.451	18.239	12.948	3.796	89.440	13,00
Cerezo						6.300	17.179	29.262	36.636	29.735	17.437		136.547	21,50
Ciruelo						18.912	40.680	64.248	74.928	60.768	33.000		292.536	24,00
Olivo						91.580	170.240	268.660	271.320	193.810	141.930	27.740	1.165.080	190,00
Kiwi						3.780	17.360	33.320	33.560	27.240	22.060	9.440	146.760	20,00
Vid Vinífera						178.343	471.944	813.967	819.423	598.455	422.840		3.304.972	341,00
Maíz Grano						11.130	45.360	86.325	86.700	48.315	19.215		297.045	15,00
Semillero Maíz						6.663	27.216	51.800	52.016	29.965	11.529		178.227	13,50
Tomate					1.480	12.792	23.280	29.352	24.976	16.296			108.176	8,00
Pradera Mixta					82.012	172.272	245.532	313.908	317.090	256.632	205.276	77.628	1.650.348	74,00
Total (m3/mes)					83.492	511.130	1.085.156	1.738.381	1.773.640	1.306.334	906.155	124.442	7.506.731	740,00

Tabla 5.3-78  
Demandas Brutas (m<sup>3</sup>)  
Comuna de Hualañé  
Estrato de Tamaño < 5 ha

Cultivos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total	Superficie
Maíz Grano						869	3.128	5.878	5.967	3.339	1.415		20.596	1,00
Total (m3/mes)						869	3.128	5.878	5.967	3.339	1.415		20.596	1,00

Tabla 5.3-79  
Demandas Brutas (m<sup>3</sup>)  
Comuna de Hualañé  
Estrato de Tamaño 5 a 50 ha

Cultivos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total	Superficie
Maíz Grano						1.738	6.256	11.756	11.934	6.678	2.830		41.192	2,00
Total (m3/mes)						1.738	6.256	11.756	11.934	6.678	2.830		41.192	2,00

Tabla 5.3-80  
Demandas Brutas (m<sup>3</sup>)  
Comuna de Hualañé  
Estrato de Tamaño 50 a 500 ha

Cultivos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total	Superficie
Maíz Grano						6.083	21.896	41.146	41.789	23.373	9.905		144.172	7,00
Tomate					924	5.016	8.922	11.250	9.705	6.345			42.162	3,00
Sandía					173	1.393	2.558	3.244	2.457				9.825	1,00
Pradera Mixta					7.105	17.066	23.940	30.527	31.122	25.123	20.391	6.400	163.674	7,00
Total (m3/mes)					8.202	29.558	57.316	86.167	85.053	54.841	30.296	6.400	359.833	18,00

Tabla 5.3-81  
Demandas Brutas (m<sup>3</sup>)  
Comuna de Hualañé  
Estrato de Tamaño > 500 ha

Cultivos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total	Superficie
Tomate Industrial						17.370	60.060	112.500	114.270	92.640	65.400	19.140	481.380	30,00
Semillero Maíz						36.477	131.418	246.897	250.614	140.238	59.472		865.116	63,00
Total (m3/mes)						53.847	191.478	359.397	364.884	232.878	124.872	19.140	1.346.496	93,00

Tabla 5.3-82  
Demandas Brutas (m<sup>3</sup>)  
Comuna de Curepto  
Estrato de Tamaño < 5 ha

Cultivos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total	Superficie
Frujilla						38	140	263	279	208	150		1.078	0,20
Avena					1.030	2.237	1.826	1.057					6.250	0,75
Poroto						190	895	1.805	1.904	420			5.214	1,00
<b>Total (m3/mes)</b>					1.030	2.465	2.961	3.125	2.183	628	150		12.542	1,95

Tabla 5.3-83  
Demandas Brutas (m<sup>3</sup>)  
Comuna de Curepto  
Estrato de Tamaño 5 a 50 ha

Cultivos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total	Superficie
Maíz Grano						366	1.440	2.831	2.984	1.642	661		9.922	0,50
Papa							271	1.122	1.904	971			4.267	0,50
Añaiña					456	1.170	1.674	2.220	2.348	1.869	1.468	575	11.777	0,50
<b>Total (m3/mes)</b>					456	1.535	3.385	6.172	7.236	4.481	2.128	575	25.965	1,50

Tabla 5.3-84  
Demandas Brutas (m<sup>3</sup>)  
Comuna de Curepto  
Estrato de Tamaño 50 a 500 ha

Cultivos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total	Superficie
Vid Vinífera						7.020	18.420	32.860	34.700	24.920	17.280		135.200	20,00
<b>Total (m3/mes)</b>						7.020	18.420	32.860	34.700	24.920	17.280		135.200	20,00

Tabla 5.3-85  
Demandas Brutas (m<sup>3</sup>)  
Comuna de Curepto  
Estrato de Tamaño > 500 ha

Cultivos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total	Superficie
Vid Vinífera						52.650	138.150	248.450	260.250	188.900	129.600		1.014.000	150,00
<b>Total (m3/mes)</b>						52.650	138.150	248.450	260.250	188.900	129.600		1.014.000	150,00

Tabla 5.3-86  
Demandas Brutas (m<sup>3</sup>)  
Comuna de Licantén  
Estrato de Tamaño < 5 ha

Cultivos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total	Superficie
Garbanzo						339	1.742	3.122	3.304	664			9.171	1,00
<b>Total (m3/mes)</b>						339	1.742	3.122	3.304	664			9.171	1,00

Tabla 5.3-87  
Demandas Brutas (m<sup>3</sup>)  
Comuna de Licantén  
Estrato de Tamaño 5 a 50 ha

Cultivos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total	Superficie
Trigo					12.460	28.060	24.280	13.320					78.120	10,00
Poroto					848	4.233	6.580	8.580	9.068	1.988			24.715	2,50
Garbanzo						848	4.355	7.805	8.260	1.660			22.928	2,50
<b>Total (m3/mes)</b>					12.460	29.755	32.668	29.705	17.328	3.648			125.763	15,00

Tabla 5.3-88  
Demandas Brutas (m<sup>3</sup>)  
Comuna de Licantén  
Estrato de Tamaño 50 a 500 ha

Cultivos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total	Superficie
Pradera Natural					16.140	43.880	63.420	64.340	89.420	71.000	55.600	20.900	444.700	20,00
<b>Total (m3/mes)</b>					16.140	43.880	63.420	64.340	89.420	71.000	55.600	20.900	444.700	20,00

Tabla 5.3-89  
Demandas Brutas (m<sup>3</sup>)  
Comuna de Licantén  
Estrato de Tamaño > 500 ha

Cultivos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total	Superficie
Poroto					2.712	13.544	27.456	29.016	6.360				79.088	8,00
Maíz Silo					11.198	59.950	103.028	109.032	86.746				369.952	22,00
Alfalfa					16.140	43.880	63.420	84.340	89.420	71.000	55.800	20.900	444.700	20,00
Pradera Mixta					34.850	102.000	149.250	189.250	211.450	167.700	130.800	46.800	1.042.100	50,00
Total (m3/mes)					50.990	159.790	296.164	414.072	438.918	331.806	196.400	67.700	1.935.840	100,00

Finalmente, a manera de resumen se presenta en la Tabla 5.3-90 las demandas unitarias en m<sup>3</sup>/ha para cada sector (comuna) y estrato de tamaño considerado. De esta Tabla se desprende que la mayor tasa de riego requerida se produce en la comuna Licantén, estrato de tamaño entre 50 y 500 ha y las menores demandas en la comuna Curepto, estrato de tamaño menor de 5 ha. Además, en la Tabla 5.3-91 se entrega la demanda total expandida según la superficie determinada en el catastro de regantes de la DGA.

Tabla 5.3-90  
Demandas Brutas Unitarias (m<sup>3</sup>/ha)

Región	Comuna	Estratos de Tamaño	Demandas de Agua (m <sup>3</sup> /ha)
VII	Teno	< 5 ha	18.474
		5 - 50 ha	16.319
		> 50 ha	16.386
	Romeral	< 5 ha	13.047
		5 - 50 ha	11.312
		> 50 ha	18.736
	Curicó	< 5 ha	12.011
		5 - 50 ha	12.071
		> 50 ha	10.372
	Molina	< 5 ha	13.248
		5 - 50 ha	12.269
		> 50 ha	7.412
	Rauco	< 5 ha	18.821
		5 - 50 ha	13.597
		> 50 ha	8.620
	Sagrada Familia	< 5 ha	13.154
		5 - 50 ha	11.749
		> 50 ha	10.144
	Hualañe	< 5 ha	20.596
		5 - 50 ha	20.596
		50 - 500 ha	19.991
		> 500 ha	14.478
	Curepto	< 5 ha	6.432
		5 - 50 ha	17.310
50 - 500 ha		6.760	
> 500 ha		6.760	
Licantén	< 5 ha	9.171	
	5 - 50 ha	8.384	
	50 - 500 ha	22.235	
	> 500 ha	19.358	

Tabla 5.3-91  
Demandas Brutas Totales (m<sup>3</sup>/s)

Comuna	Estrato de Tamaño	Demanda unit. de Agua (m <sup>3</sup> /ha)	Área Regada (ha)	Demanda total de Agua (m <sup>3</sup> )
Teno	< 5 ha	18.461	635,6	11.733.812
	5 - 50 ha	16.320	13.156,2	214.709.021
	> 50 ha	16.392	5.785,7	94.838.867
	<b>Total</b>		<b>19.577,5</b>	
Romeral	< 5 ha	13.047	279,5	3.647.158
	5 - 50 ha	11.300	4.877,3	55.113.829
	> 50 ha	18.732	3.997,7	74.884.916
	<b>Total</b>		<b>9.154,6</b>	
Curicó	< 5 ha	12.013	1.097,2	13.180.664
	5 - 50 ha	12.067	9.938,4	119.926.069
	> 50 ha	10.373	8.343,1	86.542.976
	<b>Total</b>		<b>19.378,7</b>	
Molina	< 5 ha	13.245	638,1	8.451.237
	5 - 50 ha	12.269	7.531,8	92.407.163
	> 50 ha	7.414	9.628,0	71.381.770
	<b>Total</b>		<b>17.797,8</b>	
Rauco	< 5 ha	18.826	239,7	4.511.651
	5 - 50 ha	13.588	1.702,3	23.131.396
	> 50 ha	8.621	2.790,3	24.055.435
	<b>Total</b>		<b>4.732,3</b>	
Sagrada Familia	< 5 ha	13.154	443,8	5.837.482
	5 - 50 ha	11.752	5.330,9	62.649.089
	> 50 ha	10.139	5.088,1	51.588.246
	<b>Total</b>		<b>10.862,8</b>	
Hualañé	< 5 ha	20.596	67,8	1.396.821
	5 - 50 ha	20.596	452,9	9.328.546
	50 - 500 ha	19.981	894,9	17.881.397
	> 500 ha	14.479	1.257,3	18.204.012
	<b>Total</b>		<b>2.672,9</b>	
Curepto	< 5 ha	6.433	26,0	167.258
	5 - 50 ha	17.316	117,2	2.029.435
	50 - 500 ha	6.760	298,8	2.019.888
	> 500 ha	6.760	906,0	6.124.560
	<b>Total</b>		<b>1.348,0</b>	
Licantén	< 5 ha	9.171	21,7	199.286
	5 - 50 ha	8.385	96,2	806.218
	50 - 500 ha	22.235	708,9	15.762.392
	> 500 ha	19.358	375,0	7.259.250
	<b>Total</b>		<b>1.201,8</b>	
<b>TotalMataq.</b>			<b>86.726,3</b>	<b>1.099.769.844</b>

## **5.4 ALTERNATIVAS PRODUCTIVAS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS**

### **5.4.1 Introducción**

En primer término, previo a establecer alternativas productivas factibles de ser implantadas con el uso de aguas subterráneas, es necesario analizar la información generada en el presente proyecto, de manera de fundamentar las diferentes alternativas de proyección del uso de estas aguas.

El análisis está referido a los tipos de cultivos a considerar y rentabilidad de ellos, prioridad en la asignación de los nuevos recursos de agua, incorporación de nuevos suelos y clima, entre otros.

Una vez analizada la información, se concluirá sobre las mejores alternativas de cultivos a instaurar, tanto en el área de la cuenca del río Huasco como en la del río Mataquito. Lo anterior se basará tomando en cuenta la potencialidad de ocupación del suelo, la disponibilidad de agua de riego, el estudio de mercado, comercialización y precios, la rentabilidad de los rubros productivos y la disponibilidad de recursos básicos de clima y suelos.

### **5.4.2 Estudio de Mercado Comercialización y Precios**

#### **5.4.2.1 Comercialización**

##### **5.4.2.1.1 Cuenca Río Huasco**

Dentro del área de estudio se identifican diferentes rubros con distintas modalidades de comercialización. En efecto, existen los frutales de exportación representados mayoritariamente por uva de mesa, en la parte alta del valle. Otras especies que se exportan, aunque ocupan menor superficie son palto y mandarinas. También se destaca la participación de frutales que se destinan a la agroindustria, como es el caso de la vid pisquera y los olivos. La primera coexiste con la uva de mesa en la primera sección del río Huasco, en tanto que la última ocupa la mayor parte de la superficie en la cuarta sección del río.

Asimismo, existen explotaciones que se dedican al cultivo de hortalizas, de las que algunas se destinan al mercado interno y otras a la agroindustria, como es el caso de los alcachofines.

En frutales existen diferentes modalidades de contrato para la comercialización de cada especie, tanto para la fruta de exportación como para la agroindustria, todo dependerá de las perspectivas de cada temporada. En este

sentido, cabe señalar que lo óptimo es que cada productor negocie directamente con la empresa exportadora o agroindustria, para lo cual debe estar informado de lo que sucede en el ámbito internacional respecto de sus productos.

Para todos los rubros señalados, la III Región cuenta con una adecuada infraestructura de comercialización. Lo ideal es que los productores vendan directamente sus productos, ya sea en las empresas exportadoras, agroindustria o mercados mayorista, ya que para obtener mejores precios de venta es necesario no realizar transacciones con intermediarios.

En este plano, cabe señalar que en el ámbito frutícola, la región de Copiapó dispone de líneas de procesamiento, selección, embalaje y almacenamiento de fruta. En el rubro de exportación, es importante señalar que existen a lo menos seis empresas que participan activamente dentro de la región, entre las cuales se pueden mencionar Río Blanco, Agrofrio, Unifrutti y Del Monte, entre otras. Hasta el 30 de noviembre la salida de la fruta al exterior tiene lugar por el puerto de Calera y desde el 1 de diciembre en adelante ocurre por el puerto de Coquimbo; el primero tiene costos de operación más altos que el segundo.

Además, es importante destacar que existe una amplia gama de posibilidades de elaboración de productos agroindustriales, como son pisco, aceite de oliva y conservas. Para estos productos los poderes de compra están dados por las empresas pisqueras Control (Alto del Carmen), Capel y Horcón Quemado; en el caso del aceite de oliva se destacan Don Daniel, Huasco y Olivos del Huasco; por último, para los alcachofines existe la agroindustria Agro Gourmet Chile.

Se debe señalar que a pesar de la infraestructura instalada para la elaboración del pisco, este cultivo ha visto disminuida su rentabilidad en las últimas décadas y las cooperativas no están contratando nuevas superficies y a los cooperados que se mantienen vigentes, no se les permiten nuevas plantaciones. Por esta razón, este cultivo no se analizará en este acápite.

#### 5.4.2.1.2 Cuenca Río Mataquito

Al igual que en el caso anterior, en el área de influencia del río Mataquito se identifican diferentes rubros con distintas modalidades de comercialización. Entre ellos figuran los de tipo industrial, cuya superficie de cultivo es contratada por diferentes empresas y el precio al momento de la siembra es conocido; estas especies son remolacha y tomate industrial.

En el resto de las especies anuales se distinguen aquellos productos que compiten con su homólogo de origen importado, como es el caso de trigo y maíz. En éstos es necesario informarse de cómo ha sido la temporada agrícola en Estados Unidos y Argentina, para tomar la decisión oportuna de cuanta superficie sembrar. Se debe tener presente que en el primero todavía está vigente el sistema de Banda

de Precios, cuyo objetivo es atenuar las bruscas fluctuaciones de los precios internacionales.

Las otras especies anuales están constituidas por la papa y el poroto, las que generalmente son vendidas puesta en predio a intermediarios. Una forma de lograr mejores precios de venta sería que los productores se asociaran y que comercializaran directamente su producción en los mercados mayoristas. No obstante, en ambos rubros sería positivo que los productores se informaran del resultado de la temporada anterior, del nivel de stock en Chile y de las perspectivas de exportación.

En el caso de las hortalizas de consumo fresco, cabe señalar que la mejor alternativa es comercializar los productos directamente en las ferias o mercados mayoristas, principalmente hacia el sur de la VII Región. Asimismo, otra alternativa es reemplazar este tipo de cultivo por hortalizas para congelado, rubro que se desarrolla bajo la modalidad de contrato y que en la zona cuenta con una adecuada infraestructura y puntos de venta.

En el rubro ganadero lo ideal es comercializar el ganado directamente en las ferias, tratando de escalonar las ventas para no producir una saturación del mercado. En forma paralela, como consecuencia de la expansión que han registrado las exportaciones de carne bovina nacional, es necesario producir carne acorde con los estándares exigidos por los mercados más exigentes como la Unión Europea y Japón, sectores que pagan mayores precios respecto de otros destinos del producto nacional.

En frutales existen diferentes modalidades de contrato para la comercialización de cada especie, tanto para la fruta de exportación como para la agroindustria; todo dependerá de las perspectivas de cada temporada. En este sentido, cabe señalar que lo óptimo es que cada productor negocie directamente con la empresa exportadora o agroindustria, para lo cual debe estar informado de qué sucede en el ámbito internacional respecto de sus productos.

Para todos los rubros señalados, la VII Región cuenta con una adecuada infraestructura de comercialización. Lo ideal es que los productores vendan directamente sus productos, ya sea en las empresas exportadoras, agroindustria o mercados mayorista, ya que para obtener mejores precios de venta es necesario no realizar transacciones con intermediarios.

En efecto, en el ámbito frutícola la región del Maule dispone de líneas de procesamiento, selección, embalaje y almacenamiento de fruta. En el rubro de exportación, es importante señalar que existen a lo menos doce empresas que participan activamente dentro de la región, entre las cuales se puede mencionar Copefrut S.A., Unifrutti, Golden Berries, Dole Chile, etc.

Además, es importante destacar que existe una amplia gama de posibilidades de elaboración de productos agroindustriales, como son vinos, aceite de

oliva, mermeladas, conservas, congelados, deshidratados, pulpas y jugos, entre otros. Para estos productos los poderes de compra están dados por Viña San Pedro, Viña Concha y Toro, Terramater S.A., Agroindustria Cepia Ltda., Sociedad Agrozzi, IANSA a través de sus filiales lansafrut y Patagonia S.A., Agroindustrial Nacional, Jucosol S.A. y Agrícola San Clemente Ltda, entre otras.

En el caso de las hortalizas, para las especies congeladas las principales empresas contratantes corresponden a Agrinova y Bonduelle. En el tomate industrial destaca lansafrut S.A., Agrozzi y Corpora.

Por otra parte, la Región del Maule, específicamente en las cercanías del área del proyecto, se dispone de la presencia de aproximadamente seis molinos de trigo, ubicados esencialmente en Linares, Curicó y Talca.

Finalmente, el ganado se transa en las distintas ferias de ganado operando en el área de estudio, entre las que cabe mencionar a las de Hualañé, Curicó, San Fernando, Yervas Buenas, San Javier y Talca, entre otras. Además, actualmente en la VIII Región existe un matadero habilitado para la exportación de carne bovina hacia la Unión Europea.

#### **5.4.2.2 Mercados**

Para este acápite se realizó una recopilación y análisis de los antecedentes obtenidos en terreno y de los bibliográficos disponibles para los principales productos agropecuarios desarrollados en el área del estudio y que presentan viabilidad económica de expandir su superficie con la utilización de aguas subterráneas. Dicha información corresponde a la superficie de cultivo nacional, regional y provincial, evolución de la producción, canales de comercialización, exportaciones, acuerdos comerciales, perspectivas, etc.

El análisis de mercados, precios y comercialización, tanto nacional como de exportación, se basó en información obtenida mediante la revisión de distintas publicaciones y estudios efectuados por los siguientes organismos:

- Instituto Nacional de Estadísticas, INE.
- Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, ODEPA.
- Federación de Productores de Fruta.
- CIREN-CORFO.

En el ámbito internacional, cabe destacar que actualmente Chile mantiene relaciones comerciales con un gran número de países con los cuales intercambia productos pagando el arancel vigente en cada uno de ellos, y éstos a su vez, deben cancelar el impuesto vigente en Chile. No obstante, en la última década se han firmado diversos Acuerdos Comerciales, entre los que se destacan el suscrito con Estados Unidos, Unión Europea, Corea, MERCOSUR, Canadá, Colombia, México y

Perú, entre otros. Para los acuerdos suscritos se dará a conocer la desgravación arancelaria por producto a estudiar y las perspectivas en cada uno de los mercados.

El listado definitivo de los rubros a analizar bajo condiciones de riego es el siguiente:

- Hortalizas
  - Alcachofa
  - Pimentón
  - Tomate
  
- Frutales
  - Arándano
  - Cerezo
  - Frambuesa
  - Frutilla
  - Mandarina
  - Manzana
  - Olivo de Aceite
  - Palto
  - Uva de Mesa
  - Vid Vinífera

Por último, es preciso indicar que el análisis de precios se ha efectuado utilizando las series de precios de ODEPA del mercado mayorista de Santiago, sin IVA, expresados en moneda de mayo de 2005, y los precios FOB para los productos de exportación.

#### **5.4.2.2.1 Análisis por producto**

A continuación se presenta el análisis realizado para cada producto, cuyo objetivo es dar a conocer el comportamiento que ha tenido cada uno de ellos en las últimas temporadas y las perspectivas futuras.

##### **a) Hortalizas**

- Alcachofa

La alcachofa es una hortaliza multianual que se distribuye desde la I a la XII Región, pero se concentra principalmente entre la IV Región y el Área Metropolitana. Así, del total nacional, la III Región abarca alrededor del 2,4% de las plantaciones, existiendo en la temporada 1996/97 del orden de 65 ha, de las cuales el 99,7% se encuentran en la provincia de Copiapó y el 0,7% restante en Huasco.

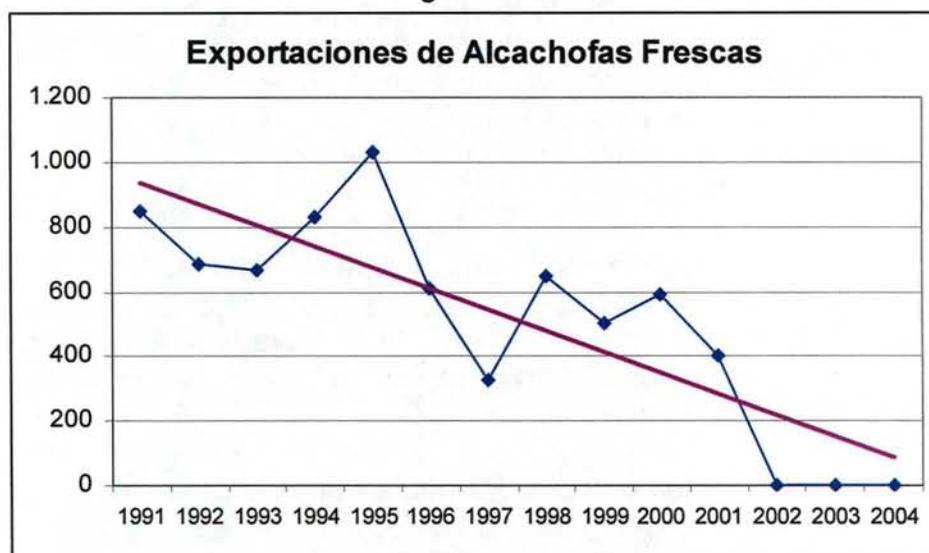
Cabe señalar que la superficie nacional de esta especie experimentó un significativo aumento entre las temporadas 1987/88 y 1996/97, al pasar de 1.771 ha a

2.776 ha, equivalente al 56,7%. No obstante, al interior de ese período se verificaron algunas fluctuaciones.

El destino de la producción nacional de alcachofas corresponde en gran porcentaje a la comercialización del producto fresco en el mercado interno, le siguen la agroindustria y la exportación de la hortaliza en estado fresco, canal que ha mostrado un comportamiento más bien errático.

En efecto, tal como se aprecia en la Figura 5.4-1, los envíos al exterior alcanzaron su peak en 1995 con 1.032 toneladas, constatándose el monto más bajo en 2002 con sólo 0,3 toneladas.

Figura 5.4-1



Fuente: Elaboración propia, en base a antecedentes de ODEPA

En este ámbito, es interesante indicar que el principal destino de los envíos de alcachofa fresca lo constituye Argentina y Estados Unidos; en ambos mercados el volumen enviado ha sido más bien errático, lo que ha determinado el comportamiento final de las exportaciones. Lo anterior sería atribuible a algunos problemas de calidad que ha presentado el producto chileno, lo que derivó en el rechazo de los embarques.

De hecho, la alcachofa nacional enviada a Estados Unidos debe competir con la producción local, del estado de California y la proveniente de México, que llega en forma permanente. Sin embargo, ese mercado es atractivo para la hortaliza chilena, pues accede en la época de menor oferta y por consiguiente alcanza altos precios. Además, en ese país el consumo de alcachofas muestra un sostenido crecimiento.

Cabe señalar, que la incorporación de Chile al MERCOSUR sería beneficioso para este sector pues este bloque es demandante de este producto, principalmente en el caso de Argentina. De hecho, las exportaciones de alcachofas hacia esos países quedaron incluidas en la lista de desgravación general y según el

calendario de preferencias acordadas, éstas alcanzaron a 100% en el año 2004. Por otra parte, si bien México no es un mercado relevante para los envíos chilenos, éstos dejaron de pagar arancel de ingreso en 1996.

En el caso de Estados Unidos, este país concedió un cupo anual de 950 toneladas libres de arancel, el resto de los envíos chilenos dejarán de pagar arancel el año 12; antes del acuerdo, el arancel de internación era de 11,3%. En Corea entrarán sin pagar arancel al año 5, en tanto que en la Unión Europea lo harán el año 4, es decir, en 2007.

En contraposición con la situación descrita recientemente, en el año 2002 se iniciaron las exportaciones de alcachofas en conservas, con 220 toneladas equivalentes a US\$382 mil FOB. Estos embarques en los años siguientes continuaron incrementándose, totalizando en 2005 alrededor de 514 toneladas por US\$1,03 millones FOB. Los principales demandantes de este producto son Brasil y Estados Unidos. La comercialización de este producto en Estados Unidos se ve muy auspiciosa, por cuanto dicho país, con motivo del acuerdo comercial con Chile, rebajó el arancel de internación desde la entrada en vigencia a 0, antes del acuerdo debían pagar una tasa de 10,2%.

Cabe señalar que la producción actual de esta hortaliza en el área de influencia del río Huasco corresponde a alcachofines, cuya producción la absorbe completamente la agroindustria Agro Gourmet Chile, cuya superficie de contrato es de 140 hectáreas y espera expandirse hasta 350 hectáreas. Estos alcachofines son procesados y exportados como conservas.

En el mercado doméstico, la alcachofa se transa desde marzo a diciembre y debido a los cambios de la oferta, tanto en calidad como en las variedades disponibles, los precios manifiestan fluctuaciones estacionales. Las mayores cotizaciones se presentan en los períodos marzo - abril y agosto - octubre; esta última etapa coincide con la de exportación.

En la Tabla 5.4-1 se presentan los precios del producto comercializado en el país a nivel de mayorista, en donde se constata que éstos han sido bastante variables a lo largo del tiempo, destacándose el promedio anual más alto en 2002 con casi \$65 la unidad y el menor en 2000, cuando esta hortaliza se transó torno a unos \$55 la unidad, ambos valores expresados en moneda de mayo de 2005.

Tabla 5.4-1

Precio Real de Alcachofa (\$ de Mayo 2005/cien unidades, sin IVA)													
AÑO/MES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio Anual
1999			6.492	6.637	6.313	5.882	4.699	5.668	5.870	5.744	4.494	5.550	5.735
2000	3.729			7.599	5.211	5.205	5.668	6.529	5.737	5.816	5.038	4.335	5.487
2001			5.511	6.633	4.708	4.409	4.598	7.272	7.145	5.332	4.646	5.721	5.598
2002			5.415	6.392	5.529	5.106	5.988	7.580	6.558	6.690	6.587	8.776	6.462
2003			8.946	6.478	6.601	5.762	6.832	7.020	6.075	5.462	5.427	4.959	6.356
2004			12.448	5.483	4.510	4.836	5.101	6.619	5.275	5.628	5.102	4.974	5.998
<b>Promedio Mensual</b>	3.729		7.763	6.537	5.479	5.200	5.481	6.781	6.110	5.779	5.216	5.719	5.939

Fuente: elaboración propia, en base a antecedentes de ODEPA

A la luz de estos antecedentes, se piensa que esta es una hortaliza con potencial en la medida que se mejore el proceso productivo y la selección del producto que se destina a exportación, de tal forma de consolidar la posición en los mercados internacionales, así como también en la agroindustria.

- Pimentón

En Chile el cultivo del pimentón se distribuye desde la I a la IX Región, aunque se concentra en casi un 95% entre la IV y VII Región. En 1996/97 la superficie destinada a esta hortaliza abarcó del orden de 3.474,5 hectáreas, de las cuales sólo el 2,4%, es decir, 83,6 hectáreas se plantaron en la III Región. Al interior de la región se distribuye en aproximadamente 99,3% en la provincia de Copiapó y el 0,7% restante en Huasco.

En términos generales, cabe señalar que la superficie cultivada con pimentón desde la temporada 1989/90 en adelante ha fluctuado entre 2.260 hectáreas registradas en 1990/91 y 4.580 hectáreas en 1992/93.

El principal destino de la producción de pimentones en Chile es la deshidratación, ya sea al aire libre, técnica que se utiliza en la zona norte, o en forma industrial a través de hornos de secado continuo.

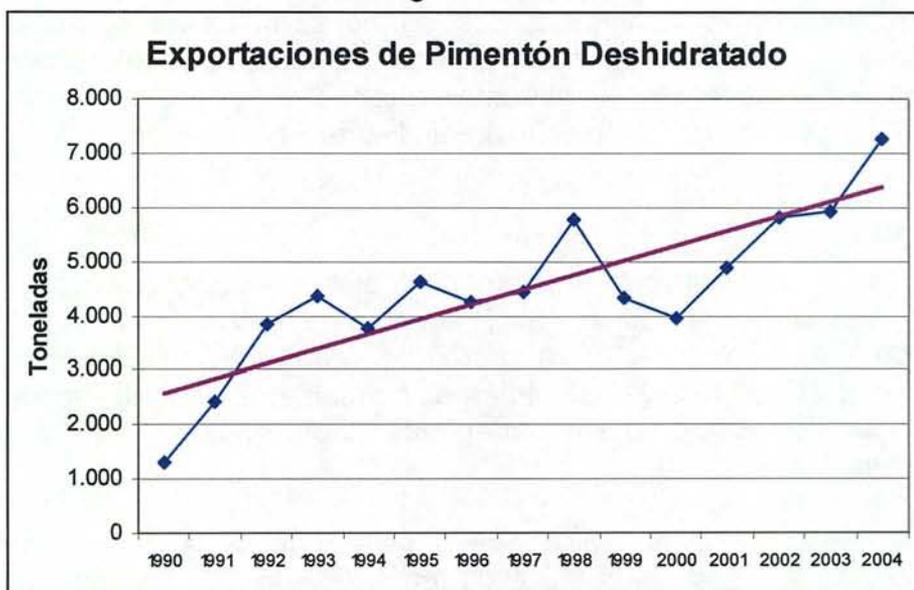
Las plantas deshidratadoras establecen un contrato de superficie con los agricultores y pactan el precio en dólares de acuerdo a la calidad del producto. Entre los servicios que ofrecen figuran la entrega de almácigos, anticipos por concepto de insumos y asesoría técnica.

El pimentón deshidratado es demandado preferentemente por la industria de alimentos, especialmente para la elaboración de sopas, productos cárnicos, comidas preparadas, salsas, condimentos, etc. El principal destino de este producto es la venta al exterior.

Así, entre 1990 y 2004 las exportaciones chilenas de pimentón deshidratado experimentaron una significativa expansión, al pasar de 1.316 toneladas a 7.240 toneladas, equivalente a un aumento de casi seis veces; en términos de valor, el crecimiento fue de casi siete veces. No obstante, al interior del período la tendencia ha sido fluctuante, constatándose los descensos más importantes en 1994 y 2000 (Figura 5.4-2).

En este sentido, cabe señalar que los países que lideran el mercado internacional son Estados Unidos, Hungría, China, Chile, España y Turquía; el producto originario de China, en los últimos años, ha significado una fuerte competencia para el chileno, por cuanto se comercializa a bajos precios, aunque su calidad es inferior.

Figura 5.4-2



Fuente: Elaboración propia, en base a antecedentes de ODEPA

Durante el año 2004 los envíos chilenos fueron colocados en un 50% en Estados Unidos, 30,9% en México, 6,2% en Japón y 4% en Holanda, seguidos a distancia por Guatemala, Uruguay, España y Alemania, entre otros.

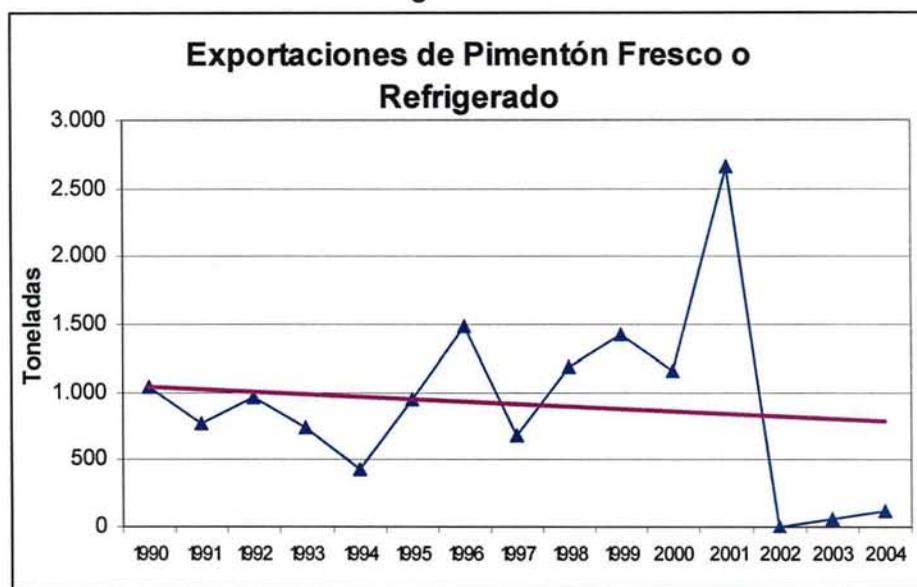
Cabe señalar que la participación de Chile en diferentes acuerdos comerciales ha sido positiva para las ventas de este producto al exterior, ya que los envíos a Canadá, México y Colombia no pagan arancel, y este tributo alcanza a sólo un 0,5% en los países que conforman el MERCOSUR.

En los últimos acuerdos comerciales la situación del pimentón deshidratado es positiva, por cuanto consiguió desgravación total al momento de entrada en vigencia en la Unión Europea, Corea y Estados Unidos. Asimismo, en el producto fresco o refrigerado, el arancel es 0 en Estados Unidos y Corea, en tanto que en los países que

conforma la Unión Europea disminuirá desde 7,4% a 0 en cuatro años, es decir, en el 2008.

El pimentón fresco, por su parte, se destina principalmente al mercado interno, aunque, como se mencionó, una parte se exporta. En efecto, como se observa en la Figura 5.4-3, los envíos de esta hortaliza han sido más bien erráticos, tanto en volumen como en valor, ya que los precios unitarios han fluctuado entre US\$ 0,43 y US\$1,31 FOB por kilo. Desde el año 2002 las exportaciones han sido irrelevantes lo que sería atribuible a la desaparición de Argentina como demandante, país que tradicionalmente había abarcado más del 98% de los envíos chilenos. En 2004 Argentina representó el 90% de las colocaciones y Estados Unidos participó con 9%.

Figura 5.4-3



Fuente: Elaboración propia, en base a antecedentes de ODEPA

En el ámbito nacional, el pimentón se transa durante todo el año en los mercados mayoristas de Santiago, los valores más altos se registran entre los meses de agosto y noviembre, en tanto que los más bajos desde febrero a mayo, cuando tiene lugar una mayor disponibilidad del producto.

Los precios de esta hortaliza, en los últimos doce años, han anotado alzas y bajas, moviéndose en un rango promedio anual entre \$2.942 en 2003 y \$4.797 las cien unidades registrado en 2000, ambos valores expresados en moneda de mayo de 2005 (Tabla 5.4-2).

Tabla 5.4-2

Precio Real de Pimentón (\$ de Mayo 2005/cien unidades sin IVA)													
AÑO/MES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio Anual
1999	2.557	1.887	1.730	1.781	2.602	3.444	4.254	4.515	4.894	5.847	4.069	3.181	3.397
2000	2.942	2.451	1.785	1.967	2.390	2.485	3.804	6.018	8.341	9.110	9.248	7.019	4.797
2001	5.380	3.160	1.691	3.039	3.047	5.528	6.719	7.118	4.648	6.880	3.255	3.206	4.473
2002	2.201	1.660	1.604	2.255	2.148	3.025	3.981	6.631	7.883	9.047	5.873	3.297	4.134
2003	3.066	1.830	1.489	1.623	1.976	2.260	4.698	5.556	3.590	3.154	3.382	2.676	2.942
2004	2.385	1.765	1.703	1.691	1.986	3.220	4.154	5.193	8.468	10.867	3.698	3.020	4.012
<b>Promedio Mensual</b>	3.088	2.125	1.667	2.059	2.358	3.327	4.602	5.839	6.304	7.484	4.921	3.733	3.959

Fuente: Elaboración propia, en base a antecedentes de ODEPA

La evolución que experimente este cultivo en Chile estará estrechamente ligada a la demanda internacional por pimentón deshidratado. En la medida que los productores logren aumentar su eficiencia productiva y la agroindustria maximizar sus instalaciones, Chile podrá ser más competitivo en el contexto internacional.

Respecto al área específica del presente proyecto, cuenca del río Huasco, se propone el cultivo de esta especie en invernadero, con el objeto de acceder al mercado cuando la oferta es menor y, por consiguiente, se obtienen los precios más altos.

#### ▪ Tomate Consumo Fresco

El tomate es la principal hortaliza cultivada en el país y desde la temporada 1986/87 a 1998/99 experimentó un crecimiento de un significativo 80,2%, al pasar de 11.315 ha a 20.390 ha. No obstante dicha expansión, la mayor superficie cultivada con este vegetal correspondió a la del periodo 1994/95 con 22.914 hectáreas.

Esta especie se cultiva desde la I a la XII Región, concentrándose en forma importante entre la IV y la VII Región. Los principales incrementos del área dedicada a este rubro han tenido lugar en la VI y VII Regiones, las que en conjunto en 1996/97 representaron casi un 69% del total nacional.

En la temporada 1996/97 el tomate para consumo fresco en la III Región abarcó una superficie de 389,1 ha, de las cuales un alrededor del 15% se cultivó en invernadero. Del total regional el 90% se encontraba en la provincia de Copiapó y el 10% restante en Huasco.

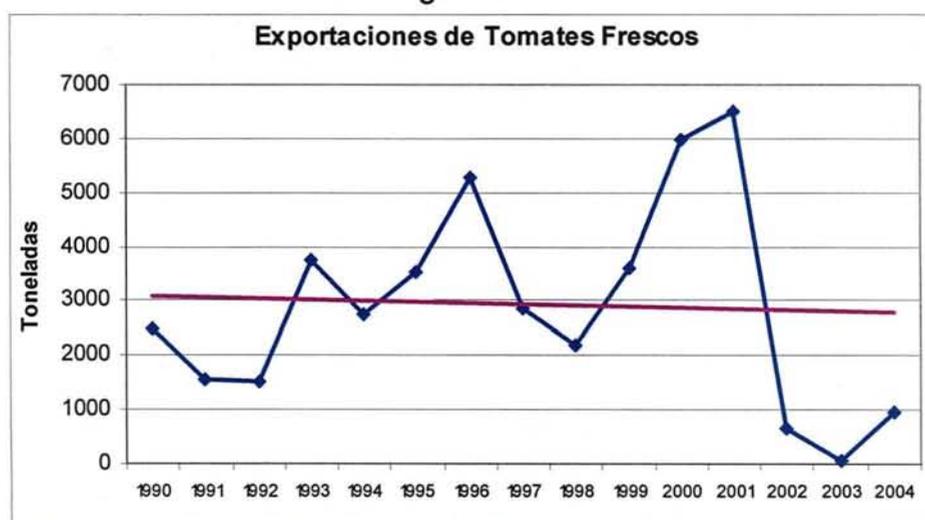
En general, el crecimiento experimentado por esta especie a nivel nacional ha sido consecuencia de las buenas perspectivas de exportación derivadas del cultivo de nuevas variedades aptas para ese propósito.

Si bien los envíos al exterior de tomate fresco entre 1990 y 2004 han exhibido alzas y bajas, la tendencia hasta el año 1996 fue de una importante expansión, al pasar de 2.491 toneladas a un volumen de 5.304 toneladas.

Posteriormente, los embarques descendieron hasta 1998 y luego éstos se recuperaron sostenidamente hasta registrar en el curso del año 2001 del orden de 6.530 toneladas equivalentes a casi US\$3,8 millones FOB. A partir de ese año las exportaciones han sido marginales, experimentando en 2004 una expansión, hasta situarse en mil toneladas (Figura 5.4-4).

Cabe destacar que tradicionalmente Argentina había liderado las colocaciones de tomates chilenos, pero estas transacciones se encuentran estrechamente ligadas al resultado de la producción interna de ese país y a sus problemas financieros. Durante el año 2003, Estados Unidos abarcó más del 55% de los envíos, seguido por México, Reino Unido y Japón, entre otros. En 2004, los envíos se ubicaron en más del 76% en el mercado argentino, seguido por Estados Unidos, Brasil, Japón y Reino Unido.

Figura 5.4-4



Fuente: Elaboración propia, en base a antecedentes de ODEPA.

En este contexto, cabe destacar que la incorporación de Chile al MERCOSUR tendría efectos positivos en las exportaciones de este producto a ese bloque, por cuanto en las negociaciones los tomates fueron incluidos en las listas de productos sensibles especiales, aunque la desgravación arancelaria presenta diferencias entre los distintos países.

Así, el producto exportado a Argentina y Paraguay, entre 1997 y 1999, no tuvo preferencias arancelarias y por lo tanto debió pagar el arancel vigente de 10%; desde el año 2000 al 2005 el arancel disminuye de acuerdo al calendario de preferencias acordadas, para quedar con arancel 0 en el 2006. No obstante, desde el año 1997 Argentina concedió una preferencia de un 33% a un cupo de 1.300 toneladas anuales, las que se distribuyen en 100 toneladas en mayo, 200 toneladas en junio, 400 toneladas en agosto y 300 toneladas en septiembre; la fecha de término del cupo es el 1/1/2000, cuando el programa de liberación del producto supera a la preferencia dentro

del cupo. En el caso de Brasil, las preferencias arancelarias son de un 30% para los tres primeros años, éstas posteriormente se incrementan en un 10% anual, para llegar a un 100% en el año 2006.

En los acuerdos firmados con Bolivia, Ecuador y Perú, actualmente el tomate chileno no paga arancel al entrar a esos mercados. En los tratados de libre comercio más recientes, si bien el tomate chileno no pagará arancel de internación al año 10 en Corea (2014), en los otros la situación es más ventajosa.

Así, los envíos a la Unión Europea, antes del acuerdo pagaban un tributo de entrada de 8,8% y 14,4% según la fecha, y con ocasión del acuerdo los embarques que tengan lugar entre 1º de Noviembre y 14 de Mayo no gravarán su entrada a partir del año 2007 y, durante el resto del año, desde el 2010.

En Estados Unidos, las internaciones de tomates chilenos, entre el 1º de Marzo y 14 de Noviembre, debían pagar entre 2,8 a 3,9 centavos de dólar por kilo y, el resto del año, 2,8 centavos de dólar por kilo; a partir de Enero de 2004 los envíos a dicho país no pagan arancel de internación entre el 15 de Noviembre y 28 de Febrero y, en el resto del año, lo harán a partir del año 8.

De lo anterior se desprende que tanto en la Unión Europea como en Estados Unidos la situación es muy ventajosa para los envíos chilenos, por cuanto es en esa fecha donde se produce el grueso de la cosecha doméstica.

En este contexto, se debe cabe señalar que Estados Unidos el 22/7/98 autorizó la importación de tomates desde Chile y otros países, en la medida que se cumplan ciertas exigencias, como la fumigación del producto en Chile con bromuro de metilo, el tratamiento y el embalaje se deben efectuar antes de que el producto cumpla 24 horas de cosechado y, finalmente, el SAG debe establecer un convenio de provisión o depósito de fondos con el APHIS para la temporada de envíos.

De esta manera, resulta necesario identificar las ventanas en los mercados de exportación, en relación a precios y a la disponibilidad de los volúmenes locales. En efecto, la cosecha en Estados Unidos tiene lugar en mayor magnitud entre junio y octubre; las importaciones se realizan durante todo el año, pero los mayores volúmenes se concentran entre enero y mayo, lo que coincide con la oferta más importante de tomate chileno y los precios en el mercado doméstico son los más bajos.

Para lograr estos objetivos, es prioritario identificar variedades aptas para este propósito, desarrollar toda una tecnología de conservación y de postcosecha, con el propósito de lograr una adecuada condición de llegada.

Entretanto, en el ámbito nacional, el abastecimiento a los centros de comercialización ha tenido una evolución creciente y en la actualidad los canales más utilizados por los productores son los mercados mayoristas, especialmente de Santiago. Los supermercados, a su vez, están adquiriendo importancia a través de una relación directa con el productor.

En cuanto a los precios del tomate de consumo interno presentados en la Tabla 5.4-3, en términos reales, entre 1999 y 2004 sufrieron importantes variaciones, constatándose el valor más elevado en 2004 con \$362/kilo y el menor un año antes con \$192 el kilo, ambos valores están expresados en moneda de mayo de 2005. Al igual que en otras hortalizas, la decisión de plantación por parte de los agricultores está estrechamente relacionada con la evolución de los precios durante el período anterior.

Tabla 5.4-3

Precio Real de Tomate (\$ de Mayo 2005/kilo, sin IVA)													
AÑO/MES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio Anual
1999	100	120	139	144	135	241	263	289	325	524	331	318	244
2000	124	71	79	100	172	178	245	315	332	408	266	247	211
2001	121	105	121	123	232	217	257	249	280	275	273	171	202
2002	92	83	85	111	151	230	282	304	395	465	283	151	219
2003	126	117	97	146	230	187	218	218	250	304	238	174	192
2004	204	194	176	181	388	450	348	454	577	583	407	384	362
<b>Promedio Mensual</b>	128	115	116	134	218	250	269	305	360	427	300	241	239

Fuente: Elaboración propia, en base a antecedentes de ODEPA

Asimismo, es interesante destacar la marcada estacionalidad exhibida por los precios del tomate. Así, entre enero y abril, se registran los valores más bajos, lo que coincide con el grueso de la cosecha del producto cultivado al aire libre, en tanto que en los meses de invierno y primavera se anotan las cotizaciones más altas, lo que está estrechamente relacionado con la producción de tomate en invernadero y primores.

En este contexto, las perspectivas de este cultivo son promisorias, especialmente para aquellos agricultores que logren un producto sano y de altos rendimientos, situación que en la actualidad no es difícil de conseguir con la utilización de las modernas tecnologías de producción. Respecto al área específica del presente proyecto, se propone el cultivo de esta especie en invernadero, con el objeto de acceder al mercado cuando la oferta es menor y, por consiguiente, se obtienen los precios más altos.

## b) Frutales

### ▪ Arándano

En Chile, los primeros arándanos fueron introducidos en 1979 por el INIA con fines de investigación. Las plantaciones comerciales se iniciaron a partir de 1985 y en la temporada 1996/97 la superficie total alcanzaba a 1.172 ha, de las cuales el 78% estaba en etapa de producción y el resto en formación. En el año 2002, según cifras de ODEPA, la superficie nacional de arándanos sumaba 1.324 ha, área casi 13% más elevada que la registrada en el período 1996/97.

Las características climáticas de la zona sur (VII a X Región) permitieron un exitoso establecimiento de esta especie, que se convirtió en una excelente alternativa agrícola para usar suelos comúnmente ocupados con cultivos extensivos.

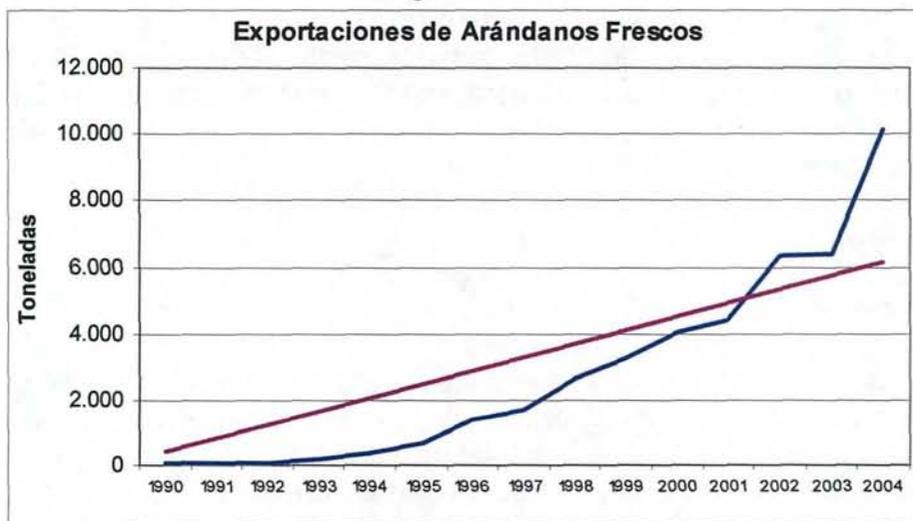
De acuerdo a la información proporcionada por el INE en el VI Censo Nacional Agropecuario, en 1997 la VII Región contaba con alrededor de 122 ha de arándano, de las cuales 21 ha estaban en etapa de formación y el resto en producción. Es interesante señalar que esta zona representa el 10,4% del total nacional. Linares concentra el 81,7% de la superficie regional, Cauquenes el 14% y Curicó el 4,3% restante. La tendencia creciente de las plantaciones de arándano también se manifestó en la VII Región, por cuanto según antecedentes de CIREN-ODEPA en el año 2001 la superficie regional sumaba 174,4 ha, lo revela una expansión de las plantaciones de 43%, en relación a las existentes en 1997.

Cabe destacar que las exportaciones de esta fruta, entre 1990 y 2004, experimentaron un importante crecimiento, al pasar de 33 a 10.104 toneladas, éstas últimas equivalentes a casi US\$76 millones FOB, lo que explica la marcada tendencia alcista registrada por estos envíos (Figura 5.4-5).

El destino de estos embarques en 2004 estuvo constituido principalmente por Estados Unidos, país que absorbió casi el 87% de los envíos. Otras plazas de colocación fueron Japón, Reino Unido, Holanda y Canadá, entre otros.

Esta fruta registra elevados precios unitarios por lo que sus demandantes y potenciales compradores, por el momento, deben ser países solventes y dispuestos a pagar esos valores.

Figura 5.4-5



Fuente: Elaboración propia, en base a antecedentes de ODEPA.

Es probable que Estados Unidos continúe siendo el comprador más importante de arándanos chilenos, puesto que la demanda es mayor a la oferta, no se pagan aranceles u otro tipo de gravámenes y las restricciones de calidad, fitosanitarias y de residuos de pesticidas, son relativamente fáciles de cumplir.

En este contexto, es preciso señalar que esta fruta no paga arancel de entrada en Canadá, México y los países que conforman el MERCOSUR; en tanto que en Japón debe cancelar un impuesto del orden de 7,3%.

El bajo porcentaje embarcado a Europa se debe al alto costo del flete, lo que en definitiva se traduce en un encarecimiento del producto. No obstante, también se evidencia una demanda creciente, que se visualiza en el notable aumento de los volúmenes importados por países como España, Francia, Reino Unido, Suiza y Alemania. Antes del tratado de libre comercio con la Unión Europea, el arándano chileno debía pagar un arancel de internación de 3,2%, con ocasión del acuerdo este producto quedó en la lista de liberación inmediata y actualmente no paga este tributo. En el tratado suscrito con Corea, la entrada de esta fruta concluirá su desgravación arancelaria en el año 10, es decir, en 2014. No obstante, desde el 1º de abril de 2004, entrada en vigencia del acuerdo, el tributo disminuirá en 9,1%.

En este contexto, se debe destacar los envíos de arándanos chilenos también se realizan por vía marítima, lo que permite reducir el costo de flete y, por lo tanto, ser más competitivos en el ámbito internacional. Esto, unido a la rebaja arancelaria y a que Chile es un productor de contraestación respecto de sus principales nichos de colocación, hacen prever inmejorables perspectivas para esta especie.

Chile, respecto de otros competidores del hemisferio sur, como Nueva Zelanda, obtiene menores precios promedios. Esto se debe a que comercializa mayores volúmenes y los productores y exportadores están menos organizados. Una alternativa para mejorar el margen de comercialización sería utilizar flete marítimo, para lo cual se deben desarrollar técnicas de conservación adecuadas que permitan mantener las exigencias de calidad de los mercados compradores.

- Cerezo

En Chile, el cultivo del cerezo se distribuye entre la IV y la X Región del país, pero se concentra en más de un 90% entre la VI y VIII Región. Cabe señalar que la superficie dedicada a este frutal experimentó un incremento del orden de 72,9%, al pasar desde aproximadamente 2.800 hectáreas a fines de la década de 1980 a 4.830,4 hectáreas en 1996/97, de las cuales el 33,6% se encuentra en etapa de formación y el 66,4% restante en producción.

De acuerdo con los antecedentes proporcionados por el VI Censo Nacional Agropecuario realizado por el INE en 1997, en la VII Región, el área dedicada a esta especie asciende a 2.544,3 hectáreas y de ellas un 35,5% se encuentra en etapa de formación; esta superficie representa el 52,7% del total nacional. Dentro de la región el 98,5% de las plantaciones se ubica en Curicó, un 1,3% en Talca y el 0,2% restante en la provincia de Linares.

En este ámbito, cabe indicar que las estimaciones más recientes proporcionadas por ODEPA señalan para el año 2000 una superficie total de cerezos del orden de 5.957 hectáreas, lo que revela una expansión de 23,3% respecto de la existente en 1997. Asimismo, cabe destacar que de acuerdo a CIREN CORFO, en la VII Región esta especie en el año 2001 ocupaba una extensión de 3.185 hectáreas, cifra 25,2% más elevada que la existente en 1997.

Si bien esta fruta se destina al consumo interno, su destino principal es la exportación. Los precios del producto comercializado en los mercados mayoristas de Santiago se presentan en la Tabla 5.4-4, de donde se desprende que se trata de un período corto de ventas, que se inicia en octubre y concluye en enero, con cotizaciones claramente a la baja, debido a la presión ejercida por el incremento de la oferta de éste y otros frutales de carozo como duraznos, nectarines y ciruelas.

Tabla 5.4-4

Precio Real de Cereza (\$ de Mayo 2005/kilo, sin IVA)													
AÑO/MES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio Anual
1999	794									2.112	495	403	951
2000	332									1.195	537	447	628
2001	889									1.165	430	357	710
2002	326									795	405	309	459
2003	340									837	518	396	523
2004	578									793	419	363	538
<b>Promedio Mensual</b>	543									1.149	467	379	635

Fuente: Elaboración propia, en base a antecedentes de ODEPA

Estos valores han fluctuado considerablemente en los últimos años, lo que ha estado asociado a la disponibilidad del producto. De esta manera, en 1999 se registró el valor más alto de la serie de precios, cuando superaron los \$ 950 el kilo; las cotizaciones más bajas, entretanto, se constataron en 2002, cuando se ubicaron en torno a \$459 el kilo. Todos estos valores están expresados en moneda de mayo de 2005. Cabe señalar que desde 2002 en adelante los precios promedios no han superado los \$550 por kilo, lo que se debe a una mayor oferta y a la caída que han sufrido las cotizaciones a comienzos de temporada.

Las exportaciones de cereza, como se aprecia claramente en la Figura 5.4-6, desde 1990 a 2004 aumentaron sustancialmente, al pasar de 4.031 toneladas en 1990 a 11.300 toneladas en 2004, lo que revela una expansión de 180%. En términos económicos, el resultado fue más espectacular aún, puesto que el ingreso aumentó de US\$7,4 millones a US\$33,3 millones FOB. No obstante, al interior del período se registraron fuertes fluctuaciones de los envíos, constatándose el más bajo en el año 1997 con 3.045 toneladas. Estas variaciones estarían asociadas al resultado de la cosecha doméstica, ya que esta especie es muy sensible a problemas climáticos.

En el transcurso del año 2004 el destino de los envíos de cerezas estuvo dirigido en 47,4% a Estados Unidos, 12% a Taiwán, 7,8% a Brasil, 4,9% a Reino Unido y 4,4% a España. Otras plazas de colocación fueron Holanda, México, Italia, Japón, Argentina, Canadá, China, Holanda, Colombia y Venezuela, países que en su mayoría tienen acuerdos comerciales suscritos con Chile.

Figura 5.4-6



Fuente: Elaboración propia, en base a antecedentes de ODEPA.

En este contexto, cabe destacar que la cereza chilena entra sin pagar arancel a Estados Unidos, Brasil, Colombia, México, Canadá, Venezuela, Ecuador, Bolivia, Perú y Argentina. Los envíos hacia Taiwán y Arabia Saudita deben cancelar un impuesto de 12%. En la Unión Europea, antes del acuerdo comercial, debían pagar un arancel de 12%; con ocasión del tratado de libre comercio, dejará de pagar este tributo al séptimo año de vigencia del acuerdo. En el tratado suscrito con Corea, la entrada de esta fruta concluirá su desgravación arancelaria en el año 10, es decir, en 2014.

La condición de ingreso en todos los países consiste en un certificado fitosanitario. En Estados Unidos, requiere de una inspección conjunta SAG/USDA-APHIS.

En general, las perspectivas del cerezo son favorables, puesto que Chile es el principal proveedor de cerezas de contraestación al hemisferio norte. Asimismo, las innovaciones tecnológicas y varietales de los últimos años debieran traducirse en un aumento de la producción de fruta de buena calidad y de mayor duración de postcosecha.

En cuanto a los mercados, cabe señalar que si bien Chile hoy en día exporta a Latinoamérica, Europa, Estados Unidos y algo a Medio Oriente, lo ideal sería la ampliación y consolidación del mercado de Japón, pues en dicho país los precios son significativamente más altos que los registrados en los mercados tradicionales. Se debe tener en consideración que sólo a partir de la temporada 2000/2001 Japón autorizó el ingreso de la cereza chilena.

- Frambuesa

La frambuesa es el principal berry que se cultiva en el país y en 1997 la superficie destinada a este frutal ascendía a 7.228 hectáreas, área 100% más elevada que la existente a principios de la década de 1990. Esta especie se distribuye desde la V a la X Región, concentrándose mayoritariamente, según orden de importancia, en la VII, VIII y X regiones, donde las plantaciones son de mayor tamaño si se les compara con las de más al norte.

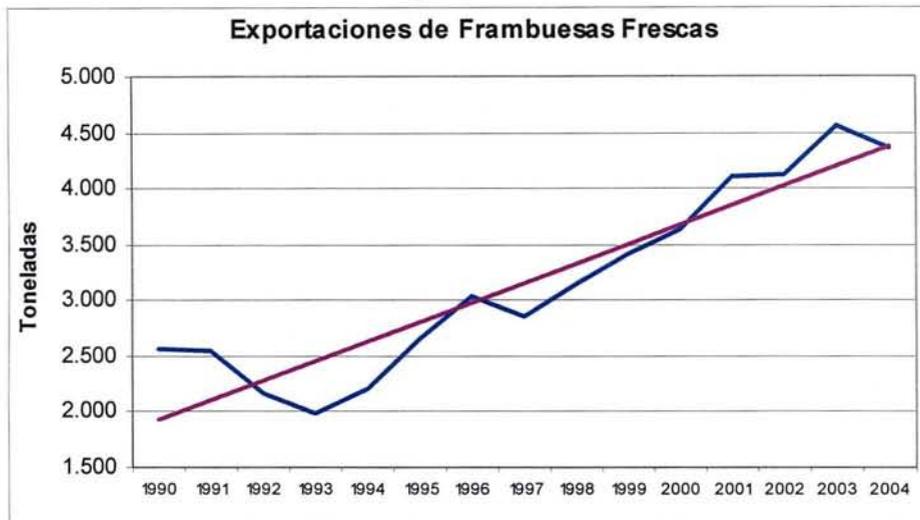
Al respecto, es interesante destacar que la VII Región abarca un área de 3.171,8 ha, lo que representa un 43,9% del total nacional. Curicó concentra el 32,2% de la superficie regional, Talca el 12,4%, Linares el 53,6% y Cauquenes el 1,8% restante.

En términos generales, cabe señalar que en Chile el cultivo de la frambuesa se divide en dos zonas; hasta el límite de Angol, la fruta se cosecha principalmente para venta en estado fresco y el excedente va a la industria; hacia el sur, la agroindustria aumenta notablemente su participación, ya sea para congelado o jugo. Esta división sería atribuible al clima, perescibilidad y destino del producto.

La producción de frambuesas se canaliza fundamentalmente hacia la exportación, y se comercializa tanto en estado fresco como congelado.

En este sentido, se debe señalar que los envíos de fruta fresca entre los años 1990 y 2004 aumentaron en torno al 68%, al pasar de 2.600 toneladas a casi 4.367 toneladas (Figura 5.4-7).

Figura 5.4-7



Fuente: Elaboración propia, en base a antecedentes de ODEPA.

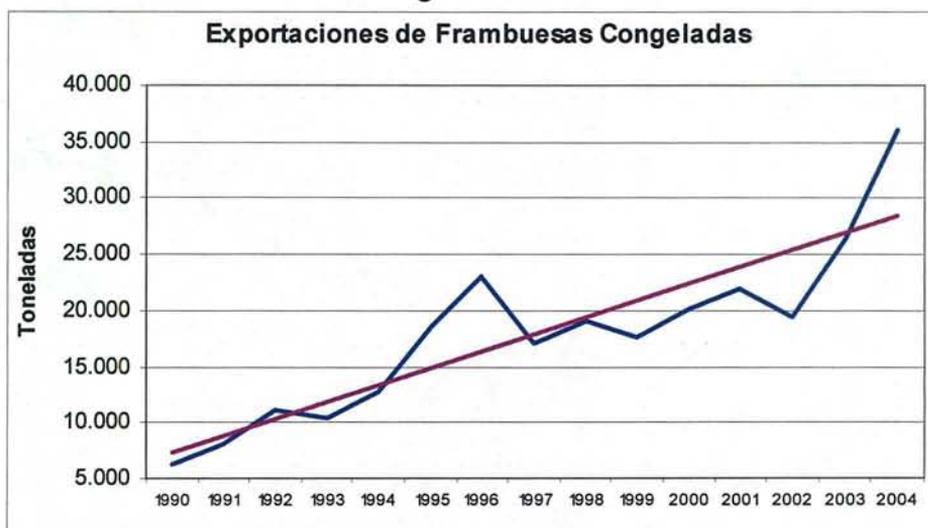
El principal mercado de la frambuesa fresca lo constituye Estados Unidos, país que durante el año 2004 absorbió más del 93% de los embarques; le siguen a distancia Canadá, Francia, Reino Unido, Japón, Alemania, Italia y España, entre otros.

En el marco de los acuerdos comerciales suscritos por Chile, las exportaciones de frambuesa fresca, actualmente, no pagan arancel al ingresar al MERCOSUR, Venezuela, México, Canadá y Perú. Los envíos a Estados Unidos, por su parte, pagaban un arancel de 0,18 centavos de dólar por kilo, pero con ocasión del acuerdo este tributo se igualó a 0. Entretanto, en la Unión Europea, el arancel era de 8,8%, pero con la firma del acuerdo éste se igualó a cero. En el tratado de libre comercio con Corea dejará de pagar arancel sólo a partir del año 10.

En cuanto al producto congelado, tal como se observa en la Figura 5.4-8, los envíos han sido más erráticos que los del producto fresco, pero también con una tendencia alcista. Las exportaciones de frambuesa congelada en el año 2004 anotaron el volumen más elevado con más de 36 mil toneladas equivalentes a casi US\$65 millones FOB.

Cabe señalar que el principal mercado de destino de este producto está constituido por los países del hemisferio norte, donde los envíos en el curso del año 2004 se distribuyeron en 28,8% en Estados Unidos, 12,5% en Alemania, 11,9% en Holanda, 11% en Francia y 10,2% en Canadá, seguidos por Reino Unido, Australia y Japón, entre otros.

Figura 5.4-8



Fuente: Elaboración propia, en base a antecedentes de ODEPA.

Antes de la firma de los tratados de libre comercio con la Unión Europea y Estados Unidos, el arancel de entrada, para la frambuesa congelada chilena, en el primero, fluctuaba, según el contenido de azúcar, entre 12,5% y 21,7%, mientras que en el segundo variaba entre 0 y 9,8%. Luego de suscritos los acuerdos, los aranceles se igualarán a cero en los años 7 y 8 respectivamente, desde la entrada en vigencia. En Corea, antes del acuerdo el arancel era de 30%, pero desde el año 2004 comenzó a disminuir hasta situarse en 0% en el año 2011.

En los otros países que mantienen acuerdos comerciales con Chile, el arancel es 0 en Ecuador, México, Canadá, Perú y en el MERCOSUR.

Por otra parte, las transacciones a nivel nacional ocupan una pequeña proporción de la producción y se tienen antecedentes de precio a nivel de mayorista solo en algunos años. En la Tabla 5.4-5 se presentan estos valores expresados en moneda de mayo de 2005, en donde se destaca que las cotizaciones a partir del año 2001 anotaron un significativo aumento, lo que ha sido consecuencia del crecimiento experimentado por las exportaciones.

Cabe destacar que éste es un rubro con buenas perspectivas de desarrollo en la cuenca del río Mataquito, puesto que presenta una adecuada adaptación edafoclimática y Chile presenta una ventaja estacional respecto a la producción del hemisferio norte, principalmente en el producto fresco.

Tabla 5.4-5

Precio Real de Frambuesa (\$ de Mayo 2005, sin IVA)													
AÑO/MES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio Anual
1999													
2000													
2001		646	558	465	602							547	563
2002	732	602	505	499	589							498	571
2003	575	745	778	764	914						652	749	740
2004	668	716	863	824								666	747
<b>Promedio Mensual</b>	658	677	676	638	702						652	615	655

Fuente: Elaboración propia, en base a antecedentes de ODEPA

En este contexto, es preciso tener en consideración el regreso de oferentes tradicionales como los países de la ex-Yugoslavia y de la ex Unión Soviética, y del crecimiento experimentado por otros países potencialmente competidores, como Australia y Nueva Zelanda, podrían afectar las transacciones de la frambuesa chilena en el mercado internacional.

La productividad, calidad y eficiencia serán factores fundamentales para que éste continúe siendo un cultivo atractivo en el país. Asimismo, es relevante llegar temprano al mercado con el fin de lograr mejores precios en la frambuesa fresca. Además, se debe aprovechar la ventaja de estacionalidad de producción respecto de los países del hemisferio norte, como Estados Unidos y Europa, sectores habituados al consumo de esta fruta. Para esto es primordial llegar con un producto de buena calidad, aspecto que será el resultado de la elección de una buena variedad y del manejo tanto de cosecha como de postcosecha. En el caso del producto congelado las cotizaciones son menos manejables, ya que éstas dependen del volumen almacenado en el hemisferio norte.

En ambos casos, como consecuencia de menores aranceles de internación en los nichos comerciales más relevantes, el producto chileno será más competitivo que en años anteriores.

- Frutilla

De acuerdo al VI Censo Nacional Agropecuario realizado por INE en 1997, la superficie total plantada con frutilla en el país era del orden de 720 hectáreas. Esta especie se distribuye desde la IV a la X Región, pero la mayor concentración tiene lugar en la Región Metropolitana, la que representa el 44% de la superficie nacional.

La VII Región, segunda en importancia después de la R. M., posee una superficie dedicada a este frutal de 124,7 hectáreas, es decir, un 17,4% del total. Al interior de la región se distribuye en 15,4% en Curicó, 30,6% en Talca, 41,8% en Linares y, por último, el 12,2% restante se cultiva en la provincia de Cauquenes. En

2001 la superficie regional de frutillas sumaba 143,3 ha, cifra 15% más elevada que la constatada en 1997.

En términos generales, es interesante señalar que el cultivo de este frutal menor, reconocido también como fresón, es practicado tanto por pequeños agricultores como por medianas y grandes empresas agrícolas, razón por la cual coexisten suelos marginales, de difícil manejo, junto a otros de buena aptitud donde se aplica tecnología de alto nivel. Como resultado de estas condiciones disímiles, se producen grandes variaciones en los rendimientos, los que fluctúan entre 12 y 18 ton/ha durante el primer año y de 14 a 34 ton/ha en el segundo año.

El destino de la producción se divide en agroindustria, consumo fresco para mercado interno y exportación de frutilla congelada. La alternativa hacia la agroindustria ha adquirido fuerza en el último tiempo, en especial para congelado. El 51% de la capacidad instalada de congelado a nivel nacional, se encuentra en el Área Metropolitana; el 33% se localiza en las regiones V, VI y VII y el 16% restante, se reparte entre las regiones VIII, IX y X.

La producción de las regiones Metropolitana, V y VI se destina, en gran parte, al mercado interno. Entretanto, la oferta de fruta procedente de las zonas ubicadas más al sur, permite extender el período de permanencia en el mercado interno, aunque también está orientada hacia la exportación, ya que ésta coincide con el período de mayor demanda externa. La fruta embarcada desde marzo en adelante proviene casi exclusivamente de esta zona.

El ciclo productivo de la frutilla tiene un carácter estacional. La temporada de comercialización se concentra entre los meses de octubre y enero, en noviembre tiene lugar la mayor parte de las transacciones de fruta en estado fresco.

El comportamiento de los precios internos en los mercados mayoristas de Santiago, está sujeto a los volúmenes transados, los que varían de un año a otro y al interior de la temporada de comercialización. Al analizar los precios desde 1999 al 2004 se aprecian marcadas fluctuaciones, destacándose el más alto en 2003 con \$593 el kilo y el más bajo en 1999 con \$356/kilo, ambos valores expresados en moneda de mayo de 2005, Tabla 5.4-6. Esta variabilidad ha sido consecuencia, por una parte, del resultado de las cosechas y la evolución de la superficie plantada y, por otra, del resultado de las exportaciones.

Si bien las transacciones de esta fruta se extienden desde septiembre a mayo, el grueso de la comercialización ocurre entre octubre y enero. Los precios presentan una marcada estacionalidad, registrándose los más altos en septiembre y octubre, cuando se inicia el período de comercialización; posteriormente, éstos descienden significativamente, y a partir de marzo tiene lugar una leve recuperación.

Los supermercados han adquirido una gran relevancia como agentes compradores directos. Esta modalidad ha obligado a los productores a incorporar mayores niveles de eficiencia en el tratamiento de poscosecha, pero también les ha

permitido negociar directamente con los vendedores finales, captando las ventajas de precios asociadas a las distintas calidades y variedades.

Tabla 5.4-6

Precio Real de Frutilla (\$ de Mayo de 2005/kilo, sin IVA)													
AÑO/MES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio Anual
1999	311	365	300	344	416	380				483	304	305	356
2000	281	315	291	272	335				812	459	305	263	370
2001	210	181	188	265				1.839	730	381	314	290	489
2002	214	198	225	214	323				898	411	361	370	357
2003	380		485	542	728			1.487	636	375	346	357	593
2004	357	410	359	353	472		600		549	273	237	212	382
<b>Promedio Mensual</b>	292	294	308	332	455	380	600	1.663	725	397	311	300	425

Fuente: Elaboración propia, en base a antecedentes de ODEPA

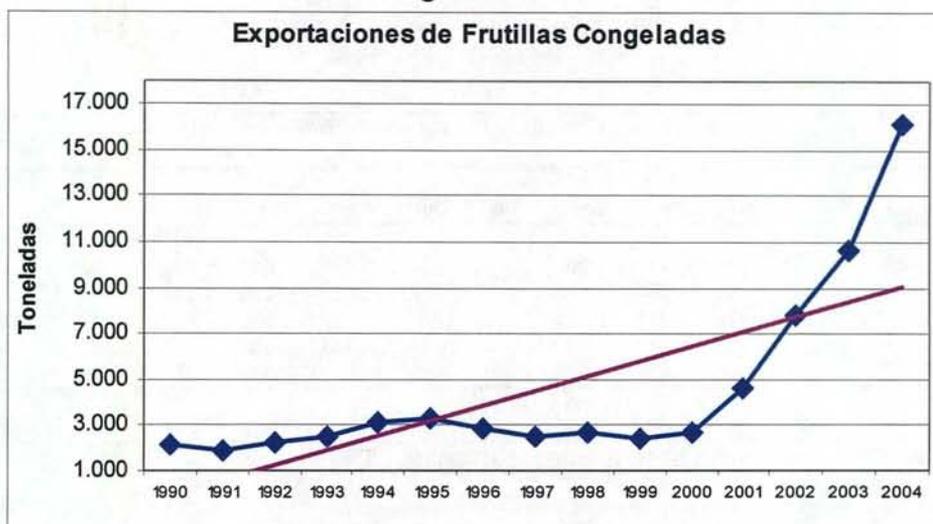
De esta forma, el agricultor ahora debe enfrentar mayores exigencias en cuanto a calidad y control de residuos químicos presentes en la fruta, nocivos para la salud humana, independiente del destino del producto, ya sea este para consumo interno o para exportación. Asimismo, la materia prima que va a la industria, debe presentar un grado óptimo de madurez, donde se considera parámetros como textura, aroma y valor nutritivo.

En el caso de la agroindustria, los precios pagados al productor presentan una gran variabilidad, dependiendo ello del uso que se le dé a la materia prima y las expectativas de exportación existentes. De hecho, éstos han fluctuado entre US\$0,70 - US\$0,80 por kilo en 1993/94 y US\$0,25 – US\$0,30 durante las temporadas 1995/96 y 1996/97; posteriormente, los precios se han situado en torno a US\$0,50 el kilo.

La exportación de frutillas se realiza, casi en su totalidad, en estado congelado. En el período 1990 y 2004, los envíos han mostrado importantes fluctuaciones, destacándose el volumen más bajo en 1991 con 1.907 toneladas y el más elevado en 2004 con más de 16.009 toneladas equivalentes a casi US\$19 millones FOB. El significativo aumento de las ventas al exterior que tuvo lugar entre los años 2001 y 2004, explica la tendencia alcista de estas transacciones, ya que anteriormente el comportamiento general había sido, en promedio, de estabilidad (Figura 5.4-9).

El destino de los embarques durante el año 2004 estuvo constituido en casi 47% por Estados Unidos, seguido por China, Japón, Canadá y México, entre otros.

Figura 5.4-9



Fuente: Elaboración propia, en base a antecedentes de ODEPA.

Entre los países destinatarios de la frutilla congelada nacional, se distinguen varios con los cuales Chile ha suscrito acuerdos comerciales, y en algunos, este producto entra sin pagar arancel. Es así como desde 1996, 1997, 1998, 2001 y 2003 las frutillas congeladas no gravan su entrada en México, Venezuela, Ecuador, Canadá y Perú, respectivamente. En el acuerdo con MERCOSUR este producto quedó en la lista de Sensibles, por lo cual la preferencia arancelaria será de un 100% a partir del año 2006.

En la Unión Europea y Estados Unidos, este producto pagaba un arancel de internación, antes de suscribir los acuerdos, de 14,4% a 20,8% en el primero y de 11,2% en el segundo. Dichos montos se igualarán a cero al cuarto año en el bloque europeo y en el país norteamericano el año 0, si cumple las condiciones del S.G.P ó, de lo contrario, al octavo año. Entretanto, en Corea la desgravación arancelaria concluirá el año 10.

Todo lo anterior induce a pensar que se trata de un rubro con posibilidades reales en el área de estudio, el producto fresco puede abastecer ciudades con afluencia turística en verano y además la región cuenta con infraestructura de agroindustria.

- **Mandarina**

Las plantaciones de mandarinas entre 1990 y 1997 exhibieron una significativa expansión, al pasar desde 114,4 ha a 1.240,9 ha, de las cuales el 50,8% estaba en etapa de formación. Esta especie se extiende desde la III a la VI Región; en la III Región la superficie total alcanzaba a 48 ha, las que se distribuían en 99,4% en la provincia de Copiapó y el 0,6% restante en Huasco. Esta últimas cifras corresponden a

lo informado en el VI Censo Nacional Agropecuario realizado por INE el 1997, situación que cambiado considerablemente en los últimos años.

De hecho, según los antecedentes de CIREN-ODEPA en 1999 las plantaciones de esta especie en la III Región alcanzaban a 79,6 hectáreas, lo que revela una expansión de las plantaciones de esta especie de casi siete veces en relación a las existentes en 1992.

Asimismo, las exportaciones de mandarinas entre 1990 y 2004, como se aprecia claramente en la Figura 5.4-10, experimentaron un fuerte crecimiento, totalizando en el año 2004 alrededor de 17.861 toneladas equivalentes a US\$ 12,6 millones FOB. No obstante, cabe señalar que los envíos al interior del período han sufrido algunas fluctuaciones. Así, entre 1996 y 1997 en cantidad anotaron un descenso de casi 27%, lo que fue consecuencia de las abundantes lluvias que afectaron significativamente la calidad de la fruta. Posteriormente, la tendencia ha sido al alza, y en 2004 las exportaciones de esta fruta aumentaron en 38,7% en relación a las efectuadas en 2003.

Figura 5.4-10



Fuente: Elaboración propia, en base a antecedentes de ODEPA

En 1995 y 1996 cuando se iniciaron las exportaciones de volúmenes más importantes, los principales destinos de la fruta chilena cubrían una amplia gama de países, destacándose la participación de Holanda, Reino Unido, Arabia Saudita, Bélgica, Canadá, Estados Unidos, etc. En 1996 se iniciaron en forma incipiente los envíos a Japón; éstos en 1997 abarcaron alrededor de un 65% de los embarques, en 1998 la colocación de los embarques se diversificó en un mayor número de países, destacándose Japón, Reino Unido, Holanda, Ecuador y Canadá, entre otros. En el transcurso del 2004 el Reino Unido lideró las adquisiciones de mandarinas chilenas, con más del 40% de los envíos, seguido por Canadá, Holanda y Japón.

Sin embargo, el mercado objetivo de la mandarina continúa siendo el mercado asiático, principalmente Japón, donde alcanza precios más elevados respecto de sus otros destinos. En forma secundaria, se plantea a los países europeos, donde la mandarina chilena debe enfrentar la competencia de su homóloga sudafricana y argentina.

En los acuerdos comerciales suscritos por Chile, la situación arancelaria de la mandarina varía entre uno y otro. Así, en el marco del MERCOSUR esta fruta quedó en la lista de desgravación general, por lo que los envíos chilenos dejaron de pagar arancel de internación a partir del año 2004; en Ecuador este tributo se igualó a cero en 1998 y en Canadá al momento de firmar el acuerdo en 1997. En Colombia, inicialmente había quedado en lista de excepción, pero posteriormente ese país decidió eliminar el arancel a partir del año 2011.

En este ámbito se debe señalar que Estados Unidos no importaba mandarinas chilenas debido a que esta fruta es hospedera de la falsa arañita roja de la vid. Con motivo de la firma del tratado de libre comercio esta situación se regularizó y la mandarina dejará de pagar arancel de internación el año 4, es decir, en 2008. Entretanto, los envíos a los países de la Unión Europea ingresarán con arancel 0 el año 2010, lo que favorecerá la comercialización hacia esa importante plaza de colocación, donde el arancel inicial era de 16%.

En el mercado nacional las transacciones de mandarinas tienen lugar entre abril y octubre, registrándose los valores más altos a inicios del período de comercialización, esto es en abril y mayo, posteriormente los precios disminuyen debido a que entra al mercado el grueso de la cosecha y además existe la competencia ejercida por las naranjas.

Al analizar los precios de los mercados mayoristas de Santiago, presentados en la Tabla 5.4-7, se constata que entre 2000 y 2003 tiene lugar una clara tendencia a la baja, lo que estaría asociado a la entrada en producción de las nuevas plantaciones. En el transcurso del año 2004, los precios se recuperaron significativamente, lo que se explicaría por la anticipación de la cosecha de ese año y el buen comportamiento de las exportaciones.

Tabla 5.4-7

Precio Real de Mandarina (\$ de Mayo 2005/Kilo, sin IVA)													
AÑO/MES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio Anual
1999				500	258	179	115	166	180	136	102	91	192
2000				462	217	178	129	180	219	182			224
2001				422	247	164	154	194	161	131			210
2002			354	387	250	164	110	174	171	154	118		209
2003				295	214	126	115	153	172	184			180
2004			529	306	234	137	129	185	183	194	244		238
<b>Promedio Mensual</b>			442	395	237	158	125	175	181	163	155	91	209

Fuente: Elaboración propia, en base a antecedentes de ODEPA

Debido a las características climáticas del área de estudio, la cosecha de mandarinas se iniciaría en abril extendiéndose hasta junio, meses en donde los precios en el mercado interno son altos y la comercialización en dicho ámbito resulta conveniente.

De hecho, los supermercados cada vez toman mayor relevancia como compradores directos de productos agrícolas, aunque plantean altas exigencias en cuanto a la regularidad del abastecimiento, homogeneidad y calidad del producto.

A futuro la disponibilidad interna de esta fruta aumentará, debido a la entrada en producción de las plantaciones nuevas, lo que hace necesario posicionar y consolidar el producto nacional en los mercados internacionales. Para esto se debe trabajar tanto a nivel de pre como de postcosecha con el objetivo de obtener una fruta acorde con los requerimientos del mercado.

- **Manzana**

La manzana, en términos de superficie, es la segunda especie frutal en importancia cultivada en el país, después de la uva de mesa. En 1997 había aproximadamente 39.685 ha, de las cuales 29.487 hectáreas corresponden a variedades rojas y el resto a verdes. Esta especie si bien se distribuye entre la IV y la X Región, se concentra fundamentalmente en la VI y VII Región, las que en conjunto representan casi el 85% del total nacional.

Según el VI Censo Nacional Agropecuario realizado por INE en 1997, la VII Región cuenta con una superficie de 19.147,4 ha, lo que representa un 48,3% del área ocupada por esta especie en el país, y es casi un 55% de la dedicada a frutas en la región. De esas 19.147,4 hectáreas, 13.496 ha, equivalentes a un 70,5%, se encuentran en etapa de producción y el resto en formación. La provincia de Curicó concentra el 55,3% de la superficie regional, Talca el 18%, Linares el 26,5% y el 0,2% restante se encuentra en Cauquenes.

Cabe señalar el importante crecimiento que ha experimentado esta pomácea a través del tiempo, ya que en la década de 1990 su superficie aumentó en 67,8% al pasar de 23.650 hectáreas en 1990 a 39.685 ha en 1997. Lo anterior se tradujo en una expansión de la producción del orden de 66%, totalizando en la temporada 1998/99 cerca de 1,2 millones de toneladas.

El destino de la producción nacional es principalmente la exportación, y el descarte de esta actividad se distribuye entre el consumo interno y la agroindustria.

La fruta comercializada en el país ha exhibido fuertes fluctuaciones de precios a lo largo de los años. En efecto, tal como se aprecia en la Tabla 5.4-8, éstos se han movido entre los \$73/kilo en 2001 y los \$127 por kilo en 2000, ambos valores expresados en moneda de mayo de 2005. Este elevado valor (año 2000) fue consecuencia de los problemas climáticos que disminuyeron la cosecha, situación que también afectó a las exportaciones del producto fresco.

En términos generales, se debe señalar que el precio en los mercados mayoristas está estrechamente ligado al resultado de la cosecha y a las exportaciones.

Tabla 5.4-8

Precio Real de Manzana (\$ de Mayo 2005, sin IVA)													
AÑO/MES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio Anual
1999	101	77	51	44	49	50	57	68	94	124	154	190	88
2000	171	97	79	91	103	110	118	126	147	167	168	143	127
2001	131	70	52	51	49	58	73	74	79	82	81	80	73
2002	103	76	62	67	70	79	80	90	105	132	169	205	103
2003	133	81	71	75	76	81	89	101	120	139	144	154	105
2004	121	88	79	78	80	85	95	93	96	104	112	117	96
<b>Promedio Mensual</b>	127	81	65	68	71	77	85	92	107	125	138	148	99

Fuente: Elaboración propia, en base a antecedentes de ODEPA

Los envíos al exterior de manzana fresca si bien han mostrado un comportamiento fluctuante, la tendencia ha sido al alza, como se aprecia claramente en la Figura 5.4-11. Esta fluctuaciones han sido consecuencia, en los últimos años, principalmente en el 2000, de problemas climáticos que afectaron la producción. Esta expansión de los embarques continuó manifestándose durante el año 2004, cuando se comercializaron al exterior 739 mil toneladas por US\$392 millones FOB.

Dentro de los mercados más relevantes figuran países de Europa, Medio Oriente y América, y el éxito de esta actividad dependerá de satisfacer estos centros de consumo con fruta de calidad, así como también de la apertura de nuevos mercados. Así, las plazas de colocación para las exportaciones del año 2004 fueron, en orden de importancia, Estados Unidos, Holanda, Arabia Saudita, México, Colombia, Ecuador, España y Perú, entre otros.

En este contexto, resulta de vital importancia analizar la desgravación arancelaria programada en los acuerdos comerciales suscritos por Chile. En el caso del MERCOSUR el arancel se igualará a cero sólo el año 2011; no obstante, Brasil en 1996, otorgó a Chile para un cupo de 3.500 toneladas de manzana, una preferencia arancelaria de 100%. Este volumen que se incrementará en 10% anual, sólo puede ser transado entre los meses de abril y agosto con un aprovechamiento máximo mensual del 50% del cupo.

Figura 5.4-11



Fuente: Elaboración propia, en base a antecedentes de ODEPA.

En México, esta fruta fue incluida en lista de excepción, por lo que debía pagar un arancel del orden de 20%; sin embargo, en julio de 1997 se retiró de dicha lista, quedando inserta en una desgravación a nueve años; este calendario se acordó para un cupo inicial de 2.054 toneladas, el que aumentará en 5% anual hasta el año 2005. Las cantidades que excedan dicha cuota deberán pagar un arancel no superior al aplicado a terceros países. Por lo tanto, a México la manzana chilena entrará libre de gravámenes de importación a partir del año 2006. En Perú, el tributo se igualará a cero el año 2008.

En el resto de los acuerdos, la pomácea chilena ingresa sin pagar arancel a Estados Unidos, Colombia, Canadá, Bolivia, Ecuador y Venezuela. En los países que componen la Unión Europea el impuesto variaba entre 2% y 11,7% según la fecha de ingreso, variedad y precios de entrada; además se debe pagar 24,8 Ecu por cada 100 kilos de fruta, pero con ocasión de la firma del tratado de libre comercio, el arancel de internación de esta fruta se igualó a cero. Entretanto, en Corea no se eliminarán los aranceles de internación.

En Panamá, Arabia Saudita, Taiwán y Turquía, los tributos son de 2%, 12%, 50% y 64,3%, respectivamente.

Las exportaciones de néctar y jugo de manzana, por su parte, han mostrado fuertes fluctuaciones entre 1990 y el año 2004, pero la tendencia ha sido al alza, como se aprecia claramente en la Figura 5.4-12.

Figura 5.4-12



Fuente: Elaboración propia, en base a antecedentes de ODEPA.

La evolución de las transacciones de jugo de manzana en el exterior depende estrechamente del stock de los países consumidores y de la competencia que ha ejercido China en los últimos años. De hecho, es importante señalar que la recuperación de los precios exhibida en el transcurso del 2000 fue consecuencia, en parte, de las medidas que tomó Estados Unidos contra China, por los valores de dumping que mostraba el jugo de manzana proveniente de ese país.

En relación a las plazas de colocación del producto chileno, cabe destacar que en 2004 el destino principal estuvo constituido por Estados Unidos (85%), seguido por Japón, México y Canadá, entre otros. En este contexto, es interesante indicar que los envíos chilenos de jugo de manzana se han visto beneficiados, en términos arancelarios, con la firma de los distintos acuerdos comerciales.

En efecto, las ventas a México, Venezuela, Colombia, Ecuador, Canadá y Perú actualmente no gravan su entrada. Hacia el MERCOSUR pagan un arancel de 1,2%, en tanto que a Bolivia continuarán cancelando un tributo de 10%.

Entretanto, en Estados Unidos continuarán entrando sin pagar arancel de internación; en la Unión Europea, con motivo del acuerdo, el impuesto disminuirá desde 14,5% a 0 en cuatro años, es decir, en 2007. En Corea el arancel quedará en cero sólo a partir del año 2014, pero se debe tener presente que antes del acuerdo el jugo de manzana chileno debía pagar un tributo de 47%.

De lo anteriormente expuesto se deduce que el futuro de esta fruta, en estado fresco, se fundamentará en la obtención de un producto de calidad acorde con el gusto de los consumidores extranjeros, en la introducción de nuevas variedades de mayor aceptación, en la apertura de nuevos mercados y en la consolidación de los existentes. Asimismo, las perspectivas para jugo son favorables, y las agroindustrias han subido el precio a productor por la materia prima, ya que con el aumento de las exportaciones de fruta fresca, ésta se ha tornado más escasa.

- Olivo

Entre 1990 y 1997, la superficie de olivos a nivel nacional experimentó un crecimiento de un significativo 48%, evolución que sería atribuible al aumento del consumo de aceite de oliva en el país. Así, de acuerdo a los antecedentes de INE en 1997 las plantaciones sumaban 4.497 hectáreas; de las cuales el 15,5% se encontraban en etapa de formación y el 84,5% restante en producción.

El olivo se cultiva en Chile desde la I a la IX Región; en la I Región se concentra el 27,3% de la superficie y entre la III y la VII Región se explica el 70,7% del área dedicada a esta especie. En la III Región, en 1997 se constató un 39,6% de la superficie total, equivalente a 1.779,4 ha, de éstas el 32,4% se ubicó en la provincia de Copiapó, el 67,2% en Huasco, y el 0,4% restante en Chañaral. Entretanto, en la VII Región, en 1997 se constató un 2,9% de la superficie total, equivalente a 128,6 ha, de éstas un 69,8% se ubicó en la provincia de Curicó, un 11,4% en Talca, un 3,9% en Linares y el 14,9% restante en Cauquenes.

Posteriormente, el área dedicada a esta especie continuó aumentando y, según estimaciones de ODEPA, el año 2000 el país contaba con una superficie total de 5.850 hectáreas, cifra 30% más elevada que la constatada en 1997. Esta tendencia también se constató en la región del Maule, en donde entre 1994 y 2001 se ampliaron en más de once veces, al pasar de 33,8 ha a 386,9 ha. Asimismo, en la III Región entre 1992 y 1999, las plantaciones aumentaron en más de 45%, al pasar de 1.094,8 ha a 1.592 ha.

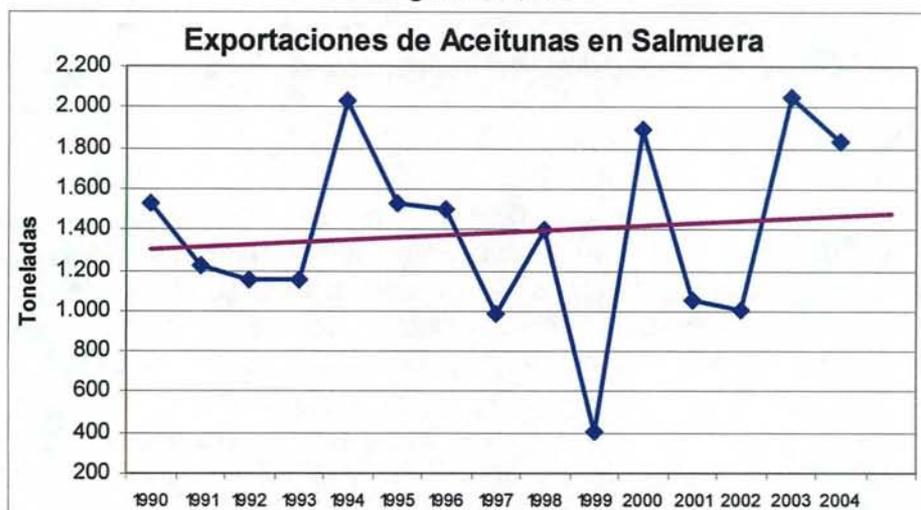
Cabe señalar que hacia fines de la década de 1990, casi el 60% de la superficie plantada en Chile con olivos, correspondía a cultivares de mesa y el resto a productores de aceite, proporción que debería modificarse en los próximos años, como consecuencia de los cambios de hábito en los consumidores.

De esta manera, la producción nacional de olivos en la actualidad está orientada principalmente a aceitunas de mesa, las que se exportan en salmuera o en conserva y también se consumen en el mercado interno.

Los envíos al exterior del producto en salmuera han exhibido fuertes variaciones durante el período de análisis, pero que en promedio han significado una ligera tendencia alcista, como se aprecia claramente en la Figura 5.4-13. En el año 2004 el principal destino de los embarques estuvo constituido por Brasil, Estados Unidos, Venezuela, Canadá y Argentina, los que en conjunto absorbieron el 89,8%

de las ventas, seguidos a distancia por Kuwait, Grecia, España y Arabia Saudita, entre otros.

Figura 5.4-13



Fuente: elaboración propia, en base a antecedentes de ODEPA.

Tradicionalmente Brasil había sido un destino relevante para el producto chileno, pero el descenso exhibido en 1997 significó la apertura de nuevos mercados ampliándose los embarques hacia Australia, Estados Unidos y Venezuela, entre otros.

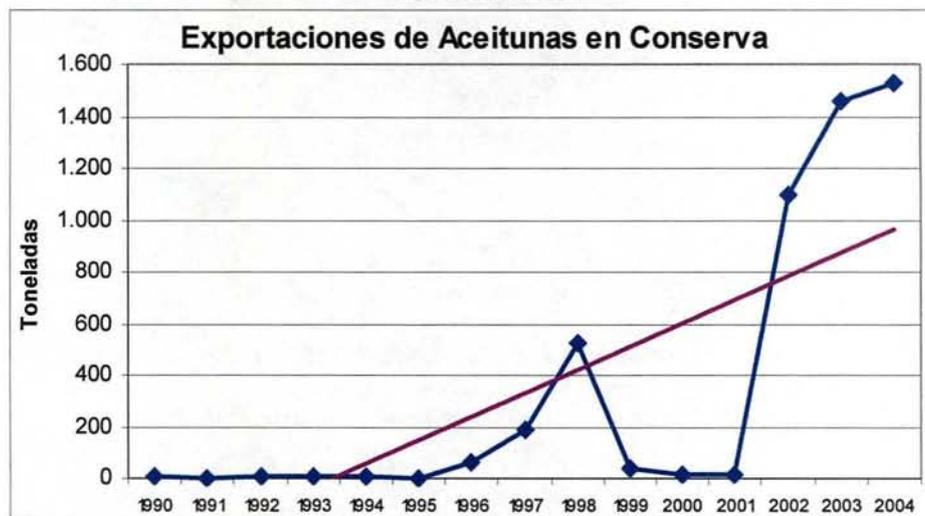
En este contexto, cabe señalar que este producto en el marco del Acuerdo con MERCOSUR, quedó en la lista de productos sensibles, lo que significa que su desgravación arancelaria se prolongará hasta el año 2006. No obstante, Brasil aplica a un cupo de 1.410 toneladas anuales una preferencia de un 95%, lo que concluirá el año 2006, cuando finalice el programa de liberación del producto. En el Acuerdo suscrito con Perú, el arancel de internación se igualó a cero el año 2003; en el caso de Bolivia, este producto tiene una preferencia de un 12%, por lo que paga un arancel de un 8,8%. En Venezuela, la desgravación arancelaria concluyó el año 1997.

En relación a los acuerdos más recientes, se debe tener presente que la situación es muy favorable, ya que los envíos de aceitunas en salmuera dejaron de pagar arancel de internación a la entrada en vigencia de los tratados de libre comercio de Estados Unidos y Corea, en tanto que a los países que conforman la Unión Europea lo harán al año 4.

Por el contrario, en el caso de las olivas en conserva, las transacciones al exterior repuntaron desde el año 2002, totalizando en 2004 casi 1.600 toneladas, como se aprecia claramente en la Figura 5.4-14.

Cabe señalar que en 1998 el principal demandante fue Brasil, país que posteriormente no registró transacciones. En 2004 los embarques tuvieron como destino a Australia, Italia, Arabia Saudita y Argentina, entre otros.

Figura 5.4-14



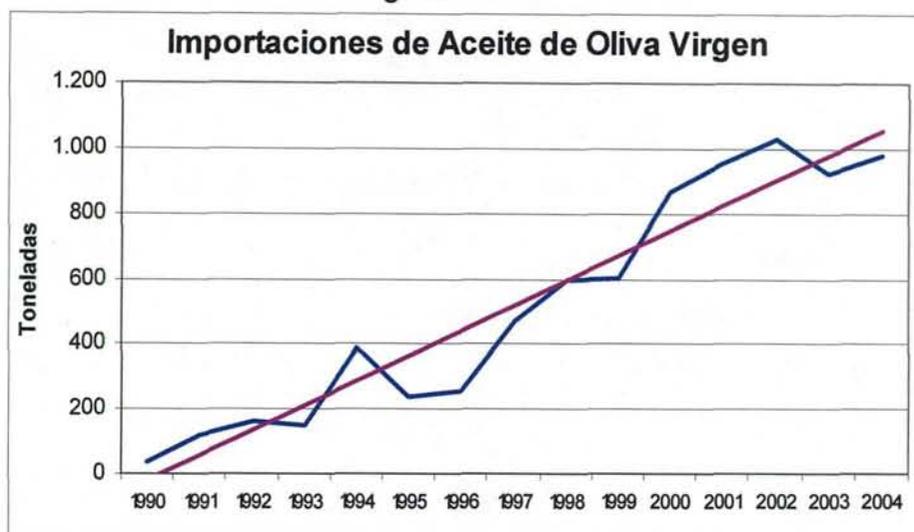
Fuente: elaboración propia, en base a antecedentes de ODEPA

En MERCOSUR los envíos chilenos de aceitunas en conserva entran sin pagar arancel a partir del año 2004; en Bolivia, entretanto este producto goza de una preferencia de un 12%, por lo que el arancel de ingreso alcanza a un 8,8%, en tanto que a Venezuela entra sin pagar impuesto desde 1997. A la Unión Europea, si bien ya comenzó la desgravación arancelaria, ésta concluirá el año 7, mientras que en Corea y Estados Unidos el arancel de internación se igualó a cero al momento de la firma de los acuerdos.

En Chile, la producción de aceite de oliva ha oscilado entre 150 y 200 toneladas anuales, actualmente la elaboración de este producto se estima en 4 mil toneladas, monto que según proyecciones de ProChile se elevará a 6.000 toneladas hacia fines del año 2005. Asimismo, el consumo, ha mostrado un sostenido crecimiento y ha sido abastecido fundamentalmente a través de importaciones.

Es así como las internaciones de aceite de oliva virgen entre 1990 y 2004, se incrementaron en 25 veces, al pasar de 40 toneladas a 982 toneladas, aunque el volumen peak se registro en 2002 con 1.030 toneladas (Figura 5.4-15). Durante el año 2004 los oferentes de mayor relevancia fueron, Italia, España y Argentina, entre otros.

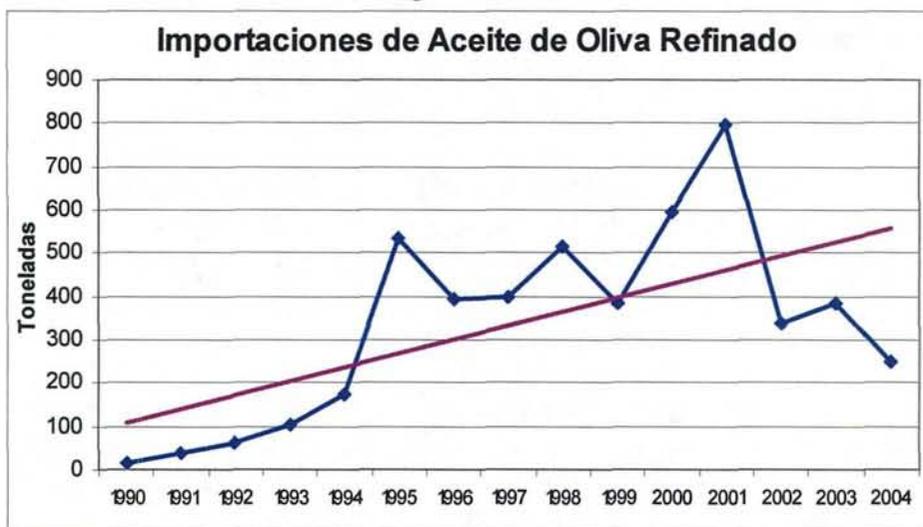
Figura 5.4-15



Fuente: Elaboración propia, en base a antecedentes de ODEPA.

Si bien las importaciones de aceite de oliva refinado han presentado mayores fluctuaciones que las del producto virgen, entre 1990 y 2004 anotaron una tendencia alcista, al pasar de 13 toneladas a 250 toneladas, aunque el mayor volumen tuvo lugar en 2001 con 796 toneladas (Figura 5.4-16). Asimismo, el origen de este producto estuvo constituido fundamentalmente por España y Argentina.

Figura 5.4-16



Fuente: Elaboración propia, en base a antecedentes de ODEPA.

En el Acuerdo de MERCOSUR, la desgravación arancelaria de las importaciones de aceite de oliva virgen y refinado concluirá en el año 2011, pero Chile otorgó preferencias arancelarias regionales, las que alcanzan a un 12% para Argentina y Brasil, a un 20% para Uruguay y a un 34% para el producto procedente

desde Paraguay. En el caso de la Unión Europea la desgravación arancelaria concluirá el año 10, es decir, en 2013; pero Chile concedió la entrada libre de arancel a una cuota de 3 mil toneladas, con un incremento anual de 5%.

Como consecuencia del crecimiento de la producción doméstica de aceite de oliva, Chile está incursionando en la exportación de este producto, actividad que si bien es marginal respecto de las importaciones, con el tiempo puede transformarse en una alternativa real. De hecho, los envíos de aceite de oliva virgen el año 2002 totalizaron del orden de 9 toneladas, en 2003 alcanzaron a casi 54 toneladas, en 2004 alrededor de 84 toneladas equivalentes a US\$388 mil FOB. El destino principal de los embarques fue Argentina, Estados Unidos y Sudáfrica, seguidos a distancia por Alemania, Colombia y Corea.

Se debe tener en consideración que el mercado potencial para este producto está constituido por aquellos países que muestran importaciones crecientes, como por ejemplo Brasil, Estados Unidos, Italia y Alemania. Otros destinos, también en vías de expansión, son Corea, Japón, Canadá, México y Francia.

Los envíos chilenos de aceite de oliva, tienen una preferencia de 12% en Bolivia, por lo que el arancel de importación alcanza a 8,8%, mientras que en Ecuador se encuentran en lista de excepción, por lo que deben cancelar un impuesto de 20%. En el caso de Perú, el arancel de internación se igualará a cero el año 2013.

La situación de estos productos es muy favorable en Estados Unidos, ya que desde un arancel inicial que fluctuaba entre 3,4 y 5,4 centavos de dólar por kilo, con ocasión del acuerdo, este tributo se igualó a cero. Asimismo, en Corea las internaciones de aceite de oliva chilena disminuirán su gravamen de entrada desde 8% a 0% en cinco años, es decir, en 2009.

En el ámbito productivo, cabe señalar que a nivel nacional el olivo se ha caracterizado por presentar añerismo y baja productividad. Las plantaciones fueron establecidas a baja densidad, formación inadecuada y han recibido un escaso manejo, con rendimientos del orden de 3 a 4 ton de olivas/ha.

Actualmente, las plantaciones han evolucionado en los aspectos anteriormente señalados, y se están evaluando distintas variedades traídas del extranjero y algunas seleccionadas en el país. Lo ideal es hacer una combinación de variedades según su época de madurez, con la finalidad de escalonar tanto la cosecha como la elaboración de aceite.

En este contexto, es interesante destacar el aumento que ha exhibido el consumo mundial de aceite de oliva y las escasas posibilidades de incrementar el cultivo de la especie en los países del Mediterráneo. Esta evolución ha llevado a identificar áreas potenciales para su desarrollo, detectándose en el hemisferio norte, sectores en Estados Unidos y México, en tanto que en el hemisferio sur, se visualizan zonas con potencial en Argentina, Chile, Sudáfrica, Australia y Nueva Zelanda.

De hecho, en Argentina, Perú y Chile se percibe una tendencia creciente en la cosecha de aceitunas de mesa, comportamiento que es aun más evidente en la producción de aceite de oliva, cuyo consumo se encuentra en proceso de expansión por los beneficios que otorga a la salud. En efecto, el aceite de oliva posee un alto contenido de ácido oleico que disminuye el colesterol.

No obstante, las olivas en salmuera chilenas en los últimos años se han visto amenazadas por las crecientes internaciones desde Perú, cuyos precios han descendido respecto de años anteriores y su competencia en Brasil se torna más fuerte. Brasil, por su parte, ha fijado cuotas de importación, lo que preocupa a los productores nacionales.

Para el área específica del proyecto se propone el cultivo de aceitunas para aceite, por cuanto en Huasco, existen dos plantas aceiteras comerciales, las que han efectuado contactos para exportar, pero todavía no lo materializan porque no cuentan con volumen suficiente, por falta de materia prima. La misma situación se plantea para la cuenca del río Mataquito, cuya producción puede ser transada en las plantas de Sagrada Familia y Pelequén, esta última ubicada en la VI Región.

- Palto

En la actualidad, el palto es la tercera especie frutal, en términos de superficie, cultivada en Chile, después de la uva de mesa y el manzano. Esta posición ha sido consecuencia de la expansión que han experimentado las plantaciones en los últimos años.

Es así como estimaciones de ODEPA señalan para la temporada 2001/2002 una superficie nacional dedicada a esta especie del orden de 21.890 hectáreas, lo que revela una expansión de 167% en relación a la existente en 1990 con 8.190 hectáreas.

Según la información proporcionada por el VI Censo Nacional Agropecuario realizado por INE, en 1996/97 la III Región contaba con 218,5 ha de paltos, distribuidas en 0,6% en la provincia de Copiapó y 99,4% en Huasco.

Asimismo, la producción ha exhibido una notable expansión, al pasar de 37.580 toneladas en la temporada 1989/90 a unas 140 mil toneladas en el período 2003/2004. Al respecto, cabe señalar que este comportamiento debería constatararse con más fuerza en los próximos años, en la medida que se inicien las cosechas de los huertos nuevos, en los que se esperan rendimientos superiores a los obtenidos en las plantaciones tradicionales, debido a la adopción de modernas tecnologías.

El destino de la producción de paltas es la exportación y el mercado interno. No obstante, como se estima una mayor oferta en los próximos años una alternativa para este producto sería la industrialización.

En relación a las ventas al exterior, como se observa en la Figura 5.4-17, si bien éstas entre 1990 y 2004 han exhibido importantes fluctuaciones, la tendencia ha sido al alza. De esta manera los envíos chilenos al exterior entre 1990 y 2004 aumentaron en casi 10 veces, totalizando en 2004 un volumen de 113.593 toneladas equivalentes a US\$ 136 millones FOB.

El destino de esos embarques estuvo constituido en casi 90% por Estados Unidos; otras plazas de colocación fueron países de la Unión Europea como Reino Unido, España, Francia y Holanda; constatándose una pequeña participación de otros países como Japón y Argentina.

Figura 5.4-17



Fuente: Elaboración propia, en base a antecedentes de ODEPA

Como consecuencia del aumento de la oferta chilena de paltas en los próximos años será necesario diversificar los mercados. Los que presentan mejores perspectivas además de Estados Unidos, serían Europa y Argentina, en este último se han llevado a cabo campañas promocionales para incentivar el consumo de esta fruta. En este sentido, cabe señalar que Japón autorizó el ingreso de paltas chilenas, lo que constituye una interesante alternativa para nuestra producción.

En el acuerdo de MERCOSUR, antes de 1997 el arancel vigente para los envíos de paltas era de 13%; posterior a la firma, la preferencia para las exportaciones chilenas fue de 30%, a partir del año 2000 dicha preferencia aumentará en 10% anual, para llegar a 100% en el año 2006. En el caso particular de Argentina se estableció una preferencia arancelaria de 62% para un cupo anual de 250 toneladas. Los envíos a Ecuador están liberados de pagar arancel desde el año 1998, en tanto que los correspondientes a Bolivia gozan de una preferencia de 12%, por lo que pagan un impuesto de 8,8%.

Los embarques a Estados Unidos, por su parte, cancelan un arancel de internación de 11,2 centavos de dólar por kilo, y requieren de una inspección conjunta SAG/USDA-APHIS. Con ocasión del tratado de libre comercio, dicho país otorgó cupos a los envíos chilenos libre de arancel. Así, entre el 1 de enero y 30 de septiembre el cupo es de 15.750 toneladas y entre el 1 de octubre y el 31 de diciembre es de 35.700 toneladas, ambos montos se incrementarán en 5% anual, hasta el año 2015, cuando la totalidad de los embarques deje de pagar arancel.

A Europa, si bien se han efectuado exportaciones, los precios registrados son levemente más bajos que los logrados en Estados Unidos y el costo del flete es más alto. No obstante, en el acuerdo de libre comercio suscrito con la Unión Europea las paltas provenientes de Chile quedaron en la lista de desgravación inmediata, lo que significa que desde enero del 2003 ingresan a ese bloque comercial sin pagar arancel de internación, lo que ha aumentado su competitividad frente al producto proveniente de otros países como por ejemplo Sudáfrica. Cabe señalar que las paltas debían gravar su ingreso a esos países pagando un tributo de 5,1% desde el 1 de junio hasta el 31 de noviembre de cada año.

Entretanto, en el mercado nacional la comercialización se realiza principalmente través de los mercados mayoristas de Santiago (Lo Valledor, Vega Mapocho y bodegas mayoristas de Av. La Paz). En ellos los valores registrados por esta fruta, han presentado fuertes fluctuaciones, las que están relacionadas con la entrada en producción de nuevas plantaciones, condiciones climáticas imperantes en cada cosecha y con el resultado de las exportaciones. Estas fluctuaciones se pueden apreciar en la Tabla 5.4-9.

Tabla 5.4-9

Precio Real de Palta (\$ de Mayo 2005, sin IVA)													
AÑO/MES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio Anual
1999	399	380	438	456	411	399	426	257	511	545	734	1.045	500
2000	1.375	1.366	1.405	958	773	614	593	517	558	547	538	480	810
2001	499	562	653	531	522	469	298	430	397	403	426	466	471
2002	652	738	729	561	541	475	269	322	328	321	318	350	467
2003	432	520	663	469	519	467	428	337	351	440	572	626	485
2004	732	889	707	510	382	346	309	303	251	260	273	248	434
<b>Promedio Mensual</b>	682	743	766	581	525	462	387	361	399	419	477	536	528

Fuente: Elaboración propia, en base a antecedentes de ODEPA

Es interesante señalar que los precios internos presentan una marcada variación estacional, registrándose los valores más bajos entre mayo y octubre, cuando tiene lugar la producción de la mayoría de las variedades cultivadas en el país. En este sentido, se debe señalar que este comportamiento estacional, en cierta medida, estaría neutralizado, por cuanto las exportaciones chilenas se registran entre los meses de agosto y diciembre.

Es probable que en los próximos años el alza de precios típica entre diciembre y marzo no sea tan pronunciada, puesto que con el cultivar Hass establecido en diferentes microclimas la oferta será más homogénea durante el año.

Es así como el crecimiento de la producción nacional de paltas necesariamente deberá traducirse en un deterioro de los precios. Para esto, es fundamental diversificar los mercados de exportación, promover el consumo nacional de esta fruta y optar por el desarrollo de la agroindustria.

- Uva de Mesa

La uva de mesa, en términos de superficie, es la principal especie frutal cultivada en Chile. Se distribuye entre la I y la IX Región, pero se concentra en más de un 99% desde la III a la VI Región. De acuerdo a la información disponible en ODEPA las plantaciones de uva de mesa en la temporada 1999/2000 se situaban en torno a 44.433 hectáreas concentradas en casi un 15% en la III Región. Al interior de la región, esta especie se distribuye en 91,5% en la provincia de Copiapó y el 8,5% restante en Huasco.

En este sentido, cabe destacar que entre 1990 y el año 1999 las plantaciones de uva de mesa, a nivel nacional, descendieron en más de un 8%, al pasar de 48.460 ha a 44.433 ha. Esta evolución a la baja se constató desde la V Región al sur, ya que en la III y IV Región ha tenido lugar una expansión de las plantaciones, en la primera el incremento alcanzó a un 18,4%. En efecto, la III Región al producir uva en forma temprana, obtiene precios más altos y estables que los sectores agrícolas ubicados más al sur.

El destino de la producción de uva de mesa es principalmente la exportación del producto fresco, el resto se comercializa en el mercado interno en estado fresco, y otra fracción se destina a la agroindustria para la elaboración de pasas, entre otros.

En el ámbito local, cabe señalar que los precios de las transacciones de los mercados mayoristas han fluctuado significativamente en el transcurso del tiempo. Así, al analizar las cotizaciones registradas en los mercados mayoristas de Santiago (Tabla 5.4-10), expresadas en moneda de mayo de 2005, se aprecia que desde 1999 a 2001 se constató un descenso de los precios de 18,1% real, lo que fue consecuencia de mayor oferta. Posteriormente, las cotizaciones han experimentado alzas y bajas.

Tabla 5.4-10

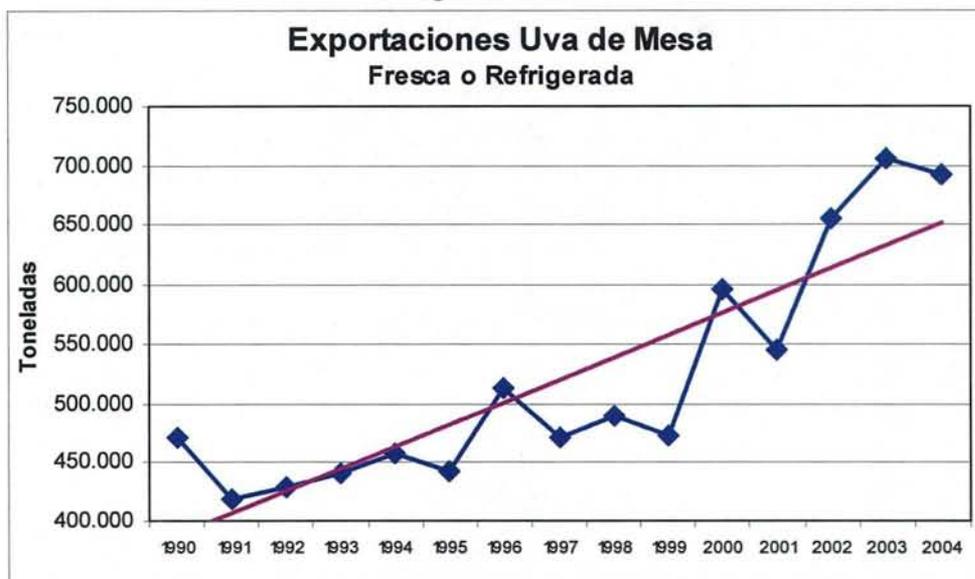
Precio Real de Uva de Mesa (\$ de Mayo 2005, sin IVA)													
AÑO/MES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio Anual
1999	183	163	156	153	173	185	390	392				338	237
2000	244	167	132	81	119	150	196	227	270	212	392	250	203
2001	170	121	100	99	105	130	284	344			348	241	194
2002	191	148	117	104	111	142	241	274	305	363	305	237	212
2003	204	146	119	107	102	136	262	314	215	330	269		200
2004	202	165	140	135	136	225	337	332			371	280	232
<b>Promedio Mensual</b>	199	152	128	113	124	161	285	314	264	302	337	269	213

Fuente: Elaboración propia, en base a antecedentes de ODEPA

En este contexto, es interesante destacar que existe una marcada estacionalidad en los precios, por cuanto la temporada se inicia en noviembre, con valores casi tres veces más altos que los anotados entre febrero y abril, cuando tiene lugar el grueso de la cosecha. Esta tendencia también se observa en las ventas en el mercado internacional, razón por la cual han aumentado las plantaciones de esta especie en la III y IV Región del país, las que se caracterizan por su temprana producción.

En términos generales, cabe señalar que las exportaciones chilenas, han mostrado importantes fluctuaciones, tanto en términos de volumen como de valor. En efecto, los retornos más elevados se constataron en el año 2004 con US\$853 millones FOB por un envío de 693 mil toneladas; en tanto que los retornos más bajos se registraron en 1990 con US\$356,3 millones FOB, pero 471 mil toneladas. No obstante, la tendencia general ha sido al alza, como se aprecia claramente en la Figura 5.4-18.

Figura 5.4-18



Fuente: Elaboración propia, en base a antecedentes de ODEPA

Durante el año 2004 el principal destino de las exportaciones chilenas fue Estados Unidos, país que absorbió más del 58% de los envíos; le siguen en orden de importancia Holanda, Reino Unido y México, entre otros. Cabe destacar que entre las principales variedades exportadas por Chile figuran Thompson Seedless, Flame Seedless y Red Globe, las que en conjunto durante el año 2004 superaron el 80% de los envíos.

En este contexto, es interesante destacar que la situación arancelaria de este producto varía según la plaza de colocación. Así, en los países que conforman el MERCOSUR como también en Perú el arancel de internación se igualó a cero a partir del año 2001. En Canadá, Colombia, Venezuela y Ecuador el arancel de internación es cero.

En México, la desgravación arancelaria llegó a cero en 1998, pero existe un período de excepción que va desde el 15 de abril hasta el 31 de mayo de cada año en que el arancel es de 45%. En Bolivia, entretanto, continuarán pagando un impuesto del orden de un 10%

En otros países de destino los aranceles vigentes para el producto chileno varían considerablemente. De tal forma, en Estados Unidos el tributo fluctuaba entre 0 y 1,85 dólares por m<sup>3</sup>, según la fecha de entrada; del 15/02 al 31/03 era de US\$1,18/m<sup>3</sup>, desde el 1/04 al 30/06 era 0 y en otra fecha ascendía al máximo de US\$1,85/m<sup>3</sup>; con ocasión del tratado de libre comercio con Chile, todos los envíos actualmente no pagan arancel de internación, sólo requiere de fumigación con bromuro de metilo ya sea en origen o en destino.

En la Unión Europea los embarques chilenos debían cancelar un arancel que varía entre 11,5% y 14,4%, según la fecha y precio de entrada. No obstante, con ocasión del tratado de libre comercio, la Unión Europea estableció cuotas liberadas para dos períodos de exportación, los que se extienden desde el 1 de enero al 14 de julio para 37.000 toneladas y, el otro, va desde el 1 de noviembre al 31 de diciembre para 3.000 toneladas. Los incrementos anuales serán de 1.850 y 150 toneladas, respectivamente. La desgravación total tendrá lugar en el año 4, es decir, en 2007. Esta situación debería incidir positivamente en las exportaciones hacia ese bloque comercial, por cuanto el producto chileno se torna más competitivo respecto de la fruta proveniente de otros países, como por ejemplo Sudáfrica.

En Corea hasta antes del tratado de libre comercio con Chile, el arancel de internación de la uva de mesa ascendía a 48%, monto que ocasión del acuerdo disminuirá hasta 0% el año 10 del tratado, es decir, el 2014.

En China el impuesto es de 0%, en Arabia Saudita de un 12%, y en Taiwán a un 42,5%. En Japón, depende de la fecha de ingreso, desde el 1 de noviembre a fines de febrero es de 9,5% y fuera de ese período es de 18%.

No obstante, es preciso señalar que las perspectivas de este rubro dependerán del manejo de esta especie tanto en pre como en postcosecha, ya que en

la medida que se produzca fruta de buena calidad, sin problemas de condición y con rendimientos potenciales según la variedad, Chile será competitivo en el contexto internacional.

- Vid Vinífera y Vinos

En Chile el cultivo de la vid vinífera se extiende desde la IV a la IX Región, pero las principales zonas productoras se localizan entre la VI y la VIII Región, las que en conjunto representan más del 86% de la superficie dedicada a este rubro.

Cabe destacar que la superficie de esta especie entre 1986 y 1993 experimentó un fuerte descenso, al pasar de 67.138 hectáreas a 53.093 hectáreas, como consecuencia de la crisis que afectó al sector; posteriormente, la tendencia a la baja revirtió, y en el año 2004 el área abarcaba 110.097 hectáreas, lo que revela una expansión del 29% respecto de las 85.357 hectáreas existentes en 1999.

Esta especie se desarrolla en condiciones de riego y de secano, proporción que a nivel nacional, según el VI Censo Nacional Agropecuario realizado por el INE en 1997 era de 54,4% y 45,6%, respectivamente. Dicha proporción depende de la pluviometría local de las regiones; en 1997 en la VII Región la superficie ascendía a 29.554 hectáreas, de las cuales un 60,2% se cultivaba bajo riego y el 39,8% restante en secano. Al interior de la Región, esta especie se distribuía en un 35,2% en la provincia de Curicó, un 20,4% en Talca, un 28,7% en Linares y, por último, un 15,7% en Cauquenes.

En este contexto, cabe destacar que el aumento más significativo de las plantaciones de esta especie se constató entre los años 1999 y 2000, cuando la superficie total pasó desde 85.357 hectáreas a un total de 103.876 ha. Esta evolución tuvo lugar tanto en cepajes blancos como tintos, ya que los primeros anotaron un incremento promedio de 1,3%, lo que estuvo asociado a nuevas plantaciones de Chardonnay, Sauvignon Blanc, Viognier y Sauvignon Vert, las que lograron contrarrestar el arranque de los cultivares Moscatel de Alejandría, Torontel, Chenin Blanc y Semillón. En tintos, se registró un significativo aumento del orden de 30,3%, siendo los más relevantes los anotados por Cabernet Sauvignon, Merlot, Carmenere, Sirah y Pinot Noir.

De esta manera, según la información del SAG en el año 2003, las variedades blancas representan un 24% del total plantado y las tintas el 76% restante.

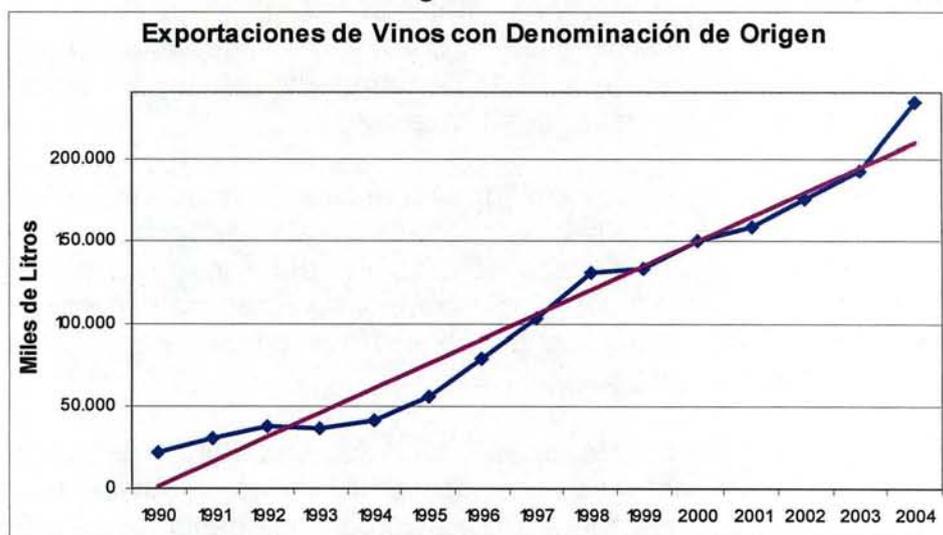
La tendencia es hacia una expansión de las plantaciones de esta especie, y el objetivo es la exportación de vinos finos con denominación de origen. No obstante, el aumento de los viñedos se ha atenuado en los últimos años con el objeto de mantener el escenario favorable que caracteriza hoy en día a este sector, principalmente en el caso de los vinos de calidad.

En la actualidad la producción nacional de vinos se caracteriza por una gran heterogeneidad, debido a diversas gamas de cepajes o variedades, zonas agroclimáticas y procesos de elaboración. De hecho, existen productores, incluidas las industrias, que cultivan vides en zonas de riego con un alto nivel tecnológico y variedades exportables. Por otro lado, hay productores pequeños localizados en áreas de secano, con bajo nivel tecnológico y cuyas variedades, del tipo corriente, abastecen de preferencia el mercado interno, en los segmentos menos exigentes.

Este rubro presenta diferentes modos de comercialización. La uva puede ser adquirida en estado fresco o como vino por las distintas empresas vitivinícolas. Asimismo, existe la alternativa que el predio sea de propiedad de una empresa vitivinícola y ésta elabore su propio vino y los exporte o bien lo transe en el mercado nacional. También existe la posibilidad de que el productor venda la uva o el vino directamente en el predio.

Los envíos totales de vinos chilenos entre 1990 y 2004 experimentaron una expansión de algo más de 16 veces, al pasar de US\$ 50,5 millones a US\$829 millones FOB. El principal producto exportado corresponde a los vinos con denominación de origen, cuyas ventas en ese período se elevaron desde 22,2 millones de litros a 233,3 millones de litros, es decir, en 951% (Figura 5.4-19); esta evolución, en valor alcanzó a más del 1.580%, lo que revela, además, un fortalecimiento de los precios unitarios.

Figura 5.4-19



Fuente: Elaboración propia, en base a antecedentes de ODEPA.

En el año 2004 las principales plazas de colocación de los vinos con denominación de origen fueron Reino Unido, Estados Unidos, Dinamarca, Alemania, Irlanda, Brasil, Holanda, Canadá, Japón y México, los que en conjunto adquirieron más del 75% de los envíos. El gravamen que deben pagar a su ingreso varía según el país de destino.

Así, actualmente, los envíos a México, Venezuela, Colombia, Ecuador y Canadá, no pagan arancel; en tanto que en los dirigidos al MERCOSUR y Perú, este tributo se igualará a cero en los años 2011 y 2013, respectivamente; las exportaciones a Bolivia continuarán pagando un arancel de internación de 10%. En el caso específico de Brasil, perteneciente al MERCOSUR, para los vinos finos de mesa administra anualmente un cupo de 10 mil cajas de 12 botellas de 750 cc, con un precio mínimo de US\$30/caja y otro de 280 mil cajas, con un precio mínimo de US\$10,8 por caja, ambos cuentan con una preferencia de 30% y se mantendrán vigentes hasta el año 2007, cuando sea superado por el programa de desgravación del producto.

Por otra parte, en los embarques destinados a los países que conforman la Unión Europea, el arancel de entrada fluctuaba entre 13,7 Euro/Hl y 33,3 Euro/Hl, según el tipo de vino y contenido de alcohol; con ocasión del acuerdo comercial entre Chile y la Unión Europea, estos aranceles, en términos recíprocos, serán eliminados en cuatro años, es decir, en 2007. Como contraparte, Chile deberá renunciar, en un período variable de 5 a 12 años, al uso de algunas denominaciones y marcas que pasan a ser exclusivas de la contraparte.

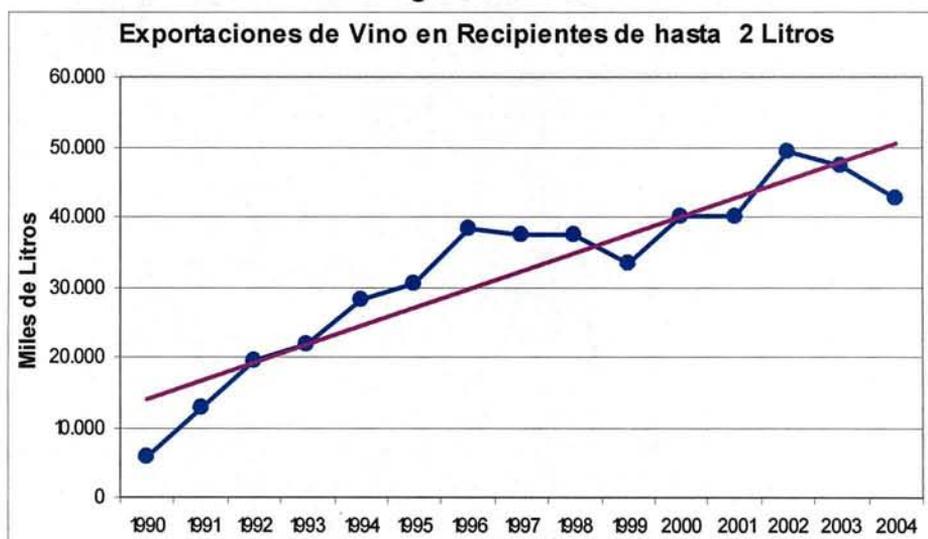
En Estados Unidos, el vino quedó en lista de degravación arancelaria a 12 años; no obstante, dicho país extenderá automáticamente, al producto chileno, los beneficios que otorgue a futuros socios comerciales. Actualmente este tributo, según el tipo de vino, fluctúa entre 5,3 y 16,9 centavos de dólar por litro.

En Corea, la situación es más favorable, ya que la desgravación arancelaria concluirá en 5 años, es decir, en 2009; antes del acuerdo comercial con Chile, el arancel de internación era de 15%. Entretanto, en Japón, el arancel es de 21,3% ó 93 a 156 Yen/lit. y en Panamá alcanza a 20%.

En relación a los vinos transados en recipientes con capacidad de hasta 2 litros, las ventas entre 1990 y 2004, aumentaron en alrededor de 647%, al pasar de 5,7 a 42,6 millones de litros. Se debe señalar que entre los años 1996 y 1999 se constató una estabilización de los envíos, lo que sería atribuible al reemplazo de esta categoría por los con denominación de origen, que en ese período aumentaron sostenidamente (Figura 5.4-20).

El principal demandante de este producto en 2004 fue Estados Unidos, el que abarcó el 58,7% de las exportaciones; le siguen en orden de importancia el Canadá, Perú, Colombia, Venezuela, Reino Unido y Alemania, entre otros. El nivel de aranceles y los programas de desgravación son iguales a los señalados en el caso anterior, salvo en Brasil que no otorgó cupos a este producto y en Perú el impuesto se igualará a cero el año 2016.

Figura 5.4-20



Fuente: Elaboración propia, en base a antecedentes de ODEPA.

Por último, las exportaciones de los demás vinos entre 1990 y 1997 mostraron un crecimiento sostenido, pero en 1998 y 1999 esta tendencia cambió, registrando el último año algo más de 60 millones de litros; posteriormente estas transacciones repuntaron totalizando en 2004 casi 188 millones de litros. Este monto es 25,3% más elevado respecto al anotado en 2003 (Figura 5.4-21).

Figura 5.4-21



Fuente: Elaboración propia, en base a antecedentes de ODEPA.

Habitualmente Canadá había liderado las adquisiciones de los vinos a granel chilenos, pero a partir del año 2001 este sitio lo ha ocupado algún miembro de la Unión Europea. En efecto, durante el año 2004 Alemania concentró más del

21% de las exportaciones de estos vinos. Otras plazas de colocación corresponden a China, Reino Unido, Dinamarca, Canadá, Francia, Japón, etc.

El arancel de internación que deben pagar los demás vinos en los países de destino es igual al de los envases de hasta dos litros; la situación cambia en Canadá, donde la desgravación es total desde el año 2001.

Cabe destacar que la mejor opción para Chile es la producción de vinos tintos de calidad, producto que se ha ganado un espacio en el mercado exterior y goza de un consumo creciente, pues existe una marcada tendencia por este tipo debido a la comprobación científica del efecto positivo de los flavonoides sobre la salud humana.

Por otra parte, en el ámbito nacional el consumo interno de vino experimentó un fuerte repunte, al pasar de 13,1 litros por habitante en 1997 a 22,3 litros por habitante en 2003. Esta evolución, junto a la experimentada por las exportaciones, confirman las expectativas favorables para este sector.

Dentro del mercado interno, si bien el consumo per cápita ha repuntado en los últimos años, aun es un nicho potencial de colocación. En efecto, si se compara el consumo nacional con el registrado en países europeos como Francia, Italia y Portugal, donde este parámetro asciende a más de 58 litros por habitante año, se constata que existe un amplio margen que probablemente debería disminuir en los próximos años, toda vez que se promueva el consumo, basándose en las propiedades benéficas que tiene el vino sobre la salud.

En este rubro el principal producto transado en el mercado nacional, en términos de volumen, es vino. Pero también existen transacciones de uva, en particular de variedades finas, a las que las grandes empresas aplican sus propias técnicas de proceso.

Los precios del vino varían considerablemente en relación al cepaje. Así, entre 1999 y 2004 los valores del vino Cabernet Sauvignon fluctuaron entre \$6.392 en 2001 y \$25.246/arroba en 1999, ambos expresados en moneda de mayo de 2005 (Tabla 5.4-11).

Cabe señalar que hasta 1999 se constató una marcada tendencia alcista en los precios del vino Cabernet Sauvignon, la que fue consecuencia, en gran parte, de la expansión de las exportaciones y a que las plantaciones aun no entraban en plena producción; luego en 2001 los precios experimentaron una abrupta caída, como consecuencia de la expansión de la producción y una acumulación de existencias. Desde 2002 en adelante ha tenido lugar un repunte de las cotizaciones, lo que sería atribuible a la evolución de las exportaciones, aumento del consumo interno y a la buena calidad del producto final.

Tabla 5.4-11

Precio Real de Vino Cabernet Sauvignon (\$ de Mayo 2005, sin IVA)													
AÑO/MES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio Anual
1999	25.948	23.756	24.704	24.400	24.664	25.216	24.812	25.570	25.874	25.969	27.284	24.751	25.246
2000	26.008	24.170	25.535	23.202	23.185	21.578	24.138	24.076	35.126	19.511			24.653
2001			6.062	6.035	6.009	6.551	7.111	6.512	6.357	6.348	6.456	6.476	6.392
2002		5.347	4.820	7.493			10.201		8.321	8.249	8.186	8.222	7.605
2003	8.214	8.149	6.310	7.548	7.577	8.653	8.097	7.640	10.562	9.031	9.964	8.309	8.338
2004	8.324	8.323	9.065	7.042	7.017	11.247	12.241	12.195	12.188	12.153	12.122	12.167	10.340
<b>Promedio Mensual</b>	17.124	13.949	12.749	12.620	13.690	14.649	14.433	15.198	16.405	13.543	12.802	11.985	13.762

Fuente: Elaboración propia, en base a antecedentes de ODEPA

La misma tendencia tuvo lugar en los vinos Semillón y País, cuyos precios anuales promedio (1999-2004) fueron \$7.523 y \$6.457 por arroba, respectivamente (Tablas 5.4-12 y 5.4-13). En ambos casos, los precios en los últimos años han experimentado un incremento, lo que ha estado asociado a un aumento del consumo interno y al buen desempeño de los de vinos de mejor calidad.

Tabla 5.4-12

Precio Real de Vino Semillón (\$ de Mayo 2005, sin IVA)													
AÑO/MES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio Anual
1999	6.811	7.055	7.377	6.938	8.691	7.037	8.204	8.481	8.029	7.123	6.734	6.861	7.445
2000	9.016	5.403	6.961	7.201	7.185	6.332	6.211	5.632	5.598	5.879			6.542
2001			3.307	3.292	3.277	4.368	4.376	3.614	3.771	4.304	4.304	4.317	3.893
2002			2.955				8.263						5.609
2003					6.716			7.227	11.850	10.321	10.352	11.165	9.605
2004	11.185	11.184	11.914	8.048	8.215	13.803	13.771	13.719	13.204	13.166	13.132	13.181	12.043
<b>Promedio Mensual</b>	9.004	7.881	6.503	6.369	6.817	7.885	8.165	7.734	8.490	8.158	8.631	8.881	7.523

Fuente: Elaboración propia, en base a antecedentes de ODEPA

Tabla 5.4-13

Precio Real de Vino País (\$ de Mayo 2005, sin IVA)													
AÑO/MES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio Anual
1999	12.837	12.234	10.293	12.147	11.839	13.341	12.892	13.159	11.006	11.827	10.066	11.580	11.935
2000	8.785	7.616	8.420	7.237	7.629	9.204	8.733	8.155	7.546	7.567			8.089
2001			1.653	1.646	1.639	1.823	1.827	1.954	1.796	1.794	1.794	1.799	1.772
2002		2.736	2.722				5.197		4.740	4.699	4.703	4.724	4.217
2003	4.719	4.681	4.010	4.014	4.030	5.424	5.429	5.549	7.213	6.192	6.211	5.972	5.287
2004	5.983	5.982	5.180	6.036	6.161	8.180	9.691	9.654	8.126	8.102	8.081	8.112	7.441
<b>Promedio Mensual</b>	8.081	6.650	5.380	6.216	6.259	7.595	7.295	7.694	6.738	6.697	6.171	6.437	6.457

Fuente: Elaboración propia, en base a antecedentes de ODEPA

En el corto a mediano plazo, la producción de vino aumentará considerablemente, ya que una parte importante de los viñedos en Chile se encuentran en etapa de producción creciente. En este escenario, es preciso consolidar el producto en los mercados de exportación y abrir nuevas plazas de colocación, estrategia que debe ser complementada con una fuerte expansión de la capacidad de elaboración y guarda dentro del país.

Los agentes vinculados al sector están concientes del aumento que experimentará la oferta nacional durante los próximos años, por lo cual se están aplicando estrictas medidas técnico productivas en el manejo de los viñedos, con el objeto de controlar el rendimiento en beneficio de la calidad. Lo anterior debería contribuir, además, a ordenar las entregas y facilitar la fluidez de la comercialización.

En este ámbito, se debe señalar que los mercados que Chile actualmente abastece presentan potencial. En efecto, Europa es un gran productor y consumidor de vinos, concentra a demandantes estables y exigentes. Asia, es un nicho que está en vías de expansión, cuenta con numerosa población, aunque con influencia musulmana que rechaza el consumo de alcohol.

Estados Unidos, por su parte, tiene un potencial de producción interno muy alto y la oferta de vinos varietales ha aumentado considerablemente, aunque es preciso indicar que alrededor de un 50% de su población nunca ha consumido vino, porcentaje que debiera descender en los próximos años mediante la implementación de campañas de marketing, proceso que favorecería los envíos chilenos. En este sentido, es interesante indicar que actualmente el consumo per cápita de vino en dicho país no supera los 7 litros, monto significativamente inferior a los registrados en Europa y Chile, con 58 y 22 litros, respectivamente.

De esta forma, el programa anual que tiene Chile para la promoción del vino, el cual incluye su participación en las principales ferias vitivinícolas del mundo y viajes comerciales, es una estrategia básica para posicionar el producto nacional en los mercados ya consolidados así como también en nuevos puntos de colocación .

No obstante lo anterior, el fuerte aumento de la producción de vinos finos y la creciente competencia internacional con países como Australia, Nueva Zelanda, Sudáfrica, Argentina y otros, recomienda ser muy conservadores en la promoción de nuevas plantaciones. Sólo la producción de vinos de alta calidad podrán competir con éxito en el mercado internacional.

#### **5.4.2.2 Conclusiones**

Sin lugar a dudas que los distintos acuerdos comerciales suscritos por Chile han sido beneficiosos para el sector agrícola, ya que se espera un crecimiento de las exportaciones hacia los distintos nichos comerciales. No obstante, los productos que sustituyen importaciones se han visto afectados y aquellos afectos a Banda de Precios lo harán a un mayor plazo.

Se debe señalar que países como Estados Unidos y los que conforman la Unión Europea subsidian la producción agrícola y las exportaciones, especialmente en rubros como cereales, azúcar y lácteos. Lo anterior se traduce en una reducción artificial de los precios internacionales y en una disminución de la competitividad de los países que no subsidian su agricultura, como es el caso de Chile.

No obstante, como consecuencia de la firma de los TLC y de las reuniones ministeriales sostenidas en diversos foros como APEC y la Ronda de Doha, se ha instado a la eliminación de los subsidios agrícolas, situación que en el mediano plazo se materializará, por lo cual no es relevante analizar el efecto de los subsidios en los productos importados por Chile desde esos orígenes.

Según lo expuesto en este acápite, se concluye que las exportaciones de frutas frescas y procesadas, hortalizas y vinos, debieran continuar con la tendencia creciente constatada actualmente, lo que se fundamenta en que con motivo de los acuerdos comerciales, éstas podrán competir en mejor pie en el mercado internacional, debido a la rebaja de aranceles de internación.

En la Tabla 5.4-14 se presentan las perspectivas para cada rubro analizado en el mediano a largo plazo, es decir, cuando los Tratados de Libre Comercio actualmente vigentes concluyan su desgravación arancelaria.

Tabla 5.4-14  
Perspectivas en el Mediano a Largo Plazo

Producto	Perspectiva
Arándano	+
Cereza	+
Frutilla	+
Frambuesa	+
Mandarina	+
Manzana	+
Jugo de Manzana	+
Paltas	+
Uva de Mesa	+
Aceite de Oliva	+
Vinos	+
Tomate	+
Pimentón	+
Alcachofas	+

Fuente: Elaboración propia, en base a antecedentes recopilados.

El signo “+” corresponde a perspectivas favorables, situación que se da en todos los rubros analizados.

### 5.4.2.3 Determinación precios de productos

La determinación de precios en el presente estudio para los distintos productos se realizó tomando como base los antecedentes de las siguientes fuentes de información:

- Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, ODEPA.
- Banco Central.
- Entrevistas a productores y agroindustrias

La metodología general para determinar los precios de los diferentes productos consistió en realizar un análisis de las series de precios a nivel de mercado mayorista de Santiago para los productos de consumo interno, y en el caso de los de exportación el precio FOB. Posteriormente, los valores resultantes se ajustaron considerando fletes, comisiones, margen de comercialización y otros costos de manera de representar adecuadamente la situación real de los agricultores de cada cuenca.

Cabe señalar que las cotizaciones de productos se han expresado en moneda de mayo de 2005, sin IVA, y corresponden a valores puestos en la III o VII Región. Para los productos de exportación se consideró un tipo de cambio de \$ 600 por 1 US\$. Los precios calculados se presentan en la Tabla 5.4-15.

Tabla 5.4-15  
Precios a Productor

Producto	Unidad	Época de Comercialización	Destino	Precio (1) (\$)
Alcachofines	Unidad	Julio a septiembre	Agroindustria	19
Pimentón	Kilo	Septiembre	Mercado Interno	344
Tomate	Kilo	Agosto a septiembre	Mercado Interno: 1 <sup>a</sup> 2 <sup>a</sup> 3 <sup>a</sup>	187 168 130
Arándano	Kilo	Enero a abril	Exportación Fresco Agroindustria: IQF Block	2.070 540 360
Cereza	Kilo	Noviembre a diciembre	Exportación Fresco Mercado Interno Agroindustria	906 284 240
Frambuesa	Kilo	Diciembre a marzo	Exportación Fresco Agroindustria: IQF Block	1.902 480 270
Frutilla	Kilo	Noviembre a marzo	Mercado Interno Agroindustria	200 300
Mandarina	Kilo	Abril a mayo	Mercado Interno Exportación	201 270
Manzana	Kilo	Febrero a marzo	Exportación Fresco Agroindustria Mercado Interno	114 35 37
Palta	Kilo	Mayo a agosto	Mercado Interno Exportación	241 450
Aceitunas	Kilo	Marzo a abril	Agroindustria	220
Uva de Mesa	Kilo	Noviembre a enero	Exportación Fresco: Thompson S. Flame S. Agroindustria	585 512 55
Vid Vinífera	Kilo	Marzo a abril	Carmenere C. Sauvignon y Merlot	260 220

(1) Todos los precios son puestos en cada cuenca.

▪ **Alcachofa**

Los precios ofrecidos por la agroindustria establecida en el área de influencia del río Huasco ofrece precios a productor del orden de **\$19 por alcachofin**.

▪ **Pimentón.**

Debido a la ventaja de estacionalidad de producción respecto de otras zonas ubicadas más al sur, se tomará en consideración un producto cultivado en invernadero.

- Precio mercado nacional Invernadero	
Precio promedio nacional, para la época de comercialización (Sep), al por mayor, base Stgo., año 1999 y 2001 a 2003	\$ 525/kilo
Flete (Stgo - Zona proyecto)	\$ 24/kilo
Margen de comercialización (30%)	\$ 158/kilo
<b>Precio puesto III Región</b>	<b>\$ 344/kilo</b>

▪ **Tomate**

Debido a la ventaja de estacionalidad de producción respecto de otras zonas ubicadas más al sur, se tomarán en consideración un producto cultivado en invernadero.

- Precio mercado nacional Invernadero	
Precio promedio nacional, para la época de comercialización (Ago-Sep), al por mayor, base Stgo., período 1999-2003.	\$ 296/kilo
Flete (Stgo - Zona proyecto)	\$ 20/kilo
Margen de comercialización (30%)	\$ 89/kilo
<b>Precio puesto III Región</b>	<b>\$ 187/kilo</b>

▪ Arándano

Actualmente, casi la totalidad de la producción de arándanos se destina al mercado internacional en estado fresco. No obstante, ante un aumento de la producción interna se estima que un 50% de la fruta iría al mercado internacional para consumo fresco y el otro 50% a la agroindustria.

- Precio mercado internacional.

Tabla 5.4-16

Exportaciones de Arándanos			
Año	Valor Miles US\$ FOB	Volumen Toneladas	Precio Promedio US\$ FOB/kilo
2000	26.357,8	4.041,8	6,52
2001	22.739,1	4.423,3	5,14
2002	38.248,4	6.357,9	6,02
2003	49.971,9	6.410,3	7,80
2004	75.987,1	10.104,5	7,52
<b>Promedio</b>			
<b>Anual</b>	<b>42.660,9</b>	<b>6.267,6</b>	<b>6,81</b>

Fuente: Elaboración propia, en base a antecedentes de ODEPA

Precio FOB (Promedio 1999-2004)	US\$ 6,81/kilo
Materiales y servicios	US\$ 1,20/kilo
Comisión (10%)	US\$ 0,68/kilo
Retorno Neto Productor	US\$ 4,93/kilo
Retorno Neto Productor (1)	US\$ 3,45/kilo
<b>Retorno Neto Productor Corregido</b>	<b>\$ 2.070/kilo</b>

(1) Este valor se disminuyó en un 30% debido a la entrada en producción de nuevas plantaciones.

En la agroindustria sería factible obtener precios del orden de:

Congelado IQF	US\$ 0,90/kilo
<b>Precio a productor</b>	<b>\$ 540/kilo</b>
Pulpa congelada	US\$ 0,60/kilo
<b>Precio a productor</b>	<b>\$ 360/kilo</b>

Productores entrevistados en otras áreas informaron precios a productor para el producto fresco de US\$5 por kilo, lo que confirma que los precios estimados por esta consultoría son bastante conservadores.

▪ Cereza

Este producto se destina en un 40% al mercado nacional para consumo fresco, un 40% al mercado externo, y el 20% restante para la agroindustria del sulfitado.

- Precio mercado internacional.

Tabla 5.4-17

Exportaciones de Cerezas Frescas			
Año	Valor Miles US\$ FOB	Volumen Toneladas	Precio Promedio US\$ FOB/kilo
2000	18.962,8	6.062,2	3,13
2001	21.479,0	7.450,5	2,88
2002	41.360,0	12.784,1	3,24
2003	40.420,7	12.817,6	3,15
2004	33.340,7	11.307,8	2,95
<b>Promedio Anual</b>	<b>31.112,6</b>	<b>10.084,4</b>	<b>3,09</b>

Fuente: Elaboración propia, en base a antecedentes de ODEPA

Precio FOB (Promedio 2000-2004)	US\$ 3,09/kilo
Materiales y servicios	US\$ 1,10/kilo
Comisión (10%)	US\$ 0,31/kilo
Retorno Neto Productor	US\$ 1,68/kilo
Retorno Neto Productor (1)	US\$ 1,51/kilo
<b>Retorno Neto Productor Corregido</b>	<b>\$ 906/kilo</b>

(1) Este valor se disminuyó en un 10% debido a la entrada en producción de nuevas plantaciones.

- Precio mercado nacional

Precio promedio nacional, para la época de comercialización (Nov-Dic), al por mayor, base Stgo., período 1999-2004.

Flete (Stgo - Zona proyecto)

Margen de comercialización (30%)

**Precio puesto VII Región**

\$ 423/kilo

\$ 12/kilo

\$ 127/kilo

**\$ 284/kilo**

La agroindustria del sulfitado en los últimos años ha pagado entre \$200 y \$280 el kilo de cereza. De esta manera se tomará en consideración un precio de \$240/kilo.

▪ **Frambuesa**

En el área del proyecto, este producto se destina en 30% a la exportación de fruta fresca, 30% para IQF y 40% para block.

- Precio mercado internacional.

Tabla 5.4-18

<b>Exportaciones de Frambuesas Frescas</b>			
<b>Año</b>	<b>Valor</b>	<b>Volumen</b>	<b>Precio Promedio</b>
	<b>Miles US\$ FOB</b>	<b>Toneladas</b>	<b>US\$ FOB/kilo</b>
2000	20.431,5	3.643,2	5,61
2001	20.183,5	4.108,6	4,91
2002	21.123,2	4.132,6	5,11
2003	23.448,1	4.568,8	5,13
2004	24.175,5	4.366,7	5,54
<b>Promedio</b>			
<b>Anual</b>	<b>21.872,3</b>	<b>4.164,0</b>	<b>5,25</b>

Fuente: Elaboración propia, en base a antecedentes de ODEPA

Precio FOB (Promedio 2000-2004)	US\$ 5,25/kilo
Materiales y servicios	US\$ 1,20/kilo
Comisión (10%)	US\$ 0,53/kilo
Retorno Neto Productor	US\$ 3,52/kilo
Retorno Neto Productor (1)	US\$ 3,17/kilo
<b>Retorno Neto Productor Corregido</b>	<b>\$ 1.902/kilo</b>

(1) A este valor se le descontó un 10% debido a la entrada en producción de nuevas plantaciones.

La agroindustria de la zona en los últimos años ha pagado un precio promedio para:

Congelado IQF	US\$ 0,80/kilo
<b>Precio a productor</b>	<b>\$ 480/kilo</b>
Block (pulpa o jugo)	US\$ 0,45/kilo
<b>Precio a productor</b>	<b>\$ 270/kilo</b>

▪ Frutilla

Este producto se destina en un 100% al mercado nacional, de los cuales un 50% va a la agroindustria y el otro 50% para consumo fresco.

Precio promedio nacional, para la época de comercialización (Oct-Mar), al por mayor, base Stgo., período 1999-2004.	\$ 303/kilo
Flete (Stgo - Zona proyecto)	\$ 12/kilo
Margen de comercialización (30%)	\$ 91/kilo
<b>Precio puesto VII Región</b>	<b>\$ 200/kilo</b>

La agroindustria en los últimos años ha pagado entre US\$0,80 y US\$0,40 por kilo. Para efectos del presente proyecto se tomará en consideración un valor de **US\$0,50 por kilo, equivalente a \$ 300/kilo**, cifra cercana al extremo mínimo del rango de precios.

▪ **Mandarina**

Este producto se destina en un 50% al mercado nacional para consumo fresco y en un 50% al mercado externo.

- Precio mercado nacional

Precio promedio nacional, para la época de comercialización (Abr-May), al por mayor, base Stgo., período 1999-2004.

\$ 316/kilo

Flete (Stgo - Zona proyecto)

\$ 20/kilo

Margen de comercialización (30%)

\$ 95/kilo

**Precio puesto III Región**

**\$ 201/kilo**

- Precio mercado internacional.

Tabla 5.4-19

Exportaciones de Mandarinas			
Año	Valor Miles US\$ FOB	Volumen Toneladas	Precio Promedio US\$ FOB/kilo
1999	4.062,1	4.818,6	0,84
2000	5.197,6	6.896,0	0,75
2001	7.308,5	10.145,4	0,72
2002	8.748,9	12.505,8	0,70
2003	9.861,6	12.876,0	0,77
2004	12.560,1	17.860,6	0,70
<b>Promedio Anual</b>	<b>7.956,5</b>	<b>10.850,4</b>	<b>0,73</b>

Fuente: Elaboración propia, en base a antecedentes de ODEPA

Precio FOB (Promedio 1999-2004)

US\$ 0,73/kilo

Materiales, servicios y comisión (10%)

US\$ 0,35/kilo

Retorno Neto Productor

US\$ 0,38/kilo

Retorno Neto Productor (1)

US\$ 0,45/kilo

**Retorno Neto Productor**

**\$ 270/kilo**

(1) Los precios calculados mediante esta metodología difieren de los registrados por los agricultores actualmente en el área de influencia del río Huasco. De esta manera, en el caso del producto de exportación el retorno a productor considerado en situación futura será de US\$0,45 por kilo equivalente a \$270 el kilo, ya que el valor calculado de US\$0,38/kg está influenciado por las exportaciones de las plantaciones ubicadas más al sur.

▪ **Manzana**

Se propone que este producto se destine en 70% a la exportación del producto fresco, en 15% a la venta directa en el mercado regional y el 15% restante a la agroindustria.

Tabla 5.4-20

<b>Exportaciones de Manzanas Frescas</b>			
<b>Año</b>	<b>Valor</b>	<b>Volumen</b>	<b>Precio Promedio</b>
	<b>Miles US\$ FOB</b>	<b>Toneladas</b>	<b>US\$ FOB/kilo</b>
2000	198.169,4	387.714,1	0,51
2001	230.612,7	540.746,4	0,43
2002	248.142,7	548.194,5	0,45
2003	315.711,2	596.408,2	0,53
2004	392.005,0	739.048,4	0,53
<b>Promedio</b>			
<b>Anual</b>	<b>276.928,2</b>	<b>562.422,3</b>	<b>0,49</b>

Fuente: Elaboración propia, en base a antecedentes de ODEPA

- Precio mercado internacional.
- Precio FOB (Promedio 2000-2004) US\$ 0,49/kilo
- Materiales y servicios US\$ 0,25/kilo
- Comisión (10%) US\$ 0,05/kilo
- Retorno Neto Productor US\$ 0,19/kilo
- Retorno Neto Productor \$ 114/kilo**
  
- Precio mercado nacional
- Precio promedio nacional, para la época de comercialización (Mar-Abr), al por mayor, base Stgo., período 2000-2004. \$ 70/kilo
- Flete (Stgo - Zona proyecto) \$ 12/kilo
- Margen de comercialización (30%) \$ 21/kilo
- Precio puesto VII Región \$ 37/kilo**

La agroindustria en los últimos años ha pagado entre **\$30 y \$35 el kilo.**

- Olivo

En este caso, a diferencia de los anteriores, no existen series de precios. Los antecedentes disponibles señalan que, a nivel minorista, en Estados Unidos los precios del aceite de oliva fluctúan entre US\$6 y US\$ 18 por litro, en el mercado europeo supera los US\$20 por litro. En Chile, en el mismo segmento, este producto se transa en torno a \$6.000 el litro. A estos valores, descontándoles el margen de comercialización y el costo de elaboración se llega a un precio de materia prima de alrededor de \$200 a \$250 el kilo.

Si se considera que este producto se destinará en un 100% a la venta en plantas elaboradoras de aceite de oliva, como por ejemplo Terramater S.A. ubicada en Sagrada Familia (VII Región) y las dos plantas comerciales ubicadas en la cuarta sección del río Huasco (III Región), y considerando la expansión del consumo nacional de aceite de oliva, como también la expansión de las exportaciones y el escenario favorable debido a los nuevos acuerdos comerciales (Estados Unidos y Corea) los precios pagados a productor serían del orden de **\$ 220 el kilo de aceituna.**

▪ Palta

Este producto se destina en un 50% al mercado nacional para consumo fresco y en un 50% al mercado externo.

- Precio mercado nacional

Precio promedio nacional, para la época de comercialización (May-Ago), al por mayor, base Stgo., período 1999-2004.

\$ 434/kilo

Flete (Stgo - Zona proyecto)

\$ 20/kilo

Margen de comercialización (30%)

\$ 130/kilo

Precio puesto III Región (1)

\$ 284/kilo

**Precio puesto III Región corregido**

**\$ 241/kilo**

- Precio mercado internacional.

Tabla 5.4-21

Exportaciones de Paltas			
Año	Valor	Volumen	Precio Promedio
	Miles US\$ FOB	Toneladas	US\$ FOB/kilo
1999	100.974,4	34.787,6	2,90
2000	73.787,2	52.048,7	1,42
2001	79.586,8	52.449,4	1,52
2002	108.906,0	78.070,1	1,39
2003	180.495,8	97.646,9	1,85
2004	135.567,1	113.592,5	1,19
<b>Promedio</b>			
<b>Anual</b>	<b>113.219,6</b>	<b>71.432,5</b>	<b>1,58</b>

Fuente: Elaboración propia, en base a antecedentes de ODEPA

Precio FOB (Promedio 1999-2004)

US\$ 1,58/kilo

Materiales, servicios y comisión (10%)

US\$ 0,70/kilo

Retorno Neto Productor (1)

US\$ 0,88/kilo

Retorno Neto Productor corregido

US\$ 0,75/kilo

**Retorno Neto Productor**

**\$ 450/kilo**

(1) Como consecuencia de la entrada en producción de nuevas plantaciones, se estima un descenso de los precios del orden de un 15%, tanto en el mercado nacional como en el internacional.

▪ **Uva de mesa**

Fuentes consultadas en la zona señalan que el principal destino de la producción de uva de mesa es la exportación y el desecho es destinado a la elaboración de pasas.

Los precios a productor en las últimas temporadas para la uva destinada a pasas han fluctuado entre \$50 y \$63 el kilo. Para la presente consultoría se estimó adecuado un valor del orden de **\$55 el kilo**.

Los retornos de la fruta de exportación han fluctuado entre US\$ 7 y US\$ 9 la caja de 8,2 kilos, con extremos de US\$ 6 y US\$ 10 por caja, lo que ha estado estrechamente asociado a la época de cosecha, variedad y tipo de agricultor. Recientemente, ha surgido como amenaza las crecientes plantaciones de la variedad Crimson en Estados Unidos, cultivar que se caracteriza por su buena condición de guarda y que, en cierta medida, podría ejercer competencia para la uva chilena temprana. Por esta razón, es prioritario seguir en forma estricta las normas de higiene y calidad exigidas por los mercados internacionales, con el objeto de ser competitivos y asegurar una buena venta en el exterior.

A la luz de estos antecedentes, se ha determinado para la variedad **Flame Seedless** retornos a productor del orden de US\$7 por caja, equivalentes a **\$512 el kilo**, en tanto que para **Thompson Seedless** los retornos alcanzarían a un promedio de US\$8 por caja, equivalentes a **\$585 el kilo**.

▪ Vid Vinífera

Los precios de la uva vinífera en las últimas temporadas fluctuaron entre los \$ 120 y 350 el kilo, lo que depende de la variedad. Las cepas tintas como Cabernet Sauvignon se transaron entre \$280 y 340 el kilo, Merlot en \$320 a 350/kg y País en torno a \$100 a 60 el kilo. No obstante, a fines de 1999/2000 los precios de estas variedades disminuyeron significativamente, situación que prevaleció hasta el año 2002. Durante el año 2004 y 2005 los precios repuntaron significativamente, tal como se aprecia a continuación:

Variedad:	<u>2001 y 2002</u>	<u>2003</u>	<u>2004</u>	<u>2005</u>
- Cabernet y Merlot corriente:	\$ 50 a \$ 80	\$ 100	\$ 140	\$ 200
- Cabernet y Merlot exportación:	\$ 80 a \$160	\$ 160	\$ 180	\$ 260
- Carmenere exportación:	\$100 a \$160	\$ 190	\$ 230	\$ 290
- Chardonay:	\$ 45 a \$120	\$ 185	\$ 150	\$ 250
- Sauvignon Blanc:	\$ 60 a \$150	\$ 170	\$ 120	\$ 200
- País:	\$ 20 a \$ 40	\$ 55	\$ 100	\$ 120

Para la zona del proyecto, en situación futura, se contempla el establecimiento de viñedos con cepajes tintos de exportación, los que estarían representados por los cultivares Cabernet Sauvignon y Merlot, cuyo precio se ha estimado en **\$220** el kilo y Carmenere con una cotización a productor del orden de **\$ 260** el kilo. Estos valores son un promedio de los obtenidos durante los años 2004 y 2005, y se espera que estos montos se mantengan vigentes en los próximos años debido a la estabilización de las plantaciones, al crecimiento de las exportaciones y al aumento del consumo interno.

### 5.4.3 Análisis de Recursos Básicos

#### 5.4.3.1 Suelos

Con el objeto de establecer el potencial que los suelos ofrecen al desarrollo agropecuario, con la introducción de las aguas subterráneas, a continuación se efectúa un breve análisis de los antecedentes presentados en el estudio de suelos efectuado para el presente proyecto (Capítulo 5.1).

En el caso de la cuenca del Río Huasco, al considerar la disponibilidad de suelos entre I y III de Capacidad de Uso con adecuada aptitud frutal, vale decir en categoría A, B o C, se puede concluir que existe suficiente cantidad de suelos para ya sea para ser incorporados al riego o en reemplazo de aguas superficiales de menor calidad.

De esta forma, tal como se observa en la Tabla 5.4-22, existe un total aproximado de 7.316 ha de buenos suelos para cultivos. Esta superficie representa el 53,7% del total de suelos con potencial cultivable en esta cuenca.

Tabla 5.4-22  
Suelos Cuenca Río Huasco  
Capacidad Uso I, II y III con Aptitud Frutal A, B y C

Serie	Variación de Serie	Capacidad de Uso	Aptitud Frutal	Superficie	
				ha	%
BUENA ESPERANZA (BEZ)	BEZ-3	IIIs	B	825,94	11,3
BUENA ESPERANZA (BEZ)	BEZ-1	IIIs	A	660,40	9,0
TATARA (TTR)	TTR-8	IIIs	C	553,64	7,6
VENTANAS (VTN)	VTN-1	IIIs	C	467,08	6,4
CAVANCHA (CVN)	CVN-1	IIIs	B	380,88	5,2
TATARA (TTR)	TTR-5	IIIs	C	341,33	4,7
TATARA (TTR)	TTR-1	IIIs	B	258,96	3,5
BUENA ESPERANZA (BEZ)	BEZ-8	IIIs	C	197,31	2,7
CHAÑAR (CHA)	CHA-5	IIIs	C	192,88	2,6
BUENA ESPERANZA (BEZ)	BEZ-6	IIIs	C	192,28	2,6
HUASCO (HSC)	HSC-9	IIIs	C	179,35	2,5
BUENA ESPERANZA (BEZ)	BEZ-4	IIIs	B	178,94	2,4
TATARA (TTR)	TTR-6	IIIs	C	167,10	2,3
HUASCO (HSC)	HSC-3	IIIs	A	159,86	2,2
HUASCO (HSC)	HSC-8	IIIs	C	156,18	2,1
TATARA (TTR)	TTR-2	IIIs	B	150,43	2,1
<b>Sub Total</b>				<b>5.062,56</b>	<b>69,2</b>
<b>Resto de Suelos Capacidad de Uso I a III y Aptitud Frutal A,B,C</b>				<b>2.253,33</b>	<b>30,8</b>
<b>Total</b>				<b>7.315,89</b>	<b>100,0</b>

Ahora bien, de las 7.316 ha, el 69,2% de estos suelos se concentra en las series Buena Esperanza, Tatara, Ventanas, Cavanca, Chañar y Huasco, distribuidas a lo largo de toda la cuenca, en los sectores de El Tránsito, San Félix, Vallenar y Huasco.

Por otra parte, en la cuenca del Río Mataquito, existe un total aproximado de 48.893 ha con adecuada aptitud de cultivo (Capacidad de Uso I a III, con Aptitud Frutal A, B o C). Esta superficie representa el 29,1% del total de suelos cultivables de esta zona.

Como se observa en la Tabla 5.4-23, el 61,4% de los suelos seleccionados está compuesto por las series Yacan, Limanque, Piedra Blanca, Lontué, Talcarehue, Condell, Macarena, Santa Rosa y Quetequete. Cabe señalar que los suelos señalados se concentran básicamente entre las áreas de Curicó, Romeral, Molina, Sagrada Familia y Hualañé.

Tabla 5.4-23  
Suelos Cuenca Río Mataquito  
Capacidad Uso I, II y III con Aptitud Frutal A, B y C

Serie	Variación de Serie	Capacidad de Uso	Aptitud Frutal	Superficie	
				ha	%
YACAN (YAC)	YAC-5	IIIs	C	8.089,49	16,5
LIMANQUE (LMQ)	LMQ-4	IIIs	C	6.088,41	12,5
PIEDRA BLANCA (PBL)	PBL-4	IIw	B	3.271,28	6,7
LIMANQUE (LMQ)	LMQ-1	IIs	B	2.065,58	4,2
LONTUÉ (LNT)	LNT-2	IIIs	C	1.433,36	2,9
TALCAREHUE (TLH)	TLH-3	IIs	A	1.255,32	2,6
LONTUÉ (LNT)	LNT-5	IIIs	C	1.191,84	2,4
CONDELL (CDL)	CDL-5	IIw	C	928,32	1,9
LONTUÉ (LNT)	LNT-3	IIIs	C	875,10	1,8
PIEDRA BLANCA (PBL)	PBL-1	I	A	867,10	1,8
MACARENA (MAR)	MAR-2	IIIs	C	850,82	1,7
PIEDRA BLANCA (PBL)	PBL-8	IIw	C	816,62	1,7
SANTA ROSA (STR)	STR-3	IIw	C	781,80	1,6
QUETEQUETE (QTQ)	QTQ-2	I	A	767,92	1,6
TALCAREHUE (TLH)	TLH-2	I	A	746,38	1,5
<b>Sub Total</b>				<b>30.029,33</b>	<b>61,4</b>
<b>Resto de Suelos Capacidad de Uso I a III y Aptitud Frutal A,B,C</b>				<b>18.863,63</b>	<b>38,6</b>
<b>Total</b>				<b>48.892,96</b>	<b>100,0</b>

### 5.4.3.2 Clima

De los antecedentes agroclimáticos presentados en el presente estudio (Capítulo 5.1), puede concluirse que dependiendo de la región y ubicación de cada distrito, la gama de cultivos con adaptabilidad climática es amplia.

De esta forma, en el valle del río Huasco, específicamente en zonas cercanas a la costa (Huasco y Freirina), el clima permite la producción de frutales de hoja persistente como es el caso de paltos, cítricos y olivos, entre otros.

Alejándose de la costa e introduciéndose hacia los valles interiores, como el Tránsito y San Félix, tanto la cantidad de horas frío como días grado aumentan, permitiendo el cultivo de especies caducas y exigentes en días grado y horas frío, como es el caso de la uva de mesa.

En áreas intermedias, específicamente alrededor de la ciudad de Vallenar, la gama de cultivos es más amplia aún, permitiendo el cultivo de hortalizas, frutales de hoja perenne y caduca, además de uva de mesa.

En el caso de la cuenca del río Mataquito, la ubicación de los distritos agroclimáticos, de acuerdo a su cercanía o alejamiento de la costa, hace que su comportamiento sea similar a lo ocurrido en la cuenca de Huasco. De esta forma, entre la precordillera y el valle central la gama de cultivos factibles de ser cultivados es amplia, siendo factible la producción de frutales de hoja caduca como cerezos, manzanos, berries y viñas, entre otros.

Finalmente, al acercarse a la costa (Curepto y Licantén) debido a una moderada ocurrencia de heladas, se puede establecer una gran cantidad de frutales, entre los que destacan frutillas y frutales de hoja perennes como cítricos y papayos, entre otros.

#### **5.4.4 Fichas Técnico Económicas**

Se elaboraron fichas o estándares productivos y económicos, considerando para ello el potencial productivo en cada zona de estudio. Dichos estándares se llevaron a cabo para aquellos rubros productivos que presentan un mayor potencial y rentabilidad de acuerdo a las características propias de cada cuenca.

Los costos directos de producción para frutales y hortalizas se elaboraron en base a la información recopilada por el consultor y a la experiencia existente en las regiones. Esta información fue revisada, analizada y en algunos casos corregida según antecedentes obtenidos de diversas publicaciones, de la opinión de informantes calificados, así como también de las agroindustrias presentes en la zona de estudio.

Entre las fuentes bibliográficas consultadas figuran:

- Manual de Producción de Cítricos. PRODECOP, FIDA-INIA. 1998
- Manual de Producción de Palto. PRODECOP, FIDA-INIA. 1998
- Manual de Producción de Hortalizas. PRODECOP, FIDA-INIA. 1998
- Coeficientes Técnicos de Producción de las principales hortalizas del país, IICA, Ministerio de Agricultura. 1990.
- Cultivo de Hortalizas, Vicente Giaconi y Moisés Escaff, 1988.
- Coeficientes Técnicos de Producción de los principales frutales del país, IICA, Ministerio de Agricultura. 1990.
- Cultivo de Frutales Menores, Fusa Sudzuki, 1985.
- Arándano: Evaluación de Seis Cultivares de Media Estación en el Llano Central, X Región. Boletín Técnico N°173. INIA.
- Manual Fitosanitario. IMPPA, AFIPA Y SAG. 2002/2003.
- Revista Agroeconómico, Fundación Chile (Diversos Números).

- Agenda del Salitre, SQM.
- Anuario del Campo, El Libro de la Agricultura Chilena (diversas ediciones).

Las fichas fueron construidas, sobre la base de una selección de coeficientes técnicos, los que han sido consultados con diversos profesionales especialistas e informantes calificados. Estos coeficientes tratan de reflejar el uso de recursos bajo situaciones de manejo tecnológico bajo y medio. Existiendo muchas posibilidades de manejo técnico distintas, se ha tenido necesariamente que escoger aquellas que parecen más representativas para las zonas estudiadas. Las referencias a nombres comerciales para algunos insumos son sólo indicativas y no representan ninguna selección ni recomendación especial.

Los precios de mano de obra corresponden a valores actuales pagados en la zona, en tanto que los precios de las labores de maquinaria agrícola e insumos, son precios de lista informados por proveedores a mayo del año 2005. Los estándares incluyen las principales características de cada uno de los rubros identificados.

Para cada especie se han elaborado fichas de costos directos anuales. En el caso de frutales, se han considerado los costos directos para cada etapa del proceso productivo, desde la plantación hasta el año de producción estabilizado. A partir de los primeros años de producción comercial, se agrega una estimación del resultado económico para dicho año, con precios y volúmenes acorde con las condiciones antes señaladas. Para el resto de las especies anuales se considera una estimación de resultado económico anual, en las mismas condiciones.

Algunos aspectos metodológicos generales que se considera necesario precisar son los siguientes:

- El documento contiene información sobre las principales hortalizas y especies frutales determinados como relevantes de considerar en el área de estudio.
- Los precios de producción de frutas y hortalizas están expresados en moneda real de Mayo de 2005 y se han obtenido, en el caso del mercado interno, de las series históricas publicadas por ODEPA y de los valores informados por las agroindustrias locales. Los frutales de exportación, han sido considerados como producto de exportación en fresco, sus precios de exportación están expresados como "retorno a productor" y representan una estimación del precio medio esperado en el largo plazo.
- El tipo de cambio se estimó en \$600 por dólar.
- Los precios de los insumos han sido obtenidos de la información publicada en la revista del campo y de los antecedentes entregados por los principales distribuidores agroquímicos (Mayo de 2005). A estos precios se le ha descontado el IVA.
- Los costos de maquinaria agrícola incluyen la totalidad de los costos directos y fijos asignables al uso del tractor con el respectivo implemento, incluido las depreciaciones. En ellos, se considera, además, el costo del operario.

- El precio determinado para la mano de obra representa una estimación del costo que una jornada efectiva de trabajo significa para la empresa, incluyendo los días festivos, vacaciones legales, etc., diferenciando entre mano de obra especializada y no especializada.
- Los rendimientos estimados se han elaborado a partir de la información disponible y se han ajustado de acuerdo a las estimaciones de los informantes calificados (agricultores, exportadores y agroindustria). En todas las especies se consideró sólo la producción comercial (no se consideran las mermas).
- Los costos de los insumos, en muchas ocasiones, por efectos del cálculo han sido aproximados a la fracción superior, eliminando los decimales resultantes en las operaciones aritméticas.
- Se ha considerado en todos los costos directos, de cada uno de los rubros, un costo por concepto de imprevistos, el que asciende a un 5% de los costos directos en que se ha incurrido.
- No se incluye el costo de inversión del riego tecnificado como tampoco el costo de operación anual.

En términos generales se han considerado los siguientes aspectos en cada patrón:

Labores e insumos:

- Mano de obra
- Maquinaria
- Tracción animal
- Insumos físicos
- Fletes y envases
- Imprevistos
- Rendimientos

Posteriormente, los estándares o patrones se valorizaron con información proveniente del Estudio de Mercado, Comercialización y Precios (capítulo 5.4), obteniendo de esta manera las fichas técnico - económicas. Éstas incluyen información sobre ingreso bruto, costos directos y margen bruto.

Los patrones se elaboraron a precios de mercado y social; para este último, se consideraron las normas impartidas por MIDEPLAN, aplicando los factores de ajuste social para cada ítem.

El objetivo del cálculo de los precios sociales de los factores básicos de producción es contar con valores que reflejen el verdadero costo para la sociedad de utilizar unidades adicionales de estos factores durante la ejecución y operación de un proyecto de inversión.

Los coeficientes determinados por MIDEPLAN, cuyo monto varía según el ítem, se detallan a continuación:

- Mano de obra No Calificada: 0,620
- Insumo importado: 1,010
- Insumo nacional: 1,000
- Maquinaria importada: 1,007
- Maquinaria nacional: 1,000
- Producto nacional: 1,000
- Producto de exportación: 1,010

Estos indicadores se encuentran vigentes desde el año 2004, los que fueron confirmados en el curso del año 2005.

Los patrones productivos y económicos se presentan en el Anexo 5.4-1 para la cuenca del Río Huasco y en el Anexo 5.4-2 para los de la cuenca del Río Mataquito.

Para poder visualizar la rentabilidad que cada cultivo tiene durante su vida útil, se han determinado la cuota anual equivalente de manera de estimar el posible comportamiento de las especies frutales como si se tratase de cultivos de tipo anual.

De esta forma, en las Tablas 5.4-24 a la 5.4-29 se presentan la determinación de las anualidades de frutales y los valores anuales correspondientes a las hortalizas.

Tabla 5.4-24  
Anualidad de Uva de Mesa Var. Thompson Seedles

AÑO	PRECIOS DE MERCADO			PRECIOS SOCIALES		
	INGRESOS	COSTOS	MARGEN BRUTO	INGRESOS	COSTOS	MARGEN BRUTO
0	0	2.580.150	-2.580.150	0	2.451.630	-2.451.630
1	0	514.615	-514.615	0	477.660	-477.660
2	0	514.615	-514.615	0	477.660	-477.660
3	2.715.000	1.244.177	1.470.824	2.741.325	1.057.122	1.684.203
4	2.715.000	1.244.177	1.470.824	2.741.325	1.057.122	1.684.203
5	6.335.000	1.870.125	4.464.875	6.396.425	1.518.638	4.877.787
6	6.335.000	1.870.125	4.464.875	6.396.425	1.518.638	4.877.787
7	9.050.000	2.658.220	6.391.780	9.137.750	2.195.944	6.941.806
8	9.050.000	2.658.220	6.391.780	9.137.750	2.195.944	6.941.806
9	9.050.000	2.658.220	6.391.780	9.137.750	2.195.944	6.941.806
10	9.050.000	2.658.220	6.391.780	9.137.750	2.195.944	6.941.806
11	9.050.000	2.658.220	6.391.780	9.137.750	2.195.944	6.941.806
12	9.050.000	2.658.220	6.391.780	9.137.750	2.195.944	6.941.806
13	9.050.000	2.658.220	6.391.780	9.137.750	2.195.944	6.941.806
14	9.050.000	2.658.220	6.391.780	9.137.750	2.195.944	6.941.806
15	9.050.000	2.658.220	6.391.780	9.137.750	2.195.944	6.941.806
VAN	48.080.701	18.315.636	29.765.065	48.546.898	15.554.728	32.992.170
ANUALIDAD	4.897.126	1.865.488	3.031.638	4.944.609	1.584.283	3.360.325

Tabla 5.4-25  
Anualidad de Uva de Mesa Var. Flame

AÑO	PRECIOS DE MERCADO			PRECIOS SOCIALES		
	INGRESOS	COSTOS	MARGEN BRUTO	INGRESOS	COSTOS	MARGEN BRUTO
0	0	2.533.210	-2.533.210	0	2.404.677	-2.404.677
1	0	499.075	-499.075	0	461.964	-461.964
2	0	499.075	-499.075	0	461.964	-461.964
3	2.386.500	1.091.094	1.295.406	2.409.540	944.170	1.465.370
4	2.386.500	1.091.094	1.295.406	2.409.540	944.170	1.465.370
5	5.568.500	1.796.507	3.771.993	5.622.260	1.454.857	4.167.403
6	5.568.500	1.796.507	3.771.993	5.622.260	1.454.857	4.167.403
7	9.943.750	2.796.476	7.147.274	10.039.750	2.295.254	7.744.496
8	9.943.750	2.796.476	7.147.274	10.039.750	2.295.254	7.744.496
9	9.943.750	2.796.476	7.147.274	10.039.750	2.295.254	7.744.496
10	9.943.750	2.796.476	7.147.274	10.039.750	2.295.254	7.744.496
11	9.943.750	2.796.476	7.147.274	10.039.750	2.295.254	7.744.496
12	9.943.750	2.796.476	7.147.274	10.039.750	2.295.254	7.744.496
13	9.943.750	2.796.476	7.147.274	10.039.750	2.295.254	7.744.496
14	9.943.750	2.796.476	7.147.274	10.039.750	2.295.254	7.744.496
15	9.943.750	2.796.476	7.147.274	10.039.750	2.295.254	7.744.496
VAN	50.092.113	18.454.705	31.637.408	50.575.718	15.614.439	34.961.279
ANUALIDAD	5.101.992	1.879.652	3.222.340	5.151.249	1.590.365	3.560.883

Tabla 5.4-26  
Anualidad de Mandarina

AÑO	PRECIOS DE MERCADO			PRECIOS SOCIALES		
	INGRESOS	COSTOS	MARGEN BRUTO	INGRESOS	COSTOS	MARGEN BRUTO
0	0	1.856.576	-1.856.576	0	1.788.251	-1.788.251
1	0	370.740	-370.740	0	357.860	-357.860
2	0	370.740	-370.740	0	357.860	-357.860
3	1.177.500	649.631	527.869	1.184.250	553.147	631.103
4	1.177.500	649.631	527.869	1.184.250	553.147	631.103
5	3.532.500	1.131.297	2.401.203	3.552.750	974.182	2.578.568
6	3.532.500	1.131.297	2.401.203	3.552.750	974.182	2.578.568
7	5.181.000	1.574.480	3.606.520	5.210.700	1.337.227	3.873.473
8	5.181.000	1.574.480	3.606.520	5.210.700	1.337.227	3.873.473
9	5.181.000	1.574.480	3.606.520	5.210.700	1.337.227	3.873.473
10	5.181.000	1.574.480	3.606.520	5.210.700	1.337.227	3.873.473
11	5.181.000	1.574.480	3.606.520	5.210.700	1.337.227	3.873.473
12	5.181.000	1.574.480	3.606.520	5.210.700	1.337.227	3.873.473
13	5.181.000	1.574.480	3.606.520	5.210.700	1.337.227	3.873.473
14	5.181.000	1.574.480	3.606.520	5.210.700	1.337.227	3.873.473
15	5.181.000	1.574.480	3.606.520	5.210.700	1.337.227	3.873.473
16	5.181.000	1.574.480	3.606.520	5.210.700	1.337.227	3.873.473
17	5.181.000	1.574.480	3.606.520	5.210.700	1.337.227	3.873.473
18	5.181.000	1.574.480	3.606.520	5.210.700	1.337.227	3.873.473
19	5.181.000	1.574.480	3.606.520	5.210.700	1.337.227	3.873.473
20	5.181.000	1.574.480	3.606.520	5.210.700	1.337.227	3.873.473
VAN	33.347.152	13.173.599	20.173.553	33.538.314	11.496.261	22.042.052
ANUALIDAD	3.396.481	1.341.760	2.054.721	3.415.951	1.170.920	2.245.032

Tabla 5.4-27  
Anualidad de Palto

AÑO	PRECIOS DE MERCADO			PRECIOS SOCIALES		
	INGRESOS	COSTOS	MARGEN BRUTO	INGRESOS	COSTOS	MARGEN BRUTO
0	0	1.649.003	-1.649.003	0	1.568.677	-1.568.677
1	0	396.222	-396.222	0	374.697	-374.697
2	0	396.222	-396.222	0	374.697	-374.697
3	0	396.222	-396.222	0	374.697	-374.697
4	1.382.000	619.278	762.722	1.391.000	558.910	832.090
5	1.382.000	619.278	762.722	1.391.000	558.910	832.090
6	2.764.000	911.290	1.852.710	2.782.000	808.916	1.973.084
7	2.764.000	911.290	1.852.710	2.782.000	808.916	1.973.084
8	2.764.000	911.290	1.852.710	2.782.000	808.916	1.973.084
9	4.837.000	1.380.631	3.456.369	4.868.500	1.222.779	3.645.721
10	4.837.000	1.380.631	3.456.369	4.868.500	1.222.779	3.645.721
11	4.837.000	1.380.631	3.456.369	4.868.500	1.222.779	3.645.721
12	4.837.000	1.380.631	3.456.369	4.868.500	1.222.779	3.645.721
13	4.837.000	1.380.631	3.456.369	4.868.500	1.222.779	3.645.721
14	4.837.000	1.380.631	3.456.369	4.868.500	1.222.779	3.645.721
15	4.837.000	1.380.631	3.456.369	4.868.500	1.222.779	3.645.721
16	4.837.000	1.380.631	3.456.369	4.868.500	1.222.779	3.645.721
17	4.837.000	1.380.631	3.456.369	4.868.500	1.222.779	3.645.721
18	4.837.000	1.380.631	3.456.369	4.868.500	1.222.779	3.645.721
19	4.837.000	1.380.631	3.456.369	4.868.500	1.222.779	3.645.721
20	4.837.000	1.380.631	3.456.369	4.868.500	1.222.779	3.645.721
21	4.837.000	1.380.631	3.456.369	4.868.500	1.222.779	3.645.721
22	4.837.000	1.380.631	3.456.369	4.868.500	1.222.779	3.645.721
23	4.837.000	1.380.631	3.456.369	4.868.500	1.222.779	3.645.721
24	4.837.000	1.380.631	3.456.369	4.868.500	1.222.779	3.645.721
25	4.837.000	1.380.631	3.456.369	4.868.500	1.222.779	3.645.721
<b>VAN ANUALIDAD</b>	<b>30.641.637</b>	<b>11.949.037</b>	<b>18.692.600</b>	<b>30.841.184</b>	<b>10.770.309</b>	<b>20.070.875</b>
	<b>2.870.471</b>	<b>1.119.371</b>	<b>1.751.100</b>	<b>2.889.164</b>	<b>1.008.949</b>	<b>1.880.215</b>

Tabla 5.4-28  
Anualidad de Olivo de Aceite

AÑO	PRECIOS DE MERCADO			PRECIOS SOCIALES		
	INGRESOS	COSTOS	MARGEN BRUTO	INGRESOS	COSTOS	MARGEN BRUTO
0	0	1.121.563	-1.121.563	0	1.020.306	-1.020.306
1	0	172.938	-172.938	0	147.888	-147.888
2	0	377.914	-377.914	0	324.481	-324.481
3	88.000	521.317	-433.317	88.000	469.044	-381.044
4	440.000	651.700	-211.700	440.000	582.330	-142.330
5	990.000	764.174	225.826	990.000	684.745	305.255
6	1.760.000	883.577	876.423	1.760.000	790.211	969.789
7	2.310.000	1.007.724	1.302.276	2.310.000	896.796	1.413.204
8	2.860.000	1.088.504	1.771.496	2.860.000	971.723	1.888.277
9	3.190.000	1.236.747	1.953.253	3.190.000	1.102.229	2.087.771
10	3.190.000	1.236.747	1.953.253	3.190.000	1.102.229	2.087.771
11	3.190.000	1.236.747	1.953.253	3.190.000	1.102.229	2.087.771
12	3.190.000	1.236.747	1.953.253	3.190.000	1.102.229	2.087.771
13	3.190.000	1.236.747	1.953.253	3.190.000	1.102.229	2.087.771
14	3.190.000	1.236.747	1.953.253	3.190.000	1.102.229	2.087.771
15	3.190.000	1.236.747	1.953.253	3.190.000	1.102.229	2.087.771
16	3.190.000	1.236.747	1.953.253	3.190.000	1.102.229	2.087.771
17	3.190.000	1.236.747	1.953.253	3.190.000	1.102.229	2.087.771
18	3.190.000	1.236.747	1.953.253	3.190.000	1.102.229	2.087.771
19	3.190.000	1.236.747	1.953.253	3.190.000	1.102.229	2.087.771
20	3.190.000	1.236.747	1.953.253	3.190.000	1.102.229	2.087.771
<b>VAN ANUALIDAD</b>	<b>18.057.290</b>	<b>9.786.943</b>	<b>8.270.347</b>	<b>18.057.290</b>	<b>8.735.793</b>	<b>9.321.498</b>
	<b>1.839.175</b>	<b>996.822</b>	<b>842.353</b>	<b>1.839.175</b>	<b>889.760</b>	<b>949.415</b>

Tabla 5.4-29  
Márgenes Brutos de Hortalizas

Rubro Productivo:	PRECIOS DE MERCADO			PRECIOS SOCIALES		
	INGRESOS	COSTOS	MARGEN BRUTO	INGRESOS	COSTOS	MARGEN BRUTO
Alcachofines	3.325.000	1.969.881	1.355.119	3.325.000	1.584.649	1.740.351
Tomate Invernadero	15.633.000	10.918.427	4.714.573	15.633.000	10.063.421	5.569.579
Pimentón Invernadero	13.072.000	8.574.853	4.497.147	13.072.000	8.027.433	5.044.567

Como se observa en la cuenca del Río Huasco las especies que presentan una mayor rentabilidad para su implantación con aguas subterráneas son tomate y pimentón de invernadero, seguidos por uva de mesa, mandarina, palto, alcachofines y, por último, olivos de aceite.

De igual forma, para las alternativas de cultivo de la cuenca del Río Mataquito se han determinado las respectivas anualidades, las cuales se presentan en las Tablas 5.4-30 a la 5.4-37.

Tabla 5.4-30  
Anualidad de Manzano

AÑO	PRECIOS DE MERCADO			PRECIOS SOCIALES		
	INGRESOS	COSTOS	MARGEN BRUTO	INGRESOS	COSTOS	MARGEN BRUTO
0	0	1.414.935	-1.414.935	0	1.296.700	-1.296.700
1	0	232.478	-232.478	0	205.603	-205.603
2	0	503.354	-503.354	0	440.565	-440.565
3	407.700	684.170	-276.470	411.291	578.888	-167.597
4	1.087.200	906.482	180.718	1.096.776	751.520	345.256
5	2.265.000	1.286.948	978.052	2.284.950	1.072.864	1.212.086
6	3.171.000	1.513.831	1.657.169	3.198.930	1.231.926	1.967.004
7	4.530.000	1.943.168	2.586.832	4.569.900	1.578.826	2.991.074
8	4.530.000	1.943.168	2.586.832	4.569.900	1.578.826	2.991.074
9	4.530.000	1.943.168	2.586.832	4.569.900	1.578.826	2.991.074
10	4.530.000	1.943.168	2.586.832	4.569.900	1.578.826	2.991.074
11	4.530.000	1.943.168	2.586.832	4.569.900	1.578.826	2.991.074
12	4.530.000	1.943.168	2.586.832	4.569.900	1.578.826	2.991.074
13	4.530.000	1.943.168	2.586.832	4.569.900	1.578.826	2.991.074
14	4.530.000	1.943.168	2.586.832	4.569.900	1.578.826	2.991.074
15	4.530.000	1.943.168	2.586.832	4.569.900	1.578.826	2.991.074
16	4.530.000	1.943.168	2.586.832	4.569.900	1.578.826	2.991.074
17	4.530.000	1.943.168	2.586.832	4.569.900	1.578.826	2.991.074
18	4.530.000	1.943.168	2.586.832	4.569.900	1.578.826	2.991.074
19	4.530.000	1.943.168	2.586.832	4.569.900	1.578.826	2.991.074
20	4.530.000	1.943.168	2.586.832	4.569.900	1.578.826	2.991.074
VAN	28.197.122	15.196.271	13.000.851	28.445.480	12.585.637	15.859.843
ANUALIDAD	2.871.939	1.547.774	1.324.165	2.897.235	1.281.875	1.615.360

Tabla 5.4-31  
Anualidad de Cerezo

AÑO	PRECIOS DE MERCADO			PRECIOS SOCIALES		
	INGRESOS	COSTOS	MARGEN BRUTO	INGRESOS	COSTOS	MARGEN BRUTO
0	0	2.414.084	-2.414.084	0	2.277.913	-2.277.913
1	0	256.805	-256.805	0	226.357	-226.357
2	0	624.995	-624.995	0	557.512	-557.512
3	1.048.000	703.670	344.330	1.055.248	573.045	482.203
4	2.620.000	1.044.232	1.575.768	2.638.120	832.783	1.805.337
5	3.668.000	1.330.426	2.337.574	3.693.368	1.055.013	2.638.355
6	4.454.000	1.580.794	2.873.206	4.484.804	1.249.292	3.235.512
7	5.240.000	1.920.599	3.319.401	5.276.240	1.530.819	3.745.421
8	6.288.000	2.245.331	4.042.669	6.331.488	1.752.173	4.579.315
9	6.288.000	2.245.331	4.042.669	6.331.488	1.752.173	4.579.315
10	6.288.000	2.245.331	4.042.669	6.331.488	1.752.173	4.579.315
11	6.288.000	2.245.331	4.042.669	6.331.488	1.752.173	4.579.315
12	6.288.000	2.245.331	4.042.669	6.331.488	1.752.173	4.579.315
13	6.288.000	2.245.331	4.042.669	6.331.488	1.752.173	4.579.315
14	6.288.000	2.245.331	4.042.669	6.331.488	1.752.173	4.579.315
15	6.288.000	2.245.331	4.042.669	6.331.488	1.752.173	4.579.315
16	6.288.000	2.245.331	4.042.669	6.331.488	1.752.173	4.579.315
17	6.288.000	2.245.331	4.042.669	6.331.488	1.752.173	4.579.315
18	6.288.000	2.245.331	4.042.669	6.331.488	1.752.173	4.579.315
19	6.288.000	2.245.331	4.042.669	6.331.488	1.752.173	4.579.315
20	6.288.000	2.245.331	4.042.669	6.331.488	1.752.173	4.579.315
VAN	40.117.215	17.891.088	22.226.127	40.394.667	14.511.644	25.883.023
ANUALIDAD	4.086.027	1.822.247	2.263.780	4.114.286	1.478.043	2.636.243

Tabla 5.4-32  
Anualidad de Olivo Aceite

AÑO	PRECIOS DE MERCADO			PRECIOS SOCIALES		
	INGRESOS	COSTOS	MARGEN BRUTO	INGRESOS	COSTOS	MARGEN BRUTO
0	0	1.121.563	-1.121.563	0	1.020.306	-1.020.306
1	0	172.938	-172.938	0	147.888	-147.888
2	0	377.914	-377.914	0	324.481	-324.481
3	88.000	521.317	-433.317	88.000	469.044	-381.044
4	440.000	651.700	-211.700	440.000	582.330	-142.330
5	990.000	764.174	225.826	990.000	684.745	305.255
6	1.760.000	883.577	876.423	1.760.000	790.211	969.789
7	2.310.000	1.007.724	1.302.276	2.310.000	896.796	1.413.204
8	2.860.000	1.088.504	1.771.496	2.860.000	971.723	1.888.277
9	3.190.000	1.236.747	1.953.253	3.190.000	1.102.229	2.087.771
10	3.190.000	1.236.747	1.953.253	3.190.000	1.102.229	2.087.771
11	3.190.000	1.236.747	1.953.253	3.190.000	1.102.229	2.087.771
12	3.190.000	1.236.747	1.953.253	3.190.000	1.102.229	2.087.771
13	3.190.000	1.236.747	1.953.253	3.190.000	1.102.229	2.087.771
14	3.190.000	1.236.747	1.953.253	3.190.000	1.102.229	2.087.771
15	3.190.000	1.236.747	1.953.253	3.190.000	1.102.229	2.087.771
16	3.190.000	1.236.747	1.953.253	3.190.000	1.102.229	2.087.771
17	3.190.000	1.236.747	1.953.253	3.190.000	1.102.229	2.087.771
18	3.190.000	1.236.747	1.953.253	3.190.000	1.102.229	2.087.771
19	3.190.000	1.236.747	1.953.253	3.190.000	1.102.229	2.087.771
20	3.190.000	1.236.747	1.953.253	3.190.000	1.102.229	2.087.771
VAN	18.057.290	9.786.943	8.270.347	18.057.290	8.735.793	9.321.498
ANUALIDAD	1.839.175	996.822	842.353	1.839.175	889.760	949.415

Tabla 5.4-33  
Anualidad de Arándano

AÑO	PRECIOS DE MERCADO			PRECIOS SOCIALES		
	INGRESOS	COSTOS	MARGEN BRUTO	INGRESOS	COSTOS	MARGEN BRUTO
0	0	4.125.990	-4.125.990	0	3.954.172	-3.954.172
1	0	255.996	-255.996	0	207.156	-207.156
2	1.269.000	1.315.945	-46.945	1.279.350	1.048.834	230.516
3	2.538.000	1.559.062	978.938	2.558.700	1.112.394	1.446.306
4	5.076.000	2.448.990	2.627.010	5.117.400	1.742.555	3.374.845
5	7.614.000	3.002.436	4.611.564	7.676.100	2.155.719	5.520.381
6	8.883.000	3.503.811	5.379.189	8.955.450	2.516.427	6.439.023
7	10.152.000	4.090.688	6.061.312	10.234.800	2.955.127	7.279.673
8	11.421.000	4.932.558	6.488.442	11.514.150	3.569.343	7.944.807
9	11.421.000	4.932.558	6.488.442	11.514.150	3.569.343	7.944.807
10	11.421.000	4.932.558	6.488.442	11.514.150	3.569.343	7.944.807
11	11.421.000	4.932.558	6.488.442	11.514.150	3.569.343	7.944.807
12	11.421.000	4.932.558	6.488.442	11.514.150	3.569.343	7.944.807
VAN	50.144.667	26.658.648	23.486.019	50.553.648	20.301.811	30.251.838
ANUALIDAD	6.653.947	3.537.470	3.116.478	6.708.217	2.693.949	4.014.268

Tabla 5.4-34  
Anualidad de Frambuesa

AÑO	PRECIOS DE MERCADO			PRECIOS SOCIALES		
	INGRESOS	COSTOS	MARGEN BRUTO	INGRESOS	COSTOS	MARGEN BRUTO
0	0	2.367.540	-2.367.540	0	2.241.868	-2.241.868
1	822.600	669.033	153.567	828.306	566.262	262.044
2	2.961.360	1.980.305	981.055	2.981.902	1.553.188	1.428.713
3	4.935.600	2.774.215	2.161.385	4.969.836	2.101.236	2.868.600
4	6.580.800	3.412.524	3.168.276	6.626.448	2.549.714	4.076.734
5	8.226.000	3.334.958	4.891.043	8.283.060	2.215.836	6.067.224
6	8.226.000	3.334.958	4.891.043	8.283.060	2.215.836	6.067.224
7	8.226.000	3.334.958	4.891.043	8.283.060	2.215.836	6.067.224
8	8.226.000	3.334.958	4.891.043	8.283.060	2.215.836	6.067.224
9	8.226.000	3.334.958	4.891.043	8.283.060	2.215.836	6.067.224
10	8.226.000	3.334.958	4.891.043	8.283.060	2.215.836	6.067.224
11	8.226.000	3.334.958	4.891.043	8.283.060	2.215.836	6.067.224
12	8.226.000	3.334.958	4.891.043	8.283.060	2.215.836	6.067.224
VAN	46.801.901	23.482.073	23.319.828	47.126.544	16.999.519	30.127.025
ANUALIDAD	6.974.863	3.499.521	3.475.342	7.023.245	2.533.430	4.489.815

Tabla 5.4-35  
Anualidad de Frutilla

AÑO	PRECIOS DE MERCADO			PRECIOS SOCIALES		
	INGRESOS	COSTOS	MARGEN BRUTO	INGRESOS	COSTOS	MARGEN BRUTO
0	0	3.101.107	-3.101.107	0	3.027.290	-3.027.290
1	5.000.000	2.250.115	2.749.885	5.000.000	1.553.080	3.446.920
2	7.000.000	3.036.713	3.963.287	7.000.000	1.577.420	5.422.580
VAN	10.631.001	7.788.038	2.842.963	10.631.001	5.817.710	4.813.292
ANUALIDAD	5.961.538	4.367.292	1.594.246	5.961.538	3.262.393	2.699.146

Tabla 5.4-36  
Anualidad de Vid Vinífera Carmenere

AÑO	PRECIOS DE MERCADO			PRECIOS SOCIALES		
	INGRESOS	COSTOS	MARGEN BRUTO	INGRESOS	COSTOS	MARGEN BRUTO
0	0	1.917.195	-1.917.195	0	1.764.866	-1.764.866
1	0	200.130	-200.130	0	175.250	-175.250
2	0	455.821	-455.821	0	389.060	-389.060
3	1.040.000	468.216	571.784	1.040.000	394.984	645.016
4	2.080.000	678.936	1.401.064	2.080.000	574.041	1.505.959
5	3.120.000	912.815	2.207.185	3.120.000	775.359	2.344.641
6	3.120.000	912.815	2.207.185	3.120.000	775.359	2.344.641
7	3.120.000	912.815	2.207.185	3.120.000	775.359	2.344.641
8	3.120.000	912.815	2.207.185	3.120.000	775.359	2.344.641
9	3.120.000	912.815	2.207.185	3.120.000	775.359	2.344.641
10	3.120.000	912.815	2.207.185	3.120.000	775.359	2.344.641
11	3.120.000	912.815	2.207.185	3.120.000	775.359	2.344.641
12	3.120.000	912.815	2.207.185	3.120.000	775.359	2.344.641
13	3.120.000	912.815	2.207.185	3.120.000	775.359	2.344.641
14	3.120.000	912.815	2.207.185	3.120.000	775.359	2.344.641
15	3.120.000	912.815	2.207.185	3.120.000	775.359	2.344.641
16	3.120.000	912.815	2.207.185	3.120.000	775.359	2.344.641
17	3.120.000	912.815	2.207.185	3.120.000	775.359	2.344.641
18	3.120.000	912.815	2.207.185	3.120.000	775.359	2.344.641
19	3.120.000	912.815	2.207.185	3.120.000	775.359	2.344.641
20	3.120.000	912.815	2.207.185	3.120.000	775.359	2.344.641
<b>VAN</b>	<b>22.653.232</b>	<b>9.302.807</b>	<b>13.350.425</b>	<b>22.653.232</b>	<b>8.040.684</b>	<b>14.612.548</b>
<b>ANUALIDAD</b>	<b>2.307.282</b>	<b>947.511</b>	<b>1.359.770</b>	<b>2.307.282</b>	<b>818.961</b>	<b>1.488.320</b>

Tabla 5.4-37  
Anualidad de Vid Vinífera Merlot y Caberner Sauvignon

AÑO	PRECIOS DE MERCADO			PRECIOS SOCIALES		
	INGRESOS	COSTOS	MARGEN BRUTO	INGRESOS	COSTOS	MARGEN BRUTO
0	0	1.827.289	-1.827.289	0	1.670.969	-1.670.969
1	0	200.130	-200.130	0	175.250	-175.250
2	0	385.268	-385.268	0	328.139	-328.139
3	880.000	450.891	429.109	880.000	383.203	496.797
4	1.980.000	676.626	1.303.374	1.980.000	573.432	1.406.568
5	2.750.000	914.285	1.835.715	2.750.000	776.840	1.973.160
6	2.750.000	914.285	1.835.715	2.750.000	776.840	1.973.160
7	2.750.000	914.285	1.835.715	2.750.000	776.840	1.973.160
8	2.750.000	914.285	1.835.715	2.750.000	776.840	1.973.160
9	2.750.000	914.285	1.835.715	2.750.000	776.840	1.973.160
10	2.750.000	914.285	1.835.715	2.750.000	776.840	1.973.160
11	2.750.000	914.285	1.835.715	2.750.000	776.840	1.973.160
12	2.750.000	914.285	1.835.715	2.750.000	776.840	1.973.160
13	2.750.000	914.285	1.835.715	2.750.000	776.840	1.973.160
14	2.750.000	914.285	1.835.715	2.750.000	776.840	1.973.160
15	2.750.000	914.285	1.835.715	2.750.000	776.840	1.973.160
16	2.750.000	914.285	1.835.715	2.750.000	776.840	1.973.160
17	2.750.000	914.285	1.835.715	2.750.000	776.840	1.973.160
18	2.750.000	914.285	1.835.715	2.750.000	776.840	1.973.160
19	2.750.000	914.285	1.835.715	2.750.000	776.840	1.973.160
20	2.750.000	914.285	1.835.715	2.750.000	776.840	1.973.160
<b>VAN</b>	<b>20.045.488</b>	<b>9.146.526</b>	<b>10.898.962</b>	<b>20.045.488</b>	<b>7.894.387</b>	<b>12.151.101</b>
<b>ANUALIDAD</b>	<b>2.041.677</b>	<b>931.594</b>	<b>1.110.083</b>	<b>2.041.677</b>	<b>804.061</b>	<b>1.237.616</b>

Como se observa en la cuenca del Río Mataquito las especies que presentan una mayor rentabilidad para su implantación con aguas subterráneas son frambuesa y arándano, seguidos por cerezo, frutilla, manzano, vides viníferas y, por último, al igual que en Huasco, el olivo de aceite.

## 5.4.5 Escenario Futuro para Demandas de Agua

Considerando las alternativas de cultivo a ser implementados con uso de aguas subterráneas en reemplazo de aquellas superficiales con problemas de calidad o en áreas con déficit o inexistencia de recursos hídricos, se ha procedido a estimar las demandas unitarias de agua de riego (por hectárea) para cada cultivo propuesto, de acuerdo a la región, cuenca y comuna asignada.

### 5.4.5.1 Cuenca Río Huasco

#### a) Evapotranspiración Potencial

El valor de la Evapotranspiración Potencial (ET<sub>o</sub>) se ha obtenido de los antecedentes incluidos en el estudio denominado "Cálculo y Cartografía de la Evapotranspiración Potencial en Chile" elaborado por Ciren-Corfo y la Comisión Nacional de Riego, 1997. Los valores de Evapotranspiración Potencial se expresan mensualmente en mm/mes por comuna en las Tablas 5.4-38 a la 5.4-41.

Tabla 5.4-38  
Evapotranspiración Potencial (mm/mes)  
Comuna de Alto del Carmen

	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
ET <sub>o</sub> (mm/mes)	83,9	61,4	67,5	94,1	125,1	173,0	205,7	247,5	244,8	202,3	174,6	120,1

Tabla 5.4-39  
Evapotranspiración Potencial (mm/mes)  
Comuna de Vallenar

	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
ET <sub>o</sub> (mm/mes)	72,0	52,7	57,9	80,8	107,3	148,4	176,5	212,4	210,1	173,6	149,8	103,0

Tabla 5.4-40  
Evapotranspiración Potencial (mm/mes)  
Comuna de Freirina

	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
ET <sub>o</sub> (mm/mes)	56,3	42,1	45,2	61,4	82,0	114,4	138,8	173,7	180,8	146,7	122,1	81,0

Tabla 5.4-41  
Evapotranspiración Potencial (mm/mes)  
Comuna de Huasco

	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
ET <sub>o</sub> (mm/mes)	54,2	40,6	43,6	59,2	79,1	110,3	133,8	167,5	174,4	141,5	117,7	78,1

Paralelamente, se han determinado para cada cultivo por mes los Coeficientes de Cultivo (kc). Estos, tanto en montos como en el procedimiento de obtención, se basaron en el FAO Irrigation and Drainage Paper 56, denominado "Crop Evapotranspiration Guidelines for computing crop water requirements" (R. Allen, L. Pereira, D. Raes y M. Smith) (ver Tabla 5.4-42).

Tabla 5.4-42  
Coeficientes de Cultivo Kc

Cultivos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
Parronal Uva de Mesa				0,30	0,48	0,65	0,85	0,85	0,75	0,65	0,45	
Mandarina	0,65	0,65	0,65	0,65	0,64	0,64	0,62	0,60	0,60	0,62	0,64	0,65
Palto	0,75	0,75	0,60	0,60	0,60	0,65	0,75	0,85	0,85	0,85	0,82	0,78
Olivo	0,405	0,405	0,405	0,405	0,405	0,405	0,435	0,435	0,435	0,435	0,435	0,405
Alcachofines	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,94	0,95	0,90	0,90	0,15	0,45	0,90
Tomate Invernadero	0,92	1,15	1,15	0,98	0,80							0,68
Pimentón Invernadero	0,50	0,78	1,05	1,00	0,90							

Luego, mediante la multiplicación de la Evapotranspiración Potencial por los Coeficientes de Cultivo se determinó para cada sector la Evapotranspiración Real (ETr) mensual para cada cultivo asignado.

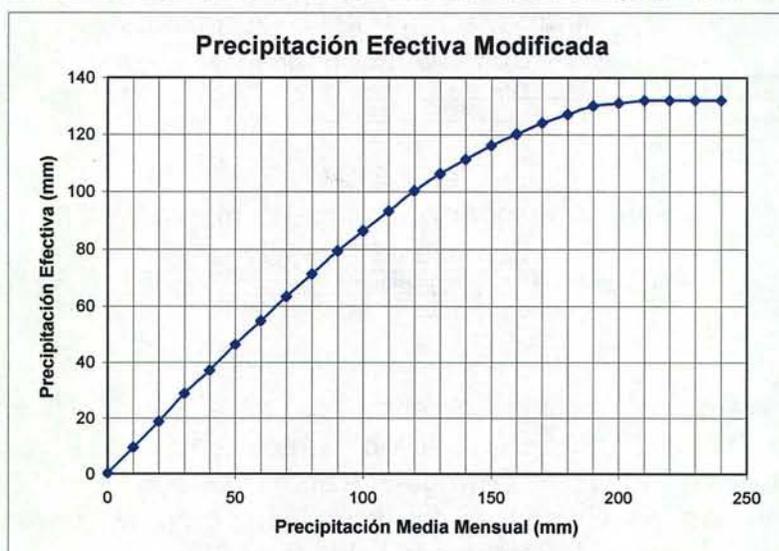
b) Demanda Neta de Agua de Riego

Para determinar la demanda neta de agua de riego, es necesario en primer lugar conocer la precipitación efectiva (ppf) ocurrida en el área en estudio.

Al respecto para el cálculo en la precipitación efectiva (ppf) se ha utilizado la metodología de Blanney y Criddle modificada por Horacio Merlet y Fernando Santibáñez en el año 1986, la cual representa adecuadamente la zona de estudio. Esta metodología relaciona la precipitación efectiva con la media mensual a través de una curva.

En la Figura 5.4-22 se presenta la curva de Blanney y Criddle, modificada por Merlet y Santibáñez, 1986.

Figura 5.4-22  
Relación Precipitación Media Mensual v/s Precipitación Efectiva



La precipitación efectiva para cada una de las comunas en estudio se presentan en las Tablas 5.4-43 a la 5.4-46.

Tabla 5.4-43  
Precipitación Efectiva (mm/mes)  
Comuna de Alto del Carmen

	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
ppf (mm/mes)	20,1	4,7	19,0									

Tabla 5.4-44  
Precipitación Efectiva (mm/mes)  
Comuna de Vallenar

	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
ppf (mm/mes)	3,6	10,1	2,9	1,6							

Tabla 5.4-45  
Precipitación Efectiva (mm/mes)  
Comuna de Freirina

	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
ppf (mm/mes)	0,6	6,2	2,8									

Tabla 5.4-46  
Precipitación Efectiva (mm/mes)  
Comuna de Huasco

	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
ppf (mm/mes)	0,6	6,2	2,8									

Una vez conocida la precipitación efectiva, se restó a la Evapotranspiración Real (ET<sub>r</sub>) obtenida en el punto anterior. De esta forma, se determinaron las demandas unitarias netas mensuales para cada cultivo y sector.

c) Eficiencias de Riego y Tasas de Riego

Debido al elevado consto de las aguas subterráneas se ha considerado que la totalidad de los cultivos sean regados con riego tecnificado. De esta forma y considerando los coeficientes contenidos en la Ley No. 18.450, se ha utilizado una eficiencia de 90% para la totalidad de los cultivos propuestos.

Establecidas las eficiencias de riego para cada cultivo, se procedió a ajustar las demandas netas para determinar finalmente las tasas de riego, correspondientes al cuociente entre la Evapotranspiración Real (ET<sub>r</sub>) y las eficiencias de riego de cada cultivo asignado.

d) Demandas Brutas de Riego

Se han determinado las demandas brutas unitarias (por hectaréa) para cada cultivo propuesto de acuerdo a la comuna en que se ha asignado (ver Tablas 5.4-47 a la 5.4-50).

Tabla 5.4-47  
Demandas Brutas Unitarias (m<sup>3</sup>/ha)  
Comuna de Alto del Carmen

Cultivos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total
Parronal Uva de Mesa				314	667	1.249	1.943	2.338	2.040	1.461	873		10.885,00

Tabla 5.4-48  
Demandas Brutas Unitarias (m<sup>3</sup>/ha)  
Comuna de Vallenar

Cultivos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total
Parronal Uva de Mesa				252	572	1.072	1.667	2.006	1.751	1.254	749		9.323,00
Mandarina	480	268	386	566	763	1.055	1.216	1.416	1.401	1.196	1.065	744	10.556,00
Palto	560	327	354	521	715	1.072	1.471	2.006	1.984	1.640	1.365	893	12.908,00
Olivo	284	125	228	346	483	668	853	1.027	1.015	839	724	464	7.056,00
Alcachofines	720	444	579	835	1.133	1.550	1.863	2.124	2.101	289	749	1.030	13.417,00
Tomate Invernadero	786	1.259	1.864	1.904	1.888							778	8.479,00
Pimentón Invernadero	409	818	1.699	1.943	2.124								6.993,00

Tabla 5.4-49  
Demandas Brutas Unitarias (m<sup>3</sup>/ha)  
Comuna de Freirina

Cultivos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total
Mandarina	400	235	295	443	583	814	956	1.158	1.205	1.011	868	585	8.553,00
Palto	463	282	270	409	547	826	1.157	1.641	1.708	1.386	1.112	702	10.503,00
Olivo	247	121	172	276	369	515	671	840	874	709	590	365	5.749,00
Alcachofines	588	376	446	648	866	1.195	1.465	1.737	1.808	245	611	810	10.795,00

Tabla 5.4-50  
Demandas Brutas Unitarias (m<sup>3</sup>/ha)  
Comuna de Huasco

Cultivos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total
Mandarina	385	224	284	428	562	784	922	1.117	1.163	975	837	564	8.245,00
Palto	445	269	260	395	527	797	1.115	1.582	1.647	1.336	1.072	677	10.122,00
Olivo	237	114	165	266	356	496	647	810	843	684	569	351	5.538,00
Alcachofines	565	360	429	625	835	1.152	1.412	1.675	1.744	236	589	781	10.403,00

#### 5.4.5.2 Cuenca Río Mataquito

##### a) Evapotranspiración Potencial

El valor de la Evapotranspiración Potencial (ET<sub>o</sub>) se ha obtenido de los antecedentes incluidos en el estudio denominado "Cálculo y Cartografía de la Evapotranspiración Potencial en Chile" elaborado por Ciren-Corfo y la Comisión Nacional de Riego, 1997. Los valores de Evapotranspiración Potencial se expresan mensualmente en mm/mes por comuna en las Tablas 5.4-51 a la 5.4-59.

Tabla 5.4-51  
Evapotranspiración Potencial (mm/mes)  
Comuna de Teno

	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
ETO (mm/mes)	49,6	36,3	39,9	55,7	74,0	102,3	121,7	146,4	144,8	119,7	103,3	71,0

Tabla 5.4-52  
Evapotranspiración Potencial (mm/mes)  
Comuna de Romeral

	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
ETO (mm/mes)	47,8	35,0	38,4	53,6	71,2	98,5	117,2	140,9	139,4	115,2	99,4	68,4

Tabla 5.4-53  
Evapotranspiración Potencial (mm/mes)  
Comuna de Curicó

	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
ETO (mm/mes)	47,6	34,9	38,3	53,5	71,1	98,3	116,9	140,6	139,0	114,8	99,2	68,2

Tabla 5.4-54  
Evapotranspiración Potencial (mm/mes)  
Comuna de Molina

	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
ETO (mm/mes)	47,8	35,0	38,4	53,6	71,2	98,5	117,2	140,9	139,4	115,2	99,4	68,4

Tabla 5.4-55  
Evapotranspiración Potencial (mm/mes)  
Comuna de Rauco

	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
ETO (mm/mes)	53,6	39,2	43,1	60,1	79,9	110,5	131,4	158,1	156,5	129,3	111,6	76,7

Tabla 5.4-56  
Evapotranspiración Potencial (mm/mes)  
Comuna de Sagrada Familia

	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
ETO (mm/mes)	51,3	37,5	41,3	57,5	76,5	105,7	125,7	151,3	149,5	123,6	106,7	73,4

Tabla 5.4-57  
Evapotranspiración Potencial (mm/mes)  
Comuna de Hualañé

	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
ETO (mm/mes)	50,9	37,4	40,9	56,8	75,5	104,6	125,0	151,7	152,1	125,2	107,0	72,9

Tabla 5.4-58  
Evapotranspiración Potencial (mm/mes)  
Comuna de Curepto

	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
ETO (mm/mes)	47,5	35,5	38,1	51,8	69,2	96,5	117,1	146,6	152,5	123,8	103,0	68,4

Tabla 5.4-59  
Evapotranspiración Potencial (mm/mes)  
Comuna de Licantén

	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
ETO (mm/mes)	45,2	33,8	36,3	49,3	65,9	91,9	111,5	139,6	145,4	117,9	98,1	65,1

Paralelamente, se han determinado para cada cultivo por mes los Coeficientes de Cultivo (kc). Estos, tanto en montos como en el procedimiento de obtención, se basaron en el FAO Irrigation and Drainage Paper 56, denominado "Crop Evapotranspiration Guidelines for computing crop water requirements" (R. Allen, L. Pereira, D. Raes y M. Smith) (ver Tabla 5.4-60).

Tabla 5.4-60  
Coeficientes de Cultivo Kc

Cultivos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
Manzano						0,48	0,68	0,88	1,08	1,08	0,96	0,83
Cerezo						0,48	0,66	0,84	1,03	1,03	0,78	
Olivo					0,55	0,65	0,75	0,90	0,90	0,80	0,75	0,65
Arándano						0,30	0,68	1,05	1,05	1,05	0,78	0,50
Frambuesa					0,30	0,55	0,80	1,05	1,05	0,78	0,50	
Frutilla						0,40	0,63	0,85	0,85	0,80	0,75	
Vid Vinífera					0,30	0,55	0,80	1,05	1,05	0,95	0,85	

Luego, mediante la multiplicación de la Evapotranspiración Potencial por los Coeficientes de Cultivo se determinó para cada sector la Evapotranspiración Real (ETr) mensual para cada cultivo asignado.

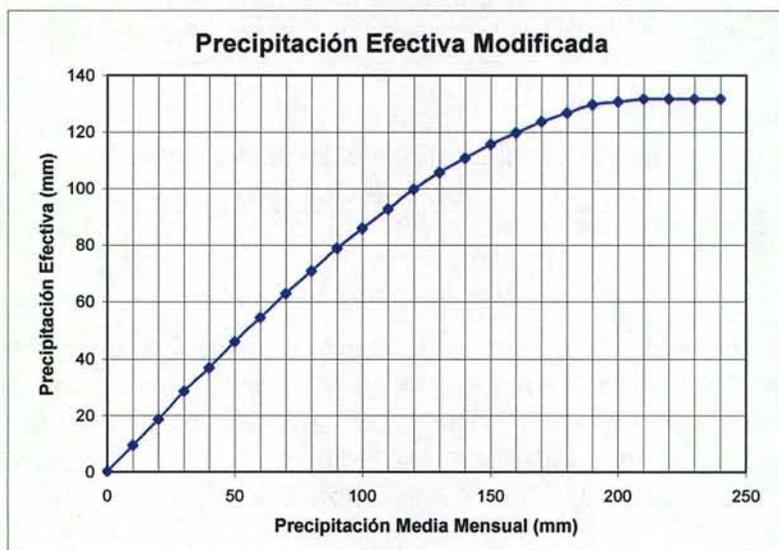
b) Demanda Neta de Agua de Riego

Para determinar la demanda neta de agua de riego, es necesario en primer lugar conocer la precipitación efectiva (ppf) ocurrida en el área en estudio.

Al respecto para el cálculo en la precipitación efectiva (ppf) se ha utilizado la metodología de Blanney y Criddle modificada por Horacio Merlet y Fernando Santibáñez en el año 1986, la cual representa adecuadamente la zona de estudio. Esta metodología relaciona la precipitación efectiva con la media mensual a través de una curva.

En la Figura 5.4-23 se presenta la curva de Blanney y Criddle, modificada por Merlet y Santibáñez, 1986.

Figura 5.4-23  
Relación Precipitación Media Mensual v/s Precipitación Efectiva



La precipitación efectiva para cada una de las comunas en estudio se presentan en las Tablas 5.4-61 a la 5.4-69.

Tabla 5.4-61  
Precipitación Efectiva (mm/mes)  
Comuna de Teno

	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
ppf (mm/mes)	106,4	119,1	105,6	91,4	40,1	23,0	11,7	7,5	4,6	6,0	10,7	31,6

Tabla 5.4-62  
Precipitación Efectiva (mm/mes)  
Comuna de Romeral

	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
ppf (mm/mes)	106,4	119,1	105,6	91,4	40,1	23,0	11,7	7,5	4,6	6,0	10,7	31,6

Tabla 5.4-63  
Precipitación Efectiva (mm/mes)  
Comuna de Curicó

	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
ppf (mm/mes)	122,8	131,3	122,1	109,5	52,1	30,3	17,1	11,4	8,0	9,4	16,1	42,3

Tabla 5.4-64  
Precipitación Efectiva (mm/mes)  
Comuna de Molina

	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
ppf (mm/mes)	122,8	131,3	122,1	109,5	52,1	30,3	17,1	11,4	8,0	9,4	16,1	42,3

Tabla 5.4-65  
Precipitación Efectiva (mm/mes)  
Comuna de Rauco

	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
ppf (mm/mes)	106,4	119,1	105,6	91,4	40,1	23,0	11,7	7,5	4,6	6,0	10,7	31,6

Tabla 5.4-66  
Precipitación Efectiva (mm/mes)  
Comuna de Sagrada Familia

	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
ppf (mm/mes)	109,5	121,6	108,7	94,7	43,7	25,3	13,6	8,9	6,0	7,2	12,8	34,6

Tabla 5.4-67  
Precipitación Efectiva (mm/mes)  
Comuna de Hualañé

	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
ppf (mm/mes)	104,8	118,3	104,3	90,3	37,5	21,0	9,9	5,7	3,5	5,0	8,9	29,6

Tabla 5.4-68  
Precipitación Efectiva (mm/mes)  
Comuna de Curepto

	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
ppf (mm/mes)	105,1	118,6	104,6	90,3	38,4	21,5	10,8	6,1	4,0	5,5	9,8	30,5

Tabla 5.4-69  
Precipitación Efectiva (mm/mes)  
Comuna de Licantén

	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
ppf (mm/mes)	105,1	118,6	104,6	90,3	38,4	21,5	10,8	6,1	4,0	5,5	9,8	30,5

Una vez conocida la precipitación efectiva, se restó a la Evapotranspiración Real (ET<sub>r</sub>) obtenida en el punto anterior. De esta forma, se determinaron las demandas unitarias netas mensuales para cada cultivo y sector.

c) Eficiencias de Riego y Tasas de Riego

Al igual que para la cuenca del río Huasco, se ha utilizado una eficiencia de 90% para la totalidad de los cultivos propuestos.

Establecidas las eficiencias de riego para cada cultivo, se procedió a ajustar las demandas netas para determinar finalmente las tasas de riego, correspondientes al cociente entre la Evapotranspiración Real (ET<sub>r</sub>) y las eficiencias de riego de cada cultivo asignado.

d) Demandas Brutas de Riego

Se han determinado las demandas brutas unitarias (por hectárea) para cada cultivo propuesto de acuerdo a la comuna en que se ha asignado (ver Tablas 5.4-70 a la 5.4-78).

Tabla 5.4-70  
Demandas Brutas Unitarias (m<sup>3</sup>/ha)  
Comuna de Teno

Cultivos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total
Manzano						290	790	1.348	1.686	1.370	983	304	6.771,00
Cerezo						290	762	1.283	1.606	1.303	776		6.020,00
Arándano						65	790	1.625	1.638	1.330	776	43	6.287,00
Frambuesa						370	952	1.625	1.638	971	455		6.011,00
Frutilla						199	722	1.299	1.316	997	742		5.275,00

Tabla 5.4-71  
Demandas Brutas Unitarias (m<sup>3</sup>/ha)  
Comuna de Romeral

Cultivos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total
Manzano						270	756	1.294	1.622	1.316	941	280	6.479,00
Cerezo						270	729	1.232	1.544	1.252	743		5.770,00
Arándano						73	756	1.561	1.575	1.277	743	29	6.014,00
Frambuesa						346	912	1.561	1.575	932	433		5.759,00
Frutilla						182	690	1.247	1.265	957	709		5.050,00

Tabla 5.4-72  
Demandas Brutas Unitarias (m<sup>3</sup>/ha)  
Comuna de Curicó

Cultivos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total
Manzano						188	693	1.248	1.579	1.273	879	159	6.019,00
Cerezo						188	667	1.186	1.502	1.209	681		5.433,00
Olivo						373	784	1.279	1.301	916	648	23	5.324,00
Arándano							693	1.514	1.533	1.235	681		5.656,00
Frambuesa						264	849	1.514	1.533	890	372		5.422,00
Vid Viniífera						264	849	1.514	1.533	1.107	758		6.025,00

Tabla 5.4-73  
Demandas Brutas Unitarias (m3/ha)  
Comuna de Molina

Cultivos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total
Cerezo						189	869	1.188	1.506	1.214		683	5.449,00
Arándano							696	1.517	1.537	1.240	683		5.673,00
Frambuesa						265	852	1.517	1.537	894	373		5.438,00
Frutilla						101	630	1.204	1.228	920	649		4.732,00
Vid Vinífera						265	852	1.517	1.537	1.112	760		6.043,00

Tabla 5.4-74  
Demandas Brutas Unitarias (m3/ha)  
Comuna de Rauco

Cultivos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total
Cerezo						334	834	1.392	1.740	1.413	848		6.561,00
Olivo					43	543	965	1.498	1.514	1.083	811	203	6.660,00
Frambuesa						420	1.038	1.761	1.775	1.054	501		6.549,00
Vid Vinífera						420	1.038	1.761	1.775	1.298	935		7.227,00

Tabla 5.4-75  
Demandas Brutas Unitarias (m3/ha)  
Comuna de Sagrada Familia

Cultivos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total
Cerezo						283	771	1.313	1.644	1.335	783		6.129,00
Olivo						482	896	1.414	1.428	1.019	747	146	6.132,00
Frambuesa						365	966	1.666	1.678	991	451		6.117,00
Vid Vinífera						365	966	1.666	1.678	1.225	866		6.766,00

Tabla 5.4-76  
Demandas Brutas Unitarias (m3/ha)  
Comuna de Hualañé

Cultivos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total
Cerezo						325	807	1.353	1.702	1.377	828		6.392,00
Olivo					45	522	932	1.454	1.462	1.057	793	198	6.483,00
Frambuesa						406	1.001	1.707	1.736	1.030	496		6.376,00
Vid Vinífera						406	1.001	1.707	1.736	1.266	912		7.028,00

Tabla 5.4-77  
Demandas Brutas Unitarias (m3/ha)  
Comuna de Curepto

Cultivos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total
Olivo						458	856	1.398	1.481	1.039	749	155	6.136,00
Frutilla						190	700	1.317	1.396	1.039	749		5.391,00

Tabla 5.4-78  
Demandas Brutas Unitarias (m3/ha)  
Comuna de Licantén

Cultivos	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total
Olivo						425	809	1.328	1.410	987	709	131	5.799,00
Frutilla						170	661	1.251	1.329	987	709		5.107,00

#### 5.4.6 Potencialidad Agrícola de los Valles

En la cuenca del Río Huasco, de acuerdo a la ubicación espacial se dan tres potencialidades de uso de aguas subterráneas:

- La primera corresponde al área costera, en donde debido a la calidad actual de sus suelos y el clima imperante, se debe continuar el trabajo con olivos, pero en vez de ser destinados al consumo de mesa, deben ser orientados a la producción de aceite. En aquellos suelos de mayor potencial se pueden cultivar rubros tan rentables como las mandarinas y paltos.
- En el área intermedia, correspondiente básicamente a alrededores de Vallenar, y al poniente del embalse de Santa Juana, además del cultivo de cítricos, paltos y olivos, se puede pensar en la introducción de hortalizas de consumo fresco bajo invernadero y hortalizas con destino agroindustrial. De esta forma en estado fresco se puede cultivar bajo invernadero tomates y pimentones que poseen en forma de primores una alta rentabilidad y alcachofines para uso agroindustrial.
- En los valles precordilleranos de El Tránsito y San Félix el principal cultivo a considerar es la uva de mesa, la cual tiene ventajas comparativas en esta zona debido al clima y al uso de laderas para su mejor exposición.

Con respecto a la cuenca del Río Mataquito, esta zona se debe separar básicamente por clima.

- En la zona de Romeral y Teno (área nor-oriente) es adecuada la intensificación con berries, manzanos y cerezos que poseen una adecuada rentabilidad por hectárea.
- En la zona de Curicó, se da una amplia gama de especies, entre las que se recomiendan vides viníferas, cerezos, manzanos y berries.
- En Molina (sector sur-oriente) el principal rubro a explotar está dado por la vid vinífera, además de algunos berries y cerezos.
- En la zona intermedia, constituida por Sagrada Familia, Rauco y Hualañé, además de considerar en cultivo de vides viníferas, se debe pensar en la introducción de frambuesa y olivos para la producción de aceite.
- En el área costera, específicamente Licantén y Curepto, se plantea el cultivo de frutillas y olivos.

Se puede concluir que en la mayoría de los rubros productivos propuestos existe una relación directa entre el estrato de tamaño y la tecnología y rendimientos a obtener, situación que está relacionada a la capacidad empresarial, a la capacidad

de endeudamiento, al capital de explotación y al nivel tecnológico a aplicar en cada cultivo.

De esta forma, es necesario indicar que cultivos altamente exigentes en tecnología deben ser preferentemente implementados por explotaciones de mayor tamaño. Tal es el caso de especies como arándano, manzano, cerezo, mandarina, palto, vid vinífera y uva de mesa.

En el caso del resto de especies propuestas, como lo son las hortalizas, olivos, frutilla y frambuesa, si bien predios grandes también las pueden cultivar, es factible su introducción en propiedades de menor tamaño, en donde el uso de mano de obra familiar es una ventaja comparativa en relación a los predios más grandes.

Finalmente, se debe señalar que ambas regiones cuentan con una adecuada infraestructura productiva y comercial que permitiría intensificar la estructura productiva en base a los cultivos propuestos en este proyecto.

## 6 CALIDAD DE AGUAS

### 6.1 DISCUSIÓN DEL ESTUDIO ANTERIOR SOBRE CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL (CNR-GEOTÉCNICA, 2003)

En un anterior trabajo realizado para la CNR por Geotécnica (2003), se efectuó una interpretación de la calidad de las aguas superficiales en ambas cuencas. Los análisis consistieron en la determinación de los parámetros de la norma Nch 1333 de agua para riego más algunos parámetros (10), que en esa fecha correspondían a la proposición de Norma de la Calidad Secundaria para Aguas Superficiales Continentales. Dichos parámetros fueron los siguientes: **DQO, OD, Detergentes, DBO<sub>5</sub>, Aceites y Grasas, Nitrógeno y Fósforo Total, Poder Espumógeno, Sólidos Suspendidos Totales e Índice Fenol. Además de lo anterior, se analizó la presencia de dos herbicidas (Simazina y MCPA).** Los muestreos se dividieron en dos fases: un primer barrido a modo de muestreo exploratorio y luego muestreos de seguimiento.

Durante los meses que se llevó a cabo el Estudio "Diagnóstico y Análisis de la Calidad del Agua de Riego en Huasco y Mataquito", se realizaron tres y cuatro muestreos, respectivamente, en cada cuenca. El estudio, en su fase exploratoria – correspondiente al primer muestreo - dispuso de un gran número de puntos de toma de muestras, lo que permitió una buena aproximación sobre el estado actual del recurso hídrico. Posteriormente, el seguimiento de las variaciones anuales se llevó a cabo en un número menor de sitios de muestreo, que se seleccionaron de acuerdo con criterios preestablecidos.

En el valle del Huasco, la primera campaña de toma de muestras de agua, comprendió 20 puntos, conservándose 10 de los mismos para las siguientes campañas. Los resultados de los análisis indican que existen algunos parámetros que sobrepasan la norma N.Ch. 1.333. Estos serían Aluminio, Cloruros, Coliformes Fecales, Manganeso, Conductividad Eléctrica, Sólidos Disueltos Totales (SDT), Sodio Porcentual y Sulfato.

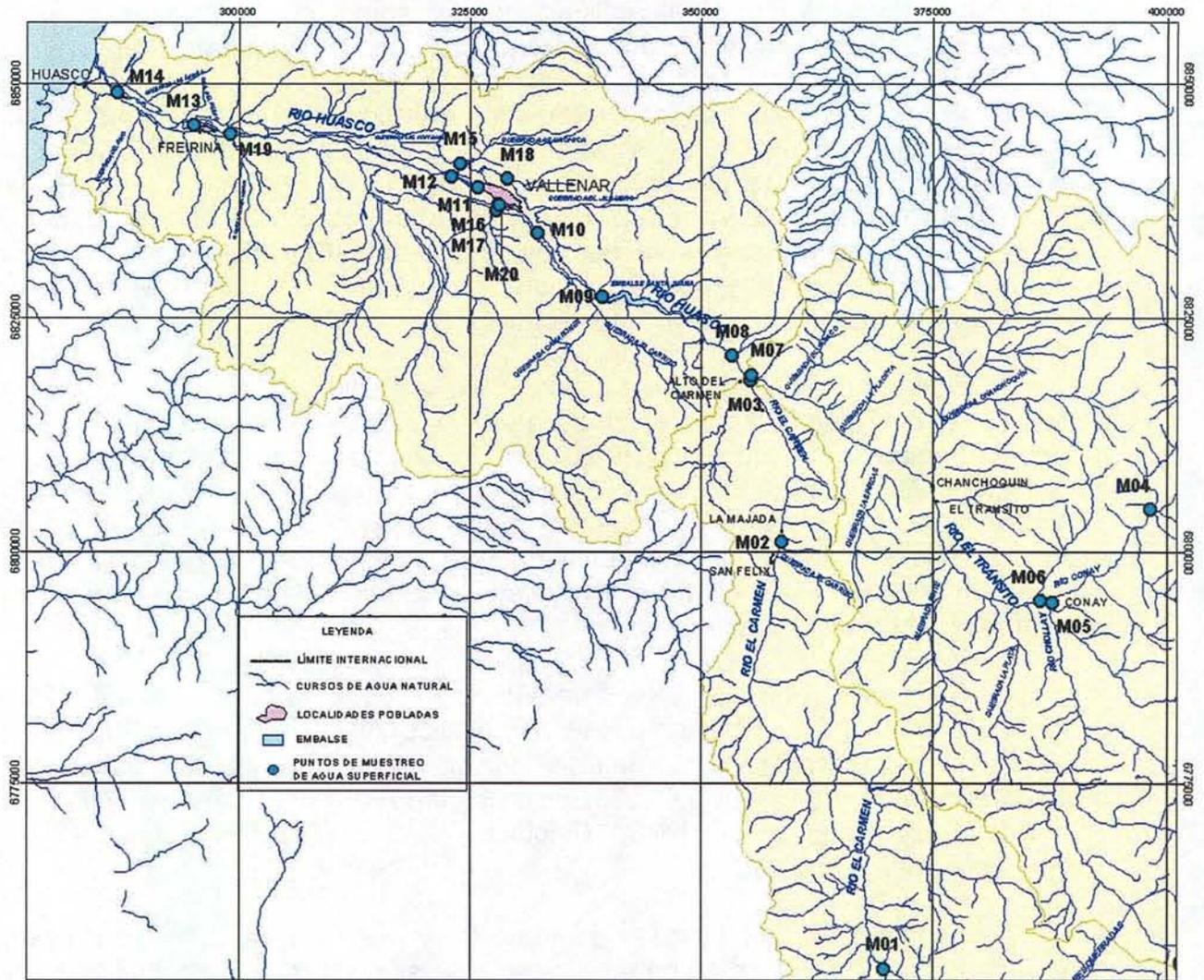
En la cuenca de Mataquito, la primera campaña abarcó 24 sitios de toma de muestras, manteniéndose 16 para las campañas siguientes. Los resultados de los análisis de laboratorio señalan que los parámetros que exceden la Norma son pH y Coliformes Fecales.

Por otro lado, en esa cuenca se realizaron análisis de suelos. Los resultados obtenidos reiterarían contaminación por Coliformes fecales, en la estrata superior de suelo.

La presencia de Herbicidas (Simazina y MCPA) se detectó en pequeña cantidad y sólo en algunos puntos de las cuencas (M3, M7, M14 Y M19 para Huasco, y M4, M12, M21 y M23 para Mataquito).

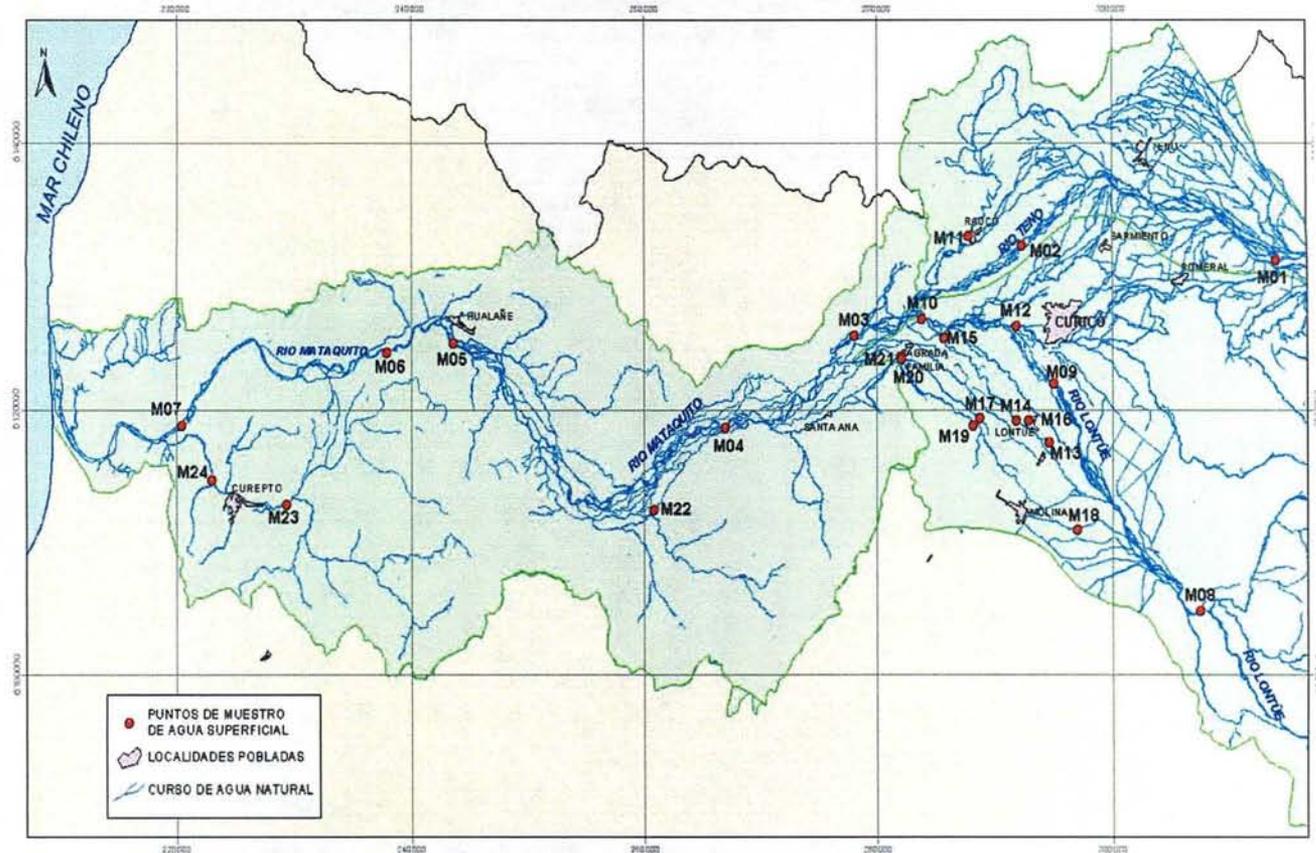
En las Figuras 6.1-1 y 6.1-2 se muestran los puntos de muestreo de ambas cuencas.

Figura 6.1-1  
Puntos de Muestreo Cuenca del Huasco



Fuente: Estudio Arcadis-Geotécnica, 2003

Figura 6.1-2  
Puntos de Muestreo Cuenca del Mataquito



Fuente: Estudio Arcadis-Geotécnica, 2003

A continuación, en las Tablas 6.1-1 y 6.1-2 se entrega información más específica que complementa la señalada en las figuras previas sobre la ubicación de los puntos en que se muestrearon las aguas superficiales en el estudio ARCADIS.

Tabla 6.1-1  
Cuenca del Huasco. Puntos de Muestreo Estudio Arcadis

Código	Campaña Exploratoria	Campañas de Seguimiento	Localización y Criterios
<b>Cuenca del Río Carmen</b>			
M1	CARM-1	CARM-1	Río Carmen después de la confluencia de Potrerillos
M2	CARM-2		Río Carmen en puente La Majada
M3	CARM-3		Río Carmen en Ramadillos, antes de la junta con El Tránsito
<b>Cuenca del Río Tránsito</b>			
M4	TRAN-1	TRAN-1	Río Conay sector Valeriano después de la junta (hasta donde hay camino)
M5	TRAN-2	TRAN-2	Río Collay, antes de la junta con el Conay
M6	TRAN-3		Río Tránsito, sector de Angostura, Estación Fluviométrica de la DGA N° 26
M7	TRAN-4	TRAN-4	Río Tránsito en puente Ramadilla antes de la junta con El Carmen
<b>Cuenca del Río Huasco</b>			
M8	HUAS-1	HUAS-1	Río Huasco después de la junta del Carmen con El Tránsito (puente Algodón)
M9	HUAS-2		Río Huasco después del Embalse Santa Juana
M10	HUAS-3		Río Huasco sector Imperial Sur
M11	HUAS-4		Río Huasco Puente Ruta 5
M12	HUAS-5	HUAS-5	Río Huasco, después de la Planta de Tratamiento
M13	HUAS-6	HUAS-6	Río Huasco, después de Freirina
M14	HUAS-7	HUAS-7	Río Huasco, después de Huasco Bajo en el puente
<b>Canales (Aguas debajo de poblaciones y/o inmediatamente aguas arriba de regantes)</b>			
M15	VENTAN		Canal Ventanas
M16	BUENAE		Canal Buena Esperanza
M17	COMPA		Canal Compañía
M18	MARAÑ		Canal Marañón
M19	GARCIA	GARCIA	Canal García Campusano en Freirina
M20	GALLO	GALLO	Canal Gallo y Ferrara

Tabla 6.1-2  
Cuenca del Mataquito. Puntos de Muestreo Estudio Arcadis

Código	Campaña Exploratoria	Campañas de Seguimiento	Localización
M01	TENO-1		Río Teno en Bocatoma de Canal La Cañada (Aguas Blancas)
M02	TENO-2	TENO - 2	Río Teno en el Puente de la Ruta J-60
M03	MATAQ1	MATAQ1	Río Mataquito despues de la Junta del Teno con el Lontue
M04	BCANAL	BCANAL	Río Mataquito en Sector de Bocatoma del Canal Villa Prat
M05	MATAQ3		Río Mataquito en Puente Paula, sector de Hualañé
M06	MATAQ4		Río Mataquito aguas abajo de Hualañé
M07	MATAQ5		Río Mataquito en Puente Lautaro, aguas abajo de Licancel
M08	YACAL	YACAL	Río Lontue en Puente Yacal (Aguas Blancas)
M09	LONT-2		Río Lontue en Puente de la Ruta 5
M10	LONT-3		Río Lontue antes de la confluencia con el Teno
M11	RAUCO	RAUCO	Estero Rauco despues de las descargas del Pueblo de Rauco
M12	GUAIQU	GUAIQU	Estero Guaiquillo antes que se junte con el Río Lontue
M13	SECO-1	SECO-1	Río Seco (Hualemo) antes de la Ciudad de Lontue, sector "Entre Rios"
M14	SECO-2	SECO-2	Río Seco (Hualemo) en puente de la Ruta 5 antes de la toma del Canal Molina bajo
M15	QUIHUA	QUIHUA	Canal Quillayes depues de la junta con el Río Seco (Hualemo)
M16	ARANGU	ARANGU	Canal Aranguiz después de la Ciudad de Lontué, en Vina de Carlos Spencer
M17	PATAGU	PATAGU	Estero Patagual en puente del Camino Sta. Rosa
M18	CANPAT	CANPAT	Canal Patagual en sector Agrícola Sta. Raquel
M19	CARR-1	CARR-1	Estero Carretón en la entrada a la Agrícola Ruggieri
M20	CARR-2	CARR-2	Estero Carretón en Bocatoma del Canal El Morro
M21	QUICAR		Estero Carreton despues de la junta con el Canal Quillayes
M22	CANAL		Canal Villa Prat antes de la confluencia con el Estero Culenar
M23	LIEN		Estero Lien antes de la Ciudad de Curepto
M24	CUREPT	CUREPT	Estero Curepto aguas abajo de la Ciudad de Curepto

A continuación se sintetizan aquellos aspectos que son relevantes para el actual estudio, y por ende, fueron utilizados al momento de efectuar la caracterización y simulación de eventuales escenarios de contaminación antrópica de las aguas subterráneas (ver Capítulo 8).

## 6.2 ESTADO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUPERFICIALES

### 6.2.1 Huasco

En función de la información generada en el estudio de ARCADIS, se ha preparado la Tabla 6.2-1, en la cual se señalan los puntos o sectores dentro de la cuenca, en dónde se sobrepasan los límites de la norma de riego allí señalados.

Tabla 6.2-1  
Sectores en que se Sobrepasa la Norma Nch 1333 Of. 78  
Cuenca del Río Huasco

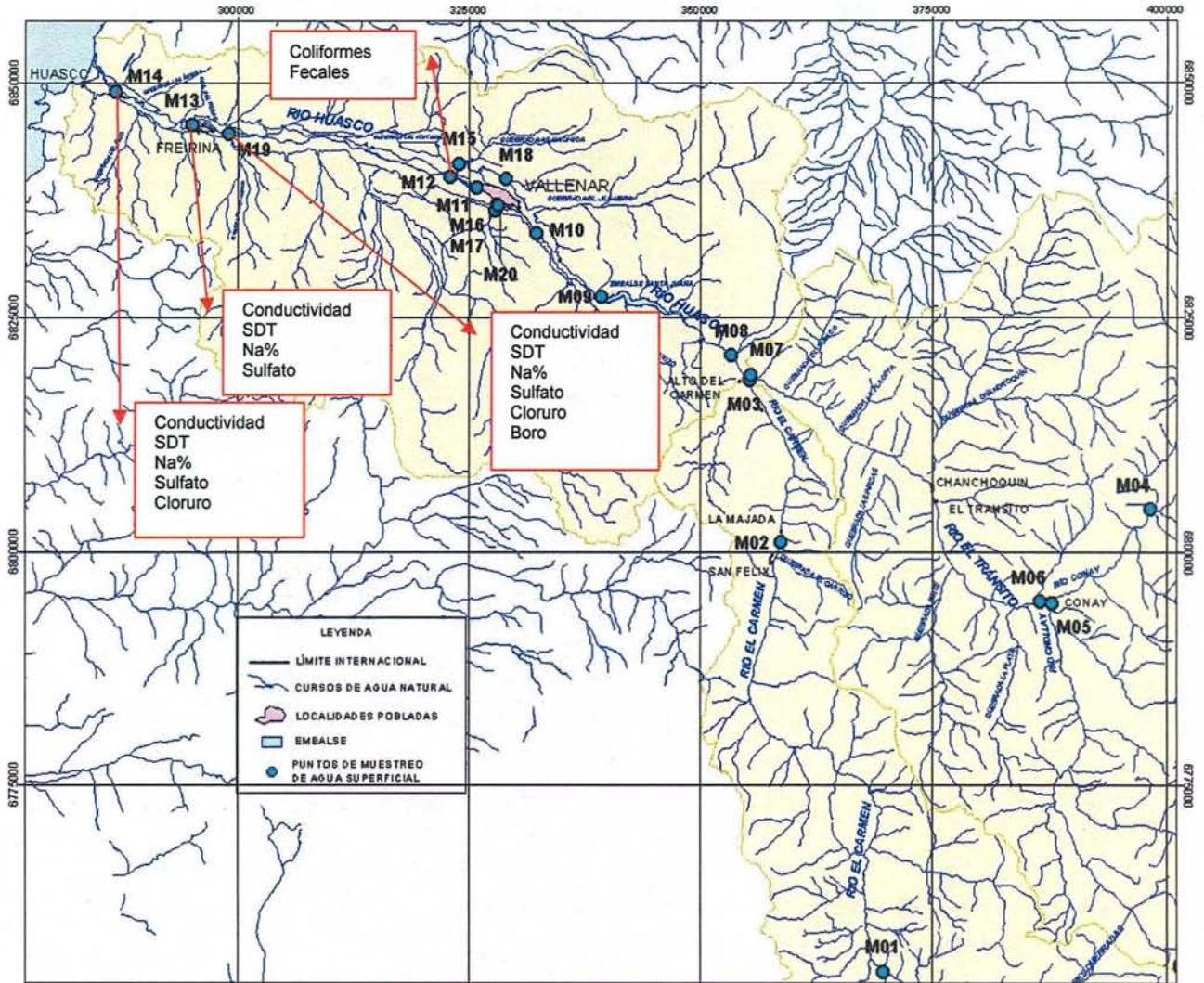
Parámetro	Puntos excedidos	Sector
Conductividad	M-13	Río Huasco después de Freirina
	M-14	Río Huasco después de Huasco Bajo en el Puente
	M-19	Canal García Campusano en Freirina
Sólidos Disueltos Totales	M-13	Río Huasco después de Freirina
	M-14	Río Huasco después de Huasco Bajo en el Puente
	M-19	Canal García Campusano en Freirina
Sodio Porcentual	M-13	Río Huasco después de Freirina
	M-14	Río Huasco después de Huasco Bajo en el Puente
	M-19	Canal García Campusano en Freirina
Sulfato	M-13	Río Huasco después de Freirina
	M-14	Río Huasco después de Huasco Bajo en el Puente
	M-19	Canal García Campusano en Freirina
Manganeso	M-01	Río Carmen después de confluencia de Potrerillos
	M-04	Río Conay sector Valeriano después de la junta hasta donde hay camino.
	M-05	Río Collay antes de junta con río Conay
	M-07	Río Tránsito en puente de Ramadilla antes junta con el río Carmen.
Boro	M-19	Canal García Campusano en Freirina
Cloruro	M-14	Río Huasco después de Huasco Bajo en el Puente
Coniformes F.	M-12	Río Huasco después de Planta de Tratamiento.

Fuente: estudio ARCADIS

En base a esa información se ha preparado la Figura 6.2-1, en que se indica la ubicación espacial de los parámetros excedidos. Se puede observar que existe coincidencia en los mismos parámetros excedidos en la parte media y baja del valle, salvo la contaminación por descargas de aguas servidas aguas abajo de

Vallenar. El caso del Cloruro en la desembocadura se debería a la influencia de las mareas. Por último el Manganeseo se sobrepasa en la parte alta de la cuenca seguramente producto de una contaminación natural.

Figura 6.2-1  
Situación de la Contaminación en la Cuenca del Huasco



Fuente: ARCADIS y elaboración propia.

## 6.2.2 Mataquito

Del mismo modo se ha preparado la Tabla 6.2-2, en la cual se señalan los puntos o sectores, dentro de la cuenca del Mataquito, dónde se sobrepasa el parámetro Coliformes Fecales respecto de la Norma Nch 1333.

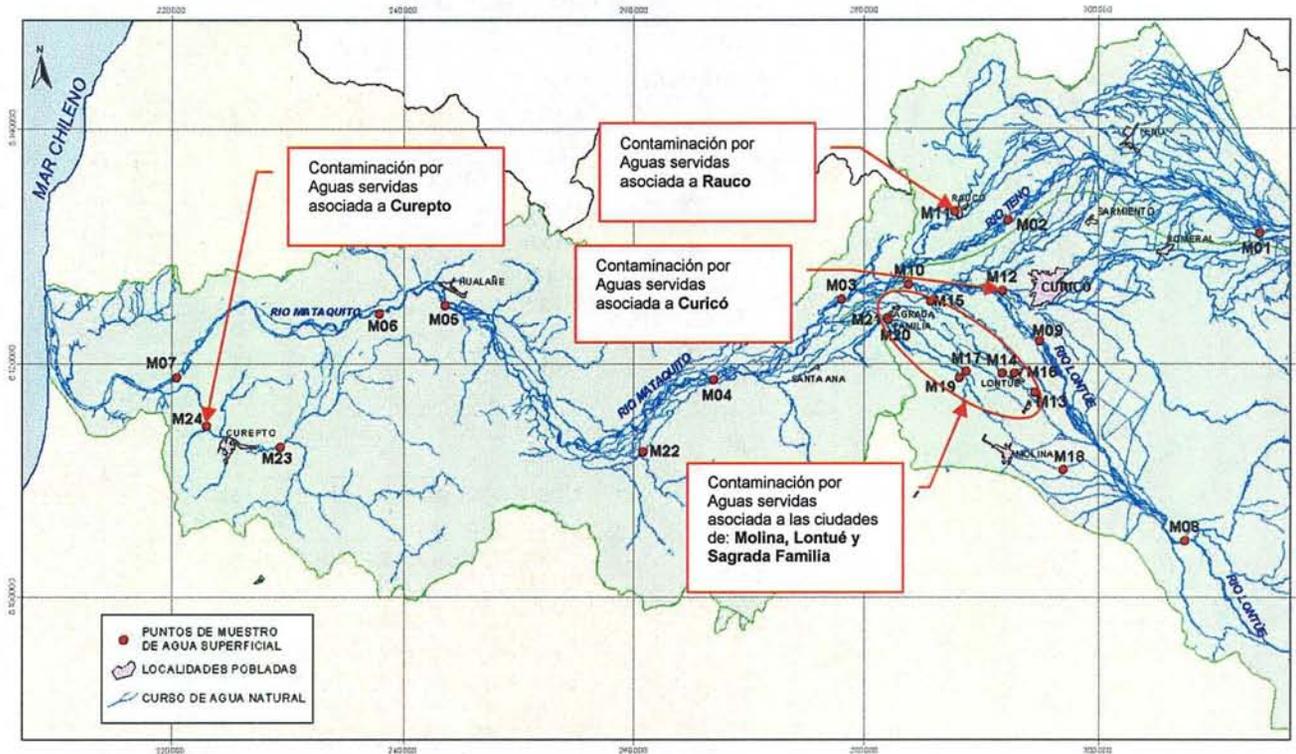
Tabla 6.2-2  
 Sectores en que se Sobrepassa la Norma Nch 1333 Of. 78  
 Cuenca del Río Mataquito

Parámetro	Puntos excedidos	Sector
Coliformes F.	M-03	Río Mataquito después de la junta del Teno con el Lontué
	M-11	Estero Rauco después de las descargas del pueblo de Rauco
	M-12	Estero Guaiquillo entes de junta con Lontué
	M-13	Río Seco antes de la ciudad de Lontué, sector "entre ríos"
	M-14	Río Seco en puente de la ruta 5 antes de toma canal Molina Bajo
	M-15	Canal Quillayes después de junta con el río Seco
	M-16	Canal Aranguiz después de la ciudad de Lontué
	M-17	Estero Patagual en puente del camino Santa Rosa
	M-19	Estero Carretón en la entrada de la agrícola Ruggieri
	M-20	Estero Carretón en Bocatoma canal El Morro
	M-21	Estero Carretón después de la junta con el canal Quillayes
	M-24	Estero Curepto aguas debajo de Curepto

Fuente: estudio ARCADIS

En base a esa información se ha preparado la Figura 6.2-2, en que se indica la ubicación espacial de los parámetros excedidos. Se puede observar que sólo existiría contaminación por descargas de aguas servidas asociadas a los centros poblados. Ello ocurre en torno de la parte central de la cuenca, o valle central, entre Rauco, Curicó y Molina. Otro foco es en la parte baja de la cuenca, aguas abajo de Curepto.

Figura 6.2-2  
Situación de la Contaminación en la Cuenca del Mataquito



Fuente: ARCADIS y elaboración propia.

### 6.2.3 Comentarios

Respecto del trabajo desarrollado para caracterizar la calidad de las aguas superficiales, cabe señalar los siguientes comentarios orientados a mejorar el trabajo o para tener en cuenta para otro estudio de las mismas características.

- La densidad espacial de muestreos en la cuenca del Mataquito se concentró en la depresión intermedia o valle central, que si bien es un sector de gran actividad potencialmente contaminante, también deberían haberse efectuado más muestreos en la parte baja del valle, puesto que es allí en donde se podrían concentrar los contaminantes. Incluso en este caso particular del Mataquito, en el sector de Licantén se ubica una planta de celulosa, por lo que aguas abajo de las descargas de esa planta también se debería haber hecho más muestreos. Sólo hay uno aguas abajo de Licantén (M07), que no acusa nada especial en cuanto a contaminación, según la interpretación del estudio citado. Sin embargo, con sólo una muestra no es posible tener certeza sobre esa conclusión.
- En la cuenca del Huasco, se estima adecuada la red de muestreos considerada, en cuanto a su extensión y distribución espacial.

- Se estima que debiera aumentarse la densidad de puntos de muestreo. En efecto, para el Mataquito, la cifra de 24 estaciones de monitoreo es insuficiente para el tamaño y grado de intervención antrópica que sufre la cuenca. En especial se tiene una alta actividad agropecuaria, lo que puede generar una importante contaminación dentro de la red de canales, ya sea por descargas directas y puntuales o debida a derrames y/o recuperaciones no controladas. Sólo 4 estaciones de las 24 correspondieron a canales. La eventual contaminación de origen agropecuario puede ser la más importante en este tipo de cuenca agrícola, por lo que la cantidad y densidad de muestreos en canales debiera ser incluso superior a la de los cauces naturales.

## 6.3 FORMULACIÓN DEL PLAN DE MONITOREO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

### 6.3.1 Parámetros Seleccionados

El plan de monitoreo de la calidad del agua subterránea se diseñó sobre la base de dos aspectos fundamentales:

- los resultados del estudio anterior para caracterizar la calidad actual de las aguas superficiales en ambas cuencas (en cauces naturales y canales), que fuera ya discutido.
- los resultados de capítulos anteriores del presente estudio en los que se identificó posibles fuentes de contaminación (tanto puntual, lineal o difusa) y que pudieran afectar algunos sectores del acuífero, así como de las características de los sistemas acuíferos y sus captaciones que resulten apropiadas para ser muestreadas.

Los parámetros analizados para las aguas superficiales en el estudio del 2003, fueron los correspondientes a la **Norma Nch 1333 Of78 (Tabla 6.3-1)**, más otros correspondientes al proyecto de Norma Secundaria (ver **Tabla 6.3-2**), a saber: **DQO, OD, Detergentes, DBO<sub>5</sub>, Aceites y Grasas, Nitrógeno y Fósforo Total, Poder Espumógeno, Sólidos Suspendidos Totales e Índice Fenol.**

Según los resultados obtenidos para las aguas superficiales, como ya se ha señalado, sólo algunos correspondientes a la Norma de Riego 1333 aparecen ligeramente excedidos (CF, Boro, Cloruro, Sulfato, Manganeso, CE, Sodio%). De los otros parámetros, elegidos del proyecto de Norma Secundaria, ninguno apareció claramente excedido respecto de ese proyecto de norma.

Por otro lado, para el presente estudio sobre la calidad del agua subterránea se considera muy poco probable que puedan detectarse parámetros tales como: Poder Espumógeno, Aceites, Grasas y Detergentes, ya sea por su poca movilidad en el medio acuífero, así como por el hecho de no encontrarse en las aguas superficiales.

No obstante, no haber sido detectados en grandes cantidades en el sistema superficial de ambas cuencas, la DQO, DBO<sub>5</sub>, Nitrógeno y Fósforo Total e Índice Fenol, SDT, sí podrían ser indicadores de contaminación en el agua subterránea, por ello se incluyeron en el presente monitoreo.

Cabe señalar que en ambas cuencas, tampoco se encontró en forma significativa la presencia de herbicidas (Simazina y MCPA) según el estudio realizado

(salvo casos puntuales), por lo que es improbable su aparición en las aguas subterráneas.

En definitiva, los parámetros seleccionados, aparte de los correspondientes a la Norma 1333, fueron los siguientes: Alcalinidad Total, Bicarbonatos, Calcio, Carbonatos, Conductividad Eléctrica, DBO5, DQO, Dureza total, Magnesio, Nitritos, Nitratos, Potasio, RAS, Sólidos Disueltos Totales, Sodio, Índice Fenol y Fósforo Total<sup>1</sup>.

Cabe señalar que **Fósforo total e Índice de Fenol**, no habían sido incluidos en la 1ª campaña, sino que fueron incorporados a partir de la 2ª campaña. Además, luego de obtenidos los resultados de la primera campaña del mes de Marzo, se comprobó que algunos parámetros de la norma Nch 1333 resultaron, en ambos valles, bajo el límite de detección del laboratorio, por lo que fueron descartados para la segunda campaña. Estos corresponden a los siguientes: **Bario, Berilio, Cadmio, Cobalto, Mercurio, Níquel, Plata, Plomo, Selenio y Vanadio**. Otros parámetros, pese a resultar bajo el límite de detección, se mantuvieron, como es el caso del **Molibdeno, Cobre, Litio, Cromo total y Nitritos**.

---

<sup>1</sup> A partir de la GUIA CONAMA PARA EL ESTABLECIMIENTO DE LAS NORMAS SECUNDARIAS DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUAS CONTINENTALES SUPERFICIALES Y MARINAS

Tabla 6.3-1  
Norma de Calidad de Agua para Riego Nch 1333of.78 Modif. 1987

Requisitos Físicos-Químicos

pH: comprendido entre 5,5 y 9,0

Elementos Químicos: Concentraciones máximas en agua para riego.

Elemento	Unidad	Límite Máximo
Aluminio	[mg/l]	5.00
Arsénico	[mg/l]	0.10
Bario	[mg/l]	4.00
Berilio	[mg/l]	0.10
Boro	[mg/l]	0.75
Cadmio	[mg/l]	0.01
Cianuro	[mg/l]	0.20
Cloruro	[mg/l]	200.00
Cobalto	[mg/l]	0.05
Cobre	[mg/l]	0.20
Cromo	[mg/l]	0.10
Fluoruro	[mg/l]	1.00
Hierro	[mg/l]	5.00
Litio	[mg/l]	2.50
Litio (cítricos)	[mg/l]	0.075
Manganeso	[mg/l]	0.20
Mercurio	[mg/l]	0.001
Molibdeno	[mg/l]	0.01
Níquel	[mg/l]	0.20
Plata	[mg/l]	0.20
Plomo	[mg/l]	5.00
Selenio	[mg/l]	0.020
Sodio Porcentual	%	35
Sulfato	[mg/l]	250.0
Vanadio	[mg/l]	0.10
Zinc	[mg/l]	2.00

Además, se tienen: RAS y Conductividad Específica y Total de Sólidos Disueltos, que se interpretan en conjunto.

Requisitos Bacteriológicos

El contenido de Coniformes Fecales en aguas de riego destinadas a cultivo de verduras y frutas a ras de suelo debe ser menor a 1000 Coliformes Fecales por cada 100 ml.

Tabla 6.3-2  
Parámetros Según Guía Conama para Establecimiento de Normas Secundarias en Aguas Continentales<sup>2</sup>

	GRUPO DE ELEMENTOS O COMPUESTOS	UNIDAD	CLASE DE EXCEPCION	CLASE 1	CLASE 2	CLASE 3
<b>INDICADORES FISICOS y QUIMICOS</b>						
1.	Conductividad eléctrica	µS/cm	<600	750	1.500	2.250
2.	DBO <sub>5</sub>	mg/L	<2	5	10	20
3.	Color aparente	Pt-Co	<16	20	100	>100
4.	Oxígeno disuelto <sup>1</sup>	mg/L	>7,5	7,5	5,5	5
5.	pH <sup>2</sup>	Rango	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5
6.	RAS <sup>3</sup>	-	<2,4	3	6	9
7.	Sólidos disueltos	mg/L	<400	500	1.000	1.500
8.	Sólidos suspendidos	mg/L	<24	30	50	80
9.	Temperatura <sup>4</sup>	°C	<0,5	1,5	1,5	3
<b>INORGANICOS</b>						
10.	Amonio	mg/L	<0,5	1	1,5	2,5
11.	Cianuro	µg/L	<4	5	10	50
12.	Cloruro	mg/L	<80	100	150	200
13.	Fluoruro	Mg/L	<0,8	1	1,5	2
14.	Nitrato	mg/L	<0,05	0,05	>0,06	>0,06
15.	Sulfato	mg/L	<120	150	500	1.000
16.	Sulfuro	mg/L	<0,04	0,05	0,05	0,05
<b>ORGANICOS</b>						
17.	Acetes y Grasas	mg/L	<4	5	5	10
18.	Bifenilos policlorados (PCB) <sup>5</sup>	µg/L	*	0,040	0,045	>0,045
19.	Detergentes (SAAM) <sup>3</sup>	mg/L	<0,16	0,2	0,5	0,5
20.	Índice de fenol	µg/L	<1,6	2	2	10
21.	Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos	µg/L	<0,16	0,2	1	1
22.	Hidrocarburos	mg/L	<0,04	0,05	0,2	1,0
23.	Tetracloroetano	mg/L	*	0,25	0,26	>0,26
24.	Tolueno	mg/L	*	0,3	0,3	>0,3

<sup>2</sup> GUIA CONAMA PARA EL ESTABLECIMIENTO DE LAS NORMAS SECUNDARIAS DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUAS CONTINENTALES SUPERFICIALES Y MARINAS.

Tabla 6.3-2 (Continuación)  
Parámetros Según Guía Conama para Establecimiento de Normas Secundarias en Aguas Continentales 3

METALES ESENCIALES DISUELTOS						
45.	Boro	mg/L	<0,4	0,5	0,75	0,75
46.	Cobre <sup>a</sup>	µg/L	<7,2	9	200	1.000
47.	Cromo total	µg/L	<8	10	100	100
48.	Hierro	mg/L	<0,8	1	5	5
49.	Manganeso	mg/L	<0,04	0,05	0,2	0,2
50.	Moibdeno	mg/L	<0,008	0,01	0,15	0,5
51.	Níquel <sup>a</sup>	µg/L	<42	52	200	200
52.	Selenio	µg/L	<4	5	20	50
53.	Zinc <sup>a</sup>	mg/L	<0,095	0,120	1	5
METALES NO ESENCIALES DISUELTOS						
54.	Aluminio	mg/L	<0,07	0,09	0,1	5
55.	Ársenico	mg/L	<0,04	0,05	0,1	0,1
56.	Cadmio <sup>a</sup>	µg/L	<1,8	2	10	10
57.	Estañio	µg/L	<4	5	25	50
58.	Mercurio	µg/L	<0,04	0,05	0,05	1
59.	Pbmo <sup>a</sup>	mg/L	<0,002	0,0025	0,2	5
INDICADORES MICROBIOLÓGICOS						
60.	Coliformes fecales (NMP)	NMP/100 ml	<10	1.000	2.000	5.000
61.	Coliformes totales (NMP)	NMP/100 ml	<200	2.000	5.000	10.000

<sup>a</sup>= La determinación de estos compuestos o elementos deberá estar bajo el límite de detección del instrumental analítico más sensible.

1= Expresada en términos de valor mínimo.

2= Expresada en términos de valor máximo y mínimo

3= Razón de adsorción de sodio (RAS). Relación utilizada para expresar la actividad relativa de los iones sodio en las reacciones de intercambio con el suelo. Cuantitativamente como miliequivalentes:

$$RAS = \frac{Na}{[Ca + Mg] \cdot 2}$$

En que, Na; Ca y Mg = Son respectivamente las concentraciones, en miliequivalentes por litro, de iones sodio, calcio y magnesio.

4= Diferencia de temperatura entre la zona analizada y la temperatura natural del agua.

5= Sustancias activas al azul de metileno (SAAM).

6= Con prohibición de uso agrícola establecida por el Servicio Agrícola y Ganadero.

7= No cuenta con autorización del Servicio Agrícola y Ganadero (el producto y la mezcla de Atrazina +N-dealkyl).

8= Las concentraciones de estos compuestos o elementos para las Clases de Excepción y la Clase 1, son calculados para una dureza de 100 mg/L de CaCO<sub>3</sub>. Para otras durezas, la concentración máxima del elemento o compuesto, para la Clase 1, expresada en µg/L, se determinará de acuerdo a las fórmulas siguientes. Para la Clase de Excepción el cálculo se obtendrá a partir del 80% del valor obtenido en la Clase 1.

<sup>3</sup> GUIA CONAMA PARA EL ESTABLECIMIENTO DE LAS NORMAS SECUNDARIAS DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUAS CONTINENTALES SUPERFICIALES Y MARINAS.

## 6.3.2 Puntos Seleccionados

### 6.3.2.1 Huasco

De acuerdo con la propuesta presentada, la definición de los pozos de muestreo de calidad de las aguas subterráneas se realizó considerando los siguientes aspectos:

- Los resultados del “Estudio Diagnóstico y Análisis de la Calidad del Agua de Riego en Huasco y Mataquito”, efectuado por ARCADIS Geotécnica y concluido recientemente en Junio de 2004
- Los resultados del capítulo 3 del presente trabajo en donde se realizó un análisis de los procesos factibles de generar contaminación en el agua subterránea
- Las variabilidad del potencial de explotación actual y futuro de los acuíferos del valle en distintos sectores
- La existencia de sondajes factibles de muestrear (no sellados, con equipo de bombeo, autorización, etc.) en los lugares de interés

### **Calidad del Agua Superficial:**

Según el estudio de ARCADIS ya discutido, se concluyó que de los 20 puntos de muestreo de aguas superficiales efectuados en la cuenca del río Huasco (ver Figura 6.1-1), sólo el punto de muestreo M14 sobrepasa la norma en el parámetro Coliformes Fecales. Este punto corresponde el río Huasco después de planta de tratamiento, aguas abajo de la localidad de Vallenar.

El resto de los puntos en donde se sobrepasa la norma se ubican en la parte baja de la cuenca, entre Freirina y la desembocadura (puntos M11, M13 y M19) los cuales indican excesos de Conductividad, Sólidos Disueltos Totales, Sodio Porcentual y Sulfatos. Los puntos M14 y M19 sobrepasan además los Cloruros, y el punto M19, el Boro.

El Manganeseo sobre norma sólo se observa en los puntos de muestreo de los ríos El Tránsito y El Carmen (y sus tributarios de alta montaña Conay y Chollay), en la parte alta de la cuenca. Este exceso se debería a la condición natural del agua en ese sector; sin embargo, hacia aguas abajo (sector de Alto del Carmen), los muestreos indican valores de Manganeseo bajo la norma.

### Potenciales de Contaminación del Agua Subterránea:

Por otra parte, el estudio específico de Identificación y Análisis de Posibles Contaminantes” desarrollado en el capítulo 3.4, indicó que para la cuenca del río Huasco existen riesgos de contaminación asociados a las actividades agrícolas y ganaderas, así como debido a las actividades industriales.

La agricultura representa un potencial riesgo de contaminación de las aguas subterráneas al considerar que su funcionamiento actual requiere de la utilización de fertilizantes y pesticidas, los cuales podrían infiltrar y percolar hacia las napas subterráneas.

Las actividades agrícolas se desarrollan a lo largo de toda la cuenca, desde los sectores de los valles de los ríos El Tránsito y El Carmen, hasta la localidad de Huasco. Sin embargo, la mayor cantidad de superficie plantada se concentra en la zona central del valle, en la comuna de Vallenar.

De acuerdo con las encuestas prediales realizadas en el capítulo 3, el principal compuesto que podría afectar eventualmente las napas subterráneas corresponde al Nitrógeno contenido en los fertilizantes inorgánicos, esencialmente constituidos por aplicaciones de urea y mezclas de NPK. Específicamente, en el área de estudio del río Huasco, estos fertilizantes son aplicados en todos los estratos de tamaño estudiados, abarcando igualmente a todas las comunas de la cuenca.

En cuanto a los pesticidas, dentro de la cuenca de río Huasco se aplican fitorreguladores, funguicidas, herbicidas e insecticidas, cuyos ingredientes activos varían caso a caso. Los que presentan mayor toxicidad corresponden a los insecticidas organofosforados, los cuales, de acuerdo con las encuestas de terreno, se aplicarían en algunos predios de la comuna de Vallenar. La actividad ganadera es de tipo extensiva, por lo que el riesgo de contaminación de este rubro se descarta.

En el Capítulo 3.4.2, se presentaron los principales resultados del estudio de ARCADIS Geotécnica en relación con la potencial contaminación que podrían generar las industrias a la napa subterránea.

Se determinó que en la zona del Huasco existían al año 2003, un total de 45 empresas, repartidas en los rubros:

- Panadería : 15
- Extracción de Minerales Metálicos : 9
- Empresas Agroindustriales : 5
- Fabricación de Destilados : 4
- Procesamiento de Productos del Mar : 2
- Fábrica de Bloques de Cemento : 2
- Producción y Distribución de Energía Eléctrica : 2
- Fabricación de Aceita de Oliva : 1

- Fábrica de Explosivos : 1
- Servicios de Lavandería : 1
- No sujetas a clasificación : 3

ARCADIS realizó encuestas de muestreo a 10 de las empresas existentes, descartando los 18 establecimientos correspondientes a Panaderías y No Clasificadas. Considerando que la actividad minera se encuentra bastante alejada del río Huasco, es la agroindustria el rubro económico de mayor presencia en la cuenca. De acuerdo con los resultados de las encuestas, sólo un 40% de las industrias realiza algún tipo de tratamiento a sus RILes antes de ser depositados en general, en pozos de infiltración. Para las aguas servidas se utiliza mayoritariamente, la disposición en fosas sépticas. No existe control de caudal ni de calidad de las aguas vertidas (con o sin tratamiento).

### **Variabilidad del Potencial de Explotación del Acuífero**

De acuerdo con la caracterización hidrogeológica realizada y en base a los antecedentes geológicos y geofísicos, se puede afirmar que el sector más interesante para la explotación de agua subterránea corresponde a los rellenos ubicados en la parte central del valle, específicamente entre las localidades de Vallenar y Maitencillo. Es precisamente en esta zona en donde se concentra un número importante de sondajes.

Aguas abajo de la localidad de Maitencillo, el acuífero disminuye en espesor y potencia. Solamente en el tramo final, pocos kilómetros antes de su desembocadura, el acuífero se desarrolla en una sección algo más importante.

Aguas arriba de Vallenar, el acuífero se encuentra restringido al estrecho valle que se interna en la Cordillera de los Andes, existiendo sólo sectores puntuales en donde el acuífero presentaría capacidades de transmisión y almacenamiento de agua que podrían ser considerados de importancia (Alto del Carmen, El Tránsito).

### **Factibilidad de Muestreo**

Durante el mes de Febrero de 2005 se realizó un completo catastro de las captaciones existentes en la zona. Dentro de los datos de terreno se determinó la factibilidad de extraer una muestra de agua desde cada pozo, ya que algunos sondajes del listado se encuentran abandonados, enterrados, sellados o sin equipo de bombeo.

Analizando desde aguas abajo hacia agua arriba, en el sector de desembocadura existen 2 sondajes muy próximos en donde fue factible muestrear. Estos pozos se encuentran a unos 3 km de la desembocadura. Hacia aguas arriba, la

cantidad de pozos disminuye y sólo fue posible muestrear un sondaje ubicado entre las localidades de Los Lúcumos y Maitencillo.

En el sector en torno a Vallenar, existen 4 sondajes factibles de medir, más una captación tipo dren ubicada en la Quebrada Maitencillo. Entre Vallenar y el Embalse Santa Juana, existen 4 sondajes para toma de muestras, en tanto desde el sector de Alto del Carmen hacia aguas arriba (avanzando tanto por el río El Carmen como El Tránsito), existe una gran cantidad de sondajes factibles de muestrear.

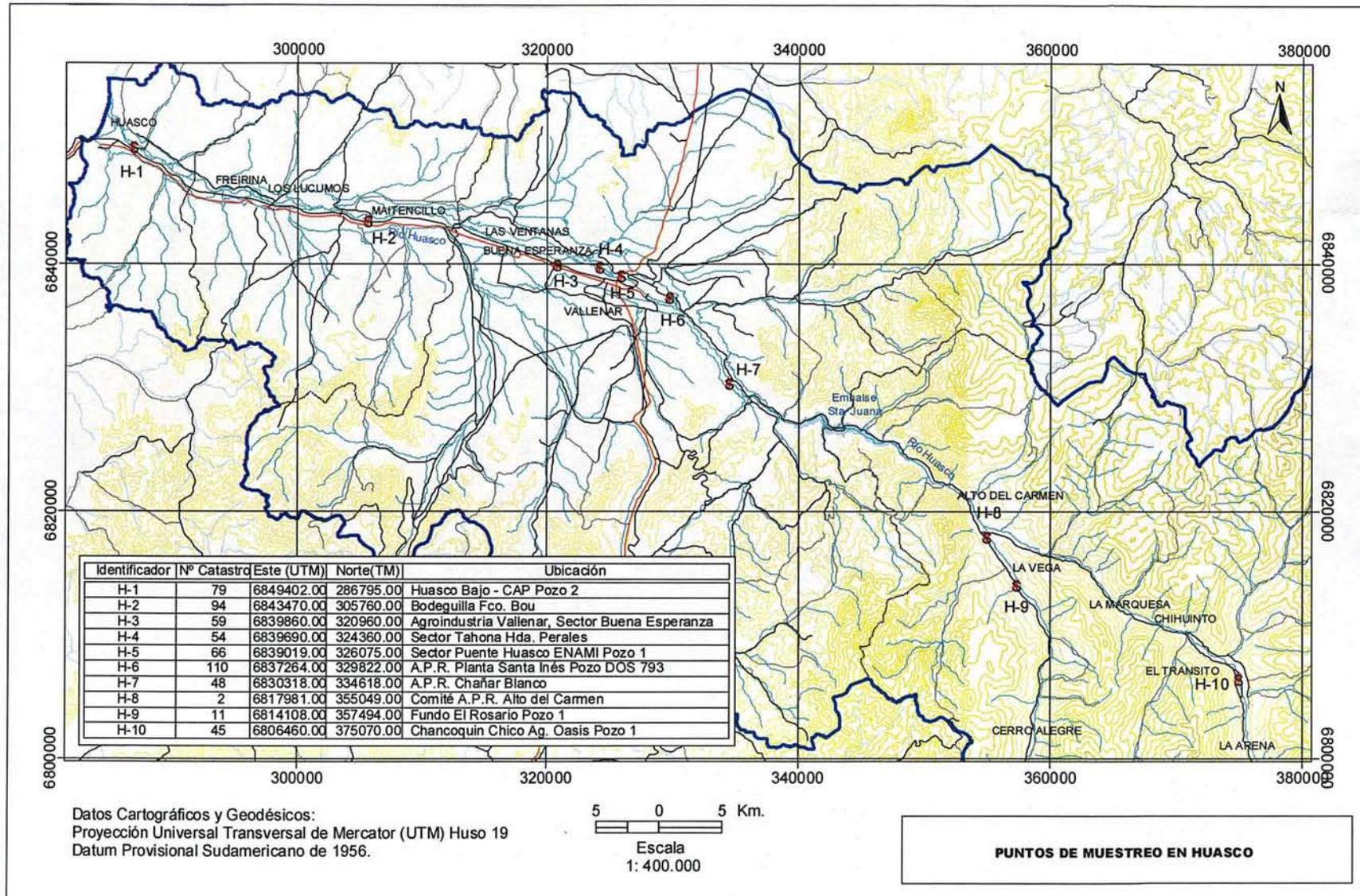
### Selección de Puntos de Muestreo

Considerando todos los antecedentes expuestos anteriormente se seleccionó 10 sondajes para realizar las campañas de toma de muestras. Estos sondajes se muestran en la Figura 6.3-1 y se listan en la Tabla 6.3-3 siguiente.

Tabla 6.3-3  
Pozos de Monitoreo En Huasco

Nº	Nº catastro	Utm - Este	Utm - Norte	Ubicación
		(m)	(m)	
H-1	79	286,795	6,849,402	Huasco Bajo – CAP Pozo 2
H-2	94	305,760	6,843,470	Bodeguilla Fco. Bou
H-3	59	320,960	6,839,860	Agroindustria Vallenar, sector Buena Esperanza
H-4	54	324,360	6,839,690	Sector Tahona Hda. Perales
H-5	66	326,075	6,839,019	Sector Puente Huasco ENAMI Pozo 1
H-6	110	329822	6837264	APR Planta Santa Inés Pozo DOS 793
H-7	48	334,618	6,830,318	APR Chañar Blanco
H-8	2	355,049	6,817,981	Comité A.P.R Alto del Carmen
H-9	11	357,494	6,814,108	Fundo El Rosario Pozo 1
H-10	45	375,070	6,806,460	Chancoquín Chico Ag. Oasis Pozo1

Figura 6.3-1  
Pozos de Muestreo en Huasco. Calidad de Agua subterránea



### 6.3.2.2 Mataquito

Al igual que en el caso de Huasco, la selección de los pozos de muestreo de calidad de las aguas subterráneas se realizó considerando los siguientes aspectos:

- Los resultados del “Estudio Diagnóstico y Análisis de la Calidad del Agua de Riego en Huasco y Mataquito”, efectuado por ARCADIS Geotécnica y concluido recientemente en Junio de 2004
- Los resultados del capítulo 3 del presente trabajo, en donde se realizó un análisis de los procesos factibles de generar contaminación en el agua subterránea
- Las variabilidad del potencial de explotación actual y futuro de los acuíferos del valle en distintos sectores
- La existencia de sondajes factibles de muestrear (no sellados, con autorización, etc.) en los lugares de interés

#### **Calidad del Agua Superficial:**

El estudio de ARCADIS concluyó que de los 24 puntos de muestreo iniciales (y de los 16 que se reiteraron en las siguientes campañas) de aguas superficiales efectuados en la cuenca del río Mataquito (ver Figura 6.1-2), sólo se detectaron valores altos de Coliformes Fecales en 12 puntos a lo largo de toda la cuenca del río y asociados a las descargas de las ciudades de Curepto, Curicó, Rauco, Molina, Lontué y Sagrada Familia (ver Tabla 6.2-2 y Figura 6.2-2).

#### **Potenciales de Contaminación del Agua Subterránea:**

Por otra parte, en este trabajo, el estudio específico de Identificación y Análisis de Posibles Contaminantes” desarrollado en el capítulo 3.4, indicó que en la cuenca del río Mataquito existirían potenciales focos de contaminación asociados a las actividades agrícolas y ganaderas, así como debido a las actividades industriales.

La agricultura representa un potencial riesgo de contaminación de las aguas subterráneas al considerar que su funcionamiento actual requiere de la utilización de fertilizantes y pesticidas, los cuales podrían infiltrar y percolar hacia las napas subterráneas.

Las actividades agrícolas se desarrollan a lo largo de toda la cuenca, desde los sectores asociados a los ríos Teno, Lontué y Mataquito. Sin embargo la mayor cantidad de superficie plantada se concentra en la zona central del valle.

De acuerdo con las encuestas prediales realizadas en el capítulo 3, el principal compuesto que podría afectar eventualmente las napas subterráneas corresponde al Nitrógeno contenido en los fertilizantes inorgánicos, esencialmente constituidos por aplicaciones de urea y mezclas de NPK.

Específicamente, en el área de estudio del río Mataquito, estos fertilizantes son aplicados en todos los estratos de tamaño estudiados, abarcando igualmente a todas las comunas de la cuenca. No obstante, las mayores dosis de aplicación de guano por Há. se verifican en las comunas de Curepto, Hualañé, Rauco y Sagrada Familia, y fundamentalmente asociados a la Vid Vinífera y semillero de Maíz. Por otro lado, las dosis más altas de aplicación de NPK se verifican en las comunas de Molina, Romeral y Sagrada Familia, asociadas a las plantaciones de Maíz, Trigo, Frambuesa y Maravilla.

En consecuencia, el uso de fertilizantes de diverso tipo está asociado a toda la zona agrícola de la cuenca, por lo que podría constituirse en una fuente difusa de compuestos asociados (Nitrato, Potasio, Fosfato). No habría sectores privilegiados (areales o puntuales) donde podría esperarse la percolación de estos compuestos a las napas.

En cuanto a la actividad ganadera, existen tres empresas lecheras de importancia, Lora en Licantén, Requingua en Sagrada Familia y Frohlich en Curicó. La más grande es la de Requingua, con cerca de 510 cabezas, seguida de la de Lora con 460 animales y Frohlich con 200. También existen sólo dos planteles de cerdos, en Curicó (El Peñón y Los Castaños).

En cuanto a los pesticidas, dentro de la cuenca de río Mataquito, se aplican principalmente fungicidas, herbicidas e insecticidas, cuyos ingredientes activos varían caso a caso. Los que presentan mayor toxicidad corresponden a los insecticidas organofosforados los cuales, de acuerdo con las encuestas de terreno, se aplicarían en las comunas de Curicó y Molina, lo que también podría constituirse en un foco potencial de contaminación difusa, aún cuando no haya sido detectado en el estudio de la calidad de las aguas superficiales realizado precedentemente.

Respecto de la actividad industrial, en el Capítulo 3.4.2, se presentaron los principales resultados del estudio de ARCADIS Geotécnica en relación con la potencial contaminación que podrían generar las industrias a la napa subterránea. Se determinó que en la zona de estudio de Mataquito existían, al año 2003, un total de 390 empresas, repartidas en un gran número de rubros (ver Tabla 3.4-6 del Capítulo 3), destacando las panaderías, elaboración y envasado de frutas, fabricación de vinos, imprentas, fabricas de muebles y de cemento.

De esas 390 industrias, ARCADIS identificó los procesos susceptibles de generar RILes, siendo descartadas las panaderías y las no clasificadas, con lo que el universo se redujo a 225. Luego se realizaron encuestas a 25 de esas empresas. Los resultados fueron limitados puesto que sólo el 15% de las industrias dio respuesta a la encuesta. De aquéllas, sólo el 50% posee algún tipo de tratamiento de sus descargas y cerca de un 80% descarga a cauces superficiales o a fosas sépticas. Es decir, para este tipo de contaminación potencial se tiene una gran dispersión dentro de la cuenca, por lo que no habría sitios específicos o áreas de mayor riesgo que concentren la actividad industrial.

En definitiva, de acuerdo con lo anterior, los puntos de muestreo debiesen ser numerosos para cubrir idealmente toda el área con riesgo potencial de contaminación. En consecuencia, lo que se realizó fue distribuir de la mejor forma los 10 puntos definidos para este estudio.

### **Variabilidad del Potencial de Explotación del Acuífero**

De acuerdo con la caracterización hidrogeológica realizada y en base a los antecedentes geológicos y geofísicos, se puede afirmar que el sector más interesante para la explotación de agua subterránea corresponde a los rellenos de la parte central del valle, en particular, la zona definida aproximadamente por el triángulo Teno-Sagrada Familia-Molina.

### **Factibilidad de Muestreo**

Durante el mes de Febrero de 2005 se realizó un completo catastro de las captaciones existentes en la zona. Dentro de los datos de terreno se determinó la factibilidad de extraer una muestra de agua desde cada pozo, ya que algunos sondajes del listado se encuentran abandonados, enterrados, sellados o sin equipo de bombeo.

En general existe una gran cantidad de captaciones que pueden ser muestreadas y que además se distribuyen en toda la zona de estudio, por lo que este concepto no es una limitante para la selección de los puntos a muestrear.

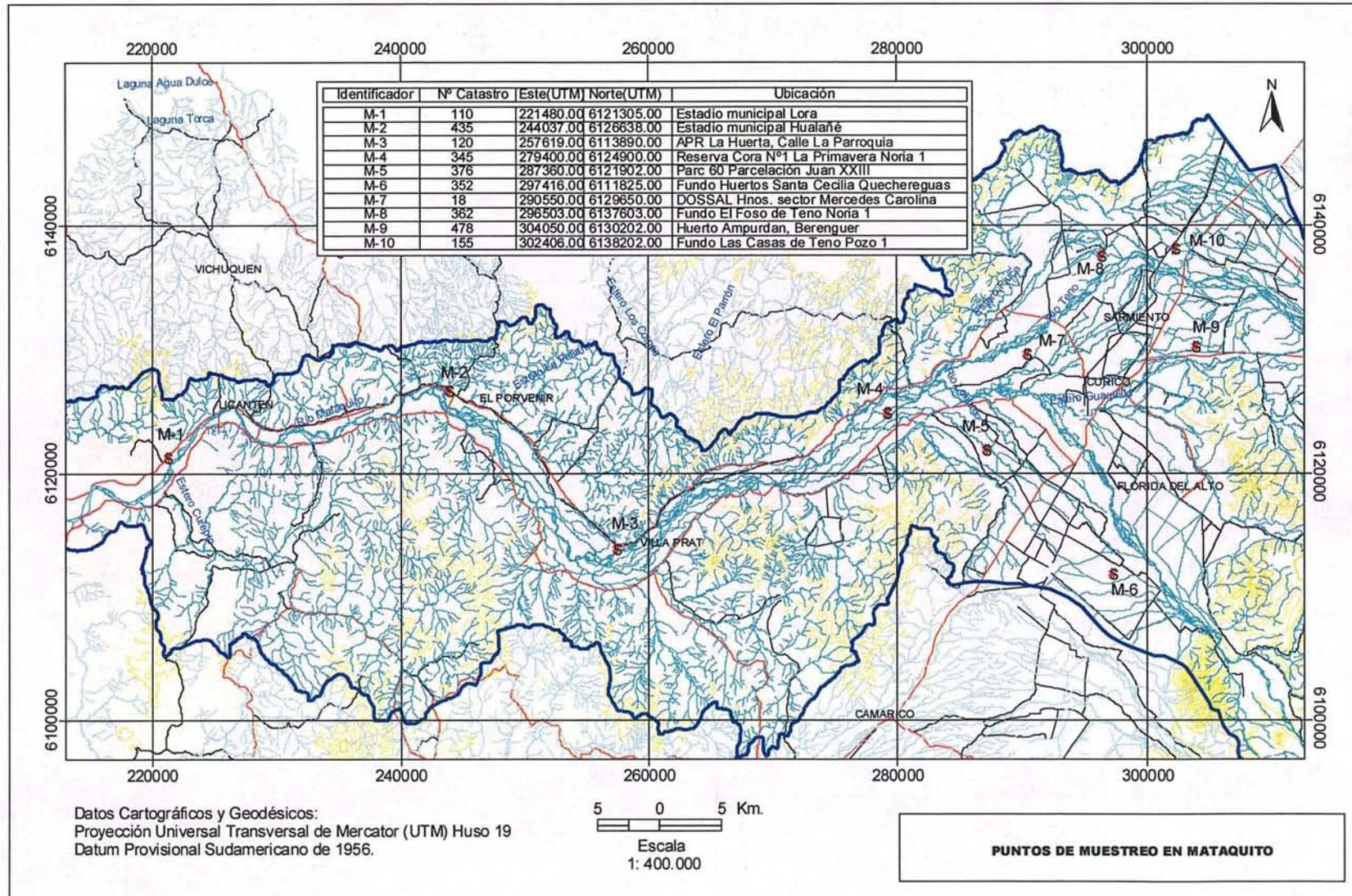
### **Selección de Puntos de Muestreo**

Considerando todos los antecedentes expuestos anteriormente se seleccionó los 10 sondajes para realizar las campañas de toma de muestras. Estos sondajes se muestran en la Figura 6.3-2 y se listan en la Tabla 6.3-4 siguiente.

Tabla 6.3-4  
Pozos de Monitoreo en Mataquito

N°	N° catastro	Utm - Este	Utm - Norte	Ubicación
		(m)	(m)	
M-1	110	221480	6121305	Estadio municipal Lora
M-2	434	244037	6126638	Estadio municipal Hualañé
M-3	120	257619	6113890	APR La Huerta, Calle La Parroquia
M-4	345	279400	6124900	Reserva Cora N°1 La Primavera Noria 1
M-5	376	287360	6121902	Parc 60 Parcelación Juan XXIII
M-6	352	297416	6111825	Fundo Huertos Santa Cecilia Quechereguas
M-7	18	290550	6129650	DOSSAL Hnos. sector Mercedes Carolina
M-8	362	296503	6137603	Fundo El Foso de Teno Noria 1
M-9	477	304050	6130202	Huerto Ampurdan, Berenguer
M-10	155	302406	6138202	Fundo Las Casas de Teno Pozo 1

Figura 6.3-2  
Pozos de Muestreo en Mataquito. Calidad del Agua Subterránea



## 6.4 ESTADO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

La labor de muestreo fue realizada por personal especializado de GCF Ingenieros (Hidromensores calificados para tal labor), teniéndose de esa forma mayor control y decisión sobre aspectos de terreno que pudiesen influir en la interpretación posterior de los resultados.

El procedimiento de muestro seguido en terreno se entrega en Anexo 6.4-1, que forma parte de los procedimientos estándares usados por el laboratorio que efectuó los análisis (HIDROLAB).

Además de los muestreos realizados para el presente estudio, se utilizó la información de análisis recopilados durante el trabajo, que fueron presentados anteriormente (denominados históricos por tratarse de muestreos anteriores al presente estudio). De esa forma se generó una base de información que comprende 45 puntos para Huasco (10 actuales más 35 históricos) y de 110 para Mataquito (10 actuales más 100 históricos).

Dicha información se procesó digitalmente y se dispuso en tablas para su comparación respecto de normas de referencia. También fue geo-referenciada para presentarla espacialmente en planos que facilitan su interpretación espacial y traspasada a formato de ArcView. De esa forma se pudo llegar a conclusiones preliminares, en ambos valles, sobre la calidad del agua subterránea, mientras no se completen todos los muestreos.

### 6.4.1 Huasco

Se efectuaron tres campañas de muestreo, la primera en el mes de Marzo de 2005, la segunda en el mes de Mayo de 2005, y la tercera en el mes de Septiembre de 2005.

Los resultados de las campañas para el valle del Huasco se entregan en la Tabla 6.4-1, Tabla 6.4-2 y Tabla 6.4-3 para las tres campañas, respectivamente.

En dichas tablas, además de los resultados de cada muestreo y sus referencias que los identifican, se muestran los valores límites establecidos por las normas de comparación, que corresponden a: la Norma de Agua para Riego Nch 1333, la recomendación para las Normas Secundarias de CONAMA, y otra perteneciente a una guía de referencia Canadiense sobre parámetros ambientales de calidad de las aguas<sup>4</sup>. También se incluye una matriz que indica si el parámetro está excedido, y, respecto de qué límites de referencia (1333 o Sec.).

---

<sup>4</sup> Water Quality Guide Sourcebook, Inland Waters Directorate - Water Quality Branch, Ottawa Canada, 1979.

De acuerdo con los resultados obtenidos, sólo algunos parámetros sobrepasan los límites de las normas (la de riego o la recomendación para la norma secundaria). Los parámetros excedidos son:

- a) Respecto de la norma 1333; Boro, Cloruro, %Sodio, Sulfato, Hierro y Manganeseo.
- b) Respecto de la guía sobre normas secundarias; CE, Aluminio, RAS y TSD.

Cabe señalar que hay una gran coincidencia con los altos valores detectados en las aguas superficiales. Ese es el caso de CE, Boro, Sulfato, Sodio %, Manganeseo y Cloruro, que se atribuirían a condiciones naturales según el anterior estudio (ver punto 6.2.1).

Para visualizar de mejor forma la situación dentro de la cuenca, se han preparado las Figuras 6.4-1 a la 6.4-9, que muestran los resultados para Boro, Cloruro, %Sodio, Sulfato, CE, Aluminio, RAS, Hierro y Manganeseo.

De la misma forma en que se presentan los resultados de los muestreos, los valores de los análisis históricos (para fechas entre 1997 y 2004) se consignan en la Tabla 6.4-4. En las Figuras 6.4-10 a la 6.4-12 se muestra esa información histórica para el Boro, Sulfatos y CE.

Los valores históricos muestran la misma tendencia que la obtenida de los muestreos, en los cuales sólo algunos parámetros aparecen claramente excedidos; como el Boro y los Sulfatos respecto de la norma 1333, y, la CE y RAS respecto de la guía para normas secundarias.

Un hecho importante que se visualiza en dichas figuras es la tendencia natural de salinización de las aguas (en el sentido del flujo) como resultado de interacción con el medio, tendencia claramente evidenciada por la CE, y en particular por las sales de Cloruro y Sulfato.

El caso particular del Aluminio no debe ser considerado como un parámetro ambientalmente excedido, puesto que el límite de referencia de 0.1 mg/l según la guía de normas secundarias, debe ser adaptado a la realidad natural de las aguas dentro del país<sup>5</sup>. En consecuencia, es más clarificador el límite de 5 mg/l señalado por la norma Nch 1333 (o incluso la recomendación Canadiense), en cuyo caso no habría ningún exceso para este parámetro. Hay que recordar que el Aluminio es el tercer elemento más abundante en la tierra luego del Oxígeno y el Silicio, (ver Figura 6.4-13). Además, su concentración natural en las aguas subterráneas rara vez excede el valor de 1 mg/l. Su fuente natural más importante son los minerales de silicatos presentes en las rocas ígneas. Su fuente artificial más común podría ser el Sulfato de Aluminio utilizado en los procesos de floculación de

---

<sup>5</sup> La Guía tiene como uno de sus objetivos servir de base técnica para la elaboración y homogeneización de las normas secundarias de calidad de aguas del país, proceso aún no concluido.

las plantas de tratamiento de agua potable, lo que obviamente no podría justificar una presencia alta en la cuenca, de origen antrópico.

En consecuencia, sólo corresponde calificar a estas aguas como de alto contenido salino (a través del parámetro CE, equivalente al TSD), cosa que por lo demás es una condición natural de las aguas en las zonas áridas.

De acuerdo con lo anterior, se puede concluir que hay una tendencia de salinización natural de las aguas subterráneas debido a su flujo en un ambiente desértico, y al uso y reuso de las mismas.

El Boro estaría presente, aunque no superando los 2 mg/l, debido a una condición geológica natural de la cuenca (cuya fuente son las rocas ígneas y sedimentarias), fenómeno que también ocurre para las aguas superficiales. Las aguas de ambientes volcánicos, como las del presente caso, son ricas en Boro. De acuerdo con una publicación especializada, el Boro en forma natural en el agua subterránea puede llegar hasta una concentración de 4 mg/l<sup>6</sup>, para las condiciones antes señaladas.

En el reciente estudio publicado por la DGA sobre la calidad objetivo en cursos y cuerpos de agua superficial, se concluye que la calidad natural del río Huasco es clasificada como buena, en donde exceden respecto a un agua pura algunos metales como el cromo, hierro, boro, manganeso, molibdeno, aluminio, sulfatos y la conductividad eléctrica<sup>7</sup>, lo que corrobora los resultados del presente trabajo. Dicho estudio también concluye que la litología influye en la presencia de muchos iones en solución, principalmente metálicos.

En definitiva en este valle no se ha detectado la presencia de contaminación antrópica alguna para las aguas subterráneas, considerando la cantidad y densidad de información tenida en cuenta en el presente estudio.

#### **6.4.2 Mataquito**

También en este caso se efectuaron tres campañas de muestreo, la primera en el mes de Marzo de 2005, la segunda en Mayo de 2005 y la tercera en Septiembre de 2005.

Los resultados de las campañas para el valle del Mataquito se entregan en la Tabla 6.4-5, Tabla 6.4-6 y Tabla 6.4-7 correspondientes a las tres campañas respectivamente.

---

<sup>6</sup> Water Quality Guide Sourcebook, Inland Waters Directorate - Water Quality Branch, Ottawa Canada, 1979, Pag, 8.

<sup>7</sup> Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Agua según Objetivos de Calidad, cuenca Huasco, DGA, 2004.

En dichas tablas, además de los resultados de cada muestreo y su identificación, se muestran los valores límites establecidos por las normas de comparación, que corresponden a: la Norma de Agua para Riego Nch 1333, la recomendación para las Normas Secundarias de CONAMA, y otra perteneciente a una guía de referencia Canadiense sobre parámetros ambientales de calidad de las aguas<sup>8</sup>. También se incluye una matriz que indica si el parámetro está excedido, y, respecto de qué límites de referencia (1333 o Sec.).

De acuerdo con los resultados obtenidos para las campañas, sólo algunos parámetros sobrepasan los límites de las normas (la de riego o la recomendación para la norma secundaria). Los parámetros excedidos son:

- a) Respecto de la norma 1333; Hierro y Manganeseo.
- b) Respecto de la guía sobre normas secundarias; Aluminio.

Para visualizar de mejor forma la situación dentro de la cuenca se han preparado las Figuras 6.4-14 a la 6.4-16, que muestran los resultados para Aluminio, Hierro y Manganeseo.

De la misma forma en que se presentan los resultados de los recientes muestreos, los valores de los análisis históricos (para fechas entre 1990 y 2001) se muestran en la Tabla 6.4-8. Dichos resultados muestran casi la misma tendencia que la obtenida en los muestreos, es decir, sólo algunos parámetros aparecen altos; el Manganeseo, Molibdeno y Nitritos. En las Figuras 6.4-17 a la 6.4-19 se pueden ver esos resultados históricos dentro de la cuenca, para Manganeseo, Molibdeno y Nitritos.

El Aluminio es especialmente alto en el punto M-1, que se ubica en el sector costero de Lora, aguas abajo de Licantén, con valores entre 1.4 mg/l y 0.4 mg/l para la primera y segunda campaña, respectivamente. En los valores históricos (1990-2001) el aluminio aparece alto en los pozos 340 y 338 ubicados entre Sarmiento y Romeral (en los mismos en que aparece alto el Molibdeno como se señala más adelante).

En el reciente estudio de la DGA sobre calidad objetivo, se señala que: *“el origen del Aluminio en la cuenca esta ligado a la actividad volcánica de la región. Las ignimbritas y micas, que por efectos de meteorización, originan arcillas más el pH y el efecto del arrastre por escorrentías origina que los compuestos aluminico-silicatos se encuentren siempre presentes en los cursos del Mataquito. Los aumentos puntuales de la concentración de aluminio se producen generalmente durante el derretimiento de nieves ácidas. Por otra parte, dado que la cantidad de aluminio insoluble en los suelos es grande, cambios muy pequeños en las condiciones del suelo, pueden*

---

<sup>8</sup> Water Quality Guide Sourcebook, Inland Waters Directorate - Water Quality Branch, Ottawa Canada, 1979.

*llevar a incrementos relativamente grandes en aguas naturales cercanas (lluvias levemente ácidas)".<sup>9</sup>*

El Manganeseo se registra alto en el mismo punto ubicado en Lora (M-1), con valores de 0.75 mg/l y 0.76 mg/l en los dos primeros muestreos. En el resto de los pozos los valores varían entre 0.01 mg/l y 0.02 mg/l. Los muestreos históricos también registran esta tendencia, con valores de entre 0.3 mg/l y 0.6 mg/l para pozos del sector de desembocadura (P-284 y P-110 o M-1) y de Hualañé (P-128) (ver Figura 6.4-17).

El Hierro también es alto en M-1 en términos relativos a los otros puntos, con valores de entre 17 mg/l y 19 mg/l en los dos primeros muestreos. En el resto de los pozos los valores varían entre 0.01 mg/l y 0.02 mg/l. Según los datos históricos también se reporta un valor relativamente alto en el pozo P-110 o M-1, de 7.9 mg/l.

Hay que tener cuidado al establecer conclusiones respecto de este punto M-1, que se ubica aguas abajo de Licantén, pues para ese mismo punto los valores de CE, Cloruros, Sulfatos son bajos, incluso menores que para puntos ubicados aguas arriba de Licantén.

Por otro lado está el hecho que tanto el Hierro (segundo elemento más abundante en la corteza terrestre), como el Manganeseo (también abundante), son elementos que se encuentran normalmente presentes en el agua subterránea, particularmente en casi la totalidad de las aguas en el entorno a la Cordillera de la Costa entre la III y IX Regiones de nuestro país. Esto hace que sean relativamente más altos respecto de los puntos de aguas arriba, debido al aporte local de minerales provenientes de la meteorización de rocas de la Cordillera de la Costa. En efecto, según el estudio geológico, en esa cordillera las rocas consolidadas son mayoritariamente Intrusivas, Metamórficas (del Batolito Costero) y, en menor proporción Sedimentarias y Volcanoclásticas. Una importante fuente natural de Manganeseo son los minerales de las rocas Ígneas (o Intrusivas) y Metamórficas. Ocurre lo mismo con el Hierro y Aluminio<sup>10</sup>. Por último, cabe mencionar que el estudio de calidad objetivo de la DGA concluye que el contenido de Manganeseo y Hierro de las aguas superficiales estaría asociado a la litología de la cuenca. Asimismo, ese estudio concluye que *"en la zona litoral existe una fuerte interrelación entre el acuífero y el río Mataquito, el cual le adiciona metales en solución (al río), los cuales provienen de la lixiviación de toda la litología existente desde la Cordillera de los Andes hasta el litoral mismo"* (estudio citado pág. 92).

El Molibdeno según los registros históricos aparece levemente alto, con valores entre 0.02 mg/l y 0.06 mg/l, en sólo tres puntos ubicados en el sector de

---

<sup>9</sup> Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Agua según Objetivos de Calidad, cuenca Mataquito, DGA, 2004. página 91.

<sup>10</sup> Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water, J. Hem, USGS Water Paper 2254, 1989.

Sarmiento al Noreste de Curicó (Figura 6.4-18). Este metal normalmente se encuentra en trazas en las aguas naturales ( $< 1 \text{ mg/l}^{11}$ ).

Según los registros históricos, los Nitritos resultan levemente altos en puntos aislados entre Peralillo y La Huerta (P-241) y en el valle central (al Oriente, al Norte y al Sureste de Curicó), por lo que no reviste mayor incidencia, pudiendo ser atribuido a fuentes puntuales y locales (ver Figura 6.4-19). Además, está el hecho que este compuesto es inestable en la presencia de oxígeno, siendo un nexo entre Amonio y Nitrato dentro del proceso de Nitrificación.

A grandes rasgos no habría hechos que pudieran señalar una contaminación antrópica claramente definida y extendida, salvo casos puntuales en el valle central. Los casos señalados para el Manganeso, Hierro y Aluminio en el pozo M-1 de Lora, hacen aconsejable no aventurar una conclusión hasta haber concluido el estudio.

---

<sup>11</sup> Water Quality Guide Sourcebook, Inland Waters Directorate - Water Quality Branch, Ottawa Canada, 1979, Pag, 24

Tabla 6.4-1  
Parámetros Según Norma Nch 1333, Agua para Riego:  
1ª Campaña Huasco (Marzo 2005)

Normas de Referencia				Parámetros y Requisitos Norma Nch 1333 Agua para Riego y otras													
				Aluminio	Arsénico	Bario	Berilio	Boro	Cadmio	Cianuros	Cloruros	Cobalto	Cobre	Cromo Total	Fluoruro	Hierro	
				Unidades	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]
				Limite Nch 1333	5	0.1	4	0.1	0.75	0.01	0.2	200	0.05	0.2	0.1	1	5
Limite Norma Secun. Clase 2 (1)	0.1	0.1			0.75	0.01	0.01	150		0.2	0.1	1.5	5				
CANADA (2)	1 (a)	0,01 (a)	1 (a)	0,001 (a)	5 (b)	0,005 (b)	0,2 (b)	250 (b)	0,0001 (a)	1		10 (a)					
Punto de Muestreo																	
Laboratorio	Nº Identif.	NºCatastro	Fecha														
Nº Análisis	Estudio	Estudio															
48479	H-1	79	17-03-05	0.21	0.001	0.06	0.01	1.02	0.005	0.02	629	0.03	0.01	0.02	0.31	0.05	
48480	H-2	94	17-03-05	0.26	0.004	0.06	0.01	1.9	0.005	0.02	384	0.03	0.01	0.02	0.24	0.56	
48483	H-3	59	17-03-05	0.1	0.004	0.06	0.01	1.23	0.005	0.02	152	0.03	0.01	0.02	0.27	0.39	
48512	H-4	54	18-03-05	0.26	0.001	0.06	0.01	1.8	0.005	0.02	230	0.03	0.01	0.02	0.36	2.67	
48482	H-5	66	17-03-05	0.13	0.005	0.06	0.01	1.84	0.005	0.02	97.8	0.03	0.01	0.02	0.43	0.07	
48513	H-6	110	18-03-05	0.1	0.009	0.06	0.01	0.68	0.005	0.02	40	0.03	0.01	0.02	0.44	0.05	
48481	H-7	48	17-03-05	0.1	0.001	0.06	0.01	0.64	0.005	0.02	33.4	0.03	0.01	0.02	0.34	0.05	
48509	H-8	2	18-03-05	0.6	0.002	0.06	0.01	1.13	0.005	0.02	14.7	0.03	0.01	0.02	0.38	0.05	
48510	H-9	11	18-03-05	0.21	0.004	0.06	0.01	0.87	0.005	0.02	15.5	0.03	0.01	0.02	0.34	0.05	
48511	H-10	45	18-03-05	0.12	0.001	0.06	0.01	0.62	0.005	0.02	13.2	0.03	0.01	0.02	0.37	0.06	

Punto de Muestreo				MATRIZ DE VALORES EXCEDIDOS RESPECTO DE LA NORMA NCH 1333													
Laboratorio	Nº Identif.	NºCatastro	Fecha														
Nº Análisis	Estudio	Estudio															
48479	H-1	79	17-03-05	Sec.				1333				1333					
48480	H-2	94	17-03-05	Sec.				1333				1333					
48483	H-3	59	17-03-05					1333				Sec.					
48512	H-4	54	18-03-05	Sec.				1333				1333					
48482	H-5	66	17-03-05	Sec.				1333									
48513	H-6	110	18-03-05														
48481	H-7	48	17-03-05														
48509	H-8	2	18-03-05	Sec.				1333									
48510	H-9	11	18-03-05	Sec.				1333									
48511	H-10	45	18-03-05	Sec.													

**Tabla 6.4-1 (Continuación)**  
**Parámetros Según Norma Nch 1333, Agua para Riego (Continuación):**  
**1ª Campaña Huasco (Marzo 2005)**

Normas de Referencia				Parámetros y Requisitos Norma Nch 1333 Agua para Riego y otras																
				Litio	Manganeso	Mercurio	Molibdeno	Níquel	pH	Plata	Plomo	Porcentaje de Sodio	Selenio	Sulfatos	Vanadio	Zinc	Cloro Libre Residual	Coliformes Fecales	Turbiedad	
Unidades				[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[%]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[NMP/100ml]	UNT		
Limite Nch 1333				2.5	0.2	0.001	0.01	0.2	5,5-9,0	0.2	5	35	0.02	250	0.1	2	1000	30		
Limite Norma Secun. Clase 2 (1)					0.2	0.00005	0.15	0.2	6,5-8,5		0.2		0.02	500		1	2000			
CANADA (2)							1 (a)	0,1 (a)		0,05 (b)	0,05 (b)		0,01 (b)		0,1 (a)	5 (b)				
Punto de Muestreo																				
Laboratorio	Nº Identif.	NºCatastro	Fecha																	
Nº Análisis	Estudio	Estudio																		
48479	H-1	79	17-03-05	0.1	0.01	0.0005	0.01	0.05	7.85	0.05	0.03	37.8	0.005	636	0.02	0.02	0	2	3.85	
48480	H-2	94	17-03-05	0.13	0.03	0.0005	0.01	0.05	7.89	0.05	0.03	60.1	0.005	782	0.02	0.02	0	2	0.65	
48483	H-3	59	17-03-05	0.11	0.01	0.0005	0.01	0.05	7.89	0.05	0.03	35.5	0.005	1013	0.02	0.88	0	2	3.2	
48512	H-4	54	18-03-05	0.1	0.07	0.0005	0.01	0.05	8.2	0.05	0.03	63.6	0.005	547	0.02	0.11	0	4.5	5.14	
48482	H-5	66	17-03-05	0.1	0.19	0.0005	0.01	0.05	8.08	0.05	0.03	55.8	0.005	478	0.02	0.01	0	2	3.8	
48513	H-6	110	18-03-05	0.1	0.01	0.0005	0.01	0.05	8.3	0.05	0.03	39.3	0.005	221	0.02	0.01	0	2	0.52	
48481	H-7	48	17-03-05	0.1	0.01	0.0005	0.01	0.05	7.68	0.05	0.03	20.8	0.005	296	0.02	0.01	0	2	0.5	
48509	H-8	2	18-03-05	0.1	0.01	0.0005	0.01	0.05	8.06	0.05	0.03	9.39	0.005	320	0.02	0.02	0	2	0.59	
48510	H-9	11	18-03-05	0.1	0.01	0.0005	0.01	0.05	8.3	0.05	0.03	10.8	0.005	241	0.02	0.06	0	2	1.22	
48511	H-10	45	18-03-05	0.1	0.01	0.0005	0.01	0.05	8.31	0.05	0.03	9.79	0.005	177	0.02	0.06	0	2	0.85	
Punto de Muestreo				MATRIZ DE VALORES EXCEDIDOS RESPECTO DE LA NORMA NCH 1333																
Laboratorio	Nº Identif.	NºCatastro	Fecha																	
Nº Análisis	Estudio	Estudio																		
48479	H-1	79	17-03-05										1333							
48480	H-2	94	17-03-05										1333							
48483	H-3	59	17-03-05										1333							
48512	H-4	54	18-03-05										1333							
48482	H-5	66	17-03-05										1333							
48513	H-6	110	18-03-05										1333							
48481	H-7	48	17-03-05											1333						
48509	H-8	2	18-03-05											1333						
48510	H-9	11	18-03-05																	
48511	H-10	45	18-03-05																	

**Tabla 6.4-1 (Continuación)**  
**Parámetros Según Proyecto de Norma Secundaria y Otros:**  
**1ª Campaña Huasco (Marzo 2005)**

Normas de Referencia				Otros Parámetros (con Límites de Referencia según otras Normas)																	
Unidades				Alcalinidad Total	Bicarbonatos	Calcio	Carbonatos	Compuestos Fenólicos	Conductividad	DBO5	DQO	Dureza Total	Fósforo Total	Magnesio	Nitratos	Nitritos	Potasio	RAS	Sólidos Disueltos Totales	Sodio	
Límite Norma Secun. Clase 2 (1)				[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[uS/cm]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]			[mg/l]	[mg/l]	
CANADA (2)								0.002	1500	10								6	1000		
Nch 409								0.002 (b)				0.2 (b)		125	10	10 (b)	1 (b)				
Punto de Muestreo																					
Laboratorio	Nº Identif.	Nº Catastro	Fecha																		
48479	H-1	79	17-03-05	195	238	337	195	NM	2930	2	10	1140	NM	70.5	3.99	0.05	7.8	4.13	2042	319	
48480	H-2	94	17-03-05	305	372	196	305	NM	2710	2	10	750	NM	36.6	4.45	0.05	6.77	7.71	1879	448	
48483	H-3	59	17-03-05	184	225	313	184	NM	2220	2	10	880	NM	27.3	5.47	0.05	4.24	3.3	1309	227	
48512	H-4	54	18-03-05	105	128	100	105	NM	1708	2	9	433	NM	30.5	1.63	0.05	6.11	6.9	1182	307	
48482	H-5	66	17-03-05	274	334	111	274	NM	1463	2	6	407	NM	20.9	2.55	0.05	4.25	4.89	992	214	
48513	H-6	110	18-03-05	183	223	97.8	183	NM	778	2	8	336	NM	16.7	4.68	0.05	3.7	2.32	533	94.4	
48481	H-7	48	17-03-05	175	214	155	175	NM	860	2	10	470	NM	19.8	2.18	0.05	2.02	1.14	585	56.8	
48509	H-8	2	18-03-05	215	262	203	215	NM	840	2	10	548	NM	23.6	3.7	0.05	2.4	0.51	567	28.9	
48510	H-9	11	18-03-05	185	226	156	185	NM	727	2	9	406	NM	20.8	3.72	0.05	2.08	0.54	483	26.5	
48511	H-10	45	18-03-05	153	187	140	153	NM	582	2	8	412	NM	13.4	2.43	0.05	2.28	0.44	399	20.2	

Punto de Muestreo				MATRIZ DE VALORES EXCEDIDOS RESPECTO DE LA GUIA PARA NORMAS SECUNDARIAS (PARA AGUAS CLASE 2)																		
Laboratorio																						
Nº Análisis	Estudio	Estudio																				
48479	H-1	79	38428					Sec														Sec
48480	H-2	94	17-03-05					Sec														Sec
48483	H-3	59	17-03-05					Sec														Sec
48512	H-4	54	18-03-05					Sec														Sec
48482	H-5	66	17-03-05																			
48513	H-6	110	18-03-05																			
48481	H-7	48	17-03-05																			
48509	H-8	2	18-03-05																			
48510	H-9	11	18-03-05																			
48511	H-10	45	18-03-05																			

1333 Lab. informa que está bajo el valor indicado (<valor indicado)

Sec. Excedido respecto de la Nch 1333 agua para Riego

NM Excedido según Guía Normas Secundarias, aguas continentales clase 2

Notas No medido en esta campaña

(1): Límite para aguas Clase 2 (buena calidad para riego, bebida de animales, acuicultura, pesca) según Tabla 1 de la Guía para Establecimiento de Normas Secundarias de Aguas Continentales Superficiales y Marinas, CONAMA, Dic. 2004

(2): Recomendaciones según: "A Guide to Waters Quality Parameters" de Inland Directorate, Ottawa Canada. Tipos de aguas correspondientes (a) rango ambiental en aguas continentales

(b) límite máximo recomendado para consumo humano

(c) límite máximo recomendado para la vida acuática

Tabla 6.4-2  
Parámetros Según Norma Nch 1333, Agua para Riego:  
2ª Campaña Huasco (Mayo 2005)

Normas de Referencia				Parámetros y Requisitos Norma Nch 1333 Agua para Riego y otras													
				Aluminio	Arsénico	Bario	Berilio	Boro	Cadmio	Cianuros	Cloruros	Cobalto	Cobre	Cromo Total	Fluoruro	Hierro	
				[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	
				Limite Nch 1333	0.1	4	0.1	0.75	0.01	0.2	200	0.05	0.2	0.1	1	5	
Unidades																	
Limite Norma Secun. Clase 2 (1)				0.1	0.1			0.75	0.01	0.01	150		0.2	0.1	1.5	5	
CANADA (2)				1 (a)	0,01 (a)	1 (a)	0,001 (a)	5 (b)	0,005 (b)	0,2 (b)	250 (b)	0,0001 (a)	1		10 (a)		
Punto de Muestreo																	
Laboratorio	Nº Identif.	Nº Catastro	Fecha														
Nº Análisis	Estudio	Estudio															
50009	H-1	79	13-05-05	0.16	0.002	NM	NM	0.02	NM	0.02	537	NM	0.01	0.02	0.2	0.05	
50012	H-2	94	13-05-05	0.08	0.001	NM	NM	0.02	NM	0.02	374	NM	0.02	0.02	0.26	0.05	
50011	H-3	59	13-05-05	0.1	0.006	NM	NM	0.02	NM	0.02	93.6	NM	0.05	0.02	0.31	0.19	
50010	H-4	54	13-05-05	0.22	0.001	NM	NM	0.02	NM	0.02	192	NM	0.02	0.02	0.39	5.72	
50014	H-5	66	13-05-05	0.06	0.006	NM	NM	0.02	NM	0.02	81.3	NM	0.01	0.02	0.53	0.13	
50013	H-6	110	13-05-05	0.22	0.01	NM	NM	0.02	NM	0.02	55.4	NM	0.06	0.02	0.37	0.05	
50022	H-7	48	14-05-05	0.36	0.002	NM	NM	0.02	NM	0.02	28.1	NM	0.01	0.02	0.48	0.05	
50020	H-8	2	14-05-05	0.05	0.002	NM	NM	0.02	NM	0.02	14.3	NM	0.01	0.02	0.69	0.05	
50021	H-9	11	14-05-05	0.06	0.01	NM	NM	0.02	NM	0.02	14.8	NM	0.01	0.02	0.42	0.87	
50126	H-10	45	19-05-05	0.06	0.001	NM	NM	0.02	NM	0.02	14.9	NM	0.01	0.02	0.48	4.84	

Punto de Muestreo				MATRIZ DE VALORES EXCEDIDOS RESPECTO DE LA NORMA NCH 1333												
Laboratorio	Nº Identif.	Nº Catastro	Fecha													
Nº Análisis	Estudio	Estudio														
50009	H-1	79	13-05-05	Sec.												
50012	H-2	94	13-05-05		1333											
50011	H-3	59	13-05-05		1333											
50010	H-4	54	13-05-05	Sec.												
50014	H-5	66	13-05-05													
50013	H-6	110	13-05-05	Sec.												
50022	H-7	48	14-05-05	Sec.												
50020	H-8	2	14-05-05													
50021	H-9	11	14-05-05													
50126	H-10	45	19-05-05													

**Tabla 6.4-2 (Continuación)**  
**Parámetros Según Norma Nch 1333, Agua para Riego (Continuación):**  
**2ª Campaña Huasco (Mayo 2005)**

Normas de Referencia				Parámetros y Requisitos Norma Nch 1333 Agua para Riego y otras															
				Litio	Manganeso	Mercurio	Molibdeno	Niquel	pH	Plata	Plomo	Porcentaje de Sodio	Selenio	Sulfatos	Vanadio	Zinc	Cloro Libre Residual	Coliformes Fecales	Turbiedad
Unidades				[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[NMP/100ml]	UNT		
Limite Nch 1333				2.5	0.2	0.001	0.01	0.2	5,5-9,0	0.2	5	0.02	250	0.1	2	1000	30		
Limite Norma Secun. Clase 2 (1)					0.2	0.00005	0.15	0.2	6,5-8,5		0.2		500		1	2000			
CANADA (2)							1 (a)	0,1 (a)						0,1 (a)	5 (b)				
Punto de Muestreo																			
Laboratorio	Nº Identif.	Nº Catastro	Fecha																
Nº Análisis	Estudio	Estudio																	
50009	H-1	79	13-05-05	0.12	0.01	NM	0.01	NM	7.52	NM	NM	35.9	NM	723	NM	0.01	NM	2	0.6
50012	H-2	94	13-05-05	0.18	0.01	NM	0.01	NM	7.88	NM	NM	44	NM	921	NM	0.01	NM	2	0.52
50011	H-3	59	13-05-05	0.13	0.01	NM	0.01	NM	7.73	NM	NM	51.1	NM	626	NM	0.04	NM	20	0.23
50010	H-4	54	13-05-05	0.08	0.1	NM	0.01	NM	7.56	NM	NM	65.1	NM	513	NM	0.07	NM	45	8.21
50014	H-5	66	13-05-05	0.08	0.33	NM	0.01	NM	8.05	NM	NM	53.2	NM	459	NM	0.01	NM	2	0.43
50013	H-6	110	13-05-05	0.03	0.01	NM	0.01	NM	8.27	NM	NM	44.2	NM	231	NM	0.01	NM	2	0.28
50022	H-7	48	14-05-05	0.06	0.01	NM	0.01	NM	7.61	NM	NM	19.4	NM	264	NM	0.01	NM	2	0.24
50020	H-8	2	14-05-05	0.06	0.03	NM	0.01	NM	7.74	NM	NM	10.2	NM	318	NM	0.03	NM	2	0.8
50021	H-9	11	14-05-05	0.04	0.04	NM	0.01	NM	7.52	NM	NM	10	NM	293	NM	0.02	NM	2	0.38
50126	H-10	45	19-05-05	0.04	0.01	NM	0.01	NM	7.99	NM	NM	10.4	NM	191	NM	0.01	NM	2	5.57

Punto de Muestreo				MATRIZ DE VALORES EXCEDIDOS RESPECTO DE LA NORMA NCH 1333													
Laboratorio	Nº Identif.	Nº Catastro	Fecha														
Nº Análisis	Estudio	Estudio															
50009	H-1	79	13-05-05									1333		1333			
50012	H-2	94	13-05-05									1333		1333			
50011	H-3	59	13-05-05									1333		1333			
50010	H-4	54	13-05-05									1333		1333			
50014	H-5	66	13-05-05									1333		1333			
50013	H-6	110	13-05-05		1333							1333		1333			
50022	H-7	48	14-05-05											1333			
50020	H-8	2	14-05-05											1333			
50021	H-9	11	14-05-05											1333			
50126	H-10	45	19-05-05											1333			

**Tabla 6.4-2 (Continuación)**  
**Parámetros Según Proyecto de Norma Secundaria y Otros:**  
**2ª Campaña Huasco (Mayo 2005)**

Normas de Referencia				Otros Parámetros (con Límites de Referencia según otras Normas)																	
Unidades				Alcalinidad Total	Bicarbonatos	Calcio	Carbonatos	Compuestos Fenólicos	Conductividad	DBO5	DQO	Dureza Total	Fósforo Total	Magnesio	Nitratos	Nitritos	Potasio	RAS	Sólidos Disueltos Totales	Sodio	
Limite Norma Secun. Clase 2 (1) CANADA (2) Nch 409				[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[uS/cm]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]		[mg/l]	[mg/l]	
Punto de Muestreo																					
Laboratorio	Nº Identif.	NºCatastro	Fecha																		
Nº Análisis	Estudio	Estudio	Fecha																		
50009	H-1	79	13-05-05	235	287	393	235	0.001	2990	2	10	1013	0.04	64.5	2.22	0.05	7.95	3.98	1909	323	
50012	H-2	94	13-05-05	273	333	321	273	0.001	2880	2	10	880	0.02	62	4.21	0.05	9.3	5.15	2007	385	
50011	H-3	59	13-05-05	214	261	162	214	0.001	1703	2	9	460	0.02	26.4	2.26	0.05	4.75	4.78	1124	249	
50010	H-4	54	13-05-05	129	157	92.2	129	0.001	1729	10	19	270	0.04	28.3	1	0.05	6.67	7.1	1189	304	
50014	H-5	66	13-05-05	281	343	132	281	0.001	1518	2	10	375	0.03	21	2.55	0.05	4.71	4.69	889	220	
50013	H-6	110	13-05-05	190	232	83.4	190	0.001	897	2	11	260	0.02	18	1.94	0.05	4.61	2.72	599	105	
50022	H-7	48	14-05-05	175	214	143	175	0.001	826	2	10	364	0.02	19.1	1	0.05	2.24	1.01	559	48.4	
50020	H-8	2	14-05-05	215	262	180	215	0.001	914	2	9	484	0.06	23.2	1	0.05	2.58	0.54	607	28.7	
50021	H-9	11	14-05-05	185	226	162	185	0.001	846	2	9	444	0.02	22.2	1.58	0.05	2.57	0.5	573	25.6	
50126	H-10	45	19-05-05	144	176	137	144	0.001	584	2	8	366	0.07	14.1	1.37	0.05	2.41	0.47	370	21.4	
Punto de Muestreo				MATRIZ DE VALORES EXCEDIDOS RESPECTO DE LA GUIA PARA NORMAS SECUNDARIAS (PARA AGUAS CLASE 2)																	
Laboratorio	Nº Identif.	NºCatastro	Fecha																		
Nº Análisis	Estudio	Estudio	Fecha																		
50009	H-1	79	13-05-05																		Sec
50012	H-2	94	13-05-05																		Sec
50011	H-3	59	13-05-05																		Sec
50010	H-4	54	13-05-05																		Sec
50014	H-5	66	13-05-05																		Sec
50013	H-6	110	13-05-05																		
50022	H-7	48	14-05-05																		
50020	H-8	2	14-05-05																		
50021	H-9	11	14-05-05																		
50126	H-10	45	19-05-05																		

1333 Lab. informa que está bajo el valor indicado (<valor indicado)

Sec. Excedido respecto de la Nch 1333 agua para Riego

NM Excedido según Guía Normas Secundarias, aguas continentales clase 2

Notas No medido en esta campaña

(1): Limite para aguas Clase 2 (buena calidad para riego, bebida de animales, acuicultura, pesca) según Tabla 1 de la Guía para Establecimiento de Normas Secundarias de Aguas Continentales Superficiales y Marinas, CONAMA, Dic. 2004

(2) Recomendaciones según: "A Guide to Waters Quality Parameters" de Inland Directorate, Ottawa Canada. Tipos de aguas correspondientes (a) rango ambiental en aguas continentales

(b) límite máximo recomendado para consumo humano

(c) límite máximo recomendado para la vida acuática

Tabla 6.4-3  
Parámetros Según Norma Nch 1333, Agua para Riego:  
3ª Campaña Huasco (Septiembre 2005)

Normas de Referencia				Parámetros y Requisitos Norma Nch 1333 Agua para Riego y otras													Res. Sólidos Filtrables	Sólidos Susp. Totales
				Aluminio	Arsénico	Bario	Berilio	Boro	Cadmio	Cianuros	Cloruros	Cobalto	Cobre	Cromo Total	Fluoruro	Hierro		
				[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]		
				Unidades	Unidades	Unidades	Unidades	Unidades	Unidades	Unidades	Unidades	Unidades	Unidades	Unidades	Unidades	Unidades		
Limite Nch 1333				5	0.1	4	0.1	0.75	0.01	0.2	200	0.05	0.2	0.1	1	5		
Limite Norma Secun. Clase 2 (1)				0.1	0.1			0.75	0.01	0.01	150		0.2	0.1	1.5	5		
CANADA (2)				1 (a)	0.01 (a)	1 (a)	0.001 (a)	5 (b)	0.005 (b)	0.2 (b)	250 (b)	0.0001 (a)	1		10 (a)			
Punto de Muestreo																		
Laboratorio	Nº Identif.	Nº Catastro	Fecha															
Nº Análisis	Estudio	Estudio																
53974	H-1	79	22-09-05	0.05	0.01			0.64		0.02	41.1		0.01	0.02	0.43	0.05	531	89.2
53975	H-2	94	22-09-05	0.05	0.006			2.42		0.02	90.5		0.02	0.02	0.6	0.47	969	5
53976	H-3	59	22-09-05	0.31	0.001			2		0.02	164		0.01	0.02	0.42	9.75	1049	5
53977	H-4	54	22-09-05	3.14	0.005			0.7		0.02	99.1		0.01	0.02	0.22	0.1	1089	5
53978	H-5	66	22-09-05	0.05	0.002			1.86		0.02	362		0.01	0.02	0.24	0.05	1739	5
53979	H-6	110	22-09-05	0.08	0.002			1.54		0.02	504		0.01	0.02	0.37	0.05	1579	5
54011	H-7	48	23-09-05	0.05	0.002			0.23		0.02	20.1		0.01	0.02	0.48	0.05	417	5
54012	H-8	2	23-09-05	0.25	0.001			0.18		0.02	17.1		0.01	0.02	0.42	0.19	400	5
54013	H-9	11	23-09-05	0.08	0.004			0.32		0.02	21.5		0.01	0.02	0.38	0.29	567	5
54014	H-10	45	23-09-05	0.05	0.002			0.3		0.02	20.5		0.01	0.02	0.43	0.05	563	5
Punto de Muestreo				MATRIZ DE VALORES EXCEDIDOS RESPECTO DE LA NORMA NCH 1333														
Laboratorio	Nº Identif.	Nº Catastro	Fecha															
Nº Análisis	Estudio	Estudio																
53974	H-1	79	22-09-05															
53975	H-2	94	22-09-05															
53976	H-3	59	22-09-05	Sec.														
53977	H-4	54	22-09-05	Sec.														
53978	H-5	66	22-09-05															
53979	H-6	110	22-09-05															
54011	H-7	48	23-09-05															
54012	H-8	2	23-09-05	Sec.														
54013	H-9	11	23-09-05															
54014	H-10	45	23-09-05															

Tabla 6.4-3 (Continuación)  
 Parámetros Según Norma Nch 1333, Agua para Riego (Continuación):  
 3ª Campaña Huasco (Septiembre 2005)

Normas de Referencia				Parámetros y Requisitos Norma Nch 1333 Agua para Riego y otras															
Unidades				Litio	Manganeso	Mercurio	Molibdeno	Níquel	pH	Plata	Plomo	Porcentaje de Sodio	Selenio	Sulfatos	Vanadio	Zinc	Cloro Libre Residual	Coliformes Fecales	Turbiedad
Limite Nch 1333				[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[%]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[NMP/100ml]	UNT
Limite Norma Secun. Clase 2 (1)				2.5	0.2	0.001	0.01	0.2	5.5-9.0	0.2	5	35	0.02	250	0.1	2		1000	30
CANADA (2)					0.2	0.00005	0.15	0.2	6.5-8.5		0.2		0.02	500		1		2000	
Punto de Muestreo							1 (a)	0,1 (a)		0,05 (b)	0,05 (b)		0,01 (b)		0,1 (a)	5 (b)			
Laboratorio	Nº Identif.	Nº Catastro	Fecha																
Nº Análisis	Estudio	Estudio																	
53974	H-1	79	22-09-05	0.05	0.01		0.01		7.55			39.3		238		0.01		2	0.36
53975	H-2	94	22-09-05	0.09	0.4		0.01		7.91			55.3		474		0.03		2	2.96
53976	H-3	59	22-09-05	0.08	0.13		0.01		7.89			68.6		473		0.08		230	21
53977	H-4	54	22-09-05	0.13	0.01		0.01		8			51.2		666		0.05		2	1.25
53978	H-5	66	22-09-05	0.16	0.01		0.01		7.99			55.5		841		0.02		2	0.81
53979	H-6	110	22-09-05	0.12	0.01		0.01		7.86			38.6		788		0.03		2	0.78
54011	H-7	48	23-09-05	0.06	0.01		0.01		7.7			15.4		263		0.04		2	0.21
54012	H-8	2	23-09-05	0.05	0.01		0.01		7.54			9.7		190		0.02		2	0.93
54013	H-9	11	23-09-05	0.06	0.01		0.01		7.67			10.8		289		0.01		2	1.89
54014	H-10	45	23-09-05	0.07	0.01		0.01		7.57			12.3		309		0.01		2	0.56

Punto de Muestreo				MATRIZ DE VALORES EXCEDIDOS RESPECTO DE LA NORMA NCH 1333															
Laboratorio	Nº Identif.	Nº Catastro	Fecha																
Nº Análisis	Estudio	Estudio																	
53974	H-1	79	22-09-05																
53975	H-2	94	22-09-05		1333														
53976	H-3	59	22-09-05																
53977	H-4	54	22-09-05																
53978	H-5	66	22-09-05																
53979	H-6	110	22-09-05																
54011	H-7	48	23-09-05																
54012	H-8	2	23-09-05																
54013	H-9	11	23-09-05																
54014	H-10	45	23-09-05																

**Tabla 6.4-3 (Continuación)**  
**Parámetros Según Proyecto de Norma Secundaria y Otros:**  
**3ª Campaña Huasco (Septiembre 2005)**

Normas de Referencia				Otros Parámetros (con Límites de Referencia según otras Normas)																		
Unidades				Alcalinidad Total	Bicarbonatos	Calcio	Carbonatos	Compuestos Fenólicos	Conductividad	DBO5	DQO	Dureza Total	Fósforo Total	Magnesio	Nitratos	Nitritos	Potasio	RAS	Sólidos Disueltos Totales	Sodio		
Límite Norma Secun. Clase 2 (1)				[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[uS/cm]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]		
CANADA (2)								0.002	1500	10								6	1000			
Nch 409								0.002 (b)					0.2 (b)		10 (b)	1 (b)						
Punto de Muestreo																						
Laboratorio	Nº Identif.	Nº Catastro	Fecha																			
Nº Análisis	Estudio	Estudio																				
53974	H-1	79	22-09-05	191	233	88.2		0.001	849	2	0.3	320	0.29	17.8	2.12	0.05	4.62	2.27			89.2	
53975	H-2	94	22-09-05	291	355	124		0.001	1505	2	0.3	420	0.25	20.4	0.93	0.05	4.71	4.98			227	
53976	H-3	59	22-09-05	121	147.6	74.1		0.001	1582	2	0	215	0.45	22.4	4.94	0.15	5.85	7.47			286	
53977	H-4	54	22-09-05	228	278.2	150		0.001	1699	2	0.3	530	0.32	29.6	1.52	0.05	4.69	4.73			242	
53978	H-5	66	22-09-05	293	357.5	212		0.001	2770	2	0.3	770	0.10	44.7	1.99	0.05	8.44	6.75			414	
53979	H-6	110	22-09-05	250	305	353		0.001	2870	2	3	1200	0.25	64.5	1.72	0.05	8.66	4.29			334	
54011	H-7	48	23-09-05	135	165	121		0.001	702	2	1	342	0.29	17.2	1.08	0.05	2.26	0.71			31.5	
54012	H-8	2	23-09-05	159	194	111		0.001	627	2	0.3	330	0.10	10.8	1.39	0.05	1.94	0.4			16.5	
54013	H-9	11	23-09-05	188	229	148		0.001	830	2	0.3	464	0.27	21.6	2.61	0.05	3.11	0.52			25.8	
54014	H-10	45	23-09-05	215	262	135		0.001	899	2	0	560	0.27	23	1.7	0.05	2.64	0.59			28.1	
Punto de Muestreo				MATRIZ DE VALORES EXCEDIDOS RESPECTO DE LA GUIA PARA NORMAS SECUNDARIAS (PARA AGUAS CLASE 2)																		
Laboratorio	Nº Identif.	Nº Catastro	Fecha																			
Nº Análisis	Estudio	Estudio																				
53974	H-1	79	22-09-05																			
53975	H-2	94	22-09-05																			
53976	H-3	59	22-09-05																			
53977	H-4	54	22-09-05																			
53978	H-5	66	22-09-05																			
53979	H-6	110	22-09-05																			
54011	H-7	48	23-09-05																			
54012	H-8	2	23-09-05																			
54013	H-9	11	23-09-05																			
54014	H-10	45	23-09-05																			

1333 Lab. informa que está bajo el valor indicado (<valor indicado)

Sec. Excedido respecto de la Nch 1333 agua para Riego

NM Excedido según Guía Normas Secundarias, aguas continentales clase 2

Notas No medido en esta campaña

(1) Límite para aguas Clase 2 (buena calidad para riego, bebida de animales, acuicultura, pesca) según Tabla 1 de la Guía para Establecimiento de Normas Secundarias de Aguas Continentales Superficiales y Marinas, CONAMA, Dic. 2004

(2) Recomendaciones según: "A Guide to Waters Quality Parameters" de Inland Directorate, Ottawa Canada. Tipos de aguas correspondientes (a) rango ambiental en aguas continentales

(b) límite máximo recomendado para consumo humano

(c) límite máximo recomendado para la vida acuática

Tabla 6.4-4  
Parámetros Históricos Según Norma Nch 1333, Agua para Riego

Normas de Referencia		Aluminio	Arsénico	Boro	Cadmio	Cianuros	Cloruros	Cobre	Cromo Total	Hierro	Litio	Manganeso	Mercurio	Molibdeno	pH	Plomo	Selenio	Sulfatos	Zinc	Cloro Libre Residual	Coliformes Fecales	Turbiedad	
Unidades		[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[NMP/100ml]	UNT	
Limite Nch 1333		5	0.1000	0.75	0.010	0.200	200	0.200	0.100	5.000	2.5	0.200	0.0010	0.01	5.5-9.0	5.000	0.020	250.000	2.000		1000	30	
Limite Norma Secun. Clase 2 (1)		0.1	0.1000	0.75	0.010	0.010	150	0.200	0.100	5.000		0.200	0.0001	0.15	6.5-8.5	0.200	0.020	500.000	1.000		2000		
CANADA (2)		1 (a)	0,01 (a)	5 (b)	0,005 (b)	0,2 (b)	250 (b)	1.000						1 (a)	0,05 (b)	0,01 (b)			5 (b)				
Punto de Muestreo																							
NºCatastro	Estudio	Fecha																					
	113	13-10-2004					23.60											229.000					
	109	13-10-2004		0.49			38.50											230.000					
	111	13-10-2004		0.53			19.90											261.000					
	114	13-10-2004		0.63			24.90											228.000					
	119	13-10-2004		0.65			17.40											229.000					
	108	13-10-2004		0.41			23.60											225.000					
	110	13-10-2004		0.35			32.30											224.000					
	28	13-12-2004		0.0050	0.010	0.010	10.00	0.040	0.010	0.100		0.050	0.0010		7.10	0.050	0.003	155.000	0.020	0.58		0.50	
	26	25-11-2003		0.0050	0.010	0.010	12.00	0.020	0.010	0.100		0.050	0.0010		7.00	0.050	0.003	165.000	0.040	0.60		0.20	
	31	25-11-2003		0.0050	0.010	0.010	13.00	0.030	0.010	0.140		0.050	0.0010		7.90	0.050	0.003	156.000	0.260	0.03		2.90	
	20	25-11-2003		0.0050	0.010	0.010	13.00	0.020	0.010	0.100		0.050	0.0010		7.30	0.050	0.003	158.000	0.200	0.67		0.30	
	14	25-11-2003		0.0050	0.010	0.010	18.00	0.020	0.010	0.100		0.050	0.0010		7.50	0.050	0.001	297.000	0.090			0.40	
	22	26-11-2003		0.0050	0.010	0.010	18.10	0.020	0.010	0.100		0.050	0.0010		7.40	0.050	0.003	173.000	0.160			0.50	
	33	25-11-2003		0.0050	0.010	0.010	26.00	0.020	0.010	0.100		0.050	0.0010		7.60	0.050	0.003	179.000	0.020	0.15		0.30	
	13	25-11-2003		0.0050	0.010	0.010	19.40	0.020	0.010	0.100		0.050	0.0010		8.00	0.050	0.003	156.000	0.020	0.38		0.40	
	17	25-11-2003		0.0050	0.010	0.010	19.00	0.050	0.010	0.100		0.050	0.0010		7.30	0.050	0.003	165.000	0.020	0.85		0.20	
	4	18-11-2003		0.0050	0.010	0.010	12.00	0.020	0.010	0.120		0.050	0.0010		7.30	0.050	0.003	243.000	0.140	0.05		0.60	
	3	18-11-2003		0.0050	0.010	0.010	12.00	0.030	0.010	0.100		0.050	0.0010		7.20	0.050	0.003	237.000	0.020	0.62		0.20	
	7	18-11-2003		0.0050	0.010	0.010	14.00	0.020	0.010	0.100		0.050	0.0010		7.50	0.050	0.003	237.000	0.060	0.59		0.30	
	47	18-11-2003		0.0050	0.010	0.010	12.00	0.020	0.010	0.100		0.050	0.0010		7.60	0.050	0.003	237.000	0.030				
	2	18-11-2003		0.0050	0.010	0.010	14.00	0.020	0.010	0.100		0.050	0.0010		7.30	0.050	0.003	274.000	0.020	0.53		0.30	
	1	15-06-2000	0.030	0.0010	0.10	0.001	0.005	42.40	0.006	0.001	0.057	0.002	0.009	0.0010	0.001	7.40	0.001	0.001	205.000	0.015	0.48		0.41
	48	18-11-2003		0.0050	0.010	0.010	13.00	0.020	0.010	0.100		0.050	0.0010		7.60	0.050	0.003	184.000	0.020	0.14		0.50	
	65	18-11-2003		0.0050	0.010	0.010	42.00	0.030	0.010	0.100		0.050	0.0010		7.50	0.050	0.003	228.000	0.060				
	5	23-02-2004		0.0050	0.010	0.010	11.00	0.020	0.010	0.100		0.050	0.0010		7.60	0.050	0.003	219.000	0.190			2.00	
	27	19-12-2003		0.0005	0.002	0.050	5.50	0.010	0.010	0.330		0.038	0.0002		8.14	0.001	0.002	147.000	0.017		2.00	0.00	
	65	18-11-2003		0.0050	0.010	0.010	42.00	0.030	0.010	0.100		0.050	0.0010		7.50	0.050	0.003	228.000	0.060	0.05		0.20	
	50	11-01-2005		0.0500	0.010	0.100	49.00	0.050	0.050	0.080		0.470	0.0010		7.20	0.050	0.010	645.000	0.060		2.00	0.50	
	93	06-12-1999		0.0500	0.010	0.200	71.00	0.500	0.050	0.300		0.100	0.0010		7.02	0.050	0.010	178.000	1.000		2.00	0.10	
	23	30-05-1997		0.0500	0.010	0.100	13.00	0.050	0.050	0.130		0.020	0.0010		7.00	0.050	0.010	280.000	0.050		2.00	10.00	
	60	16-12-2003			1.61		120.53	0.010		0.140		0.080			6.51			646.960	0.010				
	61	14-12-2004			2.37		118.76								7.68								
	62	03-12-2003			2.01		131.20	0.010		0.130		0.010			6.46			617.800	0.010				
	63	07-12-2004			0.80		115.21								7.33								
	64	28-11-2003			1.09		143.57	0.010		0.210		0.010			7.76			374.880	0.020				

MATRIZ DE VALORES EXCEDIDOS RESPECTO DE LA NORMA NCH 1333

113	13-10-2004																					
109	13-10-2004																					
111	13-10-2004																	1333				
114	13-10-2004																					
119	13-10-2004																					
108	13-10-2004																					
110	13-10-2004																					
28	13-12-2004																					
26	25-11-2003																					
31	25-11-2003																					
20	25-11-2003																					
14	25-11-2003																	1333				
22	26-11-2003																					
33	25-11-2003																					
13	25-11-2003																					
17	25-11-2003																					
4	18-11-2003																					
3	18-11-2003																					
7	18-11-2003																					
47	18-11-2003																					
2	18-11-2003																	1333				
1	15-06-2000																					
48	18-11-2003																					
65	18-11-2003																					
5	23-02-2004																					
27	19-12-2003																					
65	18-11-2003																					
50	11-01-2005																					
93	06-12-1999							1333				1333						1333				
23	30-05-1997																					
60	16-12-2003				1333													1333				
61	14-12-2004				1333																	
62	03-12-2003				1333																	
63	07-12-2004				1333																	
64	28-11-2003				1333																	

**Tabla 6.4-4 (Continuación)**  
**Otros Parámetros (Proyecto de Norma Secundaria y Otras)**

Normas de Referencia		Alcalinidad Total	Bicarbonatos	Calcio	Carbonatos	Conductividad	Dureza Total	Magnesio	Nitratos	Nitritos	Potasio	RAS	Sólidos Disueltos Totales	Sodio	Compuestos Fenólicos	Fósforo Total	Amoníaco
Unidades		[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[uS/cm]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]		[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]
Limite Norma Secun. Clase 2 (1)						1500				0.060		6	1000				
CANADA (2)									10 (b)	1 (b)							
Nch 409								125.00	10.00								
Punto de Muestreo																	
N°Catastro	Estudio																
	Fecha																
113	13-10-2004												616.00				
109	13-10-2004												626.00				
111	13-10-2004												666.00				
114	13-10-2004												611.00				
119	13-10-2004												546.00				
108	13-10-2004												481.00				
110	13-10-2004												581.00				
28	13-12-2004					490.00		54.10	0.42	0.010					0.002		0.050
26	25-11-2003					501.00		50.10	0.13	0.010					0.002		0.050
31	25-11-2003					511.00		63.00	0.35	0.010					0.002		0.050
20	25-11-2003					538.00		32.30	0.43	0.010					0.002		0.050
14	25-11-2003					1007.00		41.60	3.00	0.010					0.002		0.050
22	26-11-2003					772.00		36.40	2.20	0.010					0.002		0.050
33	25-11-2003					774.00		26.80	0.02	0.010					0.002		0.050
13	25-11-2003					708.00		27.80	1.10	0.010					0.002		0.050
17	25-11-2003							26.20	1.14	0.010					0.002		0.050
4	18-11-2003					781.00		19.10	0.60	0.010					0.002		0.050
3	18-11-2003					733.00		18.50	0.61	0.010					0.002		0.050
7	18-11-2003					832.00		21.40	1.50	0.010					0.002		0.050
47	18-11-2003							19.00	1.40	0.010					0.002		0.050
2	18-11-2003					887.00		22.50	1.10	0.010					0.002		0.050
1	15-06-2000	195.50	195.50	140.40	0.0	610.00	411.80	14.80	2.30	0.005	0.67	0.28			0.001		0.090
48	18-11-2003					641.00		14.10	0.40	0.010					0.002		0.050
65	18-11-2003							18.00	0.80	0.010					0.002		0.050
5	23-02-2004					741.00		27.00	0.54	0.010					0.002		0.050
27	19-12-2003					676.00		8.50	0.50	0.050					0.001		0.005
65	18-11-2003					904.00		18.00	0.80	0.010					0.002		0.050
50	11-01-2005							42.00	1.50	0.020					0.002		0.100
93	06-12-1999							23.00	2.18	1.000					0.002		0.100
23	30-05-1997							14.00	1.50	0.030					0.002		0.100
60	16-12-2003		259.25	144.00		1950.00		30.50	6.46		4.3	11.8		260.82		0.01	
61	14-12-2004					2060.00								297.85			
62	03-12-2003		294.60	154.00		1960.00		33.50	2.42		4.3	11.3		246.8		0.03	
63	07-12-2004					1360.00								140.81			
64	28-11-2003		275.11	120.00		1540.00		21.99	4.04		4.3	10.8		204.01		0.02	
<b>MATRIZ DE VALORES EXCEDIDOS RESPECTO DE LA NORMA NCH 1333</b>																	
113	13-10-2004																
109	13-10-2004																
111	13-10-2004																
114	13-10-2004																
119	13-10-2004																
108	13-10-2004																
110	13-10-2004																
28	13-12-2004																
26	25-11-2003																
31	25-11-2003																
20	25-11-2003																
14	25-11-2003																
22	26-11-2003																
33	25-11-2003																
13	25-11-2003																
17	25-11-2003																
4	18-11-2003																
3	18-11-2003																
7	18-11-2003																
47	18-11-2003																
2	18-11-2003																
1	15-06-2000																
48	18-11-2003																
65	18-11-2003																
5	23-02-2004																
27	19-12-2003																
65	18-11-2003																
50	11-01-2005																
93	06-12-1999																
23	30-05-1997																
60	16-12-2003											SEC					
61	14-12-2004																
62	03-12-2003											SEC					
63	07-12-2004																
64	28-11-2003											SEC					

Figura 6.4-1

**RESULTADOS DE MONITOREO CUENCA DEL HUASCO  
(BORO)**

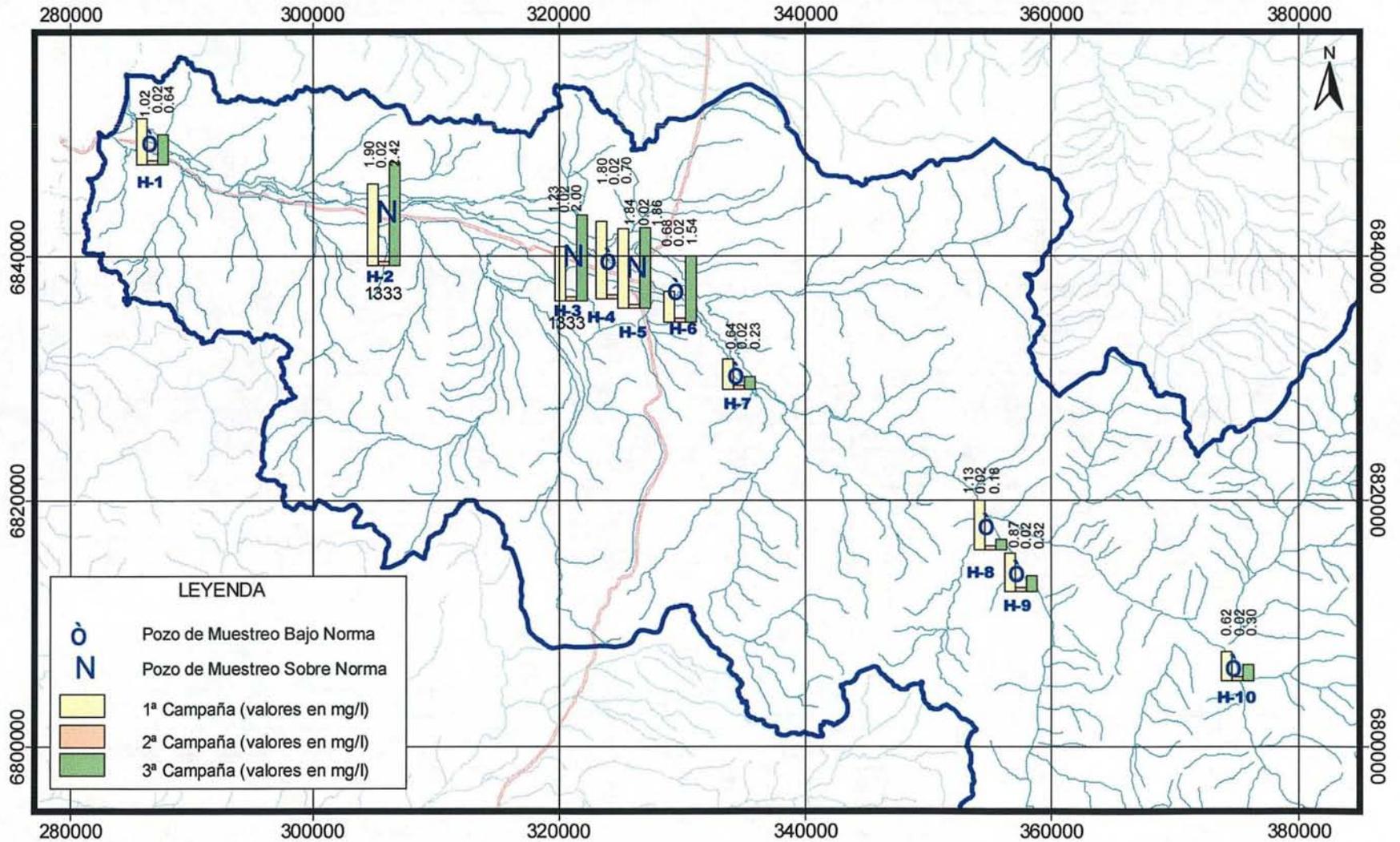


Figura 6.4-2

**RESULTADOS DE MONITOREO CUENCA DEL HUASCO  
(CLORUROS)**

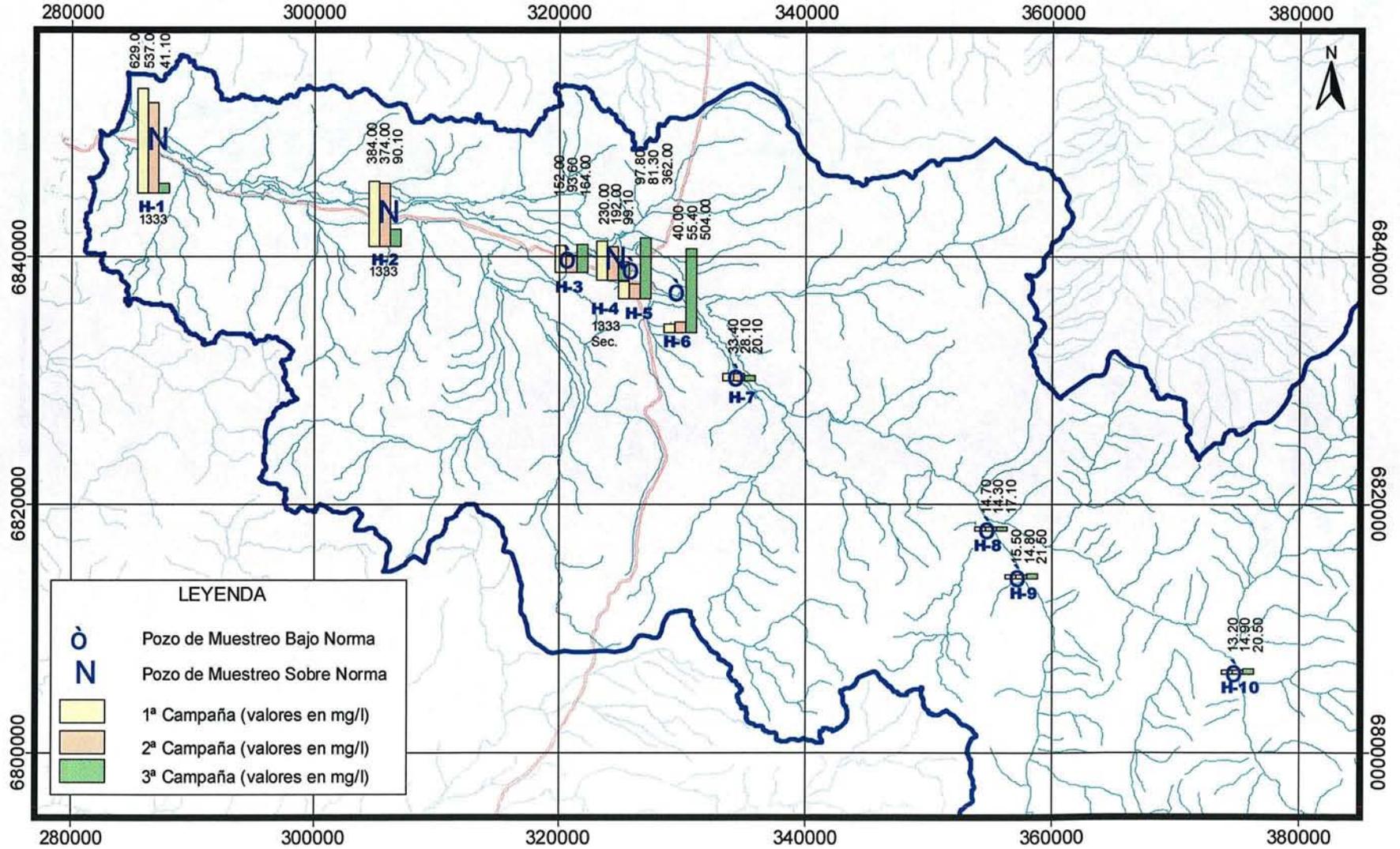


Figura 6.4-3

**RESULTADOS DE MONITOREO CUENCA DEL HUASCO  
(PORCENTAJE DE SODIO)**

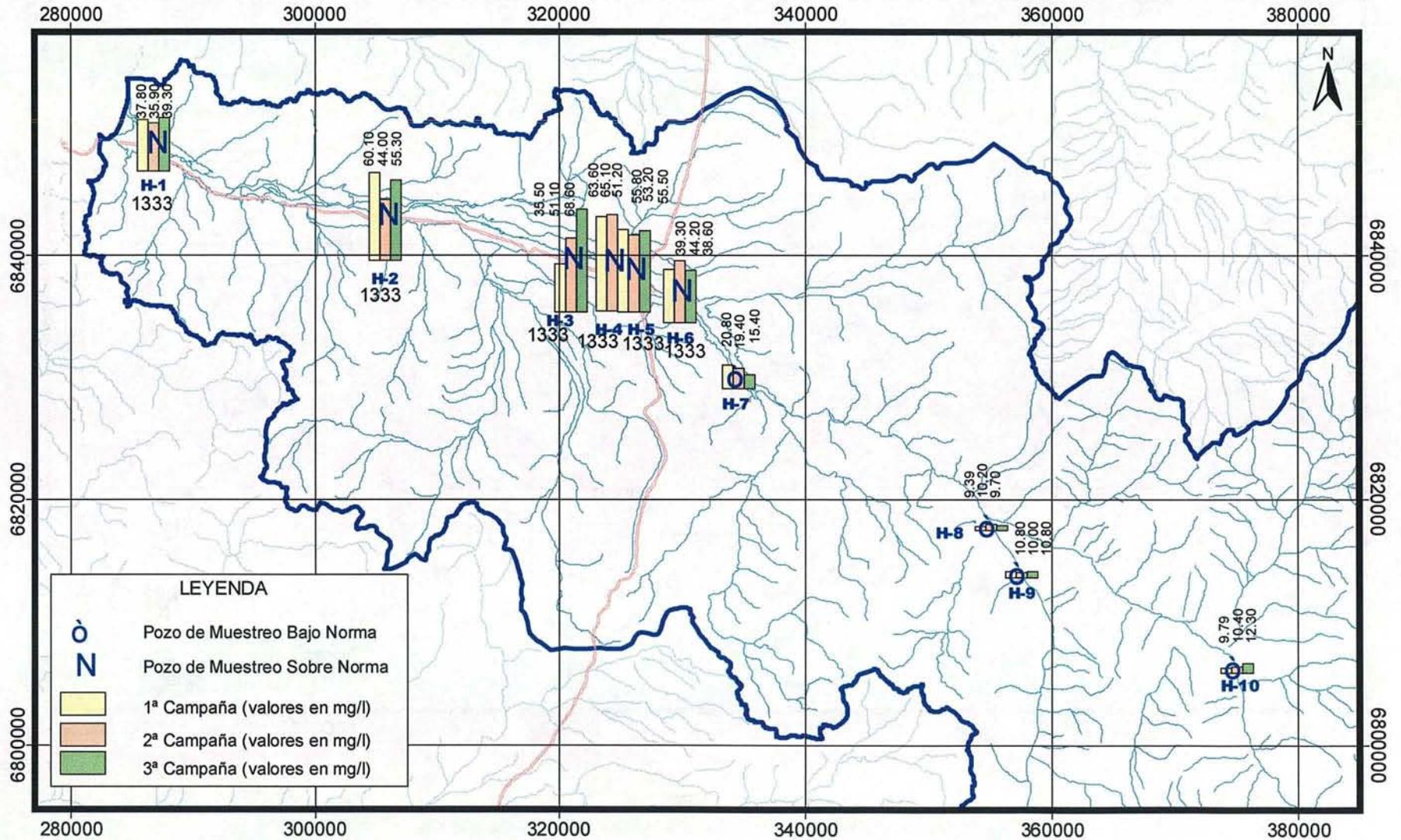


Figura 6.4-4

**RESULTADOS DE MONITOREO CUENCA DEL HUASCO  
(SULFATOS)**

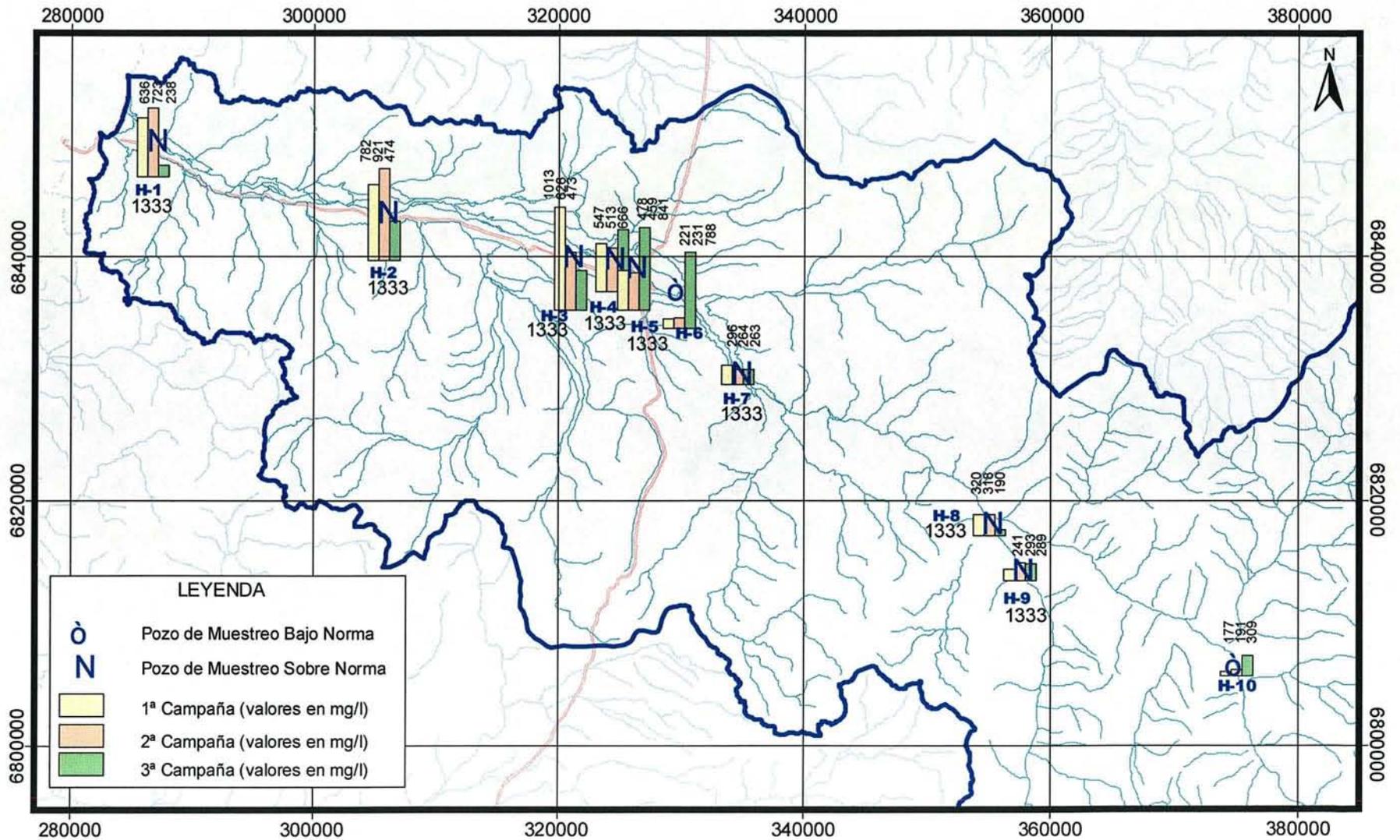


Figura 6.4-5  
**RESULTADOS DE MONITOREO CUENCA DEL HUASCO  
 (CONDUCTIVIDAD)**

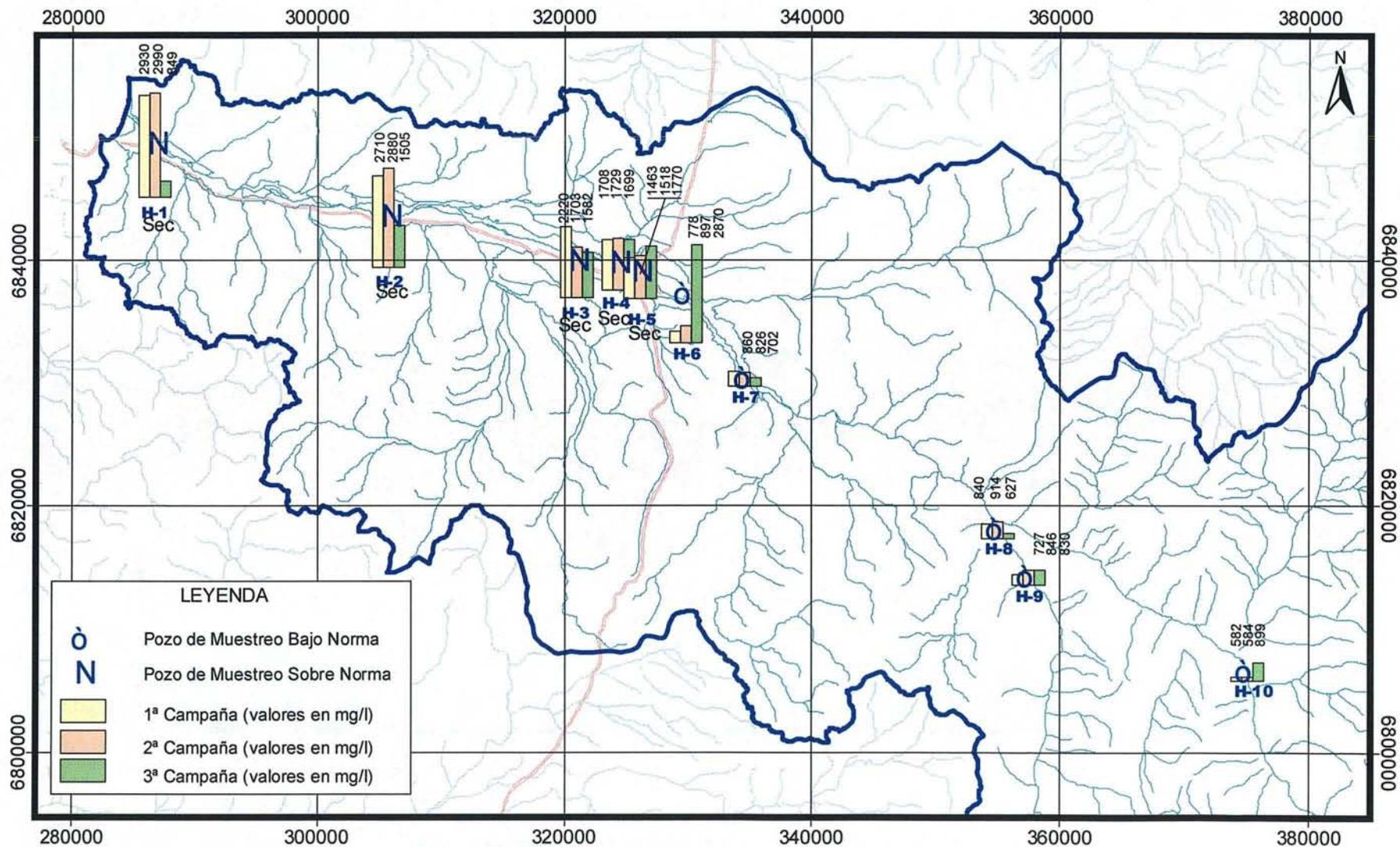


Figura 6.4-6

**RESULTADOS DE MONITOREO CUENCA DEL HUASCO  
(ALUMINIO)**

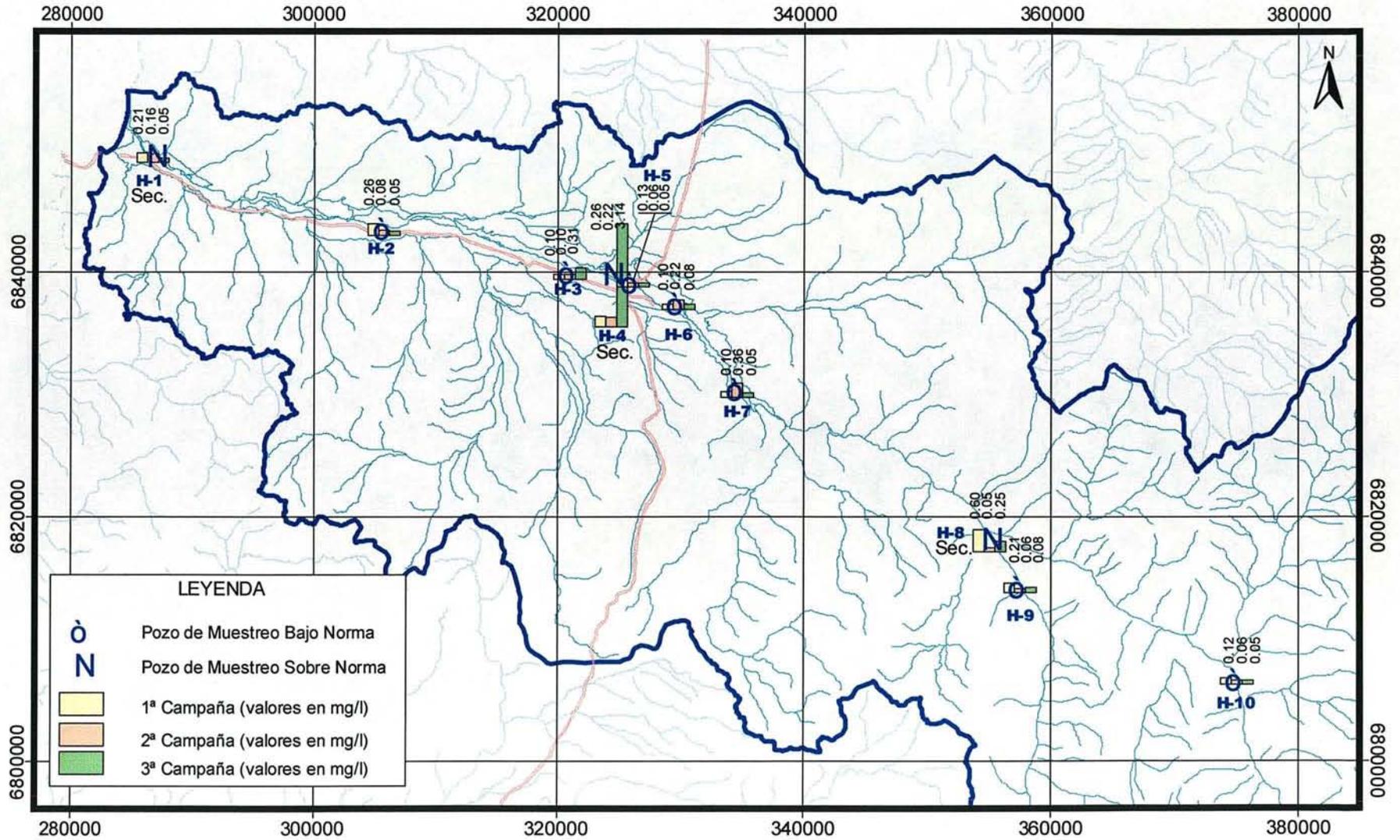


Figura 6.4-7

**RESULTADOS DE MONITOREO CUENCA DEL HUASCO  
(RAZÓN DE ABSORCIÓN DE SODIO)**

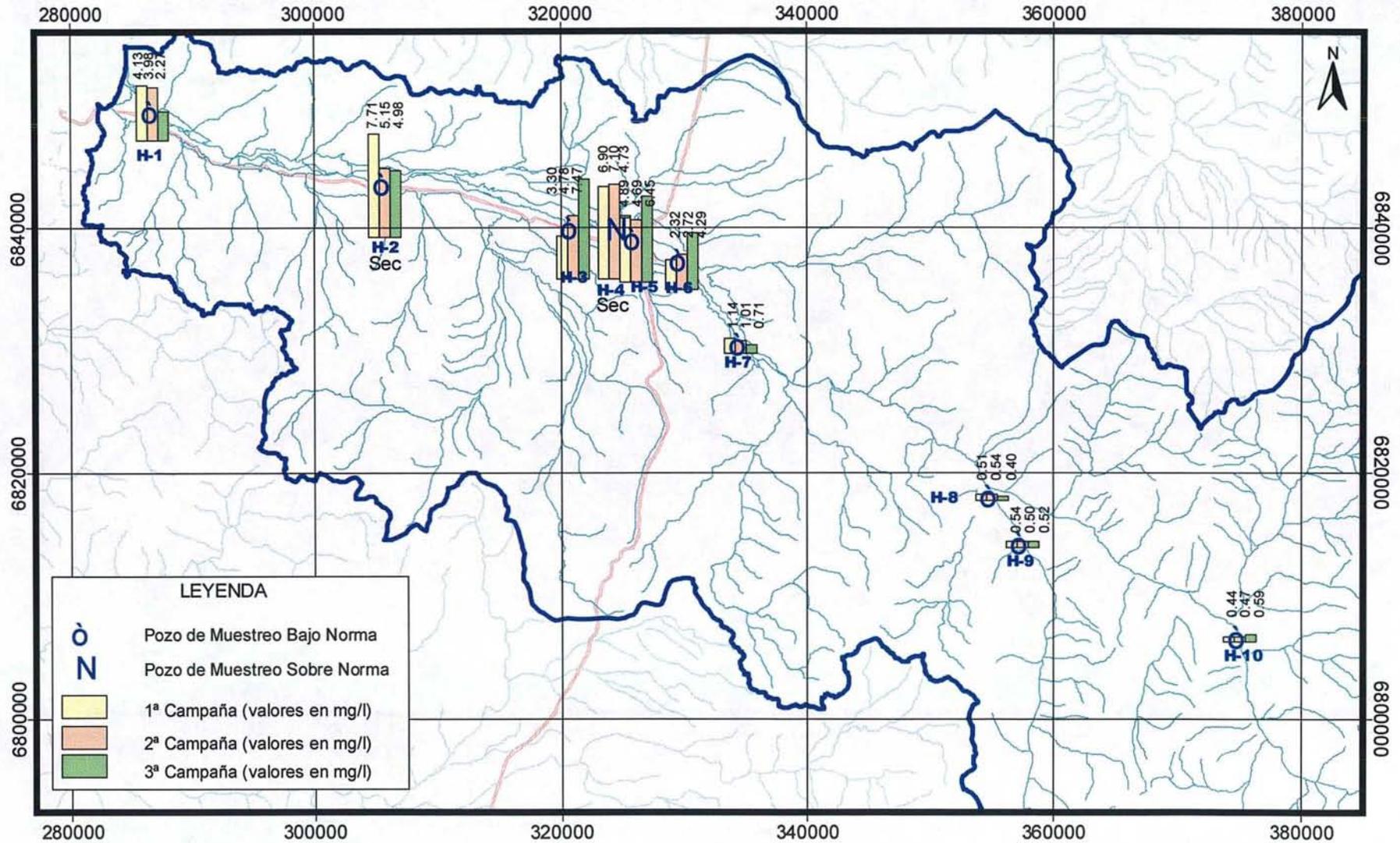


Figura 6.4-8

**RESULTADOS DE MONITOREO CUENCA DEL HUASCO  
(HIERRO)**

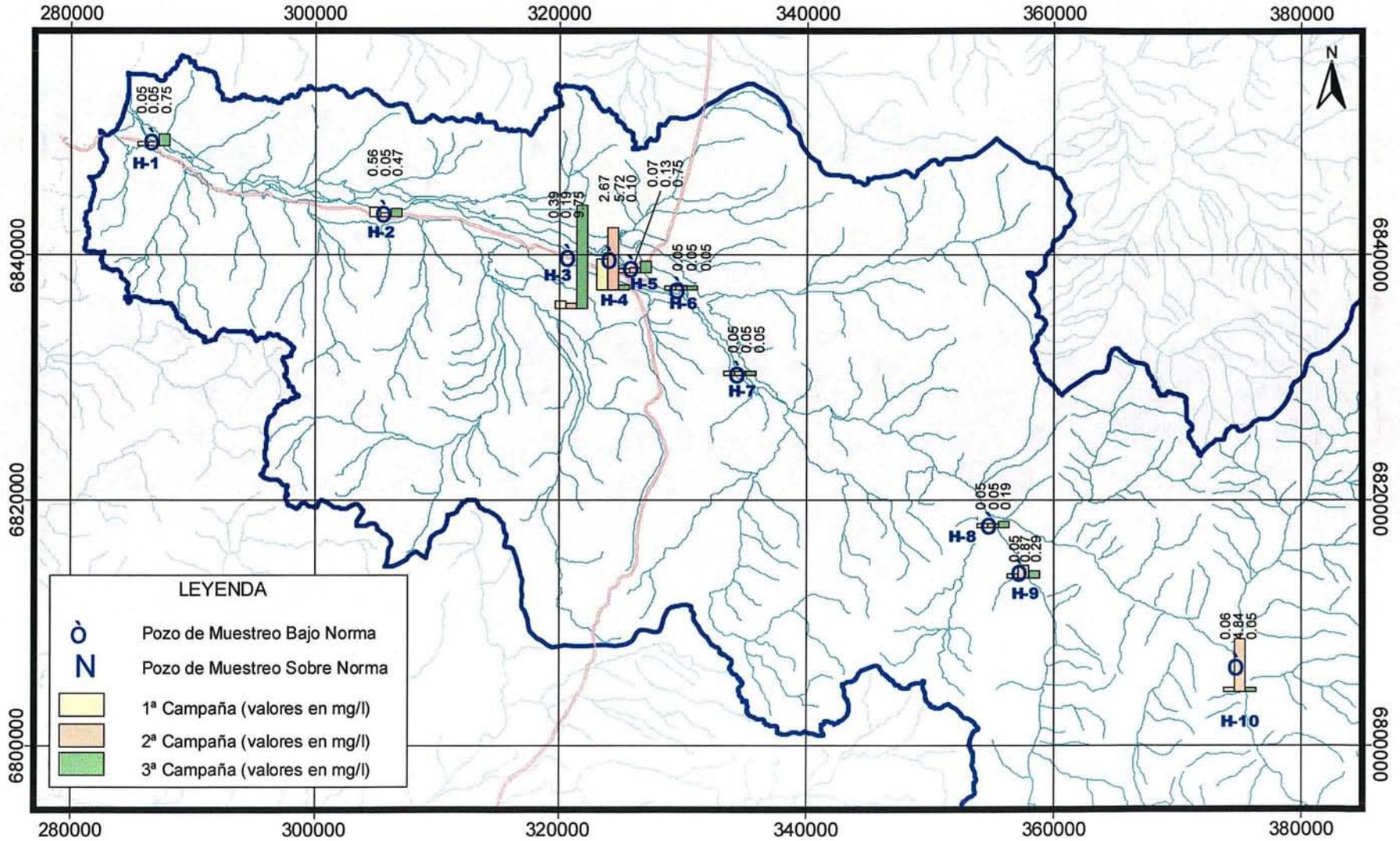


Figura 6.4-9

**RESULTADOS DE MONITOREO CUENCA DEL HUASCO  
(MANGANESO)**

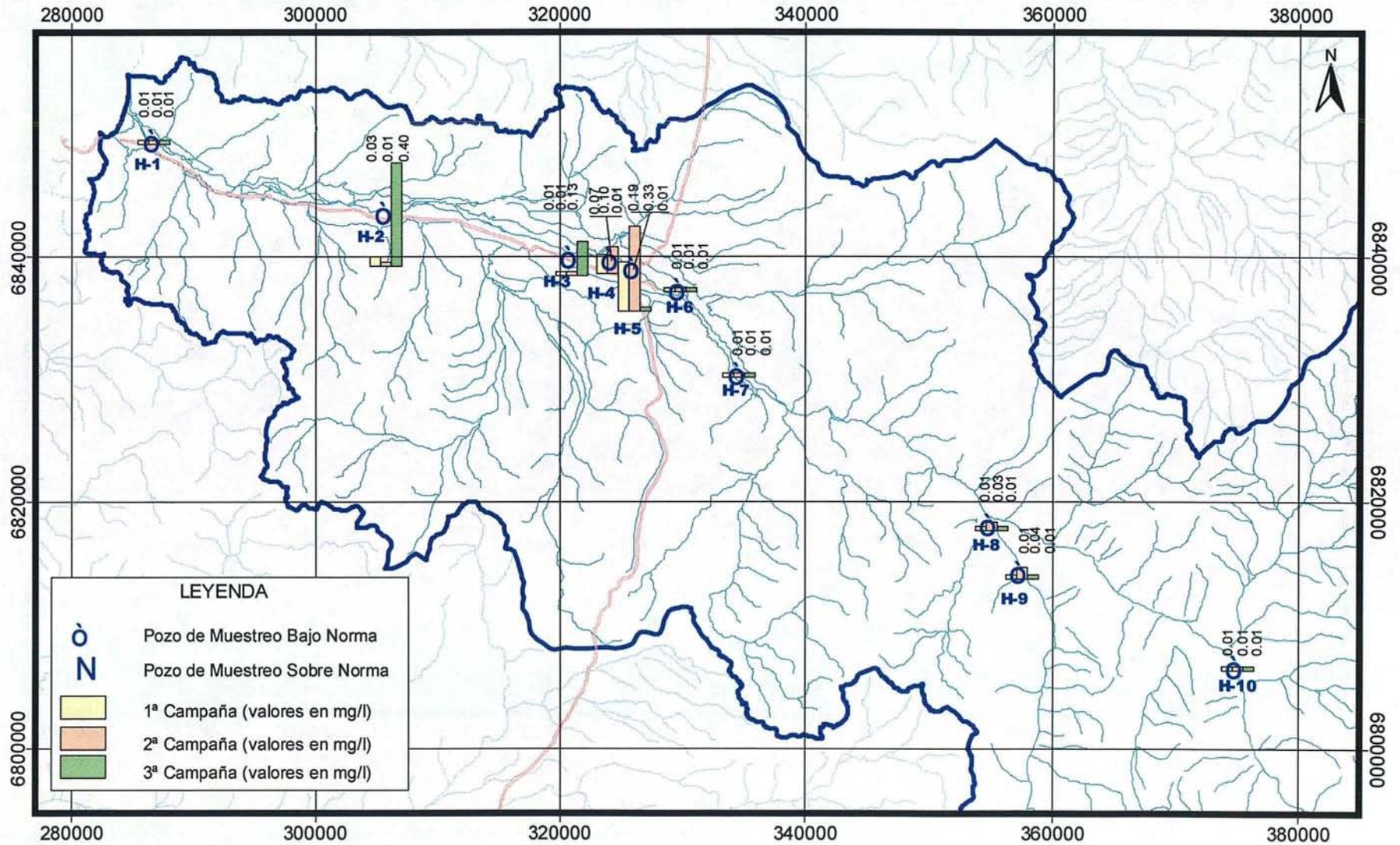


Figura 6.4-10  
**MONITOREO HISTÓRICO CUENCA DEL HUASCO  
 (BORO)**

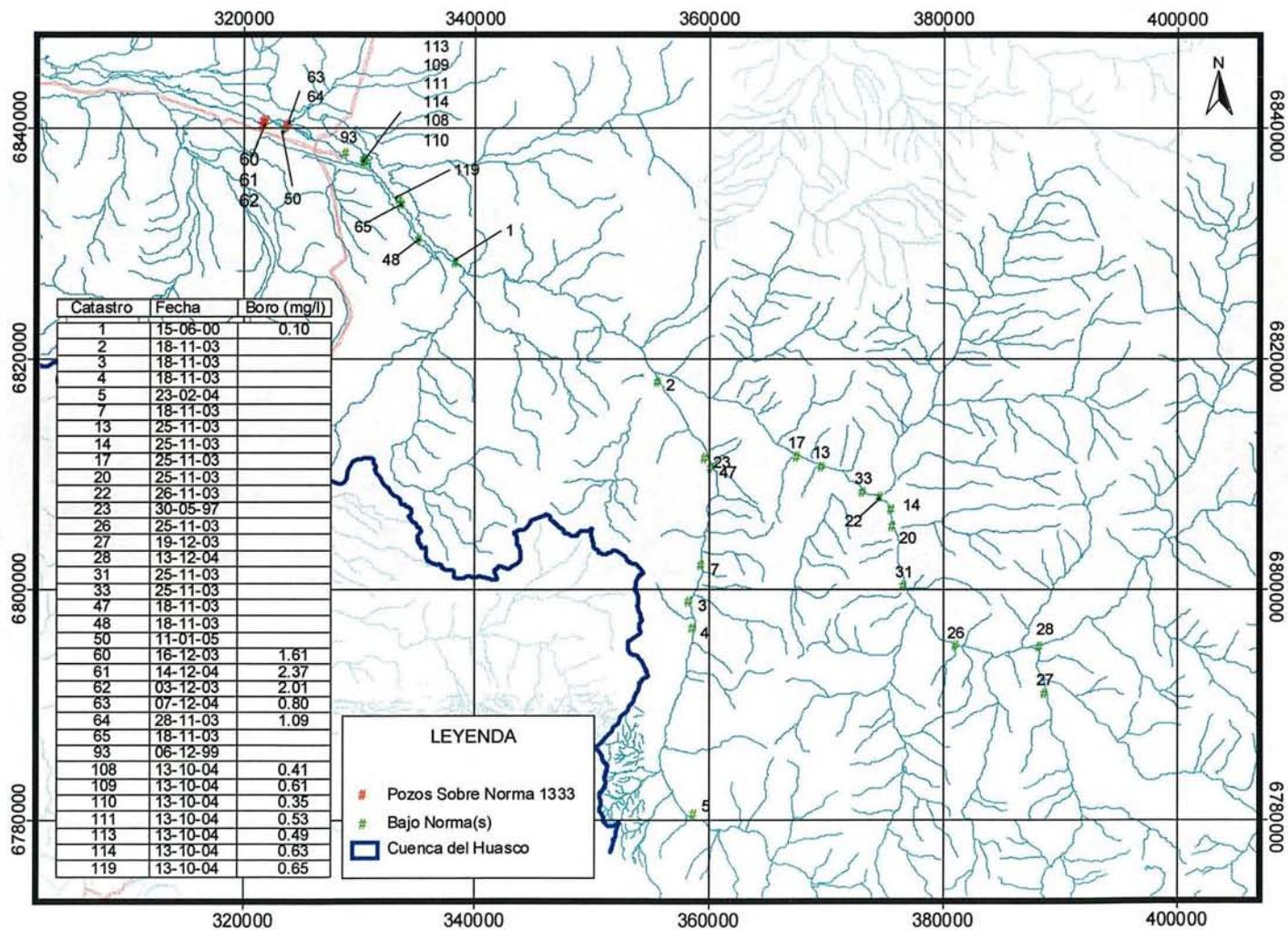


Figura 6.4-11

**MONITOREO HISTÓRICO CUENCA DEL HUASCO  
(CONDUCTIVIDAD)**

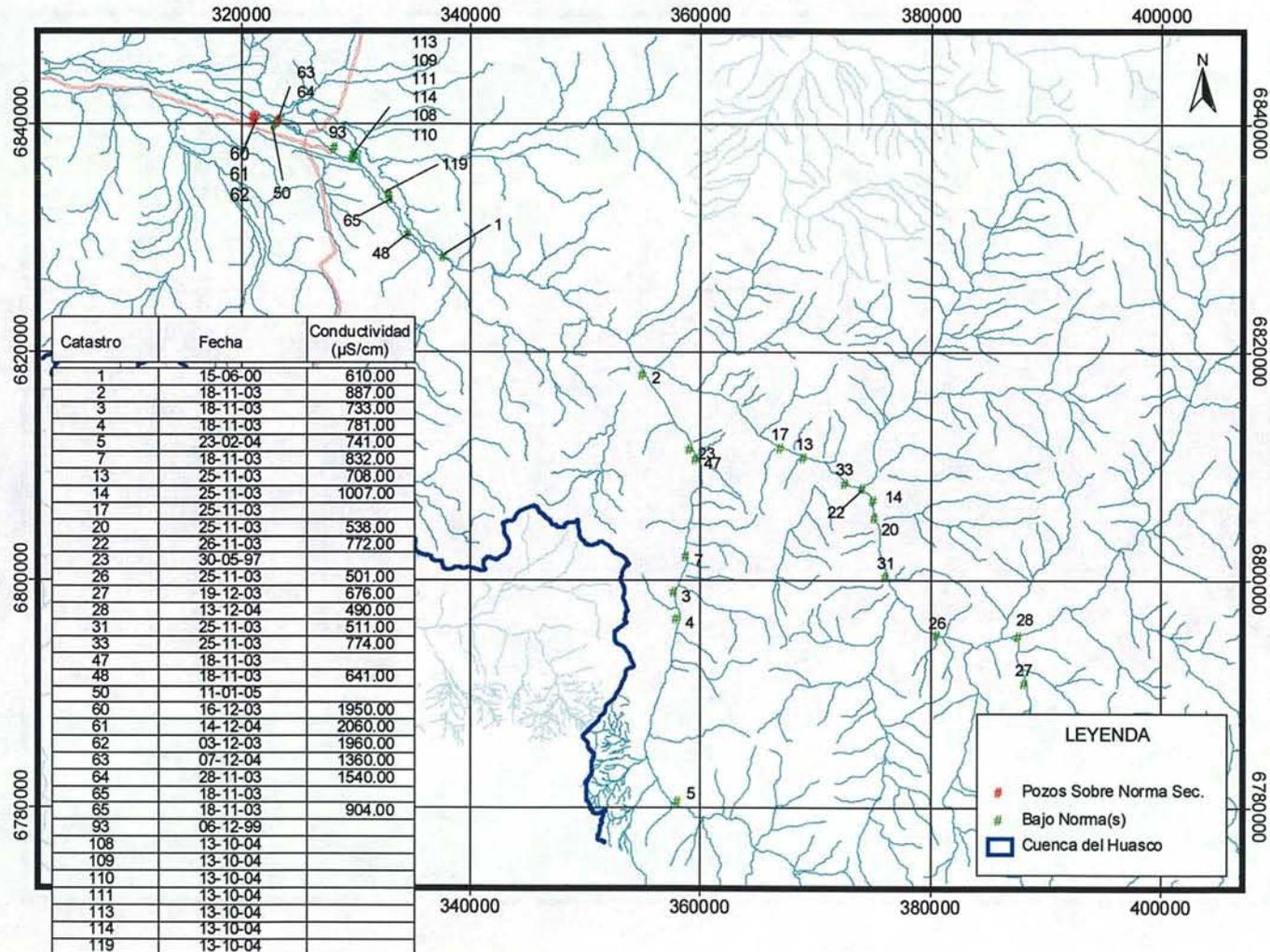


Figura 6.4-12

**MONITOREO HISTÓRICO CUENCA DEL HUASCO  
(SULFATO)**

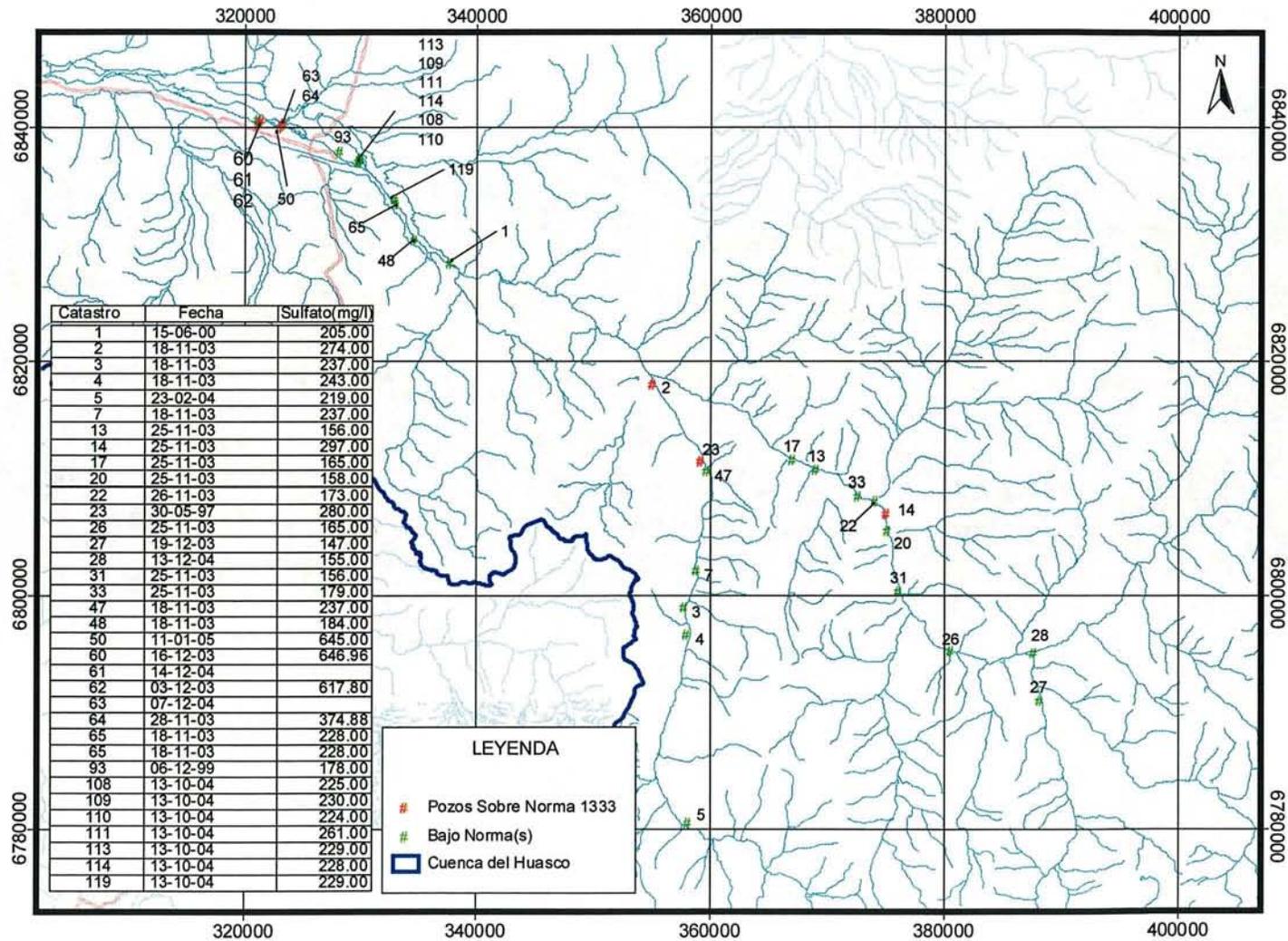
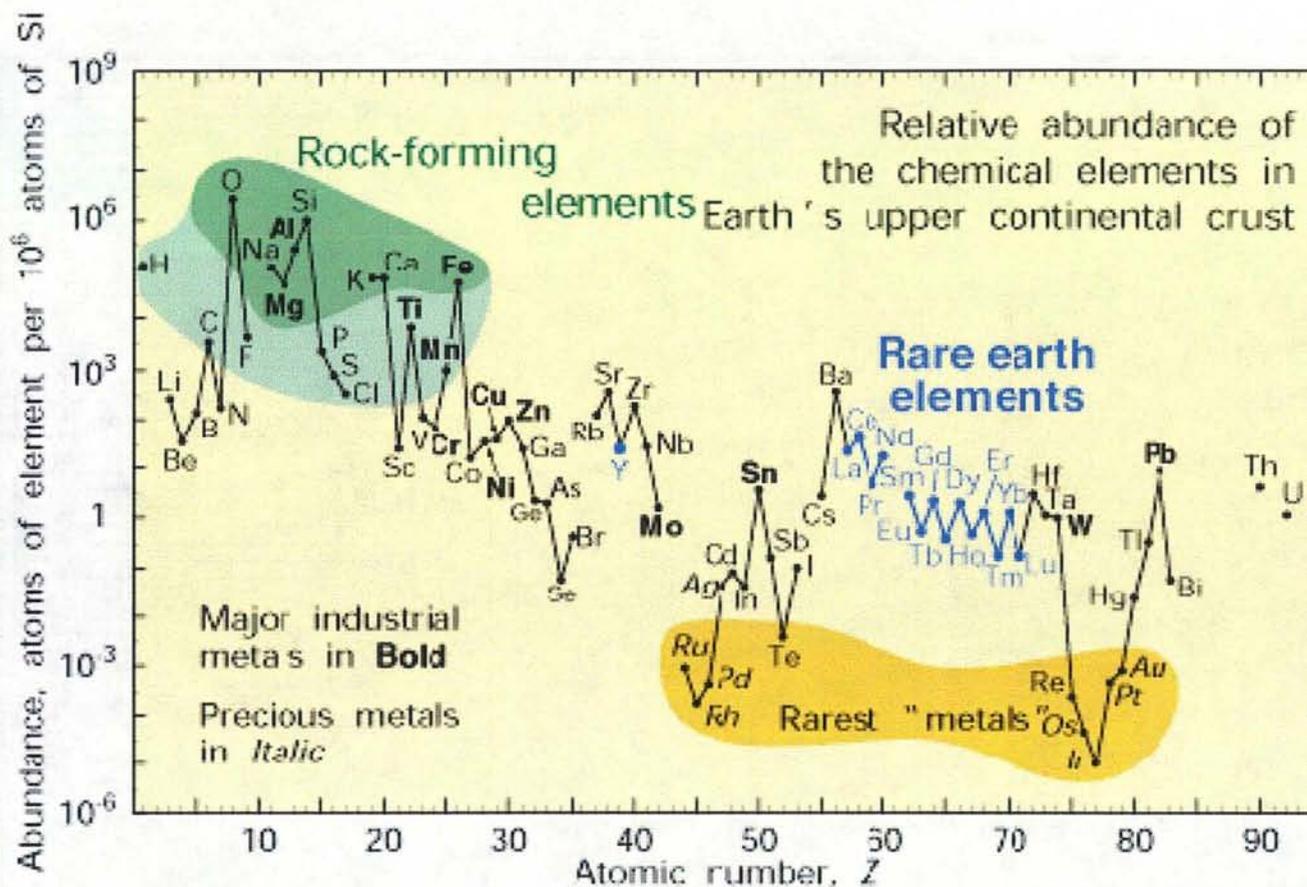


Figura 6.4-13  
Abundancia de Elementos Químicos en la Corteza Terrestre



Fuente: Relative Abundance of Elements in Earth's Crust, USGS, en <http://geopubs.wr.usgs.gov/fact-sheet/fs087-02/>.

Tabla 6.4-5  
Parámetros Según Norma Nch 1333, Agua para Riego:  
1ª Campaña Mataquito (Marzo 2005)

Normas de Referencia				Aluminio	Arsénico	Bario	Berilio	Boro	Cadmio	Cianuros	Cloruros	Cobalto	Cobre	Cromo Total	Fluoruro	Hierro			
				Unidades	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]
				Límite Nch 1333	5	0.1	4	0.1	0.75	0.01	0.2	200	0.05	0.2	0.1	1	5		
				Límite Norma Secun. Clase 2 (1) CANADA (2)	0.1	0.1	1 (a)	0,001 (a)	0.75	0.01	0.01	150	0.0001 (a)	0.2	0.1	1.5	5		
<b>Punto de Muestreo</b>																			
Laboratorio	Nº Identif.	NºCatastro	Fecha																
Nº Análisis	Estudio	Estudio																	
48870	M-1	110	01-04-05	1.39	0.011	0.06	0.01	0.01	0.005	0.02	42.4	0.03	0.01	0.02	0.29	19.2			
48871	M-2	434	01-04-05	0.24	0.001	0.06	0.01	0.02	0.005	0.02	78.3	0.03	0.01	0.02	0.2	0.05			
48787	M-3	120	30-03-05	0.27	0.001	0.06	0.01	0.02	0.005	0.02	55.4	0.03	0.01	0.02	0.32	0.05			
48731	M-4	345	29-03-05	0.14	0.004	0.06	0.01	0.02	0.005	0.02	16.6	0.03	0.01	0.02	0.23	0.05			
48730	M-5	376	29-03-05	0.28	0.005	0.06	0.01	0.02	0.005	0.02	8.3	0.03	0.01	0.02	0.2	0.05			
48729	M-6	352	29-03-05	0.25	0.006	0.06	0.01	0.12	0.005	0.02	12.2	0.03	0.01	0.02	0.2	0.06			
48732	M-7	18	29-03-05	0.26	0.001	0.06	0.01	0.02	0.005	0.02	30.3	0.03	0.01	0.02	0.41	0.05			
48786	M-8	362	30-03-05	0.11	0.001	0.06	0.01	0.02	0.005	0.02	40.1	0.03	0.01	0.02	0.26	0.05			
48784	M-9	477	30-03-05	0.27	0.001	0.06	0.01	0.02	0.005	0.02	29.4	0.03	0.01	0.02	0.2	0.05			
48785	M-10	155	30-03-05	0.27	0.001	0.06	0.01	0.02	0.005	0.02	47.9	0.03	0.01	0.02	0.2	0.08			

Punto de Muestreo				MATRIZ DE VALORES EXCEDIDOS RESPECTO DE LA NORMA NCH 1333													
Laboratorio	Nº Identif.	NºCatastro	Fecha														
Nº Análisis	Estudio	Estudio															
48870	M-1	110	01-04-05	Sec.													1333
48871	M-2	434	01-04-05	Sec.													
48787	M-3	120	30-03-05	Sec.													
48731	M-4	345	29-03-05	Sec.													
48730	M-5	376	29-03-05	Sec.													
48729	M-6	352	29-03-05	Sec.													
48732	M-7	18	29-03-05	Sec.													
48786	M-8	362	30-03-05	Sec.													
48784	M-9	477	30-03-05	Sec.													
48785	M-10	155	30-03-05	Sec.													

**Tabla 6.4-5 (Continuación)**  
**Parámetros Según Norma Nch 1333, Agua para Riego (Continuación):**  
**1ª Campaña Mataquito (Marzo 2005)**

Normas de Referencia				Parámetros y Requisitos Norma Nch 1333 Agua para Riego y otras															
				Litio	Manganeso	Mercurio	Molibdeno	Niquel	pH	Plata	Plomo	Porcentaje de Sodio	Selenio	Sulfatos	Vanadio	Zinc	Cloro Libre Residual	Coliformes Fecales	Turbiedad
Unidades				[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[%]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[NMP/100ml]	UNT		
Limite Nch 1333				2.5	0.2	0.001	0.01	0.2	5.5-9.0	0.2	5	35	0.02	250	0.1	2	1000	30	
Limite Norma Secun. Clase 2 (1)					0.2	0.00005	0.15	0.2	6.5-8.5		0.2		0.02	500		1	2000		
CANADA (2)							1 (a)	0.1 (a)		0.05 (b)	0.05 (b)			0.01 (b)		0.1 (a)	5 (b)		
Punto de Muestreo																			
Laboratorio	Nº Identif.	NºCatastro	Fecha																
Nº Análisis	Estudio																		
48870	M-1	110	01-04-05	0.1	0.76	0.0005	0.01	0.05	7.98	0.05	0.03	15.2	0.005	9.8	0.02	0.19	0	2	0.65
48871	M-2	434	01-04-05	0.1	0.01	0.0005	0.01	0.05	8.39	0.05	0.03	18.8	0.005	38.6	0.02	0.13	0	2	0.17
48787	M-3	120	30-03-05	0.1	0.01	0.0005	0.01	0.05	7.31	0.05	0.03	22.1	0.005	74.4	0.02	0.02	0	2	0.43
48731	M-4	345	29-03-05	0.1	0.02	0.0005	0.01	0.05	7.25	0.05	0.03	27.9	0.005	25.1	0.02	0.31	0	2	0.22
48730	M-5	376	29-03-05	0.1	0.01	0.0005	0.01	0.05	7.95	0.05	0.03	20.3	0.005	16	0.02	0.03	0	2	0.46
48729	M-6	352	29-03-05	0.1	0.01	0.0005	0.01	0.05	7.19	0.05	0.03	21.8	0.005	15.2	0.02	0.03	0	2	0.43
48732	M-7	18	29-03-05	0.1	0.01	0.0005	0.01	0.05	7.86	0.05	0.03	24.6	0.005	78.9	0.02	0.02	0	2	0.26
48786	M-8	362	30-03-05	0.1	0.01	0.0005	0.01	0.05	6.84	0.05	0.03	22	0.005	47.7	0.02	0.01	0	74	0.77
48784	M-9	477	30-03-05	0.1	0.01	0.0005	0.01	0.05	7.73	0.05	0.03	15.7	0.005	62.1	0.02	0.02	0	2	0.35
48785	M-10	155	30-03-05	0.1	0.01	0.0005	0.01	0.05	6.89	0.05	0.03	23.4	0.005	99.1	0.02	0.08	0	2	0.6

Punto de Muestreo				MATRIZ DE VALORES EXCEDIDOS RESPECTO DE LA NORMA NCH 1333															
Laboratorio	Nº Identif.	NºCatastro	Fecha																
Nº Análisis	Estudio	Estudio																	
48870	M-1	110	01-04-05																
48871	M-2	434	01-04-05																
48787	M-3	120	30-03-05																
48731	M-4	345	29-03-05																
48730	M-5	376	29-03-05																
48729	M-6	352	29-03-05																
48732	M-7	18	29-03-05																
48786	M-8	362	30-03-05																
48784	M-9	477	30-03-05																
48785	M-10	155	30-03-05																

**Tabla 6.4-5 (Continuación)**  
**Parámetros Según Proyecto de Norma Secundaria y Otros:**  
**1ª Campaña Mataquito (Marzo 2005)**

Normas de Referencia				Alcalinidad Total	Bicarbonatos	Calcio	Carbonatos	Compuestos Fenólicos	Conductividad	DBO5	DQO	Dureza Total	Fósforo Total	Magnesio	Nitratos	Nitritos	Potasio	RAS	Sólidos Disueltos Totales	Sodio
Unidades				[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[uS/cm]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]		[mg/l]	[mg/l]
Limite Norma Secun. Clase 2 (1)								0.002	1500	10								6	1000	
CANADA (2)								0.002 (b)					0.2 (b)		10 (b)	1 (b)				
Nch 409														125	10					
Punto de Muestreo																				
Laboratorio	Nº Identif.	Nº Catastro	Fecha																	
Nº Análisis	Estudio	Estudio																		
48870	M-1	110	01-04-05	155	189	70.8	155	NM	362	6	10	266.7	NM	22	0.96	0.05	3.45	0.6	247	22.4
48871	M-2	434	01-04-05	131	159	66.5	131	NM	580	2	9	268	NM	30.5	15.8	0.05	6.16	0.81	370	31.9
48787	M-3	120	30-03-05	205	250	96.2	205	NM	651	2	0.3	317	NM	28.4	4.33	0.05	5	1.09	423	47.5
48731	M-4	345	29-03-05	61	74.4	29.5	61	NM	235	2	0.3	86	NM	6.58	2.14	0.05	4	0.79	159	17.5
48730	M-5	376	29-03-05	62	75.6	23.2	62	NM	187	2	0.3	90	NM	6.49	1.22	0.05	4.02	0.5	120	10.5
48729	M-6	352	29-03-05	56	68.3	21.6	56	NM	188	2	0.3	78	NM	6.11	1.48	0.05	3.39	0.52	128	10.7
48732	M-7	18	29-03-05	68	83	48.1	68	NM	385	2	0.3	162	NM	9.52	2.67	0.05	4.59	0.85	248	24.7
48786	M-8	362	30-03-05	60	73.2	60.9	60	NM	393	2	0.3	184	NM	6.6	1.84	0.05	4.07	0.79	228	24.9
48784	M-9	477	30-03-05	71	86.6	67.3	71	NM	343	2	0.3	216	NM	11.9	1.85	0.05	4.25	0.56	212	19
48785	M-10	155	30-03-05	41	50	64.1	41	NM	403	2	0.3	190	NM	7.75	1.19	0.05	3.45	0.86	280	27.5

Punto de Muestreo				MATRIZ DE VALORES EXCEDIDOS RESPECTO DE LA GUIA PARA NORMAS SECUNDARIAS (PARA AGUAS CLASE 2)																	
Laboratorio	Nº Identif.	Nº Catastro	Fecha																		
Nº Análisis	Estudio	Estudio																			
48870	M-1	110	01-04-05																		
48871	M-2	434	01-04-05																		
48787	M-3	120	30-03-05																		
48731	M-4	345	29-03-05																		
48730	M-5	376	29-03-05																		
48729	M-6	352	29-03-05																		
48732	M-7	18	29-03-05																		
48786	M-8	362	30-03-05																		
48784	M-9	477	30-03-05																		
48785	M-10	155	30-03-05																		

Lab. informa que está bajo el valor indicado (<valor indicado)

1333 Excedido respecto de la Nch 1333 agua para Riego  
 Sec. Excedido según Guía Normas Secundarias, aguas continentales clase 2

NM No medido en esta campaña

Notas (1): Limite para aguas Clase 2 (buena calidad para riego, bebida de animales, acuicultura, pesca) según Tabla 1 de la Guía para Establecimiento de Normas Secundarias de Aguas Continentales Superficiales y Marinas, CONAMA, Dic. 2004

(2) Recomendaciones según: "A Guide to Waters Quality Parameters" de Inland Directorate, Ottawa Canada. Tipos de aguas correspondiente: (a) rango ambiental en aguas continentales

(b) límite máximo recomendado para consumo humano

(c) límite máximo recomendado para la vida acuática

Tabla 6.4-6  
Parámetros Según Norma Nch 1333, Agua para Riego:  
2ª Campaña Mataquito (Mayo 2005)

Normas de Referencia				Aluminio	Arsénico	Bario	Berilio	Boro	Cadmio	Cianuros	Cloruros	Cobalto	Cobre	Cromo Total	Fluoruro	Hierro			
				Unidades	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]
				Limite Nch 1333	5	0.1	4	0.1	0.75	0.01	0.2	200	0.05	0.2	0.1	1	5		
				Limite Norma Secun. Clase 2 (1)	0.1	0.1			0.75	0.01	0.01	150		0.2	0.1	1.5	5		
CANADA (2)				1 (a)	0,01 (a)	1 (a)	0,001 (a)	5 (b)	0,005 (b)	0,2 (b)	250 (b)	0,0001 (a)	1		10 (a)				
Punto de Muestreo																			
Laboratorio	Nº Identif.	Nº Catastro	Fecha																
Nº Análisis	Estudio	Estudio																	
49796	M-1	110	06-05-05	0.41	0.012	NM	NM	0.02	NM	0.02	36.50	NM	0.01	0.02	0.35	17.40			
49797	M-2	434	06-05-05	0.05	0.001	NM	NM	0.02	NM	0.02	71.90	NM	0.01	0.02	0.25	0.12			
49795	M-3	120	06-05-05	0.05	0.001	NM	NM	0.24	NM	0.02	53.70	NM	0.01	0.02	0.36	0.05			
49798	M-4	345	06-05-05	0.05	0.004	NM	NM	0.28	NM	0.02	14.80	NM	0.01	0.02	0.27	0.05			
49789	M-5	376	05-05-05	0.05	0.005	NM	NM	0.02	NM	0.02	12.30	NM	0.01	0.02	0.22	0.05			
49799	M-6	352	06-05-05	0.05	0.005	NM	NM	0.02	NM	0.02	13.60	NM	0.01	0.02	0.20	0.09			
49787	M-7	18	05-05-05	0.05	0.001	NM	NM	0.02	NM	0.02	35.50	NM	0.01	0.02	0.20	0.11			
49786	M-8	362	05-05-05	0.05	0.001	NM	NM	0.02	NM	0.02	41.40	NM	0.01	0.02	0.39	0.05			
49788	M-9	477	05-05-05	0.25	0.001	NM	NM	0.18	NM	0.02	28.60	NM	0.02	0.02	0.20	8.44			
50248	M-10	155	26-05-05	0.05	0.001	NM	NM	0.02	NM	0.02	46.70	NM	0.07	0.02	0.20	0.07			
Punto de Muestreo				MATRIZ DE VALORES EXCEDIDOS RESPECTO DE LA NORMA NCH 1333															
Laboratorio	Nº Identif.	Nº Catastro	Fecha																
Nº Análisis	Estudio	Estudio																	
49796	M-1	110	06-05-05	Sec.												1333			
49797	M-2	434	06-05-05																
49795	M-3	120	06-05-05																
49798	M-4	345	06-05-05																
49789	M-5	376	05-05-05																
49799	M-6	352	06-05-05																
49787	M-7	18	05-05-05																
49786	M-8	362	05-05-05																
49788	M-9	477	05-05-05	Sec.												1333			
50248	M-10	155	26-05-05																

**Tabla 6.4-6 (Continuación)**  
**Parámetros Según Norma Nch 1333, Agua para Riego (Continuación):**  
**2ª Campaña Mataquito (Mayo 2005)**

Normas de Referencia				Litio	Manganeso	Mercurio	Molibdeno	Níquel	pH	Plata	Plomo	Porcentaje de Sodio	Selenio	Sulfatos	Vanadio	Zinc	Cloro Libre Residual	Coliformes Fecales	Turbiedad	
Unidades				[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[%]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[NMP/100ml]	UNT	
Limite Nch 1333				2.5	0.2	0.001	0.01	0.2	5,5-9,0	0.2	5	35	0.02	250	0.1	2		1000	30	
Limite Norma Secun. Clase 2 (1)					0.2	0.00005	0.15	0.2	6,5-8,5		0.2		0.02	500		1		2000		
CANADA (2)							1 (a)	0,1 (a)		0,05 (b)	0,05 (b)		0,01 (b)		0,1 (a)	5 (b)				
Punto de Muestreo																				
Laboratorio	Nº Identif.	NºCatastro	Fecha																	
Nº Análisis	Estudio	Estudio	Estudio																	
49796	M-1	110	06-05-05	0.01	0.75	NM	0.01	NM	7.25	NM	NM	17.10	NM	12.70	NM	0.04	NM	2		
49797	M-2	434	06-05-05	0.01	0.01	NM	0.01	NM	7.27	NM	NM	17.00	NM	41.50	NM	0.91	NM	2	0.32	
49795	M-3	120	06-05-05	0.01	0.01	NM	0.01	NM	7.65	NM	NM	21.60	NM	75.70	NM	0.01	NM	2	0.20	
49798	M-4	345	06-05-05	0.01	0.01	NM	0.01	NM	7.20	NM	NM	23.90	NM	34.50	NM	0.11	NM	20	0.36	
49789	M-5	376	05-05-05	0.01	0.01	NM	0.01	NM	7.74	NM	NM	15.60	NM	21.80	NM	0.02	NM	2	0.76	
49799	M-6	352	06-05-05	0.03	0.01	NM	0.01	NM	7.25	NM	NM	18.10	NM	23.40	NM	0.01	NM	2	0.32	
49787	M-7	18	05-05-05	0.01	0.01	NM	0.01	NM	7.12	NM	NM	22.20	NM	102.00	NM	0.01	NM	2	0.91	
49786	M-8	362	05-05-05	0.01	0.01	NM	0.01	NM	6.75	NM	NM	21.80	NM	101.00	NM	0.03	NM	2	0.86	
49788	M-9	477	05-05-05	0.01	0.18	NM	0.01	NM	7.49	NM	NM	18.90	NM	74.40	NM	0.10	NM	2	0.77	
50248	M-10	155	26-05-05	0.01	0.01	NM	0.01	NM	7.53	NM	NM	18.8	NM	90.9	NM	0.55	NM	2	0.52	

Punto de Muestreo				MATRIZ DE VALORES EXCEDIDOS RESPECTO DE LA NORMA NCH 1333																	
Laboratorio	Nº Identif.	NºCatastro	Fecha																		
Nº Análisis	Estudio	Estudio	Estudio																		
49796	M-1	110	06-05-05																		
49797	M-2	434	06-05-05																		
49795	M-3	120	06-05-05																		
49798	M-4	345	06-05-05																		
49789	M-5	376	05-05-05																		
49799	M-6	352	06-05-05																		
49787	M-7	18	05-05-05																		
49786	M-8	362	05-05-05																		
49788	M-9	477	05-05-05																		
50248	M-10	155	26-05-05																		

**Tabla 6.4-6 (Continuación)**  
**Parámetros Según Proyecto de Norma Secundaria y Otros:**  
**2ª Campaña Mataquito (Mayo 2005)**

Normas de Referencia				Alcalinidad Total	Bicarbonatos	Calcio	Carbonatos	Compuestos Fenólicos	Conductividad	DBO5	DQO	Dureza Total	Fósforo Total	Magnesio	Nitratos	Nitritos	Potasio	RAS	Sólidos Disueltos Totales	Sodio	
Unidades				[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[uS/cm]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]		[mg/l]	[mg/l]	
Limite Norma Secun. Clase 2 (1)								0.002	1500	10					0.06		6	1000			
CANADA (2)								0.002 (b)					0.2 (b)		10 (b)	1 (b)					
Nch 409													125		10						
Punto de Muestreo																					
Laboratorio	Nº Identif.	NºCatastro	Fecha																		
Nº Análisis	Estudio	Estudio																			
49796	M-1	110	06-05-05	161.0	196.0	54.5	161.0	0.001	376	4	11	165	0.35	23.70	0.13	0.05	3.22	0.64	258	22.60	
49797	M-2	434	06-05-05	125.0	153.0	85.0	125.0	0.001	615	2	10	256	0.05	30.80	8.54	0.05	5.92	0.77	398	32.50	
49795	M-3	120	06-05-05	205.0	250.0	93.0	205.0	0.001	637	2	9	258	0.06	28.60	4.82	0.05	5.52	1.05	405	45.20	
49798	M-4	345	06-05-05	83.0	76.9	31.3	83.0	0.001	233	2	9	91	0.02	6.40	1.80	0.05	3.77	0.67	152	15.80	
49789	M-5	376	05-05-05	76.0	92.7	34.1	76.0	0.001	212	2	10	91	0.02	7.32	1.39	0.05	4.42	0.42	143	10.30	
49799	M-6	352	06-05-05	59.0	72.0	26.1	59.0	0.001	189	2	10	76	0.02	6.21	1.45	0.05	3.34	0.44	128	9.86	
49787	M-7	18	05-05-05	73.0	89.1	54.5	73.0	0.001	422	2	9	170	0.10	10.50	2.77	0.05	4.70	0.79	278	24.30	
49786	M-8	362	05-05-05	83.0	76.9	58.5	83.0	0.001	413	2	10	168	0.02	9.16	1.81	0.05	4.26	0.78	278	24.20	
49788	M-9	477	05-05-05	68.0	83.0	47.7	68.0	0.001	342	2	9	137	0.02	12.90	2.22	0.05	5.14	0.63	220	19.10	
50248	M-10	155	26-05-05	44.0	53.7	76.2	44.0	0.001	428	2	10	194	0.02	7.98	2.41	0.05	3.35	0.71	281	24.2	

Punto de Muestreo				A GUIA PARA NORMAS SECUNDARIAS (PARA AGUAS CLASE 2)																		
Laboratorio	Nº Identif.	NºCatastro	Fecha																			
Nº Análisis	Estudio	Estudio																				
49796	M-1	110	06-05-05																			
49797	M-2	434	06-05-05																			
49795	M-3	120	06-05-05																			
49798	M-4	345	06-05-05																			
49789	M-5	376	05-05-05																			
49799	M-6	352	06-05-05																			
49787	M-7	18	05-05-05																			
49786	M-8	362	05-05-05																			
49788	M-9	477	05-05-05																			
50248	M-10	155	26-05-05																			

Lab. informa que está bajo el valor indicado (<valor indicado)

1333 Excedido respecto de la Nch 1333 agua para Riego

Sec. Excedido según Guía Normas Secundarias, aguas continentales clase 2

NM No medido en esta campaña

Notas (1): Límite para aguas Clase 2 (buena calidad para riego, bebida de animales, acuicultura, pesca) según Tabla 1 de la Guía para Establecimiento de Normas Secundarias de Aguas Continentales Superficiales y Marinas, CONAMA, Dic. 2004

(2) Recomendaciones según: "A Guide to Waters Quality Parameters" de Inland Directorate, Ottawa Canada. Tipos de aguas correspondientes a:

(a) rango ambiental en aguas continentales

(b) límite máximo recomendado para consumo humano

(c) límite máximo recomendado para la vida acuática

Tabla 6.4-7  
Parámetros Según Norma Nch 1333, Agua para Riego:  
3ª Campaña Mataquito (Septiembre 2005)

Normas de Referencia				Aluminio	Arsénico	Bario	Berilio	Boro	Cadmio	Cianuros	Cloruros	Cobalto	Cobre	Cromo Total	Fluoruro	Hierro	Res. Sólidos Filtrables	Sólidos Susp. Totales	
Unidades				[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	
Limite Nch 1333				5	0.1	4	0.1	0.75	0.01	0.2	200	0.05	0.2	0.1	1	5			
Limite Norma Secun. Clase 2 (1)				0.1	0.1			0.75	0.01	0.01	150		0.2	0.1	1.5	5			
CANADA (2)				1 (a)	0.01 (a)	1 (a)	0.001 (a)	5 (b)	0.005 (b)	0.2 (b)	250 (b)	0.0001 (a)	1		10 (a)				
Punto de Muestreo																			
Laboratorio	Nº Identif.	NºCatastro	Fecha																
Nº Análisis	Estudio	Estudio	Fecha																
53570-01	M-1	110	08-09-05	0.05	0.001	NM	NM	0.82	NM	0.02	34.20	NM	0.02	0.02	0.20	0.06	262	5	
53571-01	M-2	434	08-09-05	0.05	0.001	NM	NM	0.02	NM	0.02	50.10	NM	0.01	0.02	0.20	0.47	422	22	
53572-01	M-3	120	08-09-05	0.05	0.002	NM	NM	0.48	NM	0.02	53.50	NM	0.01	0.02	0.24	0.05	470	5	
53594-01	M-4	345	09-09-05	0.05	0.005	NM	NM	0.16	NM	0.02	16.90	NM	0.01	0.02	0.02	0.05	158	5	
53595-01	M-5	376	09-09-05	0.05	0.006	NM	NM	0.64	NM	0.02	13.50	NM	0.01	0.02	0.20	0.05	138	5	
53596-01	M-6	352	09-09-05	0.05	0.002	NM	NM	0.39	NM	0.02	12.50	NM	0.01	0.02	0.20	0.05	112	5	
53573-01	M-7	18	08-09-05	0.05	0.001	NM	NM	0.09	NM	0.02	40.50	NM	0.01	0.02	0.26	0.65	348	5	
53574-01	M-8	362	08-09-05	0.05	0.001	NM	NM	0.02	NM	0.02	34.20	NM	0.01	0.02	0.20	0.05	284	5	
53597-01	M-9	477	09-09-05	0.05	0.001	NM	NM	0.02	NM	0.02	32.30	NM	0.02	0.02	0.20	0.38	238	5	
53575-01	M-10	155	08-09-05	0.05	0.001	NM	NM	0.93	NM	0.02	39.50	NM	0.01	0.02	0.20	0.05	268	5	
Punto de Muestreo																			
Laboratorio	Nº Identif.	NºCatastro	Fecha	MATRIZ DE VALORES EXCEDIDOS RESPECTO DE LA NORMA NCH 1333															
Nº Análisis	Estudio	Estudio	Fecha																
53570-01	M-1	110	08-09-05					1333											
53571-01	M-2	434	08-09-05																
53572-01	M-3	120	08-09-05																
53594-01	M-4	345	09-09-05																
53595-01	M-5	376	09-09-05																
53596-01	M-6	352	09-09-05																
53573-01	M-7	18	08-09-05																
53574-01	M-8	362	08-09-05																
53597-01	M-9	477	09-09-05																
53575-01	M-10	155	08-09-05					1333											

**Tabla 6.4-7 (Continuación)**  
**Parámetros Según Norma Nch 1333, Agua para Riego (Continuación):**  
**3ª Campaña Mataquito (Septiembre 2005)**

Normas de Referencia				Parámetros y Requisitos Norma Nch 1333 Agua para Riego y otras															
				Litio	Manganeso	Mercurio	Molibdeno	Niquel	pH	Plata	Plomo	Porcentaje de Sodio	Selenio	Sulfatos	Vanadio	Zinc	Cloro Libre Residual	Coliformes Fecales	Turbiedad
Unidades				[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[%]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	UNT	
Limite Nch 1333				2.5	0.2	0.001	0.01	0.2	5,5-9,0	0.2	5	35	0.02	250	0.1	2	1000	30	
Limite Norma Secun. Clase 2 (1)					0.2	0.00005	0.15	0.2	6,5-8,5		0.2		0.02	500		1			
CANADA (2)							1 (a)	0,1 (a)					0,01 (b)		0,1 (a)		5 (b)		
Punto de Muestreo																			
Laboratorio	Nº Identif.	Nº Catastro	Fecha																
Nº Análisis	Estudio																		
53570-01	M-1	110	08-09-05	0.01	0.1	NM	0.01	NM	8.06	NM	NM	15.00	NM	13.10	NM	0.02	NM	2	0.68
53571-01	M-2	434	08-09-05	0.01	0.02	NM	0.01	NM	7.85	NM	NM	33.70	NM	58.40	NM	0.04	NM	170	9.70
53572-01	M-3	120	08-09-05	0.01	0.01	NM	0.01	NM	8.02	NM	NM	22.50	NM	73.60	NM	0.01	NM	2	0.41
53594-01	M-4	345	09-09-05	0.01	0.02	NM	0.01	NM	7.60	NM	NM	23.80	NM	32.90	NM	0.18	NM	2	0.75
53595-01	M-5	376	09-09-05	0.01	0.01	NM	0.01	NM	7.83	NM	NM	12.60	NM	23.40	NM	0.02	NM	2	1.49
53596-01	M-6	352	09-09-05	0.01	0.01	NM	0.01	NM	6.88	NM	NM	25.70	NM	23.00	NM	0.01	NM	2	1.22
53573-01	M-7	18	08-09-05	0.01	0.01	NM	0.01	NM	7.70	NM	NM	18.70	NM	116.00	NM	0.02	NM	2	1.86
53574-01	M-8	362	08-09-05	0.01	0.01	NM	0.01	NM	7.70	NM	NM	21.30	NM	88.90	NM	0.05	NM	2	0.72
53597-01	M-9	477	09-09-05	0.01	0.01	NM	0.01	NM	7.80	NM	NM	16.40	NM	65.00	NM	0.02	NM	2	1.42
53575-01	M-10	155	08-09-05	0.01	0.01	NM	0.01	NM	7.40	NM	NM	22.3	NM	72.8	NM	0.01	NM	2	0.31

Punto de Muestreo				MATRIZ DE VALORES EXCEDIDOS RESPECTO DE LA NORMA NCH 1333														
Laboratorio	Nº Identif.	Nº Catastro	Fecha															
Nº Análisis	Estudio	Estudio																
53570-01	M-1	110	08-09-05															
53571-01	M-2	434	08-09-05															
53572-01	M-3	120	08-09-05															
53594-01	M-4	345	09-09-05															
53595-01	M-5	376	09-09-05															
53596-01	M-6	352	09-09-05															
53573-01	M-7	18	08-09-05															
53574-01	M-8	362	08-09-05															
53597-01	M-9	477	09-09-05															
53575-01	M-10	155	08-09-05															

**Tabla 6.4-7 (Continuación)**  
**Parámetros Según Proyecto de Norma Secundaria y Otros:**  
**3ª Campaña Mataquito (Septiembre 2005)**

Normas de Referencia				Otros Parámetros (con Límites de Referencia según otras Normas)																
				Alcalinidad Total	Bicarbonatos	Calcio	Carbonatos	Compuestos Fenólicos	Conductividad	DBO5	DQO	Dureza Total	Fósforo Total	Magnesio	Nitratos	Nitritos	Potasio	RAS	Sólidos Disueltos Totales	Sodio
				[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[uS/cm]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]		[mg/l]	[mg/l]
Unidades Limite Norma Secun. Clase 2 (1) CANADA (2) Nch 409								0.002	1500	10						6	1000			
Punto de Muestreo								0.002 (b)				0.2 (b)	10 (b)	1 (b)						
Laboratorio N° Identif. N°Catastro Fecha				MATRIZ DE VALORES EXCEDIDOS RESPECTO DE LA GUIA PARA NORMAS SECUNDARIAS (PARA AGUAS CLASE 2)																
N° Análisis Estudio Estudio																				
53570-01	M-1	110	08-09-05	151.0	184.0	58.1	NM	0.001	390	2	0.3	190	0.10	20.90	1.07	0.05	2.77	0.54	NM	18.60
53571-01	M-2	434	08-09-05	108.0	132.0	61.7	NM	0.001	638	2	1	220	0.32	18.30	25.40	0.05	4.83	1.58	NM	55.00
53572-01	M-3	120	08-09-05	205.0	250.0	89.8	NM	0.001	684	2	0.3	290	0.24	28.00	5.95	0.05	5.77	1.09	NM	46.2
53594-01	M-4	345	09-09-05	76.0	92.7	33.7	NM	0.001	263	2	4	116	0.37	6.97	2.98	0.005	3.70	0.69	NM	16.90
53595-01	M-5	376	09-09-05	75.0	91.5	29.7	NM	0.001	222	2	13	116	0.3	7.45	1.94	0.05	41.10	0.44	NM	10.40
53596-01	M-6	352	09-09-05	49.0	59.8	24.0	NM	0.001	184	2	0.3	120	0.25	3.96	4.89	0.05	3.24	0.64	NM	12.80
53573-01	M-7	18	08-09-05	81.0	98.8	78.6	NM	0.001	505	2	0.3	208	0.10	11.20	3.34	0.05	5.02	0.74	NM	26.30
53574-01	M-8	362	08-09-05	69.0	84.2	59.3	NM	0.001	416	2	1	168	0.25	7.75	2.87	0.05	4.28	0.75	NM	23.00
53597-01	M-9	477	09-09-05	70.0	85.4	56.9	NM	0.001	373	2	0.3	182	0.29	11.40	3.09	0.05	4.54	0.56	NM	17.60
53575-01	M-10	155	08-09-05	62.0	75.6	52.1	NM	0.001	402	2	0.3	170	0.1	7.59	3.96	0.05	3.38	0.75	NM	21.8
Laboratorio N° Identif. N°Catastro Fecha																				
N° Análisis Estudio Estudio																				
53570-01	M-1	110	08-09-05																	
53571-01	M-2	434	08-09-05																	
53572-01	M-3	120	08-09-05																	#1REF1
53594-01	M-4	345	09-09-05																	
53595-01	M-5	376	09-09-05																	
53596-01	M-6	352	09-09-05																	
53573-01	M-7	18	08-09-05																	
53574-01	M-8	362	08-09-05																	
53597-01	M-9	477	09-09-05																	
53575-01	M-10	155	08-09-05																	

Lab. informa que está bajo el valor indicado (<valor indicado)

1333 Excedido respecto de la Nch 1333 agua para Riego

Sec. Excedido según Guía Normas Secundarias, aguas continentales clase 2

NM No medido en esta campaña

Notas (1): Limite para aguas Clase 2 (buena calidad para riego, bebida de animales, acuicultura, pesca) según Tabla 1 de la Guía para Establecimiento de Normas Secundarias de Aguas Continentales Superficiales y Marinas, CONAMA, Dic. 2004

(2) Recomendaciones según: "A Guide to Waters Quality Parameters" de Inland Directorate, Ottawa Canada. Tipos de aguas correspondientes a:

(a) rango ambiental en aguas continentales

(b) Ilmite máximo recomendado para consumo humano

(c) Ilmite máximo recomendado para la vida acuática

Tabla 6.4-8 Parámetros Históricos Según Norma Nch 1333, Agua para Riego

Normas de Referencia	Aluminio	Anilino	Bario	Berilio	Boro	Cadmio	Cianuros	Cloruros	Cobalto	Cromo Total	Fluoruro	Hierro	Litio	Manganeso	Mercurio	Nitrito	Níquel	Plata	Plomo	Porcentaje de Sodio	Selenio	Sulfatos	Vanadio	Zinc	Cinco Libres Residual	Coliformes Fecales	Turbiedad			
Unidades	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	(%)	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[NMP/100ml]	UNT				
Límite Norma Sección 1114 CANADIA (12)	5	0.100	4	0.1	0.75	0.010	0.200	200	0.05	0.200	0.100	1	0.005	2.0	0.200	0.0010	0.01	0.2	0.5-0.0	0.2	0.005	30	0.010	300.000	0.1 (a)	2.000	1000	30		
Límite Norma Sección 1114 CANADIA (12)	5	0.1 (a)	4	0.001 (a)	5 (b)	0.005 (b)	0.2 (b)	200 (b)	0.0001 (a)	1.000	0.01 (a)	1 (a)	0.005	2.0	0.200	0.0001	0.1 (a)	0.2	0.05 (b)	0.05 (b)	30	0.01 (b)	300.000	0.1 (a)	2.000	1000	30			
Punto de Muestreo																														
N°Catastro																														
Fecha																														
29	20-12-1998				0.020		0.002	48.780																						
110	09-04-1999	0.000			0.010		0.000	32.070		0.020	0.010	7.910		0.580					6.620		0.010	20.560	0.002	77.000			0.330		68.000	
128	09-04-1999	0.018			0.010		0.000	15.400		0.000	0.010	0.040		0.010	0.001				8.040		0.010	36.300	0.250	0.000	23.000	3.000				
187	20-12-1998				0.100		0.002	48.780											7.160		0.770	65.800								
189	20-01-1999	0.010	0.001		0.150	0.001	0.000	23.200		0.006	0.006	0.084	0.005	0.005	0.001				8.000	0.001	8.300	0.001	131.000	0.000		1.800	0.800			
184	06-01-1999	0.020	0.001		0.050	0.001	0.005	25.100		0.009	0.002	0.010	0.009	0.007	0.001	0.005			7.100	0.002	9.200	0.001	67.000	0.003		14.000	0.700			
228		0.000			0.001		0.001	22.340		0.090	0.010	0.480		0.040					8.960		0.001	22.210	0.010			4.000	2.000			
235		0.000			0.010		0.010	17.760		0.000	0.010	0.120		0.010					8.000		0.010	28.890	0.010			33.000	3.000			
241		0.000			0.010		0.010	22.330		0.000	0.010	0.150		0.010					7.110		0.010	36.020	0.010			1.000	0.000			
242		0.010			0.010		0.010	24.110		0.010	0.010	0.030		0.050					8.860		0.010	39.800	0.010			0.000	0.000			
249		0.010			0.010		0.010	25.530		0.010	0.010	0.030		0.050					8.750		0.010	48.650	0.010			0.000	0.000			
269	03-06-2001	0.002	0.001		0.001		0.005	26.900		0.009	0.001	0.039		0.007	0.001				8.900	0.001	0.001	67.500	0.150			1.800	0.700			
272	20-04-1999	0.005			0.010		0.050	15.400		0.010	0.010	0.090		0.010	0.001				7.090		0.010	0.030	0.000	2.000	0.180					
273	10-04-1999	0.004			0.010		0.050	14.900		0.010	0.010	0.090		0.010	0.001				7.440		0.010	0.250	0.000	2.000	0.060					
263	17-04-1999	0.005			0.010		0.050	20.300		0.120	0.010	0.090		0.010	0.001				7.310		0.010	0.020	0.000	4.000	0.050					
264	13-04-1999	0.022			0.010		0.050	20.300		0.170	0.010	0.090		0.010	0.001				7.770		0.010	0.220	0.000	11.000	11.200					
267	13-01-1999	0.005			0.010		0.050	14.900		0.010	0.010	0.090		0.010	0.001				7.400		0.010	0.040	0.100	8.000	0.100	8.000	0.210			
268	23-06-1999	0.005			0.010		0.050	20.800		0.070	0.010	0.090		0.010	0.001				7.540		0.010	0.040	0.000	2.000	0.600					
292		0.010			0.010		0.010	32.900		0.010	0.010	0.050		0.050					6.710		0.010	68.890	0.010			0.000	0.000			
293		0.000			0.010		0.010	34.030		0.010	0.010	0.140		0.010					7.520		0.010	18.860	0.010			1.000				
294		0.010			0.010		0.010	25.530		0.010	0.010	0.040		0.010					6.840		0.010	103.750	0.010			1.000				
300	26-01-1999	0.020	0.001		0.001		0.009	13.900		0.002	0.001	0.195		0.050	0.001				7.200	0.001	0.001	27.200	0.041			2.000	1.000			
322	11-04-1999	0.007	0.001		0.001		0.005	18.000		0.007	0.004	0.051		0.007	0.001				6.907	0.001	0.001	21.080	0.001			1.800	0.700			
323		0.010			0.010		0.009	13.470		0.006	0.010	0.010		0.050					6.860	0.010	11.480	0.010	25.900	0.041			2.000	0.000		
326	20-04-2003							8.740		0.000	0.000			0.000					8.900			38.350	0.000							
329	10-10-2000							23.430		0.000	0.000			0.000					7.500			21.440	0.030							
327	10-10-2000							19.800		0.000	0.000			0.000					8.950			22.330	0.100							
329	25-01-1999							26.900		0.012	0.000			0.020					6.920							0.000	0.100			
330	24-03-1997	0.030	0.001		0.001		0.005	43.100		0.009	0.004	0.000		0.000	0.001				8.900	0.008	0.001	71.500	0.001			1.800	0.300			
330	20-07-1997	1.560	0.005		0.340	0.010	0.000	30.400	0.010	0.010	0.010	0.060	1.150	0.020	0.030	0.001	0.030	0.010	7.190	0.010	22.070	0.001	67.500	0.060	0.000	2.000	5.200			
331	26-05-1997							16.300											6.850											
340	20-07-1997	0.240	0.005		0.480	0.010	0.050	27.800	0.010	0.010	0.010	0.130	0.050	0.020	0.010	0.020	0.010	7.650	0.010	16.660	0.001	59.000	0.010	0.000	2.000	0.300				
342	17-04-1998	0.100	0.005		0.020	0.010	0.050	24.500	0.010	0.040	0.010	0.050	0.110	0.060	0.040	0.001	0.030	0.010	7.070	0.010	26.700	0.001	55.200	0.150	0.000	2.000	1.500			
343	20-07-1997							30.500											6.780											
348	17-02-1999	0.004			0.020	0.000	0.002	60.930		0.000	0.000			0.010	0.000				8.900	0.000	19.840	0.000	114.600	0.000		3.000				
348	18-02-1999	0.008			0.040	0.000	0.002	37.240		0.000	0.000			0.020	0.000				7.160	0.000	23.970	0.000	23.920	0.000		3.000				
349	09-11-1998	0.005			0.010		0.005	23.700		0.010	0.010	0.090		0.010					8.020	0.000	26.220	0.000	60.000	0.010					1.400	
351	09-02-1999	0.000			0.000		0.002	60.930		0.000	0.000			0.000	0.000				8.820	0.000	22.470	0.000	348.000	0.000		3.000				
352	09-02-1999	0.000			0.100	0.000	0.002	36.230		0.000	0.000			0.000	0.000				6.910	0.000	11.730	0.000	66.300	0.000						
353	26-10-1998	0.003			0.150	0.003	0.005	38.640		0.005	0.004	0.050		0.005	0.000				7.900	0.000	1.700	0.000	12.860	0.010						
357	02-12-1998	0.005			0.005		0.010	13.900		0.130	0.010	0.010		0.010	0.001				7.320	0.010	0.000	21.400	0.010	0.000	0.000	2.000	0.780			
358	10-03-1999	0.010	0.005	0.470	0.010	0.250	0.001	14.000	0.001	0.028	0.010	0.450	0.005	0.010	0.001	0.001	0.010	7.950	0.010	34.600	0.001	27.000	0.010	0.010	0.500					
360	19-02-1999				0.150			20.710		0.000	0.000			0.000					8.050			21.640	0.030							



Figura 6.4-14  
**RESULTADO MONITOREO CUENCA DEL RÍO MATAQUITO  
 (ALUMINIO)**

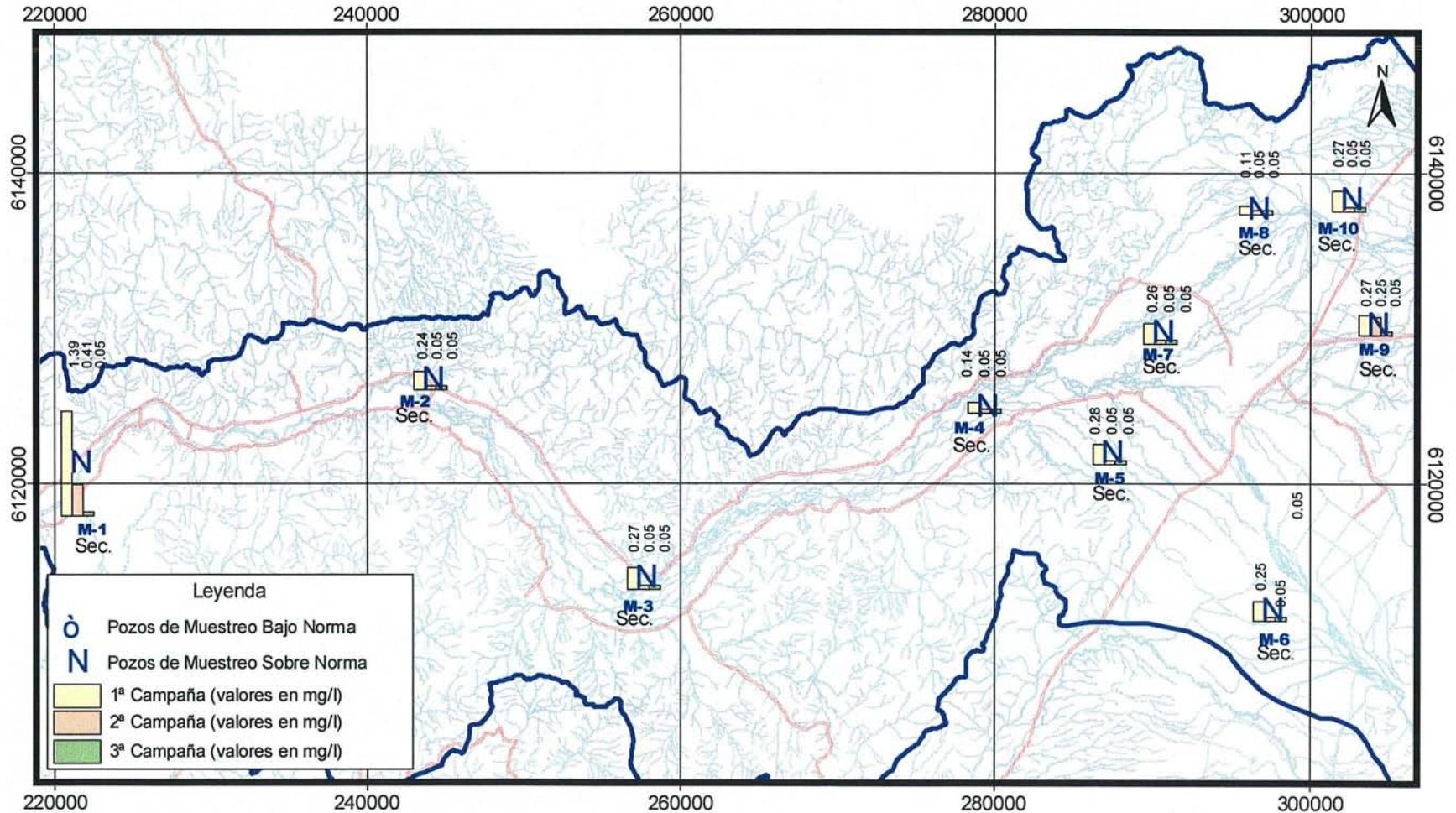


Figura 6.4-15  
**RESULTADO MONITOREO CUENCA DEL RÍO MATAQUITO  
 (HIERRO)**

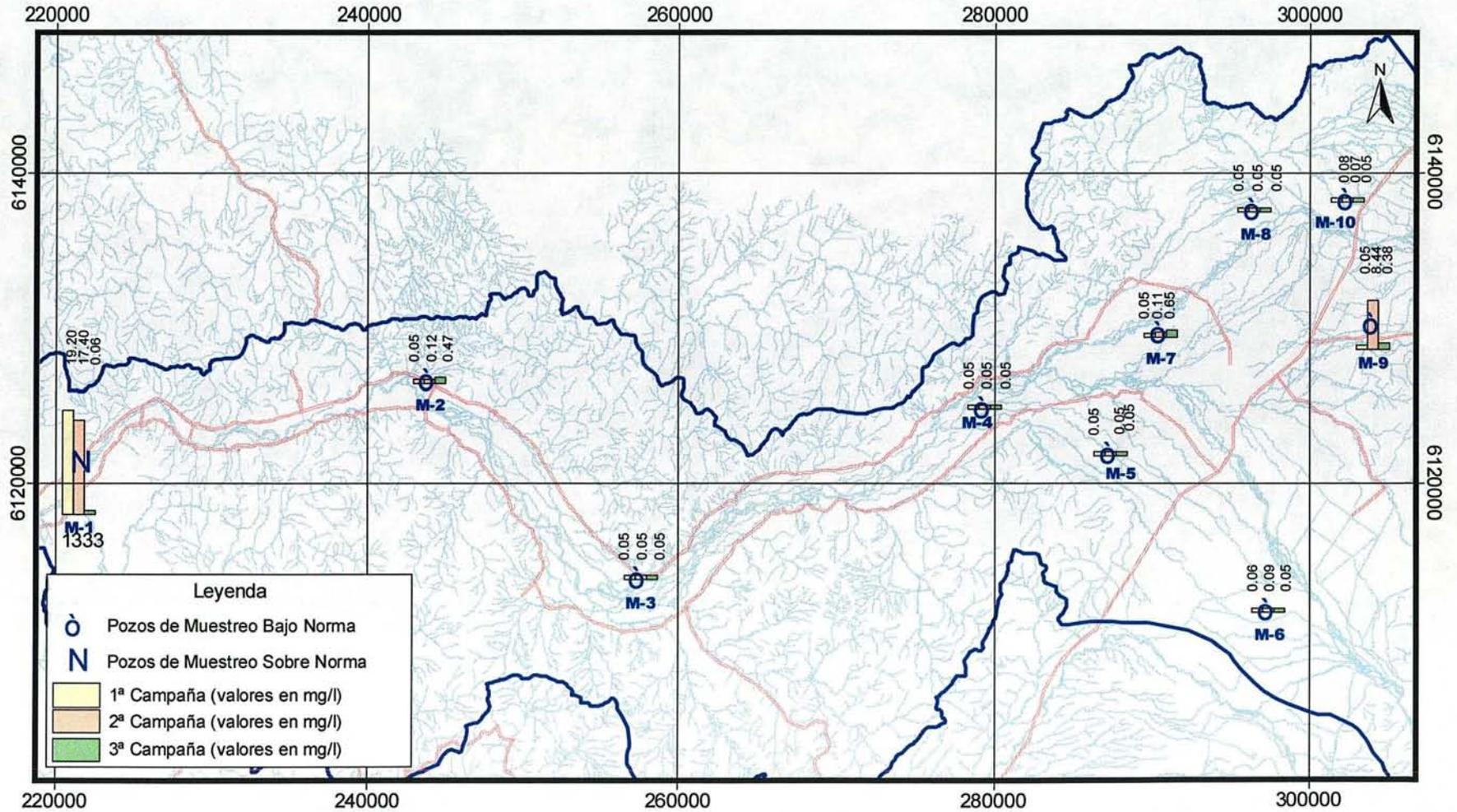


Figura 6.4-16

**RESULTADO MONITOREO CUENCA DEL RÍO MATAQUITO  
(MANGANESO)**

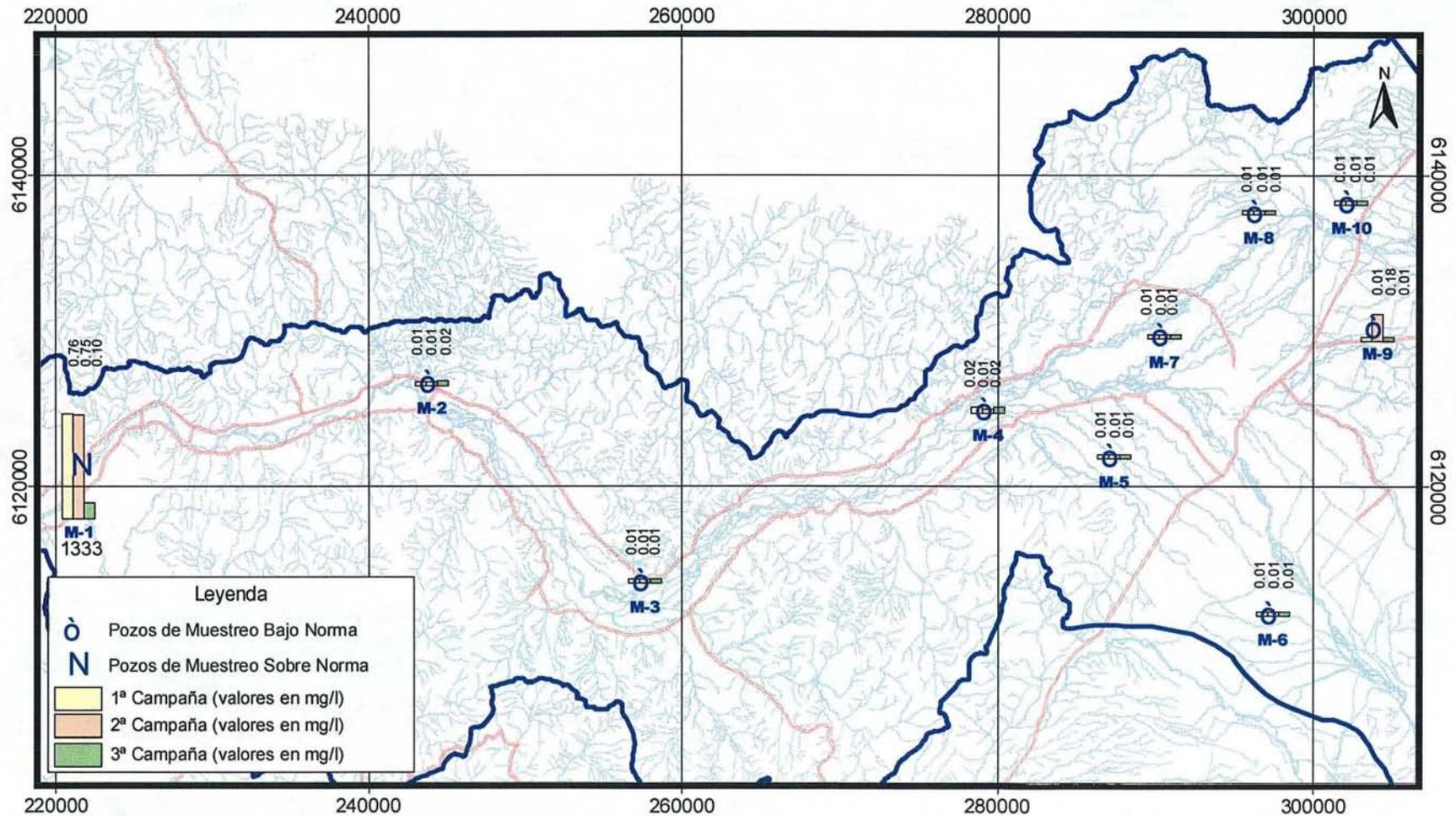
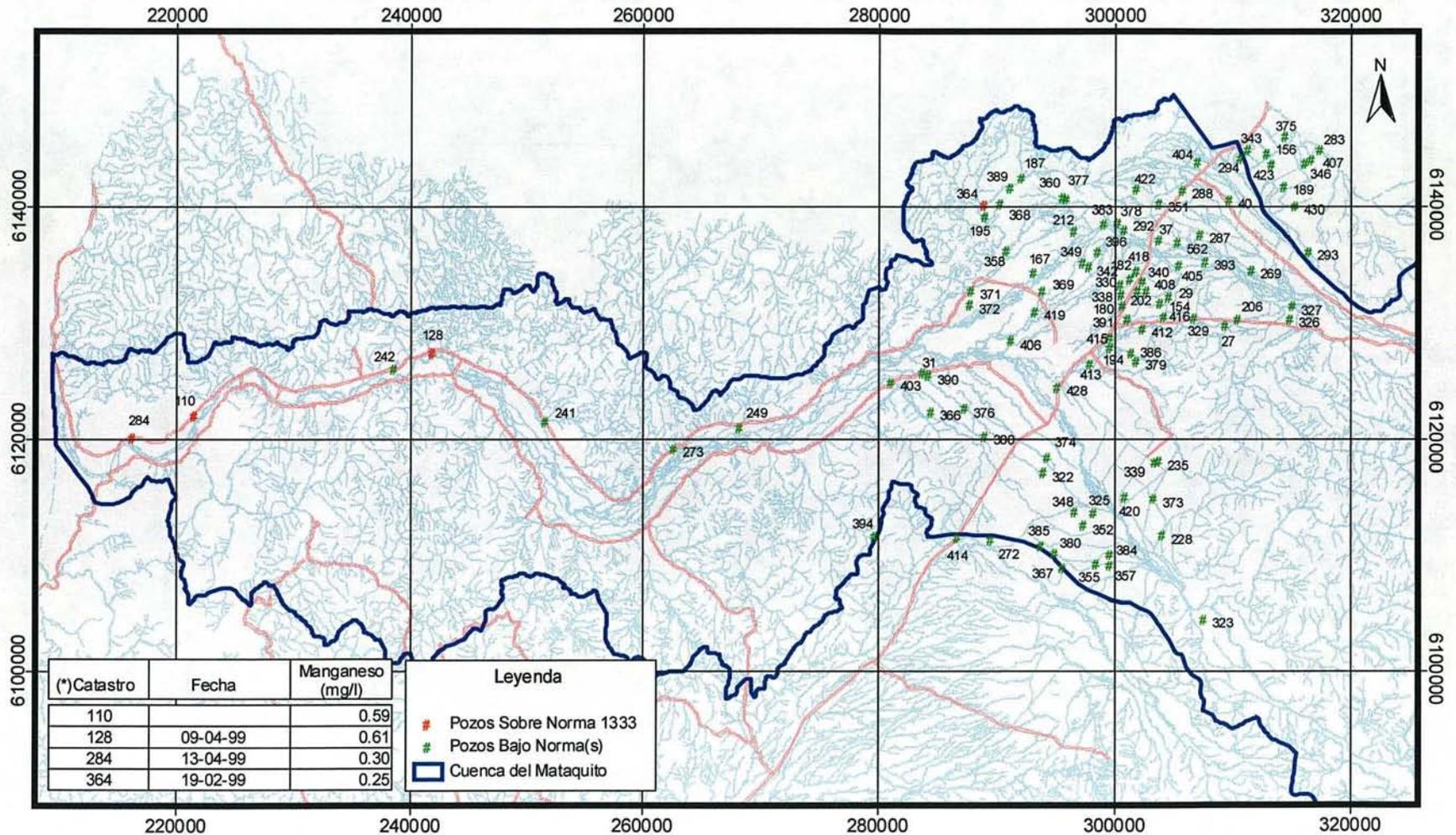


Figura 6.4-17  
**MONITOREO HISTÓRICO CUENCA DEL RÍO MATAQUITO  
 (MANGANESO)**



(\*) Dado el gran número de puntos muestreados históricamente sólo se presentan en esta tabla aquellos que superan el límite de la Norma.

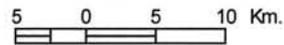
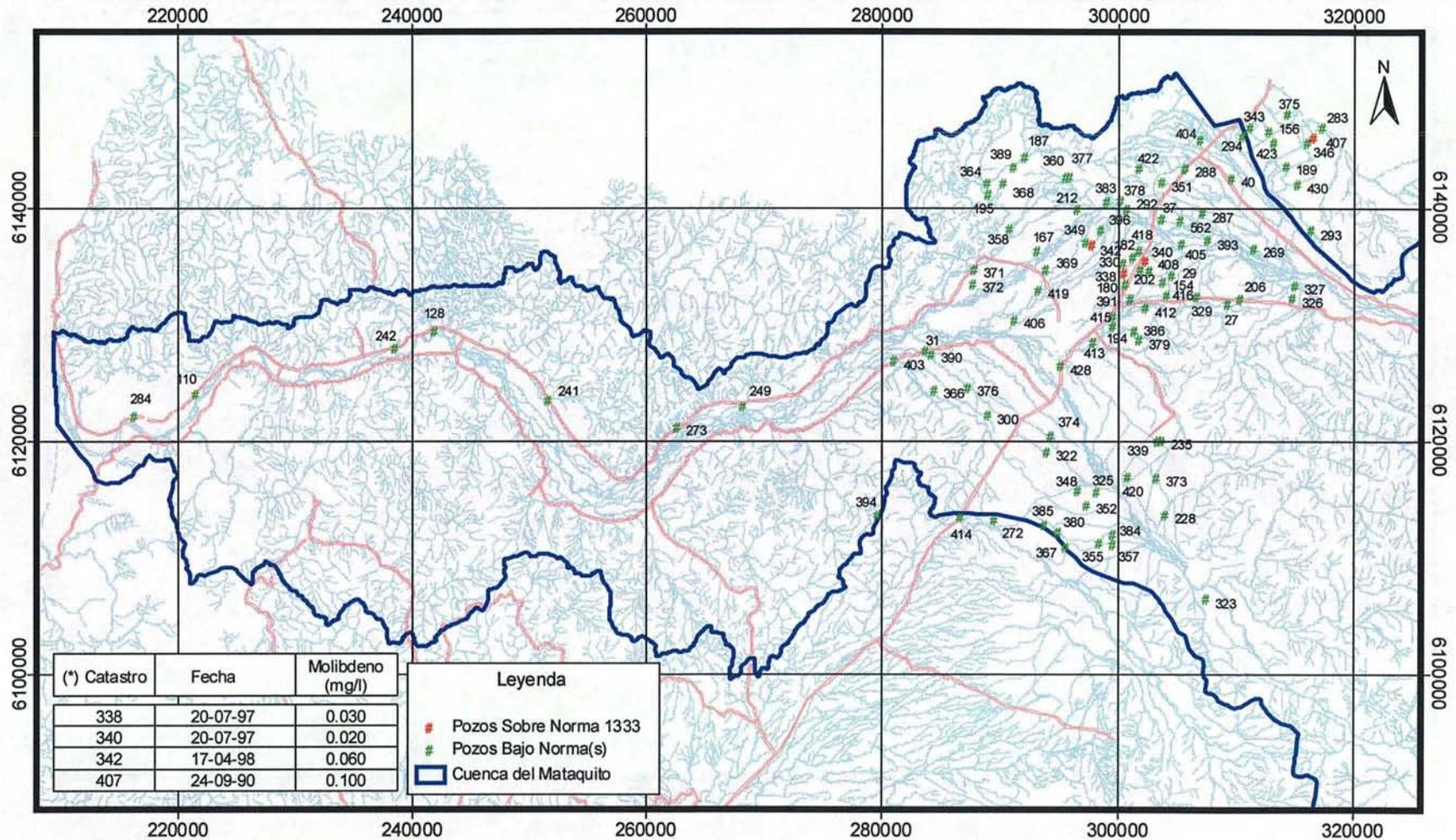


Figura 6.4-18  
**MONITOREO HISTÓRICO CUENCA DEL RÍO MATAQUITO  
 (MOLIBDENO)**



(\*) Dado el gran número de puntos muestreados históricamente sólo se presentan en esta tabla aquellos que superan el límite de la Norma.

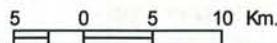
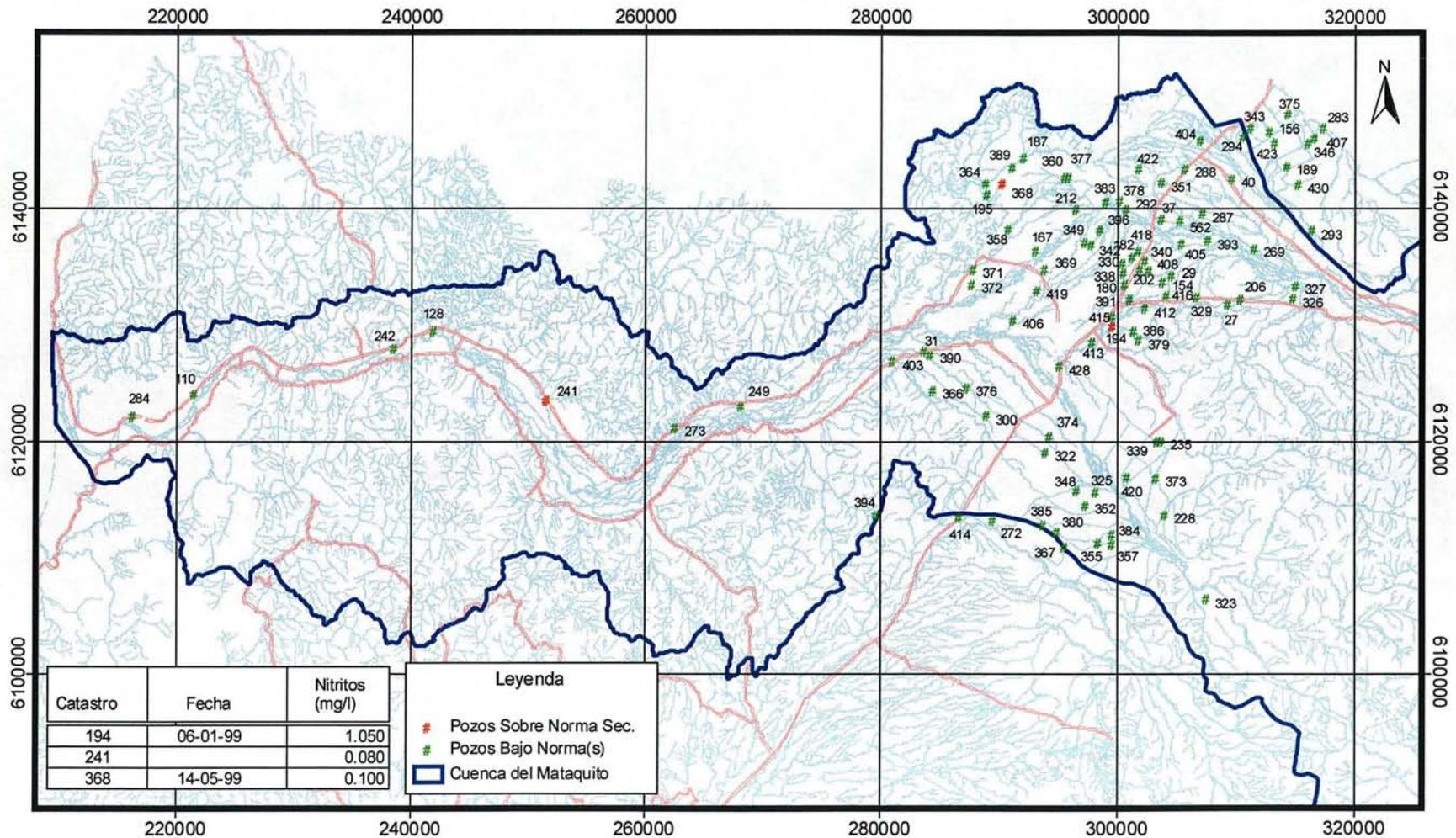
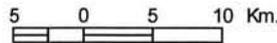


Figura 6.4-19  
**MONITOREO HISTÓRICO CUENCA DEL RÍO MATAQUITO  
 (NITRITOS)**



(\*) Dado el gran número de puntos muestreados históricamente sólo se presentan en esta tabla aquellos que superan el límite de la Norma.



## 7 MODELAMIENTO HIDROGEOLÓGICO DE LAS CUENCAS

### 7.1 INTRODUCCIÓN

Los modelos tienen el fin de representar el sistema de agua subterránea de las cuencas y evaluar los efectos sobre niveles, balance de aguas, líneas de flujo, concentración de contaminantes, etc. Los modelos se implementaron a través del software Visual Modflow, que permite representar todos los elementos del sistema de manera sencilla y dinámica.

Como elementos de recarga se consideró la infiltración de precipitaciones, las recargas por aportes de laderas y quebradas laterales, y la recarga por percolación del riego, calculada con la información del estudio agronómico. Estos procesos fueron modelados a través de la incorporación de zonas de recarga superficial o "recharge zones", las cuales corresponden a vectores de tasa de recarga variables en el tiempo. Los ríos fueron representados en el modelo a través del módulo "river" el cual permite incluir un curso superficial de manera dinámica, de forma que la posición simulada de la napa determina en qué zonas el río genera aportes al acuífero y en qué zonas, el río recibe aportes de la napa.

Cabe señalar aquí, que los modelos elaborados son preliminares, por cuanto la información necesaria para su ajuste y calibración es muy precaria. En efecto, en Mataquito por ejemplo no hay limnigramas históricos necesarios para calibrar el modelo en régimen transiente. No obstante ello, se efectuó la simulación transiente para verificar la respuesta estacional del modelo. En Huasco hay limnigramas, pero la información de niveles en pozos es puntual y localizada sólo cerca del río. En este caso la información de parámetros del acuífero también es muy reducida. En los dos valles no es posible establecer sobre bases concretas el rendimiento específico de los acuíferos (falta de pruebas de bombeo con pozos de observación). En concreto, los modelos fueron ajustados de la mejor forma posible con el actual conocimiento en ambos valles y podrán irse recalibrando en la medida que se vaya obteniendo más información.

En la cuenca del río Huayco, y debido a la existencia de limnigramas de extensión adecuada, se hizo una posterior calibración régimen transiente, abarcando los últimos 10 años; es decir, para el período comprendido entre 1995 y 2004, con una discretización temporal a nivel mensual. En el caso de la cuenca del río Mataquito los niveles de contrastes serán los de pozos de Aguas Nuevo Sur Maule, más los del catastro de captaciones realizados por este consultor en este trabajo.

Se incorporaron a los modelos todos los sondajes existentes en el área, de acuerdo con los resultados del catastro. Para ello se utilizó la opción "add well" de Visual Modflow que permite ingresar de manera individual cada uno de los sondajes, con su respectiva regla de explotación.

## **7.2 MODELACIÓN HIDROGEOLOGICA DE LA CUENCA DEL RÍO MATAQUITO**

### **7.2.1 Introducción**

A través del software de modelación Visual Modflow, se ha elaborado un modelo de simulación del flujo subterráneo en la cuenca del río Mataquito. Este modelo fue primero verificado (calibración general) para una condición de régimen permanente. Luego se efectuó la calibración en régimen transiente ajustándose la variación de los niveles observados en pozos en la campaña de terreno cuya información se presenta en el capítulo 4.3. Dada la subexplotación del sistema subterráneo, lo cual se corroborará con cifras una vez obtenido el balance, y la inexistencia de limnigramas en la zona de interés, la información de la campaña de terreno realizada para la presente consultoría adquiere una gran importancia al momento de contrastar los niveles estáticos medidos con los niveles simulados.

Mediante la aplicación de este modelo, es posible evaluar el efecto que se produciría, en el mediano y largo plazo sobre el sistema (niveles, caudales pasantes, interacción con el río, etc.), ante distintos escenarios de extracción además de incorporar los elementos relativos a posibles sustancias contaminantes en diversos puntos.

A continuación se presenta el desarrollo que se ha llevado a cabo en la elaboración del modelo.

### **7.2.2 Zona Modelada y Discretización Espacial y Temporal**

El sistema considerado en la modelación abarca las zonas acuíferas de la cuenca del río Mataquito. Por consideraciones técnicas, nivel de información y requerimientos de las herramientas computacionales utilizadas, se decidió manejar en dos modelos la cuenca del río Mataquito.

En primer lugar se encuentra la zona denominada Valle Central, la cual se extiende desde las primeras elevaciones de la cordillera de los Andes por el Oriente hasta el comienzo de la cordillera de la Costa por el poniente. Los límites norte y sur corresponden a los establecidos por el límite de la cuenca, en las inmediaciones de las localidades de Teno y Molina respectivamente.

En esta zona se encuentran los dos principales afluentes del río Mataquito. En el sector norte de la zona a modelar y escurriendo de oriente a poniente se encuentra el río Lontué, por otro lado en la zona sur de la zona a modelar y con un recorrido de sur-oriente a nor-poniente, está el río Teno. Ambos, forman el río Mataquito en la zona media del límite poniente de la zona a modelar.

Esta zona se ilustra en el plano de la Figura 7.2-1.

De manera específica, los límites considerados son los siguientes:

• Límite Este	Coordenada UTM Este	328.000 m
• Límite Oeste	Coordenada UTM Este	282.000 m
• Límite Norte	Coordenada UTM Norte	6.149.000 m
• Límite Sur	Coordenada UTM Norte	6.104.000 m

De esta forma, la zona modelada abarca una extensión de 46 km de valle (en línea recta) en sentido Este – Oeste y de 45 km en sentido Norte-Sur.

La segunda zona a modelar se denominó Mataquito y corresponde explícitamente al río Mataquito extendiéndose desde su origen en la confluencia de los ríos Teno y Lontué en las inmediaciones de la localidad de Sagrada Familia por el Oriente, hasta su desembocadura al sur de la localidad costera de Iloca por el poniente. Los límites norte y sur corresponden a los establecidos por el límite de la cuenca, específicamente la zona a modelar determinada por las formaciones acuíferas existentes en el recorrido del río Mataquito.

Esta zona se ilustra en el plano de la Figura 7.2-2.

De manera específica, los límites considerados son los siguientes:

• Límite Este	Coordenada UTM Este	287.000 m
• Límite Oeste	Coordenada UTM Este	207.000 m
• Límite Norte	Coordenada UTM Norte	6.135.000 m
• Límite Sur	Coordenada UTM Norte	6.095.000 m

De esta forma, la zona modelada abarca una extensión de 80 km de valle (en línea recta) en sentido Este – Oeste y de 40 km en sentido Norte-Sur.

El paso de tiempo o “stress period”, ha sido establecido en un mes debido a que los caudales involucrados en el sistema presentan variaciones importantes entre un mes y otro (por ejemplo las recargas por percolación desde zonas de riego e infiltración de las precipitaciones). De esta manera, para el período de calibración de 10 años se tienen 120 “stress period”, correspondiente al periodo histórico de 1994/95 a 2003/2004.

N-6.150.000 m.



6.140.000

Teno

El Foso

Río Teno

Sarmiento

6.130.000

Rauco

Romeral

CURICÓ

6.120.000

Sagrada Familia

La Valdivia

Río Lontué

Florida del Aito

La Fortuna

Lontué

Molina

6.110.000

Pichingal

Potrero Grande

6.100.000

E-290.000 m.

300.000

310.000

320.000

**SIMBOLOGÍA**

-  Zona a modelar
-  Cuenca Hidrográfica

GCF INGENIEROS CONSULTORES LTDA.

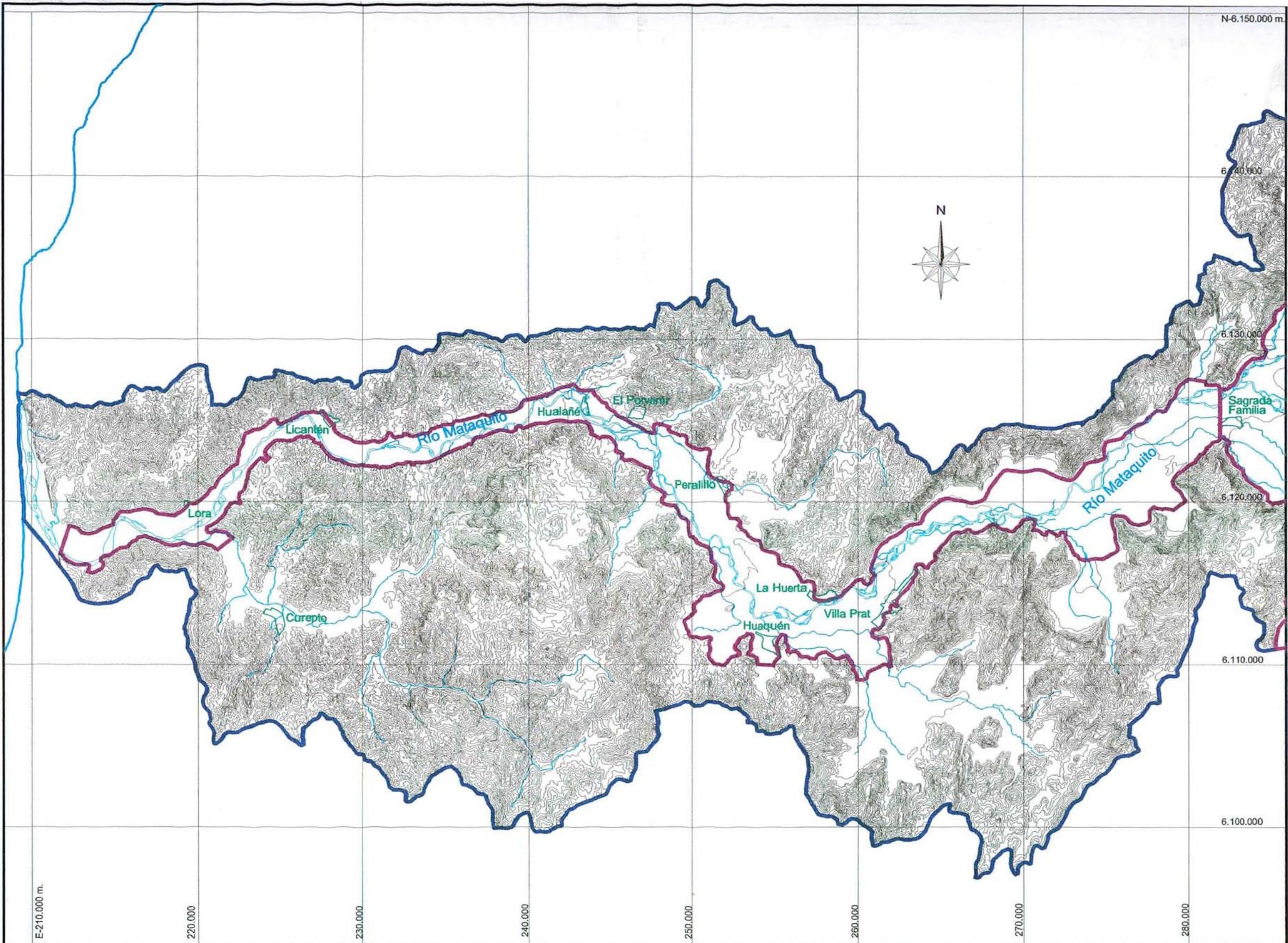
PROYECTO: ESTUDIO DE CALIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LAS CUENCAS DE HUASCO Y MATAQUITO

**ZONA MODELADA VALLE CENTRAL DE LOS RÍOS TENO Y LONTUÉ**

FECHA: OCTUBRE 2005

ESCALA: 1:250.000

Figura 7.2-1



**SIMBOLOGÍA**

- Zona a modelar
- Cuenca Hidrográfica

GCF INGENIEROS CONSULTORES LTDA.

PROYECTO: ESTUDIO DE CALIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LAS CUENCAS DE HUASCO Y MATAQUITO

**ZONA MODELADA  
VALLE DEL RÍO MATAQUITO**

FECHA: OCTUBRE 2005

ESCALA: 1:250.000

Figura 7.2-2

### 7.2.3 Discretización del Acuífero

Para resolver las ecuaciones que determinan el comportamiento de flujos de aguas subterráneas, Visual Modflow utiliza el método de diferencias finitas el cual requiere de una discretización del dominio modelado en columnas, filas y estratos (x,y,z).

Para el caso del modelo "Valle Central" se han considerado 230 columnas y 225 filas, lo que resulta en 51.750 celdas por cada estrato. El ancho de las columnas se ha fijado en 200 m. De igual forma, el espaciamiento entre filas es de 200 m. Esta situación se muestra en la Figura 7.2-3.

Para el caso del modelo "Mataquito" se han considerado 400 columnas y 200 filas, lo que resulta en 80.000 celdas por cada estrato. El ancho de las columnas se ha fijado en 200 m. De igual forma, el espaciamiento entre filas es de 200 m. Esta situación se muestra en la Figura 7.2-4.

Para ambas zonas a modelar, en función de la morfología del valle, se ha trazado el contacto roca – relleno, línea que delimita las zonas factibles de conducir agua de manera subterránea, de aquellas zonas impermeables o en donde la roca aflora en superficie. Utilizando la malla de elementos definida, se han inactivado todas las celdas que se encuentran fuera de la delimitación acuífera, tal como se muestra en las Figuras 7.2-3 y 7.2-4. Estas celdas no participarán del cálculo.

En sentido vertical se han considerado 2 estratos, después del análisis efectuado al estudio geológico y la geofísica de las unidades presentes en el área de interés, desarrollado en un capítulo anterior a este.

Por otra parte, la cota de terreno de cada una de las celdas ha sido obtenida de la digitalización de las curvas cada 25 m de las cartas IGM escala 1:50.000.

Para definir la cota de fondo del relleno sedimentario se ha utilizado la información de los perfiles gravimétricos del presente estudio y el estudio geológico del mismo. Por último, esta información ha sido complementada con la profundidad de los sondajes existentes tanto en el Valle Central como en el sector del río Mataquito, de manera de asegurar que la profundidad definida sea mayor que la de los pozos que no han alcanzado el basamento. El resultado de este análisis se muestra en las Figuras 7.2-5 y 7.2-6

Figura 7.2-3  
Discretización en Planta Valle Central

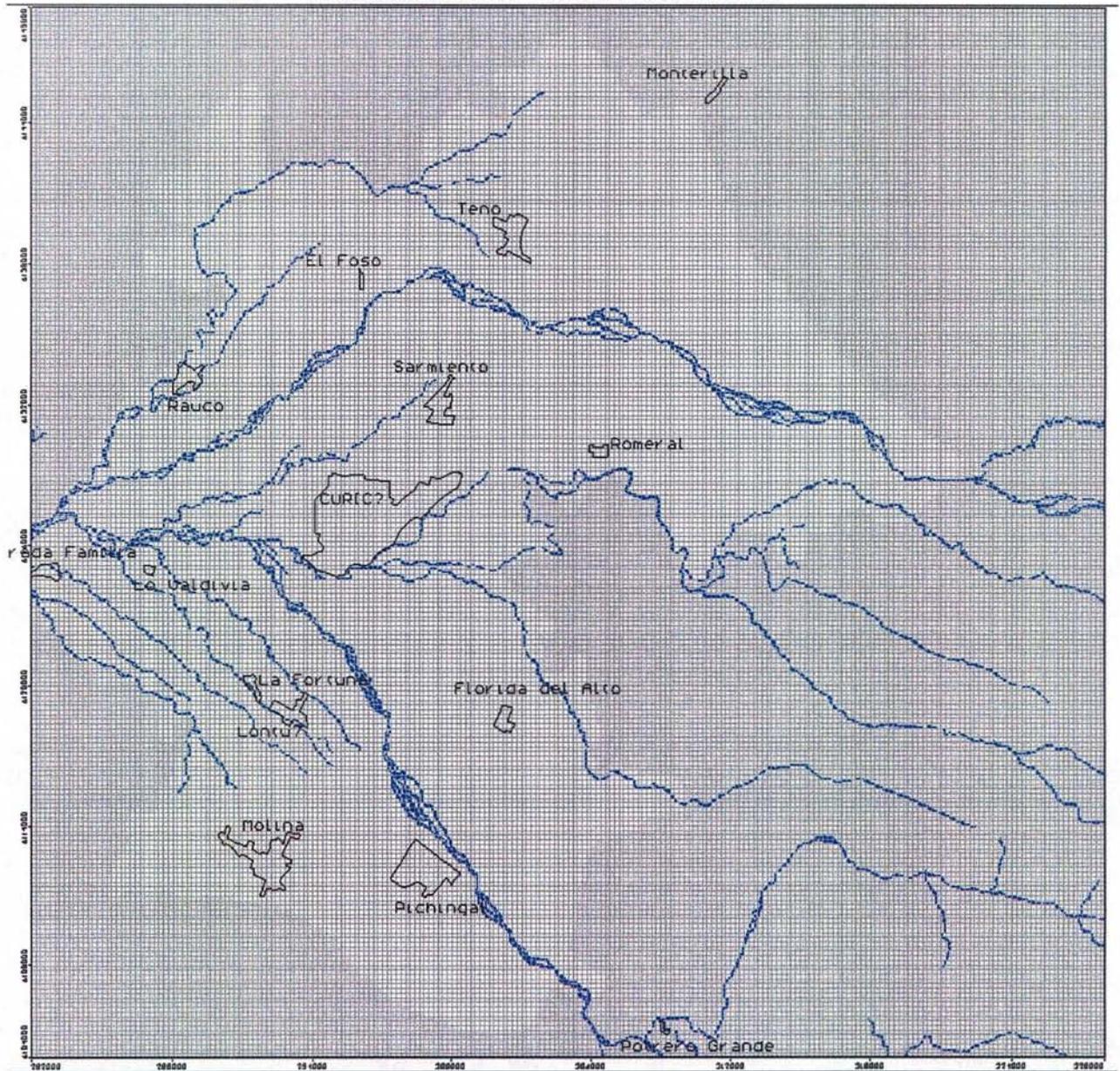


Figura 7.2-4  
Discretización en Planta Mataquito

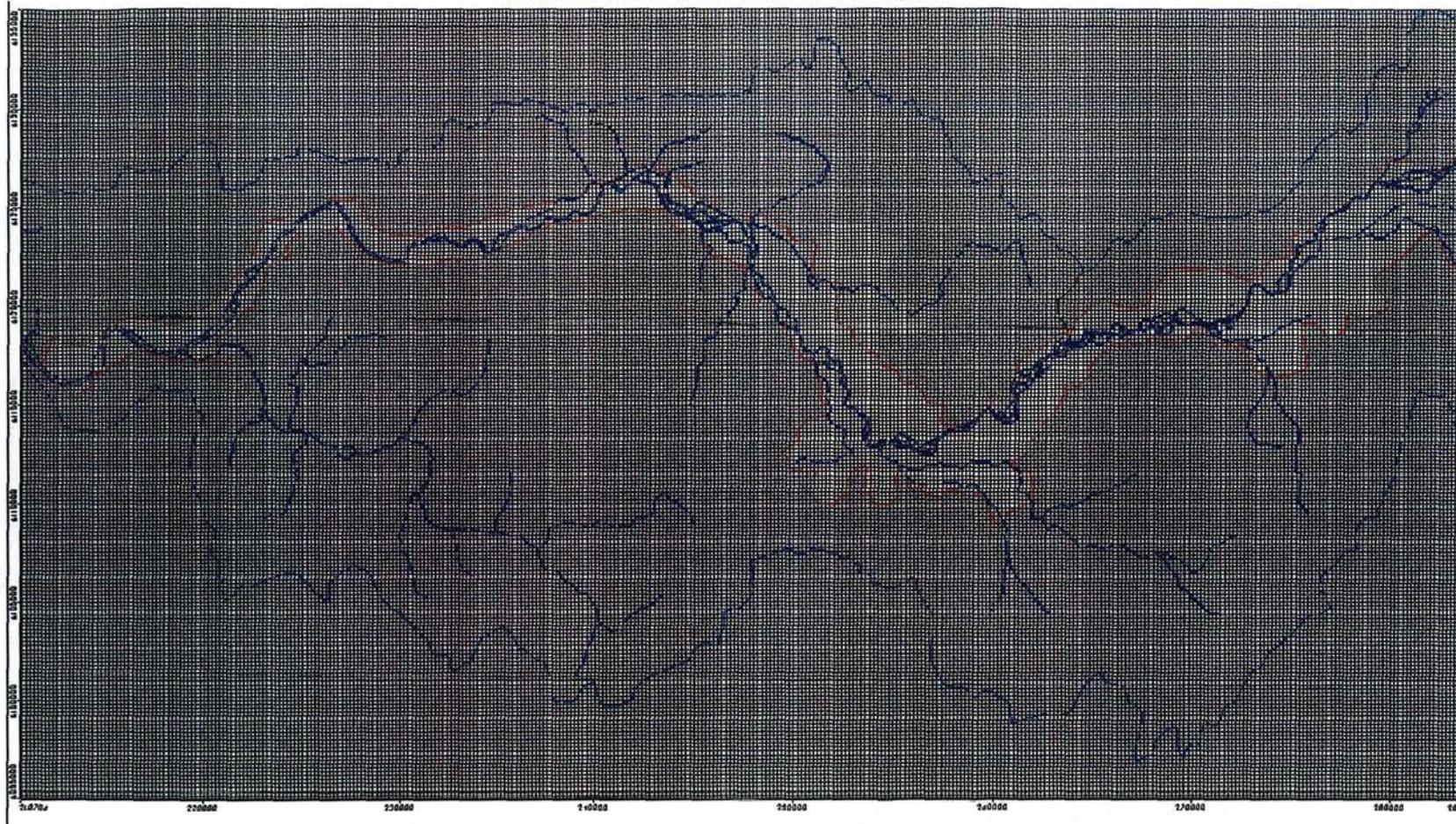


Figura 7.2-5  
Corte Transversal del Río Mataquito en Columna 336 UTM Este 273.700 m

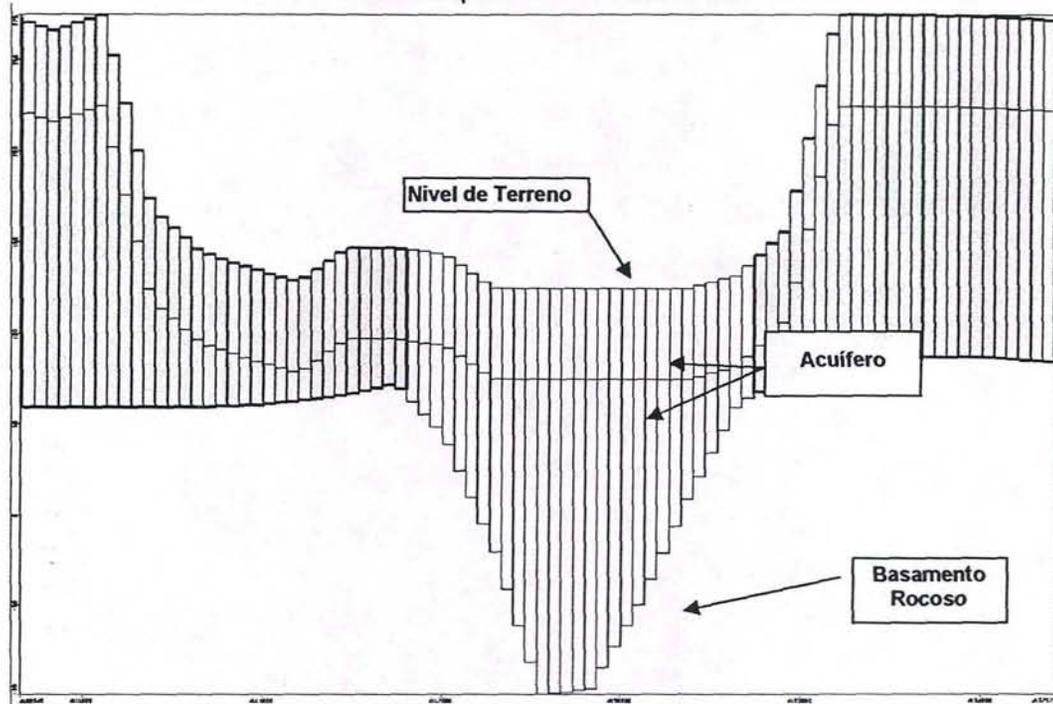
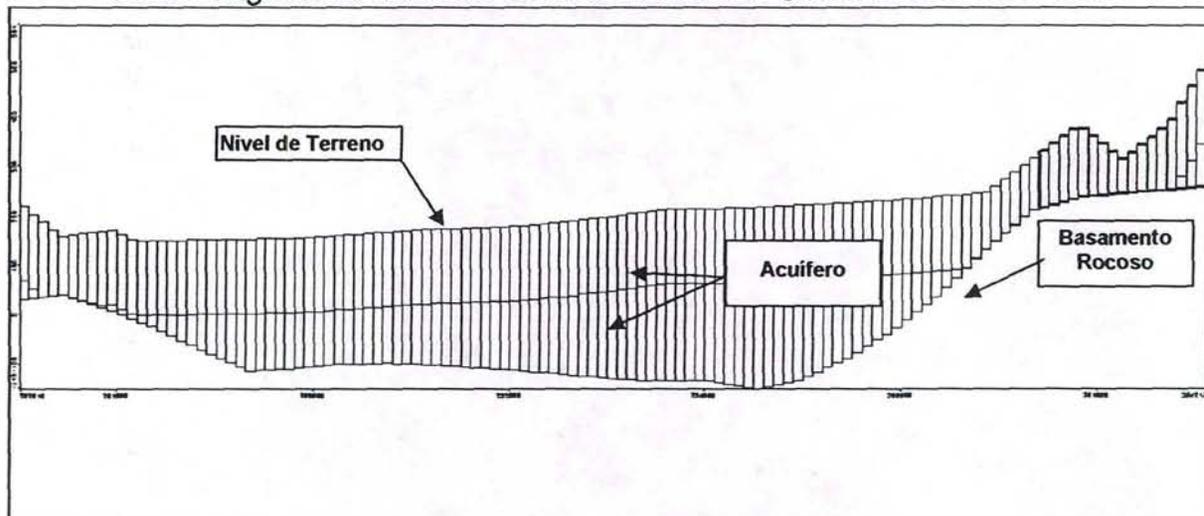


Figura 7.2-6  
Corte Longitudinal del Valle Central en Fila 120 UTM Norte 6.125.100 m



#### 7.2.4 Parámetros del Medio Acuífero

Es usual en este tipo de estudios partir con una distribución espacial de los parámetros del acuífero, tales como el coeficiente de permeabilidad ( $k$ ) y los coeficientes relativos al contenido de agua que el medio puede suministrar, es decir, coeficiente de almacenamiento ( $S$ ), almacenamiento específico ( $S_s$ ) o rendimiento específico ( $S_y$ ), según se trate de acuíferos confinados (2-D o 3-D) o libres.

Dichos parámetros fueron obtenidos de los análisis e interpretaciones previas realizadas en el presente estudio, a saber: el levantamiento geológico-geofísico, el análisis de las pruebas de bombeo y cualquier otro antecedente útil.

Hay que destacar que los valores así definidos son sólo referentes iniciales para el proceso de ajuste del modelo a la situación real del valle. También proveen de rangos plausibles (máximos y mínimos), dadas las condiciones hidrogeológicas estudiadas para las unidades modeladas, dentro de las cuales el especialista que debe calibrar el modelo puede jugar para ajustar las respuestas del sistema acuífero según los objetivos planteados (generalmente niveles y flujos).

Así es como, en función de los coeficientes de transmisibilidad obtenidos de la interpretación de las pruebas de bombeo de distintos sondajes de la cuenca, fueron calculados los coeficientes de permeabilidad y asociados a la malla activa del modelo.

Inicialmente, para el estrato superior se adoptó valores de permeabilidad entre  $1,0 \cdot 10^{-3}$  m/s y  $5,0 \cdot 10^{-4}$  m/s. Para el estrato inferior se adoptó permeabilidades entre  $7,0 \cdot 10^{-5}$  m/s y  $3,0 \cdot 10^{-4}$  m/s. Estos valores se encuentran dentro de los rangos aceptados para rellenos fluviales de baja compactación y con bajo contenido de material fino.

En cuando al rendimiento específico ( $S_y$ ), los valores están entre 15 y 23% para los rellenos existentes en el área a modelar según estudios anteriores y la bibliografía. Se adoptó en primera instancia  $S_y=18\%$ , valor que parece adecuado y representativo.

Cabe destacar que estos valores son semejantes con los presentados en el estudio geológico y concordante con los valores obtenidos a partir de la información levantada en el catastro de captaciones realizado para el presente estudio.

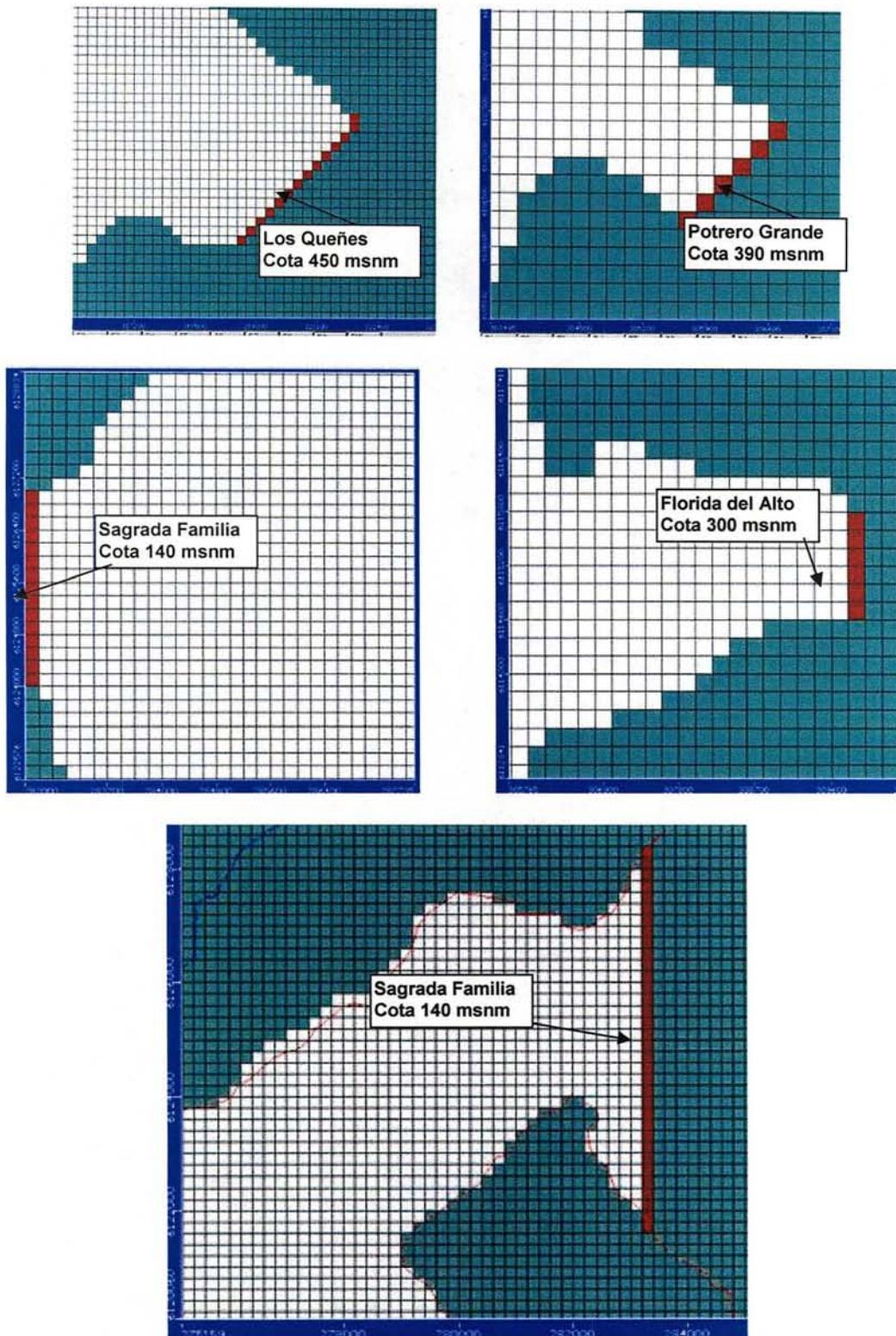
### **7.2.5 Condiciones de Borde de Nivel Conocido**

Se han considerado condiciones de borde de nivel conocido en ambos modelos, todas ellas extraídas del completo catastro de captaciones realizado por este consultor para este estudio.

- **Valle Central:**  
Sagrada Familia 140 m.s.n.m., Los Queñes 450 m.s.n.m., Florida del Alto 300 m.s.n.m. y Potrero Grande 390 m.s.n.m.
- **Mataquito:**  
Sagrada Familia 140 m.s.n.m.

Tal como se muestra en los esquemas de la Figura 7.2-7.

Figura 7.2-7  
Condiciones de Borde Nivel Constante



### 7.2.6 Condiciones de Borde Tipo Río. Representación de los Ríos Teno, Lontué y Mataquito

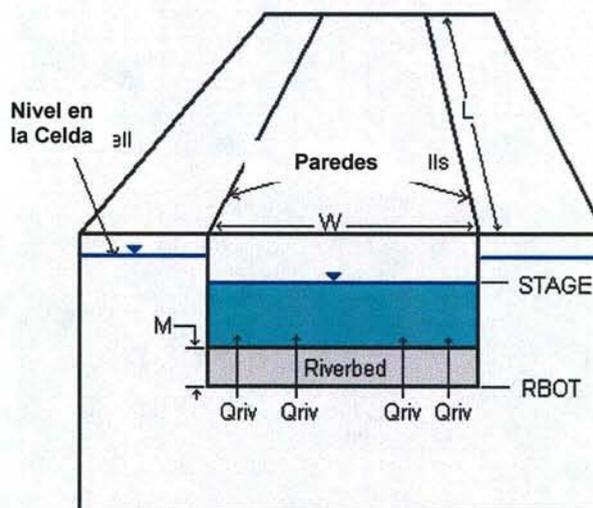
Para representar la interacción de los ríos Teno, Lontué y Mataquito con el sistema subterráneo se han utilizado celdas tipo "river" de Visual Modflow a lo largo de todo el trazado del cauce, tal como se ilustra en la Figura 7.2-8 y 7.2-9.

Para cada celda tipo "river", y para cada mes, se calcula la conductancia de acuerdo a la siguiente expresión:

$$C = \frac{k \cdot L \cdot W}{M} \cdot 86.400 \text{ (m}^2/\text{día)}$$

- Donde
- k = Permeabilidad del lecho (m/s).
  - L = Longitud del cauce en la celda (m).
  - W = Ancho del escurrimiento superficial (m). Depende de la altura de escurrimiento o STAGE que a su vez se calcula por Manning considerando el caudal pasante.
  - M = Espesor del lecho (m).

Esquema del Modulo "River"



Los valores de STAGE (cota del nivel de agua en el cauce) y RBOT (cota del fondo del lecho) deben ser ingresados al modelo en conjunto con la conductancia. El valor de la permeabilidad ha sido estimado como un orden de magnitud menor que el del acuífero, pero este valor, en conjunto con el espesor del lecho y la geometría del cauce (dado que son estimaciones y porque afectan el resultado final de C) pueden ser modificados en el proceso de calibración a modo de representar adecuadamente la interacción del río con la napa.

La ventaja de este tipo de condición de borde que se impone en el modelo, es que permite representar las variaciones estacionales de la interacción napa-río, cuando por efecto de la variación de los caudales en el río y/o posición de la napa, se generan diferentes valores de los flujos de intercambio, en un sentido y en el otro (recuperación o infiltración). Esto se efectúa "modulando" las conductancias, es decir, considerando que ésta depende del caudal del tramo de río;  $C(Q, k, \text{geometría})$ . Esto se puede efectuar ya que la altura de agua (Stage) depende del caudal a través de la fórmula de Manning.

Además, cada una de estas celdas "river" requiere de la cota del lecho del río, la cual ha sido obtenida de la cartografía utilizada, la altura de agua calculada por Manning y de la conductancia ya mencionada, para determinar la facilidad con que intercambian agua el río y el acuífero a través de los procesos de infiltración y afloramiento.

Estas características, para cada celda "river", han sido determinadas mediante Manning. Para tal efecto, en primer lugar se determinó el caudal medio a partir de las estadísticas de las estaciones fluviométricas disponibles: Río Mataquito en Licantén, Estero Upeo en Upeo, Río Colorado antes Junta Río Palos, Río Palo antes Junta Río Colorado, Estero El Manzano antes Junta Teno, Río Teno después de Junta, Río Teno en los Queñes y Teno bajo o Quebrada Infiernillo. La ubicación de estas estaciones se muestra en la Figura 7.2-10.

Además se sectorizaron estos ríos con la finalidad de representar las extracciones por concepto de canales a lo largo de cada uno de sus recorridos. Y de esa manera establecer una serie de caudales medios mensuales para 10 años (1994/95 a 2003/04).

También se definió la geometría del cauce incluyendo parámetros como: Tipo de Sección (trapezoidal) y pendiente de los taludes. Por otro lado, se establecieron las características propias del cauce como:  $n$  de Manning, espesor del lecho y permeabilidad del lecho.

Con los parámetros antes nombrados, y como se mencionó anteriormente, se calculó la cota del lecho, la cota del agua y la conductancia para cada celda y para los tres cursos de aguas superficiales representados.

Con este tipo de condición, el modelo determina de manera dinámica qué tramos de río presentan afloramientos y qué tramos de río infiltran hacia el acuífero, calculando los caudales respectivos. Esta situación se determina dependiendo del nivel simulado de la napa.

El cálculo previo de los parámetros y variables antes señaladas fue realizado primero en una planilla Excel, para luego ser incorporada a los archivos de Visual Modflow. Información que se entrega en forma digital por su extensión y complejidad.

Figura 7.2-8  
Representación del Mataquito

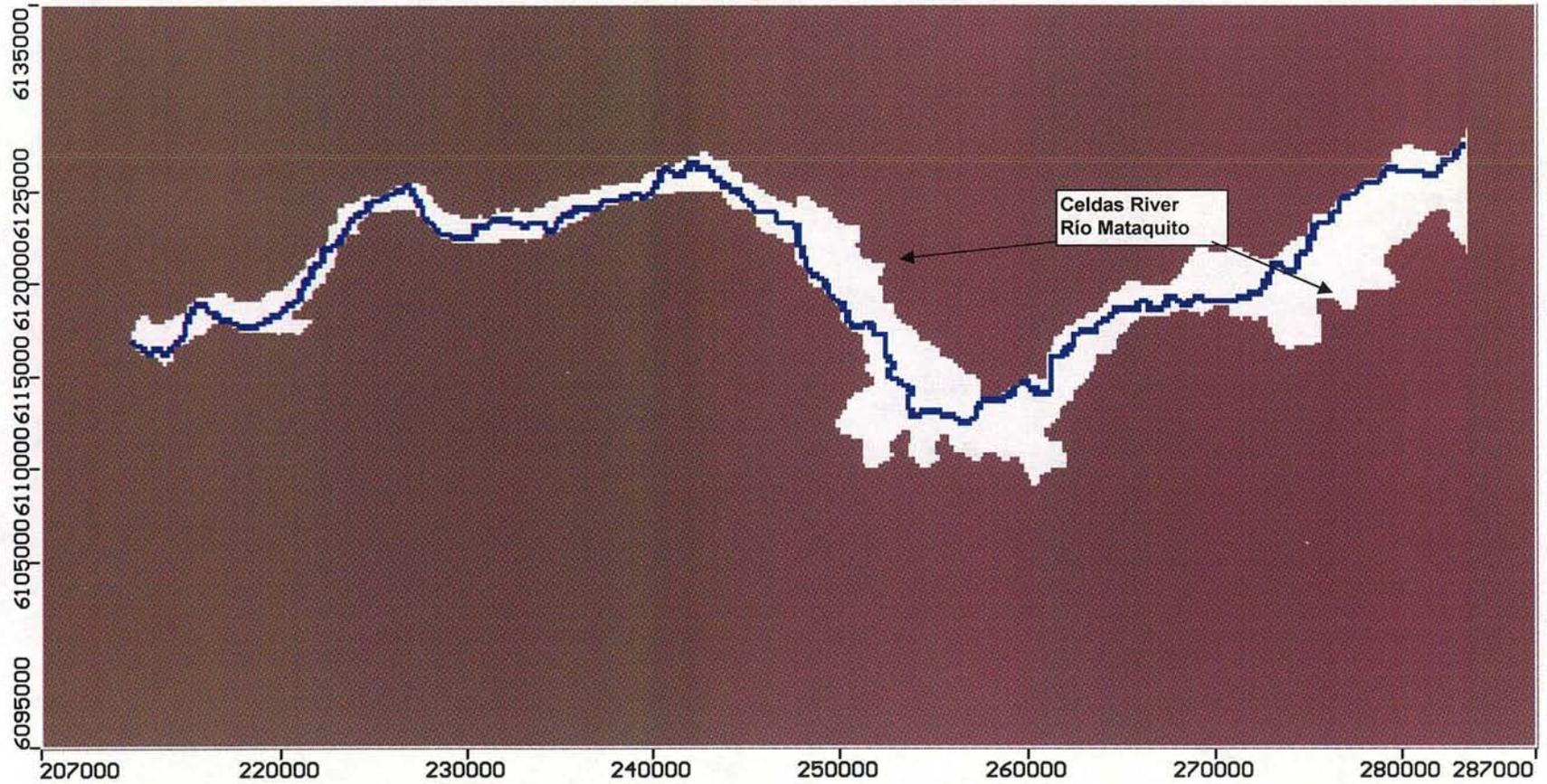


Figura 7.2-9  
Representación de los ríos Lontué y Teno.  
Modulación de la Conductancia.

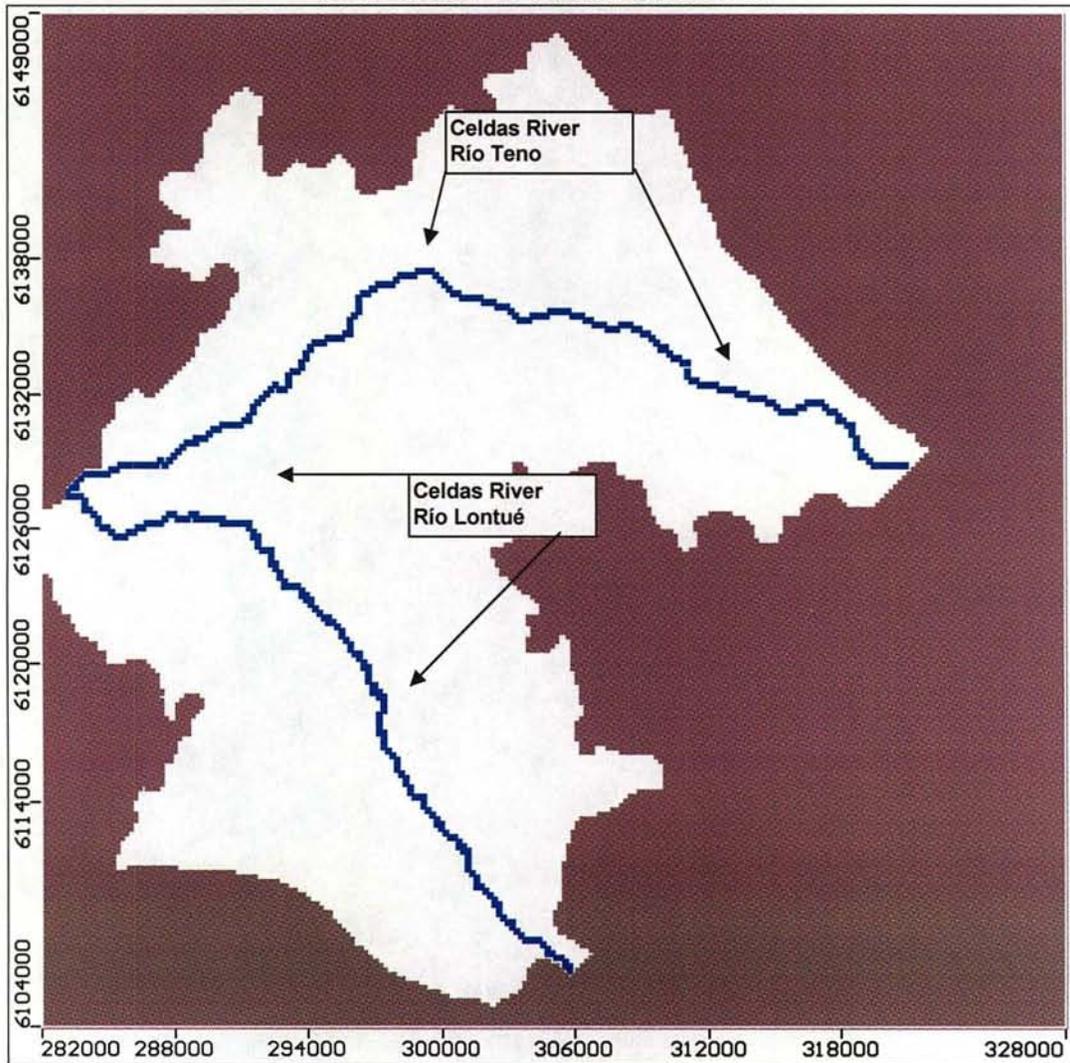
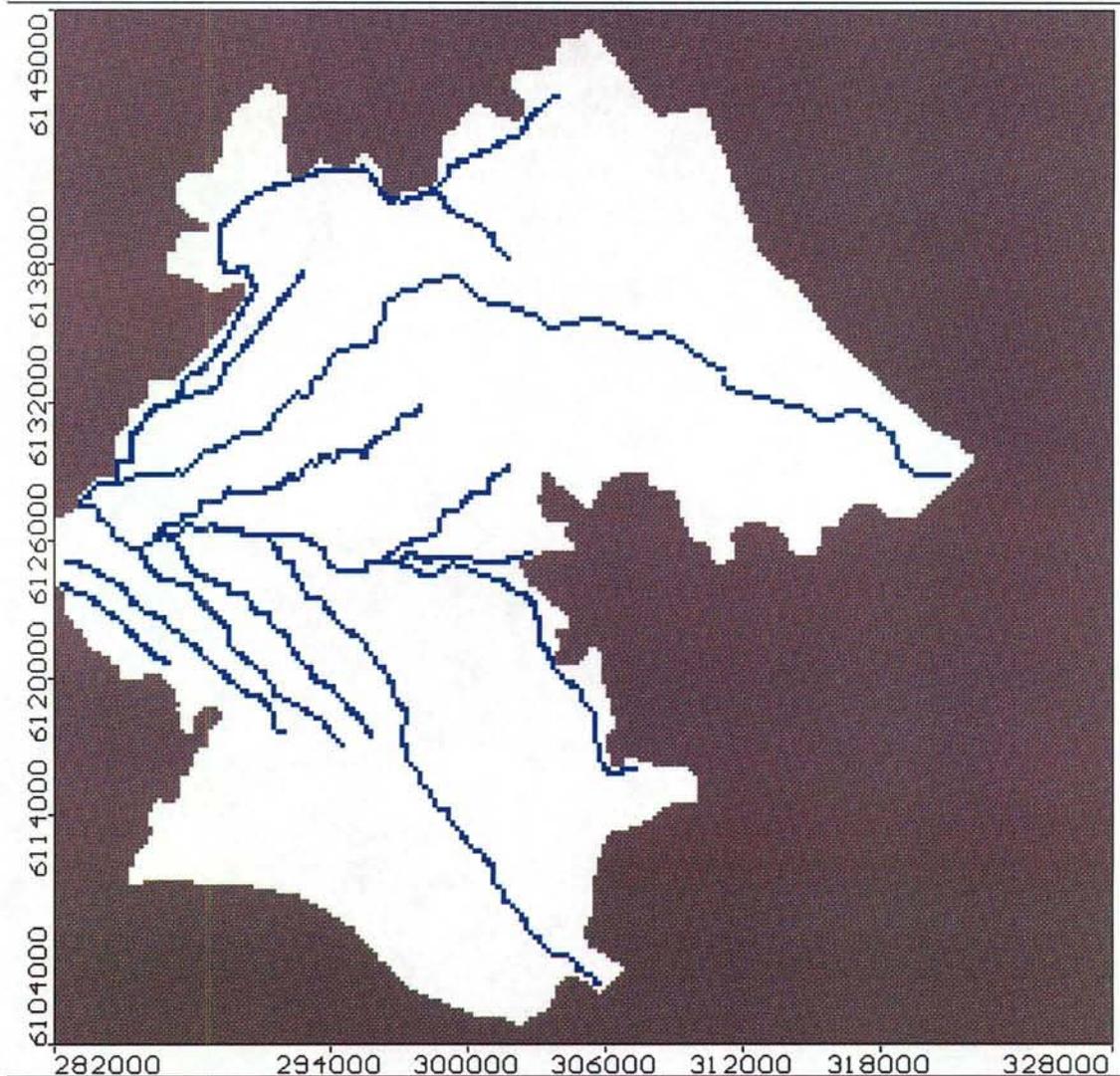


Figura 7.2-9 (Continuación)  
Representación de los todos los cauces en la zona modelada  
sin modulación de la conductancia



Finalmente, cabe señalar que este procedimiento de “modulación” de la conductancia fue aplicado a los ríos principales, Teno y Lontué, mientras que para el resto de cauces secundarios o esteros, fue aplicado el método tradicional de las celdas “river”, o sea sin la modulación de la conductancia para los caudales históricos en cada tramo.

N-6.150.000 m.

6.140.000

6.130.000

6.120.000

6.110.000

6.100.000

E-210.000 m.

220.000

230.000

240.000

250.000

260.000

270.000

280.000

290.000

300.000

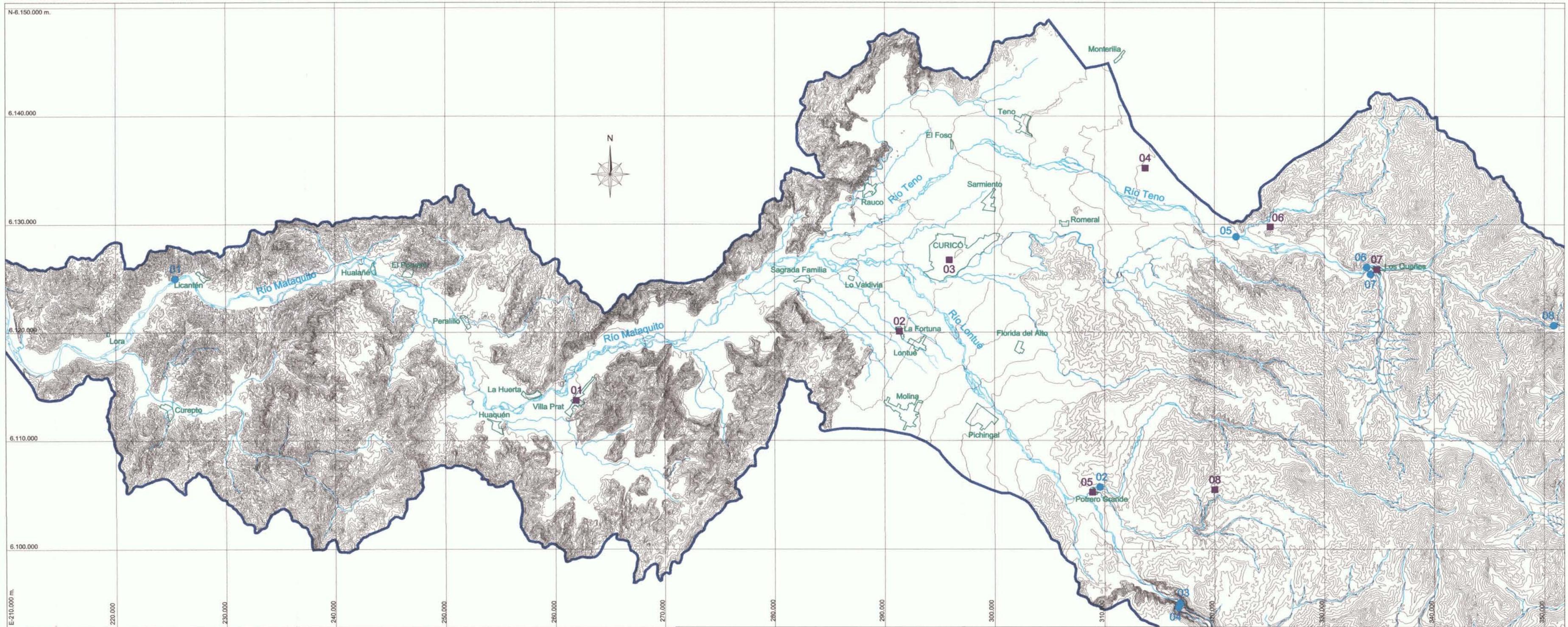
310.000

320.000

330.000

340.000

350.000



- Estación Fluviométrica
- Estación Pluviométrica
- Cuenca Hidrográfica

Estaciones Fluviométricas						Estaciones Pluviométricas					
Nº	Código BNA	Nombre	Nº	Código BNA	Nombre	Nº	Código BNA	Nombre	Nº	Código BNA	Nombre
1	07123001 - 5	Río Mataquito en Licantén	5	07104001 - 1	Estero El Manzano antes Junta Tenó	1	07121050 - 2	Villa Prat	5	07117050 - 0	Potrero Grande
2	07116001 - 7	Estero Upeo en Upeo	6	07104002 - k	Río Tenó después de Junta	2	07119050 - 1	Lontué	6	07104051 - 8	El Manzano
3	07112001 - 5	Río Colorado antes Junta Río Palos	7	07102001 - 0	Río Tenó en los Queñes	3	07118050 - 6	Curicó	7	07104050 - k	Los Queñes
4	07115001 - 1	Río Palos antes Junta Río Colorado	8	07101001 - 5	Río Tenó bajo o Quebrada Infernillo	4	07104052 - 6	Santa Susana	8	07116050 - 5	Monte Oscuro

GCF INGENIEROS CONSULTORES LTDA.  
 PROYECTO: ESTUDIO DE CALIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LAS CUENCAS DE HUASCO Y MATAQUITO  
**UBICACIÓN ESTACIONES FLUVIOMÉTRICAS Y PLUVIOMÉTRICAS CUENCA DEL RÍO MATAQUITO**  
 FECHA: OCTUBRE 2005      ESCALA: 1:250.000      Figura 7.2-10

### 7.2.7 Condiciones de Borde del Tipo Recargas por Efecto de Precipitación y Percolación de Riego

Para la infiltración directa de la precipitación sobre el relleno se han asignado celdas de recarga superficial en todas las celdas activas, diferenciando las tasas de recarga para la zona mediante la información estadística de las estaciones pluviométricas disponibles. El detalle de cómo se obtuvo las series de precipitación y su asociación espacial con el modelo, se entrega en el capítulo 4 sobre el análisis hidrogeológico.

La recarga de infiltración lateral ha sido asignada en las celdas que se ubican en los bordes de la zona activa. Para las recargas por precipitación directa sobre la zona modelada y las correspondientes a aportes laterales, se utilizaron las estaciones pluviométricas Villa Prat, Lontué, Curicó, Santa Susana, Potrero Grande y El Manzano. La ubicación de estas estaciones se muestra en la Figura 7.2-10.

Con estas estaciones fue posible sectorizar las zonas de recarga por precipitación según se explica en el capítulo 4. De esa manera, se definió para cada sector una serie mensual de recargas de 10 años (94/95 a 2003/2004). Las recargas para cada sector se obtuvieron por la ponderación directa de los valores de la serie mensual para 10 años. En el caso de la precipitación, se le asignó inicialmente un 20%<sup>1</sup> como porcentaje del total correspondiente a la percolación y un 10% para el caso de los aportes de infiltración laterales.

La recarga debida al riego, se obtuvo del estudio agronómico realizado en el capítulo 5 de este estudio, la que fue asignada a las celdas correspondientes a las zonas agrícolas. De esta manera, se le asignó inicialmente un cierto porcentaje de percolación, que varía entre un 18% y un 25%, sobre las base de las demandas de riego, tomando en cuenta parámetros como tamaño de zona a regar, tipo de cultivo y eficiencia de riego, todo esto sectorizado por comunas.

Incorporados estos tres tipos de recargas, se definieron 30 sectores de recarga, 18 para el valle Central y 12 para el río Mataquito, las cuales se aprecian en las Figuras 7.2-11 y 7.2-12.

Al igual que los parámetros hidrogeológicos del medio, dichas recargas constituyen un punto de partida y un referente válido y sustentable dados los estudios previos, no obstante que pueden ser ligeramente modificadas en el proceso de calibración o ajuste del modelo.

La información de recargas por concepto de precipitaciones y pérdidas de riego se fusionó espacialmente con la ayuda de una planilla Excel y la geo-referencia espacial de los datos, para luego ser incorporada al modelo.

<sup>1</sup> Valor señalado como conservador según el capítulo 4 (página 4-90). Además, no fue necesario modificarlo como consecuencia del ajuste y calibración del modelo.

Figura 7.2-11  
Zonas de Recarga Valle Central

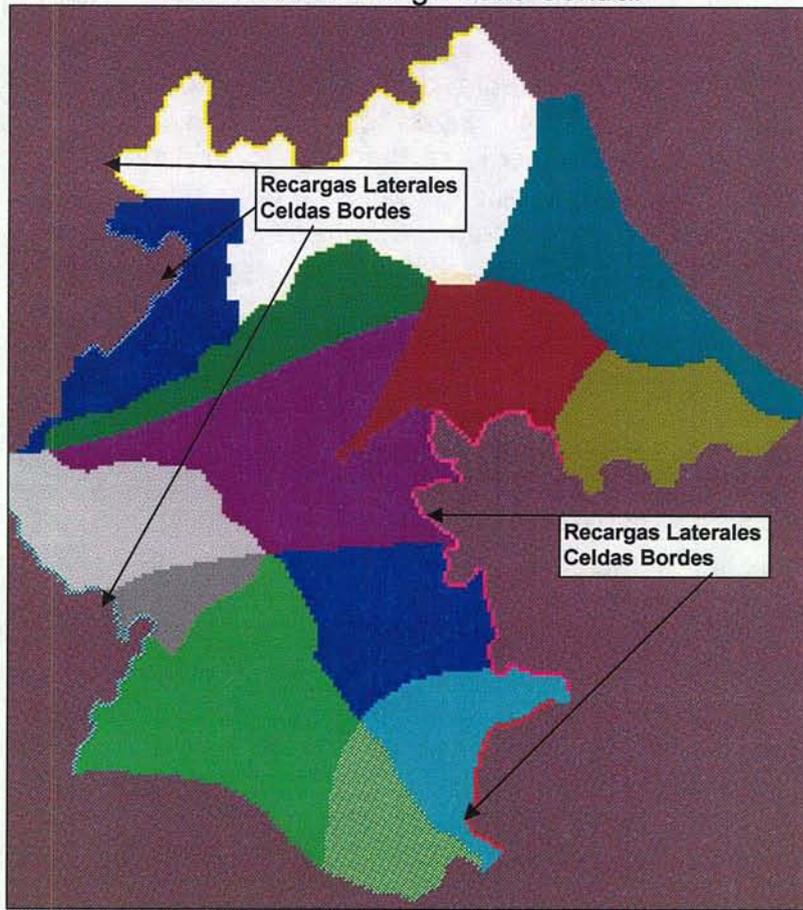
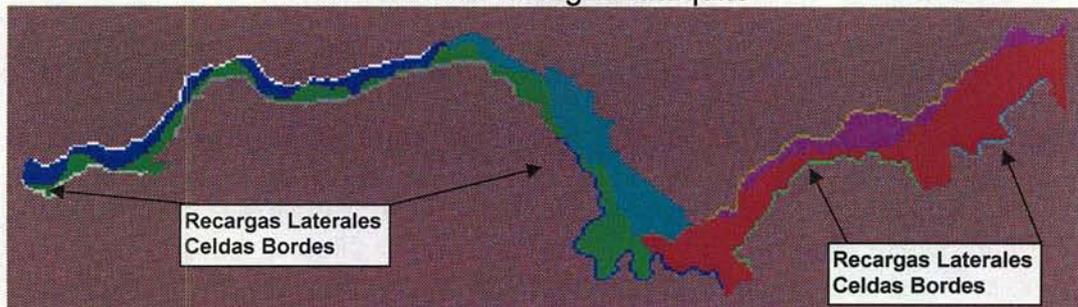


Figura 7.2-12  
Zonas de Recarga Mataquito



### **7.2.8 Descargas por Bombeo**

Las descargas por bombeo son necesarias al momento de efectuar las corridas del modelo en régimen transiente, sea para su calibración cuando hay información al respecto o en los escenarios.

Para ello, en el capítulo 4.4 fueron analizados los bombeos efectivos desde los pozos según la información obtenida para el catastro luego del recorrido de terreno. Con esa información se elaboró la base de datos del bombeo estacional en todos los pozos con información del valle.

Como ya se ha señalado, en el presente estudio dicha información de bombeos sólo es utilizada en las corridas impermanentes, las que corresponden a la etapa de simulación de escenarios o a la verificación en régimen transiente. Se menciona verificación transiente, puesto que no hay información histórica del comportamiento del acuífero como para calibrar el modelo en esa condición.

El resto de las salidas o descargas de agua del acuífero están representadas en las condiciones del tipo nivel conocido o río. Cabe aclarar que la evapotranspiración ya está implícita (descontada) en la recarga neta por percolación de riego.

### **7.2.9 Calibración en Régimen Permanente y Transiente**

La calibración de un modelo hidrogeológico es una labor compleja, que requiere de un procedimiento que tome en cuenta, en forma simultánea e integrada, varias variables o magnitudes de interés para ser representadas en el sistema hidrogeológico considerado. No se trata sólo de un ajuste de niveles históricos o puntuales medidos en los pozos de observación, sino que debe considerar la representación de varias condiciones de borde que determinan el comportamiento del acuífero real. De entre las variadas posibilidades, dados los objetivos presentes, son importantes las siguientes:

- Niveles puntuales medidos en la campaña de terreno, pues esta zona no posee controles regulares de niveles al interior de los pozos o red de aguas subterráneas.
- Caudales de infiltración desde los cauces hacia el acuífero, los que deben ser compatibles con la estimación de pérdidas que se tengan según los estudios existentes.
- Caudales de recuperación hacia los cauces principales, coherentes con las estimaciones que se tengan.

- Balance general del sistema acuífero, que de cuenta de valores plausibles y reales según las estimaciones que se tengan del funcionamiento general del sistema hídrico asociado a la zona de estudio.

Como puede observarse, algunos son claramente cuantitativos y otros más bien cualitativos o una combinación de ambos.

Para abordar la calibración de los modelos relativos al valle de Mataquito y al de Teno-Lontué, hay que reiterar que los datos sólo son suficientes para abordar relativamente bien la calibración permanente, no así la condición transiente, puesto que no hay registros históricos de niveles en los pozos. En consecuencia, lo que se efectuó fue una especie de verificación del modelo para la condición transiente, considerando la variación temporal de los flujos de intercambio entre los cauces y el acuífero, de acuerdo con el procedimiento de modulación de la conductancia según se ha descrito precedentemente.

Lo primero fue ejecutar los modelos en régimen permanente sin considerar la explotación de los pozos, es decir para simular una condición de equilibrio natural del sistema acuífero, que es aproximadamente similar a la de un acuífero en condiciones de sub-explotación, como es el caso de estos acuíferos.

Por lo anterior, una parte fundamental del proceso de calibración fue ajustar los valores simulados de niveles y flujos de intercambio entre los cauces y el acuífero con los valores medidos o estimados, respectivamente. En este caso, se dispuso de niveles estáticos medidos en la campaña de terreno del catastro de captaciones subterráneas realizado, que corresponden al primer trimestre del año 2005. También se tuvo en cuenta las estimaciones contenidas en estudios anteriores<sup>2</sup> para las pérdidas y recuperaciones en los cauces principales.

#### **a) Modelo Mataquito**

En la Figura 7.2-13 se muestran los pozos utilizados para el contraste entre el nivel observado y el simulado para la condición de régimen permanente. La imagen es sólo referencial, pues la identificación y ubicación precisa de los pozos, así como los valores tanto observados como simulados y su diferencia, se entregan en la Tabla 7.2-1.

---

<sup>2</sup> Principalmente del Estudio Integral de Riego valle del Mataquito, CNR, 1978.

Figura 7.2-13  
 Pozos de Observación (y cota medida del nivel) y Equipotenciales simuladas

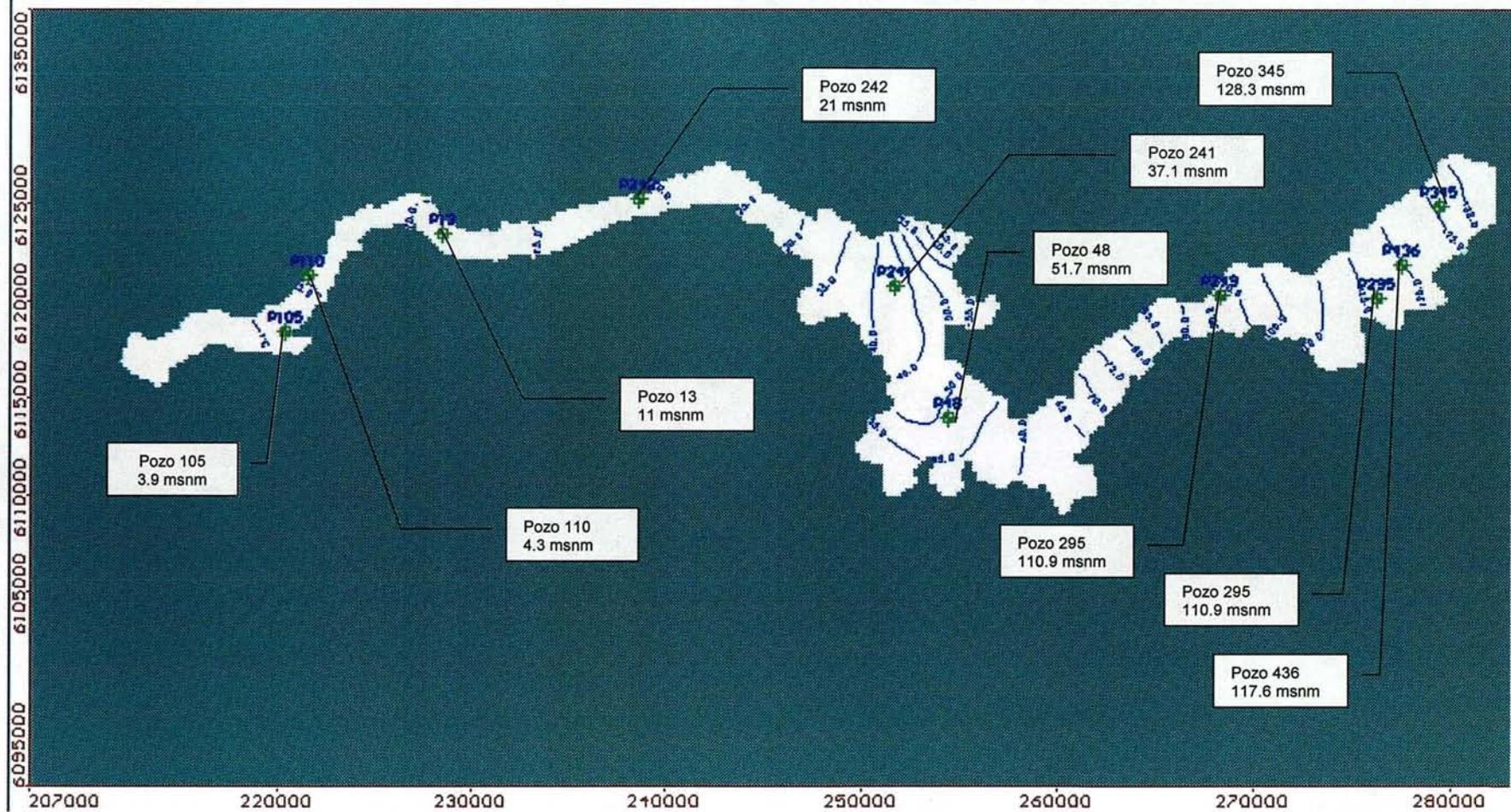
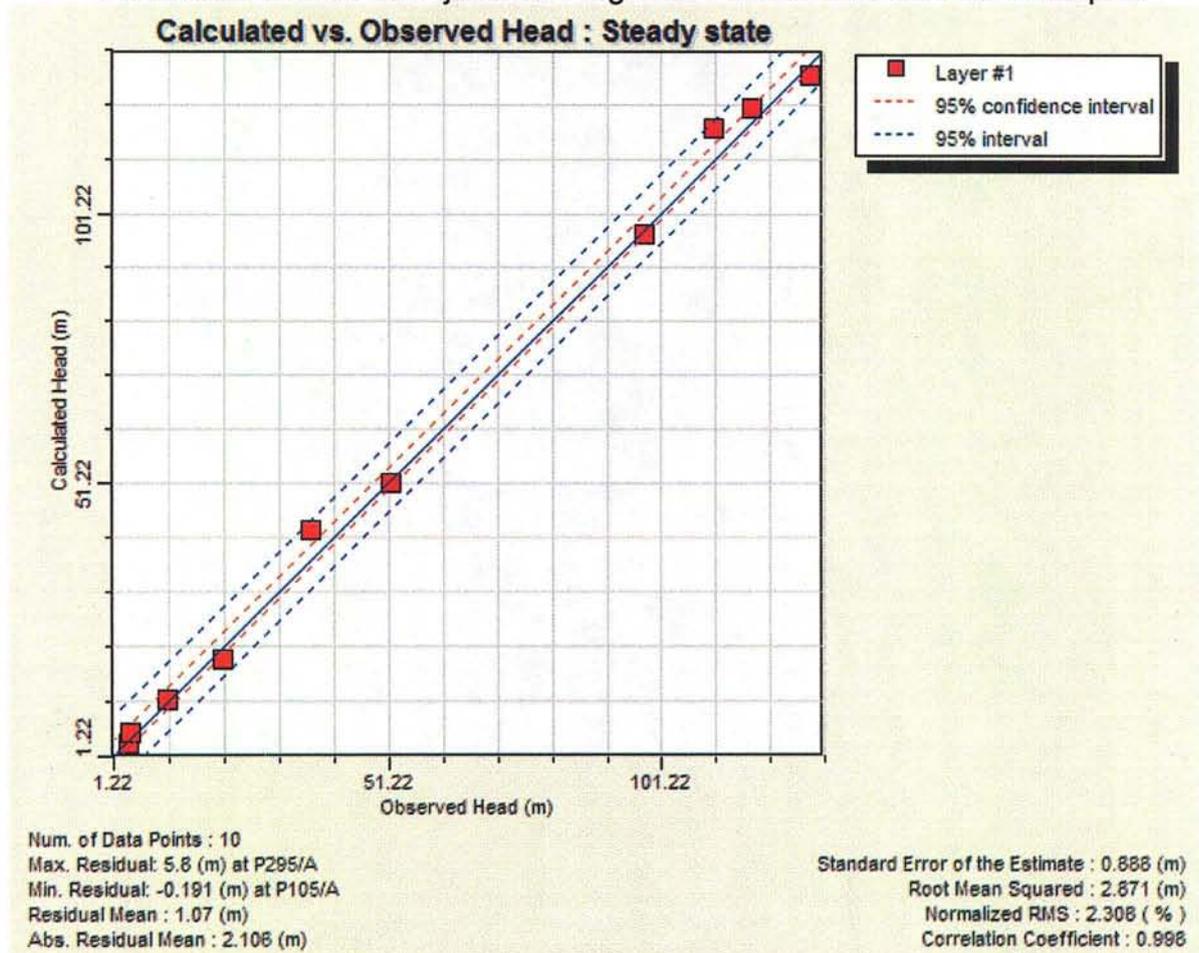


Tabla 7.2-1  
Calibración en Régimen Permanente Modelo Mataquito

Pozo Observación	Ubicación		Cota Agua Subterránea		Diferencia
	UTM Este (m)	UTM Norte (m)	Observada (msnm)	Calculada (msnm)	Calc.- Obs.(m)
P105	220308	6118407	3.9	3.7	-0.2
P110	221480	6121305	4.3	5.6	1.3
P13	228396	6123437	11.0	11.5	0.5
P241	251650	6120769	37.1	42.7	5.6
P242	238560	6125275	21.0	19.0	-2.0
P249	268311	6120284	98.0	97.4	-0.6
P295	276256	6120110	110.9	116.7	5.8
P345	279400	6124900	128.3	126.3	-2.0
P436	277471	6121900	117.6	120.3	2.7
P48	254439	6114030	51.7	51.3	-0.4

Figura 7.2-14  
Resultado Gráfico del Ajuste en Régimen Permanente Modelo Mataquito



Como puede observarse con el ajuste logrado (ver Figura 7.2-14) se tienen los siguientes valores para los parámetros de contraste relevantes, a saber:

Promedio de las diferencias (Residual Mean <sup>3</sup> ):	1.1 m
Promedio de las diferencias absolutas (Abs. Res. Mean <sup>4</sup> ):	2.1 m
Raíz del cuadrado de las Diferencias (Root Mean Square, RMS <sup>5</sup> ):	2.9 m
RMS Relativo o Normalizado (Normalized RMS <sup>6</sup> ):	2.3 %

De todos ellos el más ilustrativo, cuando se trata de una modelación a escala regional, es el RMS relativo o normalizado, que da cuenta del error RMS en relación a la variación máxima experimentada por el potencial piezométrico dentro del sistema, pues divide al RMS por la diferencia entre el valor observado mayor y el menor. Este RMS relativo resultó de 2.3 %, lo que se considera bastante bueno.

El resultado del balance hídrico se entrega en la Tabla 7.2-2, cuyo error de cierre es cero. Los flujos más importantes (en régimen permanente) y de interés en el proceso de ajuste, que resultaron son los siguientes:

- la recarga areal total al acuífero es de 4,7 m<sup>3</sup>/s
- los afloramientos netos al cauce del río Mataquito es de 5,1 m<sup>3</sup>/s
- la entrada subterránea al sistema es de 0,4 m<sup>3</sup>/s

Tabla 7.2-2  
Balance Hídrico Régimen Permanente Modelo Mataquito

	ENTRADAS		SALIDAS	
	m <sup>3</sup> /d	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /d	m <sup>3</sup> /s
ALMACENAMIENTO	0	0.00	0	0.00
NIVEL CONSTANTE	38314	0.44	2389	0.03
POZOS				
RÍOS	14140	0.16	454540	5.26
RECARGA AREAL	404482	4.68	0	0.00
TOTAL	456936	5.29	456929	5.29

Cabe mencionar que para el tramo analizado del río Mataquito no hay información sobre las recuperaciones que experimenta el cauce en su recorrido hasta el mar.

Los valores finales de la permeabilidad, según las diferentes unidades hidrogeológicas definidas en el presente estudio, fueron los siguientes para las distintas unidades:

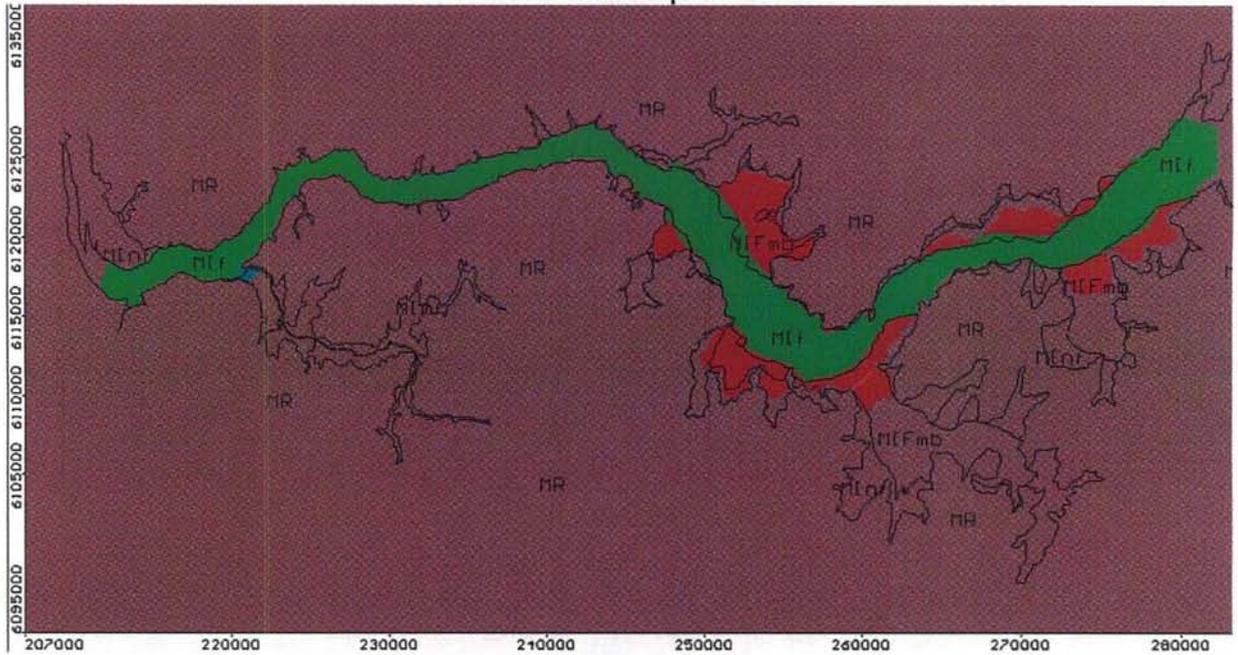
<sup>3</sup>  $RM = 1/n \sum (X_{cal} - X_{obs})$

<sup>4</sup>  $ARM = 1/n \sum |X_{cal} - X_{obs}|$

<sup>5</sup>  $RMS = \text{Raíz} [1/n \sum (X_{cal} - X_{obs})^2]$

<sup>6</sup>  $RMS \text{ Normalizado} = RMS / ([X_{obs}]_{max} - [X_{obs}]_{min})$

Figura 7.2-15  
Distribución de Permeabilidades Modelo Mataquito (m/s)  
Estrato 1 Superior

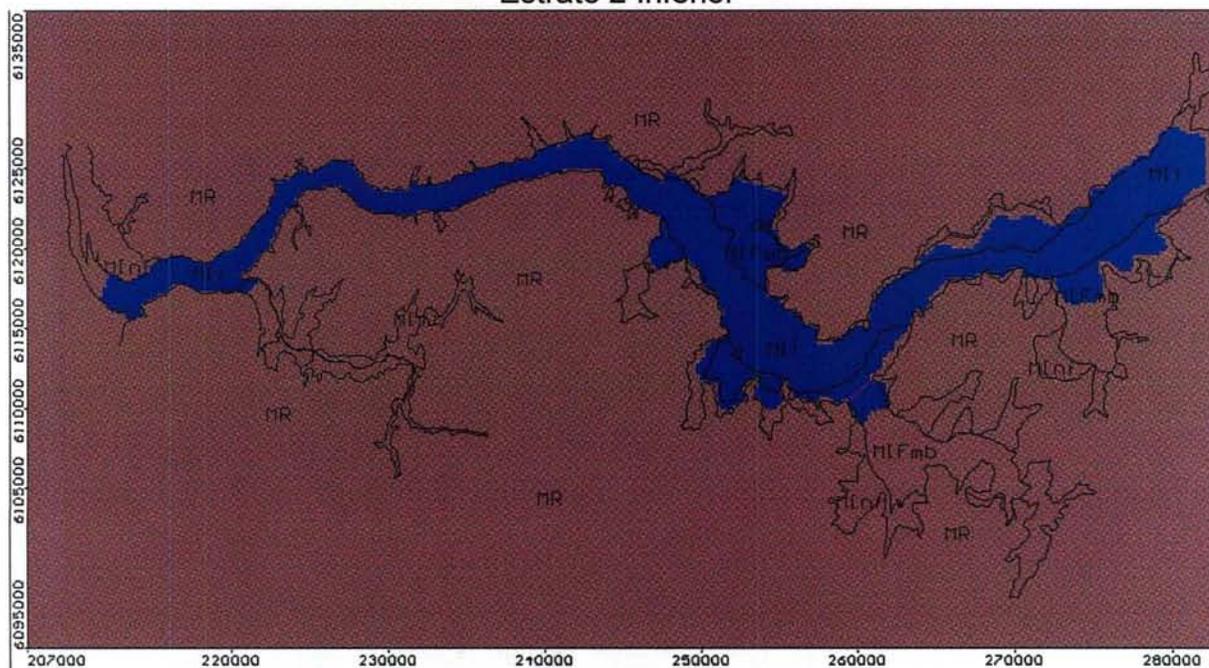


Unidad **MIF** (en verde en la Figura 7.2-15), de depósitos fluviales de alta energía, de permeabilidad moderada a alta, caracterizada según la interpretación geológica con una permeabilidad  $> 0.0012$  m/s. Para esta unidad se obtuvo un K de calibración de  $1,5 \times 10^{-3}$  m/s.

Unidad **MIFmb** (en rojo), medios intergranulares fracturados de permeabilidad moderada a baja, caracterizados por la interpretación geológica como de permeabilidad entre  $10^{-9}$  m/s y  $10^{-6}$  m/s. Se obtuvo una K de calibración de  $5 \times 10^{-6}$  m/s.

Unidad **MIFnf** (en azul), depósitos sedimentarios de origen no fluvial, de permeabilidad moderada a alta y caracterizados según la interpretación geológica con una permeabilidad entre  $10^{-6}$  m/s y  $10^{-4}$  m/s. Se obtuvo una K de calibración de  $1 \times 10^{-4}$  m/s.

Figura 7.2-15 (Continuación)  
Distribución de Permeabilidades Modelo Mataquito (m/s)  
Estrato 2 Inferior



Finalmente, en cuanto a la calibración en régimen transiente y puesto que no hay mediciones de históricas de contraste (limnigramas), lo que se efectuó fue la simulación del periodo histórico de 10 años (1994/95 a 2003/2004), a fin de ver la respuesta estacional del modelo. Para ello, el valor del parámetro  $S_y$  se mantuvo según lo señalado en el Capítulo 4 (18%). Se crearon las bases de datos necesarias para ejecutar el modelo, principalmente los bombeos históricos y la modulación de la conductancia para dar cuenta de las variaciones históricas del caudal en el río Mataquito, el cual condiciona los flujos de interacción entre éste y el acuífero. Con ello, la idea fue verificar la evolución estacional de los niveles según las variaciones de oferta hídrica en los cauces, y, que dicha respuesta, represente una condición de equilibrio sostenible en el tiempo, puesto que el sistema acuífero en su conjunto se encontraría subexplotado. Ello se puede apreciar en las figuras siguientes.

En la Figura 7.2-16 se muestra la variación que habrían experimentados los niveles en diversos puntos a lo largo del valle del Mataquito entre 1994 y 2004.

Figura 7.2-16  
Limnigramas Simulados Valle Mataquito (1/04/94-1/04/04)

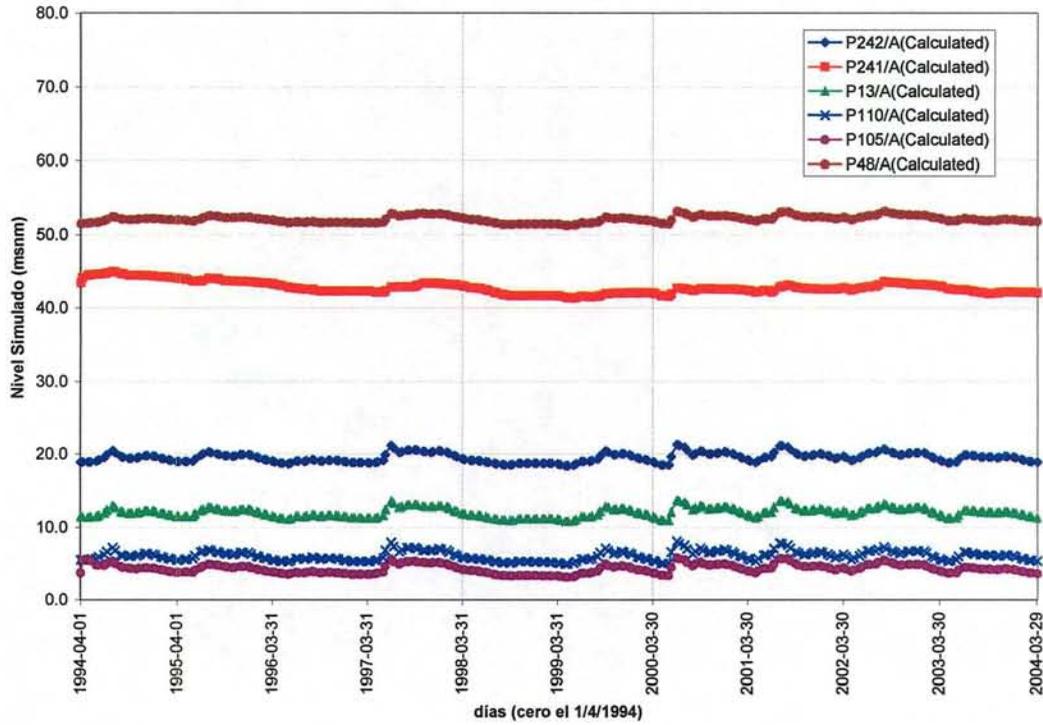
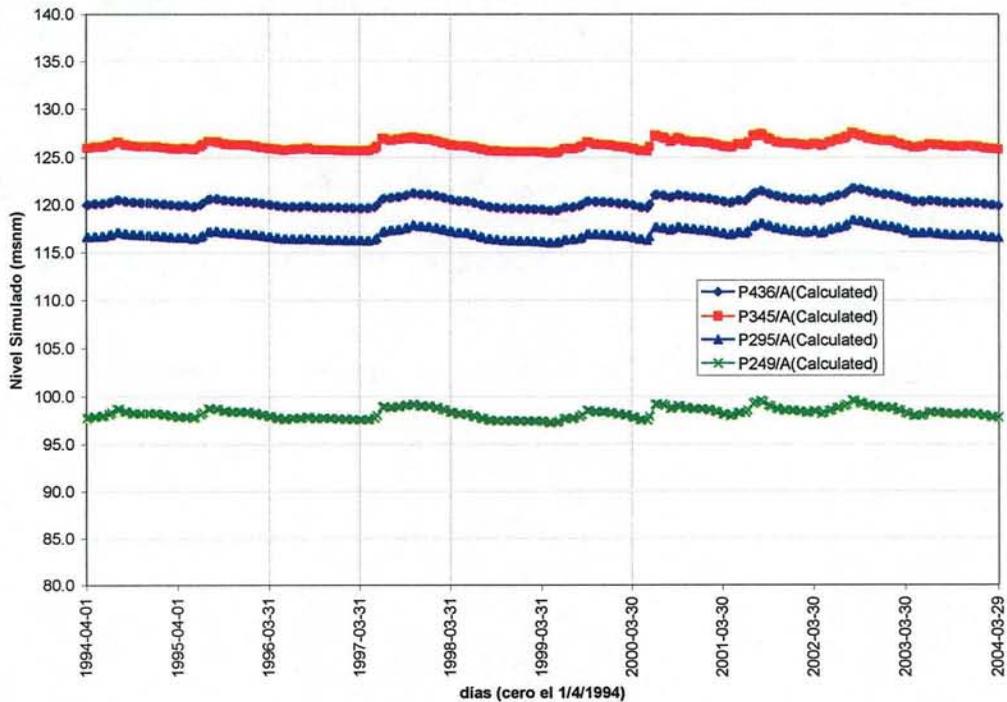


Figura 7.2-16 (Continuación)  
Limnigramas Simulados Valle Mataquito (1/04/94-1/04/04)



## b) Modelo Teno-Lontué

En este caso la información de pozos con nivel conocido fue bastante extensa (aproximadamente 140 pozos). En la Figura 7.2-17 se muestran los pozos utilizados para el contraste entre el nivel observado (en abril 2005) y el simulado para la condición de régimen permanente. La imagen es sólo referencial pues la identificación y ubicación precisa de los pozos, así como los valores observados y simulados, junto a la diferencia de los niveles, se entregan en la Tabla 7.2-3.

Figura 7.2-17  
Pozos y Equipotenciales Observadas con Niveles  
según campaña de Terreno efectuada en Abril de 2005

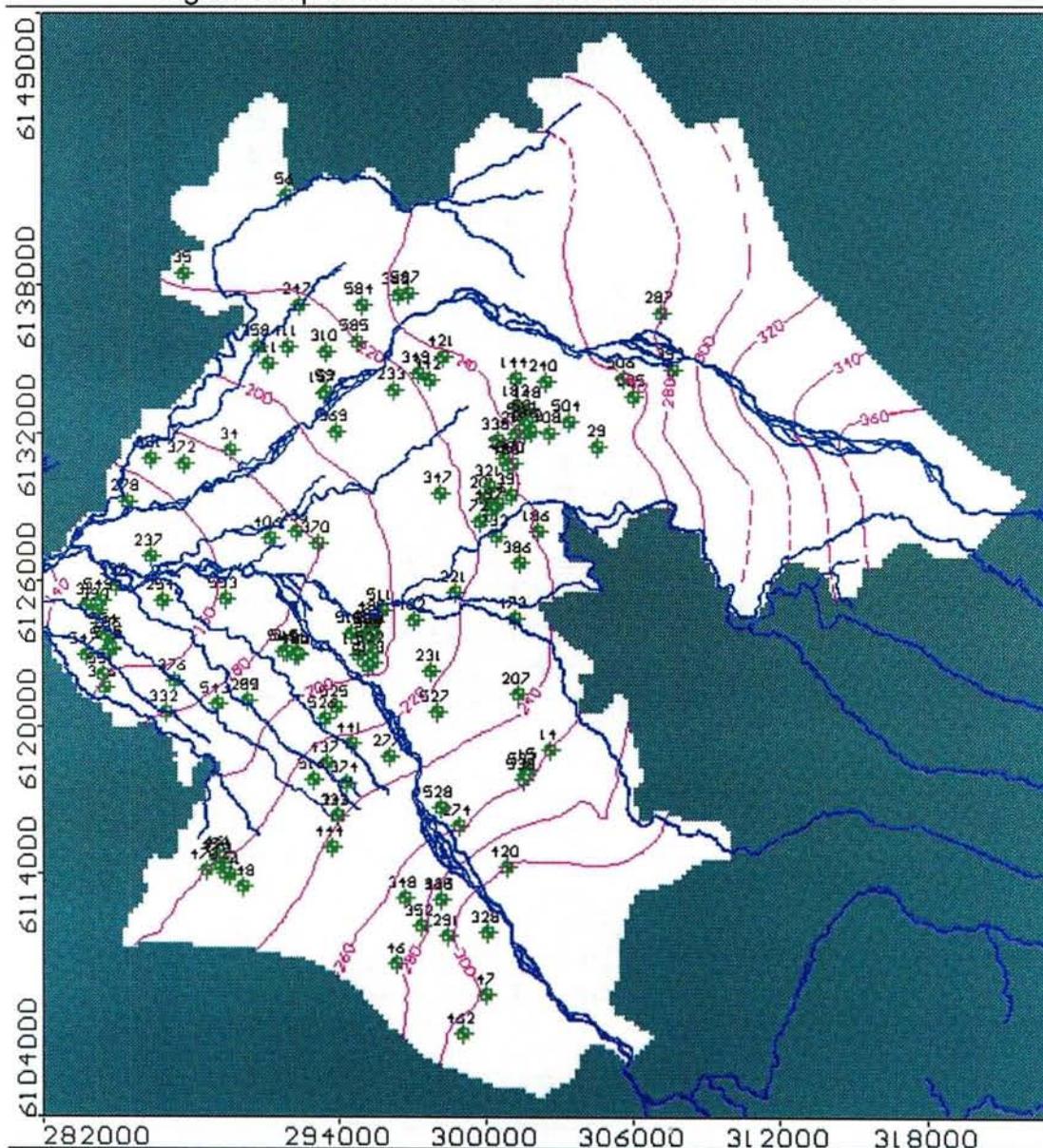


Tabla 7.2-3  
Calibración en Régimen Permanente Modelo Teno-Lontué

Pozo Observación	Ubicación		Cota Agua Subterránea		Diferencia
	UTM Este (m)	UTM Norte (m)	Observada (msnm)	Calculada (msnm)	Calc.-Obs.(m)
14	302618	6119024	263.0	262.8	-0.2
144	301295	6134185	256.0	249.1	-6.9
148	301852	6132992	255.0	248.9	-6.1
15	301801	6118264	260.0	264.1	4.1
157	293508	6133603	207.4	205.5	-1.9
182	301353	6133069	248.0	248.0	0.0
186	302167	6128009	238.1	237.4	-0.7
199	294835	6122943	193.7	200.3	6.6
201	300027	6129354	239.4	227.1	-12.3
202	301917	6132039	249.1	247.9	-1.2
207	301340	6121379	235.4	243.5	8.1
209	300814	6130951	234.8	241.5	6.7
211	291185	6134802	214.5	203.5	-11.0
213	301321	6132022	238.5	246.7	8.2
221	298803	6125492	226.9	217.3	-9.6
231	297783	6122301	219.7	214.7	-4.9
232	300503	6127789	228.6	227.2	-1.4
233	296286	6133755	204.0	214.9	10.9
236	292340	6128040	181.8	181.2	-0.6
237	286440	6126974	148.8	148.9	0.1
240	302495	6134078	251.5	251.7	0.2
244	293998	6116357	240.6	239.4	-1.2
247	292455	6137209	225.0	217.3	-7.7
252	290310	6121103	191.0	189.6	-1.4
254	286895	6125194	147.0	151.3	4.3
26	300561	6129183	224.0	231.7	7.7
274	298976	6115974	261.7	267.1	5.4
277	296083	6118807	227.4	232.0	4.6
278	285500	6129197	147.5	154.3	6.8
285	290307	6121094	190.6	189.6	-0.9
287	307213	6136858	283.0	278.6	-4.4
29	304584	6131483	269.0	253.7	-15.3
291	298441	6111453	298.1	289.7	-8.4
296	284721	6123644	155.8	155.4	-0.4
31	283788	6125005	143.0	147.6	4.6
310	293586	6135293	211.0	209.8	-1.2
313	295416	6122649	194.2	203.2	9.0
321	300243	6129803	223.5	231.2	7.7
322	293980	6116385	239.0	239.1	0.1
325	298202	6112924	292.2	281.6	-10.6
328	300117	6111561	318.1	301.9	-16.2
332	287050	6120621	177.0	177.7	0.7
338	300572	6131691	236.0	242.8	6.8
34	289650	6131350	180.0	181.2	1.2

Pozo Observación	Ubicación		Cota Agua Subterránea		Diferencia
	UTM Este (m)	UTM Norte (m)	Observada (msnm)	Calculada (msnm)	Calc.-Obs.(m)
342	297800	6134150	231.7	226.8	-4.9
347	298200	6129550	228.7	213.8	-14.9
348	296705	6113014	264.4	273.1	8.7
349	297302	6134393	230.0	223.1	-6.9
35	287785	6138487	225.0	226.9	1.9
352	297416	6111825	278.0	282.7	4.7
358	290809	6135471	215.0	207.0	-8.0
362	296502	6137603	245.5	240.8	-4.7
366	284516	6121636	168.0	162.2	-5.8
369	293946	6132031	204.6	202.3	-2.3
370	293230	6127528	193.7	186.6	-7.1
372	287750	6130800	173.8	170.1	-3.7
374	294339	6117704	233.0	234.1	1.1
376	287366	6121902	164.0	173.9	9.9
381	286390	6131000	169.5	166.1	-3.4
386	301431	6126703	228.2	231.1	2.9
390	284259	6124750	146.7	150.0	3.3
391	301109	6129527	237.0	238.3	1.3
393	307705	6134530	283.0	287.7	4.7
398	284994	6125777	147.4	149.2	1.8
402	297147	6124356	206.4	209.0	2.6
406	291280	6127730	172.2	173.9	1.7
408	302655	6131962	255.0	249.3	-5.7
411	291980	6135502	218.8	206.9	-11.9
420	300896	6114267	300.2	285.9	-14.3
421	298336	6135090	233.5	240.6	7.1
437	293550	6118508	223.3	224.6	1.3
441	294581	6119353	223.4	222.3	-1.1
444	293774	6115107	244.4	244.6	0.2
448	290113	6113487	226.0	237.5	11.6
451	289596	6113928	221.5	234.1	12.6
452	289390	6114037	221.6	233.1	11.5
459	289113	6114564	223.5	229.3	5.8
46	296350	6110285	281.0	284.1	3.1
460	289163	6114434	224.1	230.3	6.2
461	289157	6114688	223.5	228.5	5.0
462	299098	6107375	320.0	307.6	-12.4
466	298200	6112924	292.6	281.6	-11.0
47	300009	6109050	307.0	310.8	3.8
470	288608	6114160	223.5	231.6	8.1
473	301263	6124440	238.0	231.7	-6.3
480	300957	6130682	235.5	241.6	6.2
481	301630	6131989	250.1	247.2	-2.9
485	295525	6124300	191.4	200.7	9.3
487	295314	6123968	195.8	200.4	4.5
489	292346	6123019	189.2	189.5	0.3

Pozo Observación	Ubicación		Cota Agua Subterránea		Diferencia
	UTM Este (m)	UTM Norte (m)	Observada (msnm)	Calculada (msnm)	Calc.- Obs.(m)
490	292391	6122997	189.2	189.8	0.5
491	292282	6122976	189.4	189.4	0.0
497	300285	6128895	229.0	228.1	-0.9
500	301143	6130771	250.5	243.5	-7.0
501	301786	6132460	253.7	248.1	-5.6
502	301607	6132308	252.0	247.6	-4.4
504	303459	6132448	249.0	251.8	2.8
505	306085	6133475	262.0	265.8	3.8
506	305651	6134217	275.0	261.5	-13.5
510	295214	6122506	200.0	202.6	2.6
511	295813	6124807	201.6	201.5	-0.1
512	294545	6123854	198.0	196.9	-1.1
513	295222	6123778	193.9	200.3	6.4
514	291832	6123082	186.0	186.9	0.9
515	291907	6123104	187.0	187.2	0.2
516	292994	6117864	228.0	225.3	-2.7
518	295417	6123814	195.5	201.1	5.6
519	295290	6123605	197.5	200.9	3.4
520	295404	6123804	196.5	201.1	4.6
522	295430	6123039	198.3	202.6	4.4
525	293971	6120828	206.5	203.4	-3.0
526	293517	6120310	215.3	205.5	-9.8
527	298071	6120611	229.5	229.2	-0.3
528	298214	6116666	256.9	258.3	1.4
537	301664	6118032	261.0	265.0	4.0
538	301547	6117858	261.4	265.6	4.2
543	289095	6120972	185.1	185.0	-0.1
544	284773	6123138	160.0	157.4	-2.6
545	284809	6123224	159.4	157.3	-2.1
546	284691	6123169	159.0	157.0	-2.0
547	283814	6122963	164.1	154.1	-9.9
549	284419	6125220	148.6	149.3	0.7
551	284486	6122131	165.0	160.2	-4.8
553	289427	6125259	163.9	165.3	1.4
554	284609	6123760	155.7	154.5	-1.2
56	291924	6141593	221.0	230.8	9.8
584	295016	6137200	228.5	230.2	1.7
585	294807	6135684	221.8	213.9	-7.9
587	296950	6137680	245.8	241.8	-4.0
59	293550	6133650	208.0	205.8	-2.2
72	299795	6128429	230.0	221.7	-8.3

Figura 7.2-18  
Resultado Gráfico del Ajuste en Régimen Permanente Modelo Teno-Lontué

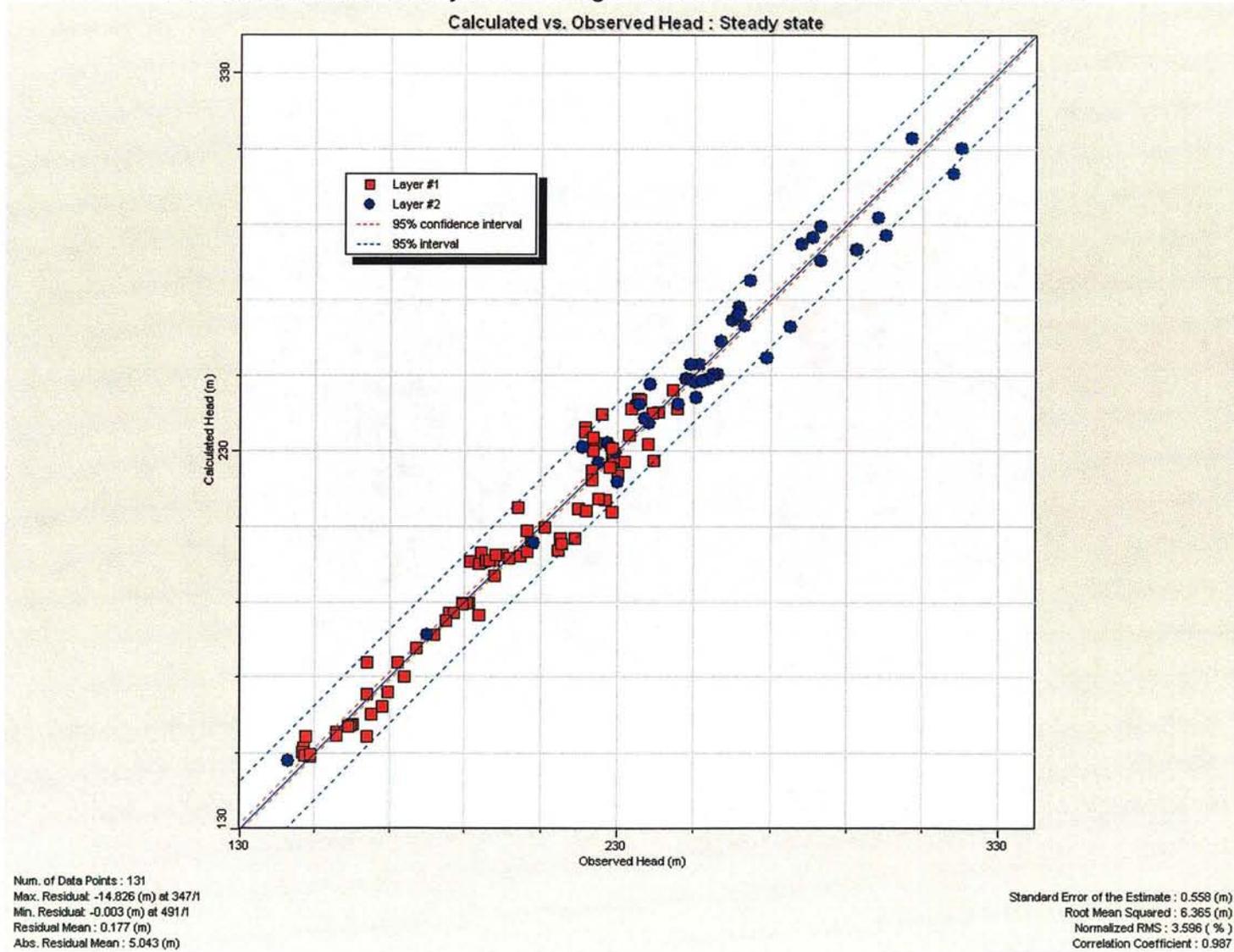
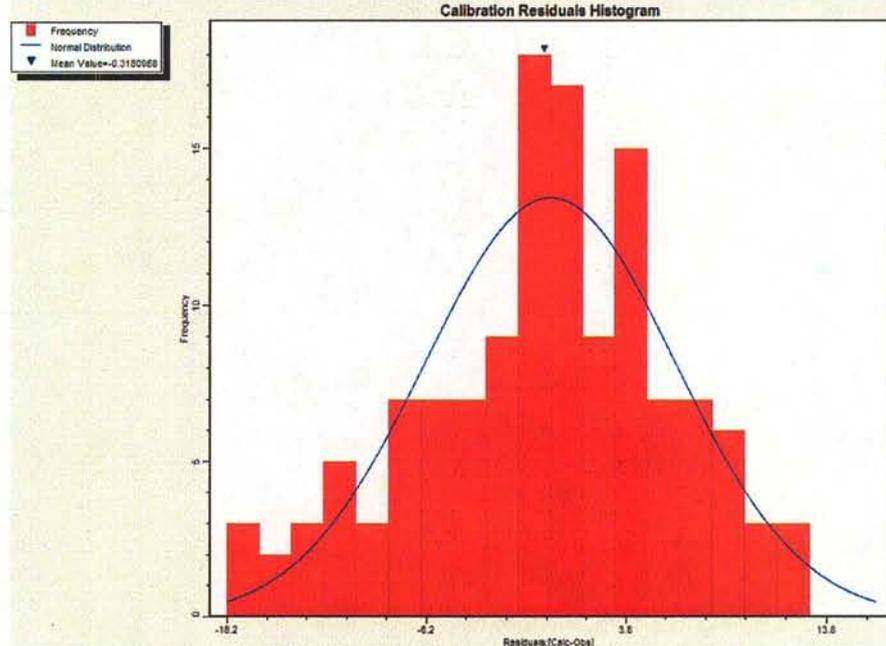


Figura 7.2-18 (Continuación)  
 Resultado Gráfico del Ajuste en Régimen Permanente. Histograma de Residuos



Como puede observarse con el ajuste logrado (Figura 7.2-18) se tienen los siguientes valores para los parámetros, a saber:

Promedio de las diferencias (Residual Mean):	0,18 m
Promedio de las diferencias absolutas (Abs. Res. Mean):	5,04 m
Raíz del cuadrado de las Diferencias (Root Mean Square, RMS):	6,37 m
RMS Relativo o Normalizado (Normalized RMS):	3,59 %

De todos ellos el más ilustrativo, cuando se trata de una modelación a escala regional, es el RMS relativo o normalizado, que da cuenta del error RMS en relación a la variación máxima experimentada por el potencial piezométrico dentro del sistema, pues divide al RMS por la diferencia entre el valor observado mayor y el menor. Este RMS relativo resultó de 3,6 % (<5%) lo que se considera bastante bueno.

El resultado del balance hídrico se entrega en la Tabla 7.2-4, cuyo error de cierre es de sólo 2,97%.

Tabla 7.2-4  
Balance Hídrico Régimen Permanente Modelo Teno-Lontué

	ENTRADAS		SALIDAS	
	m3/d	m3/s	m3/d	m3/s
ALMACENAMIENTO	0	0	0	0
NIVEL CONSTANTE	1670	0.02	35712	0.41
POZOS	0	0.00		0.00
RÍOS	676523	7.83	1325783	15.34
RECARGA AREAL	683297	7.91	0	0.00
TOTAL	1361491	15.76	1361495	15.76

Error de cierre : 2,97%

Los flujos más importantes (en régimen permanente) y de interés en el proceso de ajuste, son:

- La recarga areal total al acuífero sería de 8 m3/s
- Los afloramientos netos a los cauces serían de 7,5 m3/s. Infiltración Total de 7,9 m3/s y recuperación total de 15,3 m3/s. La recuperación asociada sólo al río Lontué es de 2,3 m3/s, mientras que para el río Teno es de 0,7 m3/s.
- La infiltración correspondiente sólo al río Teno, es del orden de 1,1 m3/s, y, de 0,4 m3/s para el río Lontué. El resto de la infiltración se genera en los otros cauces presentes en la cuenca.
- La entrada subterránea al sistema es de 0,02 m3/s y la salida (Sagrada Familia) es de 0,41 m3/s.

Según la referencia consultada<sup>7</sup>, en la zona central asociada a los ríos Teno y Lontué, se han estimado los siguientes valores de recargas al acuífero e interacción con los cauces (pérdidas y/o recuperaciones):

- Recarga promedio total al acuífero del valle central estimada en 16,9 m3/s.
- Recuperaciones (del acuífero al río) totales de 17,6 m3/s, para ambos cauces. La recuperación asociada al río Lontué fue estimada en 4,9 m3/s, mientras que para el río Teno fue de 2,3 m3/s.
- Infiltración total asociada al cauce del río Teno hacia el acuífero se estimó en 4,4 m3/s en promedio.

Los valores finales y distribución del coeficiente de permeabilidad para el modelo calibrado se muestra en la Figura siguiente.

Cabe señalar aquí que luego del proceso de calibración, no fue necesario modificar las magnitudes de las recargas debidas a la lluvia y pérdidas de riego.

<sup>7</sup> Estudio Integral de Riego valle del Mataquito, CNR, 1978

Figura 7.2-19  
Distribución de Permeabilidades Modelo Teno-Lontué (m/s)  
Estrato Superior (1)

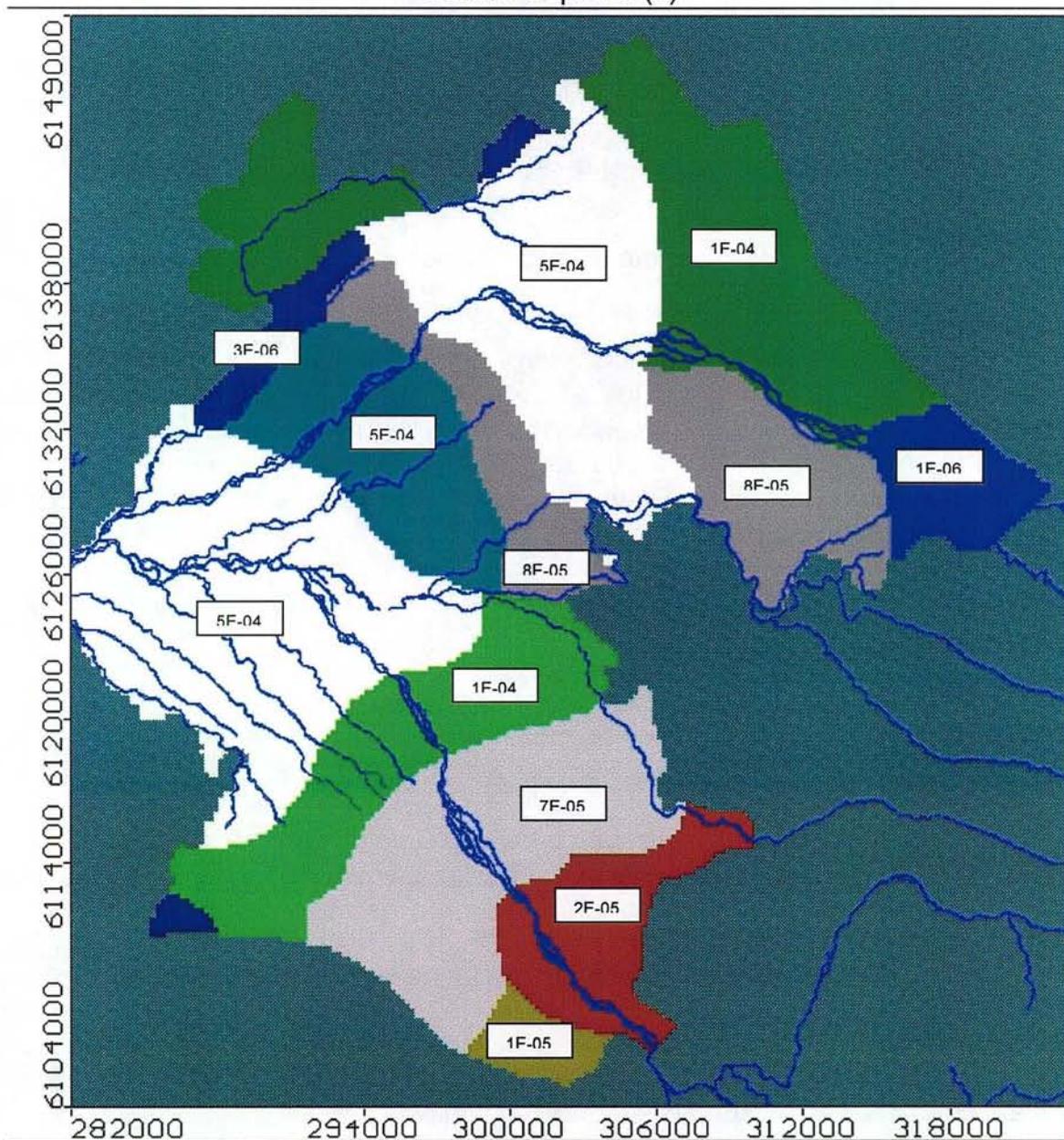
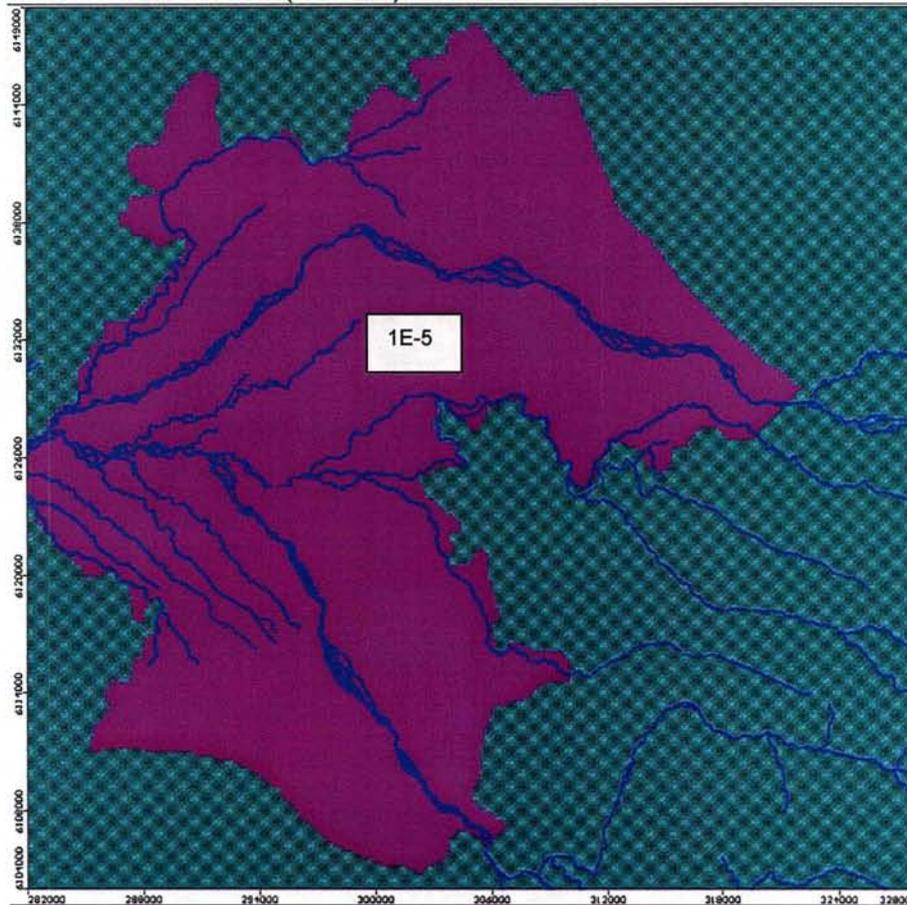


Figura 7.2-20 (continuación)  
Distribución de Permeabilidades Modelo Teno-Lontué (m/s)  
Estrato 2 (Inferior). Valor único de 1E-05 m/s



Respecto del régimen transiente, y de igual forma que para el caso del río Mataquito, lo que se realizó fue una verificación para el periodo histórico en el cual fue construido el modelo (o sea sus datos de caudales de modulación en los ríos Teno y Lontué y los bombeos estacionales en los pozos de acuerdo con el catastro y las encuestas de terreno).

En las figuras siguientes se muestra la variación que habrían experimentado los niveles en diversos puntos a lo largo del valle central de la cuenca del Mataquito, entre 1994 y 2004.

Figura 7.2-21  
 Limnigramas Simulados (1/04/94-1/04/04). Valle Central, Sector Sagrada Familia

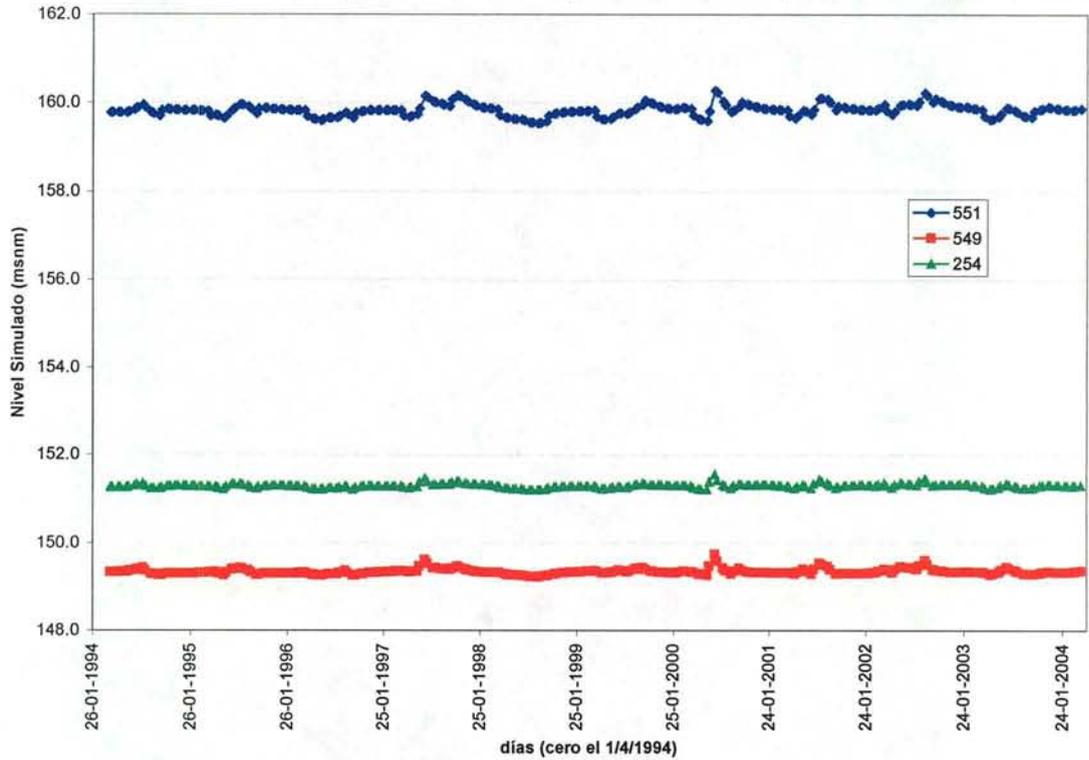


Figura 7.2-22  
 Limnigramas Simulados (1/04/94-1/04/04). Valle Central, Sector Curicó

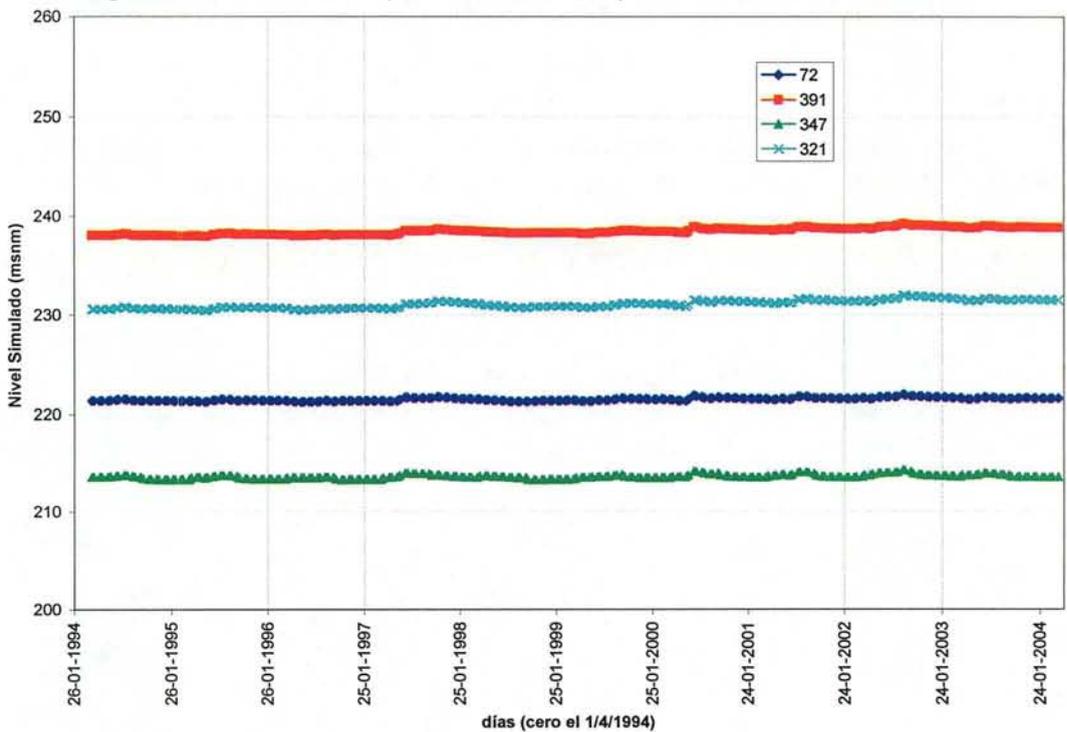
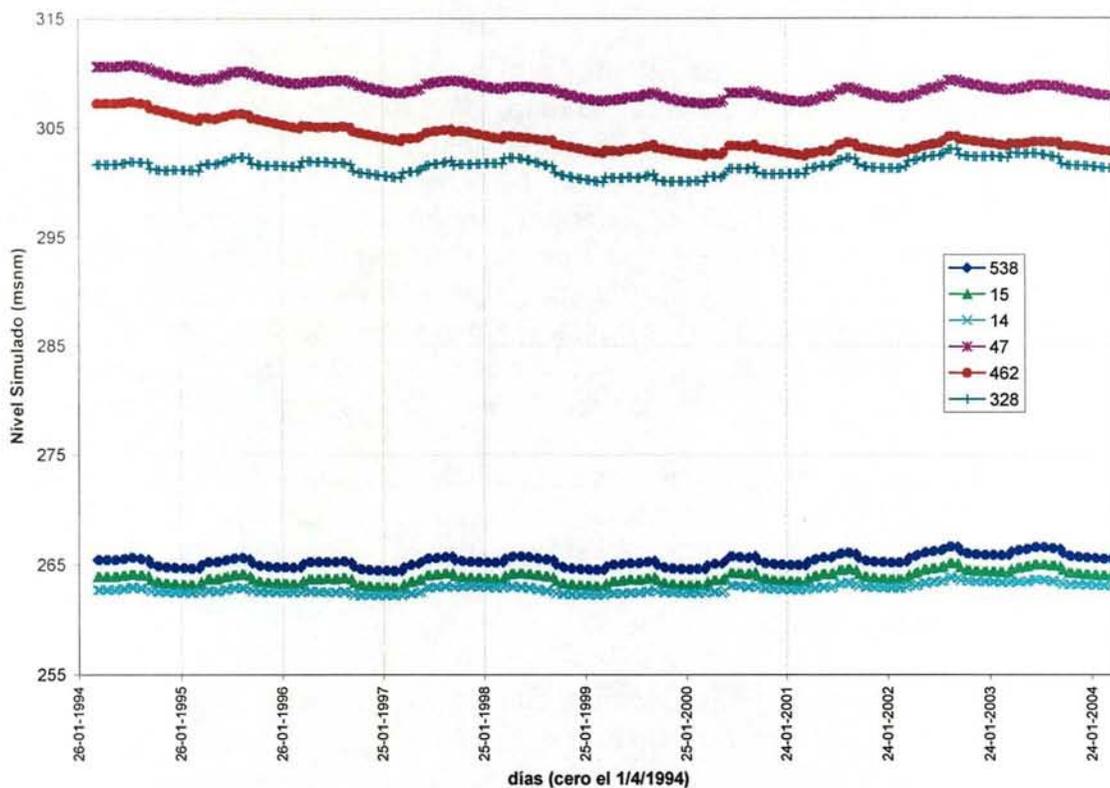


Figura 7.2-23  
 Limnigramas Simulados (1/04/94-1/04/04). Valle Central, Sector Florida Alto y Lontué Alto(Pichingal)



## **7.3 MODELACIÓN HIDROGEOLÓGICA CUENCA DEL RÍO HUASCO**

### **7.3.1 Introducción**

El presente capítulo tiene por objetivo presentar la metodología y conceptos implementados para la construcción, calibración y operación de los modelos de simulación de la cuenca del río Huasco.

De acuerdo a los antecedentes presentados en capítulos anteriores del Estudio, la cuenca del río Huasco ha sido separada en tres sectores desconectados entre sí desde el punto de vista de los flujos subterráneos. Se propuso realizar modelaciones separadas para dos de los sistemas, el valle principal del río Huasco y uno de los valles afluentes, el valle del río El Tránsito. Estos modelos han sido elaborados utilizando el software de modelación hidrogeológica Visual MODFLOW.

Con estos modelos es posible evaluar el efecto que se produciría en el mediano y largo plazo sobre los sistemas (niveles, caudales pasantes, interacción con el río, etc.) ante distintos escenarios de extracción, incorporando además elementos relativos al comportamiento de posibles sustancias contaminantes en diversos puntos de la cuenca.

A continuación se presenta el detalle del trabajo realizado para cada uno de los sistemas de la cuenca del río Huasco.

### **7.3.2 Valle Principal del Río Huasco**

#### **7.3.2.1 Zona Modelada**

La zona modelada abarca el valle principal del río Huasco desde el angostamiento que se produce aproximadamente 5 km aguas abajo del sector de Chañar Blanco, en el sector llamado El Morro, hasta la zona de la desembocadura del río, en el sector de Huasco Bajo. El angostamiento se ubica en las coordenadas UTM Este 332.000 m y Norte 6.834.500 m aproximadamente, mientras que la desembocadura se ubica aproximadamente en las coordenadas UTM Este 284.700 m y Norte 6.852.700 m.

A modo de abarcar completamente el sector costero y los valles de las Quebradas Honda y Ventanas, que se desarrollan desde la ciudad de Vallenar hacia el Norte y el Sur, los límites del modelo definen un rectángulo cuyos límites son:

• Límite Este	Coordenada UTM Este	338.500 m
• Límite Oeste	Coordenada UTM Este	283.000 m
• Límite Norte	Coordenada UTM Norte	6.855.000 m
• Límite Sur	Coordenada UTM Norte	6.827.500 m

De esta manera, la longitud abarcada por el modelo en sentido Este – Oeste es de 55,5 km, mientras que la longitud en sentido Norte – Sur es de 27,5 km. En la Figura 7.3-1 se pueden apreciar los límites de la zona modelada para el valle principal del río Huasco.

### 7.3.2.2 Discretización del Acuífero

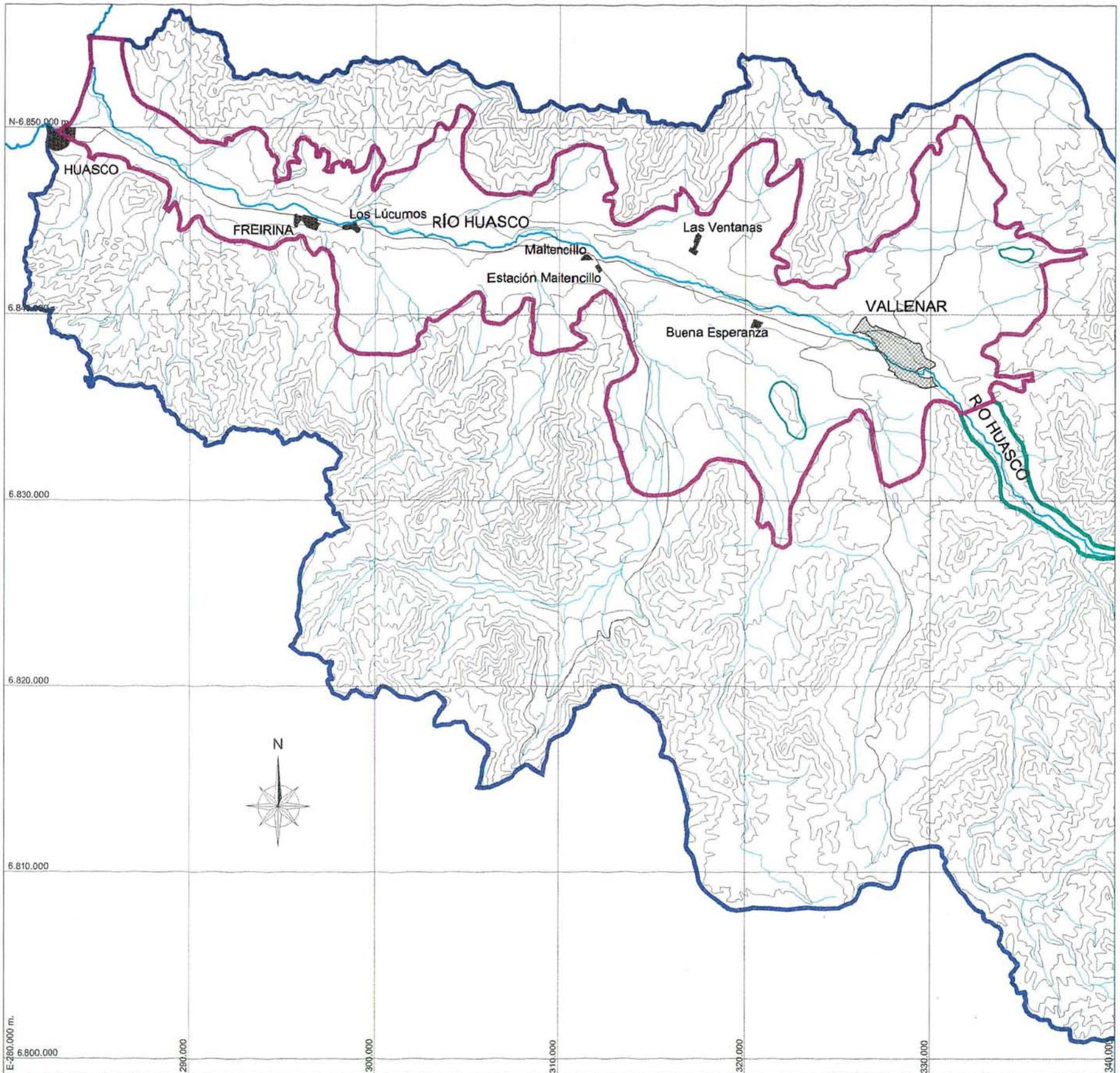
#### 7.3.2.2.1 Discretización Temporal

Para esta cuenca, el paso de tiempo o “stress period” ha sido establecido en un mes debido a que los caudales involucrados en el sistema presentan variaciones importantes entre un mes y otro (por ejemplo las recargas por percolación desde zonas de riego e infiltración de las precipitaciones). De esta manera, para el período de calibración de 10 años se tienen 120 stress period, correspondientes al periodo histórico de 1994/95 a 2003/04.

#### 7.3.2.2.2 Discretización Espacial

El software de modelación Visual MODFLOW utiliza el método de las diferencias finitas para resolver las ecuaciones que gobiernan el flujo subterráneo, lo que requiere que el área a modelar sea discretizada en una malla consistente de una cantidad finita de celdas rectangulares en uno o más estratos verticales.

Se definió una malla de 138 filas y 314 columnas, generando celdas de tamaño variable entre 750 m de ancho por 500 m de altura hasta 93,75 m de ancho por 125 m de alto. La grilla se configuró inicialmente para que las celdas fueran de un tamaño en torno a los 200 x 200 al interior de la zona delimitada por el contacto roca – relleno, pero esta grilla inicial tuvo que ser refinada para poder tener más precisión en los sectores más estrechos del valle y aquellos en donde existe una alta concentración de pozos. De esta manera, se tiene un total de 43.332 celdas por estrato, de las cuales sólo permanecen activas aquellas ubicadas al interior del contacto roca – relleno que es el que delimita la zona modelada (ver Figura 7.3-1). La malla generada se muestra a continuación en la Figura 7.3-2.



**SIMBOLOGÍA**

- Contacto Roca-Relleno
- Zona modelada
- Cuenca Hidrográfica

GCF INGENIEROS CONSULTORES LTDA.

PROYECTO: ESTUDIO DE CALIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LAS CUENCAS DE HUASCO Y MATAQUITO

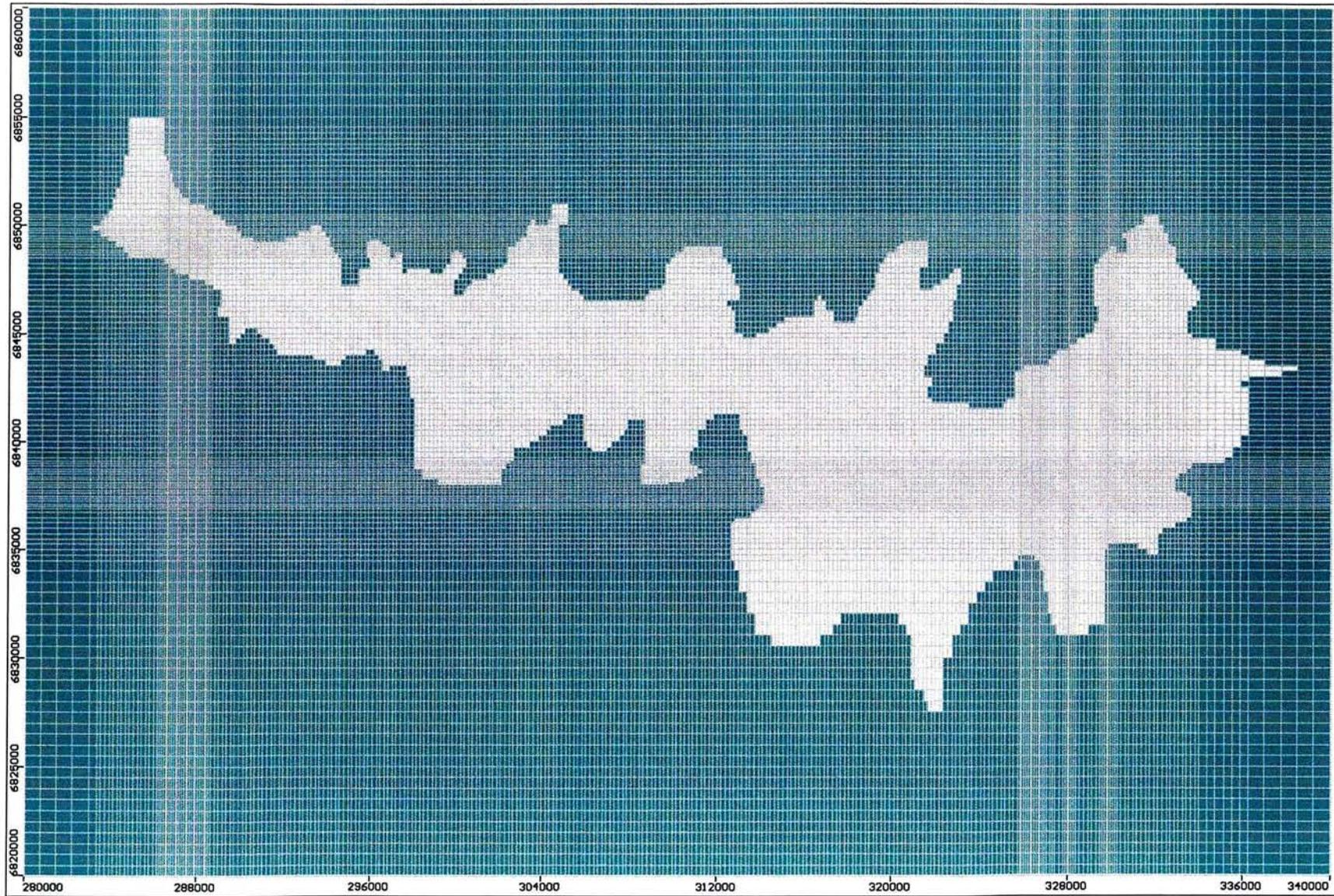
**ZONA MODELADA  
VALLE DEL RÍO HUASCO**

FECHA: OCTUBRE 2008

ESCALA: 1:250.000

Figura 7.3-1

Figura 7.3-2  
Malla de Modelación de MODFLOW – Valle del río Huasco



En la vertical, el área a modelar está definida por los rellenos sedimentarios entre la superficie y el basamento rocoso. De acuerdo con los resultados del estudio geofísico, la profundidad del relleno sedimentario varía entre los 50 m y más de 200 m, aproximadamente. Los mayores espesores del relleno sedimentario se encuentran en el sector de Vallenar y unos 5 km aguas abajo de esta localidad. Este relleno disminuye su potencia hacia el poniente, encontrándose espesores mínimos en el sector de Maitencillo. Más hacia la desembocadura, en el sector de Huasco Bajo, el basamento vuelve a profundizarse, permitiendo un mayor espesor de los rellenos sedimentarios, llegando hasta unos 150 m aproximadamente.

En cuanto a la discretización vertical, esta se estableció en 2 estratos, en concordancia con los resultados del análisis hidrogeológico, el cual determinó la presencia de 2 unidades hidrogeológicas. La primera está compuesta por depósitos sedimentarios de granulometría gruesa (bolones, ripios, gravas), media (arenas gruesas y medias) y fina (arcillas y limos), de origen fluvial y no fluvial, de permeabilidad alta y media principalmente, que se distribuye a lo largo del cauce del río Huasco y en valles y quebradas de cauces afluentes a éste. La segunda en tanto, está compuesta por depósitos de gravas y conglomerados semiconsolidados y su distribución es paralela al río Huasco bordeando tanto el valle como algunos afluentes mayores.

Las cotas de terreno al interior del valle fueron obtenidas a partir de las curvas de nivel cada 25 m de las cartas 1:50.000 del IGM, mientras que para definir las cotas del basamento rocoso y el límite entre los estratos se utilizó los 3 perfiles transversales definidos en el estudio geológico y el perfil gravimétrico (longitudinal) del estudio geofísico, en conjunto con la información estratigráfica de algunos pozos, y la definición del contacto roca – relleno definida en planta. Así, se generó series de puntos (x, y, z) con los que se definió las tres superficies, que luego se importaron a MODFLOW, utilizando métodos tradicionales de interpolación.

Cabe mencionar que a raíz de la poca información que se tiene en cuanto a las profundidades de la roca y espesor del acuífero (sólo 3 perfiles para más de 50 km de valle) fue necesario estimar las profundidades en los sectores en donde no se tenía información para generar puntos adicionales y ayudar al proceso de interpolación de las superficies. En las Figuras 7.3-3 y 7.3-4 se muestran un perfil vertical tipo y un perfil longitudinal del valle del río Huasco, respectivamente.

Figura 7.3-3  
Perfil Transversal Tipo Modelo  
(Columna 240, coordenadas UTM Este 324.900, sector al poniente de Vallenar)

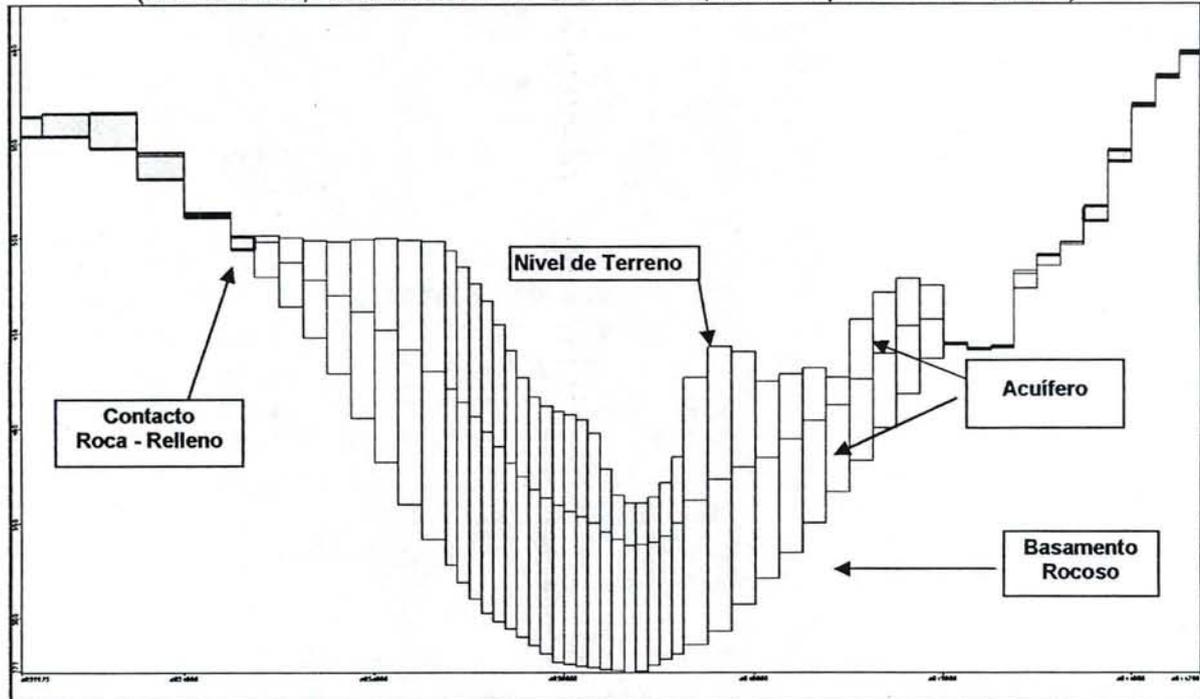
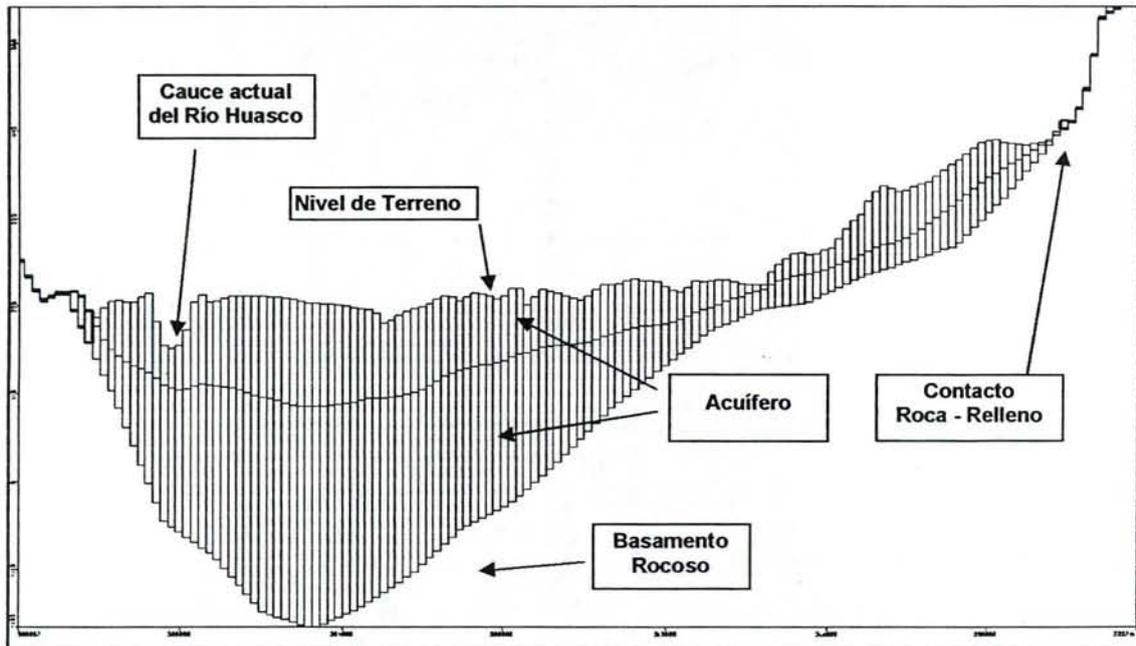


Figura 7.3-4  
Perfil Longitudinal Tipo Modelo  
(Fila 66, coordenadas UTM Norte 6.842.875 m,  
entre las coordenadas UTM Este 297.900 m y 322.000 aproximadamente)



### 7.3.2.3 Parámetros del Medio Acuífero

Como se ha explicado anteriormente, es usual partir con una distribución espacial de los parámetros del acuífero, tales como el coeficiente de permeabilidad ( $k$ ) y los coeficientes relativos al contenido de agua que el medio puede suministrar, es decir, coeficiente de almacenamiento ( $S$ ), almacenamiento específico ( $S_s$ ) o rendimiento específico ( $S_y$ ), según se trate de acuíferos confinados (2-D o 3-D) o libres.

Dichos parámetros fueron obtenidos de los análisis e interpretaciones de las pruebas de bombeo de distintos sondajes realizadas en el presente estudio o recopilados como parte de los trabajos en terreno, el levantamiento geológico – geofísico, y cualquier otro antecedente útil. La mayoría de los sondajes se concentra en el sector ubicado aguas arriba de Vallenar (pozos pertenecientes a Aguas Chañar y que abastecen de agua potable a las localidades de la zona), mientras que existen antecedentes puntuales de un pozo ubicado entre las localidades de Freirina y Maitencillo y otro cerca de Buena Esperanza. Las pruebas de bombeo fueron interpretadas utilizando el software AQUIFER TEST, obteniéndose el coeficiente de permeabilidad de los rellenos atravesados por los sondajes.

Para el sector bajo del valle del Huasco, existe sólo un antecedente, de una permeabilidad de  $1,5 \cdot 10^{-5}$  m/s. Hacia aguas arriba, el siguiente pozo con prueba de bombeo interpretada indica una permeabilidad de  $2,9 \cdot 10^{-4}$  m/s, e inmediatamente aguas arriba de Vallenar se dispuso de la interpretación de 6 pruebas de bombeo, las cuales permiten definir un rango de permeabilidades entre  $2,0 \cdot 10^{-5}$  m/s y  $7,4 \cdot 10^{-4}$  m/s.

Así es como, en función de los coeficientes de transmisibilidad obtenidos de la interpretación, fueron calculados los coeficientes de permeabilidad y asociados a la malla activa del modelo. Mediante el análisis de los antecedentes provenientes del levantamiento geológico – geofísico se estableció una distribución espacial de los distintos tipos de rellenos que conforman las distintas unidades geológicas definidas, caracterizando así cuantitativamente los parámetros hidrogeológicos de estos rellenos.

En el caso del relleno fluvial reciente que ha formado el cauce del río Huasco, que correspondería a los Depósitos Sedimentarios de Origen Fluvial de Alta Energía (Mlf), como se definió en el estudio geológico, y que presenta una alta permeabilidad, se ha adoptado un valor inicial de  $1,0 \cdot 10^{-4}$  m/s.

Sin embargo, como todos los sondajes se encuentran en los rellenos más recientes y muy próximos al lecho del cauce, no existiendo información de la potencialidad hidrogeológica de los sedimentos que conforman las terrazas fluviales más antiguas, definidos como Depósitos Sedimentarios de Origen no Fluvial (MInf), se ha recurrido a la distribución espacial de los distintos depósitos sedimentarios que conforman estas terrazas, presentada en el estudio Geológico. Así, las zonas del primer estrato que no están cubiertas por los depósitos sedimentarios de la primera

unidad, corresponden a la segunda unidad geológica-hidrogeológica llamada Medios Intergranulares de Permeabilidad Moderada a Baja (MImb), compuesta por gravas y conglomerados poco consolidados mayoritariamente, correspondiendo a la totalidad del estrato inferior. A esta unidad se le ha dado un rango inicial de permeabilidades entre  $10^{-6}$  y  $10^{-4}$  m/s, mientras que para los rellenos sedimentarios del primer estrato el rango inicialmente definido va de  $10^{-4}$  a  $10^{-3}$  m/s.

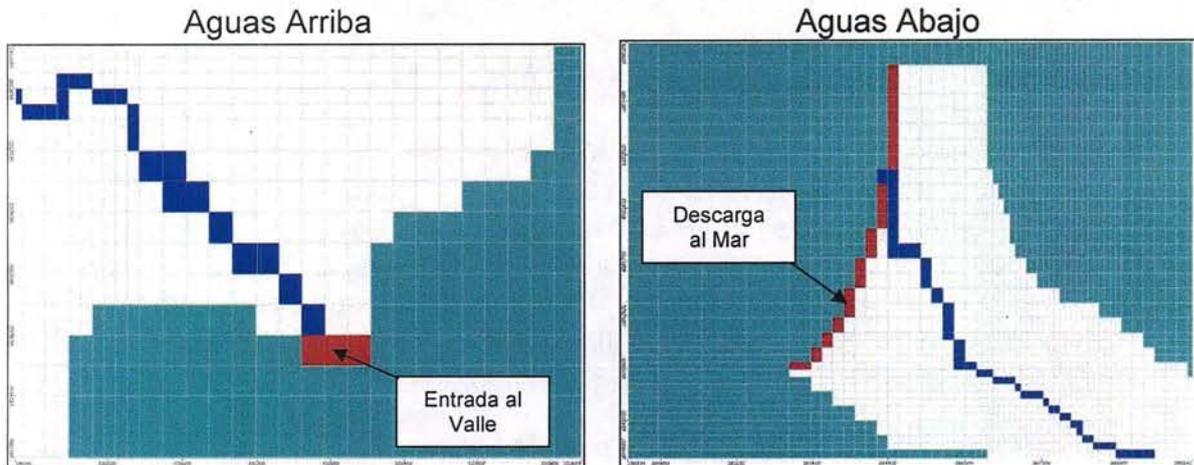
Los valores así definidos son sólo referentes iniciales para el proceso de ajuste del modelo a la situación real del valle y se mantendrán, en lo posible, dentro de los rangos estimados inicialmente en el estudio hidrogeológico. Los valores finales son el resultado del proceso de calibración del modelo, en donde el especialista que calibra puede variar los valores para ajustar las respuestas del sistema acuífero según los objetivos planteados (generalmente niveles y flujos), dependiendo de las condiciones hidrogeológicas estudiadas para las unidades modeladas.

En cuanto al coeficiente de almacenamiento, las pruebas de bombeo recopiladas no permitieron la determinación de este parámetro. Por ello, se ha decidido inicialmente, mantener el valor de 15% estimado en el Estudio Integral de Riego para todo el relleno fluvial, a excepción de la zona de desembocadura, en donde se estima que el coeficiente podría ser del orden del 3%.

#### **7.3.2.4 Condiciones de Borde de Nivel Conocido**

Como condiciones de borde se considera niveles conocidos, tanto aguas arriba, en la entrada del valle (sector El Morro), como en la desembocadura, y se han representado en el modelo como celdas con la condición *Constant Head*. En el sector de aguas arriba, el estrechamiento del valle permite asegurar un nivel de entrada constante e igual al fondo del lecho del río, que en ese punto se ha estimado a la cota 428 m.s.n.m. Para el sector de desembocadura se ha supuesto que el nivel se encontraría constante (dado que la modelación es a nivel mensual) e igual a 0 m.s.n.m. En la Figura 7.3-5 se muestran las celdas del modelo en donde se han aplicado las condiciones de borde.

Figura 7.3-5  
Condiciones de Borde

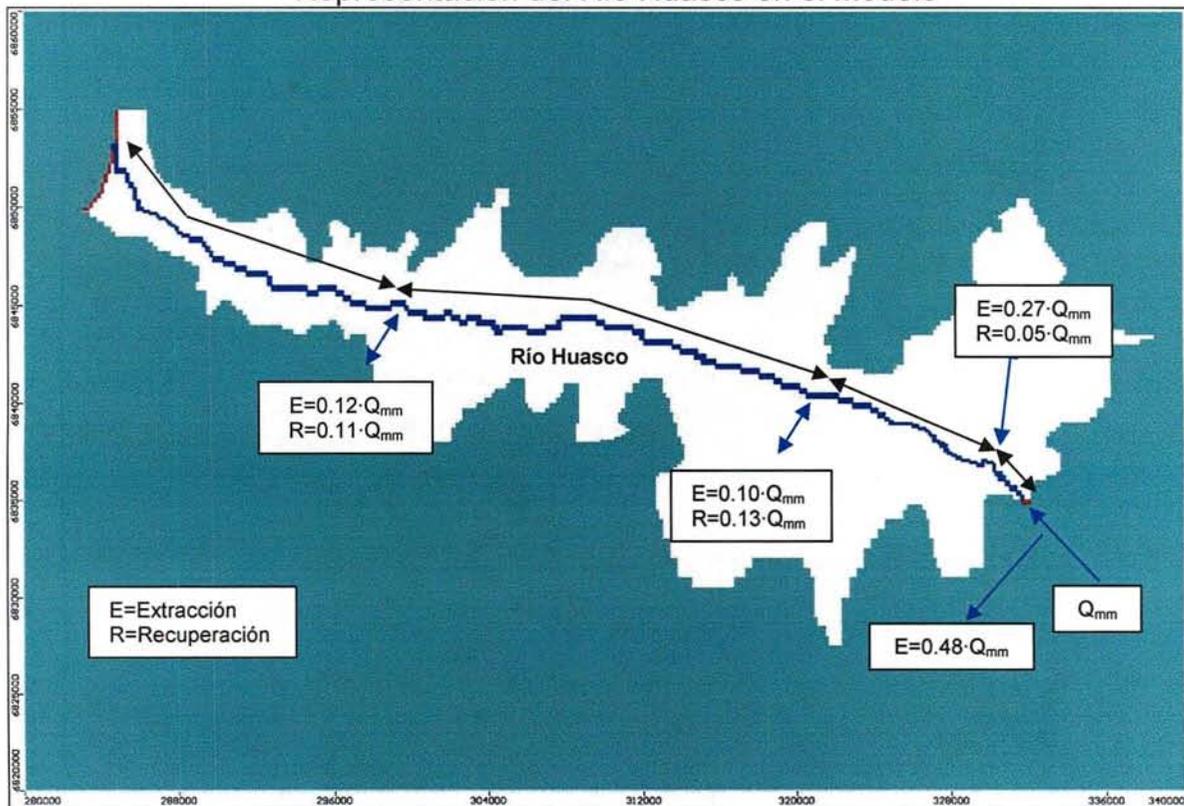


### 7.3.2.5 Condición de Borde Tipo Río. Representación del Río Huasco

El río Huasco ha sido ingresado al modelo como 313 celdas con la propiedad "river", las que permiten representar dinámicamente la interacción del río con el acuífero. Esto es, que en función de los niveles simulados de la napa el modelo determina en qué zonas el río genera aportes al acuífero y en qué zonas el río recibe aportes de la napa. Para esto ha sido necesario determinar para cada celda las cotas del lecho del río, la altura de escurrimiento del agua, calculada por Manning con una sección estimada del cauce, y la conductancia, coeficiente que es función de las características del lecho (espesor, ancho y permeabilidad). Debido a que depende de la altura y ancho del escurrimiento, la capacidad de infiltración o afloramiento del río es función del caudal pasante.

Como la información que se tiene del comportamiento del río es limitada, éste se dividió en cuatro tramos representativos de las principales zonas del valle. Los tramos definidos se aprecian en la Figura 7.3-6. El caudal que entra a la zona modelada para cada mes corresponde al de los registros de los caudales medios mensuales en la estación río Huasco en Santa Juana, descontando las extracciones de los canales de riego entre el punto en donde se ubica la estación y la entrada a la zona modelada. Para obtener los caudales de los tramos subsiguientes del río se estimaron las extracciones y recuperaciones por los derrames de riego como porcentajes del caudal de cabecera, de acuerdo a información de la capacidad de los canales y de las demandas de riego.

Figura 7.3-6  
Representación del Río Huasco en el Modelo



En la Tabla 7.3-1 se puede apreciar la serie de caudales para los diez años que dura el período de la calibración. Para la situación en régimen permanente se ha utilizado el caudal medio anual de los 40 años que dura el registro rellenado y corregido de la estación, que es igual a  $6,92 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Tabla 7.3-1  
Serie de Caudales Mensuales ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) – Estación Santa Juana

AÑO	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR
1994/95	3.53	3.90	3.78	4.15	3.66	2.97	2.86	2.00	1.57	2.89	2.51	2.78
1995/96	3.28	3.32	3.32	3.37	1.76	2.06	1.68	1.61	1.36	1.79	1.06	1.43
1996/97	2.12	2.42	2.10	2.14	2.20	1.92	1.75	1.58	0.96	1.06	1.00	1.20
1997/98	1.43	1.02	0.71	2.43	1.41	3.89	20.90	19.70	78.70	76.90	48.30	27.60
1998/99	19.10	15.10	13.60	12.00	12.10	9.42	7.33	7.24	5.90	5.80	6.36	7.60
1999/00	6.62	6.07	6.35	7.14	5.57	5.28	4.68	3.99	4.06	4.29	4.22	4.61
2000/01	4.14	4.91	4.45	6.18	11.59	7.54	4.15	4.47	4.38	4.24	4.53	4.48
2001/02	4.67	4.62	4.05	3.80	3.57	4.16	4.53	4.49	4.69	4.93	5.02	4.80
2002/03	4.84	3.91	5.88	7.26	11.11	13.19	15.35	18.53	32.86	32.19	25.79	12.54
2003/04	10.44	10.18	10.25	9.67	7.03	5.32	4.26	4.68	5.32	5.59	5.53	5.47

Para cada celda tipo river, cuya representación se muestra en la Figura 7.3-7, y para cada mes, se calcula la conductancia de acuerdo a la siguiente expresión:

$$C = \frac{k \cdot L \cdot W}{M} \cdot 86.400 \text{ (m}^2\text{/día)}$$

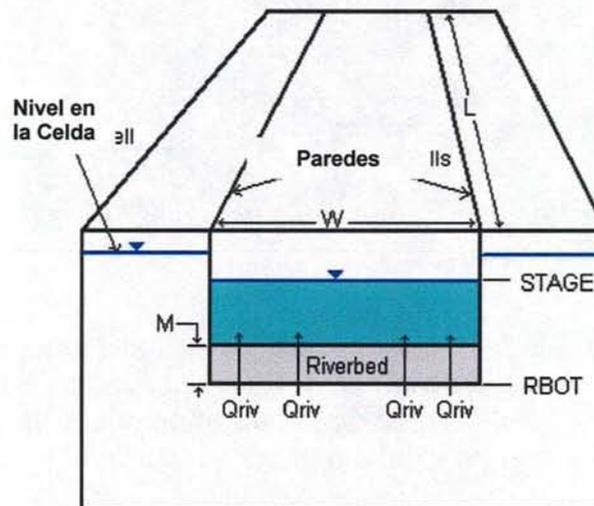
Donde  $k$  = Permeabilidad del lecho (m/s).

$L$  = Longitud del cauce en la celda (m).

$W$  = Ancho del escurrimiento superficial (m). En el caso del río Huasco depende de la altura de escurrimiento o STAGE que a su vez se calcula por Manning considerando el caudal pasante.

$M$  = Espesor del lecho (m).

Figura 7.3-7  
Esquema del Modulo "River"



Los valores de STAGE y RBOT (fondo del lecho) deben ser ingresados al modelo en conjunto con la conductancia. El valor de la permeabilidad ha sido estimado como un orden de magnitud menor que el del acuífero, pero este valor, en conjunto con el espesor del lecho y la geometría del cauce (dado que son estimaciones y porque afectan el resultado final de  $C$ ) pueden ser modificados en el proceso de calibración a modo de representar adecuadamente la interacción del río con la napa.

Toda la información considerada fue primero procesada en planillas Excel para luego ser incorporada al modelo.

### 7.3.2.6 Condiciones de Borde del Tipo Recargas por Efecto de Precipitación y Percolación de Riego

Además de la infiltración desde el cauce superficial, existen otros procesos que aportan agua a la napa del valle del río Huasco. Ellos son: la recarga por infiltración de las precipitaciones y la recarga por percolación de las zonas de Riego.

La información de recargas por concepto de precipitaciones y pérdidas de riego se fusionó espacialmente con e una planilla Excel y su geo-referencia, para luego ser incorporada al modelo.

La manera en la que cada uno de éstos ha sido cuantificado en el modelo se describe a continuación.

#### 7.3.2.6.1 Recarga por Infiltración de Precipitaciones

Dado que se tiene información pluviométrica para cuatro estaciones cercanas al sector del valle principal del río Huasco (Santa Juana, Vallenar, Freirina y Huasco Bajo), se han definido cuatro sectores de recarga por infiltración de precipitaciones en el valle. Los valores de la recarga han sido ingresados mensualmente y se supuso inicialmente que de la precipitación directa que cae sobre el valle, un 15% infiltra y aporta al flujo subterráneo<sup>8</sup>.

Adicionalmente, se consideró que la precipitación que cae sobre las laderas de los cerros y las cuencas de las quebradas que rodean el valle también debe aportar agua al sistema. De acuerdo a antecedentes de estudios previos, y debido a la pequeña magnitud de las precipitaciones, en general las precipitaciones sobre las laderas se infiltran antes de llegar al cauce principal. Por lo tanto, este aporte se ha modelado como una recarga superficial sobre las celdas del borde de la zona modelada, considerando una tasa de infiltración de un 5%. De esta manera, el valor de la recarga en cada celda está dado por:

$$\text{Recarga} = 0.05 \cdot pp_{\text{mes}} \text{ (mm/año)} \cdot A_{\text{Cuenca Aportante}} / A_{\text{Celdas del Borde}} \text{ (mm/año)}$$

Al igual que los parámetros hidrogeológicos del medio, los porcentajes que definen dichas recargas constituyen un punto de partida y un referente válido y sustentable, dados los estudios previos, no obstante que pueden ser ligeramente modificados en el proceso de calibración o ajuste del modelo.

<sup>8</sup> Valor conservador según lo señalado en el capítulo 4 (página 4-90)

7.3.2.6.2 Recarga por Percolación desde Zonas de Riego

En capítulos anteriores se ha estimado el valor de la percolación desde las zonas de riego en el valle del río Huasco en función de las demandas de riego y de las metodologías de riego utilizadas en los predios. Aunque esta información fue tabulada en función de los tamaños de los predios y a nivel comunal, no se tiene información de la distribución espacial de las zonas de riego. Las percolaciones totales se muestran en la Tabla 7.3-2.

Tabla 7.3-2  
Percolación desde Zonas de Riego Cuenca del Río Huasco

Comuna	Estrato de	Demanda	Área	Demanda	Percolación	Percolación	Percolación
	Tamaño	de Agua	Regada	de Agua	Estimada	Estimada	Estimada
		(m <sup>3</sup> /ha)	(ha)	(m <sup>3</sup> )	(%)	(m <sup>3</sup> )	(l/s)
Vallenar	< 1 ha	13,783	19.8	272,903	16.0	43,535	1.4
	1 - 10 ha	25,296	92.7	2,345,192	23.4	547,986	17.4
	10 - 50 ha	16,125	327.4	5,279,486	20.4	1,074,883	34.1
	> 50 ha	38,618	4,423.4	170,821,316	29.3	50,031,241	1586.5
	<b>Total</b>			<b>4,863.3</b>		<b>29</b>	
Freirina	< 1 ha	17,244	22.4	386,266	30.0	115,880	3.7
	1 - 10 ha	17,244	194.9	3,360,856	30.0	1,008,257	32.0
	10 - 50 ha	5,749	553.5	3,182,072	10.0	318,207	10.1
	> 50 ha	19,652	699.0	13,736,748	24.9	3,417,402	108.4
	<b>Total</b>			<b>1,469.8</b>		<b>24</b>	
Huasco	< 1 ha	16,615	7.3	121,290	30.0	36,387	1.2
	1 - 10 ha	24,030	133.5	3,208,245	30.0	962,474	30.5
	10 - 50 ha	16,615	209.6	3,482,504	30.0	1,044,751	33.1
	> 50 ha	28,474	237.8	6,771,117	30.0	2,031,335	64.4
	<b>Total</b>			<b>588.2</b>		<b>30</b>	
<b>Total Huasco</b>			<b>6,921.3</b>				<b>1,922.6</b>

El valor estimado en la Tabla anterior implica una tasa promedio de 876 mm/año sobre el área total regada.

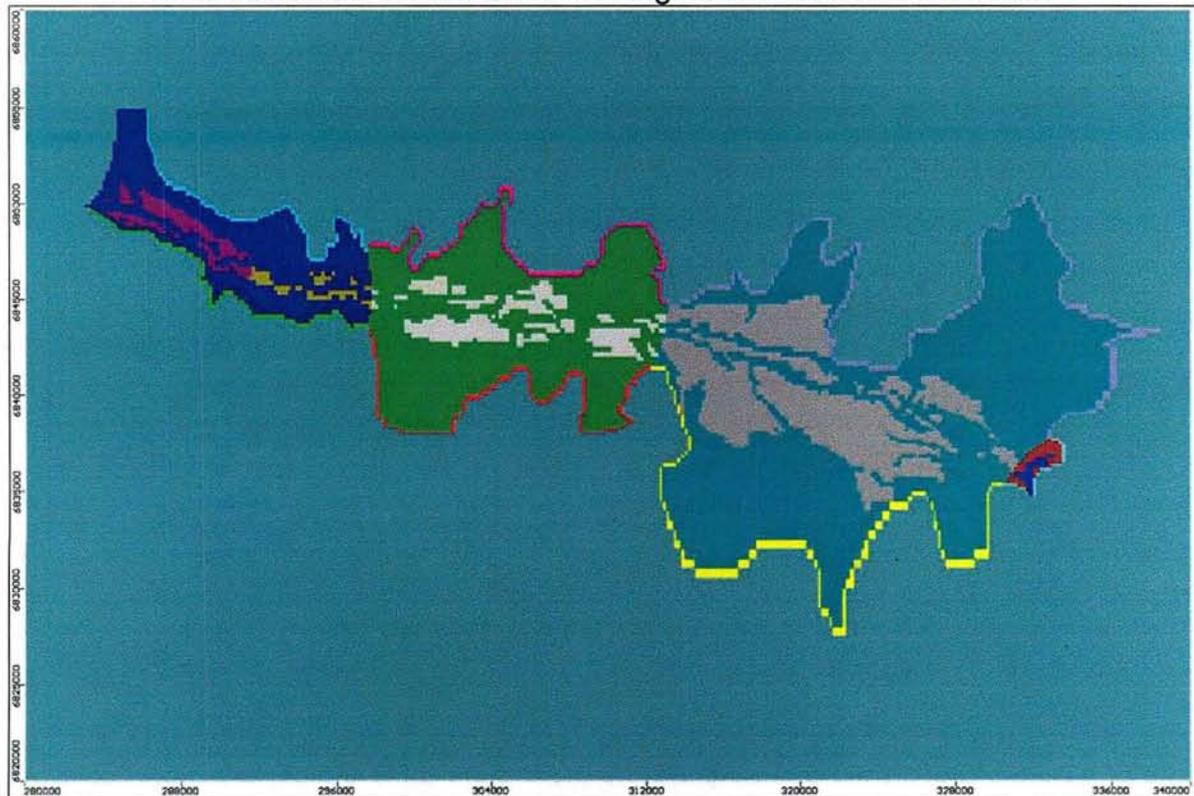
Para la discretización espacial se recurrió a información disponible de las capacidades de uso de los suelos del sector y se consideró que el riego se realiza sobre los terrenos de clase II y III del valle. Esta información fue llevada de las coberturas espaciales del SIG (Sistema de Información Geográfica) a las celdas, por lo que las áreas totales no necesariamente eran las mismas. Considerando que la información más representativa corresponde a las demandas de riego estimadas para este estudio, las tasas fueron ponderadas de acuerdo a las áreas efectivamente regadas. Los valores finales de las tasas de riego ingresadas al modelo para cada mes se muestran en la siguiente tabla, mientras que en la Figura 7.3-8 se puede apreciar la distribución espacial de las 17 zonas de recarga definidas por las combinaciones de las recargas de riego por infiltración de la precipitación (sobre el valle y las laderas) y del riego en cada comuna.

Tabla 7.3-3  
Recargas por Percolación Riego mm/año

Mes	Comuna		
	Vallenar	Freirina	Huasco
Area Modflow (Celdas) m <sup>2</sup>	8,808.98	1,872.66	1,095.70
Tasa Percolación	29%	24%	30%
Abril	291.75	414.77	283.69
Mayo	180.84	257.09	175.85
Junio	261.75	372.13	254.53
Julio	379.66	539.75	369.17
Agosto	542.36	771.05	527.38
Septiembre	794.47	1129.46	772.52
Octubre	887.60	1261.87	863.09
Noviembre	974.37	1385.23	947.46
Diciembre	887.02	1261.05	862.52
Enero	731.18	1039.49	710.99
Febrero	693.80	986.34	674.63
Marzo	432.21	614.45	420.27

Al igual que en el caso de la infiltración por precipitación, las tasas de percolación pueden ser modificadas ligeramente en el proceso de calibración.

Figura 7.3-8  
Distribución de las Zonas de Recarga del Valle del Río Huasco



### **7.3.2.7 Descargas por Condiciones de Borde**

Las descargas del acuífero quedan definidas por la condición de borde de aguas abajo, que representa la condición de flujo subterráneo saliente del modelo, establecida en el borde costero, en donde el nivel de la napa se ha supuesto a la cota 0 m.s.n.m., y por los afloramientos de la napa en el río.

Cabe aclarar que la descarga por efecto de la evapotranspiración está considerada implícitamente (descontada) en la recarga neta por percolación de riego.

### **7.3.2.8 Descargas por Bombeo**

Las descargas por bombeo son necesarias al momento de efectuar las corridas del modelo en régimen transiente, sea para su calibración cuando hay información al respecto, o en los escenarios.

Para ello, en el capítulo 4.4 fueron analizados los bombeos efectivos desde los pozos según la información obtenida para el catastro luego del recorrido de terreno. Con esa información se elaboró la base de datos del bombeo estacional en todos los pozos con información que se encuentran dentro del área modelada. En la Figura 7.3-9 se puede apreciar la ubicación de los pozos de bombeo y que en general éstos se concentran en los sectores de Vallenar y Huasco bajo. En la Tabla 7.3-4 se presenta la información de caudales de los pozos ingresados al modelo.

Como ya se ha señalado, en el presente estudio dicha información de bombeos sólo es utilizada en las corridas en régimen impermanente, las que pueden corresponder a la etapa de simulación de escenarios o a la calibración en régimen transiente.

Figura 7.3-9  
Ubicación de Pozos de Bombeo

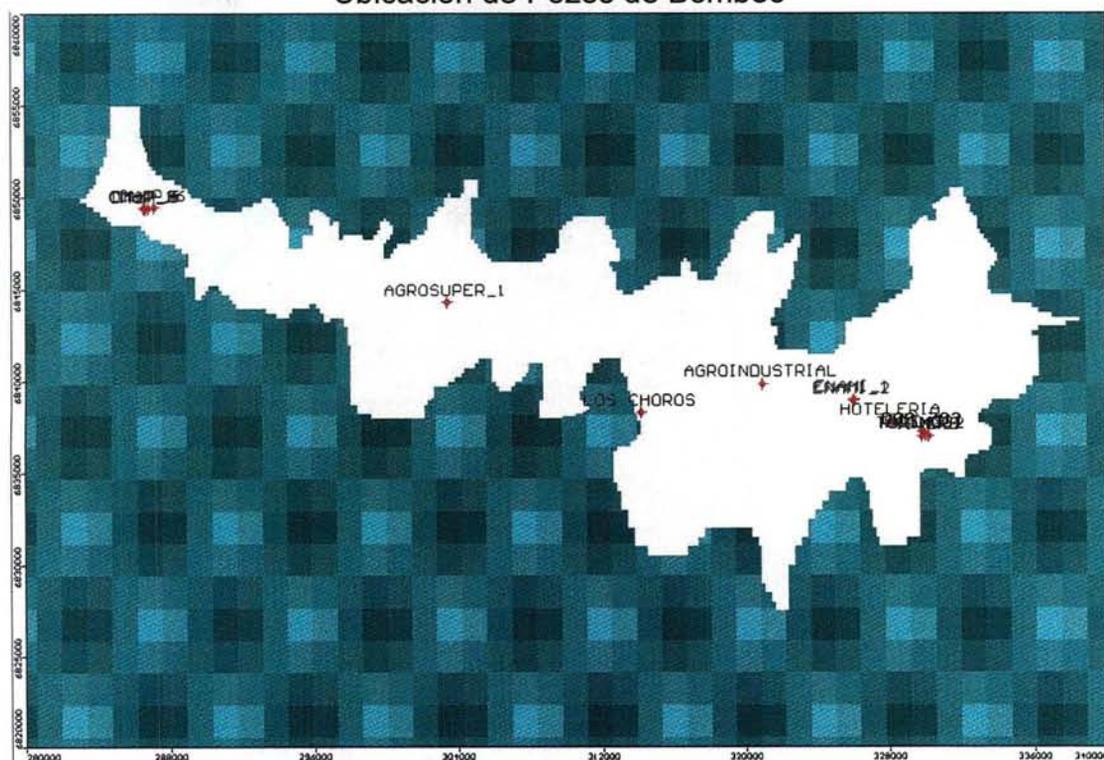


Tabla 7.3-4  
Descargas por Bombeo. Caudales de Pozos m<sup>3</sup>/día

COORDENADAS		POZO	USO	PROPIETARIO	Q <sub>medio</sub> (m <sup>3</sup> /día)
ESTE	NORTE				
303.410	6.844.300	Pozo	I-SU	Agrosuper	540,0
320.960	6.839.860	Pozo	I	Agroindustrial Vallenar	432,0*
326.075	6.839.019	Pozo N° 1	I	ENAMI	1.036,8
326.012	6.838.957	Pozo N° 2	I	ENAMI	1.360,8
286.525	6.849.398	Pozo N° 1	I	Cía. Minera del Pacífico	3.283,2
286.588	6.849.396	Pozo N° 11	I-SU	Cía. Minera del Pacífico	496,8
286.649	6.849.396	Pozo N° 10	I-SU	Cía. Minera del Pacífico	691,2
286.660	6.849.350	Pozo N° 9	I-SU	Cía. Minera del Pacífico	194,4
286.795	6.849.402	Pozo N° 2	I-SU	Cía. Minera del Pacífico	691,2
287.120	6.849.460	Pozo N° 3	I-SU	Cía. Minera del Pacífico	302,4
328.170	6.837.790	Pozo	P	Sociedad Hotelera Atacama	21,6
329.988	6.837.082	Pozo DOS 201	P	EMSSAT S.A.	3.888,0
329.897	6.837.238	Pozo DOS 792	P	EMSSAT S.A.	432,0
329.822	6.837.264	Pozo DOS 793	P	EMSSAT S.A.	4.032,0
329.988	6.837.092	1049	P	EMSSAT S.A.	2.160,0
329.789	6.837.029	Torino N° 1	P	EMSSAT S.A.	615,6
329.768	6.837.020	Torino N° 2	P	EMSSAT S.A.	648,0
314.172	6.838.306	Dren Los Chorros	P	EMSSAT S.A.	3.196,8
330.139	6.837.009	Vivero N° 1	P	S/I	21,6

\* Funciona sólo de Mayo – Noviembre.

### 7.3.2.9 Calibración General del Modelo en Régimen Permanente y Transiente

Como se mencionó anteriormente, la calibración de un modelo hidrogeológico requiere de un procedimiento que tome en cuenta, en forma simultánea e integrada, varias variables o magnitudes de interés para ser representadas en el sistema hidrogeológico considerado. Debe considerarse la representación de varias condiciones de borde que condicionan y determinan el comportamiento del acuífero real. Las más importantes se detallan a continuación:

- Niveles en el tiempo (limnigramas) de los sondajes ubicados dentro de la zona modelada. Debido a la existencia de estos limnigramas, de extensión adecuada y ubicados a lo largo de todo el valle, la calibración se realizó en régimen transiente abarcando los últimos 10 años. Es decir, para el período comprendido entre 1994/95 y 2003/04, considerando una discretización temporal mensual. También se consideró información puntual de pozos aislados para el régimen permanente (ver Tabla 7.3-5).
- Se considera también la variación temporal de los flujos de intercambio entre el cauce y el acuífero de acuerdo con el procedimiento de modulación de la conductancia según se ha descrito precedentemente.
- Caudales de infiltración desde los cauces hacia el acuífero, los que deben ser compatibles con las estimaciones de pérdidas que se tengan según los estudios existentes.
- Caudales de recuperación hacia los cauces principales, y también coherentes con las estimaciones que se tengan.
- Balance general del sistema acuífero, que de cuenta de valores plausibles y reales según las estimaciones que se tengan del funcionamiento general del sistema hídrico asociado a la zona de estudio.

Como puede observarse algunos son claramente cuantitativos y otros más bien cualitativos o una combinación de ambos.

#### 7.3.2.9.1 Régimen Permanente

Como primer paso del proceso de calibración del modelo, a modo de verificar su estructura geométrica y la validez de los valores iniciales de sus parámetros, el modelo se ejecutó en régimen permanente sin considerar la explotación de pozos. Así, se simuló para una condición de equilibrio natural del sistema acuífero, que es aproximadamente similar a la de un acuífero en condiciones de sub-explotación, como es el caso de los acuíferos abordados en el presente estudio. Esto es confirmado también por los limnigramas, que presentan niveles relativamente constantes en todo el período de observaciones,

Por lo anterior, una parte fundamental del proceso de calibración fue ajustar los valores simulados de niveles y flujos de intercambio entre los cauces y el acuífero con los valores medidos o estimados, respectivamente. En este caso, se dispuso de los niveles entregados por los limnigramas para el instante inicial de la modelación (día 0). Esas mediciones corresponden al primer trimestre del año 1994. También se tuvo en cuenta las estimaciones contenidas en estudios anteriores para las pérdidas y recuperaciones en los cauces principales.

En particular, se revisó que los espesores de los estratos y la profundidad del basamento rocoso cerca del contacto roca relleno permitieran representar de manera adecuada los niveles de la napa en el acuífero. Esto toma gran importancia, debido a las extrapolaciones realizadas de los pocos valores puntuales determinados a partir de la geofísica y de la geología de las zonas.

Posteriormente, se verificó los niveles de la napa con la finalidad de establecer si las magnitudes de las recargas, que en el caso del régimen permanente han sido ingresadas con valores medios para los diez años del período de calibración, son apropiadas y si están debidamente representadas en el modelo mediante zonas de infiltración del río a la napa y afloramientos de esta en el cauce.

Para realizar el ajuste se han variado los siguientes parámetros:

- Coeficiente de permeabilidad de los dos estratos.
- Capacidad de infiltración/afloramiento del lecho del río Huasco, a través de su conductividad.
- Magnitud de las recargas a través de los factores de infiltración.

Además, se ha estimado el balance de flujos de todo el sistema para el régimen permanente con condiciones de recarga zonificadas producto de precipitación, riego y aportes laterales y sin explotación de pozos, y se estableció que casi la totalidad de la recarga es conducida a través del valle por el río Huasco.

Finalmente, en la Tabla 7.3-5 y Figura 7.3-10 se muestran los pozos utilizados para el contraste entre el nivel observado y el simulado, mientras que en la Figura 7.3-11 se muestra el resultado gráfico, del ajuste de los valores medidos versus los simulados y los parámetros de contraste, ambos para la condición de régimen permanente.

Tabla 7.33-5  
Calibración en Régimen Permanente Modelo Huasco

Pozo Observación	Ubicación		Cota Agua Subterránea		Diferencia
	UTM Este (m)	UTM Norte (m)	Observada (msnm)	Calculada (msnm)	Calc.-Obs.(m)
AGUA SALADA II/A	299475	6844378	111.0	111.1	0.1
BODEGUILLA I/A	307848	6843521	194.0	190.8	-3.2
BODEGUILLA II/A	308146	6843617	197.0	193.3	-3.7
BODEGUILLA III/A	308274	6843769	195.0	193.7	-1.3
CANAL_MADARIAGA/A	290263	6847391	24.0	27.2	3.2
FAENADORA II/A	322070	6839130	348.0	350.6	2.6
FAENADORA III/A	322286	6839057	353.0	352.7	-0.3
FAENADORA IV/A	322564	6838985	354.0	354.7	0.7
FAENADORA V/A	322745	6838900	358.0	357.1	-0.9
FREIRINA/A	297188	6845348	64.1	65.7	1.6
HACIENDA_VENTANAS/A	324373	6839833	344.1	348.7	4.6
HUASCO_ALTO_1/A	287792	6848403	21.7	18.6	-3.1
HUASCO_ALTO_C2/A	288500	6849264	19.5	20.0	0.5
MAITENCILLO I/A	314576	6837247	332.0	332.1	0.1
MAITENCILLO III/A	314420	6836223	347.0	346.2	-0.8
NICOLASA I/A	303210	6843909	150.0	147.8	-2.2
NICOLASA II/A	303503	6844182	151.0	149.8	-1.2
OLIVARERA_HUASCO/A	285340	6850235	9.2	9.3	0.1
TATARA/A	309716.4	6843883	203.8	201.6	-2.2

Figura 7.3-10  
 Pozos de Observación de Nivel y Equipotenciales Simuladas c/25 m (Régimen Permanente)

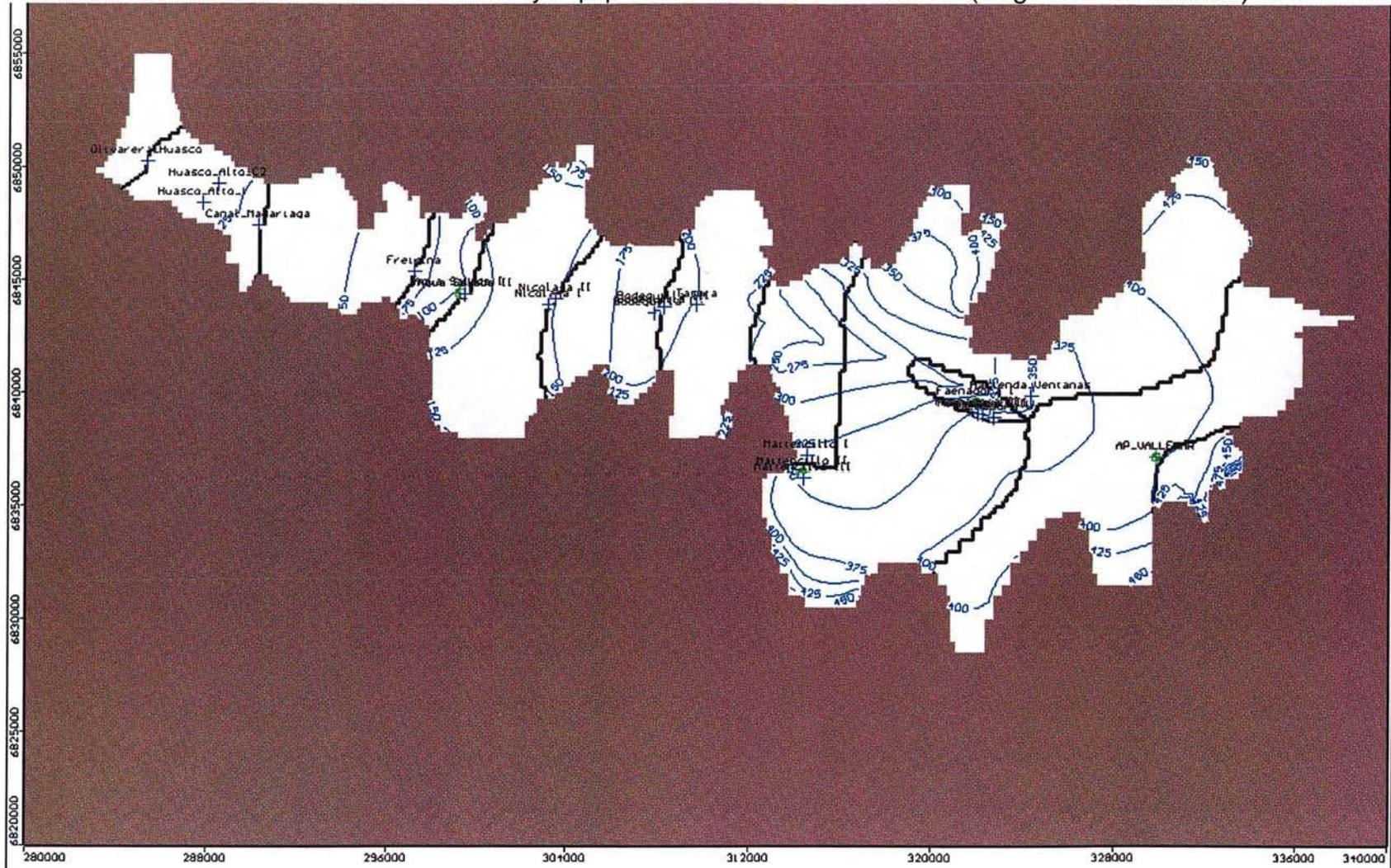
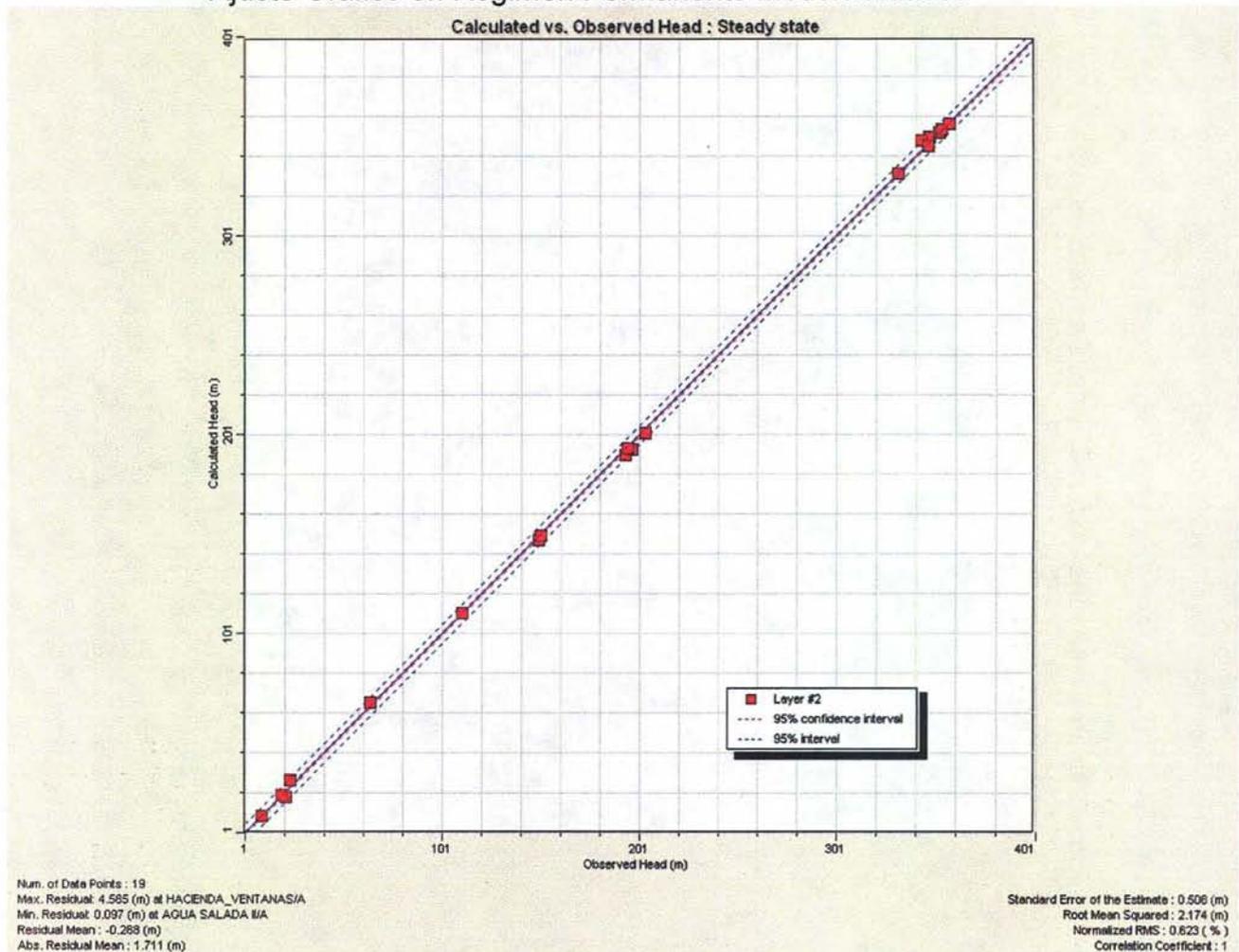


Figura 7.3-11  
Ajuste Gráfico en Régimen Permanente Modelo Huasco



Como puede observarse con el ajuste logrado se tienen los siguientes valores para los parámetros de contraste relevantes, a saber:

Promedio de las diferencias (Residual Mean ):	-0,3 m
Promedio de las diferencias absolutas (Abs. Res. Mean ):	1,7 m
Raíz del cuadrado de las Diferencias (Root Mean Square, RMS ):	2,2 m
RMS Relativo o Normalizado (Normalized RMS ):	0,6 %

De todos ellos el más ilustrativo, cuando se trata de una modelación a escala regional, es el RMS relativo o normalizado, que da cuenta del error RMS en relación a la variación máxima experimentada por el potencial piezométrico dentro del sistema, dado que divide al RMS por la diferencia entre el valor observado mayor y el menor. Este RMS relativo resultó de 0,6% lo que se considera bastante bueno y está por debajo del 5% planteado como máximo de referencia.

El resultado del balance hídrico se entrega en la Tabla 7.3-6, cuyo error de cierre es un -3,1%. Los flujos más importantes (en régimen permanente) y de interés en el proceso de ajuste, que resultaron son los siguientes:

- La recarga superficial total al acuífero es de 1,30 m<sup>3</sup>/s
- Los afloramientos netos al cauce del río Mataquito son de 1,26 m<sup>3</sup>/s
- La entrada subterránea al sistema es despreciable.
- El error total de cierre es de 0,06%.

Tabla 7.3-6  
Balance Hídrico Régimen Permanente Modelo Huasco

	ENTRADAS		SALIDAS	
	m <sup>3</sup> /d	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /d	m <sup>3</sup> /s
ALMACENAMIENTO	0.0	0.00	0	0.00
NIVEL CONSTANTE	0.0	0.00	3659.2	0.04
RÍOS	25784.3	0.30	134617.7	1.56
RECARGA AREAL	112569.7	1.30	0	0.00
TOTAL	138354.0	1.60	138276.9	1.60

#### 7.3.2.9.2 Régimen Transiente

Una vez terminado el proceso de calibración en régimen permanente e ingresados los pozos utilizados para la producción de agua potable (APR), riego y de uso industrial (ver Tabla 7.3-4), de acuerdo a la información recopilada en la etapa de catastro, el modelo fue operado en régimen transiente abarcando los últimos 10 años; es decir, para el período comprendido entre los años 1994/95 y 2003/04. Como parámetro de contraste se utilizan los limnigramas de todos los sondajes ubicados dentro de la zona modelada, para los cuales se tiene una extensión adecuada de información. El grado de ajuste se medirá a través de las diferencias entre los niveles medidos y los simulados por el modelo, valor que deberá ser en lo posible menor a un 5% (RMS relativo).

En los limnigramas presentados a continuación en la Figura 7.3-12 se contrastan los niveles calculados con los niveles observados en los pozos de observación. Finalmente, el análisis del ajuste se presenta en la Figura 7.3-13.

Figura 7.3-12  
 Limnigramas Calculados y Observados en Régimen Transiente Modelo Huasco  
 (1/05/1994 – 30/04/2004)

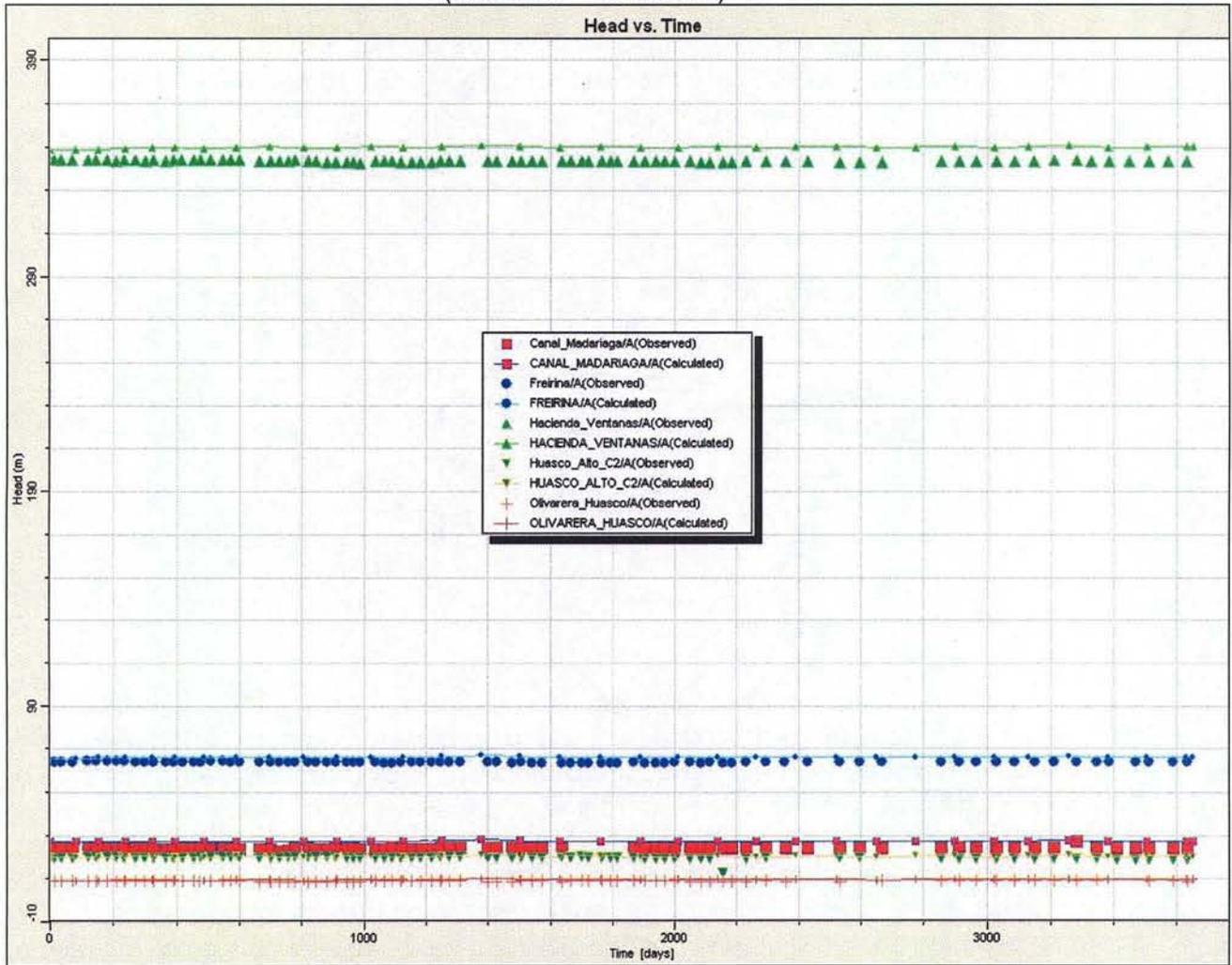
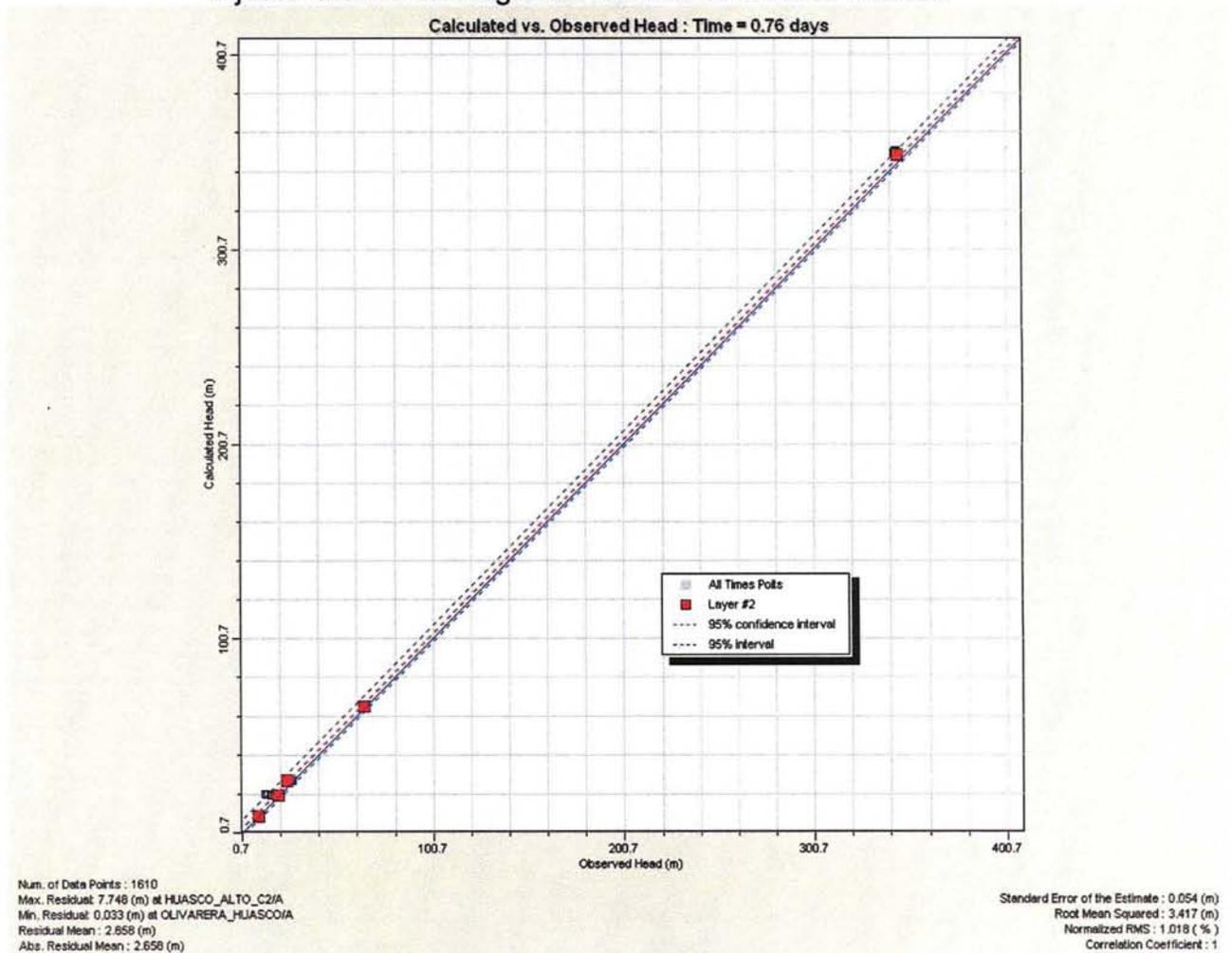


Figura 7.3-13  
Ajuste Gráfico en Régimen Transiente Modelo Huasco

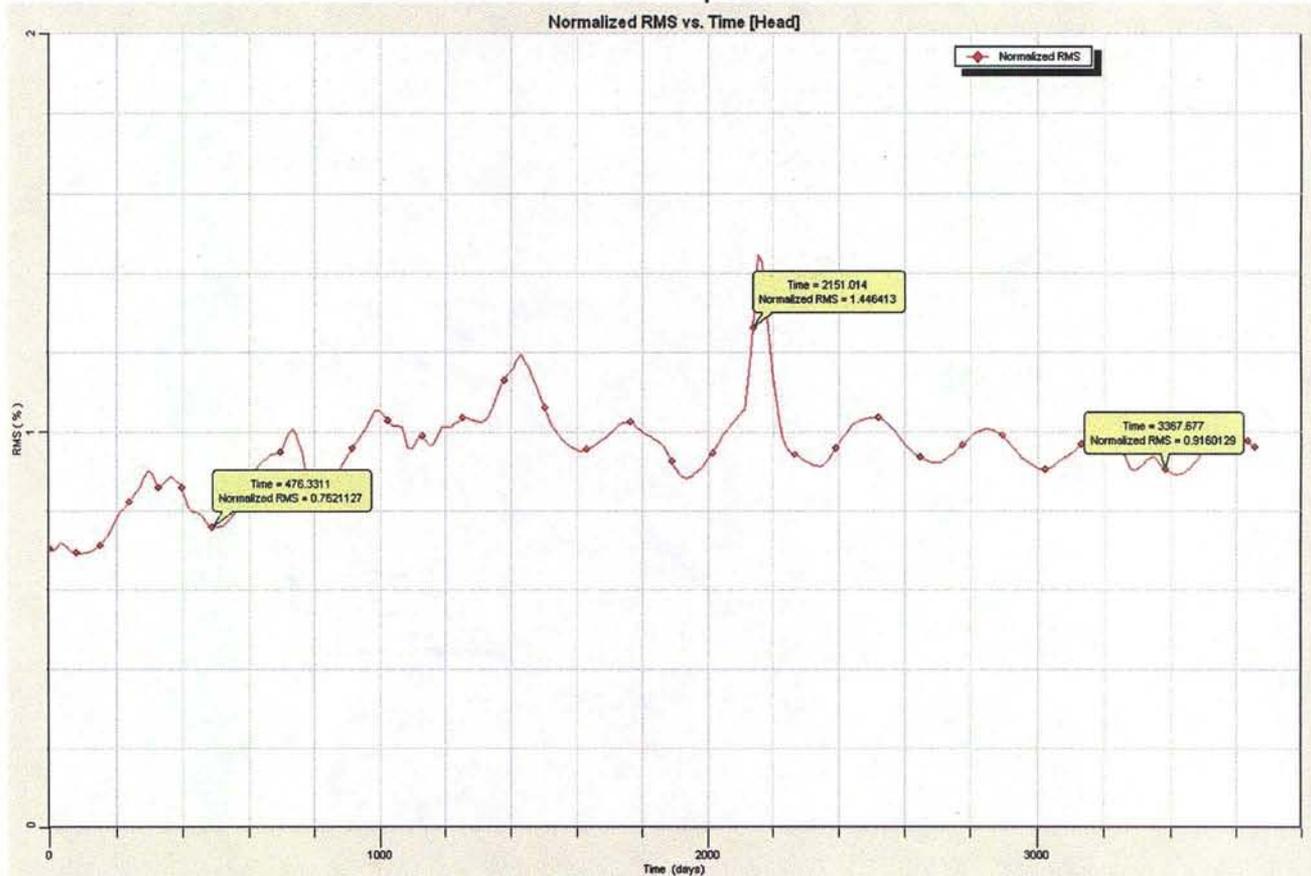


Como puede observarse, con el ajuste logrado se tienen los siguientes valores para los parámetros de contraste relevantes, a saber:

Promedio de las diferencias (Residual Mean) :	2,7 m
Promedio de las diferencias absolutas (Abs. Res. Mean) :	2,7 m
Raíz del cuadrado de las Diferencias (Root Mean Square, RMS) :	3,4 m
RMS Relativo o Normalizado (Normalized RMS) :	1,0 %

En la Figura 7.3-14 se puede apreciar la evolución del RMS para cada uno de los meses del período simulado. El máximo valor alcanzado es mucho menor a 5% por lo que se considera haber logrado un buen ajuste.

Figura 7.3-14  
Ajuste Gráfico en Régimen Transiente Modelo Huasco  
RMS vs tiempo



El resultado del balance hídrico para el caso transiente es parecido en cuanto a la magnitud de los flujos al del régimen permanente, variando estacionalmente según las solicitaciones externas (recargas y río principalmente). El error de balance máximo es de sólo 0.26 % en el "stress period" 11 (día 324).

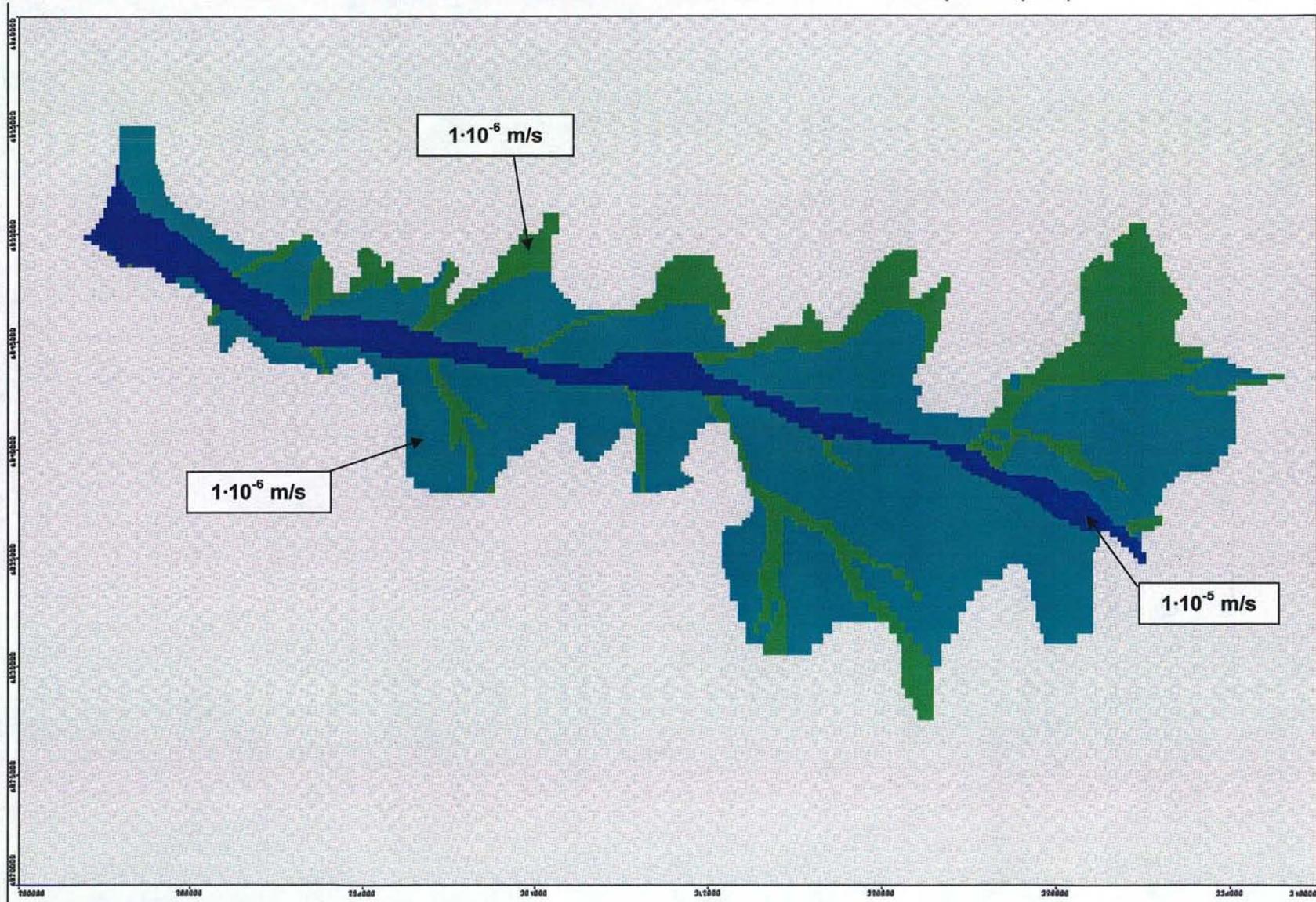
Los valores finales de la permeabilidad, para las diferentes unidades hidrogeológicas definidas y generadas según el proceso de calibración, se muestran en la Figura 7.3-15.

En el primer estrato, que se muestra en la Figura 7.3-15, la unidad **Mif** (en azul en la figura), de depósitos fluviales de permeabilidad moderada a alta se calibró un valor de  $K$  de  $1 \cdot 10^{-5}$  m/s. Para la unidad **MInf** (Depósitos Sedimentarios de Origen no Fluvial, en verde) y unidad **MImb** (Medios Intergranulares de Permeabilidad Moderada a Baja, en calipso) resultó un valor de  $1 \cdot 10^{-6}$  m/s.

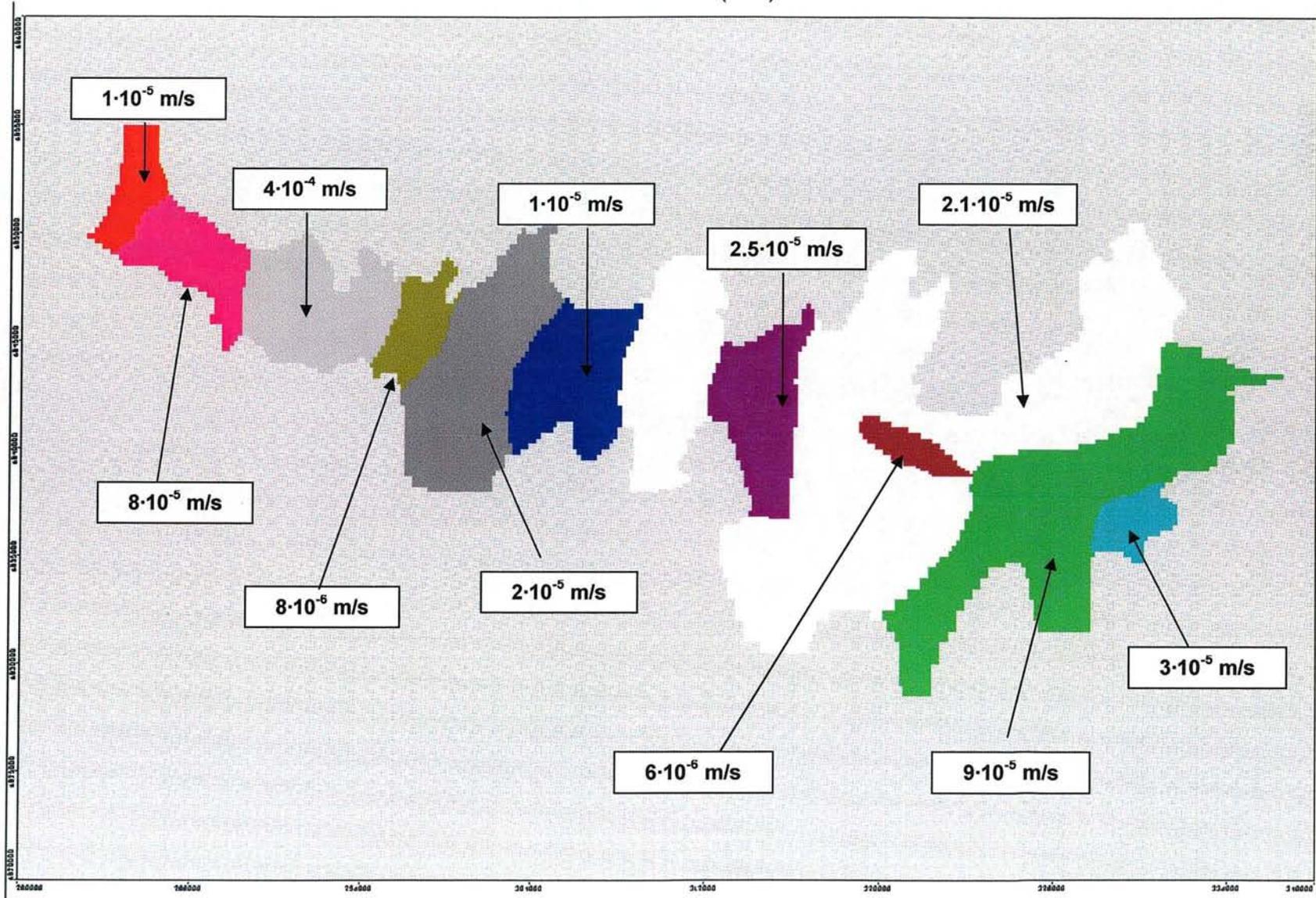
Para el estrato inferior, que es el más importante, pues es el que se encuentra saturado y constituye el acuífero principal, los valores finales de la permeabilidad varían entre  $8 \cdot 10^{-6}$  m/s y  $4 \cdot 10^{-4}$  m/s, según se muestra en la figura.

Finalmente, el valor adoptado para el rendimiento específico ( $S_y$ ) fue de un 15%, tal como se estimó inicialmente en el estudio hidrogeológico (capítulo 4).

Figura 7.3-15  
Valores Finales de Permeabilidad Modelo Huasco. Estrato Superior (m/s)



Valores Finales de Permeabilidad Modelo Huasco  
Estrato Inferior (m/s).



### 7.3.3 Valle del Río El Tránsito

Este modelo sólo tiene el carácter de preliminar, pues no hay información suficiente como para elaborar uno definitivo. Es así que se ha concebido como un punto de partida que permita su mejora paulatina en la medida de que se disponga de más información. En lo que sigue se describe lo que se efectuó respecto de sus límites en planta y una primera aproximación para el fondo, restando aún generar información para ser incorporada, principalmente sobre interacción río acuífero, geometría basal del acuífero y recargas. Al momento se tuvo información de los límites del contacto roca relleno y valores de los parámetros del medio (k).

#### 7.3.3.1 Zona Modelada

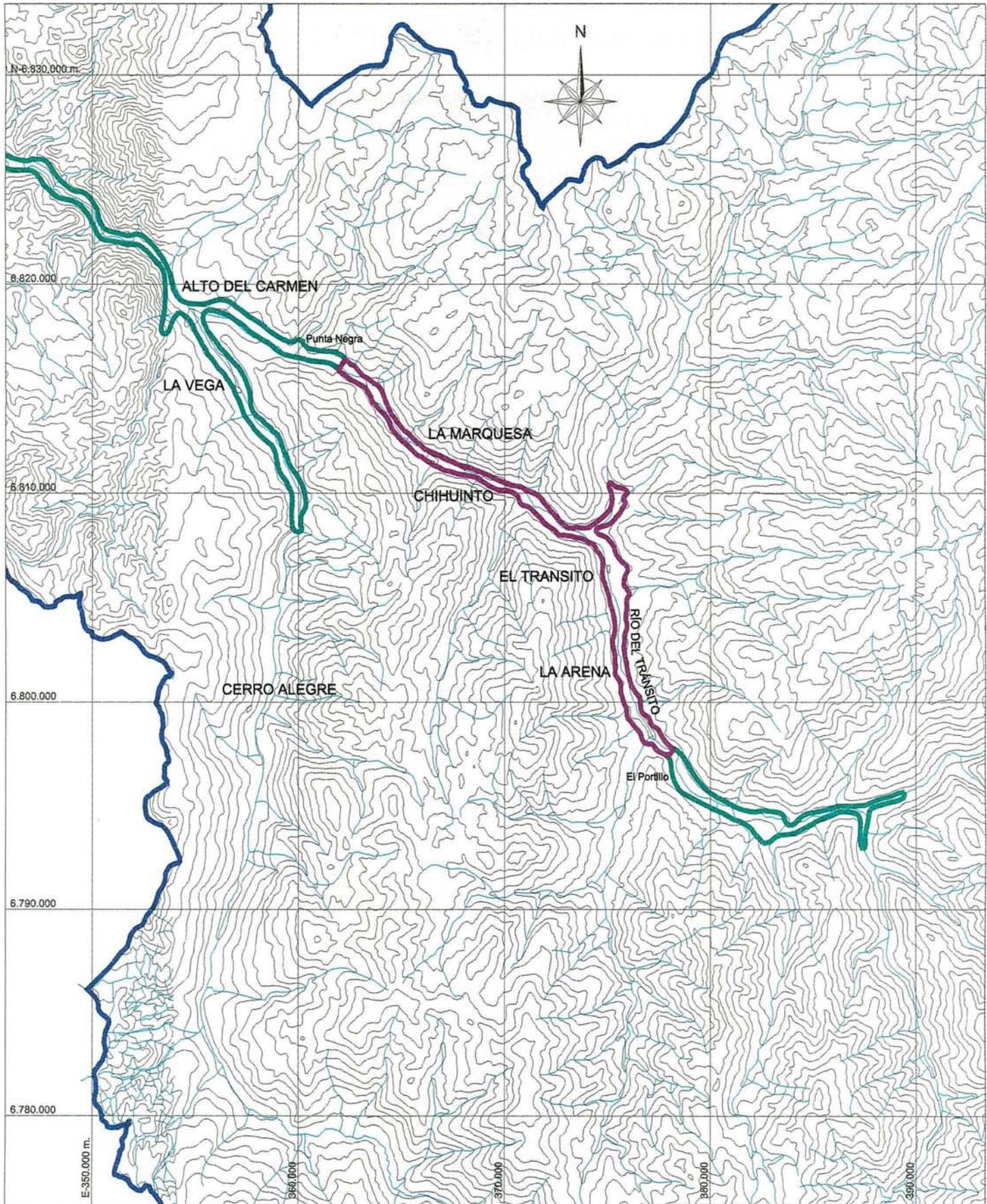
A pesar de lo estrecho del valle se ha implementado el modelo de flujo a través del software Visual Modflow versión 4.0, el cual permite representar todos los elementos del sistema de manera sencilla y dinámica.

La zona considerada en la modelación abarca las zonas acuíferas ubicadas en la cuenca del río El Tránsito. Se extiende desde el sector de Punta Negra, unos 7 Km aguas arriba de la confluencia con el río Del Carmen, hasta El Portillo, 8 Km aguas arriba del sector de El Tránsito.

Esta zona se ilustra en el plano de la Figura 7.3-16.

De manera específica, los límites considerados son los siguientes:

• Límite Este	Coordenada UTM Este	378.000 m
• Límite Oeste	Coordenada UTM Oeste	362.000 m
• Límite Norte	Coordenada UTM Norte	6.816.000 m
• Límite Sur	Coordenada UTM Sur	6.797.000 m



**SIMBOLOGÍA**

	Contacto Roca-Relleno
	Zona modelada
	Cuenca Hidrográfica

GCF INGENIEROS CONSULTORES LTDA.

PROYECTO: ESTUDIO DE CALIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LAS CUENCAS DE HUASCO Y MATAQUITO

**ZONA MODELADA  
VALLE DEL RÍO EL TRÁNSITO**

FECHA: OCTUBRE 2005

ESCALA: 1:250.000

Figura 7.3-16

### 7.3.3.2 Discretización del Acuífero

Para resolver las ecuaciones que determinan el comportamiento de flujos de aguas subterráneas, Visual Modflow utiliza el método de diferencias finitas el cual requiere de una discretización del dominio modelado en columnas, filas y estratos (x,y,z).

Sobre el rectángulo definido en el punto anterior, se implementó una malla de cerca de 300 filas y 300 columnas, de tamaño uniforme aproximado de 50 x 50 m, lo que configuraría un total de 90.000 celdas por estrato, de las cuales sólo permanecerán activas aquellas ubicadas al interior del contacto roca – relleno determinado. El tamaño de celdas de este modelo sería menor que el del modelo del valle del Huasco por cuanto lo estrecho del valle así lo requiere para representar correctamente los procesos que allí ocurren.

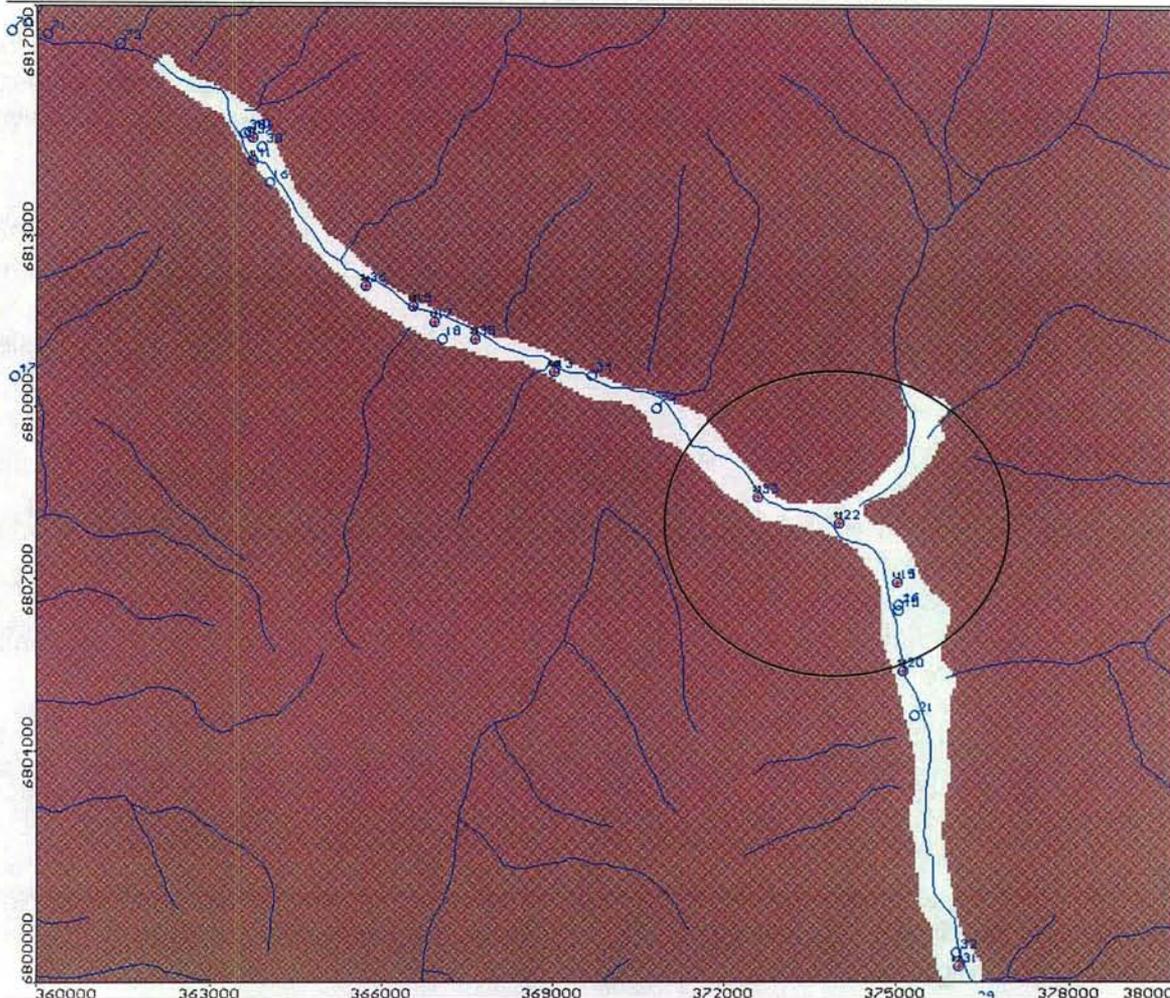
En la Figura 7.3-17 se muestra la zona discretizada para la modelación del valle del río El Tránsito.

En sentido vertical se han considerado 2 estratos, después del análisis efectuado a la información de pozos disponible.

Por otra parte, la cota de terreno de cada una de las celdas ha sido obtenida de la digitalización de las curvas cada 50 m de las cartas IGM escala 1:50.000.

Para definir la cota de fondo del relleno sedimentario se ha utilizado la información de los pozos existentes en la zona. El resultado de este análisis se muestra en la Figura 7.3-18.

Figura 7.3-167  
Discretización en Planta Valle del Río El Tránsito



Zona Detalle:

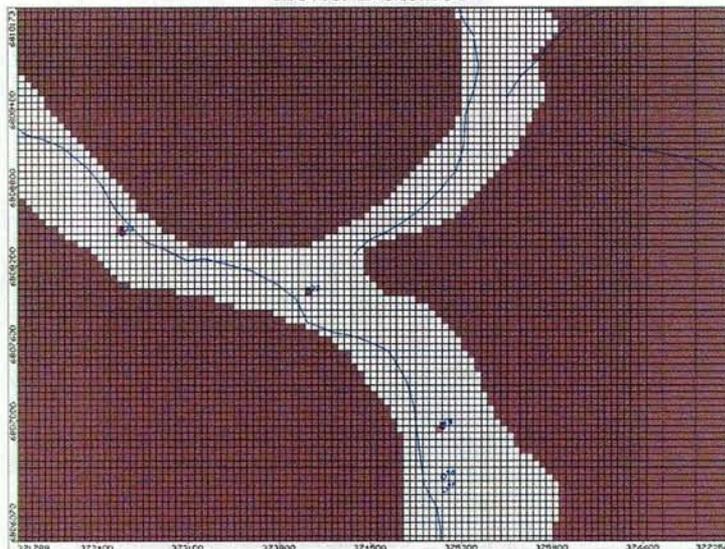
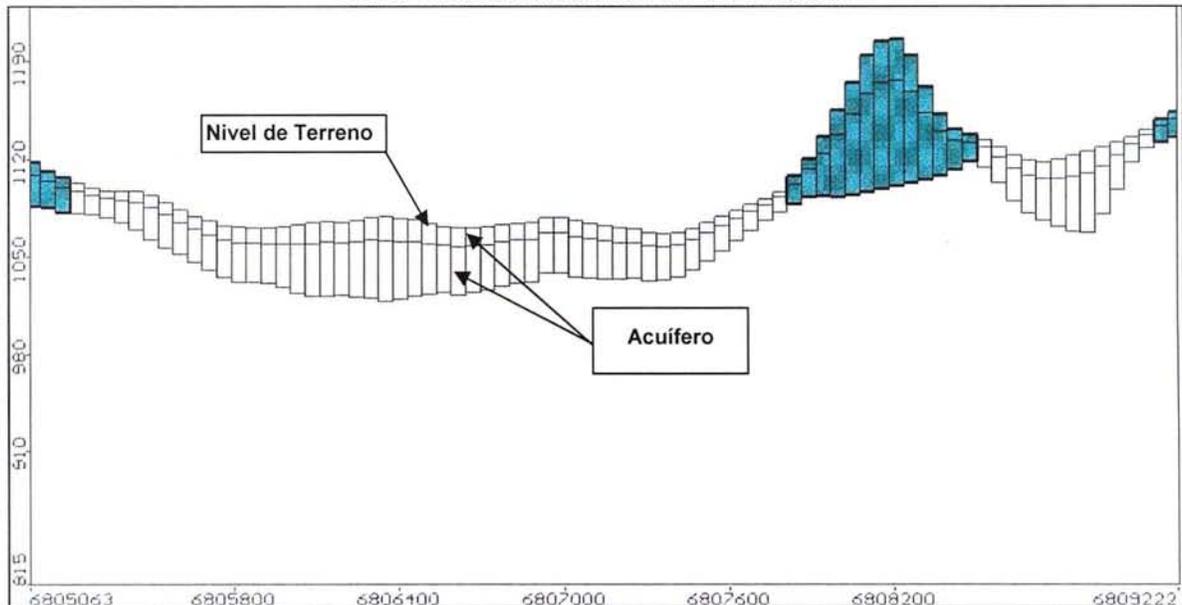


Figura 7.3-18  
Corte Transversal del Río El Tránsito



### 7.3.3.3 Parámetros del Medio Acuífero

Al igual que en el caso del Mataquito, se parte con una distribución inicial de los parámetros del acuífero, tales como el coeficiente de permeabilidad ( $k$ ) y los coeficientes relativos al contenido de agua que el medio puede suministrar, es decir, coeficiente de almacenamiento ( $S$ ), almacenamiento específico ( $S_s$ ) o rendimiento específico ( $S_y$ ), según se trate de acuíferos confinados (2-D o 3-D) o libres.

En función de los coeficientes de transmisibilidad obtenidos de la interpretación de las pruebas de bombeo de distintos sondajes de la cuenca, se han asignado los coeficientes de permeabilidad a todas las celdas activas del modelo.

Para el estrato superior, que presenta una mezcla de arcillas con bolones, gravas y arenas, se adoptó valores iniciales de permeabilidad del orden de  $10^{-6}$  m/s. Para el estrato inferior, que está formado principalmente por material grueso, se adoptó permeabilidades entre  $10^{-4}$  m/s y  $5,0 \cdot 10^{-4}$  m/s. Estos valores se encuentran dentro de los rangos aceptados para rellenos fluviales de baja compactación y con bajo contenido de material fino.

### 7.3.3.4 Pozo de Bombeo

Se ha incorporado la información de los pozos de bombeo determinados en los catastros de terreno realizados en el presente estudio. En la Tabla siguiente se entrega la información obtenida.

Tabla 7.3-7 Información Pozos de Bombeo El Tránsito

N°	NORTE	ESTE	Q l/s	NE (m)	ND (m)	Bombeos Verano			Bombeos Invierno			Q equivalente	
						horas al día	días al mes	meses al año	horas al día	días al mes	meses al año	Verano m3/d	Invierno m3/d
1	6828306.00	337692.00	1.5	S/I	12.00	5.0	30.0	6.0	5.0	30.0	6.0	27	27
13	6810652.00	369029.00	1.2	0.00	S/I	8.0	30.0	6.0	8.0	30.0	6.0	35	35
14	6806950.00	375050.00	8.0	6.00	S/I	3.0	30.0	6.0	1.0	30.0	6.0	86	29
17	6811523.00	366935.00	1.6	S/I	1.00	6.0	30.0	6.0	6.0	30.0	6.0	35	35
19	6811787.00	366553.00	14.0	S/I	S/I	1.0	4.0	6.0	S/I	S/I	S/I	7	0
20	6805400.00	375150.00	5.0	S/I	14.00	9.0	30.0	6.0	9.0	30.0	6.0	162	162
22	6807989.00	374027.00	2.5	2.00	S/I	3.0	30.0	6.0	3.0	30.0	6.0	27	27
31	6800277.00	376103.00	1.2	S/I	3.00	6.0	30.0	6.0	6.0	30.0	6.0	26	26
33	6808448.00	372598.00	5.5	S/I	S/I	10.0	30.0	6.0	10.0	30.0	6.0	198	198
35	6811211.00	367644.00	27.0	0.00	S/I	4.0	4.0	4.0	S/I	S/I	S/I	35	0
36	6812153.00	365723.00	23.0	2.00	S/I	6.0	30.0	4.0	S/I	S/I	S/I	331	0
37	6814718.00	363743.00	35.0	S/I	10.00	6.0	30.0	4.0	S/I	S/I	S/I	504	0
41	6814305.00	363737.00	20.0	2.00	S/I	6.0	30.0	4.0	S/I	S/I	S/I	288	0
71	6816500.00	360190.00	17.0	S/I	S/I	8.0	30.0	6.0	3.0	30.0	6.0	490	184

## 8 MODELAMIENTO DEL TRANSPORTE DE CONTAMINANTES

### 8.1 DEFINICIÓN DE ESCENARIOS

Con la finalidad de disponer la información de contaminantes en un formato adecuado para evaluar la manera de incorporarlos a los modelos hidrogeológicos confeccionados, se procesó los antecedentes recopilados en el presente estudio y en otros anteriormente desarrollados en las cuencas de interés.

Ese procesamiento consistió principalmente en representar espacialmente la información de contaminantes existente, mediante el traspaso a formato "shape" de ArcView que permite vincular una base de datos con antecedentes de cantidad y tipo de contaminantes, entre otros.

La información procesada consiste principalmente de la recopilada en los primeros capítulos del presente estudio y algunos antecedentes del "Estudio Diagnóstico y Análisis de la Calidad del Agua de Riego en Huasco y Mataquito" realizado por ARCADIS GEOTECNICA.

Con respecto a la representación de los contaminantes, se identifican dos fuentes: difusa y puntual.

La fuente difusa corresponde a aquella que se aplica a zonas amplias sin ser posible identificar un foco central. Dentro de estas se ha representado la aplicación de fertilizantes y pesticidas, las cuales se asocian a las zonas de riego de las cuencas de interés. Los fertilizantes identificados en ambas cuencas son el N, P y K, mientras que para el caso de los pesticidas se han identificado 12 ingredientes activos (IA) en la cuenca del Huasco y 51 en la cuenca del Mataquito. Las Tablas 8.1-1 a la 8.1-3 presentan los ingredientes activos considerados.

Tabla 8.1-1  
Ingredientes Activos de los Pesticidas - Huasco

<b>Cuenca del Huasco</b>		
Nº	Ingrediente Activo (IA)	Unidad
IA1	Acido Giberélico	ppm
IA2	Azufre	lt
IA3	Clorhidrato de Cartap	kg
IA4	Cyanamida Hidrogenada	lt
IA5	Dimetoato	lt
IA6	Esfenvalerato	lt
IA7	Glifosato	lt
IA8	Metamidofos	lt
IA9	Metomil	kg
IA10	Sal Dimetil Amina	lt
IA11	Spinosad	lt
IA12	Triadimefón	lt

Tabla 8.1-2  
Ingredientes Activos de los Pesticidas - Mataquito

<b>Cuenca del Mataquito</b>		
Nº	Ingrediente Activo (IA)	Unidad
IA1	Abamectina	lt
IA2	Aceite Mineral	lt
IA3	Acethochlor	lt
IA4	Acido Giberélico	ppm
IA5	Acrinatrina	lt
IA6	Atrazina	lt
IA7	Atrazina+S-Metolacloro	lt
IA8	Azinfos Metil	kg
IA9	Azufre	kg
IA10	Benomil	kg
IA11	Captan	kg
IA12	Carbaryl	lt
IA13	Carbofurano	kg
IA14	Clorotalonil	lt
IA15	Clorpirifos	lt
IA16	Cyanamida Hidrogenada Estabilizada	lt
IA17	Cyfluthrin	lt
IA18	Cyhexatin	lt
IA19	Cyprodimil, Fludioxonil	kg
IA20	Derivado de la destilación de petróleo	lt
IA21	Diazinon	lt
IA22	Dicofol	lt
IA23	Difenoconazole	lt

Tabla 8.1-2 (Continuación)  
Ingredientes Activos de los Pesticidas - Mataquito

Cuenca del Mataquito		
Nº	Ingrediente Activo (IA)	Unidad
IA24	Dimatoato	lt
IA25	Dimetoato	lt
IA26	Dimetoato+Clorpirifos	lt
IA27	Dodine	kg
IA28	Fenvalerato	lt
IA29	Flusilazol	lt
IA30	Fomesafen	lt
IA31	Glifosato	lt
IA32	Iodosulfuron-Metil-Sodio	kg
IA33	Mancozeb	kg
IA34	Matamidofos	lt
IA35	Mefenoxam	kg
IA36	Metamidofos	lt
IA37	Metidation	kg
IA38	Metomil	kg
IA39	Metsulfurón-Metil	kg
IA40	Myclobutanil	kg
IA41	Oxido Cuproso	kg
IA42	Paraquat	lt
IA43	Penconazol	lt
IA44	Phenmediphan;Desmediphan;Ethofumesate	lt
IA45	Phosmet	kg
IA46	Picloran 2,4 D	lt
IA47	Pirimicarb	kg
IA48	Sal Dimetil Amina	lt
IA49	S-Metolapolo	lt
IA50	Triadimefón	lt
IA51	Trifluralina	lt

Tabla 8.1-3  
Ingredientes Activos de Fertilizantes.  
Mataquito y Huasco

Ingrediente Activo (IA)	Unidad
N nitrógeno	Kg
P fósforo	Kg
K potasio	Kg

A modo de ejemplo, en las Figuras 8.1-1 y 8.1-2 se puede apreciar la distribución del Fertilizante Nitrogenado (N) aplicado en kg/Ha para las cuencas de Huasco y Mataquito, respectivamente.

Figura 8.1-1  
Distribución del Fertilizante N - Huasco

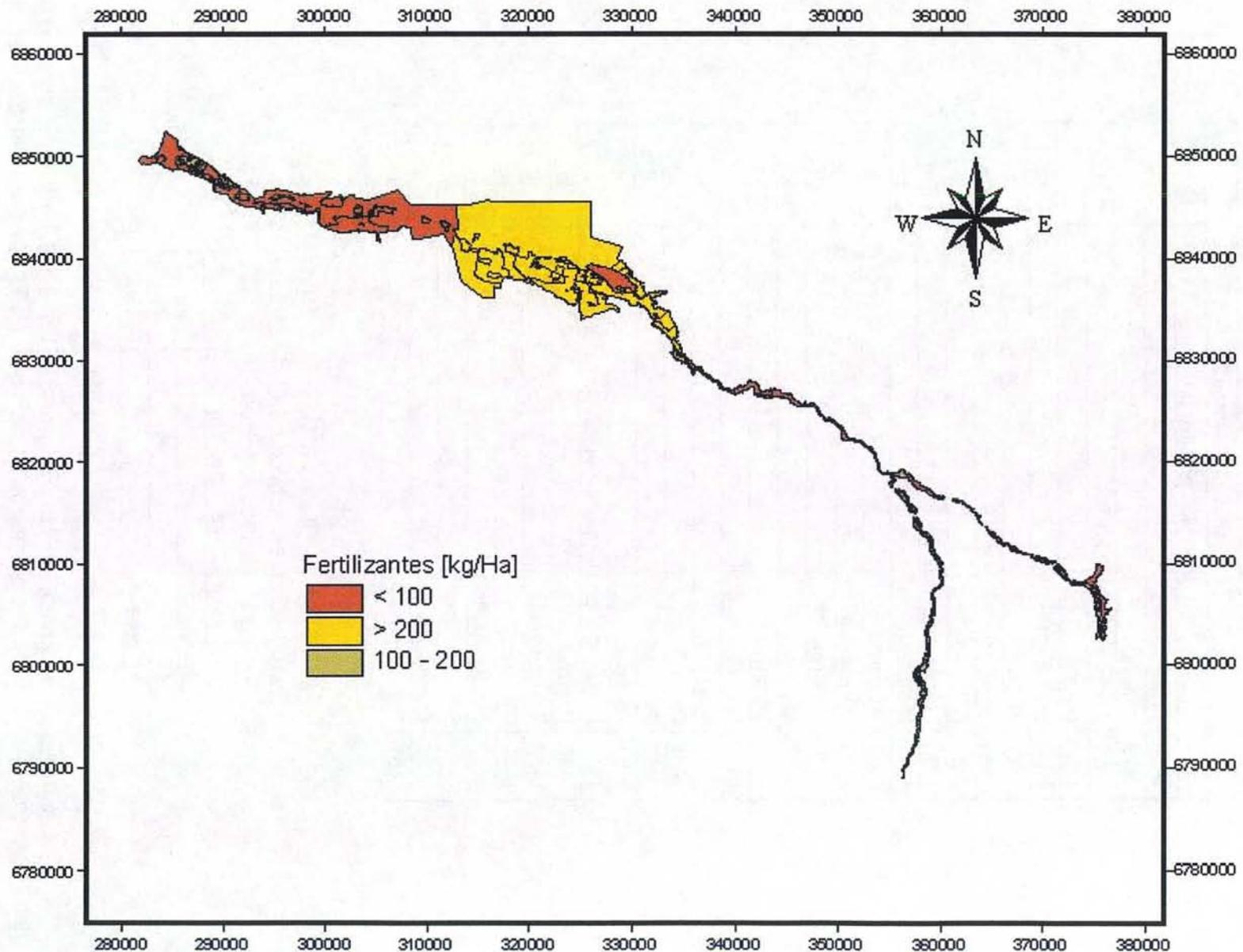
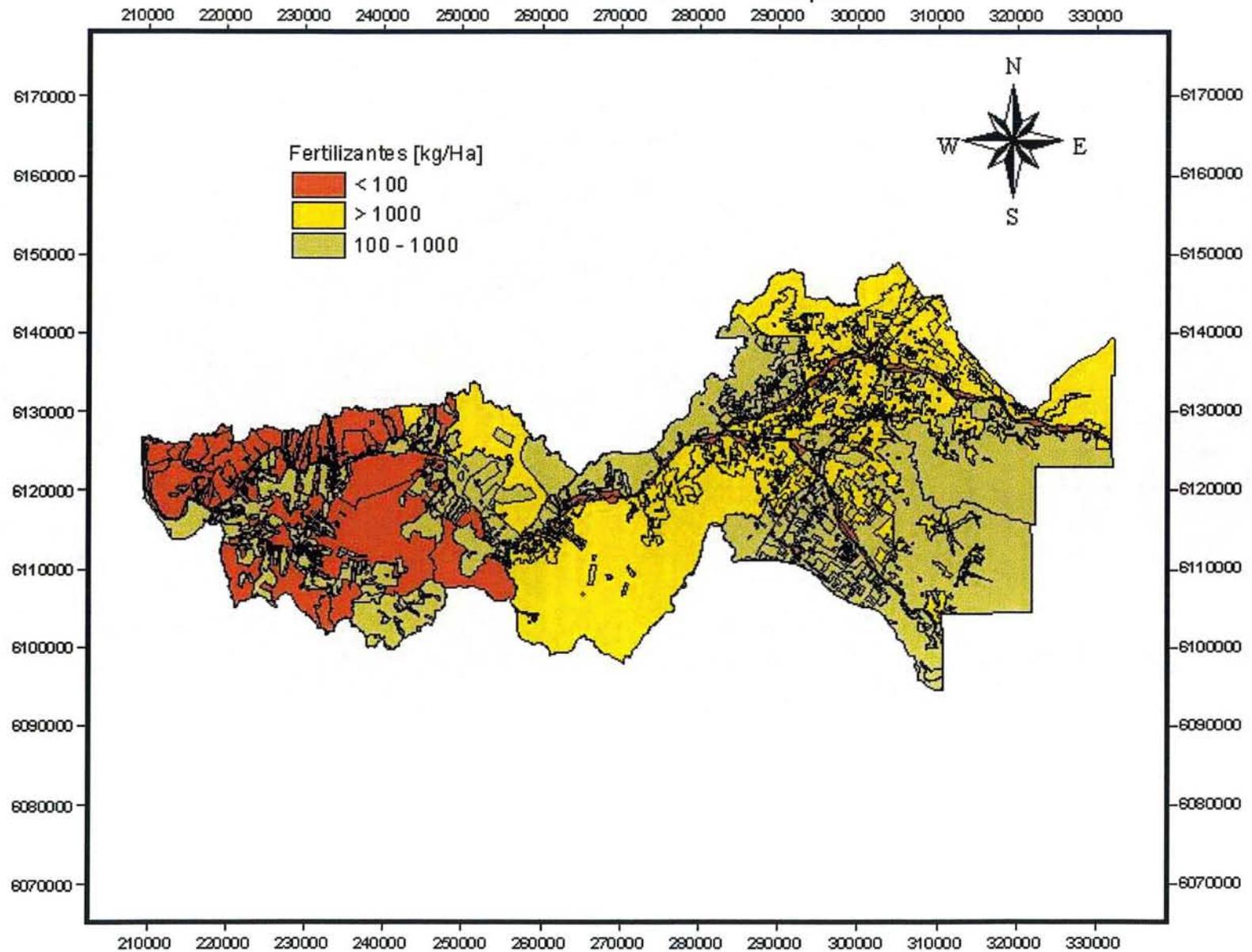


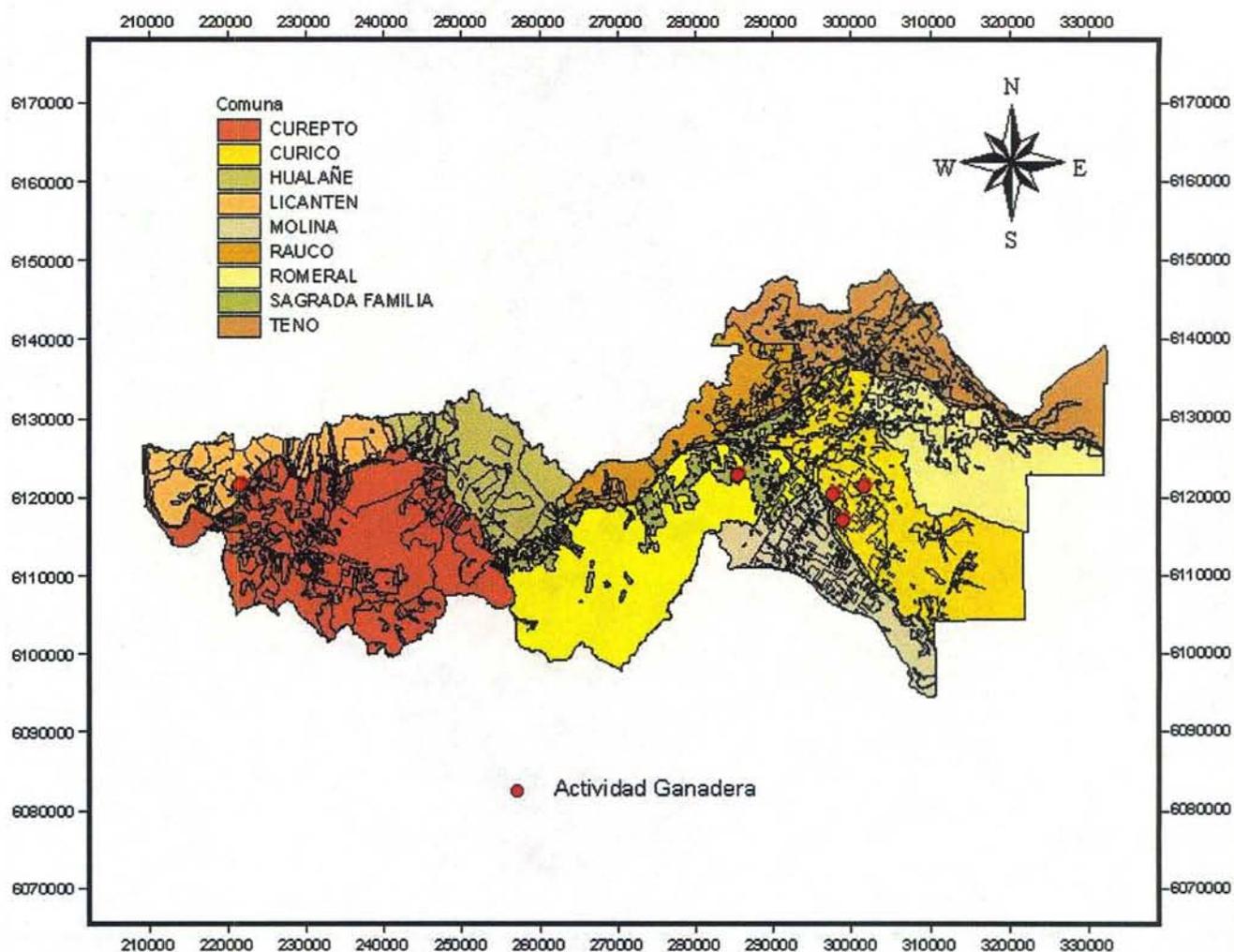
Figura 8.1-2  
Distribución del Fertilizante N - Mataquito



Para el caso de las fuentes puntuales de contaminación, que se identifican por afectar a zonas muy localizadas, se ha representado la existencia de actividad ganadera, la cual sólo se manifiesta actualmente en la cuenca del Mataquito.

En la Figura 8.1-3 se puede observar la ubicación de las fuentes de posible contaminación debido a la actividad ganadera para el caso de la cuenca del Mataquito.

Figura 8.1-3  
Actividad Ganadera - Mataquito



## 8.2 ESCENARIOS DE MODELAMIENTO DE LA CONTAMINACIÓN

En el punto anterior, se procesó y analizó la información (en formato ArcView) necesaria para definir y caracterizar los escenarios en ambos valles, en cuanto a las actividades potencialmente contaminantes que pudiesen producir el ingreso de sustancias extrañas al medio no saturado del suelo y eventualmente llegar hasta el acuífero principal.

Con respecto a la representación de los contaminantes, se identifican dos tipos de fuentes: difusa y puntual.

Dentro de las fuentes difusas se ha considerado la aplicación de fertilizantes y pesticidas, los cuales se asocian a las zonas de importante actividad agrícola en las cuencas de interés.

Para el caso de las fuentes puntuales, que se caracterizan por afectar a zonas muy localizadas, se consideró las actividades ganaderas y descarga de RILES en general. Para el caso de la actividad ganadera, ésta sólo se manifiesta actualmente en forma apreciable en la cuenca del Mataquito, existiendo para la cuenca del Huasco un proyecto de crianza de cerdos de gran envergadura que representaría una potencial fuente de contaminación, pero que actualmente se encuentra en su proceso de aprobación por parte de las autoridades competentes.

La selección y aplicación de los escenarios en ambas cuencas, se realizó considerando lo siguiente:

- Escenarios por contaminación (potencial) debido al uso de pesticidas. Este caso se analizará para ambas cuencas en el caso más desfavorable de aplicación de alguno de los ingredientes activos.
- Escenarios por contaminación (potencial) debido al uso de fertilizantes. Este caso se analizará para ambas cuencas en el caso más desfavorable de aplicación, ya sea de N, P o K.
- Escenarios por contaminación debida a la presencia de actividad ganadera en la zona del valle del Mataquito.

Para cada uno de los casos anteriores se define y caracteriza lo siguiente:

- Magnitud de la potencial contaminación dada por la actividad generadora (tipo, extensión, carga potencial de uso del elemento, tamaño, etc.).
- Características del medio receptor, en cuanto a: tipo de estratigrafía bajo el sitio del escenario, profundidad del nivel saturado, dirección del flujo subterráneo, etc.

Para estudiar los escenarios así planteados, se utilizó en forma combinada los siguientes modelos:

- Tanto para el caso de fenómenos puntuales como difusos, se simuló el transporte de la sustancia a través del medio no saturado, utilizándose el programa Whi Unsat Suite Plus<sup>1</sup>. Específicamente, para el caso de los pesticidas, se utilizó el módulo PESTAN, mientras que para el caso de fertilizantes y actividad ganadera se utilizó el módulo VS2DT. Con él se puede establecer, para condiciones ambientales hipotéticas del medio (dependiendo de la información existente), si la sustancia alcanza el nivel freático o no, y en qué magnitud lo haría si fuese el caso.
- En los casos en que, como resultado de su análisis a través de la zona no saturada, se estime una posible llegada de una sustancia a la zona saturada, se puede utilizar el modelo hidrogeológico, específicamente con la rutina Modpath (de rastreo de partículas), en sentido del escurrimiento, partiendo desde el sector donde ingresarían los potenciales contaminantes al acuífero. De esa forma se puede obtener una aproximación a la delimitación de las zonas potencialmente afectadas.

Cabe aquí señalar y destacar, que en adelante, cuando se menciona la palabra “contaminación”, en realidad se está refiriendo a una probable o eventual contaminación, puesto que todo lo que a continuación se informa, corresponde a los resultados de ensayar escenarios probables o hipotéticos, según las actividades que potencialmente podrían provocar contaminación de las aguas subterráneas.

---

<sup>1</sup> Una descripción más detallada de este programa se entrega en Anexo 8.2-1

## 8.2.1 Contaminación Difusa

Para el caso de fenómenos difusos, se simuló el transporte de la sustancia a través del medio no saturado utilizándose el programa Whi Unsat Suite Plus. Con él se pudo establecer, para condiciones ambientales hipotéticas del medio (dependiendo de la información existente), si la sustancia alcanza el nivel freático o no, y en qué magnitud lo hace.

El análisis de la contaminación difusa se realizó para el contaminante que produce una situación desfavorable. En ese sentido se consideraron tres situaciones: carga por unidad de superficie, superficie total de aplicación del contaminante y carga total de contaminante aplicado.

### 8.2.1.1 Pesticidas

En el caso del uso de pesticidas, se tomó en consideración una serie de factores adicionales a las cargas y superficie de aplicación, de manera tal de definir los ingredientes activos más importantes a modelar. Esos factores corresponden a la toxicidad, naturaleza orgánica y aplicación en el suelo del pesticida, los cuales toman una importancia mayor debido a la peligrosidad que representan.

Las Tablas 8.2-1 y 8.2-2 muestran los componentes a modelar seleccionados para cada una de las cuencas<sup>2</sup>. El escenario de modelación seleccionado para la cuenca de Huasco fue el Ingrediente Activo “Dimetoato” y para la cuenca de Mataquito el “Carbofurano” y la “Atrazina”.

Tabla 8.2-1  
Pesticidas – Huasco

Cuenca del Huasco - Dimetoato		
Factor	Unidad	Valor
Tasa de aplicación	lt/Ha	2
Área total de aplicación	Ha	2665
Masa total aplicada	m <sup>3</sup>	5.3
Toxicidad	-	Moderada
Naturaleza Orgánica	-	Si
Aplicado al Suelo	-	No

Fuente: Elaboración Propia

<sup>2</sup> En el Anexo 8.2-2 se entregan cuadros con la información de los diferentes tipos de pesticidas identificados en el presente estudio para ambos valles.

Tabla 8.2-2  
Pesticidas – Mataquito

Cuenca del Mataquito - Carbuforano		
Factor	Unidad	Valor
Tasa de aplicación	kg/Ha	20
Área total de aplicación	Ha	40317
Masa total aplicada	ton	806.3
Toxicidad	-	Moderada
Naturaleza Orgánica	-	Si
Aplicado al Suelo	-	Si

Cuenca del Mataquito - Atrazina		
Factor	Unidad	Valor
Tasa de aplicación	lt/Ha	3 – 3.5
Área total de aplicación	Ha	58212
Masa total aplicada	m <sup>3</sup>	196.2
Toxicidad	-	Moderada - Leve
Naturaleza Orgánica	-	No
Aplicado al Suelo	-	Si

Fuente: Elaboración Propia

La carga total asociada es de aproximadamente 5.3 m<sup>3</sup> para el caso de Huasco, y de aproximadamente 806.3 ton (carbuforano) y 196.2 m<sup>3</sup> (atrazina), para el caso de Mataquito. Las Figuras 8.2-1 y 8.2-2 muestran la superficie a la cual se le aplican estas cargas.

Figura 8.2-1  
Zona de mayor carga de Pesticida - Huasco

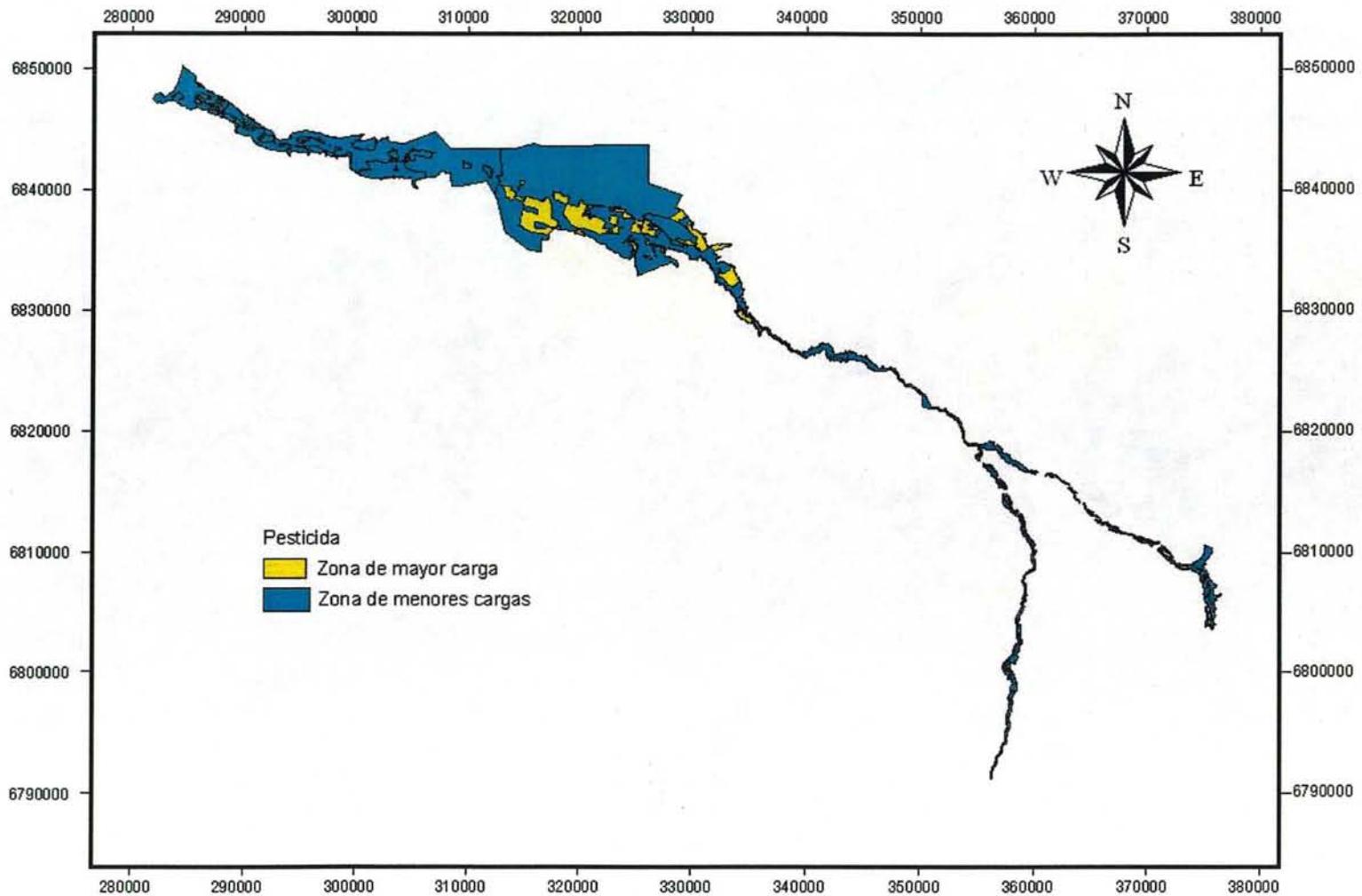
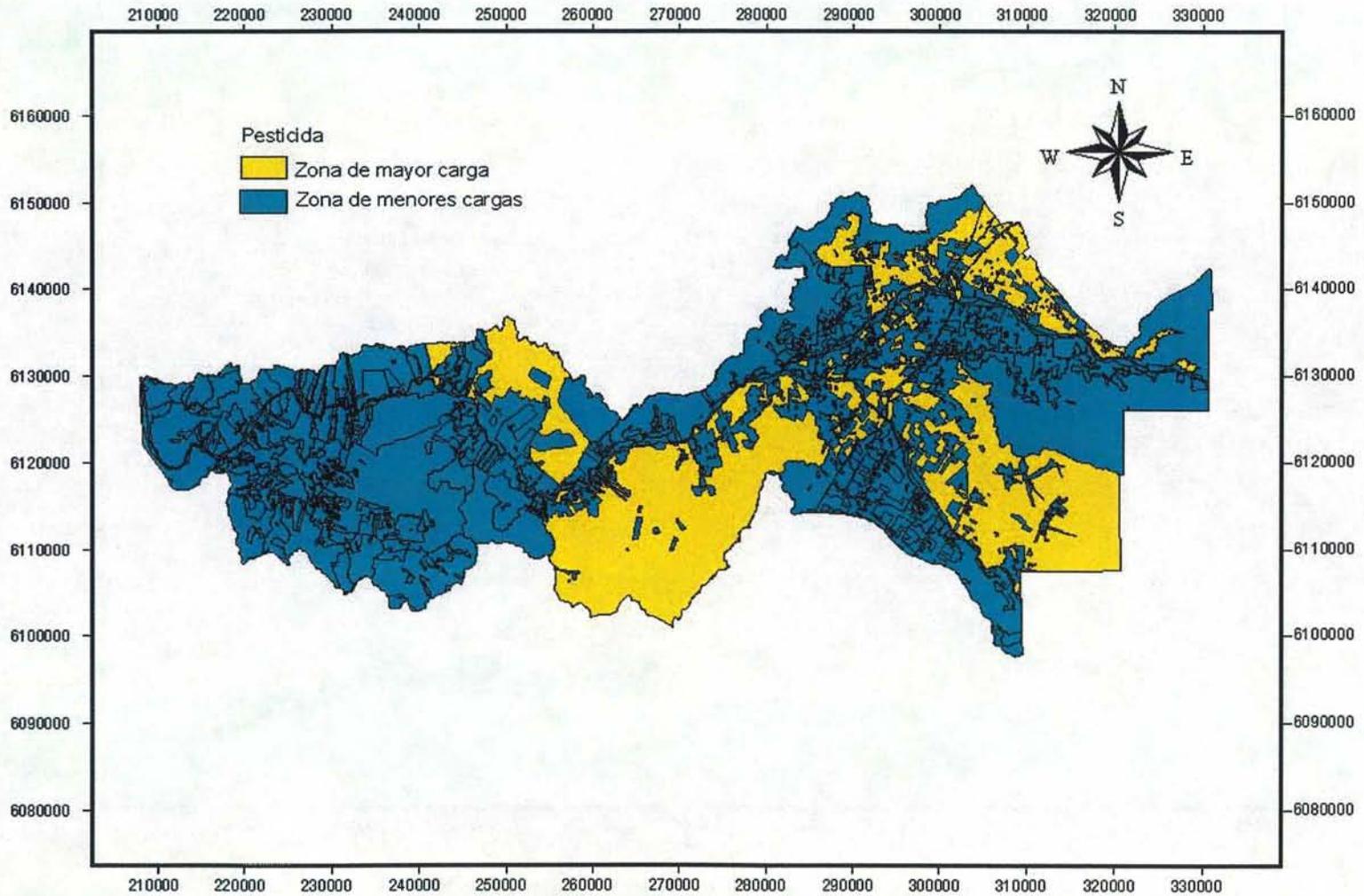


Figura 8.2-2  
Zona de mayor carga de Pesticida - Mataquito



### 8.2.1.2 Fertilizantes

En el caso del uso de fertilizantes, se observa en las Tablas 8.2-3 y 8.2-4 que para Huasco, el caso más desfavorable resulta ser la aplicación del Fertilizante N para los tres criterios de selección. En cuanto a Mataquito, el Fertilizante N presenta la situación más desfavorable en dos de los criterios, faltando solamente el de máxima superficie de aplicación, en el cual la situación más desfavorable se produce para el Fertilizante K.

Tabla 8.2-3  
Fertilizantes – Huasco

Cuenca del Huasco					
Nº	Fertilizante	Unidad	Máximo	Área [Ha]	Masa [ton]
1	N	kg/Ha	651.0	11487.60	7478.43
2	P	kg/Ha	180.0	11487.60	2067.77
3	K	kg/Ha	230.0	513.40	118.08

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 8.2-4  
Fertilizantes – Mataquito

Cuenca del Mataquito					
Nº	Fertilizante	Unidad	Máximo	Área [Ha]	Masa [ton]
1	N	kg/Ha	4922.0	9976.70	49105.32
2	P	kg/Ha	874.0	17008.70	14865.60
3	K	kg/Ha	806.0	43118.60	34753.59

Fuente: Elaboración Propia

Para ambas cuencas, el escenario de modelación seleccionado fue la aplicación del Fertilizante N, el cual es claramente el más desfavorable en Huasco. Para Mataquito se seleccionó éste fertilizante considerando que una gran carga puede resultar ser más perjudicial, aunque aplicada a un área menor.

La carga aplicada por hectárea es de 651 kg y 4922 kg para Huasco y Mataquito, respectivamente, cuya distribución en superficie puede ser observada en las Figuras 8.2-3 y 8.2-4.

Figura 8.2-3  
Zona de mayor carga de Fertilizante - Huasco

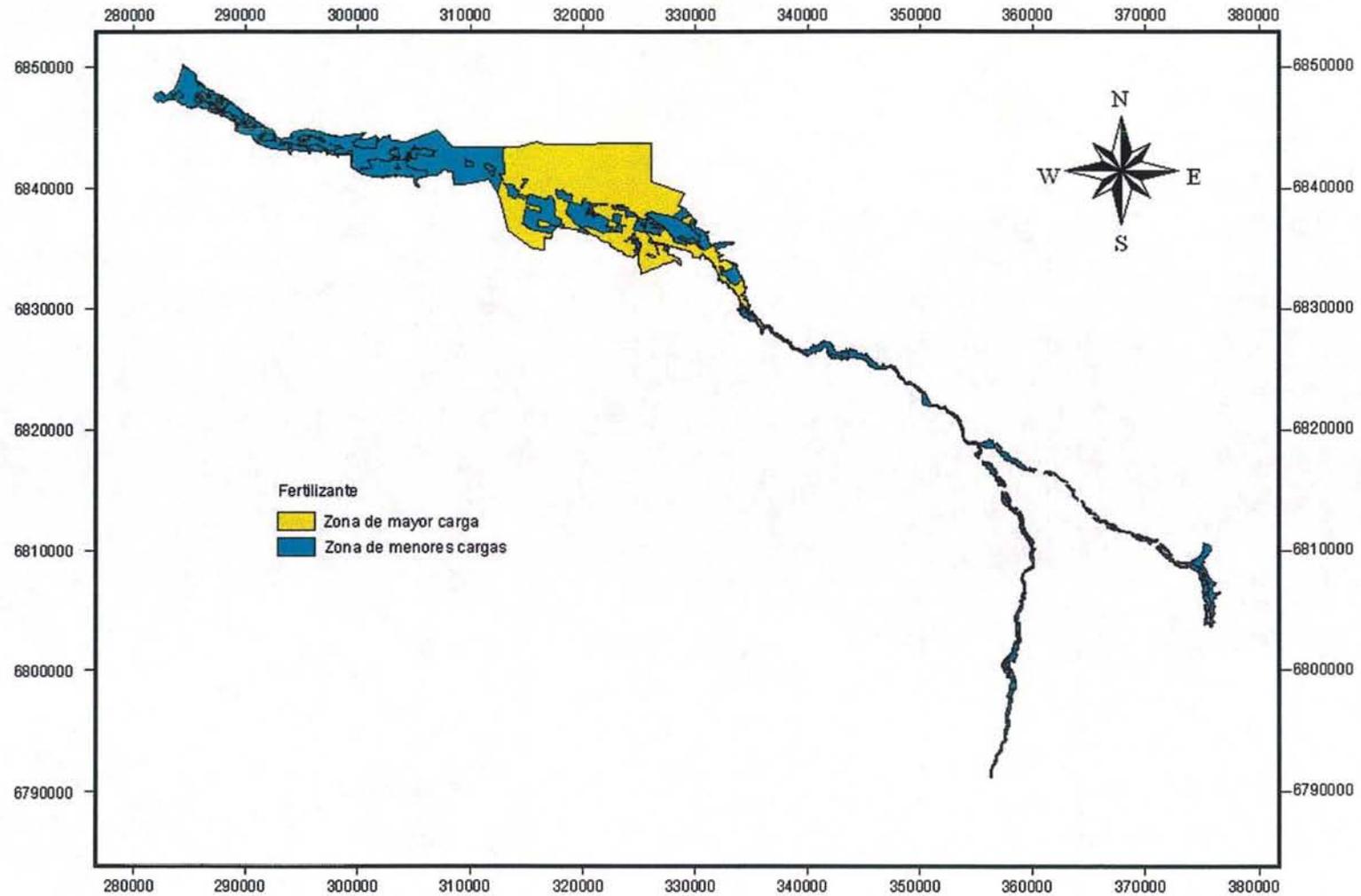
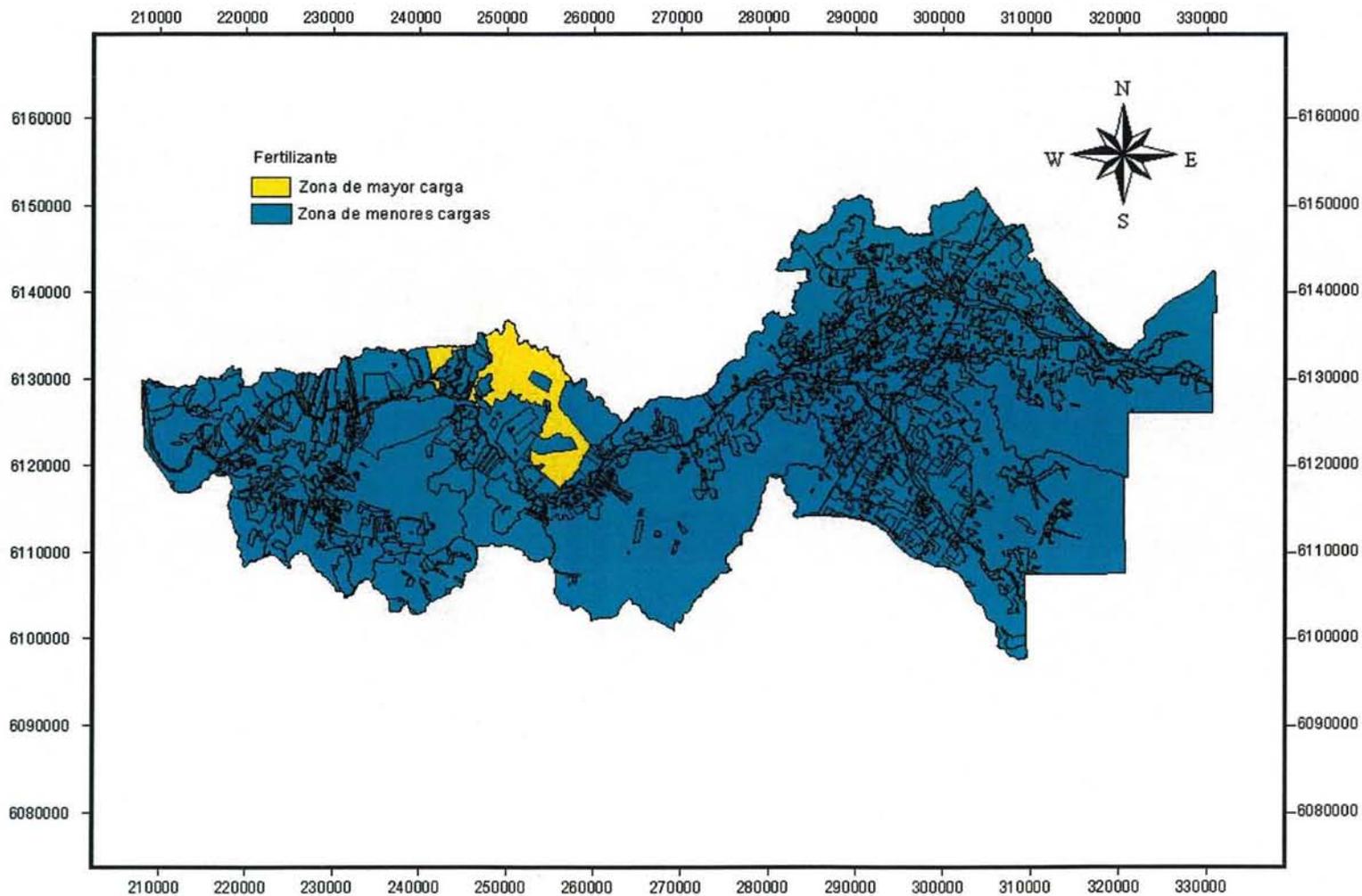


Figura 8.2-4  
Zona de mayor carga de Fertilizante - Mataquito



## 8.2.2 Contaminación Puntual

El caso de contaminación puntual analizado corresponde al de la actividad ganadera, la cual puede ocurrir en la cuenca del Mataquito. Este escenario fue analizado, al igual que los casos de contaminación difusa, mediante el software WUSP.

### 8.2.2.1 Ganadería

En la Figura 8.2-5 se muestran 5 puntos en los cuales se ha identificado actividad ganadera en la cuenca del Mataquito. Estos puntos corresponden a Lecherías y Planteles de Cerdos. Con respecto a la cuenca del Huasco, no se identificaron zonas de actividad ganadera.

La información disponible referente a la actividad ganadera corresponde a cargas diarias generadas, las cuales se muestran en la Tabla 8.2-5.

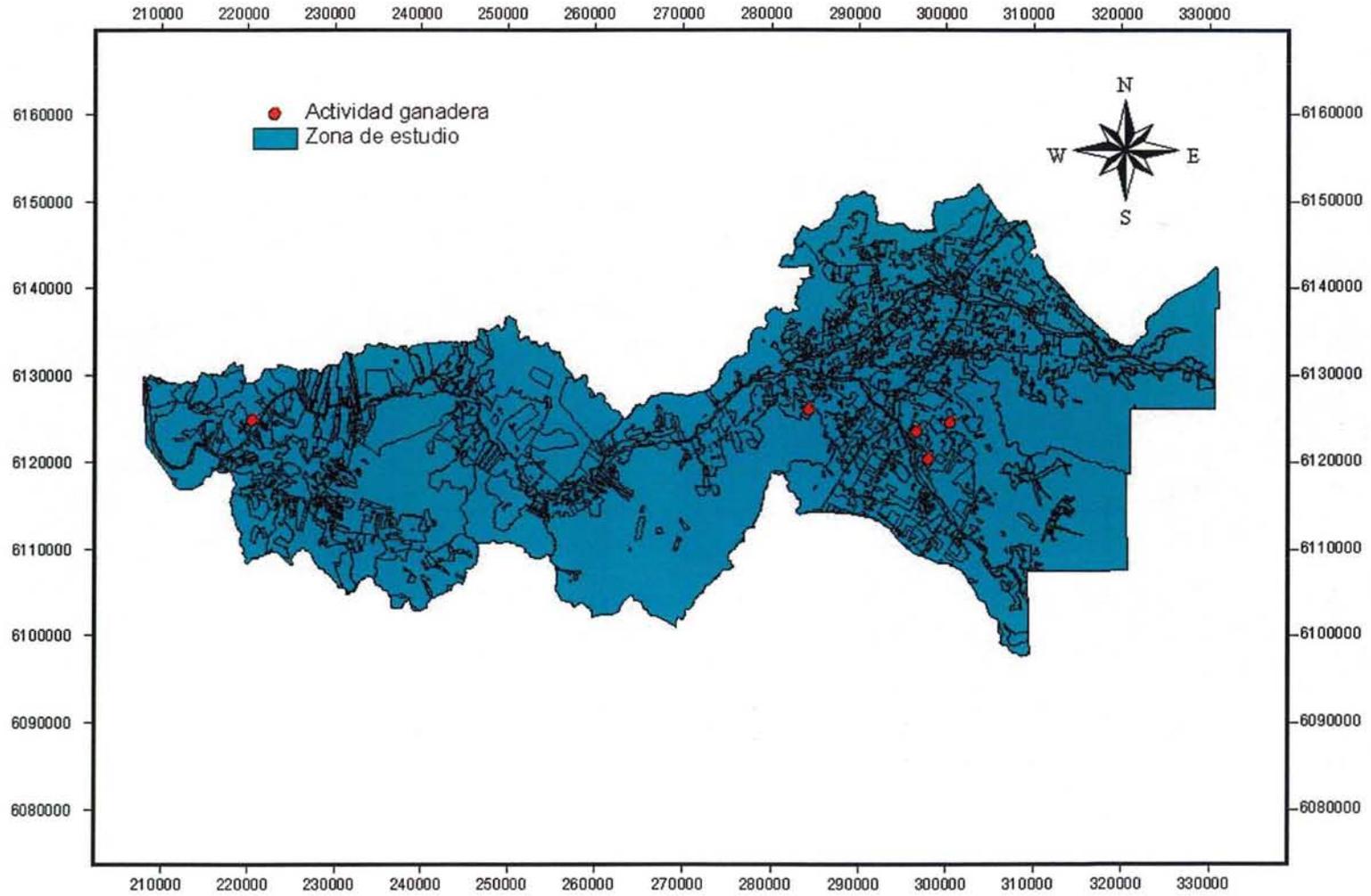
Tabla 8.2-5  
Actividad Ganadera

UBICACIÓN	UNIDAD	CARGA
Fundo Lora	kg/día	18360
Fundo Requinhua	kg/día	16560
Fundo Las Mosqueta - Frohlich	kg/día	7200
Fundo El Peñón	lt/día	121000
Fundo Los Castaños	lt/día	165000

Fuente: Elaboración Propia

Para efectos de simulación, se ha considerado el caso de los planteles de cerdo, cuyo parámetro de análisis fue la  $DBO_5$  de los purines, y cuya concentración asociada corresponde a aquella obtenida luego de todos los procesos de tratamiento y dilución.

Figura 8.2-5  
Escenario Actividad Ganadera - Mataquito



### 8.2.3 Identificación de Escenarios

Los siguientes nombres serán adoptados de aquí en adelante para referirse a cada uno de los escenarios de simulación.

Contaminación por uso de Pesticida

**P-H1** : Dimetoato en la comuna de Vallenar, cuenca del Huasco

**P-M1** : Atrazina en la comuna de Sagrada Familia, cuenca del Mataquito

**P-M2** : Atrazina en la comuna de Teno, cuenca del Mataquito

**P-M3** : Carbofurano en la comuna de Curicó, cuenca del Mataquito

**P-M4** : Carbofurano en la comuna de Hualañé, cuenca del Mataquito

Contaminación por uso de Fertilizante

**F-H1** : Nitrato en la comuna de Vallenar, cuenca del Huasco

**F-M1** : Nitrato en la comuna de Hualañé, cuenca del Mataquito

Contaminación por Actividad Ganadera

**G-M1** : Contaminación por actividad ganadera en la cuenca del Mataquito

## 8.3 SIMULACIÓN Y RESULTADOS OBTENIDOS

### 8.3.1 Pesticidas - Modelo PESTAN

La simulación de los escenarios P-H1, P-M1, P-M2, P-M3 y P-M4 se realizó mediante la utilización del modelo PESTAN (Pesticide Analytical), incluido en el software WHI Unsat Suite Plus (WUSP). Este modelo ha sido creado para evaluar el impacto de contaminación producida por fuentes agrícolas, como es el caso de los pesticidas, y simula el transporte vertical del contaminante a través de una columna de suelo.

La información básica necesaria para realizar esta simulación está referida a características del contaminante y características del suelo, las cuales se mencionan a continuación<sup>3</sup>:

- *Waste Application Rate*
- *Water Solubility*
- *Organic Carbon Partition Coefficient*
- *Solid-Phase Degradation Rate*
- *Liquid-Phase Degradation Rate*
- *Bulk Density*
- *Saturated Water Content*
- *Characteristic Curve Coefficient*
- *Saturated Hydraulic Conductivity*
- *Dispersión Coefficient*
- *Fraction Organic Content*
- *Recharge*

Los 5 primeros parámetros corresponden a características del contaminante, mientras que el resto corresponde a características del suelo, a excepción de la recarga al sistema.

### 8.3.2 Fertilizantes - Ganadería - Modelo VS2DT

La simulación de los escenarios F-H1, F-M1 y G-M1 se realizó mediante la utilización del modelo VS2DT (Variable Saturated 2-D Flow and Transport Model), incluido en el software WHI Unsat Suite Plus (WUSP). Este modelo puede simular el transporte de diferentes tipos de sustancias contaminantes (agroquímicos, residuos industriales, radiactivos), bajo condiciones de flujo no saturado.

La información básica necesaria para realizar esta simulación se menciona a continuación<sup>4</sup>:

<sup>3</sup> En Anexo 8.3-1 se describe el significado de dichos parámetros

- *Transport Simulation*
- *Evapotranspiration*
- *Flow Upper Boundary*
- *Flow Lower Boundary*
- *Transport Upper Boundary*
- *Transport Lower Boundary*
- *GroundWater Depth*
- *Saturated Hydraulic Conductivity*
- *Specific Storage*
- *Porosity*
- *Residual Moisture Content*
- *Longitudinal Dispersivity*
- *Molecular Diffusion*
- *Decay Constant*
- *Bulk Density*

Estos parámetros corresponden a condiciones de borde y características tanto del contaminante como del terreno. Otros parámetros no mencionados anteriormente deben ser ingresados, como por ejemplo los criterios de convergencia y discretización de la columna de suelo.

### **8.3.3 Simulación de Contaminación por Pesticidas**

A continuación se muestra la simulación realizada a cada uno de los escenarios asociados a contaminación por pesticidas, junto con los parámetros utilizados para su realización.

#### **8.3.3.1 Obtención de la Información**

Para cada escenario, el pesticida asociado posee las siguientes características:

- *Waste Application Rate*
- *Water Solubility*
- *Organic Carbon Partition Coefficient*
- *Solid-Phase Degradation Rate*
- *Liquid-Phase Degradation Rate*

El primero de estos parámetros ha sido seleccionado en el punto 8.2.1.1 de este capítulo. En relación con los 4 siguientes, éstos han sido obtenidos de la base de datos del mismo modelo WUSP.

---

<sup>4</sup> En Anexo 8.3-1 se describe el significado de dichos parámetros

En cuanto a las características del suelo, la información fue obtenida basándose en la estratigrafía de los pozos ubicados en las comunas en donde se aplica el contaminante o en las cercanías. De este modo, se analizó la información estratigráfica de todos los pozos ubicados en las zonas de utilización del pesticida a ser analizado y se utilizó la información de los que poseían un mayor nivel de detalle en cuanto a las características del suelo. Esta información permitió representar en promedio, los porcentajes de grava, arena y arcilla en cada una de las comunas a ser estudiadas.

En base a esta descripción del suelo y mediante la utilización el software "Soil Water Characteristics"<sup>5</sup>, es posible obtener los siguientes parámetros:

- Bulk Density
- Saturated Water Content
- Saturated Hydraulic Conductivity

El contenido orgánico de los suelos ha sido estimado basándose en la experiencia y conocimiento del equipo agronómico, la cual señala que los suelos en Chile poseen en general un contenido orgánico que varía entre los 1.5% y 6%. Por ello, se ha optado por considerar un 1,5% para Huasco y un 3% para Mataquito. En cuanto al resto de los parámetros asociados al suelo, éstos fueron obtenidos de WUSP según el tipo de suelo entregado por el software "Soil Water Characteristics".

Por último, la Tabla 8.3-1 muestra los valores máximos aceptables en el agua de los tres pesticidas analizados.

Tabla 8.3-1  
Valores máximos aceptables

PESTICIDA	UNIDAD	VALOR
Atrazina	mg/l	0.003 <sup>6</sup>
Carbofurano	mg/l	0.04
Dimetoato	mg/l	0.008 <sup>7</sup>

Fuente: Referencias 6 y 7

<sup>5</sup> USDA Agricultural Research Service in cooperation with Department of Biological Systems Engineering, Washington State University. <http://hydrolab.arsusda.gov/soilwater/Index.htm>

<sup>6</sup> U.S. EPA National Primary Drinking Water Standards, EPA 816-F-02-013, July 2002

<sup>7</sup> Drinking Water Standards for New Zealand 2005

### 8.3.3.2 Escenario P-H1: Dimetoato en la comuna de Vallenar

La zona modelada en el escenario P-H1 corresponde a una superficie de 2665 Ha ubicada en la comuna de Vallenar, provincia de Huasco, región de Atacama.

En la Tabla 8.3-2 se observan los valores adoptados para cada uno de los parámetros necesarios en la simulación del escenario P-H1. Los parámetros relacionados con las características del suelo corresponden a un terreno clasificado como "*Sandy Loam*", cuyo porcentaje de Arena, Grava y Arcilla es 60%, 30% y 10%, respectivamente.

Tabla 8.3-2  
Parámetros Escenario P-H1

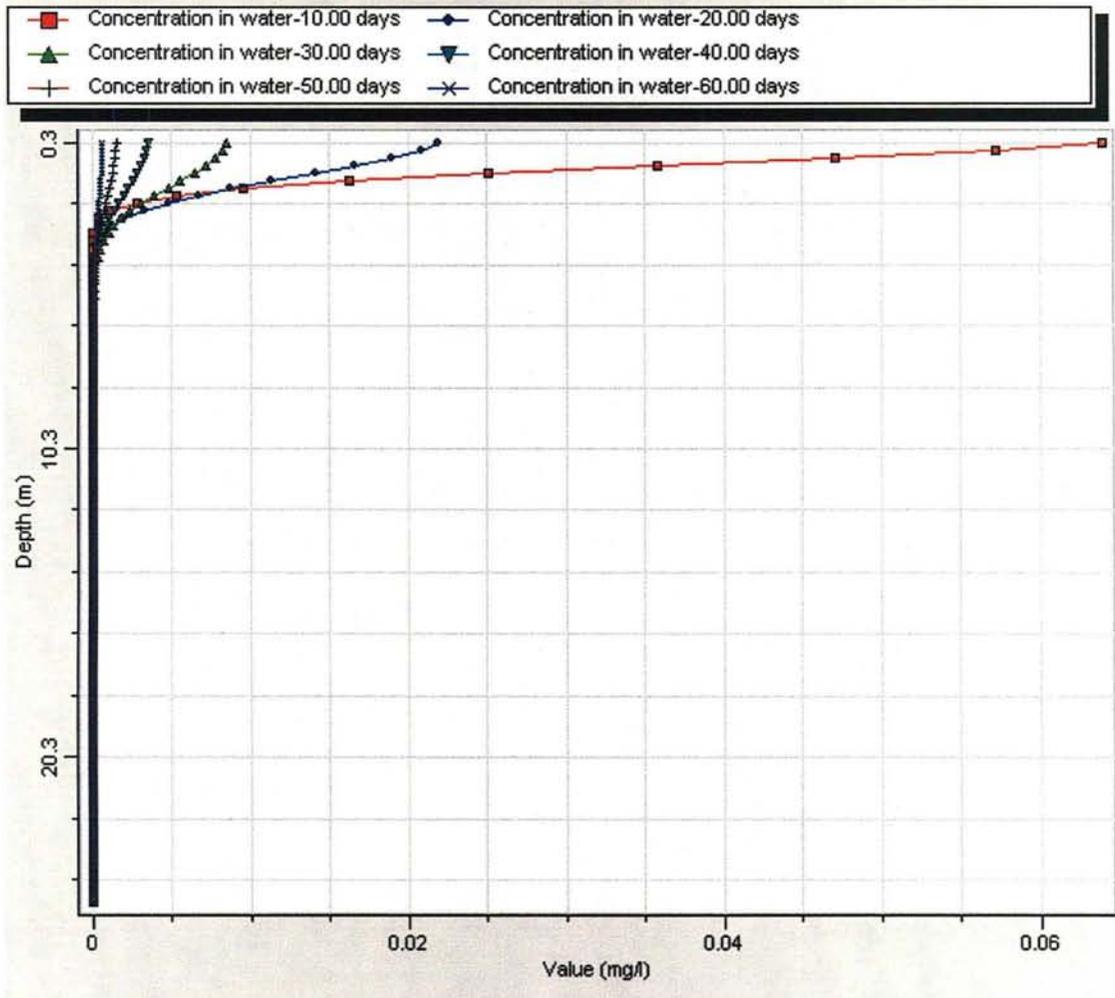
PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
Waste Application Rate	l/Ha	2.0
Water Solubility	mg/l	25000
Organic Carbon Partition Coefficient	l/kg	25.1
Solid-Phase Degradation Rate	1/día	0.099
Liquid-Phase Degradation Rate	1/día	0.231
Bulk Density	gr/cm <sup>3</sup>	1.53
Saturated Water Content	-	0.424
Characteristic Curve Coefficient	-	4.9
Saturated Hydraulic Conductivity	cm/hr	2.965
Dispersión Coefficient	cm <sup>2</sup> /hr	50
Fraction Organic Content	%	1.5

Fuente: Ver punto 8.3.3.1

Dadas las características del terreno, la concentración de contaminante disminuye a valores muy bajos en poco tiempo, por lo que el tiempo de simulación fue de un año en una columna de 25 m de espesor.

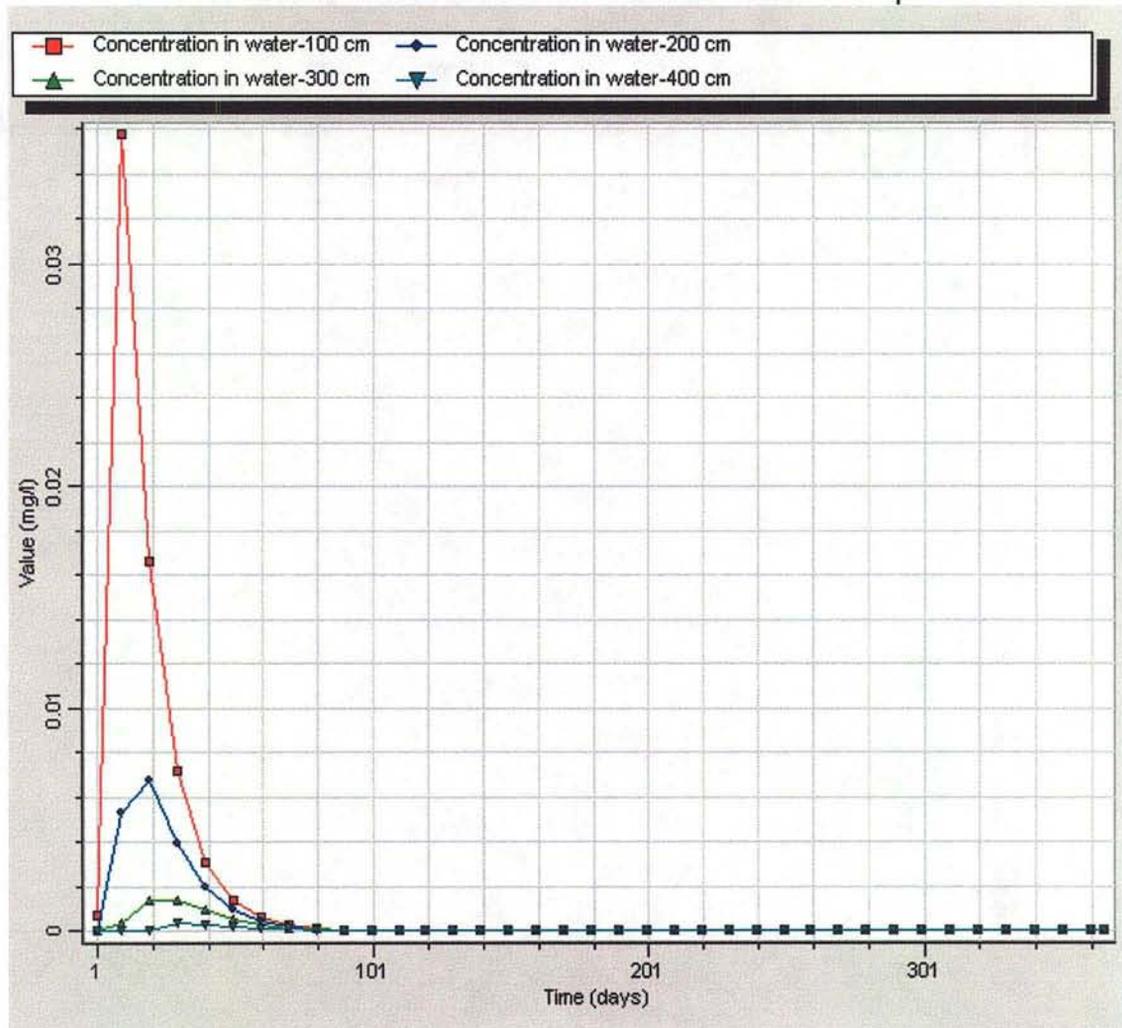
La Figura 8.3-1 muestra un perfil de concentración de pesticida en la columna de suelo analizada. La información es mostrada desde los 10 hasta los 60 días a intervalos de 10 días, observándose que la concentración de contaminante disminuye a través del tiempo en forma muy rápida y que su penetración hacia zonas más profundas es muy lenta.

Figura 8.3-1  
Concentración de Dimetoato en Profundidad



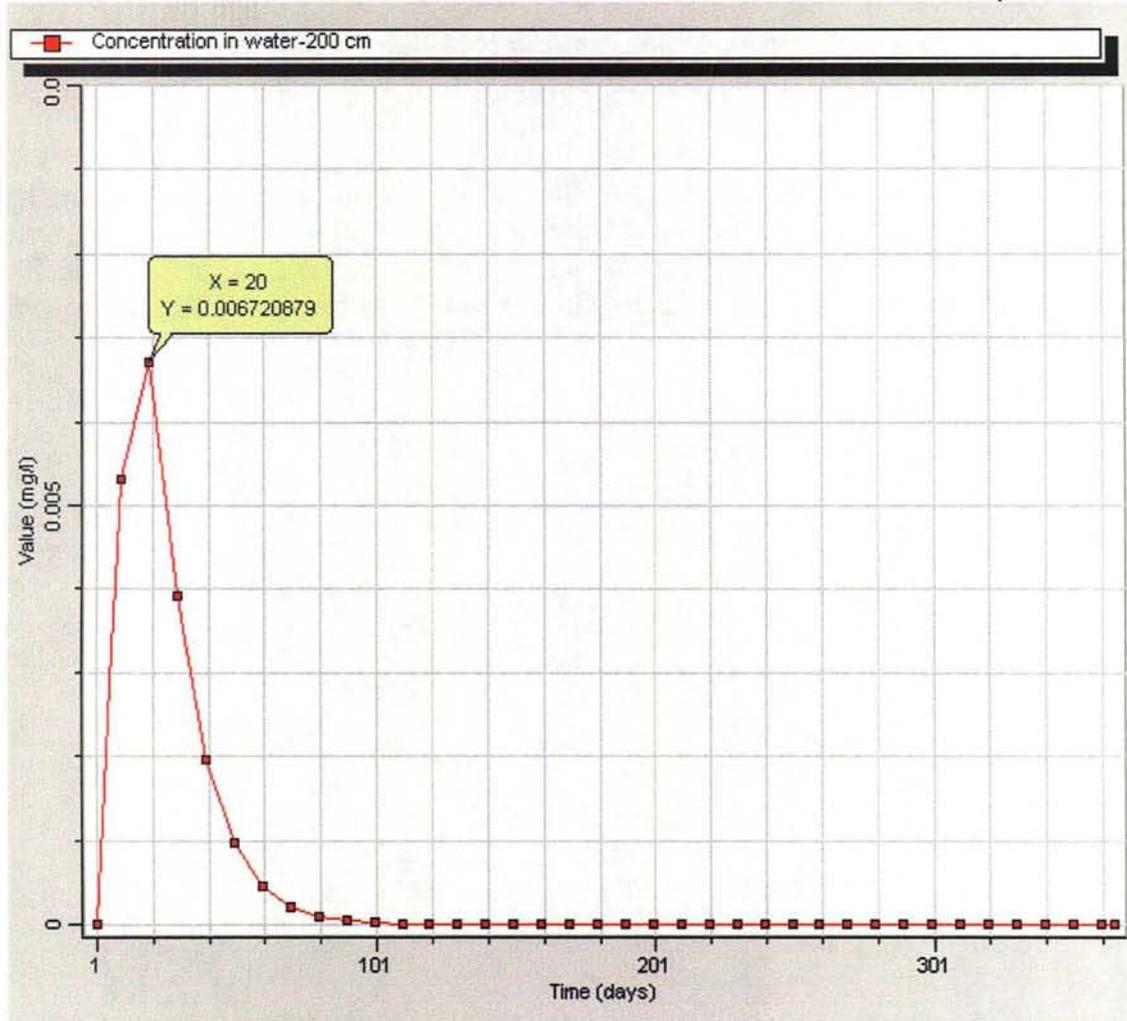
Las Figuras 8.3-2 muestran el comportamiento del contaminante a través del tiempo para una profundidad de 1, 2, 3 y 4 metros. Se puede observar que a una profundidad específica el contaminante logra un máximo de concentración, para luego disminuir a valores muy pequeños. A su vez se observa que el peak de contaminación es menor a medida que la profundidad aumenta.

Figura 8.3-2  
Concentración de Dimetoato en función del Tiempo



La Figura 8.3-3 muestra el comportamiento del contaminante a la profundidad de 2 metros, punto en el cual la contaminación llega a ser menor que el máximo aceptable. Tal como se pudo observar en la Figura 8.3-1, la concentración de contaminante disminuye en función del tiempo y la profundidad, por lo que para profundidades mayores a los 2 metros la concentración se encontrará dentro de rangos aceptables.

Figura 8.3-3  
Profundidad máxima de contaminación sobre el valor máximo aceptable



### 8.3.3.3 Escenario P-M1: Atrazina en la comuna de Sagrada Familia

La zona modelada en el escenario P-M1 corresponde a una superficie de 43109.9 Ha ubicada en la comuna de Sagrada Familia, provincia de Curicó, región del Maule.

En la Tabla 8.3-3 se observan los valores adoptados para cada uno de los parámetros necesarios en la simulación del escenario P-M1. Los parámetros relacionados con las características del suelo corresponden a un terreno clasificado como "Clay", cuyo porcentaje de Arena, Grava y Arcilla es 40%, 20% y 40%, respectivamente.

Tabla 8.3-3  
Parámetros Escenario P-M1

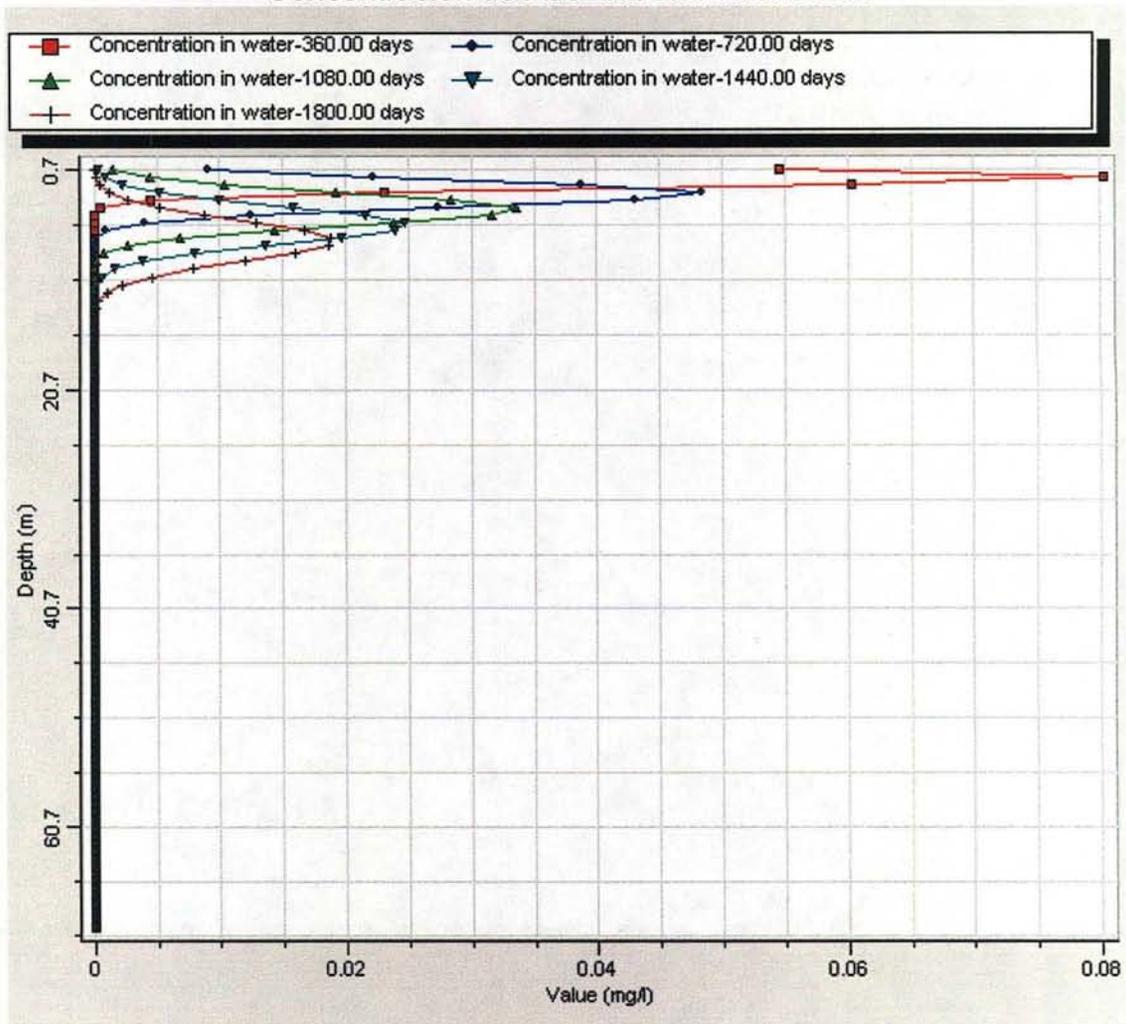
PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
Waste Application Rate	l/Ha	3.5
Water Solubility	mg/l	30
Organic Carbon Partition Coefficient	l/kg	38.9
Solid-Phase Degradation Rate	1/día	0.004
Liquid-Phase Degradation Rate	1/día	0.0021
Bulk Density	gr/cm <sup>3</sup>	1.41
Saturated Water Content	-	0.467
Characteristic Curve Coefficient	-	11.4
Saturated Hydraulic Conductivity	cm/hr	0.18
Dispersión Coefficient	cm <sup>2</sup> /hr	2
Fraction Organic Content	%	3

Fuente: Ver punto 8.3.3.1

Dadas las características del terreno, la concentración de contaminante disminuye muy poco a través del tiempo, por lo que el período de simulación fue de 50 años en una columna de 70 m de espesor.

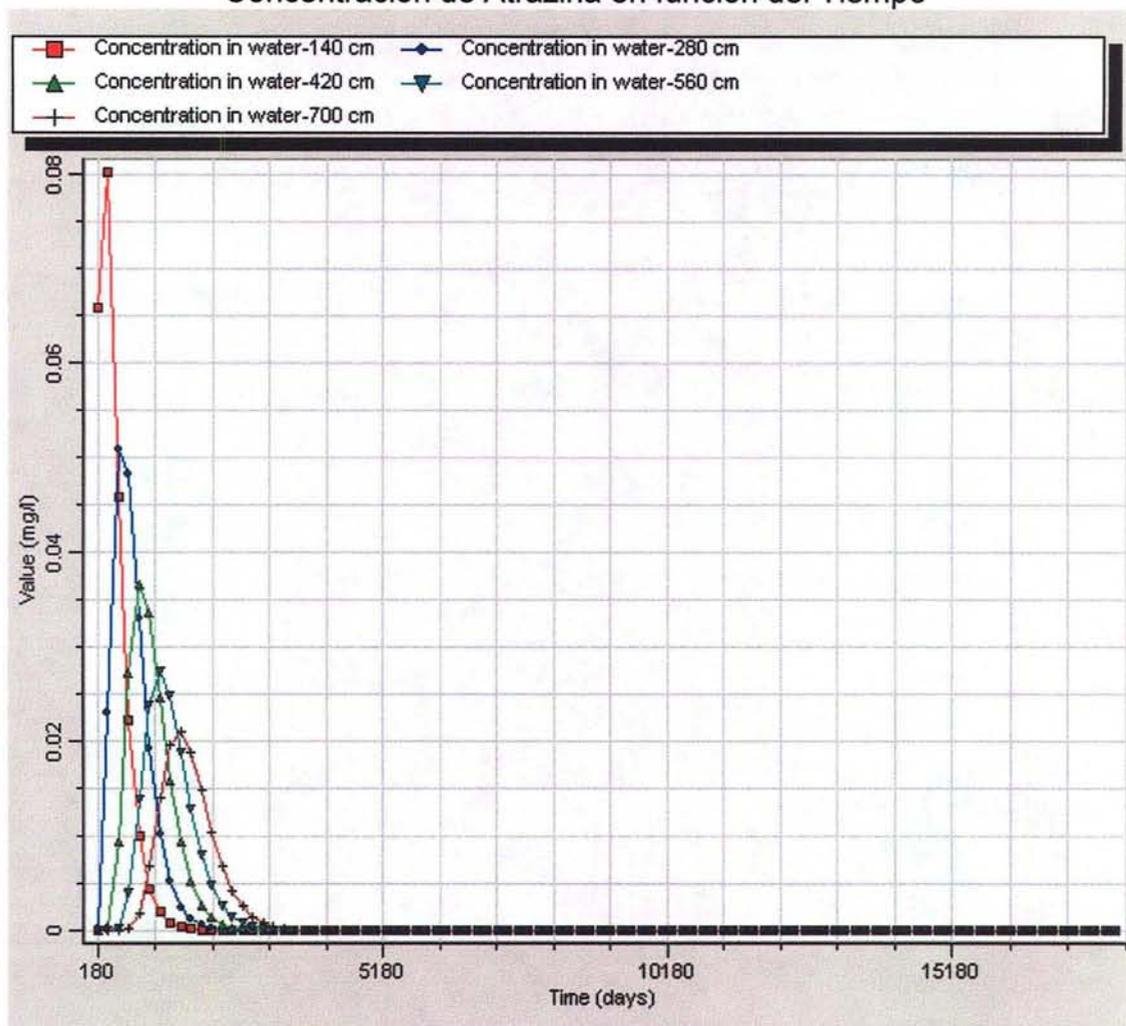
La Figura 8.3-4 muestra el perfil de contaminación en la columna de suelo asociada para un período aproximado de 5 años en intervalos regulares de un año. Se puede observar que a pesar de los grandes intervalos de tiempo utilizados, la disminución de concentración es muy lenta. En términos generales, el comportamiento es el mismo observado en el escenario P-H1, pero en forma mucho más lenta. Se puede observar además como el contaminante penetra cada vez más en el terreno a medida que pasa el tiempo.

Figura 8.3-4  
Concentración de Atrazina en Profundidad



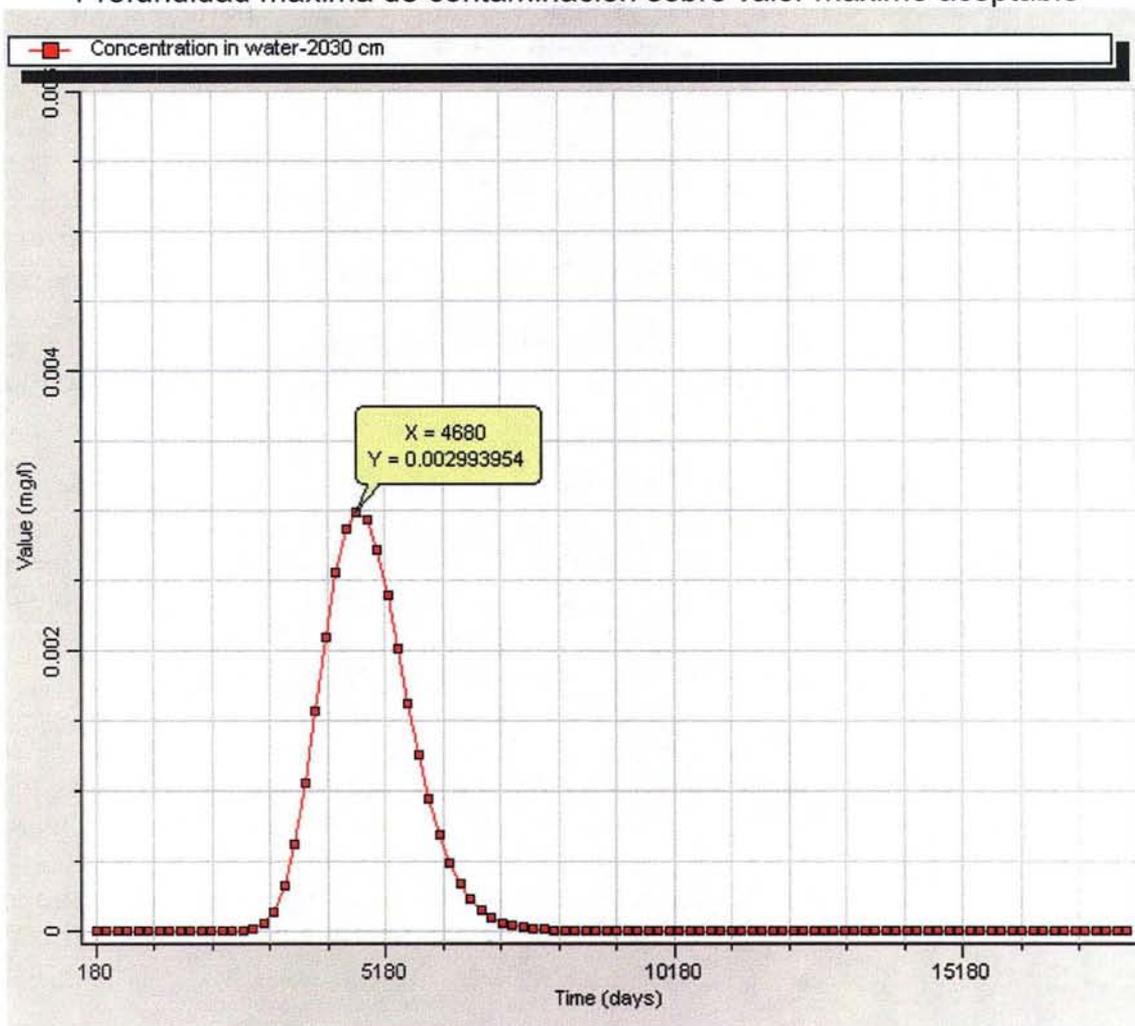
La Figura 8.3-5 muestra el comportamiento del contaminante a través del tiempo para diferentes profundidades entre los 1.4 y los 7.0 metros. Se puede observar como el contaminante se profundiza cada vez más a medida que pasa el tiempo, con disminuciones de concentración muy pequeñas. El efecto en este caso sigue siendo una disminución en el peak de concentración a medida que se avanza en el tiempo y la profundidad.

Figura 8.3-5  
Concentración de Atrazina en función del Tiempo



La Figura 8.3-6 muestra el comportamiento del contaminante a la profundidad de 20.3 m, punto en el cual la concentración llega a ser menor al nivel máximo aceptable. Se observa que los altos niveles de concentración llegan muy profundo, debido al comportamiento del contaminante observado en las anteriores Figuras. En esta zona los niveles freáticos, aunque variables, se ubican a profundidades menores que los 20 metros, por lo que habría riesgo de contaminación en el largo plazo (por eso se analiza con el modelo Visual Modflow, más adelante).

Figura 8.3-6  
Profundidad máxima de contaminación sobre valor máximo aceptable



Dada la gran penetración de contaminante en este sector, se procedió a realizar una simulación de su movimiento a través del agua subterránea mediante la rutina MODPATH, disponible en el software Visual MODFLOW.

El área de simulación utilizada en Visual MODFLOW fue sobrepuesta en la superficie que posee la distribución de pesticidas, de manera tal de identificar las zonas coincidentes. Se descartaron aquellas zonas con niveles freáticos más profundos que 20.3 metros, de manera tal de ubicar las partículas solamente en zonas de potencial contaminación.

La Figura 8.3-7 muestra la ubicación de las zonas de aplicación de pesticidas en relación con el dominio del modelo de simulación en MODFLOW, junto con la ubicación de las partículas simuladas, que para efectos del presente análisis representan la posible trayectoria del contaminante, mientras que la Figura 8.3-8 muestra los resultados de la simulación.

Se observa que en la zona de modelación se encuentra una gran superficie en la cual el pesticida no es aplicado, por lo que las partículas se ubicaron justamente en aquellas zonas que presentaban aplicación y se encontraban dentro del dominio.

Los colores observados en la Figura 8.3-8 representan, en color azul, las zonas que poseen un nivel freático a una profundidad menor de 20.3 metros, y en color rojo aquellas zonas con niveles freáticos más profundos. De este modo, la zona azul corresponde a aquella zona con riesgo potencial de contaminación.

Cada una de las líneas representa la trayectoria seguida por el supuesto contaminante (pesticida) a través del tiempo, observándose marcas que denotan la posición de éste cada un año.

Se observa que las trayectorias poseen dirección hacia el río, que es el lugar en donde se producen afloramientos naturales de la napa. En general, el contaminante tardaría un tiempo menor a 10 años en alcanzar el río, esto sin considerar ningún tipo de atenuación por adsorción o decaimiento. Además, se aprecia que las que se encuentran en las zonas más alejadas del río recorren una distancia muy pequeña durante los 10 años de simulación, no alcanzándolo.

En definitiva, los resultados muestran que la aplicación de "Atrazina" como pesticida en la zona puede afectar la calidad del cauce superficial, además de afectar la calidad del agua subterránea del mismo sector. Sin embargo, no se observa la propagación del pesticida, en forma subterránea, hacia otros sectores. En todo caso se estima que dadas las concentraciones y magnitud del flujo subterráneo en relación al del cauce superficial, el factor de dilución podría ser importante.

Figura 8.3-7  
Ubicación de Partículas

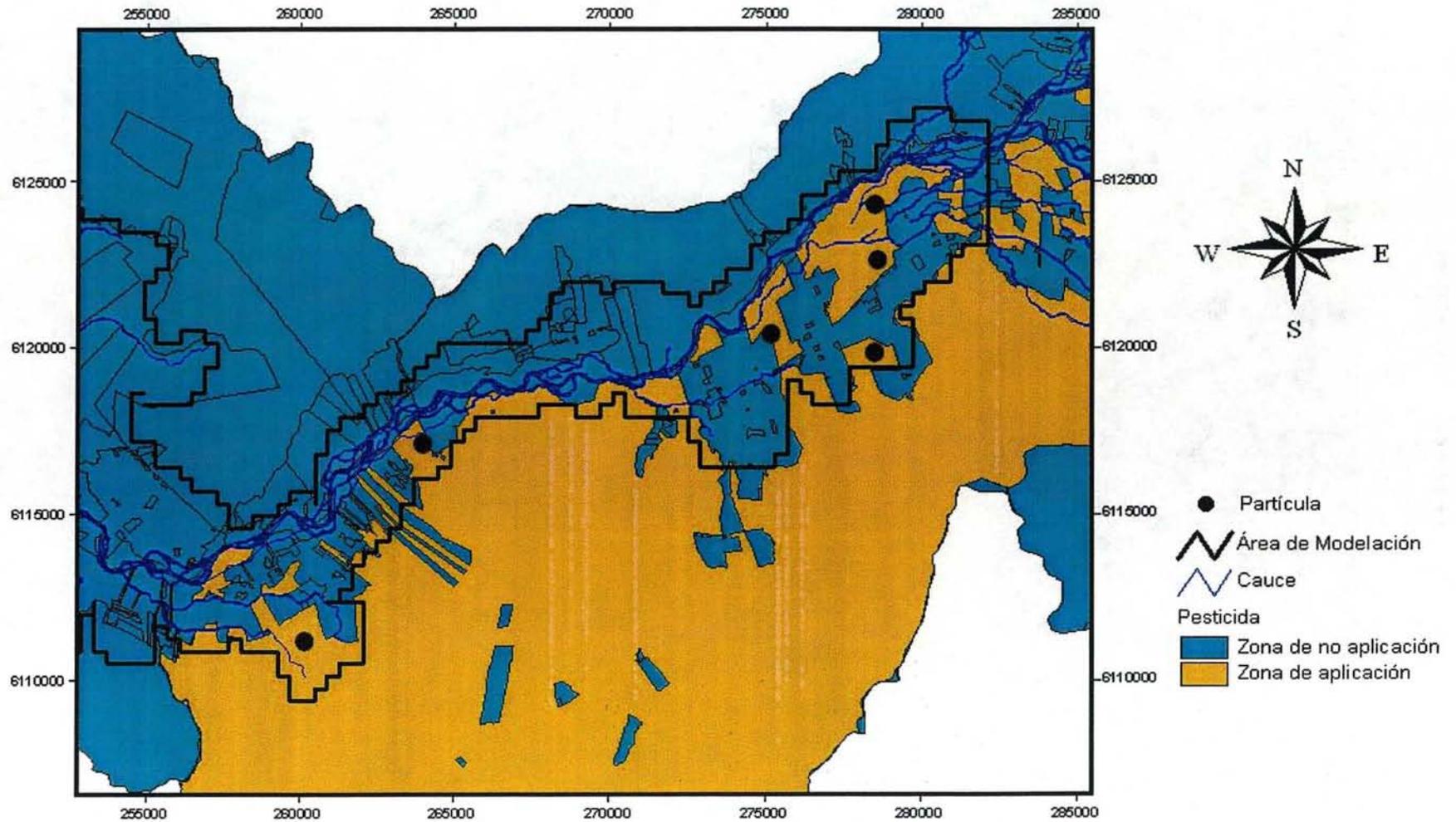
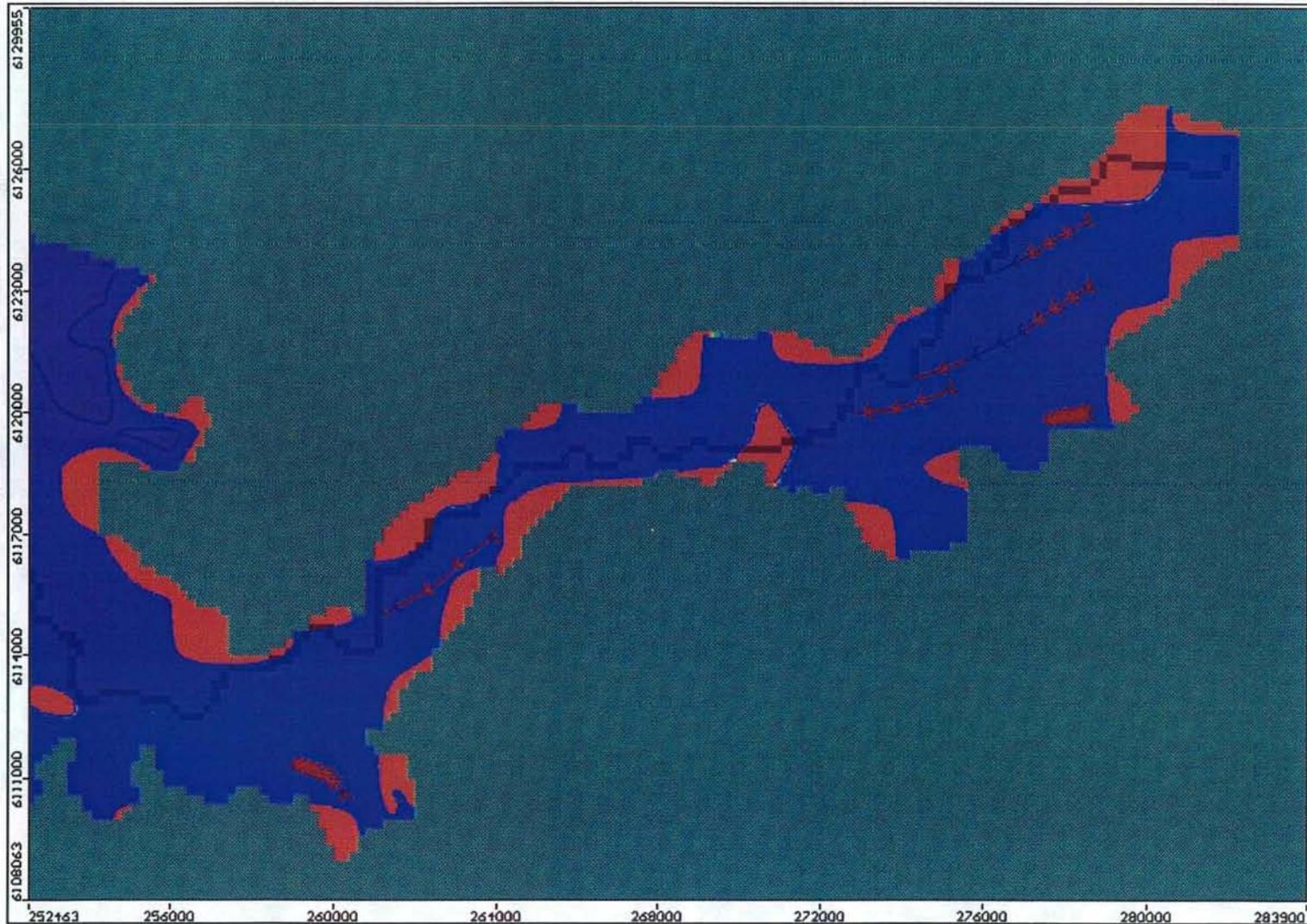


Figura 8.3-8  
Seguimiento de partículas



### 8.3.3.4 Escenario P-M2: Atrazina en la comuna de Teno

La zona modelada en el escenario P-M2 corresponde a una superficie de 15093.3 Ha ubicada en la comuna de Teno, provincia de Curicó, región del Maule.

En la Tabla 8.3-4 se observan los valores adoptados para cada uno de los parámetros necesarios en la simulación del escenario P-M2. Los parámetros relacionados con las características del suelo corresponden a un terreno clasificado como "Clay Loam", cuyo porcentaje de Arena, Grava y Arcilla es 40%, 30% y 30%, respectivamente.

Tabla 8.3-4  
Parámetros Escenario P-M2

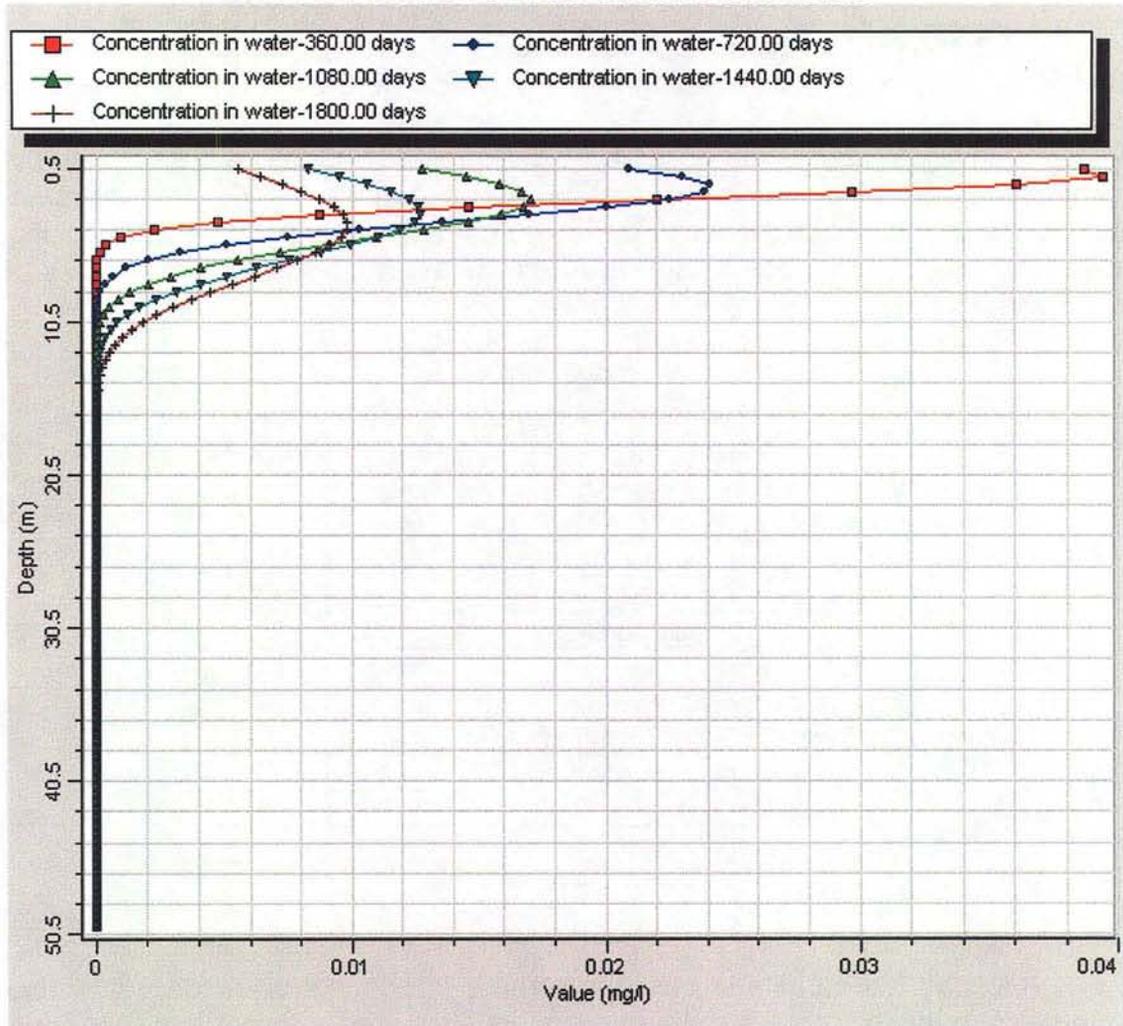
PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
Waste Application Rate	l/Ha	3
Water Solubility	mg/l	30
Organic Carbon Partition Coefficient	l/kg	38.9
Solid-Phase Degradation Rate	1/día	0.004
Liquid-Phase Degradation Rate	1/día	0.0021
Bulk Density	gr/cm <sup>3</sup>	1.41
Saturated Water Content	-	0.468
Characteristic Curve Coefficient	-	8.5
Saturated Hydraulic Conductivity	cm/hr	0.531
Dispersión Coefficient	cm <sup>2</sup> /hr	7
Fraction Organic Content	%	3

Fuente: Ver punto 8.3.3.1

Dadas las características del terreno, la concentración de contaminante disminuye muy poco a través del tiempo, al igual que en el escenario P-M1, por lo que el tiempo de simulación fue de 50 años en una columna de 50 m de espesor.

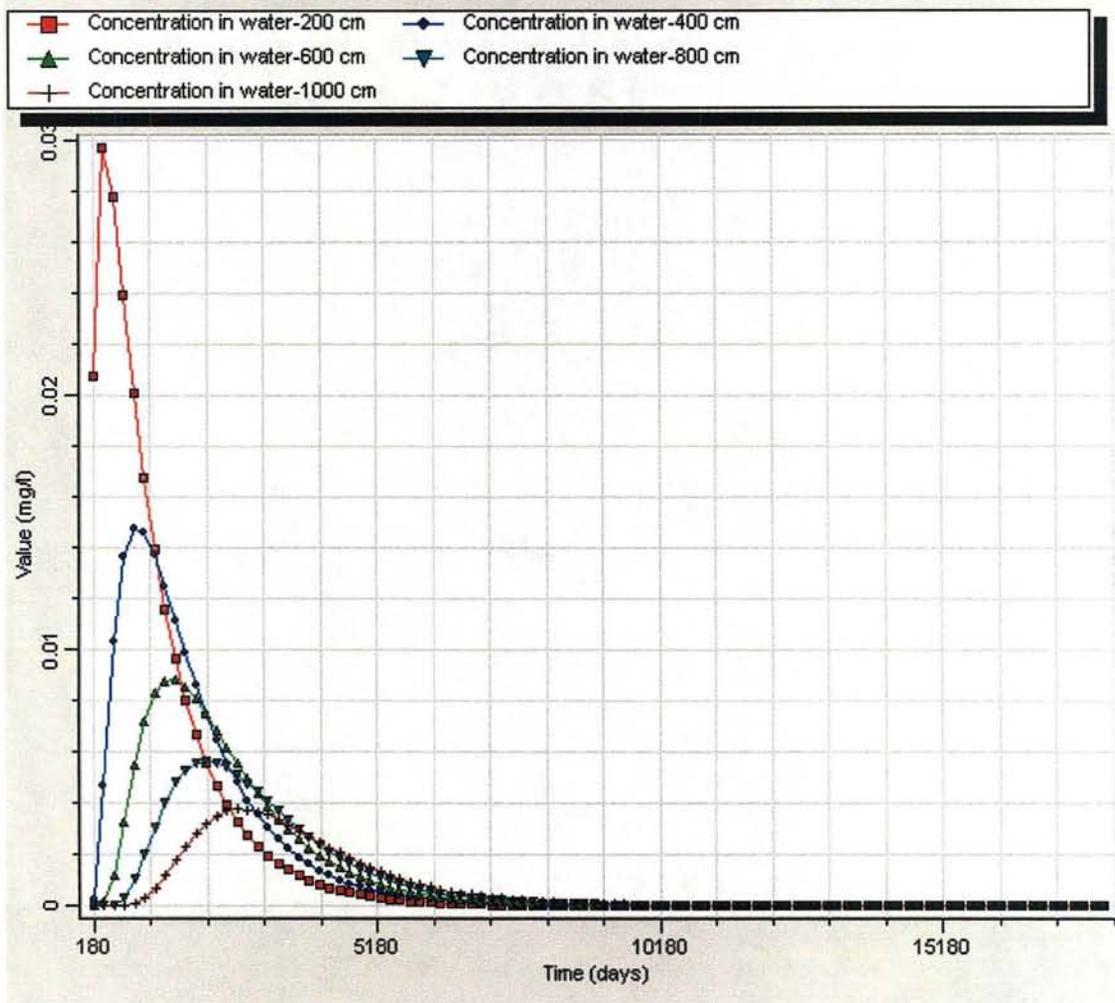
La Figura 8.3-9 muestra el perfil de contaminación en la columna de suelo de interés en intervalos de un año, desde 1 hasta 5. Se puede observar un comportamiento similar al escenario P-M1, en que la concentración de pesticida disminuye muy lentamente a través de los años. La diferencia con el caso anterior radica principalmente en la carga de pesticida utilizado (menor en este caso) y las diferencias en las características del suelo.

Figura 8.3-9  
Concentración de Atrazina en Profundidad



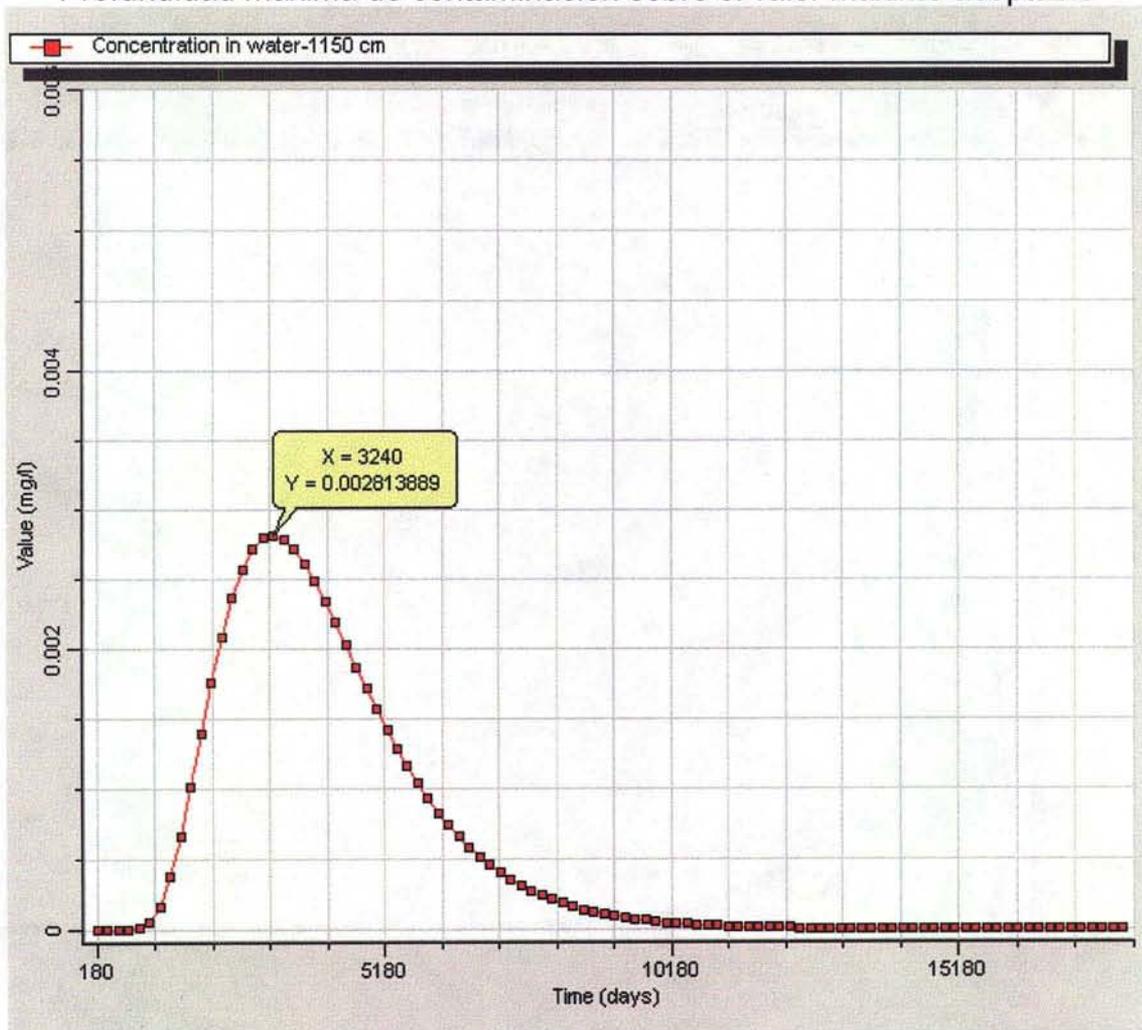
La Figura 8.3-10 muestra el comportamiento del contaminante para profundidades entre 2 y 10 metros a intervalos de 2 metros. Se puede observar que la reducción de la concentración es muy lenta y es capaz de llegar a grandes profundidades con niveles poco tolerables, al igual que lo ocurrido en el escenario P-M1.

Figura 8.3-10  
Concentración de Atrazina en función del Tiempo



La Figura 8.3-11 muestra el comportamiento del contaminante a la profundidad de 11.5 m, punto en el cual la concentración de contaminante llega a ser menor al valor máximo aceptable. Es importante notar que tanto en el escenario P-M1 como en éste, estas altas profundidades alcanzadas por el contaminante ocurren luego de una gran cantidad de años.

Figura 8.3-11  
Profundidad máxima de contaminación sobre el valor máximo aceptable



### 8.3.3.5 Escenario P-M3: Carbofurano en la comuna de Curicó

La zona modelada en el escenario P-M3 corresponde a una superficie de 30340.1 Ha ubicada en la comuna de Curicó, provincia de Curicó, región del Maule.

En la Tabla 8.3-5 se observan los valores adoptados para cada uno de los parámetros necesarios en la simulación del escenario P-M3. Los parámetros relacionados con las características del suelo corresponden a un terreno clasificado como "Loam", cuyo porcentaje de Arena, Grava y Arcilla es 50%, 30% y 20%, respectivamente.

Tabla 8.3-5  
Parámetros Escenario P-M3

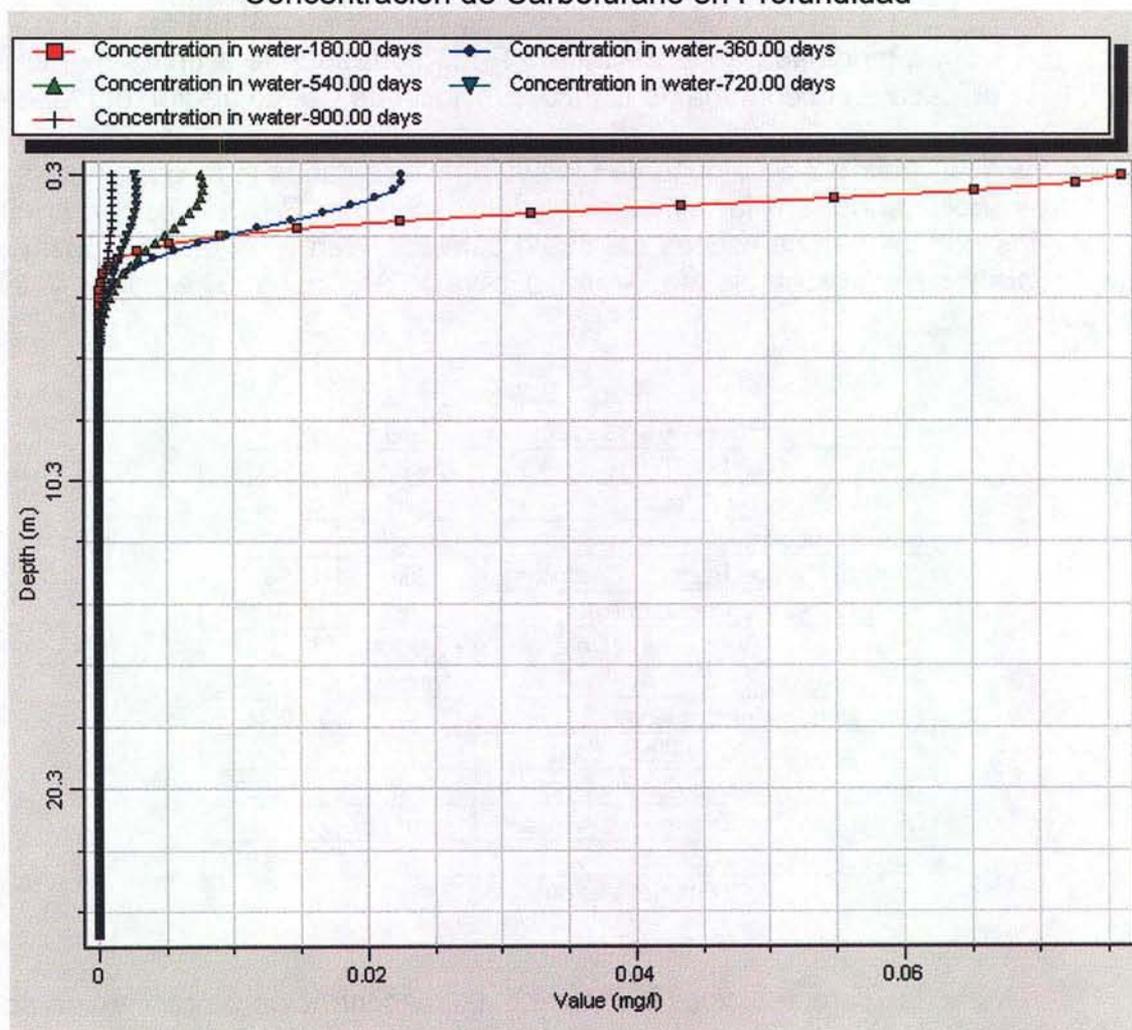
PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
Waste Application Rate	kg/Ha	20
Water Solubility	mg/l	320
Organic Carbon Partition Coefficient	l/kg	95.5
Solid-Phase Degradation Rate	1/día	0.01386
Liquid-Phase Degradation Rate	1/día	0.063
Bulk Density	gr/cm <sup>3</sup>	1.43
Saturated Water Content	-	0.46
Characteristic Curve Coefficient	-	5.4
Saturated Hydraulic Conductivity	cm/hr	1.396
Dispersión Coefficient	cm <sup>2</sup> /hr	15
Fraction Organic Content	%	3

Fuente: Ver punto 8.3.3.1

Dadas las características del terreno, la concentración de contaminante se amortigua relativamente rápido tanto en profundidad como a través del tiempo, por lo que el tiempo de simulación fue de 10 años en una columna de 25 m de espesor.

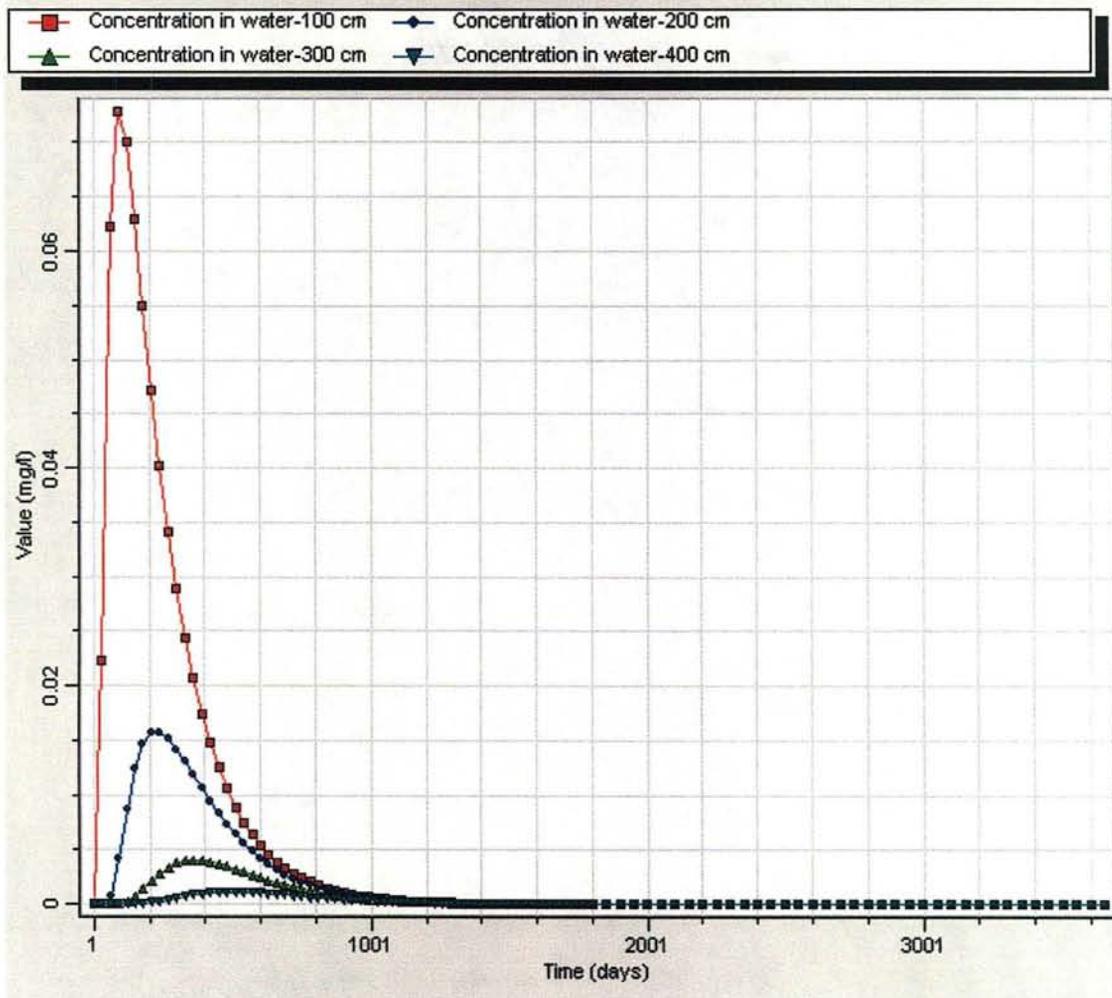
La Figura 8.3-12 muestra el perfil de concentración de contaminante en la columna de análisis para tiempos entre 0.5 y 2.5 años a intervalos de 0.5 años aproximadamente. En este caso la disminución de concentración a través del tiempo es más rápida que en el caso de la contaminación por Atrazina, pero más lenta que la contaminación por Dimetoato. Aún así, la penetración de concentraciones peligrosas no es tan profunda debido a que los niveles tolerables son mayores.

Figura 8.3-12  
Concentración de Carbofurano en Profundidad



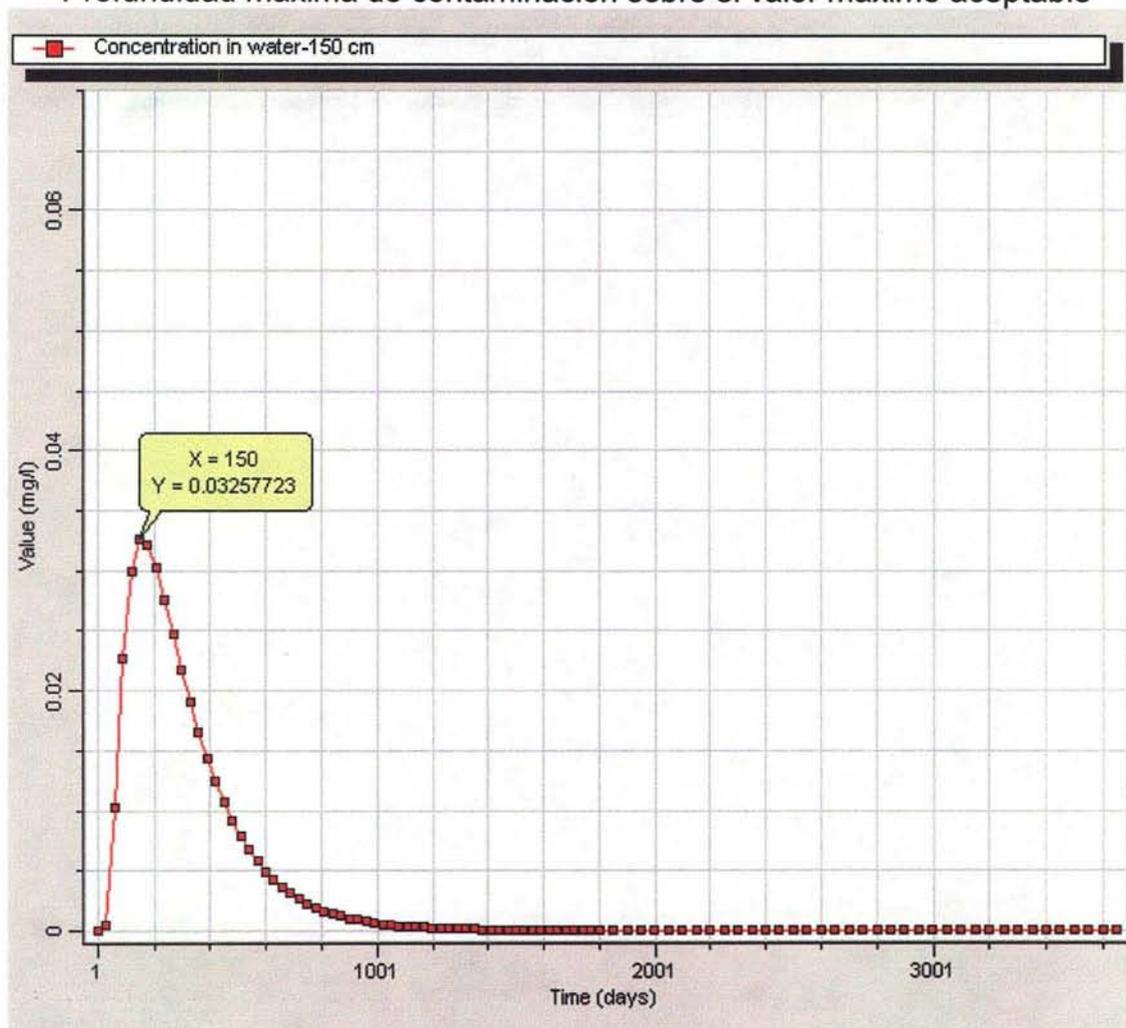
La Figura 8.3-13 muestra el comportamiento del contaminante a través del tiempo para profundidades de 1, 2, 3 y 4 metros. Se observa una rápida disminución en la concentración de contaminante con la profundidad, llegando a niveles muy pequeños en unos pocos metros.

Figura 8.3-13  
Concentración de Carbofurano en función del Tiempo



La Figura 8.3-14 muestra el comportamiento del contaminante a la profundidad de 1.5 m, punto en el cual la concentración llega a ser menor que el valor máximo aceptable. Es importante mencionar que los niveles tolerables de Carbofurano son mayores a los de los pesticidas antes simulados.

Figura 8.3-14  
Profundidad máxima de contaminación sobre el valor máximo aceptable



### 8.3.3.6 Escenario P-M4: Carbofurano en la comuna de Hualañé

La zona modelada en el escenario P-M4 corresponde a una superficie de 9966 Ha ubicada en la comuna de Hualañé, provincia de Curicó, región del Maule.

En la Tabla 8.3-6 se observan los valores adoptados para cada uno de los parámetros necesarios en la simulación del escenario P-M4. Los parámetros relacionados con las características del suelo corresponden a un terreno clasificado como "Loam", cuyo porcentaje de Arena, Grava y Arcilla es 40%, 40% y 20%, respectivamente.

Tabla 8.3-6  
Parámetros Escenario P-M4

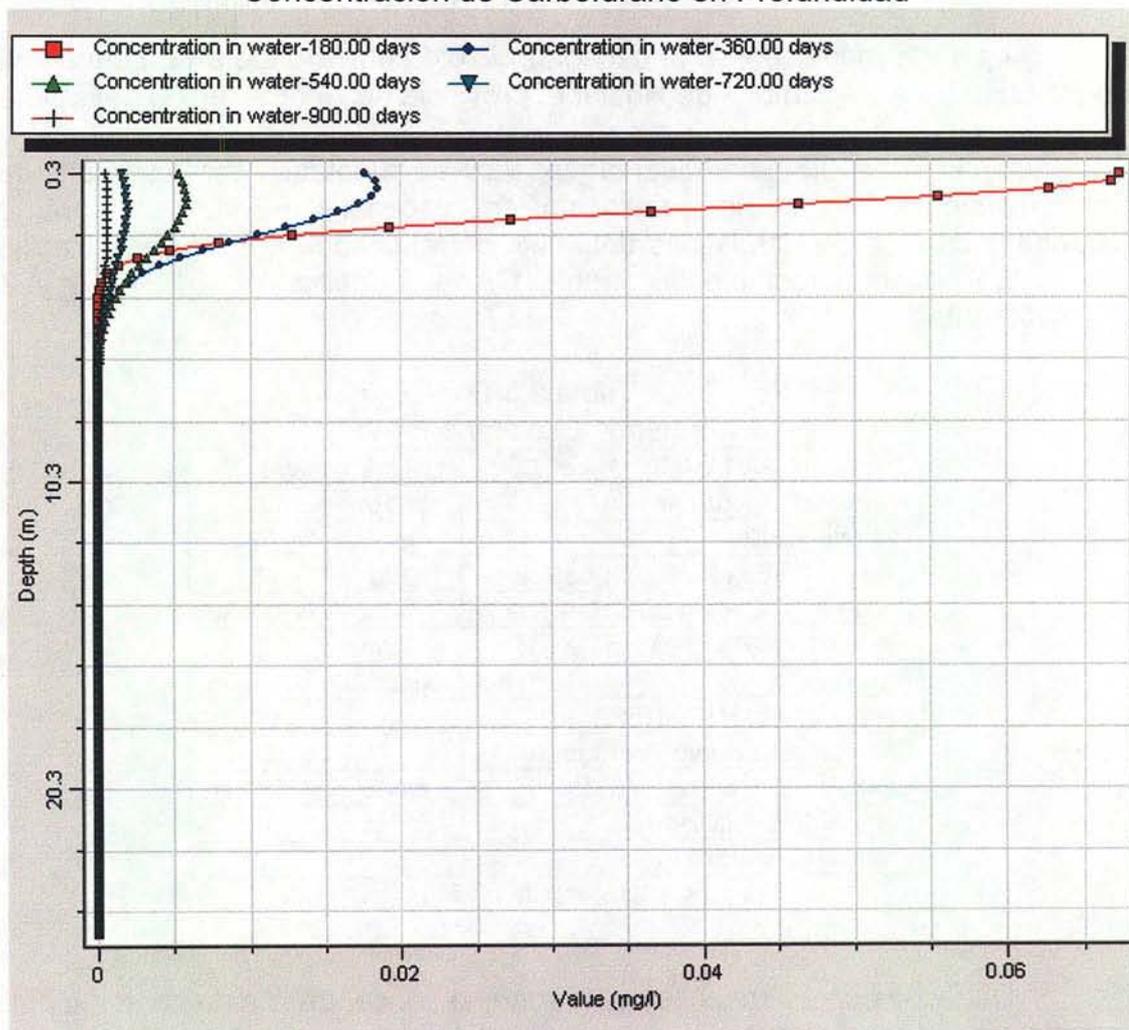
PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
Waste Application Rate	kg/Ha	20
Water Solubility	mg/l	320
Organic Carbon Partition Coefficient	l/kg	95.5
Solid-Phase Degradation Rate	1/día	0.01386
Liquid-Phase Degradation Rate	1/día	0.063
Bulk Density	gr/cm <sup>3</sup>	1.4
Saturated Water Content	-	0.472
Characteristic Curve Coefficient	-	5.4
Saturated Hydraulic Conductivity	cm/hr	1.131
Dispersión Coefficient	cm <sup>2</sup> /hr	15
Fraction Organic Content	%	3

Fuente: Ver punto 8.3.3.1

Dadas las características del terreno, la concentración de contaminante se amortigua relativamente rápido tanto en profundidad como a través del tiempo, por lo que, al igual que el escenario P-M3, el tiempo de simulación fue de 10 años en una columna de 25 m de espesor.

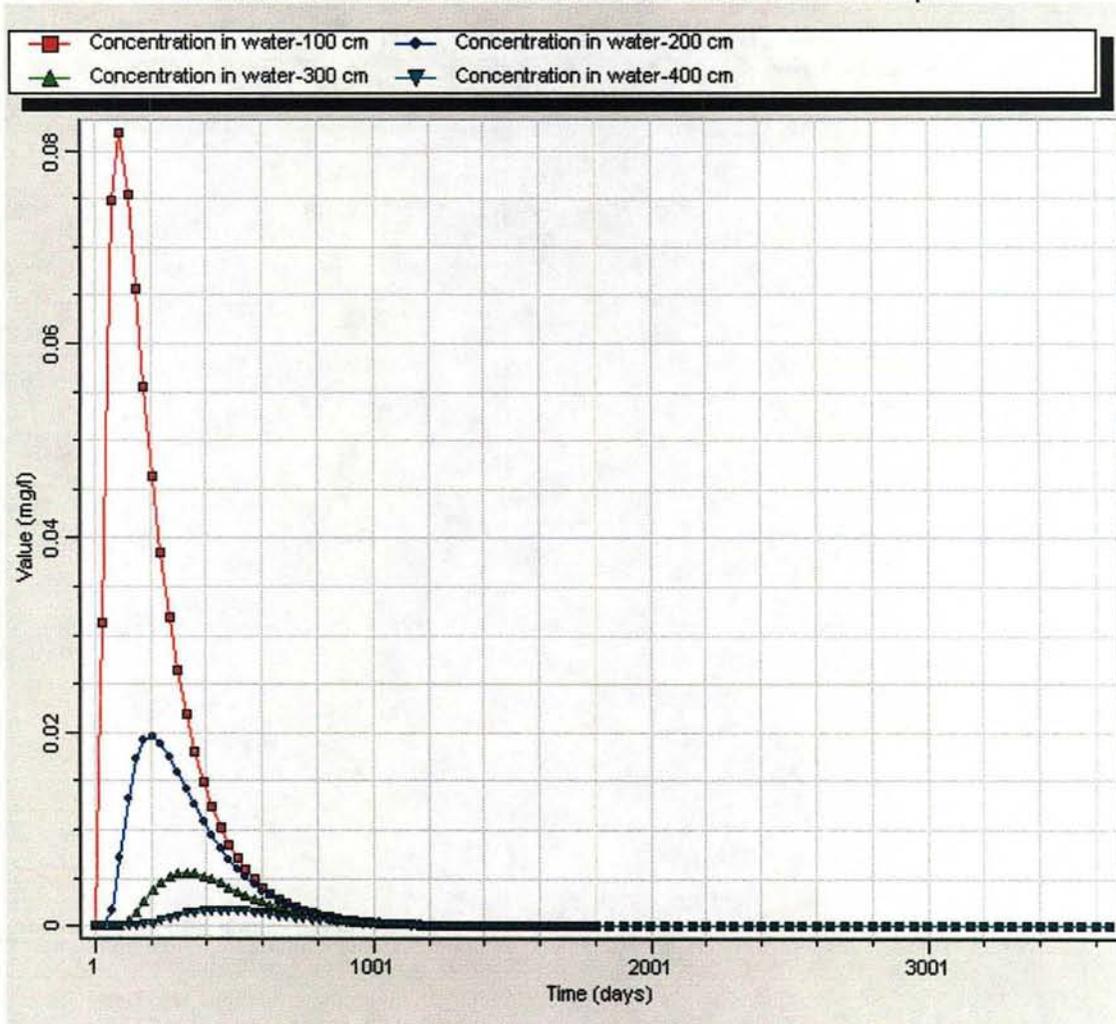
La Figura 8.3-15 muestra el perfil de concentración en la columna de suelo para tiempos desde 0.5 a 2.5 años a intervalos de 0.5 años aproximadamente. Se observa una situación similar a la observada en el escenario P-M3, lo que es esperable dado que se trata del mismo pesticida y la misma carga aplicada en el suelo.

Figura 8.3-15  
Concentración de Carbofurano en Profundidad



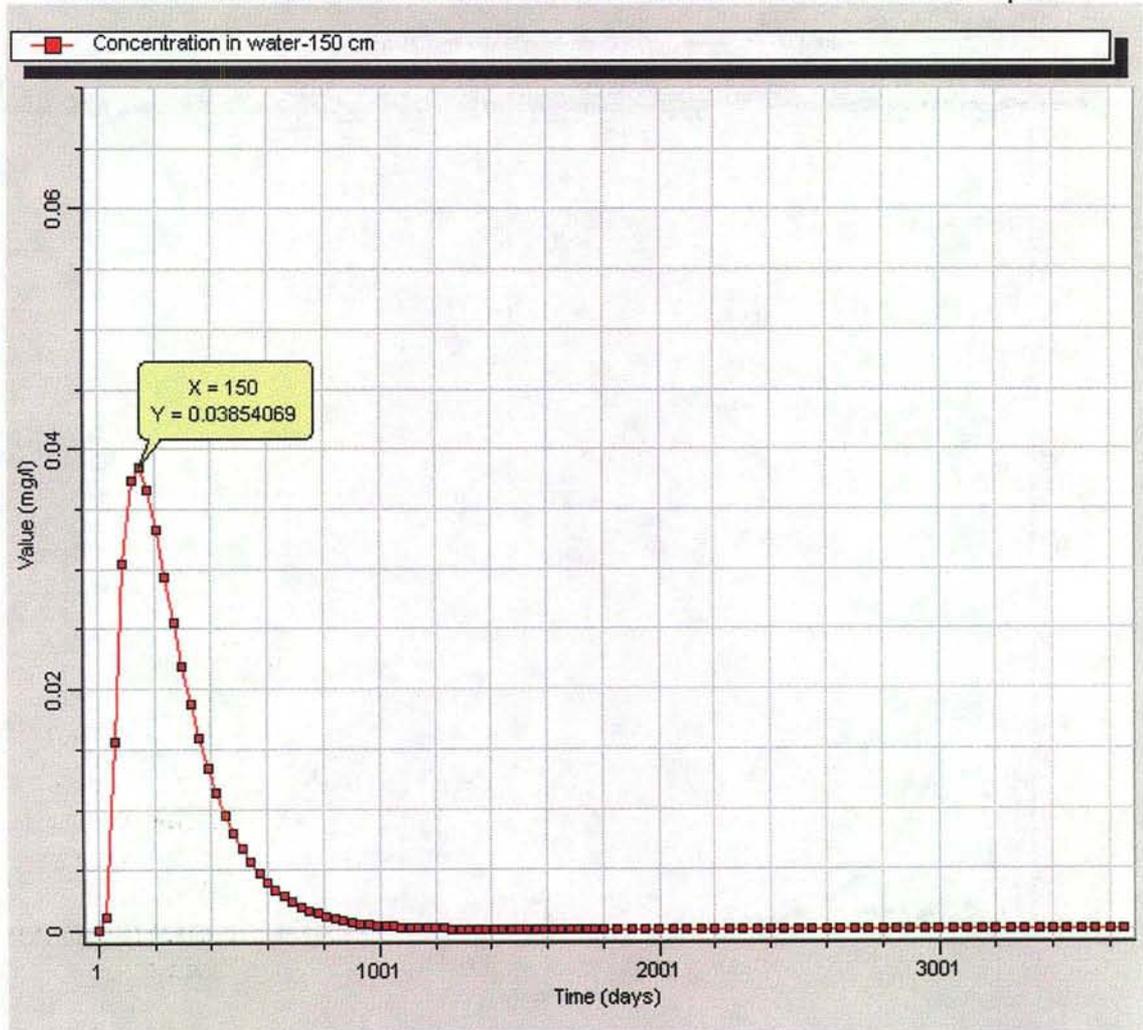
La Figura 8.3-16 muestra el comportamiento del contaminante a través del tiempo para profundidades de 1, 2, 3 y 4 metros. Se puede observar una situación similar a la observada en el escenario P-M3, en que la concentración disminuye rápidamente con la profundidad.

Figura 8.3-16  
Concentración de Carbofurano en función del Tiempo



La Figura 8.3-17 muestra el comportamiento del contaminante a la profundidad de 1.5 m, punto en el cual la concentración del contaminante llega a ser menor al valor máximo aceptable. Es importante mencionar que tanto en este escenario con en el P-M3, el punto de máxima penetración es alcanzado en un tiempo menor a un año.

Figura 8.3-17  
Profundidad máxima de contaminación sobre el valor máximo aceptable



### 8.3.4 Simulación de Contaminación por Fertilizantes

A continuación se muestra la simulación realizada a cada uno de los escenarios asociados a contaminación por fertilizantes, junto con los parámetros utilizados para su realización.

#### 8.3.4.1 Obtención de la información

La información relacionada con el tipo de suelo fue obtenida del mismo modo como fue realizado en el caso de la contaminación por pesticidas. Los parámetros obtenidos de este modo son los siguientes:

- *Saturated Hydraulic Conductivity*
- *Porosity*
- *Bulk Density*

La dispersividad longitudinal del suelo fue obtenida del software "EnviroBase Lite"<sup>8</sup>, dado el tipo de suelo en cada zona. En relación con el almacenamiento específico y el contenido de humedad residual, se utilizaron los valores disponibles en WUSP por defecto.

En relación con las condiciones de borde de flujo, la condición superior fue considerada como la infiltración máxima producida en la zona, mientras que la condición inferior se supuso equivalente a un nivel freático ubicado justo en la parte más baja de la columna de suelo analizada. En cuanto a la condición de transporte, se asumió una carga superior con una concentración asociada, la cual fue estimada en base a la carga de fertilizante, mientras que en la parte inferior la concentración es igual a cero.

En cuanto a la constante de decaimiento del nitrato, se consideró la situación más desfavorable, en que éste no sufre ningún tipo de transformación (por desnitrificación) ni decaimiento. Lo mismo se consideró para el caso de la evapotranspiración, siendo más desfavorable considerarla nula. Sobre la difusión molecular, se utilizó el valor que WUSP proporciona por defecto, debido a que en la zona no saturada este parámetro es menos importante.

La isoterma de adsorción considerada para la simulación fue de tipo lineal, debido a su simplicidad. El coeficiente de adsorción lineal fue obtenido de algunas referencias bibliográficas<sup>9</sup>.

<sup>8</sup> Corresponde a una Base de Datos con valores de los parámetros más utilizados en la modelación de agua subterránea y que viene junto (gratis) con el programa VModflow a partir de su versión 4.0 en adelante.

<sup>9</sup> "Nitrogen Retention And Movement In A Variable Charge Soil", Carmen Lis Arcelay, Tesis para optar al grado de "Master of Science", Universidad de Puerto Rico, 2005.

El tiempo de simulación considerado ha sido de 50 años, en una columna de suelo de 10 metros de espesor. Esto debido a que las altas concentraciones de nitrato en superficie provocan que su reducción hasta el límite máximo tarde mucho tiempo, aunque su penetración no sea tan profunda.

Finalmente, se consideró un valor máximo aceptable de nitrato en el agua subterránea igual a 10 mg/l.

### 8.3.4.2 Escenario F-H1: Nitratos en la comuna de Vallenar

La zona modelada en el escenario F-H1 corresponde a una superficie de 11487.6 Ha ubicada en la comuna de Vallenar, provincia de Huasco, región de Atacama.

En la Tabla 8.3-7 se observan los valores adoptados para cada uno de los parámetros necesarios en la simulación del escenario F-H1. Los parámetros relacionados con las características del suelo corresponden a un terreno clasificado como "Sandy Loam", cuyo porcentaje de Arena, Grava y Arcilla es 60%, 30% y 10%, respectivamente.

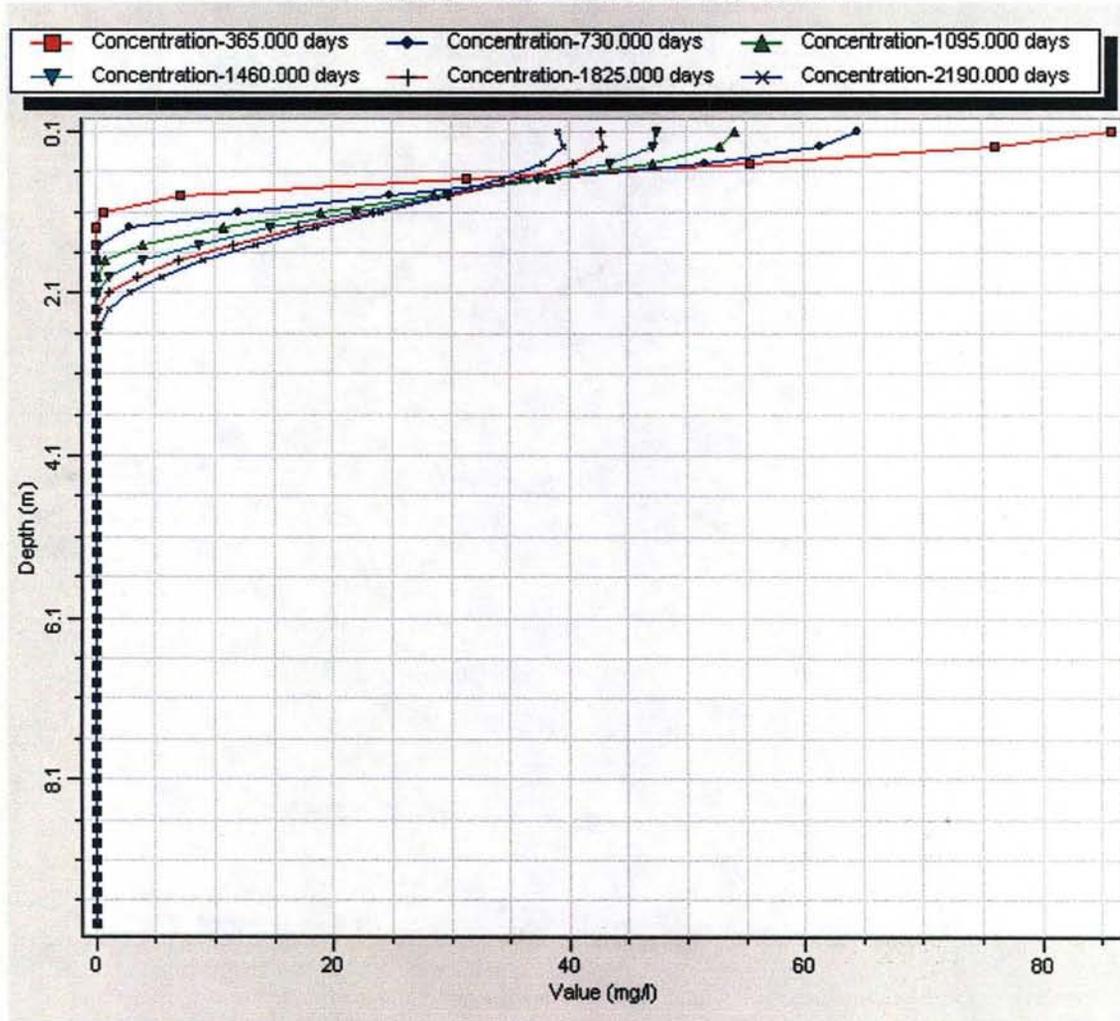
Tabla 8.3-7  
Parámetros Escenario F-H1

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
Transport Upper Boundary	mg/l	24386
Saturated Hydraulic Conductivity	cm/hr	2.965
Specific Storage	1/cm	0.0000001
Porosity	-	0.424
Residual Moisture Content	-	0.07
Bulk Density	gr/cm <sup>3</sup>	1.53
Longitudinal Dispersion	m	2.629
Molecular Diffusion	cm <sup>2</sup> /día	0.4
Decay Constant	1/día	0
Linear Adsorption	cm <sup>3</sup> /gr	0.55

Fuente: Ver punto 8.3.4.1

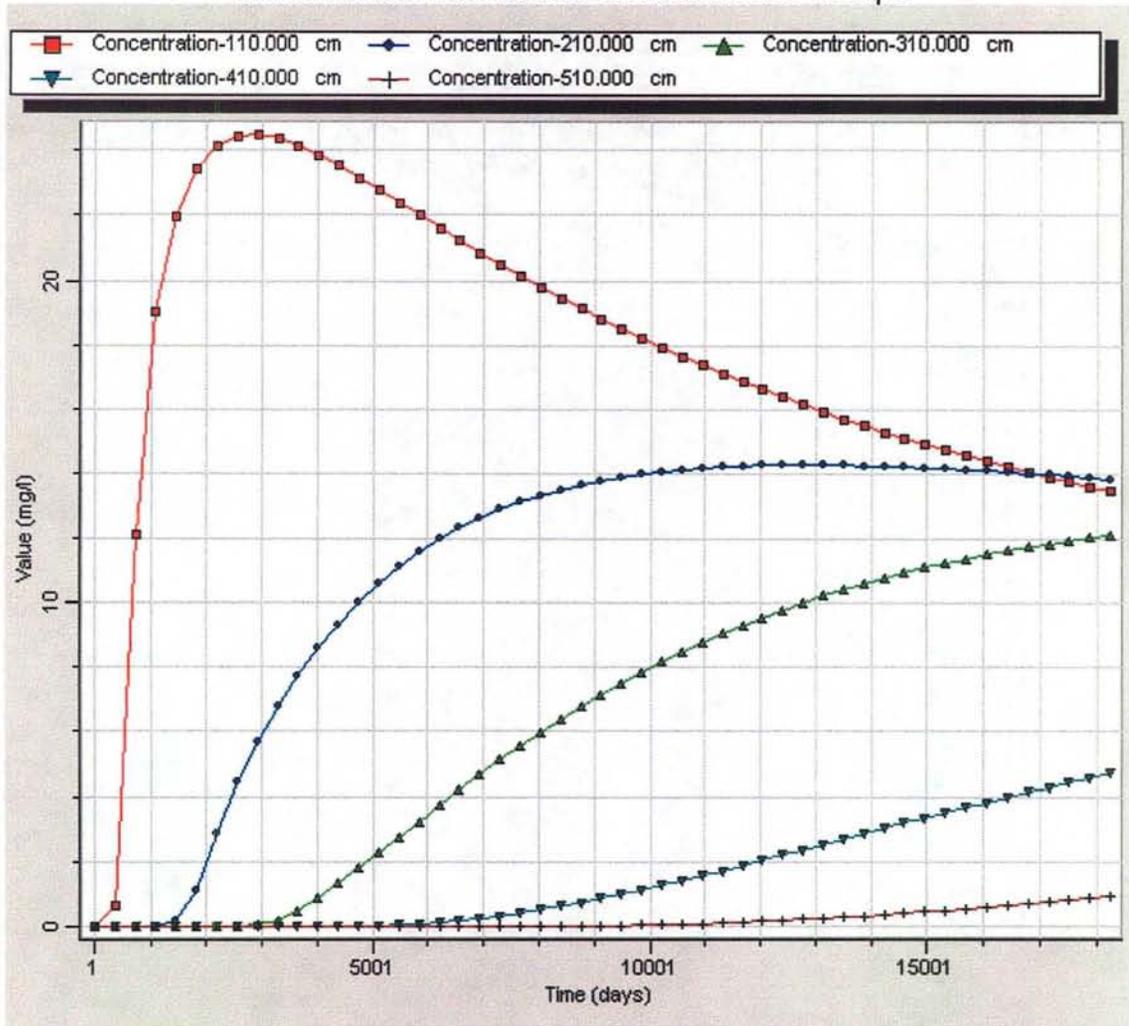
En la Figura 8.3-18 se muestra el perfil de concentración en la columna de análisis para los 6 primeros años de simulación. Se observa como en los primeros metros de suelo se producen grandes concentraciones de nitrato, reduciéndose muy lentamente a través del tiempo.

Figura 8.3-18  
Concentración de Nitrato en Profundidad



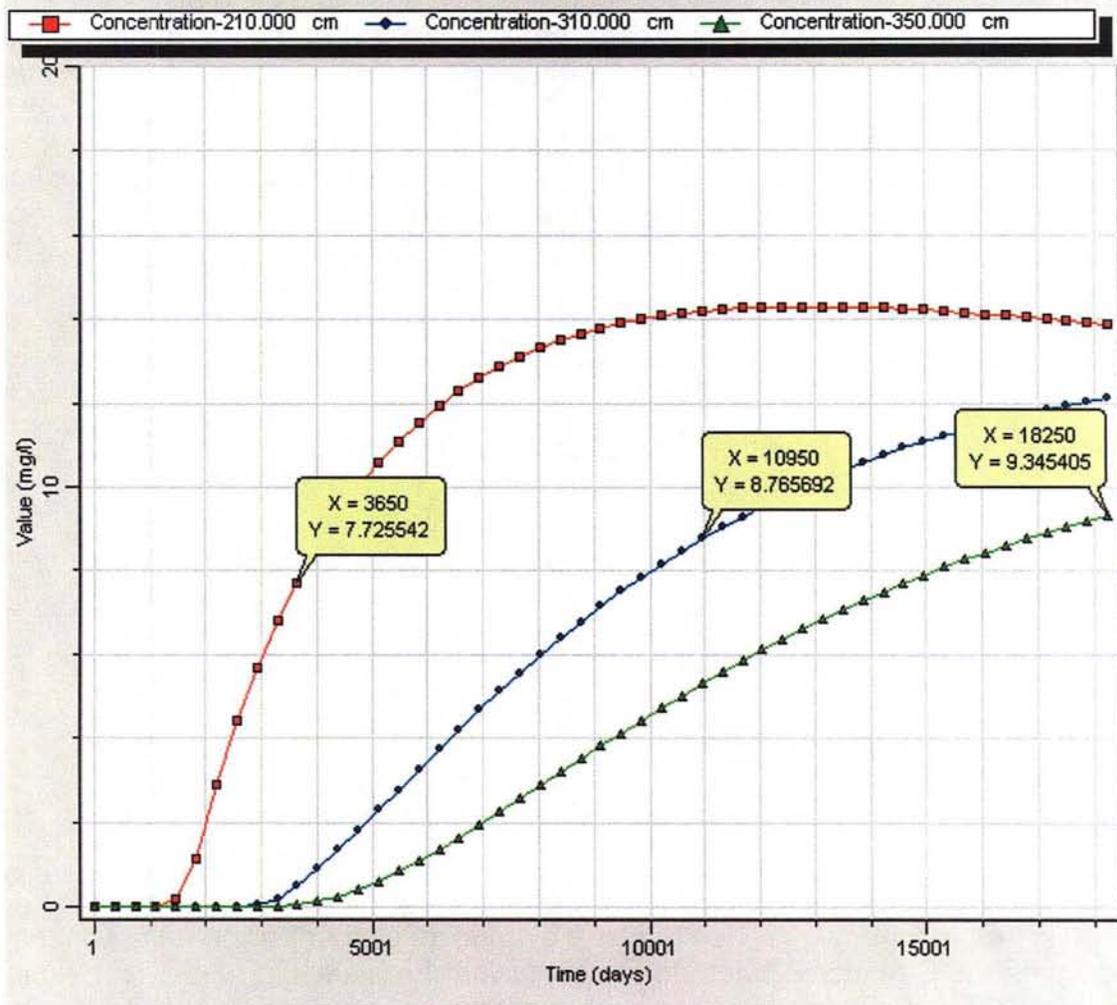
La Figura 8.3-19 muestra el comportamiento del contaminante a través del tiempo para profundidades entre los 1.1 y 5.1 metros a intervalos de un metro. Se puede observar que para un punto específico, la concentración posee un máximo; sin embargo, el proceso es muy lento y en general sólo se puede observar un comportamiento creciente de la concentración del contaminante.

Figura 8.3-19  
Concentración de Nitrato en función del Tiempo



En la Figura 8.3-20 se observa el comportamiento del contaminante a la profundidad en que la concentración llega a ser menor al valor máximo aceptable para tiempos igual a 10, 30 y 50 años. Las profundidades alcanzadas por el contaminante fueron de 2.1, 3.1 y 3.5 m., respectivamente.

Figura 8.3-20  
Profundidad máxima de contaminación sobre el valor máximo aceptable



### 8.3.4.3 Escenario F-M1: Nitratos en la comuna de Hualañé

La zona modelada en el escenario F-M1 corresponde a una superficie de 9966 Ha ubicada en la comuna de Hualañé, provincia de Curicó, región del Maule.

En la Tabla 8.3-8 se observan los valores adoptados para cada uno de los parámetros necesarios en la simulación del escenario F-M1. Los parámetros relacionados con las características del suelo corresponden a un terreno clasificado como "Loam", cuyo porcentaje de Arena, Grava y Arcilla es 40%, 40% y 20%, respectivamente.

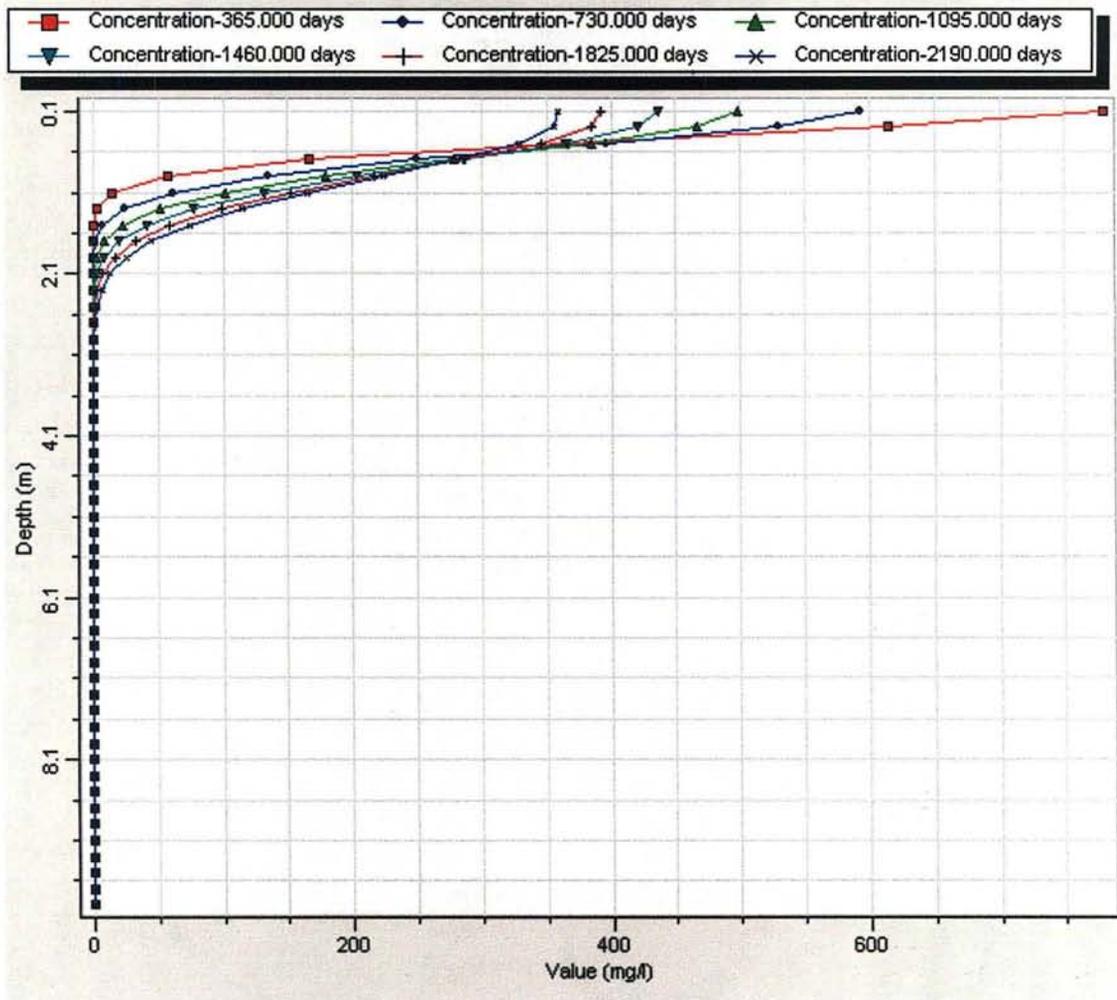
Tabla 8.3-8  
Parámetros Escenario F-M1

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
Transport Upper Boundary	mg/l	58362
Saturated Hydraulic Conductivity	cm/hr	1.131
Specific Storage	1/m	0.0000001
Porosity	-	0.472
Residual Moisture Content	-	0.11
Bulk Density	gr/cm <sup>3</sup>	1.4
Longitudinal Dispersivity	m	2.5
Molecular Diffusion	cm <sup>2</sup> /día	0.2
Decay Constant	1/día	0
Linear Adsorption	cm <sup>3</sup> /gr	0.55

Fuente: Ver punto 8.3.4.1

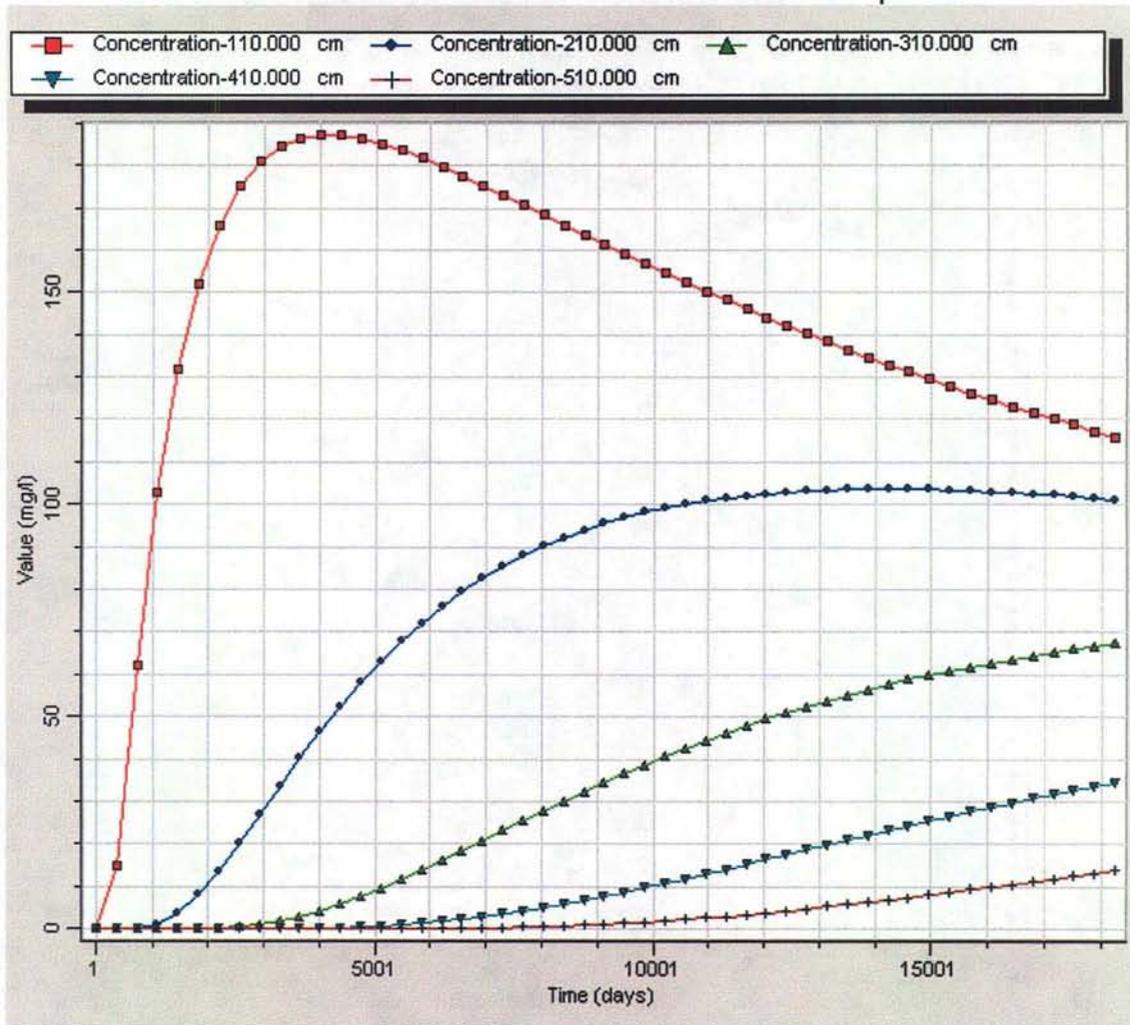
En la Figura 8.3-21 se muestra el perfil de concentración en la columna de suelo para los 6 primeros años de la simulación. La situación resulta ser similar al escenario F-H1, sin embargo, para este caso la contaminación superficial es mucho mayor, por lo que el contaminante es capaz de penetrar con concentraciones altas a profundidades mayores.

Figura 8.3-21  
Concentración de Nitrato en Profundidad



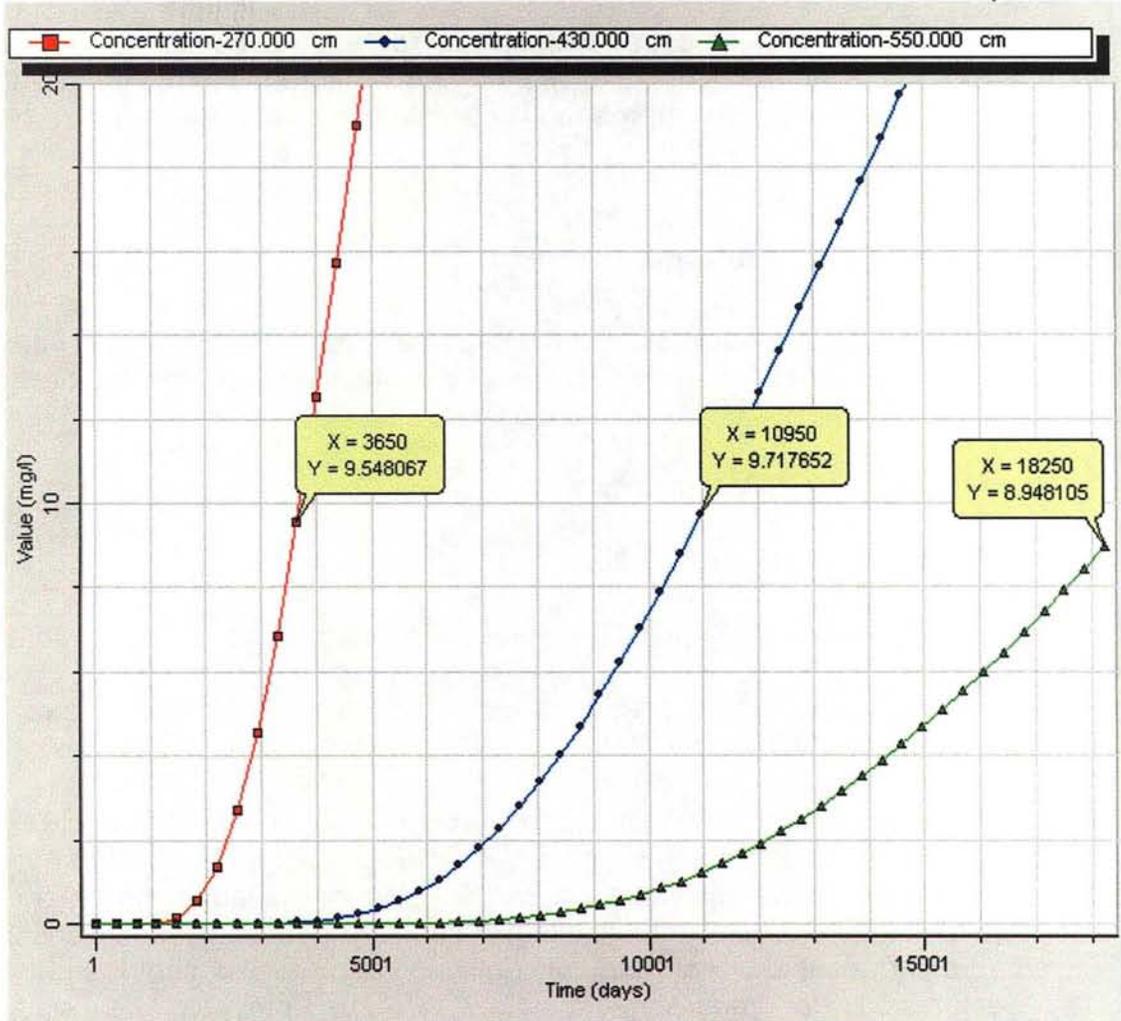
La Figura 8.3-22 muestra el comportamiento del contaminante a través del tiempo para profundidades entre 1.1 y 5.1 metros a intervalos de un metro. Se observa el mismo comportamiento observado en el escenario F-H1, donde el peak de concentración sólo es alcanzado en los primeros metros de suelo.

Figura 8.3-22  
Concentración de Nitrato en función del Tiempo



En la Figura 8.3-23 se observa el comportamiento del contaminante a la profundidad en que la concentración llega a ser menor al valor máximo aceptable para tiempos igual a 10, 30 y 50 años. Las profundidades alcanzadas por el contaminante fueron de 2.7, 4.3 y 5.5 metros, respectivamente.

Figura 8.3-23  
 Profundidad máxima de contaminación sobre el valor máximo aceptable



### 8.3.5 Simulación de Contaminación por Ganadería

A continuación se muestra la simulación realizada al escenario asociado a contaminación por ganadería, junto con los parámetros utilizados para su realización. En este caso la variable de interés considerada como representativa de este fenómeno fue la  $DBO_5$

#### 8.3.5.1 Obtención de la información

La información relacionada con el tipo de suelo fue obtenida del mismo modo como fue realizado en el caso de la contaminación por pesticidas y fertilizantes. Los parámetros obtenidos de este modo son los siguientes:

- *Saturated Hydraulic Conductivity*
- *Porosity*
- *Bulk Density*

La dispersividad longitudinal del suelo fue obtenida del software "EnviroBase Lite", dado el tipo de suelo en cada zona. En relación con el almacenamiento específico y el contenido de humedad residual, se utilizaron los valores disponibles en WUSP por defecto.

En relación con las condiciones de borde de flujo, la condición superior fue considerada como la infiltración máxima producida en la zona, mientras que la condición inferior se supuso equivalente a un nivel freático ubicado justo en la parte más baja de la columna de suelo analizada. En cuanto a la condición de transporte, se asumió una carga superior con una concentración asociada, la cual fue obtenida de la "Declaración de Impacto Ambiental<sup>10</sup>" de un proyecto de similares características, mientras que en la parte inferior la concentración es igual a cero.

En cuanto a la constante de decaimiento de la  $DBO_5$ , se consideró un valor de  $0.03 \text{ 1/día}^{11}$ . La Evapotranspiración fue considerada nula debido a que esta situación resulta ser más desfavorable. Sobre la difusión molecular, se utilizó el valor que WUSP proporciona por defecto, debido a que en la zona no saturada este parámetro no es importante.

El problema de adsorción no fue considerado en la simulación, ya que este efecto resulta ser despreciable frente al decaimiento natural de la  $DBO_5$  provocado por la actividad microbiológica.

<sup>10</sup> "Proyecto Plantel de Cerdos La Valdesina". Declaración de Impacto Ambiental, Arcadis Geotécnica, 2005.

<sup>11</sup> Metcalf & Eddy, Ingeniería de Aguas Residuales. "Tratamiento, Vertido y Reutilización". Tercera Edición.

El tiempo de simulación considerado ha sido de 1 año, en una columna de suelo de 10 metros de espesor, esto debido a que el decaimiento de la DBO<sub>5</sub> permite que se logre una estabilización del perfil de concentración en tiempos relativamente cortos.

Finalmente, se consideró un valor máximo aceptable de DBO<sub>5</sub> en el agua subterránea igual a 35 mg/l, el cual corresponde al límite máximo para emisiones de RILes a aguas marinas y continentales según el DS 90 del 2000. No se consideró un valor límite específico para aguas subterráneas ya que la norma chilena no considera este parámetro.

### 8.3.5.2 Escenario G-M1: Actividad ganadera en cuenca del Mataquito

El escenario G-M1 corresponde a un Plantel de Cerdos ubicado en el Fundo El Peñón, en la comuna de Curicó, provincia de Curicó, región del Maule.

En la Tabla 8.3-9 se observan los valores adoptados para cada uno de los parámetros necesarios en la simulación del escenario G-M1. Los parámetros relacionados con las características del suelo corresponden a un terreno clasificado como "Loam", cuyo porcentaje de Arena, Grava y Arcilla es 50%, 30% y 20%, respectivamente.

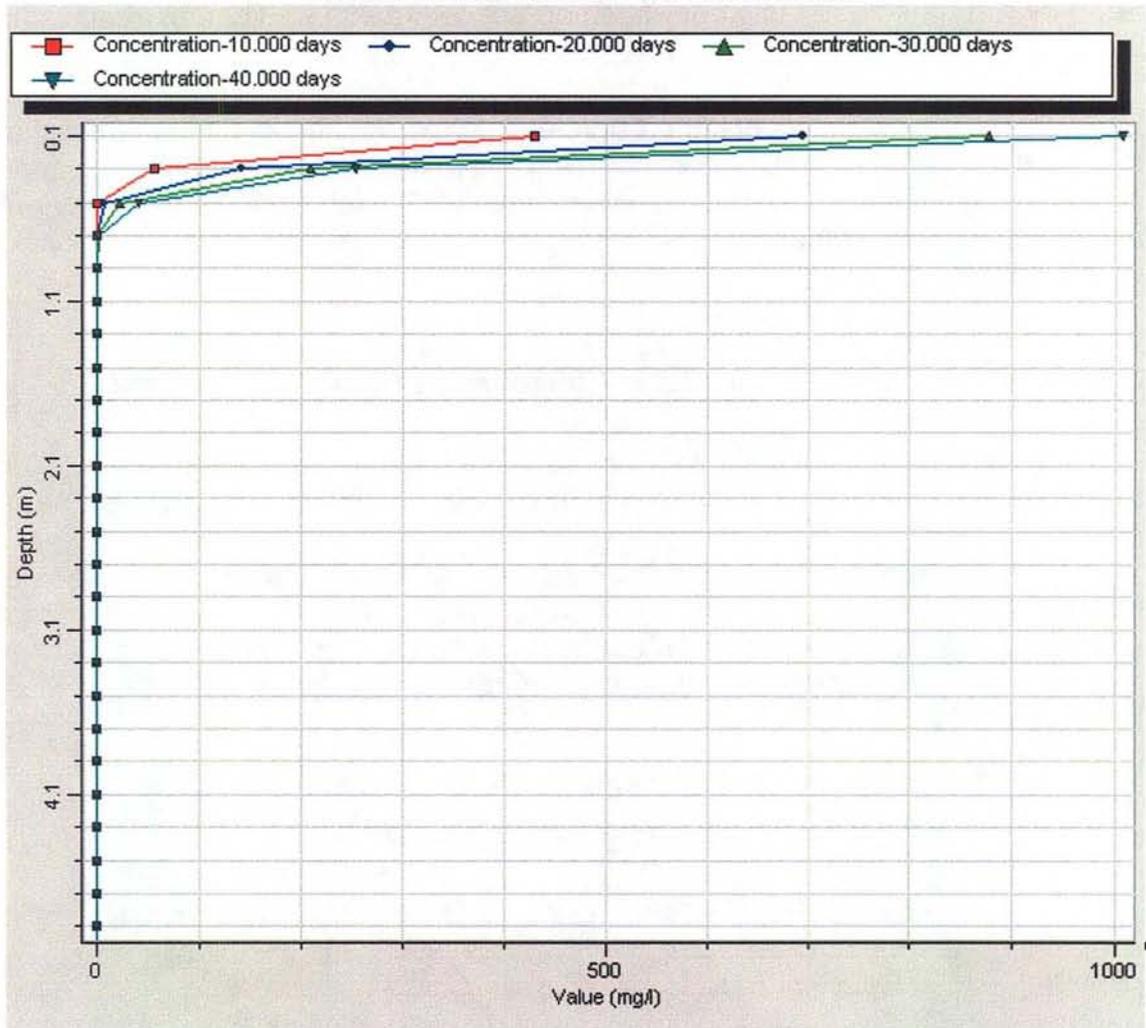
Tabla 8.3-9  
Parámetros Escenario G-M1

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
Transport Upper Boundary	mg/l	1040
Saturated Hydraulic Conductivity	cm/hr	1.396
Specific Storage	1/m	0.0000001
Porosity	-	0.46
Residual Moisture Content	-	0.11
Bulk Density	gr/cm <sup>3</sup>	1.43
Longitudinal Dispersivity	m	2.5
Molecular Diffusion	cm <sup>2</sup> /día	0.2
Decay Constant	1/día	0.03

Fuente: Ver punto 8.3.5.1

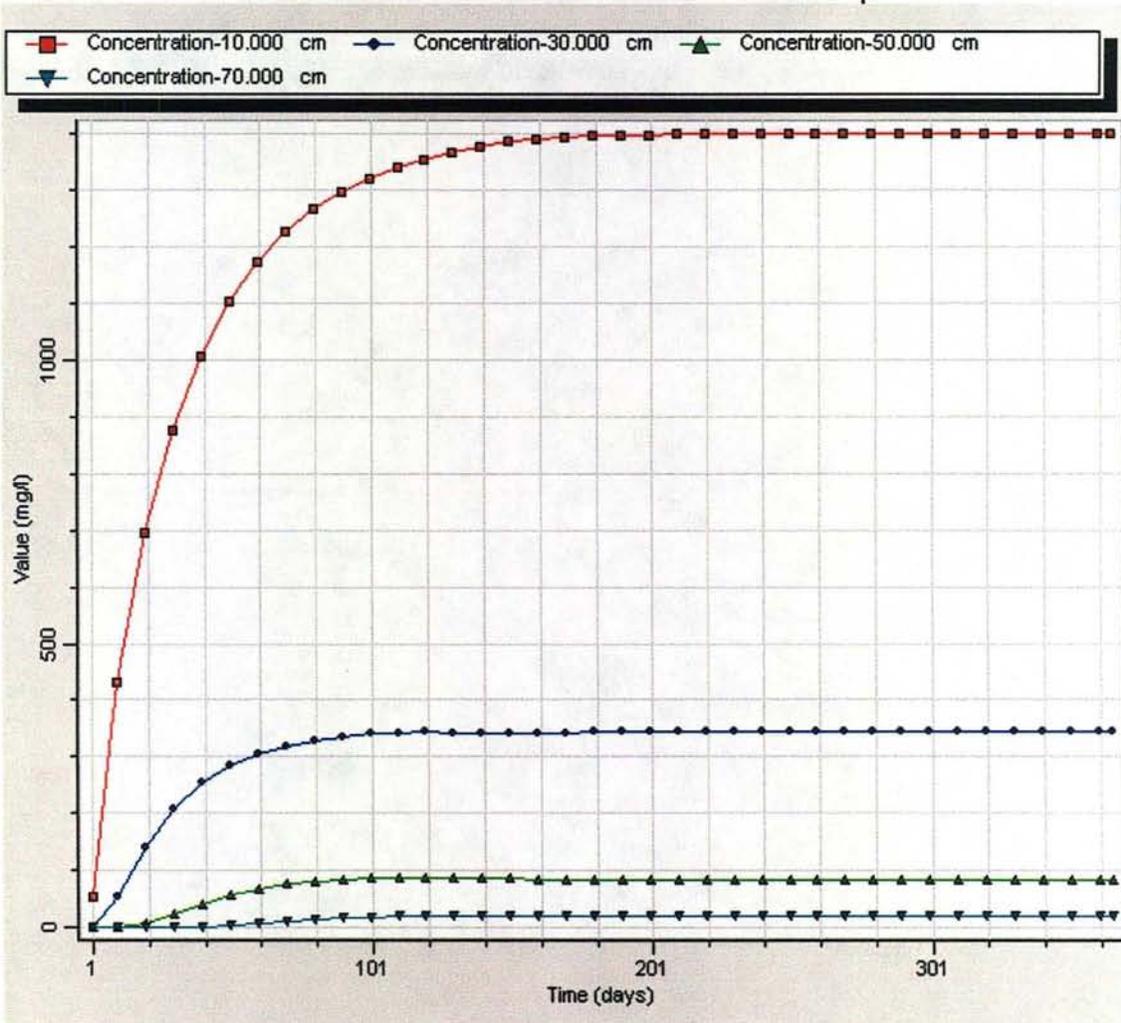
En la Figura 8.3-24 se muestra el perfil de concentración en la columna de suelo para los 10, 20, 30 y 40 días de simulación. Se observa que la concentración de DBO<sub>5</sub> aumenta a través del tiempo. Esto se debe a que la aplicación en superficie se realiza en forma diaria durante todo el período de simulación. A pesar de esto se observa que los niveles descienden muy rápidamente dentro del primer metro de suelo, lo que se debe a la tasa de decaimiento de la DBO<sub>5</sub>.

Figura 8.3-24  
Concentración de DBO en Profundidad



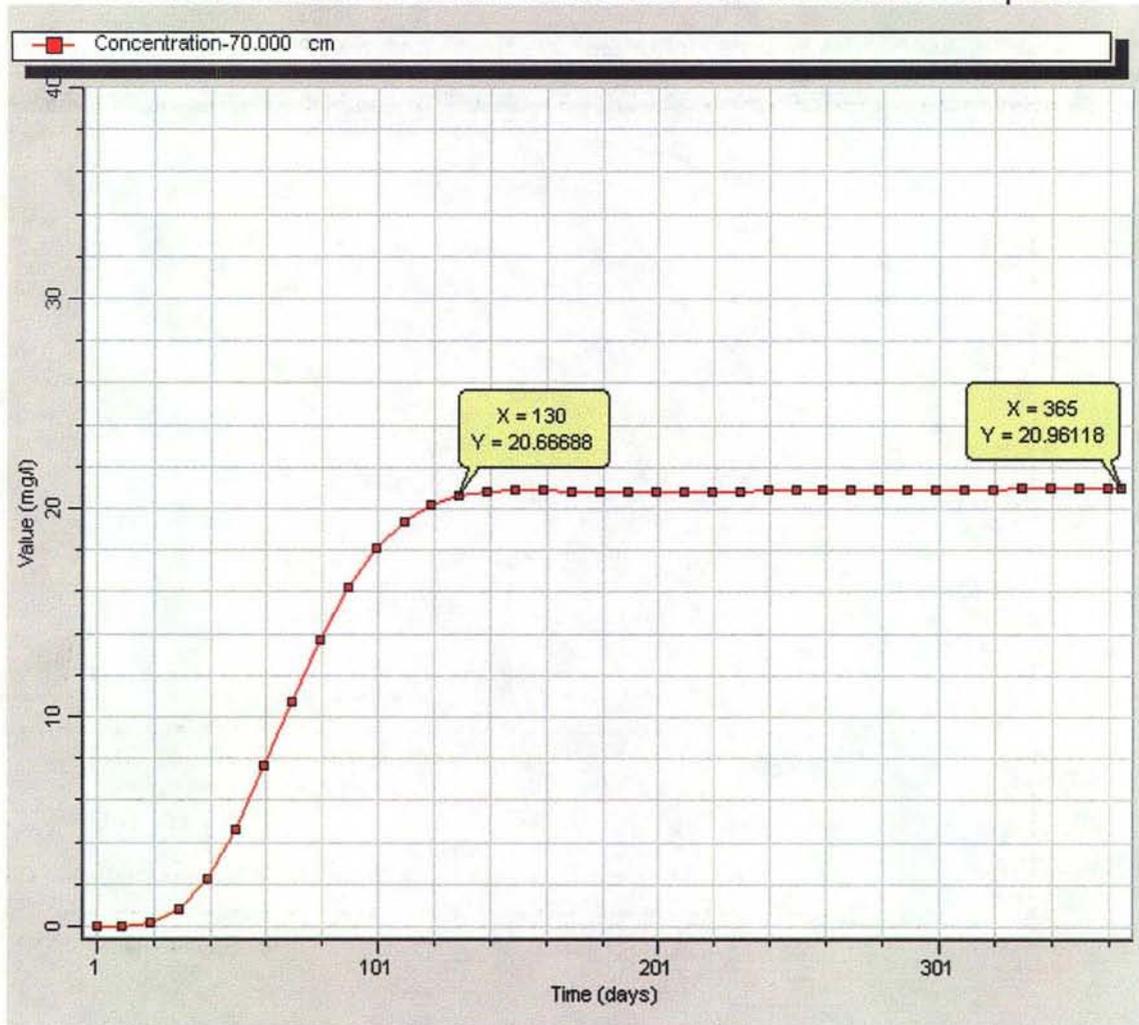
La Figura 8.3-25 muestra el comportamiento del contaminante a través del tiempo para 10, 30, 50 y 70 cm de profundidad. Se observa que los niveles de concentración en un punto específico se estabilizan en un tiempo inferior al año de simulación, lo que se debe al equilibrio entre la entrada de  $DBO_5$  y la tasa de decaimiento de la misma. También se aprecia que la disminución de la concentración con la profundidad es muy rápida.

Figura 8.3-25  
Concentración de DBO en función del Tiempo



En la Figura 8.3-26 se observa el comportamiento del contaminante a la profundidad en que la concentración llega a ser menor al valor máximo aceptable. Se observa que para una profundidad de 70 cm, la concentración de DBO<sub>5</sub> no supera los 21 mg/l.

Figura 8.3-26  
Profundidad máxima de contaminación sobre el valor máximo aceptable



## 8.4 SÍNTESIS DE RESULTADOS

El resultado más importante obtenido en la simulación mediante WUSP es la profundidad máxima que alcanza el contaminante. La Tabla 8.4-1 muestra la profundidad máxima alcanzada en cada uno de los escenarios analizados.

Tabla 8.4-1  
Penetración Máxima del Contaminante

Escenario	Profundidad Máxima [m]
P-H1	2.0
P-M1	20.3
P-M2	11.5
P-M3	1.5
P-M4	1.5
F-H1	3.5
F-M1	5.5
G-M1	0.7

Fuente: Elaboración Propia

El escenario P-H1 muestra que el contaminante alcanza una profundidad de dos metros. El catastro de pozos de la comuna de Vallenar muestra que, aunque siendo escasos los pozos ubicados en la zona de interés, ninguno de ellos posee un nivel estático tan poco profundo. Sin embargo en las cercanías a la zona existen pozos con niveles estáticos igual a un metro, los cuales se encuentran muy cerca del río Huasco. Este hecho permite suponer que las zonas de aplicación de pesticidas cercanas al río podrían tener niveles freáticos a una profundidad menor a dos metros y que correrían peligro de contaminación.

El escenario P-M1 es el más peligroso, ya que las características del pesticida hacen que este sea capaz de penetrar hasta más de 20 metros de profundidad en un período de simulación de 50 años. La zona de aplicación del pesticida es bastante amplia, aunque de la información de los pozos, se infiere que los niveles estáticos se ubican a profundidades mucho menores que los 20 metros, por lo que esta zona corre un gran riesgo de contaminación en el largo plazo.

El escenario P-M2 muestra una situación similar al escenario P-M1. Sin embargo, en este sector existe una gran cantidad de pozos, cuya información muestra que las zonas de mayor riesgo son las cercanas al río Teno y el sector norponiente de la comuna, cuyos niveles freáticos son menores a 11.5 metros. El resto de la comuna muestra niveles muy profundos, sin peligro de contaminación.

El escenario P-M3 muestra una penetración poco profunda del contaminante, por lo que el riesgo es muy bajo. La comuna correspondiente posee una gran cantidad de pozos, de los cuales 6 poseen niveles inferiores a 1.5 metros y solo uno de ellos se encuentra en zonas de aplicación de pesticidas. De todos modos

el mayor porcentaje de superficie de aplicación de pesticida se encuentra en la zona sur-oriente de la comuna, la cual posee muy poca información, por lo que existe un riesgo potencial en ese sector.

El escenario P-M4 muestra muy poca penetración de contaminante y dentro de la comuna solamente dos pozos mostraron niveles estáticos inferiores a los 1.5 metros, los cuales no se encuentran dentro de la zona de aplicación. Estos pozos se encuentran en la ribera norte del río Mataquito, por lo que es posible asumir que el área de interés no presenta problemas de contaminación debido a su mayor lejanía del río.

El escenario F-H1 muestra una penetración de contaminante hasta los 3.5 metros, encontrándose 5 pozos con niveles estáticos menores a este valor. Estos pozos se encuentran todos en las cercanías del río Huasco, existiendo una gran superficie más alejada con muy poca información, mostrando en los pocos pozos existentes niveles más profundos. Es posible asumir que las zonas más alejadas del río se encuentran sin riesgo de contaminación.

El escenario F-M1 muestra una situación similar al escenario P-M4. El contaminante penetra hasta los 5.5 metros, pero no es posible analizar la situación en la zona de interés, ya que esta se encuentra relativamente alejada del río y la mayor parte de los pozos se encuentran en las cercanías de éste. Estos pozos muestran niveles menores a los 5.5 metros, pero sus niveles no son representativos de la zona de interés.

El escenario G-M1 muestra muy poca penetración de la  $DBO_5$  en el suelo, principalmente provocada por la tasa de decaimiento de ésta. Los 5 puntos de actividad ganadera se encuentran ubicados en zonas con niveles freáticos más profundos que 0.7 metros, por lo que en este sentido no se corre riesgo de contaminación.

Las Figuras 8.4-1, 8.4-2 y 8.4-3 muestran los resultados obtenidos referidos a cada una de las zonas de análisis para las cuencas de Huasco y Mataquito.

Figura 8.4-1  
Escenarios Hipotéticos para Pesticida y Fertilizante - Huasco

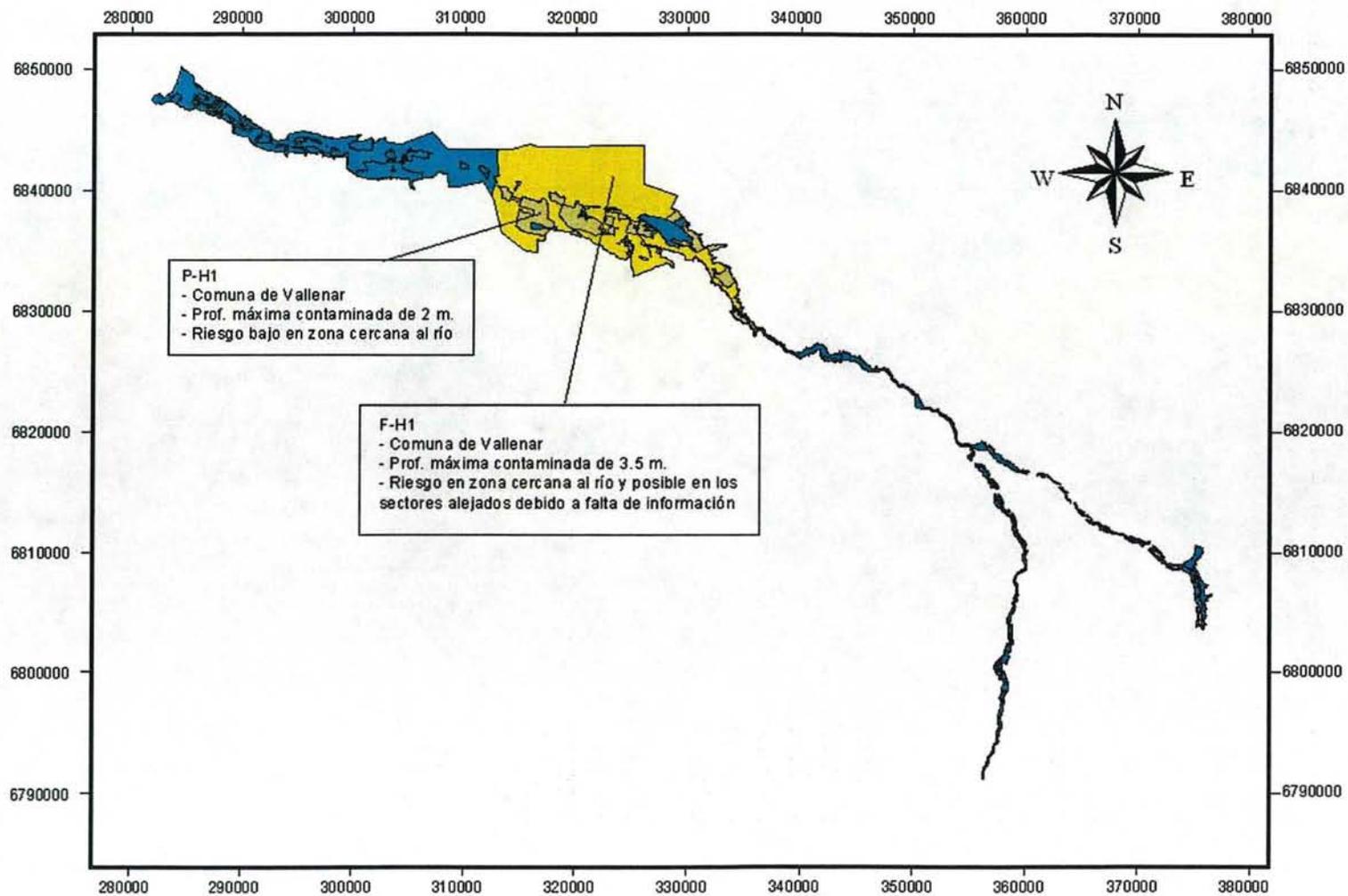


Figura 8.4-2  
Escenarios Hipotéticos para Pesticida – Mataquito

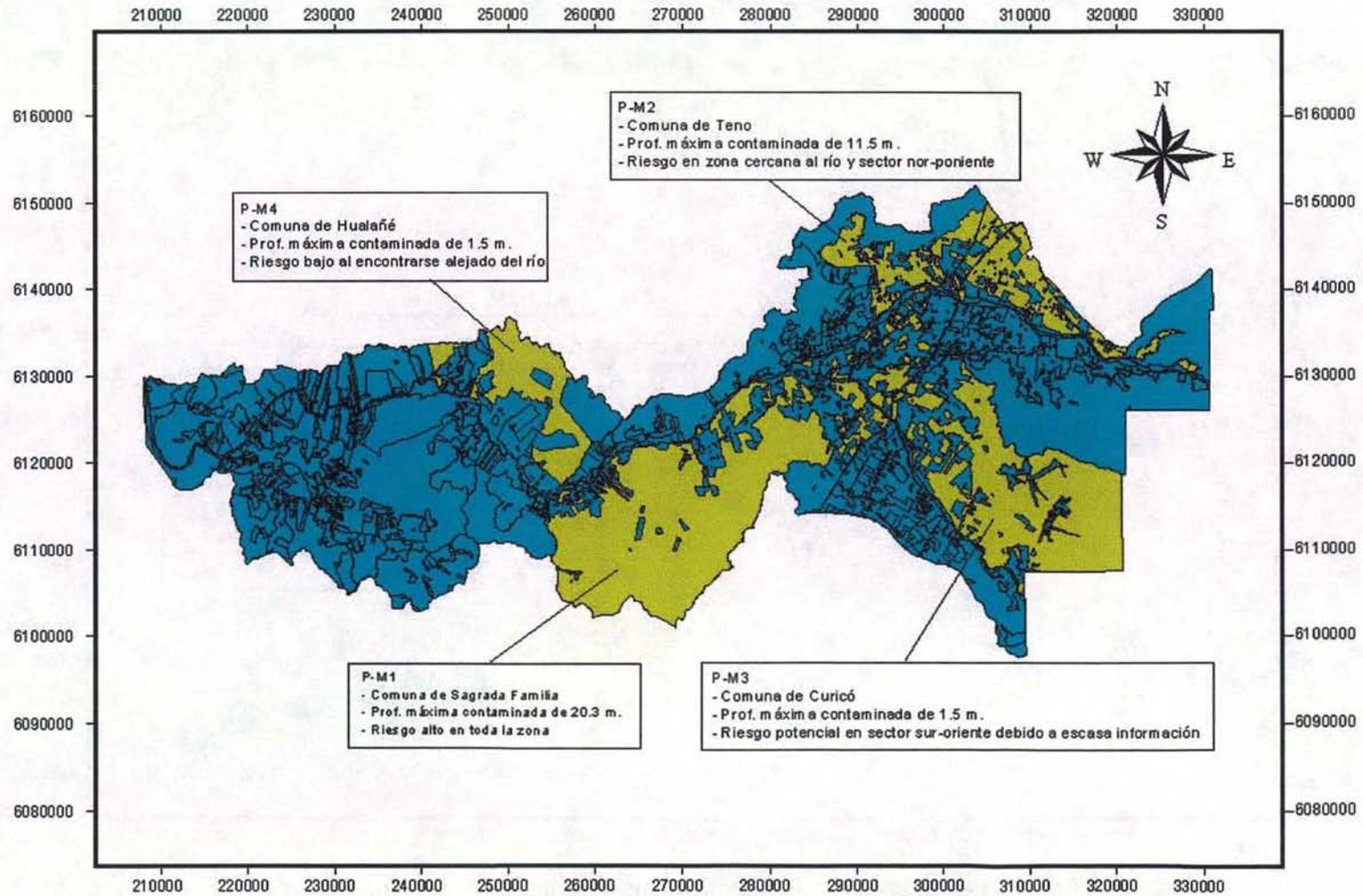
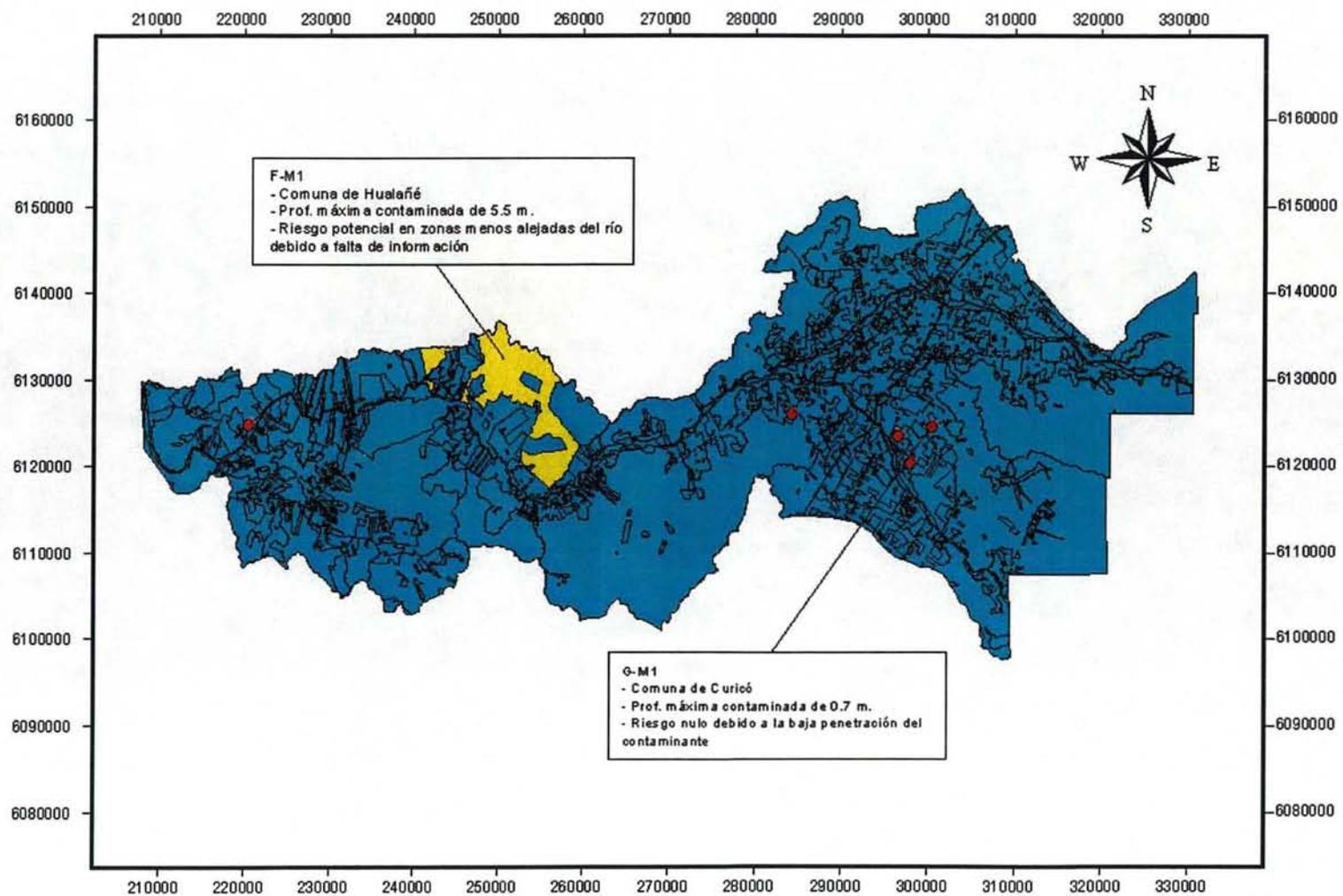


Figura 8.4-3  
Escenarios Hipotéticos para Fertilizante y Ganadería – Mataquito



## 9 PROPUESTA DE MANEJO HIDROGEOLÓGICO

Una propuesta de manejo de las aguas subterráneas debe considerar en primer lugar la necesidad de conocer en la situación actual el estado de las demandas y de la oferta de esas aguas. Esto significa determinar el uso que se le está dando a las aguas subterráneas en cuanto a caudales de explotación, para compararlo con la disponibilidad, obtenida como caudales continuos factibles de extraer o como volúmenes, teniendo debida consideración de las limitaciones que se debe imponer según la actual legislación (5% del volumen almacenado en 50 años). En ese contexto, el estado actual de esas aguas, en cuanto a su calidad y a eventuales riesgos potenciales de contaminación, resulta fundamental para que su aprovechamiento sea factible en lo técnico, legal y ambiental.

En el caso de las cuencas de los ríos Huasco y Mataquito se considera como relevante las perspectivas de desarrollo agrícola de ambos valles, el estado basal actual de los acuíferos, en cuanto a la calidad de sus aguas, y la potencialidad de que puedan ser contaminados, lo que ocurre, casi exclusivamente, a través de la zona no saturada<sup>1</sup>.

En relación al potencial agrícola de ambos valles, el estudio ha permitido concluir y definir cuáles serían las zonas y rubros que tienen mejores perspectivas de desarrollo, para cuyo riego las aguas subterráneas serán fundamentales.

En la cuenca del río Huasco se ha determinado la existencia de tres áreas potenciales para mayor desarrollo agrícola y uso de aguas subterráneas:

- La primera corresponde al área costera, en donde debido a la calidad actual de sus suelos y el clima imperante, se debe continuar el trabajo con olivos, pero en vez de ser destinados al consumo de mesa, deben ser orientados a la producción de aceite. En aquellos suelos de mayor potencial se podría cultivar rubros tan rentables como las mandarinas y paltos.
- En el área intermedia, correspondiente básicamente a alrededores de Vallenar, y al poniente del embalse de Santa Juana, además del cultivo de cítricos, paltos y olivos, se puede pensar en la introducción de hortalizas de consumo fresco bajo invernadero y hortalizas con destino agroindustrial. De esta forma, en estado fresco se puede cultivar bajo invernadero tomates y pimentones, que en la forma de primores poseen una alta rentabilidad, y de alcachofines para uso agroindustrial.
- En los valles precordilleranos de El Tránsito y San Félix, el principal cultivo a considerar es la uva de mesa, la cual tiene ventajas comparativas en esta zona debido al clima y al uso de laderas para su mejor exposición.

---

<sup>1</sup> Cabe destacar que la vulnerabilidad de un acuífero está en función de las propiedades de esta zona.

Puede apreciarse que en la zona intermedia y en los valles precordilleranos de la cuenca del Huasco, el desarrollo de frutales y vides es lo que se espera se mantenga e incremente en el futuro, lo que requiere de la aplicación de pesticidas y fertilizantes, pudiéndose concluir entonces que esas áreas serán las más expuestas a eventual contaminación de sus napas, por el efecto de la percolación de aguas con esos compuestos. El caso de las vides en los valles precordilleranos es particularmente importante, porque son especies muy sensibles a la aparición de plagas, y por ello, más vulnerables a una eventual contaminación de sus napas.

Por otro lado, en estos momentos se está esperando la aprobación del proyecto de Agrosuper S.A., denominado Proyecto Agroindustrial del Valle del Huasco, aguas abajo de Vallenar, el cual tendría dos implicancias. La primera en relación a la disponibilidad del recurso, ya que requerirá de aguas subterráneas, fuente que podría mostrar limitaciones en el mediano plazo. La segunda está en que se pretende disponer los residuos líquidos como parte de las aguas de riego, lo cual los transforma de inmediato en un foco importante de potencial contaminación de las napas.

Se puede concluir entonces que se tendrá a futuro una delicada situación en el valle del río Huasco, porque es probable que se vean amagadas tanto la calidad como la disponibilidad de recursos de aguas subterráneas.

Con respecto a la cuenca del río Mataquito la situación es diferente. El valle del Mataquito ha adquirido ya un desarrollo agrícola suficiente, de modo que aunque los proyectos futuros existen, no serían ni tan sensibles al tema de la disponibilidad de aguas subterráneas, ni al de su calidad, como los del Huasco, salvo contadas excepciones. En particular, se tienen las siguientes perspectivas de desarrollo:

- En la zona de Romeral y Teno (área nor-oriental), sería adecuada la intensificación con berries, manzanos y cerezos que poseen una adecuada rentabilidad por hectárea.
- En la zona de Curicó, se da una amplia gama de especies, entre las que se recomiendan vides viníferas, cerezos, manzanos y berries.
- En Molina (sector sur-oriental), el principal rubro a explotar es la vid vinífera, además de algunos berries y cerezos.
- En la zona intermedia, donde se ubican las comunas de Sagrada Familia, Rauco y Hualañé, además de considerar en cultivo de vides viníferas, se debe pensar en la introducción de frambuesa y olivos para la producción de aceite.
- En el área costera, específicamente Licantén y Curepto, se plantea el cultivo de frutillas y olivos.

Como puede observarse, en la cuenca del Mataquito las explotaciones agrícolas podrían tender o intensificarse hacia frutales, cítricos, olivos, uva de mesa y vinífera. En todos esos casos el actual uso de pesticidas, herbicidas y fertilizantes aumentaría, pudiendo transformarse en un foco de contaminación de las napas, a pesar que los resultados de este trabajo, en que se ha estimado que los efectos son sólo limitados.

Además, dado que en términos prácticos las fuentes superficiales estarían prácticamente agotadas en ambos valles, es lógico pensar en un uso cada vez mayor de agua subterránea para suplir los nuevos requerimientos asociados a esas explotaciones agrícolas.

Lo anterior se avala con el hecho de que la condición actual de las napas subterráneas es de no estar sobreexplotadas, ya que la autoridad correspondiente (DGA) no ha establecido limitaciones respecto de ello, como en otros varios casos en el país. En todo caso, por su condición geomorfológica y climática, la cuenca del río Huasco presentaría una mayor limitación hidroambiental.

En el presente estudio se ha cumplido con el objetivo de caracterizar el estado actual del agua subterránea asociada a los principales acuíferos presentes en los valles de los ríos Huasco y Mataquito, en cuanto a su cantidad y calidad. Dicho objetivo ha sido logrado, pese a los pocos antecedentes disponibles, particularmente de calidad, y apoyándose en la modelación de los procesos de transporte de sustancias indeseables hasta las napas, por la acción del manejo que se hace allí de los recursos de agua, por los compuestos que se aplican en áreas agrícolas, para proteger cultivos y aumentar su producción, y por la disposición de desechos líquidos y sólidos. Respecto de ello, cabe destacar como fundamental lo siguiente:

- Según los análisis de calidad de aguas efectuados a las muestras tomadas en napas de ambas cuencas, no se identificó ningún efecto ni proceso de franca contaminación por causas antrópicas en el agua subterránea presente en los principales acuíferos, lo cual es algo que coincide con los resultados de las simulaciones realizadas con los modelos, no obstante que debe reconocerse la existencia de algunos focos contaminantes .
- No obstante lo anterior, de los escenarios hipotéticos ensayados se desprende que habría a lo menos un sector con mayor riesgo de contaminación por efecto de las actividades en superficie. Es el caso de la zona de alrededor de 40.000 Ha, ubicada en la comuna de Sagrada Familia, en la cuenca del río Mataquito, donde existiría la posibilidad de que los pesticidas alcancen el nivel freático, sobretodo en áreas en que el nivel de las aguas subterráneas es más superficial, cerca de los cauces naturales.
- Más allá de los escenarios simulados y sus resultados, debe reconocerse que de producirse efectos sobre las napas en algún tiempo más, éstos se harán

evidentes, muy posiblemente, en ciertos sectores que ya podrían identificarse, sobre los cuales habría que poner mayor atención en todo lo que sea control y monitoreo de las aguas subterráneas en el lugar.

- a) En la cuenca del río Huasco: en el área en torno al proyecto de AGROSUPER aguas abajo de Vallenar, en áreas de explotación de frutales y vides en la comuna de Vallenar cerca del río, en los acuíferos de escasos recursos de agua subterránea en zonas de desarrollo de vides en el valle del río El Tránsito
- b) En la cuenca del río Mataquito: en todas las áreas donde existan explotaciones de frutales y vides con niveles de aguas subterráneas a menos de 10 metros de profundidad, como son los casos de la comuna de Sagrada Familia y las áreas agrícolas en las vecindades del río Mataquito aguas abajo de Curicó (comuna de Hualañé principalmente), en los sectores donde exista actualmente o vaya a existir una actividad ganadera relevante (comuna de Curicó)

En cada uno de los casos señalados, o en otros que a futuro puedan aparecer, las herramientas de modelación desarrolladas pueden resultar muy útiles. En efecto, utilizando los modelos que representan el transporte de masas en las fases no saturada del suelo y en la saturada correspondiente a las napas, al modificarse la condición puntual del estímulo en superficie (así fue simulada ya que es como se presenta en la actualidad), haciéndola persistente en el tiempo, podrá determinarse los tiempos de tránsito de la pluma contaminante hasta alcanzar el nivel de la napa, para de allí aplicar el modelo de la zona saturada. Aunque ésta es una condición aparentemente irreal, daría mucha información útil para decidir dónde debe destinarse mayor atención y recursos para el control y monitoreo de las napas.

Por otra parte, de detectarse en el corto o mediano plazo la presencia de compuestos indeseables en las aguas subterráneas de algunos de estos sistemas, las medidas de mitigación, que con seguridad deben ser exigidas a los responsables de la afectación, deben partir, de ser posible, con un adecuado tratamiento de los efluentes si es el caso, o en su defecto instalar elementos que intercepten y permitan recuperar las aguas contaminadas para que sean tratadas o dispuestas en cauces donde su capacidad de dilución lo permita.

A partir de lo anterior, a continuación se propone una serie de medidas o acciones que permitirían mejorar la gestión misma de los acuíferos en los valles estudiados:

### **Sobre el Conocimiento de los Sistemas y su Funcionamiento.**

Para lograr un mayor conocimiento del estado y dinámica de los sistemas de aguas subterráneas, algunas líneas de acción consideradas prioritarias según la realidad establecida para cada zona del estudio serían las siguientes:

- Establecer una red de vigilancia y control de niveles y de calidad del agua subterránea en la cuenca del Mataquito, hoy inexistente, lo cual le compete directamente a la Dirección General de Aguas del MOP.
- Implementar una red de vigilancia de la calidad del agua subterránea en la cuenca del río Huasco, también de competencia de la DGA.
- Desarrollar estudios para mejorar la caracterización de los acuíferos en el valle del río Huasco y de su comportamiento, de modo de llegar a conocer con la mayor precisión sus potencialidades como fuente de agua, en el marco de lo que establece las actuales normas de la DGA y Código de Aguas. Para ello se debiera considerar a lo menos una campaña detallada de prospecciones geofísicas (tipo TEM y gravimetría), la realización de pruebas de bombeo en sectores con poca o nula información para conocer los parámetros del acuífero, mejorarse con ello los modelos aquí desarrollados. En el caso del río Mataquito la información disponible y el modelo ya desarrollado, sólo requerirían ser mejorados con la información de una buena red de monitoreo y control de la DGA.
- Como ocurre en todos los casos en que en nuestro país se ha intentado realizar estudios como éste, hay un casi total desconocimiento de los valores de parámetros que son fundamentales si se pretende hacer un seguimiento a los procesos de flujo y transporte en la zona no saturada del suelo. Esto significaría incentivar a Universidades y Centros de Investigación Tecnológica sobre la necesidad de que, a estas alturas del Siglo XXI, definan líneas de investigación prioritarias en torno a estos temas. Solo así podrá dejarse de lado la especulación bibliográfica que es necesario realizar a partir de las experiencias extranjeras y se acortará la brecha de más de 30 años respecto a los países desarrollados. Más aún, los escasos esfuerzos realizados en laboratorio o en el campo sobre estos temas en Chile, tendrán un uso y un reconocimiento como corresponde.

### **Sobre Instrumentos de gestión.**

Los instrumentos de gestión corresponden principalmente a las leyes, normas o reglamentos que han sido desarrollados para mejorar la gestión de los recursos hídricos. Por ello su aplicación oportuna y con fundamento es gran importancia en la gestión de los acuíferos.

Como pudo deducirse del presente estudio, en la actualidad no se detectó una franca contaminación antrópica de los acuíferos con información en ambos valles (los asociados a los ríos Huasco y Mataquito). Tampoco existe una limitación actual por falta de disponibilidad de recursos en ninguno de los acuíferos estudiados.

No obstante ello, es posible que en el corto o mediano plazo sea necesario considerar por parte de la DGA, la declaración de un Área de Restricción para nuevas explotaciones en el valle del Huasco, debido al incremento sostenido de las aguas subterráneas para hacer frente a las buenas perspectivas de desarrollo agropecuario del valle. En esto está el mencionado caso del proyecto de AGROSUPER que implica una importante demanda de aguas subterráneas.

Por otro lado, en cuanto a la calidad del recurso subterráneo, es necesario tener en cuenta que está vigente desde hace pocos años una Norma de Emisión a las Aguas Subterráneas (DS 46/2002), la que debiera tener un efecto a largo plazo, al limitarse o controlarse las emisiones contaminantes asociadas a los procesos mineros y agropecuarios en el caso del Huasco, y a los agroindustriales en el caso del Mataquito.

De igual forma es relevante el efecto que tendrá la Norma de Emisión a Aguas Superficiales (DS 90/2000), particularmente en el caso en que se pretenda bombear aguas subterráneas contaminadas para descargarlas a cauces superficiales naturales.

Las Normas de Calidad Ambiental, especialmente las Secundarias, aún no están vigentes en las zonas estudiadas. Esos instrumentos tienen por objetivo establecer las condiciones ambientales que deben ser cumplidas para asegurar la protección del medio ambiente. Éstas son aplicables y representativas de una determinada zonas geográfica, es decir, aplicables a una determinada fuente hídrica (uno o varios acuíferos), según su propia realidad. Al momento presente sólo existe una Guía desarrollada por la CONAMA, la cual fue utilizada en el presente estudio a modo de referencia.

Otro elemento de gestión territorial e hidroambiental importante sería la delimitación de zonas o perímetros de protección, equivalentes a los utilizados en Estados Unidos y Europa desde hace mucho tiempo, pero que en el país aún no se implementan como instrumento legal de gestión. Sería entonces conveniente que en el país se promulgue una norma o reglamento sobre la protección de captaciones de agua subterránea destinadas a usos prioritarios (como el consumo potable). Si bien algunas empresas del sector sanitario toman en cuenta ese aspecto en sus políticas de desarrollo, actualmente no es materia de ley la limitación de las actividades en superficie, a objeto de proteger las fuentes de recarga de las napas de aguas subterráneas ante actividades potencialmente contaminantes.

En tal sentido y según los resultados del presente trabajo, cabe destacar lo siguiente:

- El uso intensivo de fertilizantes y pesticidas en una presión que está presente en ambos valles, siendo en algunos sectores de mayor relevancia por su mayor riesgo, como se ha analizado en este estudio. En ese sentido es de gran relevancia que los servicios relacionados con el tema aborden la tarea de

mejorar el conocimiento para su análisis. Esto se recomienda especialmente para el caso de los Nitratos y sus compuestos relacionados (amonía y nitrito). Cabe señalar aquí como ejemplo que, en el valle San Joaquín de California, USA, se estimó que la concentración de Nitratos llegaría al cabo de 50 años a valores de entre 35 a 55 mg/l en la zona no saturada del suelo, luego de la aplicación de cargas en superficie de 400 kg/ha de fertilizantes (N). En los valles de Huasco y Mataquito se identificaron tasas de aplicación de 650 kg/ha y 4900 kg/ha, respectivamente, es decir, bastante mayores a las cargas en California, lo que significa que el riesgo de contaminación de la zona vadosa bajo la zona de raíces sería enorme<sup>2</sup>.

- El crecimiento de las industrias, sobre todo del tipo agropecuario en ambos valles (y mineros en el Huasco Alto), implica la necesidad de disponer de los RILes, para lo cual es ya una costumbre en el país la práctica de eliminar dichos efluentes mediante parcelas de riego (filtro verde), lo que tiene un evidente riesgo de contaminación cuando las condiciones de operación no son las adecuadas (especies con altas tasas de evapotranspiración, métodos y tasas de riego, capacidad del suelo como elemento de almacenamiento de contaminantes, condiciones climáticas cambiantes, etc.).
- No se detectó contaminación debida a las aguas servidas, históricamente vertidas a los cauces, que hayan afectado a los acuíferos. Dado la existencia de planes de saneamiento de aguas servidas en actual implementación, tanto para las ciudades mayores como para centros poblados de menor tamaño, se estima que éste no será un factor relevante que deba tenerse en cuenta a futuro.

---

<sup>2</sup> Extraído de la revista California Agriculture Vol 59, número 2, Abril-Junio 2005