

Microsystem - MOP_DGA



CON-5064
v.1 c.1

CON 5064

U1



GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE AGRICULTURA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
AGROPECUARIAS LA PLATINA

DIRECCION GENERAL DE AGUAS
Centro de Información Recursos Hídricos
Área de Documentación

INFORME FINAL

DISEÑO DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN DEL ESTADO DE CONTAMINACIÓN DIFUSA DE LOS CUERPOS DE AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS

Contrato CONAMA – INIA N°16-22-005/01

Departamento de Recursos Naturales. INIA - CRI La Platina

- MARZO DE 2002 -

INDICE DE CONTENIDOS

	Pág.
RESUMEN EJECUTIVO	I
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO DE ACCIÓN DE LA CONSULTORÍA	2
2.1. Objetivos	2
2.2. Cobertura geográfica	2
2.3. Cobertura espacial	2
2.4. Personal participante	3
3. CONTAMINACIÓN DIFUSA DE LAS AGUAS	4
3.1. Generalidades	4
3.2. Efectos y consecuencias	5
3.3. Causas de la contaminación difusa	9
3.3.1. Aplicación de fertilizantes, minerales y orgánicos	9
3.3.2. Aplicación de plaguicidas	11
3.3.3. Labranza de suelos	13
3.3.4. Incorporación de excretas animales y otros residuos orgánicos	14
3.3.5. Riego	17
3.4. Vulnerabilidad ambiental y seguimiento de la contaminación difusa	19
3.4.1. Aspectos generales	19
3.4.2. Factores de vulnerabilidad natural	19
3.5. Referencias bibliográficas	22
4. VIGILANCIA DE LA CONTAMINACIÓN DIFUSA DE AGUAS	23
4.1. Conceptos básicos	23
4.2. Singularidades de las cuencas	26
4.3. Contaminantes difusos	28
4.4. Componentes de un sistema de seguimiento de la calidad de las aguas	33
4.4.1. Infraestructura	34
4.5. Alcance geográfico de las redes	37

5.	DESCRIPCIÓN DE CUENCAS	39
5.1.	Las zonas Hidrográficas de Chile	39
5.2.	Cuencas seleccionadas a nivel nacional	40
5.3.	Descripción general de cada cuenca seleccionada	50
5.3.1.	Cuenca de la Quebrada Camarones	50
5.3.2.	Cuenca del río Loa	57
5.3.3.	Cuenca del río Huasco	64
5.3.4.	Cuenca del río Limarí	76
5.3.5.	Cuenca del río Aconcagua	89
5.3.6.	Cuenca del río Maipo	103
5.3.7.	Cuenca del río Rapel	110
5.3.8.	Cuenca del río Maule	128
5.3.9.	Cuenca del río Itata	134
5.3.10.	Cuenca del río Imperial	147
5.3.11.	Cuenca del río Bueno	153
5.3.12.	Cuenca del río Aysén	166
5.4.	Referencias bibliográficas	175
6.	ESTRUCTURA PRODUCTIVA DE LAS CUENCAS EN ESTUDIO	177
6.1.	Marco conceptual	177
6.2.	Análisis de los sistemas productivos	178
6.3.	Descripción de sistemas, por cuenca	179
6.3.1.	Camarones	179
6.3.2.	Loa	179
6.3.3.	Huasco	184
6.3.4.	Limarí	184
6.3.5.	Aconcagua	184
6.3.6.	Maipo	191
6.3.7.	Rapel	191
6.3.8.	Maule	191
6.3.9.	Itata	191
6.3.10.	Imperial	199
6.3.11.	Bueno	199
6.3.12.	Aysén	199
6.4.	Sistemas productivos, por áreas seleccionadas	206

7.	USO DE FERTILIZANTES	219
7.1.	Aspectos conceptuales del Uso de Fertilizantes	219
7.2.	Uso de fertilizantes, por cuenca seleccionada	220
7.2.1.	Cuenca de la Quebrada Camarones	220
7.2.2.	Cuenca del Río Loa	220
7.2.3.	Cuenca del río Huasco	223
7.2.4.	Cuenca del Río Limarí	224
7.2.5.	Cuenca del río Aconcagua	225
7.2.6.	Cuenca del río Maipo	226
7.2.7.	Cuenca del río Rapel	226
7.2.8.	Cuenca del río Maule	227
7.2.9.	Cuenca del río Itata	227
7.2.10.	Cuenca del río Imperial	227
7.2.11.	Cuenca del río Bueno	228
7.2.12.	Cuenca del río Aysén	228
7.3.	Uso de fertilizantes, en áreas seleccionadas por cuenca	228
7.3.1.	Cuencas Camarones, Loa y Huasco	228
7.3.2.	Cuenca del río Limarí, sector valles interiores	229
7.3.3.	Cuenca del río Aconcagua, sector San Felipe-Los Andes	229
7.3.4.	Cuenca del río Aconcagua, sector Quillota	229
7.3.5.	Cuenca del río Maipo, sector Talagante-Isla de Maipo-Paine	230
7.3.6.	Cuenca del río Maipo, sector Melipilla	230
7.3.7.	Cuenca del río Rapel, sector valle del Cachapoal	231
7.3.8.	Cuenca del río Maule, sector Longaví-Perquillauquén	231
7.3.9.	Cuenca del río Itata, sector Diguillín-Itata	232
7.3.10.	Cuenca del Imperial, sector alto del Cautín	232
7.3.11.	Cuenca del río Bueno, sector río Pilmaiquén	233
7.3.12.	Cuenca del río Aysén	233
7.4.	Conclusiones	234
8.	USO DE PLAGUICIDAS	235
8.1.	Introducción	235
8.2.	Criterios de riesgo de contaminación difusa	235
8.3.	Plaguicidas aplicados al suelo	237
8.4.	Uso de plaguicidas aplicados al suelo que presentan mayor riesgo de contaminación difusa	243
8.5.	Aspectos específicos del uso y monitoreo de plaguicidas a nivel de minicuencas	244
8.6.	Sugerencia para el monitoreo de plaguicidas en las cuencas seleccionadas	245
8.6.1.	Cuencas de Camarones, río Loa y río Huasco	245

8.6.2.	Cuenca del río Limarí	248
8.6.3.	Cuenca del río Aconcagua	248
8.6.4.	Cuenca del río Maipo	249
8.6.5.	Cuenca del río Rapel	250
8.6.6.	Cuenca del río Maule	251
8.6.7.	Cuenca del río Itata	252
8.6.8.	Cuenca del río Imperial	252
8.6.9.	Cuenca del río Bueno	253
8.6.10.	Cuenca del río Aysén	253
8.7.	Conclusiones	253
8.8.	Referencias bibliográficas	256
9.	CARACTERIZACIÓN DE LA GANADERÍA BOVINA, OVINA Y PORCINA	257
9.1.	Introducción	257
9.2.	Material y métodos	258
9.3.	Resultados y discusión	261
9.4.	Conclusiones	268
9.5.	Referencias bibliográficas	273
10.	SUSCEPTIBILIDAD DE LOS SUELOS A LA EROSIÓN HÍDRICA Y CONTAMINACIÓN DIFUSA. UN ANÁLISIS DESCRIPTIVO	275
10.1.	Generalidades	275
10.2.	Erosión y contaminación difusa. Análisis por grupos de cuencas	277
10.2.1.	Cuencas de Camarones, Loa y Huasco	277
10.2.2.	Cuenca del Limarí	278
10.2.3.	Cuencas de Aconcagua , Maipo y Rapel	278
10.2.4.	Cuencas de Maule e Itata	280
10.2.5.	Cuencas de Imperial y Río Bueno	280
10.2.6.	Cuenca de Aysén	282

11. REDES DE MONITOREO PROPUESTAS	283
11.1. Alcance de las redes	283
11.2. Redes propuestas	284
11.2.1. Cuenca Camarones	284
11.2.2. Cuenca del Loa	287
11.2.3. Cuenca del Huasco	287
11.2.4. Cuenca del Limarí	293
11.2.5. Cuenca del Aconcagua	295
11.2.6. Cuenca del Maipo	296
11.2.7. Cuenca del Rapel	299
11.2.8. Cuenca del Maule	301
11.2.9. Cuenca del Itata	305
11.2.10. Cuenca del Imperial	305
11.2.11. Cuenca del Río Bueno	307
11.2.12. Cuenca del Río Aysén	309
11.3. Conclusiones	312
11.4. Costos del sistema	312
ANEXOS	321

Resumen Ejecutivo

Entre los meses de Octubre del año 2001 y Marzo del año 2002, se desarrolló INIA-La Platina desarrolló la consultoría CONAMA N° 16-22-005/1 "Diseño de un sistema de medición del estado de contaminación de los cuerpos de aguas superficiales y subterráneas". El objetivo central de ésta fue "elaborar una propuesta de monitoreo que dé cuenta de la contaminación difusa de las aguas superficiales y subterráneas, debida a las actividades silviagropecuarias y tomando en cuenta las especificidades regionales y/o por cuencas".

Por su parte, los objetivos específicos fueron los siguientes:

- 1. definir y desarrollar una metodología, con alcance nacional y regional, para la identificación de los principales contaminantes del recurso hídrico, resultado de las actividades silviagropecuarias en práctica,*
- 2. desarrollar una metodología para definir y priorizar cuáles productos y elementos agroquímicos son necesarios medir y monitorear, tanto a nivel nacional como regional y/o cuencas, considerando para ello, tanto las aguas continentales, superficiales y subterráneas, como los sedimentos y organismos, y*
- 3. elaborar una propuesta que dé cuenta de los costos del monitoreo de los contaminantes identificados como prioritarios.*

La metodología de trabajo tuvo las siguientes etapas:

- 1. selección de un conjunto de 12 cuencas, que cubrieran las diferentes condiciones ambientales existentes en el país, con una selección posterior de áreas, dentro de cada cuenca, siguiendo el criterio de subcuencas y microcuencas,*
- 2. determinación de los criterios básicos condicionantes de un proceso de contaminación difusa de aguas, con identificación de sus parámetros específicos, de los contaminantes de origen difuso y de las actividades silviagropecuarias responsables,*
- 3. análisis de los factores productivos silviagropecuarios, que gobiernan la posible emergencia de contaminantes de origen difuso a los sistemas hídricos naturales, y*

4. *diseño de redes de seguimiento de la contaminación difusa de las aguas, sobre la base de la determinación de un conjunto de parámetros, para cada área seleccionada dentro de cada cuenca, y*
5. *como última actividad, un costeo de las redes propuestas.*

Las cuencas originalmente seleccionadas fueron las de Camarones (I Región), Loa (II Región), Huasco (III Región), Limarí (IV Región), Aconcagua (V Región), Maipo (Región Metropolitana), Rapel (VI Región), Maule (VII Región), Itata (VIII Región), Imperial (IX Región), Bueno (X Región) y Aysén (XI Región). Los criterios de selección fueron la importancia de las actividades silviagropecuarias y el contar con una alta cobertura del territorio nacional continental.

Entendiendo que los procesos de contaminación difusa tienen mayor probabilidad de ser detectados cuando el monitoreo tiende al origen, se seleccionó áreas específicas, dentro de cada cuenca, que tuvieran alguna representatividad específica, en las cuales diseñar sistemas de monitoreo. Así, se seleccionó áreas específicas entre las cuencas del Limarí y Aysén, exceptuando las de las regiones I a III, dada la escasa importancia de las actividades silviagropecuarias en ellas. Si bien, lo mismo puede decirse que la cuenca del río Aysén, se pensó en la conveniencia de usar esta cuenca para intentar determinar el impacto de la deforestación en la calidad de las aguas lénticas superficiales (lagos).

En relación a los factores de producción, se hizo un análisis del uso del suelo, tanto en cuanto a magnitudes por uso como su distribución espacial; ello permitió determinar áreas dentro de las cuencas, con una "vocación productiva" diferente al resto de la cuenca, como es el caso del sector de Parral, en la VII Región, donde se concentra la producción arrocerá nacional. O la especialización que se viene produciendo en la cuenca del Itata, entre actividades agrícolas, propiamente tales, hacia el norte, y de plantaciones forestales, hacia el sur. La información de base fue la proporcionada por el Catastro del Uso del Suelo (CONAMA-CPNAF, 1999) y el Censo Nacional Agropecuario 1996 (INIE, 1997).

Posteriormente, se trabajó sobre la base de juicio de expertos, lo que permitió generar estimaciones sobre los insumos utilizados en el ámbito de los fertilizantes y plaguicidas y residuos ganaderos producidos. En este nivel, se trabajó con fichas de cultivos objetivas, esto es validadas en terreno y elaboradas hace unos cinco años atrás; su actualización se hizo sobre la base de juicio de expertos, que corresponde a los autores de los diferentes capítulos.

Con estos antecedentes, más el conocimiento de los expertos sobre la fragilidad de los suelos a la erosión y su permeabilidad, además de la profundidad de las aguas subterráneas, se diseñó redes de monitoreo de aguas, independientes para cada cuenca o, mejor dicho, cada área seleccionada por cuenca, con una proposición paralela del conjunto analítico que debiera aplicarse.

El diseño de las redes se basó los siguientes criterios:

- *utilizar la infraestructura de monitoreo de la DGA, como la base para la formulación de extensiones de redes o nuevas redes, con el consiguiente beneficio de utilizar la experiencia acumulada durante años de operación de redes de monitoreo y considerar sólo costos adicionales (por nuevos análisis, por nuevas estaciones),*
- *las nuevas estaciones corresponden a sitios de toma de muestras puntuales, aún entendiendo que el emplazamiento de equipos para monitoreo continuo sería altamente conveniente pero que, por razones económicas, sería de un costo excesivamente alto,*
- *la periodicidad de toma de muestras debe ser similar al aplicado por la DGA sus redes de monitoreo, a objeto de facilitar la integración de nuevas redes, aún entendiendo que la periodicidad debiera determinarse idealmente, en función de la representación espacial de cada estación y la incidencia de los procesos generadores de contaminantes de origen difuso,*
- *el conjunto analítico, propuesto para cada cuenca, está condicionado a la posible incidencia de cada uno de los procesos de contaminación difusa considerados, a saber: uso de fertilizantes, uso de plaguicidas, existencia de actividades ganaderas y procesos erosivos, y*
- *el conjunto analítico debía contener parámetros lo más exclusivamente vinculados a procesos de contaminación difusa; por ello, se hizo un intento por identificar los principios activos de plaguicidas con mayor probabilidad de ocurrir en las aguas dulces, dentro de cada área bajo estudio.*

Como resultado, se propone un sistema de monitoreo de la contaminación difusa en aguas continentales, compuesto por 12 redes independientes, lo que significa un número total de 251 estaciones, siendo 179 para aguas superficiales y 72 para aguas subterráneas; ello significa un sistema compuesto por 95 estaciones ya en operación y 156 estaciones nuevas. De las estaciones superficiales, el 69,3% se trata de estaciones nuevas, y de las subterráneas, el 44,4% de las estaciones son nuevos.

El costo del sistema fue calculado, sobre la base de la adicionalidad, esto es, partiendo de la base que las redes se integrarían al sistema manejado por la DGA y que, por tanto, corresponde absorber solo los cargos adicionales por implementación y operación. Por esta vía, el costo de implementación de las 156 nuevas estaciones, ascendería a la suma de 3.406 UF (incluyendo la construcción de infraestructura básica y adquisición de equipos portátiles de medición y de georreferenciación), y los costos operacionales anuales serían de 8.115 UF (considerando mano de obra, movilización, viáticos por salidas a terreno, implementos para toma y preservación de muestras, despacho a laboratorio, y servicios analíticos).

1. INTRODUCCIÓN¹

Debido a la creciente de intensificación de la agricultura y a la también creciente presión sobre los recursos naturales renovables, específicamente suelos y aguas continentales, se ha hecho cada vez más palpable la necesidad de profundizar el accionar del Gobierno, en términos de ampliar la base de conocimientos sobre los efectos ambientales de la agricultura y las formas para paliarlos o, idealmente, evitarlos. Para ésto, se formó un comité integrado por representantes del MINAGRI (ODEPA, INIA, INDAP, CONAF, SAG), MOP (DGA) y CONAMA, el que llegó a la conclusión que, por razones de disponibilidad limitada y demanda creciente, los recursos hídricos –vitales para asegurar la vida, los sistemas productivos y la conservación del patrimonio natural de país- son los más vulnerables de daño.

Dentro de estos daños, figura la contaminación difusa. Por ello, surgió una propuesta de estrategia para enfrentar la posible contaminación difusa de origen silviagropecuario, con el fin no sólo de conservar sino que, en lo posible, mejorar la calidad de los recursos hídricos. En esta propuesta de estrategia de protección de la calidad ambiental, uno de sus objetivos específicos está referido a “establecer un sistema de generación de información, que permita conocer el estado (actual) de los distintos cuerpos de agua y la magnitud de las presiones que los afectan”, en este caso la contaminación difusa.

El presente documento corresponde, justamente, al Informe Final de la Consultoría “Diseño de un Sistema de Medición del Estado de Contaminación Difusa de los Cuerpos de Aguas Superficial y Subterráneas” que el Centro Regional de Investigación La Platina, dependiente del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), ejecutó entre los meses de Octubre del 2001 y Marzo del 2002, bajo contrato con la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA)².

¹ *Capítulo redactado por Sergio González Martineaux, Ingeniero Agrónomo M.Sc., Investigador del Departamento de Ciencias Ambientales, CRI INIA-La Platina.*

² *Contrato CONAMA 16-22-005/01*

2. MARCO DE ACCIÓN DE LA CONSULTORÍA¹

2.1. Objetivos

De acuerdo a los Términos de Referencia, el objetivo general del presente estudio fue “elaborar una propuesta de monitoreo que dé cuenta de la contaminación difusa de las aguas superficiales y subterráneas, debida a las actividades silviagropecuarias y tomando en cuenta las especificidades regionales y/o por cuencas”.

Por su parte, los objetivos específicos fueron los siguientes:

1. definir y desarrollar una metodología, con alcance nacional y regional, para la identificación de los principales contaminantes del recurso hídrico, resultado de las actividades silviagropecuarias en práctica,
2. desarrollar una metodología para definir y priorizar cuáles productos y elementos agroquímicos son necesarios medir y monitorear, tanto a nivel nacional como regional y/o cuencas, considerando para ello, tanto las aguas continentales, superficiales y subterráneas, como los sedimentos y organismos, y
3. elaborar una propuesta que dé cuenta de los costos del monitoreo de los contaminantes identificados como prioritarios.

2.2. Cobertura geográfica

El estudio tuvo una cobertura nacional, siendo necesario desarrollar propuestas, acordes a la realidad de cada una de las Regiones del País.

2.3. Cobertura espacial

La Consultoría tiene un alcance nacional, lo que obliga a reconocer las singularidades productivas y

¹ Capítulo redactado por Sergio González Martineaux, Ingeniero Agrónomo M.Sc., Investigador del Departamento de Ciencias Ambientales, CRI INIA-La Platina.

ambientales regionales y/o locales, en la formulación de sistemas de monitoreo de aguas.

2.4. Personal participante

La ejecución del estudio fue responsabilidad del Departamento de Ciencias Ambientales del Centro Regional de Investigación La Platina, aunque se contó con la participación de representantes de otros centros regionales de investigación. El personal participante fue el siguiente:

- **Sergio González Martineaux**, Ingeniero Agrónomo M.Sc., Investigador del Departamento de Ciencias Ambientales, CRI INIA-La Platina, en calidad de Encargado del Proyecto y Coordinador INIA ante CONAMA,
- **Francisco Tapia Flores**, Ingeniero Agrónomo M.Sc., Investigador del CRI INIA-Rayentué (VI Región), responsabilizado de la caracterización de los sistemas de producción,
- **Carlos Rojas Walker**, Ingeniero Agrónomo Ph.D., Investigador del Departamento de Ciencias Ambientales, CRI INIA-La Platina, responsabilizado de caracterizar el uso de fertilizantes,
- **Juan Ormeño Núñez**, Ingeniero Agrónomo Ph.D., Investigador del Departamento de Cultivos, CRI INIA-La Platina, responsabilizado de caracterizar el uso de plaguicidas,
- **Francisco Salazar Sperberg**, Ingeniero Agrónomo Ph.D., Investigador del CRI INIA-Remehue, responsabilizado de caracterizar los sistemas de producción ganadera,
- **José María Peralta Alba**, Ingeniero Agrónomo Ph.D., Subdirector de Investigación del CRI INIA-Carillanca, responsabilizado de caracterizar la labranza de los suelos y su vulnerabilidad a la erosión hídrica,
- **Rafael Novoa Soto-Aguilar**, Ingeniero Agrónomo Ph.D., Coordinador del Departamento de Ciencias Ambientales, CRI INIA-La Platina, y
- **Alexis Araya Castillo**, Ingeniero Agrónomo, contratado para desarrollar labores de búsqueda de información y redacción de informes.
- **Scarlette Lara González**, Ingeniero (E) Ambiental, colaboradora en la edición del informe final.

3. CONTAMINACIÓN DIFUSA DE LAS AGUAS¹

3.1. Generalidades

El término “contaminación difusa” fue acuñado como antónimo de la contaminación de cuerpos de agua por fuentes fijas, tendiente a identificar todo proceso de cambio (generalmente, con una connotación negativa) de la composición natural de los cursos y cuerpos de aguas continentales, que ocurre como consecuencia de la recepción por éstos, de múltiples descargas de aguas residuales de actividades humanas y que tienen en común:

- que presentan una frecuencia irregular, discontinua pero no errática,
- que resultan de la ocurrencia de actividades que se dan en predios rurales,
- que, individualmente, son de muy baja magnitud, por lo que el aporte de cada una –y, por tanto, de sus responsables- al proceso global es, normalmente, imperceptible, y
- que generan efectos detrimentales desfasados en el tiempo, con respecto a la ocurrencia de la acción o acciones responsables, lo que hace más difusa aún la percepción de relaciones causas-efectos.

Así, debe entenderse que el concepto de “contaminación difusa”, si bien acuñado para identificar un proceso de pérdida progresiva de calidad de las aguas, por la recepción de aguas residuales que derraman desde sitios diversos, bajo regímenes no continuos, y que involucra efectos negativos graduales en el tiempo, también puede extenderse para identificar un proceso en el cuál sus propios generadores no tienen conciencia de sus responsabilidades, debido a que no se perciben ni como generadores de aguas residuales ni menos, de sus efectos negativos.

En la actualidad, internacionalmente hablando, el término tiende a ser reemplazado por el de “contaminación por fuentes no fijas², ya que la alteración de las aguas se genera desde un grupo de actividades humanas y en el que los contaminantes propios no tienen puntos obvios de ingreso a los cursos hídricos receptores. Obviamente, este tipo de contaminación es más difícil de entender, medir y controlar que la contaminación por fuente fija, cuya solución se basa en la promulgación de normas de control de descargas y la fiscalización de su cumplimiento.

¹ Capítulo redactado por Sergio González Martineaux, Ingeniero Agrónomo M.Sc., Investigador del Departamento de Ciencias Ambientales, CRI INIA-La Platina.

² En inglés: “non-point source water pollution”

En Estados Unidos de América, el término legalmente en uso es el de “contaminación por fuente no fija”, que se define como todo aquello que no entra en la definición de contaminación por fuente fija, debe entenderse como perteneciente a la de fuente no fija. De acuerdo al Código de Aguas Limpias¹, “el término “fuente fija”¹ significa cualquier punto de convección (de aguas residuales) discernible, confinado y discreto, pero no confinado a tuberías, zanjas, canales, túneles, ductos, pozos, fisuras discretas, contenedores, operaciones concentradas de alimentación animal u otra estructura flotante, desde los cuales, los contaminantes son o pueden ser descargados (Figura 3.1.). El término no incluye descargas de aguas de tormenta de la agricultura y flujos de retorno desde campos regados”. El término “aguas de tormenta de la agricultura” quiere identificar el hecho frecuente de que los contaminantes agrícolas ocurren principalmente bajo condiciones de inundaciones y otras tormentas.

La contaminación difusa, entonces, se origina en una infinidad de fuentes diversas, que derraman aportes específicos imperceptibles (tanto por magnitud como por distancia o lo escondido del cuerpo de agua), que actúan por tiempos largos y cuyos efectos, si bien imperceptibles en el corto plazo, son acumulativos. De esta forma, se activa un proceso de contaminación de las aguas, que abarca toda una cuenca y que emerge –en sus efectos- tiempo después que las actividades responsables se han emplazado en ella. Por ello, los causantes no tienen una noción clara de ser responsables de que las aguas de una cuenca terminen contaminadas.

Se trata, entonces, de un proceso de pérdida progresiva de los usos potenciales de las aguas continentales, generado como consecuencia de las actividades de cultivación de suelos (cultivos, ganadería, maderas, fibras), sinergizado por el riego artificial. Ello, por cuanto la mayor presencia de agua, en los sistemas rurales de producción, favorece la disolución de sales en los suelos y su posterior remoción hasta alcanzar las redes hídricas o hidrogeológicas.

3.2. Efectos y consecuencias

Si bien los efectos emergen en plazos medianos a largos, dentro de un proceso imperceptible de crecimiento gradual, se trata de un proceso con efectos negativos múltiples, tanto en el ámbito ecológico como ambiental e, incluso, económico. Así, puede establecerse que una primera consecuencia de esta contaminación es la pérdida de usos potenciales de las aguas dulces y el consiguiente encarecimiento del uso humano de estas aguas; a modo de ejemplo, la producción de agua para consumo humano se requiere de mayor insumo tecnológico, viéndose encarecida. El riego con aguas contaminadas extiende la contaminación a los suelos y pone en peligro la producción vegetal y animal, así como también, puede llegar a afectar la salud humana.

Como resultado del emplazamiento de agricultura (entendiendo por tal, los cultivos, la ganadería y la forestería), las aguas de una cuenca van a sufrir diferentes modificaciones. En el caso de las superficiales (ríos, lagos, canales, tranques, represas), los principales cambios tienen que ver con:

¹ *Clear Water Act, de 1987*

Figura 3.1. Descarga de aguas residuales desde una fuente fija



- incremento de la carga de sólidos suspendidos o sedimentos (partículas removidas de los suelos, por procesos erosivos desencadenados por una gestión inadecuada de la cubierta de los suelos), lo que conlleva incremento de la turbidez de las aguas, de la sedimentación en zonas bajas y abiertas, y de sus capacidades abrasivas, cuando están en movimiento,
- incremento de la concentración de nutrientes (nitrógeno y fósforo, principalmente), mayormente disueltos, cuyos orígenes son variados (uso de fertilizantes, excretas ganaderas),
- reducción del oxígeno disuelto, como consecuencia de la recepción de sustancias biodegradables, factor que tiene fuerte impacto sobre la fauna íctica,
- presencia de residuos de plaguicidas, algunos de los cuales están disueltos y otros adheridas a los sólidos en suspensión o sedimentos, típicos representantes de áreas de agricultura intensiva, y
- presencia de microorganismos patógenos, provenientes de zonas ganaderas.

En el caso de las aguas subterráneas o acuíferos (pozos y norias), la contaminación se genera por una lluvia de aguas filtradas desde la superficie de la tierra; en este caso, la contaminación se manifiesta, básicamente, por aumentos en la concentración de formas solubles de nutrientes (básicamente, nitrógeno) y plaguicidas (básicamente, herbicidas hidrosolubles) y en la reducción del oxígeno disuelto. El mayor efecto está en la pérdida de potabilidad de esta agua.

En sus etapas iniciales, las evidencias no son perceptibles a ojo desnudo y quedan circunscritas al ámbito analítico. En sus etapas más avanzadas, las evidencias se hacen visibles y pueden ser encontradas por doquier, aunque algunas, como la reducción del oxígeno disuelto o incremento de nitratos, quedan siempre en el ámbito analítico y/o son detectadas por vía indirecta; entre las principales evidencias visibles de este proceso (**Figura 3.2.**), se debe mencionar las siguientes:

- incremento de algas acuáticas,
- incremento de la masa de sedimentos transportadas por las aguas,
- incremento de la turbiedad de las aguas,
- embancamiento de tramos inferiores de los cauces naturales,
- colonización de riberas lacustres o remansos de ríos, por plantas de pantano (batros, estoquillos, totoras),
- aumento de los suelos erosionados por vía hídrica (incremento de incidencia de surcos, cárcavas, pavimentos y/o pedestales de erosión),
- mayor frecuencia y magnitud de aluviones de ríos, con impacto creciente en las riberas (erosión) y zonas bajas (inundación), y
- mayor frecuencia de episodios de anoxia de peces.

Estas evidencias son sólo el punto de inicio de los efectos de daño ambiental impuesto por aguas continentales contaminadas. Sólo a modo de ejemplo, puede mencionarse que la disminución de oxígeno

¹ *Point source*"

Figura 3.2.a. Tranque de relaves en Nogales, V Región, con algún grado de colonización espontánea

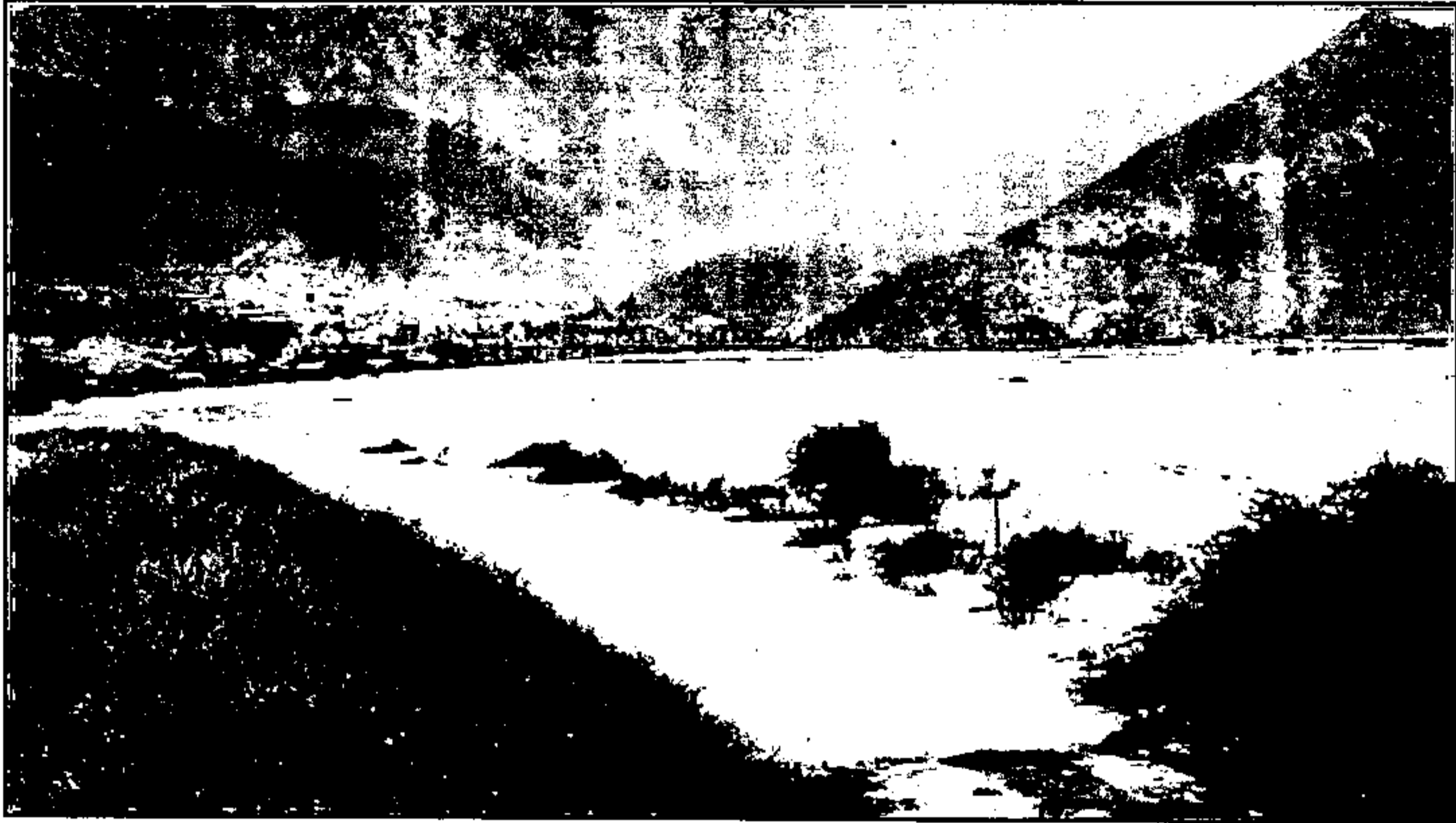


Figura 3.2.b. Contaminación hídrica en superficie



disuelto en las aguas de un lago, afectará irremediablemente a toda la comunidad biológica dependiente de dicho cuerpo de agua, lo que afectará no sólo la calidad ecológica del sitio sino que, también, su economía.

3.3. Causas de la contaminación difusa

En términos simples, la contaminación difusa de las aguas continentales se produce como una consecuencia inevitable de la intervención humana en un sistema ambiental, para establecer sistemas agropecuarios y silvícolas, siendo su magnitud directamente dependiente de la vulnerabilidad de los componentes naturales del sistema. Por tanto, debe entenderse que una misma acción humana, realizada regularmente en forma similar (oportunidad, estilo, magnitud) en dos sitios distintos, conducirá a efectos similares pero de distinta magnitud, en función directa de la vulnerabilidad de los sitios.

Las prácticas silviagropecuarias que más contribuyen a la génesis de la contaminación difusa son:

- la aplicación de fertilizantes a suelos, siendo más relevantes los nitrogenados (por ser el nutriente más móvil) y los fosforados (por ser el más limitante de los procesos biológicos en aguas),
- la aplicación directa de plaguicidas a suelos, siendo el riesgo de contaminación de aguas una función de la hidrosolubilidad, la movilidad en el suelo, la persistencia ambiental y las cantidades aplicadas anualmente,
- la deposición directa de excretas -sólidas y líquidas- de animales en pastoreo directo; esta opción tiene una fase alternativa, creada por la aplicación directa a los suelos, de residuos fecales -animales o humanos- acumulados en sitios confinados¹, como establos, lecherías o plantas de tratamiento de aguas servidas,
- la labranza de los suelos, especialmente acciones que desnudan la superficie de los suelos, y
- el riego, como potenciador o sinergizante de la contaminación difusa, ya que proporciona la hidricidad necesaria para el transporte de contaminantes, dentro de la red hidrológica, en zonas que naturalmente reciben una baja precipitación anual.

3.3.1. Aplicación de fertilizantes, minerales y orgánicos

Una actividad agrícola competitiva involucra el uso de grandes volúmenes de fertilizantes, para satisfacer las demandas nutricionales de plantas cultivadas, a las que se exige altos rendimientos. Este criterio se aplica, también, a la producción de praderas, para la alimentación del ganado. Si bien hay opciones alternativas, como el reciclaje de guanos, son los fertilizantes minerales, en el país, los que cubren mayoritariamente las necesidades nutricionales de las plantas cultivadas.

En Chile, los fertilizantes más empleados son los nitrogenados y fosforados, existiendo un uso menor de

¹ Por esta vía, fuentes fijas de contaminación son transformados en fuentes difusas

potásicos y azufrados y mucho menos, de los que aportan micronutrientes. Por lo general, se aplican directamente al suelo en forma sólida, enterrándose y localizándose según indique la tecnología disponible (para el fertilizante, cultivo y suelo).

El nutriente, con mayor riesgo ambiental, es el nitrógeno, por cuanto:

- es el aportado en mayor cantidad y frecuencia,
- es el más móvil en sus formas minerales, solubles en agua, por lo que es fácilmente transportado por las aguas que circulan por los suelos, y
- su presencia en aguas impone restricciones al consumo humano, ya que algunas formas (nitrosaminas) están definidas como cancerígenas y otras (nitrito), como precursores.

Ello no significa que los otros nutrientes no tengan riesgos ambientales. De hecho, el incremento de fósforo disuelto es el principal detonante de la eutrofización de las aguas, proceso de gran impacto ambiental negativo. Sin embargo, lo que se quiere enfatizar es que los otros nutrientes, como el fósforo, requieren de otros procesos, como la remoción de partículas del suelo, para alcanzar masivamente los cuerpos hídricos.

Uno de los factores que aumenta el riesgo ambiental de las aplicaciones de nitrógeno, es su baja tasa de aprovechamiento por las plantas. Se sabe que las plantas no aprovechan más del 50% del nitrógeno aplicado, en gran medida debido a que es:

- extremadamente móvil, que tiende a moverse con el agua, y
- extremadamente lábil, que cambia de forma química y de estado físico (sólido a gaseoso) muy fácilmente, con lo que se favorece su volatilización a la atmósfera.

El 50% no aprovechado suele moverse fuera de la zona de arraigamiento, ya sea por lixiviación profunda — gracias a la lluvia o al riego, hasta alcanzar la capa freática— o por volatilización a la atmósfera. En el caso de la lixiviación, se trata de formas móviles, como nitratos y compuestos orgánicos solubles en agua (con riesgo de eutrofizar los acuíferos, principalmente) y, en el caso de la volatilización, se trata de formas gaseosas con alto poder de calentamiento térmico, por lo que generan el riesgo de incrementar el efecto invernadero.

Si hay lixiviación profunda, ocurre la contaminación de los acuíferos y, con ello, la contaminación — irreversible— del agua de la cual se surte mayoritariamente la población rural. La magnitud alcanzada en Europa por la contaminación de las aguas subterráneas —principal fuente de abastecimiento domiciliario, en ese continente— con nitratos, llevó a estos países a circunscribir el problema de la contaminación difusa al “problema del nitrato”¹.

¹ *The “Nitrate problem”, en inglés*

El ciclo que cumple el nitrógeno en la naturaleza es muy complejo, pero una característica importante es que, en general, se trata de un elemento muy lábil, con un ciclo fuertemente condicionado por las condiciones climáticas. Así, condiciones de sequía incrementan la pérdida por volatilización y condiciones de lluvia favorecen la lixiviación.

3.3.2. Aplicación de plaguicidas

Las plantas cultivadas son poco competitivas y deben ser protegidas de las “agresiones” del medio, representadas por insectos o bacterias fitófagos u otros seres vivos que las requieren para obtener su alimento así como por plantas que compiten por espacio, luz, nutrientes y/o agua (las malezas).

Si bien no es la única forma, puesto que la fitosanidad tiene un largo historial, el control químico es, hoy, la más recurrente. Corresponde a la eliminación —por vía de la aplicación de un producto químico, de base orgánica y sintetizado en laboratorio— de las especies agresoras, sean plantas, insectos, ácaros, moluscos o microorganismos.

El Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) define a estos productos, como “plaguicidas”, aunque el término común es el de pesticidas. Corresponden a toda sustancia química, orgánica o inorgánica, artificial o natural, que ha sido formulado para combatir malezas (herbicidas o matamalezas), enfermedades (bactericidas, fungicidas, nematocidas) o plagas de cultivos (insecticidas, acaricidas, mitocidas o molusquicidas, avicidas) o de granos almacenados (rodenticidas, avicidas), así como también compuestos con otras acciones, como defoliantes, desecantes, raleadores de fruta, antiabsísicos y atrayentes o repelentes de insectos.

Una vez aplicados a los cultivos (**Figuras 3.3. y 3.4.**), sobre todo si lo son directamente a los suelos donde aquellos se ubican, los pesticidas entran en un ciclo ambiental, que queda condicionado por la concurrencia simultánea de una serie de procesos, entre los que destacan la absorción y metabolización por las plantas, descomposición bacteriana, descomposición química, adsorción por la materia orgánica del suelo y arcillas, volatilización desde la superficie de la tierra, arrastre superficial y lixiviación hacia las napas freáticas.

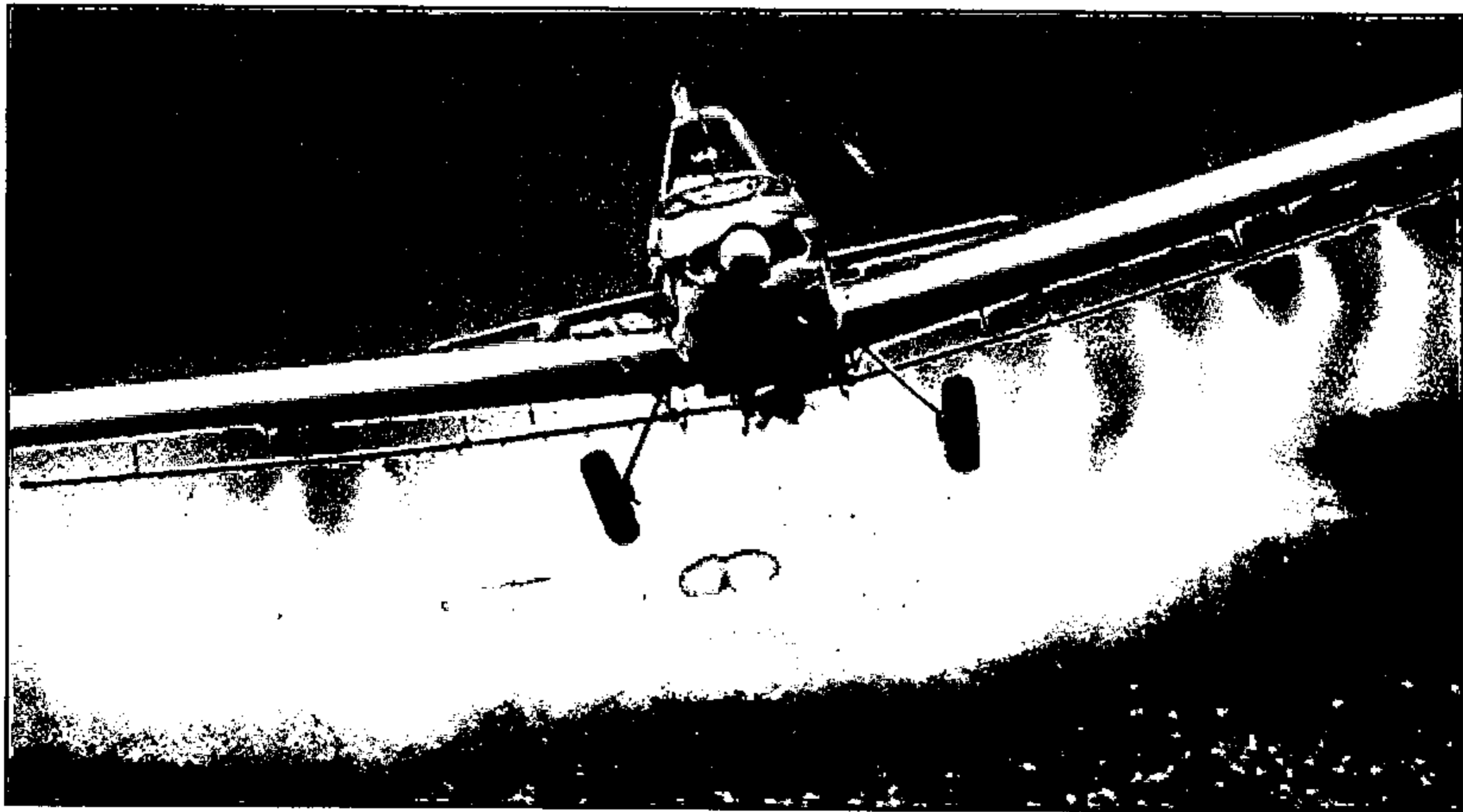
La vía principal que asumirán los residuos no utilizados del plaguicida en los suelos, dependerá de una serie de características, algunas propias de los productos, otras de los suelos y otras de las condiciones ambientales incidentes (como lluvia o sequía; viento o tiempo calmo).

Si la cantidad e intensidad de lluvia caída o el volumen de agua aplicada en el riego, superan la velocidad de infiltración del suelo, habrá un escurrimiento superficial preferente, con remoción y arrastre de partículas solubles y otras ligadas/adsorbidas a partículas edáficas. A diferencia de lo que ocurre con los nitratos, la proporción del pesticida que escurre es mayor que la que percola, dependiendo la extensión del proceso de características del suelo (textura, pendiente), del agua incidente y del tipo de pesticida.

Figura 3.3. Aplicación mecanizada de plaguicidas



Figura 3.4. Aplicación aérea de pesticidas



Los suelos juegan, también, un papel preponderante en determinar la dinámica ambiental de los plaguicidas. Así, suelos con altas capacidades de intercambio de cationes y/o altos contenidos orgánicos, tenderán a retenerlos y, por esa vía, minimizar el riesgo de contaminación difusa.

Desde el punto de vista de los plaguicidas, sus principales características condicionantes de la probabilidad de difundir en las aguas ambientales, son:

- la persistencia ambiental –medida en el tiempo que se requiere para, una vez aplicado al suelo, se degrade en un 50%; en este ámbito, existen compuestos poco persistentes, con persistencias de días en el caso de piretroides sintéticos, hasta muy persistentes, con persistencias de decenas de años, como en el caso de los organoclorados¹, específicamente el DDT,
- la solubilidad en aguas, por razones obvias, y
- la afinidad por asociarse con la materia orgánica del suelo (K_{OC}) y con las arcillas del suelo.

Los pesticidas que percolan hacia aguas subterráneas con mayor facilidad son los organoclorados, los organofosforados, y los carbamatos (Porrás et al, 1976). Un pesticida debe ser persistente y móvil (baja afinidad por los sólidos del suelo), para que exista alguna probabilidad de que llegue a contaminar las aguas subterráneas, ya que el tiempo que demora este tránsito entre la superficie del suelo y la napa puede tomar entre meses y años.

Por otro lado, cuando un pesticida ha lixiviado bajo la superficie del suelo, la actividad biológica y la capacidad de retención del subsuelo es menor que en el suelo superficial, por lo que el producto fitosanitario se vuelve más persistente y más móvil (Tondreau, 1994).

3.3.3. Labranza de suelos

Se entiende por labranza, el acondicionamiento de la superficie de los suelos, a objeto de desnudarlo y adecuar sus características físicas, para una óptima germinación de las semillas y desarrollo de las plántulas, en sus primeras etapas. El sistema convencional desnuda y altera la superficie del suelo, mediante aradura y sucesivos rastrajes, lo que permite incorporar materias orgánicas muy variadas (guanos, residuos de cosechas anteriores, abonos verdes), favoreciendo su descomposición por la biomasa edáfica microbiana del suelo.

En muchos casos, la roturación se realiza varios meses antes de la siembra, con el fin de controlar semillas de malezas y acumular el agua de las lluvias: es la práctica del barbecho, durante el cuál, se produce una gran actividad microbiana, que se refleja en la gran descomposición de los residuos orgánicos (Sierra, 1989).

¹ Tomado de Internet: www.Edafologia.usr.es/conta/tema13

El barbecho es una práctica con alto riesgo de erosión de suelos, porque hace coincidir la desnudez del suelo con la temporada de lluvias, con lo que la superficie del suelo queda expuesta directamente a la lluvia, lo que es el inicio de la erosión hídrica en suelos con pendiente (Sierra, 1989). Al golpear la gota de lluvia sobre la superficie del suelo, se produce el salpique de partículas, sellado de los poros superficiales, disminución de la infiltración del agua y aumento de la escorrentía superficial que transporta las partículas removidas.

Las gotas de lluvia destruyen la estructura superficial, dispersan las partículas del suelo, las que son arrastradas por el agua de escurrimiento. La intensidad de la erosión depende, entre otros factores, de la intensidad y duración de la lluvia, de la cantidad de agua que escurre sobre el suelo, de la velocidad que el agua adquiere en su avance superficial, de la resistencia del suelo a la acción dispersante y de arrastre, así como también de la vegetación que posea (El Campesino, 1996).

Existen alternativas de labranza, que minimizan las pérdidas por erosión y lixiviación; se trata de la labranza conservacionista, que incluye la mínima labranza y la cero labranza (**Figura 3.5.**), esta última, llamada también siembra directa. La mínima labranza remueve el suelo sólo lo necesario para reducir las malezas y proporcionar condiciones adecuadas al crecimiento del cultivo; proporciona una mejor protección de la superficie del suelo contra la erosión, dado que se deja rastrojo en la superficie, se evita la formación de una estrata impermeable compactada (pie de arado) (Sierra, 1989).

La cero labranza deposita las semillas, directamente, en los surcos hechos por una máquina especial, sin previa remoción del suelo. Constituye una alternativa eficiente para el control de la erosión pero, además, reduce el trabajo del agricultor y el tiempo invertido en la preparación del suelo, y mantiene la humedad del suelo. Dos factores han limitado una adopción masiva de la cero labranza: la inversión que el agricultor requiere para adquirir la maquinaria específica y la falta de acceso a recursos financieros (Gaete y Carrasco, 1999). Como contraparte, un aspecto ambiental que debe evaluarse, es que esta técnica exige un uso abundante de herbicidas, a fin de facilitar el establecimiento del cultivo.

3.3.4. Incorporación de excretas animales y otros residuos orgánicos

El pastoreo directo de masas cuantiosas de animales domésticos genera, como consecuencia inevitable, la depositación de grandes masas de excretas, sólidas y líquidas, directamente sobre la superficie de los suelos. Para la contaminación difusa, parece especialmente importante la fase líquida de las evacuaciones fisiológicas, ya que podrían infiltrar hacia capas más profundas o escurrir en superficie, hasta alcanzar las napas subterráneas o la red hídrica superficial. Las lluvias son un elemento sinérgico importante.

En este caso, se trata de una contaminación que se caracteriza por el aporte de microorganismos patógenos, sustancias orgánicas disueltas en el agua y nutrientes (nitrógeno y fósforo, principalmente) disueltos en las aguas. Una situación similar está representada por la aspersión de purines sobre la superficie de los suelos, una práctica cada vez más recurrente en el ámbito de la gestión de residuos de plantales ganaderos estabulados. Con ello, una fuente fija de contaminación se transforma en una fuente de contaminación difusa.

Figura 3.5.a. Manejo de suelos con Cero labranza

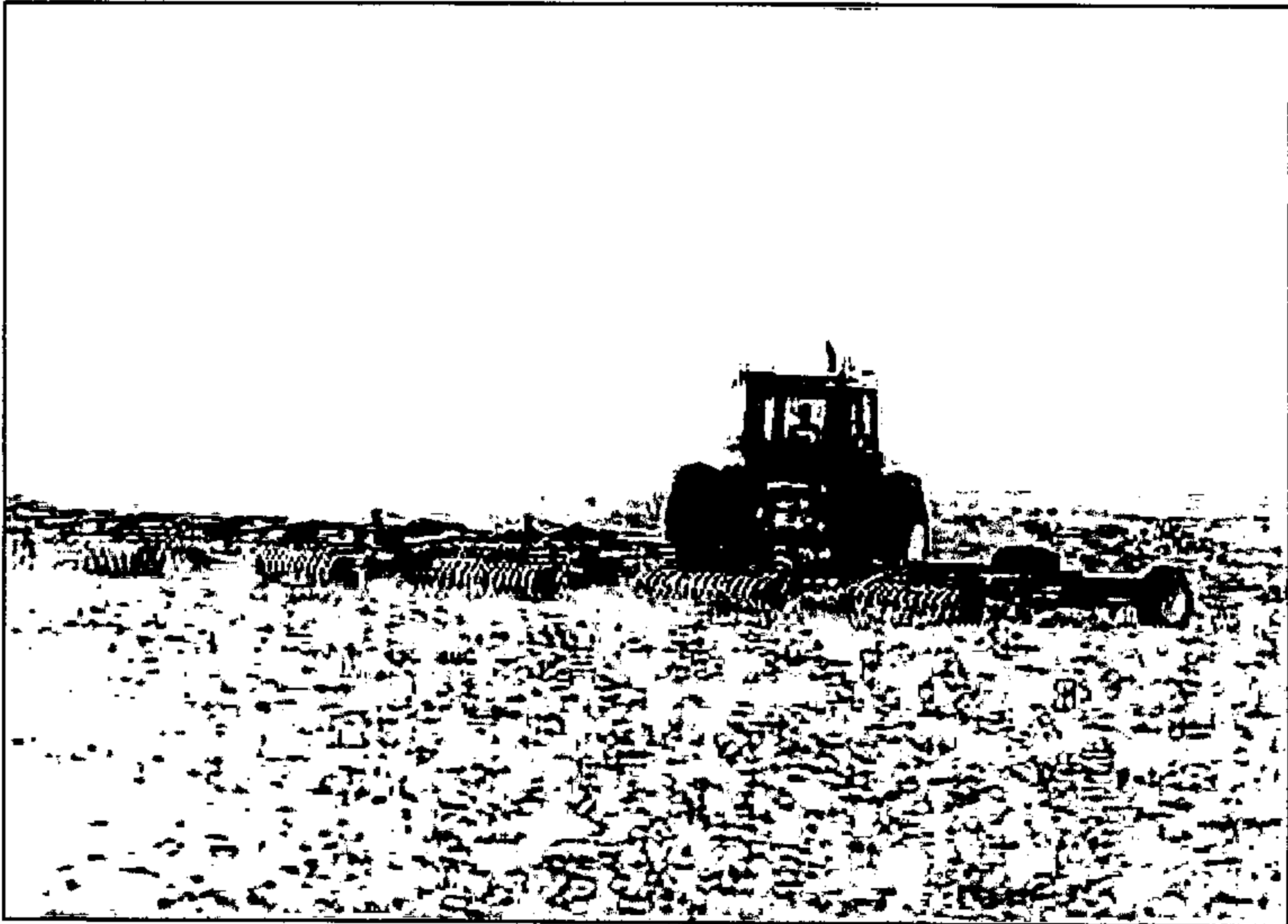


Figura 3.5.b. Vista aérea de campo de trigo, cultivado por cero labranza (siembra directa)



Se trata de actividades con alto peso específico en la generación del problema. Es posible estimar que, actualmente, tienen una participación importante y hasta mayoritaria, en las regiones ganaderas del país, donde hay coincidencia con una mayor vulnerabilidad de las aguas. Se trata de efluentes líquidos, con alta carga de orgánicos, tanto disueltos (que podrían percolar hasta las napas) y suspendidos, cuyo riesgo ambiental queda representado por una alta DBO_5^1 , lo que significa una aceleración adicional de la Eutrofización, aparte de una propagación de microorganismos patógenos y olores nauseabundos.

En general, las aplicaciones directas de sustancias orgánicas sólidas a los suelos, parecen una opción de menor riesgo de contaminación difusa; sin embargo, debe tenerse en cuenta que se tiende prohibir aplicaciones de lodos compostados y composts orgánicos en suelos permeables, de texturas arenosas, con agua a menos de 1m de profundidad y/o en bordes ribereños, justamente para evitar el riesgo de contaminación de aguas, especialmente con microorganismos patógenos y nitrógeno lixiviado.

En la actualidad, se está considerando la aplicación de guanos, purines y lodos a los suelos, como una práctica aconsejable y fomentable de disposición de desechos orgánicos de origen animal, debido fundamentalmente a una alta carga de nutrientes, los que quedarían a disposición de las plantas, transformándose la práctica en un subsidio nutricional a la agricultura. Sin embargo, es evidente, que dicha práctica, si no toma en cuenta las restricciones de uso dadas por la vulnerabilidad de las aguas ambientales o de los suelos, en el sitio de aplicación. Así, una práctica de disposición, hoy fomentada, puede conducir a contaminación masiva de los cuerpos de aguas, si no ocurre dentro del marco del desarrollo sostenible, en este caso expresado como producción limpia, esto es, producir sin contaminar.

Por ello, si bien se aplaude la decisión de depurar las aguas servidas, cortando el sistema de dispersión libre de aguas servidas no tratadas, debe tenerse en cuenta que la solución pasa por generar un residuo sólido, los lodos, que serán dispuestos mayoritariamente en los suelos agrícolas; con ello, nuevamente, una fuente fija de contaminación pasa a constituirse en una fuente difusa de contaminación de aguas.

Hasta el presente, el proceso de contaminación difusa de aguas, en el país, está significativamente enmascarado por la inexistencia de una infraestructura de depuración de las aguas servidas, cuya composición es comparable, aunque no igual, a la de los purines de origen animal. Difieren en una mayor carga de metales pesados (de origen industrial ó de los sistemas de distribución de agua potable), de microorganismos patógenos (también, una mayor gama) y de fósforo (procedentes del uso de detergentes). Afortunadamente, el país tomó la decisión de proceder a una depuración sistemática de esta agua, lo que redundará en una reducción significativa de los índices de contaminación de las aguas continentales y marinas.

¹ *Demanda Bioquímica de Oxígeno, medida previa incubación de 5 días. Corresponde a la cantidad de oxígeno, que requieren los microorganismos para oxidar una masa orgánica contenida en un agua*

3.3.5. Riego

Un factor muy importante, para el éxito de los cultivos, es el aporte de agua. A modo de referencia, para producir una hectárea de maíz, se necesitan unos 2 mil m³/temporada. En Chile, parte importante de las necesidades hídricas de los cultivos son satisfechas por riego, específicamente de la IX Región al norte.

El riego es la aplicación artificial de agua a los suelos, con el objeto de satisfacer aquellas necesidades de agua de las plantas cultivadas, no satisfechas por la lluvia. Se trata de una práctica que, junto con el impacto positivo de incrementar, en varias veces, la productividad de los suelos, también representa un inmenso potencial de daño erosivo (**Figura 3.6.**).

Este potencial erosivo está asociado, principalmente, a los sistemas de riego gravitacional, como tendido, surcos y bordes, donde el agua se hace escurrir por la superficie de los suelos. Si esta práctica se hace con caudales excesivos y/o en suelos con pendiente pronunciada, el resultado seguro es un suelo erosionado a corto plazo, como ha ocurrido en vastas zonas del país.

Adicionalmente, el riego es un sinergizante de las otras formas de contaminación difusa, como son el movimiento de nutrientes y principios activos de plaguicidas, solubilizados en el agua. Aquí, el riego sinergiza la contaminación difusa, por aumentar artificialmente la hidricidad de un área, factor fuertemente condicionante de la magnitud del proceso.

No como consecuencia de la necesidad de reducir costos y de hacer frente a una decreciente disponibilidad de aguas, el país ha venido asistiendo al desarrollo de métodos tecnificados de riego, con mayores eficiencias en el uso del agua. Así, sistemas de riego por aspersión, Microjet o goteo tienden a reemplazar a los gravitacionales. El valor agregado de estos sistemas es que, al manejar mejor las variables del riego (tiempo, cantidad, forma de aplicación), se regula la infiltración en el suelo, reduciendo el escurrimiento erosivo y la percolación a napas freáticas.

Dada la mayor adaptación a condiciones diversas, el riego mecánico logra una alta eficiencia de aplicación, aumenta los rendimientos, ahorra agua y minimiza la erosión de los suelos. No requiere de nivelación previa y pueden distribuirse fertilizantes junto con el agua de riego, lo que se conoce como fertirrigación. Los beneficios que trae son variados: incrementos en eficiencia de mano de obra y energía, menor uso de maquinaria y equipos, y flexibilidad de aplicación de nutrientes según las necesidades del cultivo. Sin embargo, mal aplicado tiene el riesgo de salinización de los suelos.

Figura 3.6. Riego por surco, con alto potencial erosivo



3.4. Vulnerabilidad ambiental y seguimiento de la contaminación difusa

3.4.1. Aspectos generales

Es evidente que, para diseñar y operar programas específicos de monitoreo y seguimiento de la contaminación difusa de las aguas de una cuenca, involucrando localización de estaciones de monitoreo (muestreo), frecuencia de observaciones e identificación de parámetros analíticos, no solo se debe tomar en cuenta las características de la agricultura en la cuenca bajo análisis (cultivos, estilos tecnológicos) sino que, también, los factores condicionantes de la vulnerabilidad de ésta a la contaminación difusa.

Como se ha planteado, la contaminación difusa es una resultante ineludible de la existencia de actividades agrícolas (incluyendo cultivos y ganadería) en un territorio dado, en tanto que su magnitud será una función de la conjugación de dos factores esenciales, a saber:

- la vulnerabilidad natural del territorio a la contaminación difusa, entendida como facilidad de acceso a cuerpos hídricos subterráneos de aguas lixiviadas desde la superficie de la tierra, prolongado tiempo de residencia de las aguas en cuerpos hídricos y fragilidad de los suelos a la erosión hídrica, y
- la agresividad de las prácticas agrícolas de producción, entendida como el menor respeto de la tecnología de producción (mayor uso de agroquímicos hidrosolubles, mayor desnudez de los suelos, riegos erosivos) a las limitaciones específicas que impone un territorio vulnerable.

En consecuencia, la contaminación difusa alcanzará una mayor magnitud y mayor daño ambiental, mientras menos se respeten las limitaciones inherentes de los cuerpos naturales (capacidad de uso de los suelos, tiempos de renovación de aguas, por ejemplo) a un uso intensivo, al dejar la toma de decisiones basada a criterios económicos, exclusivamente.

Así, se debe comprender que una misma acción (p.e., barbecho), aplicado bajo una misma modalidad y oportunidad, generará impactos de distinta magnitud, en función directa a la vulnerabilidad de los territorios a la contaminación difusa.

3.4.2. Factores de vulnerabilidad natural

La vulnerabilidad a la contaminación difusa tiene directa relación con la facilidad con que el agua que llega a un suelo (lluvia o riego), egresa de él. Del suelo, el agua puede seguir dos caminos: la lixiviación profunda y el escurrimiento. El que una vía sea más importante, en un sitio dado, depende principalmente de la forma de la tierra (pendiente, relieve), velocidad de infiltración, intensidad y duración de las lluvias, grado de cobertura vegetal y prácticas agrícolas usadas. En sitios planos y/o con texturas gruesas, el fenómeno dominante será la percolación profunda; en sitios inclinados, la vía preferente será el escurrimiento.

La velocidad de infiltración depende, en gran medida, de la estructura y textura; así, suelos arenosos tienen

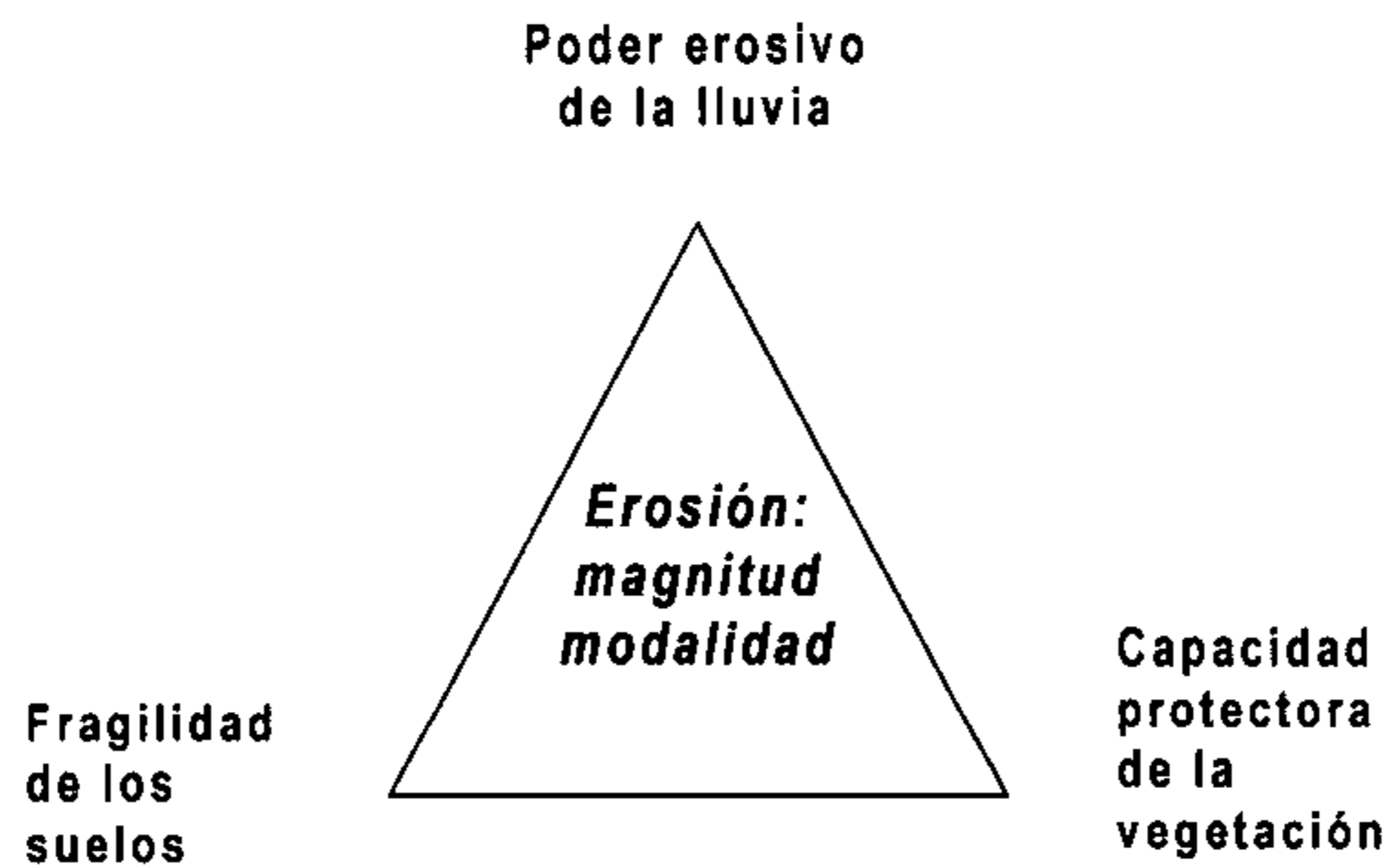
infiltración más rápida que los arcillosos. La materia orgánica y la microflora del suelo contribuyen al desarrollo y mantención de una estructura adecuada, promoviendo una mayor porosidad y, con ello, favoreciendo la infiltración y el movimiento interno del agua en el perfil de suelo. En suelos con abundante actividad biológica y raíces en descomposición, el agua infiltra más rápido; por el contrario, en suelos compactados (por tráfico animal y de maquinaria agrícola), se reduce la porosidad y las tasas de infiltración y posterior lixiviación.

Al encontrarse con capas de permeabilidad restringida, al interior del perfil, el agua tiende a moverse lateralmente, pudiendo aflorar nuevamente pendiente abajo o mantenerse en la zona de raíces. Las napas superficiales están más expuestas a la contaminación que las profundas, ya que el recorrido del contaminante entre los poros del suelo será más corto, disminuyendo las posibilidades de que éste pueda actuar como medio filtrante, absorbente o reaccionante con el compuesto intruso.

El tipo de napa también es condicionante, ya que una napa freática libre será mucho más vulnerable que una napa confinada, pues al estar recubierta de roca, ésta actúa como capa impermeable o barrera protectora (Tondreau, 1994). El riesgo de contaminación de un acuífero dependerá de la existencia y características de las cargas contaminantes y de la vulnerabilidad de los acuíferos; las más vulnerables serán aquellos no confinados y cuya granulometría tiene baja proporción de finos (Peña, 1990).

El relieve, la pendiente y el tipo y densidad de la cubierta vegetal, son factores que condicionan fuertemente el movimiento del agua sobre el suelo, lo que, a su vez, determina la energía de suspensión, el movimiento de sedimentos en suspensión y la infiltración del agua en el perfil de suelo (Pinochet, 2000). Las plantas interceptan las gotas de lluvia, reduciendo el impacto, protegiendo la estructura del suelo y facilitando la infiltración hacia estratos subterráneos. La vegetación, especialmente la herbácea, toma los nutrientes del suelo y, al morir, devuelve el nitrógeno y el fósforo en formas orgánicas, las que son removidas mucho menos que las formas minerales.

Como parte del clima, la lluvia es un factor natural de erosión hídrica, que ha venido modelando la superficie sólida del planeta a lo largo de millones de años. Las características de una lluvia condicionan su potencial erosivo pero, también, debe entenderse que los efectos de ésta serán diferentes según sea la fragilidad o susceptibilidad a la erosión de los suelos receptores y la calidad protectora de la cubierta vegetal, como se ve en el diagrama siguiente:



En cada lluvia, es importante considerar la intensidad máxima, cantidad total de lluvia, tamaño de gotas, velocidad terminal de gotas¹ y energía cinética (masa de gotas por velocidad terminal o velocidad crítica). Para proteger los suelos de la erosión, se debe considerar medidas que impidan el golpe directo de las gotas de lluvia sobre la superficie y otras que reduzcan la velocidad del escurrimiento, ya que el primer proceso disgrega partículas, que serán movilizadas por el flujo de agua que escurra (Porta et al, 1994).

¹ *Directamente dependiente del tamaño de gota; velocidad de las gotas de lluvia, cuando la resistencia a la caída iguala la fuerza de gravedad*

3.5. Referencias bibliográficas

EL CAMPESINO, 1996. Conservación y manejo de suelos. Revista El Campesino, vol. 127:4-11.

GAETE, N. y CARRASCO, J. 1999. Prácticas de conservación de suelos y aguas para el control de la erosión hídrica. En: Técnicas para el manejo de los recursos naturales en el programa de recuperación de suelos degradados en la Novena Región. Serie Carillanca N° 75. Temuco, Chile.

PEÑA, H. 1990. Caracterización de los sistemas hidrológicos en cuencas chilenas respecto de su contaminación. En CEPAL. Protección del Medio Ambiente. Seminario AIC-Tecniberia 1990, Santiago.

PINOCHET, D. 2000. El suelo como contaminante: el problema de la contaminación difusa. En: Simposio Proyecto Ley Protección del Suelo. Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo y CONAMA. Santiago, Chile.

PORRAS, J; NIETO, P. y CALVÍN, J. 1976. Cap. III. Incidencia de las Actividades Agrícolas Sobre la Calidad de las Aguas Subterráneas. En: Aguas Subterráneas: contaminación urbana, industrial y agrícola. Cuadernos del Centro Internacional de Formación en Ciencias Ambientales (CIFCA). Madrid, España.

PORTA, J.; LÓPEZ-ACEVEDO, M. y ROQUERO, C. 1994. Cap. 23. Degradación de suelos por erosión hídrica: conservación de suelos y aguas. En: Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Madrid, España.

SIERRA, C. 1989. La fertilidad del suelo y la labranza conservacionista. Revista N° 11, Investigación y Progreso Agropecuario Remehue. p. 19-23. Santiago, Chile.

TONDREAU, F. 1994. Informe de residencia: contaminación de las aguas subterráneas con pesticidas y nitratos provenientes de fertilización orgánica e inorgánica. Facultad de Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.

4. VIGILANCIA DE LA CONTAMINACIÓN DIFUSA DE AGUAS¹

4.1. Conceptos básicos

En primer término, debe entenderse que todo proceso de contaminación de aguas, sea por fuente fija o difusa, queda reflejado a través de:

- cambios directos de la composición de las aguas (por ejemplo, concentración de nitrógeno nítrico, de residuos de plaguicidas o cobre disuelto), y/o
- cambios indirectos de la composición de las aguas (por ejemplo, pH, conductividad eléctrica o contenido de oxígeno disuelto), y/o
- cambios en variables funcionales (por ejemplo, turbidez, demanda bioquímica de oxígeno),

todos los cuales generan datos numéricos que, en función de las normas de calidad de aguas existentes y/o de información científica especialmente en el ámbito ecotoxicológico, adquieren significado biológico, principalmente, lo que permite evaluar la magnitud del proceso contaminante bajo seguimiento.

En segundo lugar, el montaje y puesta en marcha de un sistema de seguimiento de la alteración de la composición no puede considerarse aislado o disociado de los otros elementos constituyentes de un programa de vigilancia y recuperación; por tanto, el sistema de seguimiento o monitoreo de la calidad de las aguas —a través de cambios en sus composiciones— debe ser considerado como fase inicial de un programa integral de protección de la calidad de las aguas, que considere, además de ésta, la creación de una base de datos, la capacidad de tomar decisiones ante situaciones de alarma y, muy principalmente, un nivel de educación y capacitación, que incluya acciones de educación, a nivel formal e informal, de promoción de prácticas apropiadas de gestión agrícola y de cambios en el uso de la tierra.

Esta última instancia es la única posible para controlar y superar los procesos de contaminación difusa de aguas, en el largo plazo. No obstante lo anterior, es también posible pensar en el apoyo simultáneo de estrategias de control de aguas residuales de la agricultura, como serían los filtros o tampones ecológicos para la protección de cauces de aguas superficiales.

En tercer lugar, yéndose hacia la fase de monitoreo, específicamente, el diseño del montaje del sistema de

¹ *Capítulo redactado por Sergio González Martineaux, Ingeniero Agrónomo M.Sc., Investigador del Departamento de Ciencias Ambientales, CRI INIA-La Platina.*

seguimiento de calidad de las aguas debe internalizar el hecho que la unidad de trabajo debe ser la cuenca hidrográfica, para agrupar en una sola unidad todo un territorio que tiene en común el que las aguas de escurrimiento superficial o percolación profunda tienden a fluir hacia puntos de convergencia, generando con ello líneas comunes de flujo hídrico; en este territorio, si las circunstancias así lo permiten, los contaminantes derivados de la contaminación difusa tenderán a concentrarse hacia los tramos inferiores, siendo máximo este efecto hacia estos puntos comunes.

La aplicación de estos criterios conceptuales básicos, al diseño de redes de monitoreo, permitirá contar, no con sistemas rígidos sino que, por el contrario, con sistemas de seguimiento que sean sensibles a las características distintivas de cada territorio y, por ende, flexibles.

La dimensión espacial de la red hídrica dependerá, necesariamente, de los objetivos perseguidos y de la cobertura exigida. Sin embargo, independientemente de la cobertura espacial mínima exigible, el concepto de cuenca, como unidad mínima de trabajo, debe ser omnipresente en el diseño de cualquier sistema de seguimiento de la calidad de las aguas. Así, dependiendo de los objetivos perseguidos, podría tratarse de una cuenca hidrográfica completa o de orden superior (como la cuenca del río Aconcagua), una cuenca de segundo orden (como la del río Putaendo, perteneciente a la cuenca del Aconcagua), una cuenca de orden inferior (como la del río Longaví, en la VII Región) o una microcuenca. Con ello, se perpetúa el principio de incluir sitios por los que las aguas fluyen hacia puntos convergentes.

En cuarto lugar, no debe olvidarse que los contaminantes de origen difuso, independientes de sus orígenes, son siempre transportados sobre la tierra y/o a través de los suelos, por las aguas de lluvia, de derretimiento de nieves y, también, por las aguas de riego que exceden de los sitios de aplicación; con ello, finalmente, los contaminantes difusos (sedimentos, químicos) encuentran sus caminos hacia napas, río, humedales y/o lagos, terminando, finalmente, en el mar, donde tienden a acumularse, en la forma de sedimentos o en organismos bentónicos filtradores, como son típicamente, los moluscos bivalvos.

Como una fase intermedia, dentro del ámbito continental, serán los sitios de represamiento de aguas, o sea, donde el agua reside por largo tiempo, donde los contaminantes difusos tenderán a acumularse, siendo mayor la tasa de acumulación en función directa de la persistencia de los contaminantes en las aguas y del tiempo de residencia de las aguas.

La importancia relativa de los diferentes subprocesos que conforman el flujo hídrico de los contaminantes (léase, contaminación de napas o de ríos, concentración en sitios de represamiento, como humedales, lagos o embalses), es función específica de cada cuenca, no correspondiendo extrapolar –en forma directa y sin funciones de transformación- las experiencias de otras cuencas; esta dificultad en la extrapolación es mayor en función de la distancia.

Así, en Europa, la contaminación difusa se identifica, básicamente, con contaminación de las aguas subterráneas con nitratos² y con eutrofización de los ríos y lagos; especialmente importantes, han sido los

² En Europa, el término "nitrate problem" es sinónimo de contaminación difusa

procesos eutróficos de los grandes ríos europeos, como Támesis, Sena, Rhin y Danubio. Se trata de un territorio donde la abundante lluvia y nieve caen sobre suelos predominantemente planos, donde las aguas tienden naturalmente a sumergirse y donde los ríos tienen un avance lento y no torrentoso. Las condiciones ambientales en Chile son completamente distintas, por lo que la experiencia europea debe tomarse como una referencia conceptual más que un escenario pero no como un modelo a seguir y aplicar. Quizás, las cuencas del sur del país podrían mostrar algunas semejanzas con las europeas.

En la zona norte (cuencas Camarones, Loa y, parcialmente, Huasco), las cuencas poseen dotaciones exigüas de aguas, producto de la inexistencia prácticamente absoluta de lluvias invernales y presencia de lluvias de verano (invierno boliviano) que caen sobre la parte alta; los cauces se presentan secos o con caudales mínimos casi todo el año, para crecer bruscamente, cuando las lluvias de verano son abundantes, y bajar como torrentes incontrolados que arrasan con todo lo que se encuentra a su paso. Es evidente que, los ríos se cargarán violentamente de sedimentos y los transportarán rápidamente al mar.

En las zonas del norte chico y central (parcialmente, cuenca del Huasco y cuencas de los ríos Limarí, Aconcagua, Maipo, Rapel y Maule, y, parcialmente, Itata), la dotación de aguas proviene, predominantemente, de la nieve acumulada en las montañas de la Cordillera de Los Andes, lo que genera un escurrimiento permanente, gracias a un derretimiento progresivo de las nieves, gracias al alza, también progresiva, de la temperatura atmosférica. El aporte pluvial es de menor importancia, aunque es creciente de norte a sur.

Son cuencas que cuentan con ríos de avance rápido, incluso en los valles aluviales, y que sufren de crecidas abruptas y torrentosas, ya sea durante el invierno (por lluvias sobre nieve) y/o al final de la primavera (por máximo derretimiento de la nieve); el agua tiende, no a sumergirse sino que a escurrir rápidamente y transferir su carga contaminante al océano. En este caso, los ríos tienden a transferir, rápidamente, importantes cargas de sedimentos minerales y químicos, siendo las aguas embalsadas vulnerables a la contaminación difusa; este riesgo también existe para las napas existentes en las zonas regadas, aunque podría definirse como moderado a menor, por la profundidad a que se encuentran y a la existencia de estratos impermeables, que tienden a mantener confinadas esta agua.

Sin embargo, los valles regados presentan, generalmente, aguas subsuperficiales (llamadas norias, para diferenciarlas de las profundas llamadas pozos) que se encuentran a poca profundidad e, incluso, afloran a la superficie en algunos sitios y en algunas épocas del año. Se trata de un recurso usado por la población rural para la satisfacción de sus necesidades de bebida y alimentación y extremadamente vulnerable por procesos de contaminación difusa.

En la zona sur (parcialmente, cuenca del Itata, y cuencas de los ríos Imperial, Bueno y Aysén), la dotación de aguas proviene, predominantemente, de la lluvia caída sobre la cuenca, incluyendo la parte alta montañosa, durante 8 a 9 meses/año, como mínimo; en este caso, los ríos son caudalosos pero de avance lento en los sectores planos, asemejándose, en parte, a la situación europea; no obstante, su corta longitud hace que los contaminantes (generalmente, químicos, con menor presencia de sedimentos) sean transferidos rápidamente al mar, sin generar procesos eutróficos o de otra naturaleza de relevancia en ellos.

Las napas son vulnerables a la contaminación difusa, por estar cercanas a la superficie y abiertas a los líquidos percolados a través de los suelos, pero su vulnerabilidad es sólo moderada, tanto por su rápida reposición de aguas como por su alta capacidad de dilución. Al igual que en el resto del territorio, las aguas embalsadas (lagos, lagunas, humedales) son las más vulnerables a la contaminación difusa, encontrándose ya ejemplos de procesos de eutrofización en muchas de ellas.

El **Cuadro 4.1.** esquematiza estos conceptos de vulnerabilidad de las cuencas a la contaminación difusa. Sin embargo, dentro del flujo hidrológico natural, se da un factor que es común para todas las cuencas: el riesgo de contaminación difusa, entendido como concentración máxima de contaminantes difusos y, también, como máximos efectos detrimentales sobre las capacidades de uso de las aguas, ocurrirá en espacios donde las aguas residan por largo tiempo; se trata de sitios de represamiento, natural o artificial, de aguas –como lagos, lagunas, represas, tranques, napas- donde se dan las condiciones para que, aportes continuados de contaminantes conduzcan a incrementos progresivos de éstos.

Este posible incremento progresivo, al que se ha hecho mención en el párrafo anterior, será máximo para aquellos contaminantes persistentes, una vez liberados en el ambiente, con los que es posible estimar un menor tiempo de espera para la emergencia de efectos detrimentales. Por cierto, una acumulación progresiva de contaminantes lábiles, poco persistentes, sólo será posible ante un abundante aporte continuado y a tiempos prolongados de residencia de las aguas.

Por ello, los índices de contaminación difusa más desmedrados y sus mayores efectos detrimentales, estarán siempre asociados a cuerpos de aguas donde éstas tengan una prolongada residencia. Así, siempre un río sentado reflejará un mayor grado de contaminación que un río torrentoso y un lago, siempre más que un río, por muy sentado que sea.

4.2. Singularidades de las cuencas

Para el diseño de un sistema de seguimiento de la calidad de las aguas, deben tomarse en consideración tanto aspectos referentes a la fase agresiva del sistema, léase actividades de producción, como aspectos característicos del sistema hídrico, que corresponde a la fase agredida del sistema.

Las particularidades del sistema productivo aportarán información acerca de lo agresivo de éste así como, también, permitirán identificar los principales parámetros a ser medidos en las aguas. Se trata de tener un conocimiento de los siguientes aspectos, a lo menos;

Las principales singularidades de las actividades productivas, que deben tomarse en cuenta, son:

- uso del suelo (tipos, extensión, distribución espacial),
- aplicación de fertilizantes nitrogenados y fosforados (identidad, hidrosolubilidad, dosis unitarias y cargas totales),

Cuadro 4.1. Estimación de la vulnerabilidad de las cuencas a las diversas causas de contaminación difusa (labranza de suelos; uso de fertilizantes, plaguicidas y guano animal; riego) (elaboración propia)

Cuenca	Aguas superficiales							Aguas subterráneas				
	Sedim. edáficos	N-P	Mat. orgánica		patógenos	plaguicidas	N	M.O. disuelta	patógenos	plaguicidas		
			dis.	Susp.								
Camarones	Alta discontinua	No	No	No	No	No	No	No	No	No		
Loa	Alta discontinua	No	No	No	Baja	No	No	No	No	No		
Huasco	Alta discontinua	Baja	No	No	No	Baja	No	No	No	No		
Limarí	Alta discontinua	Media	No	No	No	Media	Baja	No	No	Baja		
Aconcagua	Alta oscilante	Alta	Baja	Baja	Baja	Alta	Media	No	No	Alta		
Maipo	Alta oscilante	Alta	Baja	Baja	Baja	Alta	Baja	No	No	Alta		
Rapel	Alta oscilante	Alta	Baja	Media	Media	Alta	Media	No	No	Alta		
Maule	Media oscilante	Media	Baja	Media a alta	Media a alta	Media	Media	No	No	Media		
Itata	Media continua	Media	Baja a media	Alta	Media	Media	Media	No	No	Media		
Imperial	Media continua	Media	Baja a media	Alta	Media	Media	Media	Baja	Baja	Media		
Bueno	Baja continua	Media a baja	Baja a media	Alta	Media	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja		
Aysén	Baja oscilante	No	media	Alta	Baja	No	No	No	No	no		

- aplicación de plaguicidas, dando prioridad a los aplicados directamente al suelo, que sean persistentes, que manifiesten una baja afinidad con los sólidos del suelo, que sean hidrosolubles y que sean aplicados en cantidades importantes,
- gestión de los suelos, incluyendo el riego, y
- ganadería doméstica, especialmente bovina, ovina y porcina (producción unitaria de excretas, producción anual de excretas, proporción de excretas producidas a campo abierto y bajo estabulación, estilos de gestión de guanos y purines estabulados).

Entre las singularidades ambientales naturales, que condicionan la vulnerabilidad de la cuenca a alguno de los procesos de la contaminación difusa (sedimentación, eutrofización, residuos de plaguicidas), debe tomarse en cuenta, básicamente, las siguientes variables:

- hidricidad de la cuenca (cantidad de agua precipitada al año, período e intensidad de lluvias),
- erodibilidad de los suelos (por relieve, por características edáficas, por densidad vegetal),
- permeabilidad de los suelos, y
- profundidad y accesibilidad de las aguas subterráneas.

4.3. Contaminantes difusos

Partiendo de la base que un programa de seguimiento de la calidad de las aguas pretende satisfacer el objetivo central de evaluar el progreso de un proceso de contaminación difusa, sobre la base de los objetivos específicos siguientes:

- generar información actualizada de los cambios en la composición de las aguas,
- identificar los contaminantes asociados al proceso y las áreas desde donde emergen,
- identificar las fuentes de origen de estos contaminantes, y
- contar con un sistema de alarma temprana,

todo proceso de montaje de un sistema de seguimiento de la calidad de las aguas debe iniciarse con la identificación de los contaminantes “difusos” posibles de ser encontrados en una cuenca determinada, generando así la necesidad de incluirlos en los procesos analíticos. Esta primera etapa es crucial, por cuanto permite seleccionar los parámetros analíticos a ser determinados en las muestras de aguas que el programa genere.

Estos parámetros pertenecen a alguna de las siguientes categorías:

- parámetros de caracterización general, conducentes a determinar las aptitudes de uso de los cuerpos de agua; tienen cierta capacidad de reflejar los cambios inducidos por los procesos contaminantes y son, generalmente, conocidos como de caracterización de salinidad de las aguas; incluye, entre otros, los aniones y cationes mayores solubles, y el boro soluble,

- parámetros indicadores de estado de salud de las aguas, con capacidad indirecta para reflejar el efecto de procesos contaminantes; a modo de ejemplo, es posible mencionar el pH, la conductividad eléctrica (CE), la temperatura, la turbidez, la OD³, DBO⁴ y DQO⁵, y
- parámetros asociados a la presencia directa de contaminantes difusos, siendo algunos específicos (como los ingredientes activos de plaguicidas y los sedimentos edáficos) y otros, la gran mayoría, inespecíficos (como los microorganismos patógenos, el nitrógeno y el fósforo, en sus formas hidrosolubles).

El **Cuadro 4.2.** presenta una lista de contaminantes difusos, asociados a las actividades de origen. Este conocimiento permitirá ir siendo más específico en la selección de parámetros a considerar en el programa de monitoreo de aguas, a nivel de cada cuenca.

Con la información del **Cuadro 4.2.**, se puede construir el **Cuadro 4.3.**, que sistematiza la información sobre contaminantes de origen difuso, en función de sus actividades generadoras.

Esta información conduce a clasificar los parámetros analíticos susceptibles de incluir, básicamente, en las siguientes tres categorías:

- parámetros directos y específicos (los menos):
 - IA de plaguicidas, y
 - sedimentos edáficos (sólidos suspendidos fijos),
- parámetros directos e inespecíficos (los más):
 - N nítrico y N soluble,
 - P, como anión fosfórico soluble,
 - Microorganismos patógenos (coliformes totales y fecales, salmonellas),
 - Sustancias orgánicas, disueltas y suspendidas (sólidos disueltos volátiles y sólidos suspendidos volátiles),
 - Materia orgánica total y en suspensión,
 - Metales pesados móviles,
 - Sales disueltas (aniones cloruro, sulfato, carbonatos y bicarbonatos; cationes calcio, magnesio, potasio, sodio), y
- parámetros funcionales, indirectos e inespecíficos:
 - pH,
 - conductividad eléctrica (mide en forma indirecta la cantidad de sales disueltas),
 - turbidez (mide en forma indirecta la cantidad de materias en suspensión),

³ Oxígeno disuelto

⁴ Demanda bioquímica de oxígeno

⁵ Demanda química de oxígeno

Cuadro 4.2. Actividades agrícolas, generadoras de contaminantes difusos

Actividad	Proceso desencadenado	Contaminantes generados		Otras actividades generadoras
		Aguas superficiales	Aguas subterráneas	
Labranza de suelos	Erosión de suelos (proceso directo)	Sedimentos (partículas de suelos removidas)	No	Riego; tala de bosques
	Contaminación orgánica (proceso indirecto)	Partículas orgánicas suspendidas	No	Riego; tala de bosques
	Contaminación química (proceso indirecto)	P adsorbido sobre sedimentos	No	Riego; tala de bosques
		IA ¹ de plaguicidas adsorbido sobre sedimentos	No	Riego; tala de bosques
Aplicación de fertilizantes minerales	Contaminación química (proceso directo)	N disuelto	N disuelto	Aplicación de purines, guanos animales y lodos de PTAS ² ; riego con aguas servidas no tratadas; riego con efluentes de PTAS; <i>descargas de fuentes fijas</i>
		P disuelto ³	No	
Aplicación directa de plaguicidas a suelos	Contaminación química (proceso directo)	IA de plaguicidas hidrosolubles	IA de plaguicidas hidrosolubles	No

¹ *Ingrediente(s) activo(s)*

² *Plantas de tratamiento de aguas servidas*

³ *Causa principal de la eutrofización de cuerpos de agua*

Aplicación de guanos y purines (incluyendo efluentes de estabulación)	Contaminación química (proceso directo)	N disuelto	N disuelto	Aplicación de fertilizantes minerales y lodos de PTAS ¹ ; riego con aguas servidas no tratadas; riego con efluentes de PTAS (no para patógenos); <i>descargas de fuentes fijas</i>
		P disuelto	No	
	Contaminación biológica	Microorganismos patógenos	No	
Aplicación de lodos de PTAS	Contaminación química (proceso directo)	N disuelto	N disuelto	Aplicación de fertilizantes minerales, guanos y purines; riego con aguas servidas no tratadas; riego con efluentes de PTAS; <i>descargas de fuentes fijas</i>
		P disuelto	No	
		Metales pesados móviles	¿Metales pesados móviles?	<i>Descargas de fuentes fijas</i>
	Contaminación biológica	Microorganismos patógenos	No	Aplicación de guanos y purines; riego con aguas servidas no tratadas; <i>descargas de fuentes fijas</i>
Riego	Erosión de suelos	Sedimentos edáficos	No	Labranza de suelos
	Contaminación química (proceso directo)	Sales solubles	Sales solubles	<i>Descargas de fuentes fijas</i>
		P soluble y adsorbido sobre sedimentos	No	Labranza de suelos; tala de bosques
		N soluble	N soluble	
		IA de plaguicidas adsorbido sobre sedimentos	No	
Erosión de suelos (proceso directo)	Sedimentos edáficos	No	Labranza de suelos; riego; tala de bosques	
Tala de bosques (incluye cosecha de plantaciones forestales)	Contaminación química (proceso indirecto)	P adsorbido sobre sedimentos	No	Labranza de suelos; riego; tala de bosques
		IA ² de plaguicidas adsorbido sobre sedimentos	No	Labranza de suelos; riego; tala de bosques

¹ Plantas de tratamiento de aguas servidas

² Ingrediente(s) activo(s)

Cuadro 4.3. Fuentes originarias de contaminantes de origen difuso

Contaminante	Actividades agrícolas	Actividades no agrícolas
Sedimentos minerales (partículas edáficas) <i>Específicos de procesos de denudación de suelos</i>	Labranza de suelos	Urbanización
	Riego	
	Tala de bosques	
N y P solubles <i>Inespecíficos</i>	Aplicación de fertilizantes	Efluentes de agroindustrias
	Aplicación de guanos/purines	Efluentes de otras industrias
	Aplicación de lodos de PTAS	
P adsorbido <i>Específico de procesos de denudación de suelos</i>	Labranza de suelos	Efluentes de agroindustrias
	Riego	Efluentes de otras industrias
	Tala de bosques	
IA de plaguicidas disueltos <i>Específico</i>	Aplicación de plaguicidas	
	Labranza de suelos	Efluentes de agroindustrias
	Riego	Efluentes industriales
IA de plaguicidas adsorbidos <i>Específico</i>	Tala de bosques	
	Aplicación de guanos/purines	Descargas de aguas servidas no tratadas
	Aplicación de lodos de PTAS	Efluentes de agroindustrias
Microorganismos patógenos <i>Inespecíficos</i>	Aplicación de guanos/purines	Efluentes de agroindustrias
	Aplicación de lodos de PTAS	Efluentes de agroindustrias
	Aplicación de lodos de PTAS	
Materia orgánica suspendida <i>Inespecíficos</i>	Labranza de suelos	Efluentes de agroindustrias
	Riego	
	Tala de bosques	
Sales solubles <i>Inespecíficos</i>	Riego (zonas áridas y semiáridas)	Efluentes industriales
	Aplicación de lodos de PTAS	Efluentes de la minería
Metales pesados móviles <i>Inespecíficos</i>		Efluentes industriales

- oxígeno disuelto (mide en forma indirecta, la presencia de sustancias orgánicas),
- DBO (también, mide en forma indirecta, la presencia de sustancias orgánicas),
- DQO (mide en forma indirecta, la presencia de sustancias totales).

Como puede verse, hay que tener cuidado en la selección de parámetros para evitar duplicar información, con el consiguiente aumento del costo de operación del sistema. Así, la cantidad de sales disueltas es mejor, más fácil y más económico, medirla por la CE que entrar en una determinación directa. Si la cantidad de sólidos en suspensión se determina directamente, no es necesario medir turbidez. Si la carga orgánica se determina directamente, no se hace necesario determinar los sólidos suspendidos o disueltos, volátiles.

Otro aspecto importante es que la inclusión de parámetros analíticos inespecíficos obliga a aumentar la densidad de estaciones de monitoreo, por cuanto obliga a contar con información suficiente para identificar fuentes fijas originarias de estos contaminantes, de modo de estar en condiciones de asignar solo lo que corresponde a la contaminación difusa.

Finalmente, es importante dejar planteado el hecho que los parámetros funcionales corresponden a valores que resultan de la integración de los procesos físicos, químicos y biológicos, que ocurren en las aguas; por tanto, la asignación de significado, en términos de contaminación difusa, exige lo mismo que los parámetros inespecíficos: una mayor densidad de sitios de observación. Por ello, es preferible tender hacia los parámetros específicos y descriptivos, dejando los funcionales para una última instancia.

En todo caso, la especificidad de un parámetro es un concepto relativo. A modo de ejemplo, el incremento de nitrógeno nítrico en las aguas de una cuenca puede ser un parámetro específico, si es que en ella, solo concurre una de las acciones susceptibles de aportarlo a las aguas. Por ello, que todo sistema debe reconocer las singularidades del territorio bajo vigilancia; desde esta perspectiva, mientras mayor sea este territorio, la probabilidad de que todos los parámetros analíticos se hagan inespecíficos es máxima, en tanto que lo inverso ocurrirá si se tiende a la microcuenca, donde es menos probable que concurra dos o más actividades generadoras de un mismo contaminante.

4.4. Componentes de un sistema de seguimiento de la calidad de las aguas

Un sistema de monitoreo de la calidad de aguas opera sobre la base de tomar muestras de aguas, en forma periódica, desde sitios predefinidos para cada cuenca, su despacho a una unidad analítica, su posterior procesamiento según un protocolo previamente definido, el ingreso de la información a una base de datos y, por último, el análisis y evaluación periódicos de la información, a objeto de definir las medidas de protección o correctivas a tomar.

Ello involucra que es necesario contar con una infraestructura básica (compuesta de estaciones de monitoreo, laboratorio, capacidad de almacenamiento de datos), protocolos operacionales (procedimientos para toma, preservación y despacho de muestras a laboratorio; listado de parámetros por determinar; procedimientos

analíticos estandarizados, validados y reconocidos; software para ingreso y rescate interactivo de información acumulada), y materiales fungibles (frascos para toma de muestras, preservantes químicos, tomadores de muestras, materiales varios).

4.4.1. Infraestructura

A. Estaciones de monitoreo

Se postula que las estaciones para monitorear el avance de la contaminación difusa deben ser permanentes, debido a que el proceso, una vez establecido, tiende a ser regular e insensible –en el corto y mediano plazo- a cambios en los estilos de hacer agricultura e, incluso, a cambios de uso de los suelos. Ello significa que se debe contar con una red de estaciones permanentes que, en conjunto, cubran todo el territorio de la cuenca.

Como criterio básico de emplazamiento, debe seleccionarse la localización de las estaciones en función de tener la posibilidad de detectar el impacto de determinadas actividades agrícolas; como, generalmente, dentro de un área agrícola, coexisten todas o casi todas las actividades generadoras de contaminantes difusos, el criterio debiera ser el contar con estaciones que detecten el impacto de zonas agrícolas unitarias. En general, se debe entender que los siguientes puntos significan localizaciones preferenciales:

- inmediatamente aguas abajo del nacimiento de ríos,
- inmediatamente aguas arriba de uniones de ríos,
- inmediatamente aguas arriba y aguas abajo de los sitios de descargas puntuales, desde industrias y centros urbanos (estaciones orientadas a detectar el impacto adicional de contaminaciones fijas),
- puntos de entrada y evacuación de aguas embalsadas,
- inmediatamente aguas arriba y aguas abajo de áreas agrícolas unitarias (un sector de un valle, como por ejemplo, el tramo del valle Aconcagua, entre Los Andes y San Felipe), e
- inmediatamente aguas arriba y aguas abajo de áreas destinadas a un uso unitario (por ejemplo, zonas de ganadería bovina).

Es evidente que no se puede tener el mismo nivel de desagregación para las estaciones de monitoreo de aguas subterráneas. Lo único que podría establecerse es que la red de estaciones debe pretender no sólo cubrir toda el área bajo vigilancia sino que, también, todas las profundidades en que éstas existan dentro de la cuenca.

Un último punto de interés es que el emplazamiento y operación de estaciones de monitoreo de la contaminación difusa no será todo lo efectivo y eficiente que podría esperarse si no se efectúa dentro del contexto de un sistema global de monitoreo de procesos contaminantes hídricos (fijos y no fijos), debido a que se está lidiando con contaminantes que no son específicos y es necesario intentar determinar el aporte diferencial de las descargas fijas y no fijas sobre los contenidos encontrados en ríos, napas o lagos.

B. Laboratorio

Lo más relevante es contar con una unidad analítica equipada suficientemente, como para contar con límites de cuantificación que sean significativamente más exquisitos que los umbrales de tolerancia o umbrales críticos reconocidos por las normas de calidad de aguas. A modo de ejemplo, no tiene sentido cuantificar molibdeno en aguas si no se cuenta con el instrumental adecuado para tener límites de detección largamente por debajo de 0,01 mg Mo/litro, que es la concentración que la Norma Oficial Chilena N° 1333, Oficio 78, reconoce como máximo tolerable para aguas de riego.

C. Hardware

Es preciso contar con el hardware que permita el almacenamiento de una cantidad importante de datos. A modo de ejemplo del dimensionamiento, un conjunto de 20 estaciones, con 20 parámetros determinados por muestra, genera un total 400 datos puntuales; si la frecuencia de muestreo es trimestral, el número de datos al año será de 1.600. Si se asume que todas las cuencas tienen esta configuración, el número de datos al año será de 19.200; en una década, la cifra llegaría a 192.000.

D. Protocolos operacionales

D.1. Toma de muestras y procedimientos de preservación

Este protocolo deberá involucrar:

- frecuencia de muestreo (hoy, trimestral, para todas las cuencas de Chile; se sugiere mantener la misma frecuencia),
- forma para tomar una buena muestra (punto del río, purgado de equipos de bombeo, tipo de frascos, ambientación de frascos),
- forma de preservar las muestras, para evitar una alteración significativa antes de su procesamiento analítico (uso de espacios fríos, adición de preservantes químicos, regulación del pH), y
- forma de enviar las muestras al laboratorio, entendiendo que el tiempo no puede exceder de 48 horas, como máximo.

D.2. Parámetros por determinar

El Cuadro 4.4. incluye una lista de parámetros sugeridos, para el seguimiento de la contaminación difusa de aguas, entendiendo que las características de cada cuenca podrían recomendar, no tanto la incorporación de nuevos parámetros sino que, más bien, la eliminación de algunos. Sin embargo, debe mencionarse que la eliminación de parámetros podría involucrar pérdidas sensibles en la capacidad de vigilancia de la red de monitoreo de una cuenca específica.

De acuerdo a lo analizado, hasta el momento, el reconocimiento de las circunstancias propias de cada cuenca hará que el o los ingredientes activos de plaguicidas cambien, en función de cada cuenca. La restante analítica

Cuadro 4.4. Parámetros analíticos recomendados para estaciones de vigilancia de la contaminación difusa

Parámetro	Estación	
	Superficial	Subterránea
pH y CE	Si	Si
Aniones solubles (sulfato, cloruro, carbonato, bicarbonato)	Si	Si
Cationes solubles (calcio, magnesio, potasio, sodio)	Si	Si
Boro soluble	Si	Si
Sólidos totales, suspendidos y disueltos	Si	No
Sólidos suspendidos (fijos y volátiles)	Si	No
Contenido de materia orgánica disuelta	Si	Si
Coliformes totales y fecales	Si	¿No?
Salmonellas totales	Si	¿No?
N disuelto y N nítrico	Si	Si
P disuelto	Si	¿No?
IA's de plaguicidas (específicos por cuenca; no más de dos por cuenca)	Si	Si
Metales pesados móviles totales (As, Cd, Mo, Se)	Si	Si
DBO	Si	Si

es, básicamente, genérica ya que reconoce actividades que se dan en todas las cuencas (ejemplo, labranza de suelos, aplicación de fertilizantes) y, en alto grado, inespecífica ya que no está asociada solo a una actividad agrícola; por ello, es altamente conveniente que todos los restantes parámetros estén incorporados al conjunto analítico, independientemente de la cuenca de donde procedan las muestras de aguas.

D.3. Procedimientos analíticos

Con el objeto de que los resultados emergentes de la operación de estas redes de vigilancia sean aceptados universalmente, el laboratorio debe ejecutar procedimientos analíticos debidamente estandarizados y que cuenten con el reconocimiento de las instancias pertinentes, que básicamente son las instituciones del ámbito de la normalización (INN, ISO).

D.4. Programas de almacenamiento y rescate de información

Se debe desarrollar un software que permita un ingreso fácil de los resultados analíticos, así como también, un rescate selectivo de información, con posibilidades de efectuar análisis estadísticos y de tendencias temporales/longitudinales.

4.5. Alcance geográfico de las redes

Considerando que las condiciones ambientales hacen que las aguas continentales, en Chile, tengan una componente dominante de rápido tránsito entre cordillera y mar, es que se determinó como importante acercarse lo más posible hacia los sitios de emergencia de los contaminantes de origen silviagropecuario; en otras palabras, se tomó la decisión de ir hacia cauces de menor orden, evitando el monitoreo de cauces de origen mayor, en los que, por razones de dilución, la probabilidad de detectar la presencia de contaminantes de origen difuso disminuye significativamente.

Dado que la aplicación de este criterio significa trabajar con escalas de mayor detalle, se hace impracticable su aplicación a la totalidad de la cuenca. Por consiguiente, la decisión anterior obligó a una segunda decisión de seleccionar un sector de la cuenca, para efectuar el monitoreo de sus aguas. La selección efectuada fue la siguiente:

- cuencas Camarones, Loa y Huasco, sin selección de área,
- cuenca del Limarí: sector aguas arriba del Embalse La Paloma, que contiene una producción intensiva de uva de mesa,
- cuenca del Aconcagua: un sector frutícola (Los Andes-San Felipe) y otro hortofrutícola (Quillota),
- cuenca del Maipo: sector hortofrutícola (Paine-Talagante-Isla de Maipo),
- cuenca del Rapel: área hortofrutícola del valle Cachapoal,
- cuenca del Maule: área arrocerá entre los ríos Perquilauquén y Longaví,
- cuenca del Itata: sector de plantaciones forestales,

- cuenca del Imperial: sector del valle central, aguas arriba de Temuco,
- cuenca del Bueno: sector lacustre-ganadero, del río Pilmaiquén, y
- cuenca del Aysén: sectores de influencia de lagunas y lagos.

Los límites de estas áreas seleccionadas, dentro de cada cuenca, se presentan en las figuras incluidas en el Capítulo 5.

En **Anexo I**, se entrega una relación –tipo manual de buenas prácticas- de los criterios básicos para el diseño, montaje y operación de una red de monitoreo de la calidad de las aguas.

5. DESCRIPCIÓN DE CUENCAS¹

5.1. Las zonas Hidrográficas de Chile

Un país como Chile, con una longitud de más de 4.000 km en su parte sudamericana, que se desarrolla a lo largo de una franja continental muy estrecha, comprendida entre 2 o 3 meridianos como promedio ($66^{\circ}30' W-76^{\circ} W$) y con latitudes que van desde los $17^{\circ}30' S$ a los $56^{\circ}30' S$, presenta diversidad de clima, de rasgos morfológicos y de características litológicas, que determinan también distintos comportamientos respecto del escurrimiento, del tipo de la red de drenaje y situación de las cuencas con respecto a las unidades morfológicas fundamentales o de su base de equilibrio, permiten agruparlas y definir zonas más o menos homogéneas (Niemeyer, H; Cereceda, P., 1984).

En este comportamiento, se distingue una primera zona hidrográfica, la del Norte Árido, con ríos de régimen esporádico que comprende las regiones de Tarapacá, Antofagasta y la parte norte y nororiental de Atacama. Su principal característica es su condición de extrema aridez. Condicionadas por el relieve y la mínima cantidad de precipitación que reciben, se pueden definir sistemas exorreicos, es decir, con desagüe al mar chileno, endorreicos, que tienen como base de equilibrio depresiones sin salida, y arrecias o inactivas. En cuanto a las cuencas endorreicas, si bien algunas se definen íntegramente en territorio nacional, hay otras de considerable extensión donde sólo una subcuenca se desarrolla en tierra chilena, formando parte de una más extensa que comprende a veces dos o tres países. Un ejemplo lo constituye el río Lauca, que forma parte de la gran cuenca del salar de Coipasa, que constituye su base de equilibrio en el altiplano boliviano. Un ejemplo de cuenca endorreica íntegramente formada en territorio chileno corresponde a la del salar del Huasco, situada al oriente de la Región de Tarapacá (Niemeyer, H; Cereceda, P., 1984).

Hacia el sur sigue la Zona Semiárida, de los ríos en torrente de régimen mixto, donde ha desaparecido todo relieve altiplánico, y donde los ríos con cabecera en la alta cordillera tienen régimen permanente y, una vez formados, toman dirección general de este a oeste condicionada por la tectónica local. La cantidad de precipitaciones anuales y su dispersión en el tiempo histórico permiten definir un clima semiárido con lluvias centradas en los meses de invierno. Se extiende desde la III Región hasta el cordón de Chacabuco por el sur.

¹Capítulo redactado por Alexis Araya Castillo, Ingeniero Agrónomo, contratado para trabajar en esta Consultoría

La zona central de Chile queda definida por un relieve que vuelve a ser tripartito, en el cual la unidad más importante es la depresión intermedia (ó valle central). Desde el punto de vista hidrográfico, se ha dividido en dos zonas: una centro norte de ríos en torrente de régimen mixto y otra centro sur de ríos tranquilos con regulación lacustre, en atención fundamentalmente al tipo de escurrimiento de los ríos y a su régimen.

La zona centro norte comienza desde el cordón de Chacabuco por el norte e incluye la hoya del río Biobío por el sur, considerada de transición. La zona centro sur se extiende hasta el canal de Chacao y el seno y estuario de Reloncaví, incluyendo el archipiélago de Chiloé.

Inmediatamente al sur de la última zona definida se encuentran otras zonas hidrográficas definidas como son la Patagonia chilena, la isla grande de Tierra del fuego e islas adyacentes, y la Antártica chilena. Mención aparte las islas oceánicas, como el archipiélago de Juan Fernández y la isla de Pascua, que no se han incorporado en alguna de las zonas anteriores por sus características hidrográficas propias (Niemeyer, H; Cereceda, P., 1984). En el Cuadro 5.1, se detallarán las cuencas existentes a nivel nacional, desagregadas por su zona hidrográfica.

5.2. Cuencas seleccionadas a nivel nacional

Dentro del número total de cuencas, para el presente estudio se han elegido 12, siguiendo un criterio de abarcar la mayor parte del territorio nacional y la consecuente importancia de la cuenca a nivel regional y el riesgo latente de ser contaminada, debido a la agricultura que se desarrolla en su entorno y a la cercanía a centros urbanos. En el Cuadro 5.2, se muestran las cuencas seleccionadas con sus correspondientes comunas que la incluyen, y la superficie total comunal referida a la cuenca.

De acuerdo a los alcances de este proyecto, para algunas cuencas, la complejidad de la red hídrica sobrepasa la capacidad de muestreo y la definición de zonas de riesgo, por lo tanto, se trabajará con áreas seleccionadas, de mayor susceptibilidad de contaminación difusa dentro de la gran cuenca, es decir, aquellas zonas más cercanas a los grandes centros agrícolas productivos los que son o se pueden identificar como focos de contaminación. En el Cuadro 5.3, se muestran las zonas definidas dentro de las grandes cuencas con las comunas y la superficie que abarcan. Esta clasificación se realizó desde la cuenca del río Limarí hasta la del río Aysén, debido a que en las cuencas anteriores (Camarones, Loa, Huasco) la red hídrica está mas definida y el riesgo de contaminación difusa se encuentra mejor localizado.

Cuadro 5.1. Listado de cuencas a nivel nacional, según categorías. IGM, 1984.

Zona	Categoría	Ubicación Geográfica	Tipos de Cuenca	Cuenca
I	Ríos de Régimen Esporádico de la zona Árida de Chile	Comprende regiones I (Tarapacá), II (Antofagasta) y la parte nororiental de la III (Atacama)	Exorreicas	Río Lluta
				Quebrada de Azapa
				Quebradas Vitor
				Camarones
				Camíña
				Río Loa
			Endorreicas	De la alta puna
				Pampa del Tamarugal
				Salar de Atacama
			Arrecias	Salar de Punta Negra
				Mejillones
				Baquedano
				Quebrada de La Negra
				Quebrada de Taltal
Quebrada del Pan de Azúcar				
II	Ríos en Torrente de Régimen Mixto en la zona Semiárida de Chile	Comprende regiones III (Atacama), exceptuando la parte altiplánica, IV (Coquimbo), y V (Valparaíso) hasta el Cordón de Chacabuco	Andinas	Río Salado
				Río Copiapó
				Río Huasco
				Río Elqui
				Río Limarí
				Río Choapa
				Río Petorca
				Río La Ligua
				Río Aconcagua
			Preandinas	Quebrada Algarrobal
				Quebrada Chañaral de Aceitunas
				Quebrada Los Choros
				Quebrada Lagunillas
				Estero Pupío y Conchalí
				Río Quilimarí
			Costeras	Estero Culebrón
				Estero Tongoy
				Quebrada Pachingo
				Quebradas del Teniente
				Hornillos
				Estero Chigualoco
Los Molles				
Hualquén				
Catapilco				
Estero de Viña del Mar				

Zona	Categoría	Ubicación Geográfica	Tipos de Cuenca	Cuenca
III	Ríos en Torrente de Régimen Mixto en la zona Subhúmeda de Chile	Comprende desde las regiones V (Cordón de Chacabuco) hasta la VIII (canal de Chacao y del seno de Regongaví)	Andinas	Hoya del río Maipo
				Hoya del río Rapel
				Hoya del río Mataquito
				Hoya del río Maule
				Hoya del río Itata
				Hoya del río Biobío
			Costeras	Interfluvio Aconcagua-Maipo
				Interfluvio Maipo-Rapel
				Interfluvio Rapel-Mataquito
				Interfluvio Mataquito-Maule
				Interfluvio Maule-Itata
				Interfluvio Itata-Biobío
IV	Ríos Tranquilos con Regulación Lacustre en la zona Húmeda de Chile	Comprende las regiones VIII (cuenca del Biobío), y IX (canal de Chacao)	Andinas, Preandinas y Trasandinas	Hoya del río Imperial
				Hoya del río Toltén
				Hoya del río Valdivia
				Hoya del río Bueno
			Costeras	Interfluvio Biobío-Imperial
				Interfluvio Imperial-Toltén
				Interfluvio Toltén-Valdivia
				Interfluvio Valdivia-Bueno-Maullín
				Interfluvio Petrohué-Cochamó
				Archipiélago de Chiloé
				Hoya del río Maullín
				Hoya del río Petrohué
V	Ríos Caudalosos Trasandinos de Patagonia Septentrional de Chile	Comprende desde las regiones IX (Canal de Chacao) hasta la XII (estrecho de Magallanes)	Hoyas andinas y trasandinas	Río Cochamó
				Río Puelo
				Río Vodudahue
				Río Reñihue
				Río Yelcho
				Río Corcovado
			Costeras	Río Palena
				Río Cisnes
				Río Aysén
				Río Baker
				Interfluvio Puelo-Vodudahue
				Interfluvio Vodudahue-Reñihue
				Interfluvio Reñihue-Yelcho
				Interfluvio Yelcho-Corcovado
				Interfluvio Corcovado-Palena
				Interfluvio Palena-Cisnes
				Interfluvio Cisnes-Aysén
				Interfluvio Aysén-Baker

Zona	Categoría	Ubicación Geográfica	Tipos de Cuenca	Cuenca
VI	Zona de los Campos de Hielo de Patagonia Meridional	XII Región (sur de la península de Taitao, hasta el estrecho de Magallanes)	Ríos de alimentación glacial	Río Bravo
				Río Pascua
				Río Serrano
				Río Gallegos
				Río Chico o Ciaike
			Campos de Hielo	Campos de Hielo Norte
				Campos de Hielo Sur
Campos de hielo Tierra del Fuego				
VII	Territorios Situados al Sur del Estrecho de Magallanes	Sur del estrecho de Magallanes	Isla Grande de Tierra del Fuego	
			Otras Islas	
VIII	Antártica Chilena	Ubicada entre los meridianos 53° y 90°W		
IX	Islas Oceánicas		Isla de Pascua	
			Archipiélago Juan Fernández	

Cuadro 5.2. Cuencas Hidrográficas seleccionadas a nivel nacional

Cuenca	Región	Provincia	Comunas de la cuenca	Superficie (km ²)	Total (km ²)
Camarones	I	Arica	Camarones	3.792	16.320
		Iquique	Huara	10.414	
			Camiña	2.114	
Loa	II	Tocopilla	Tocopilla	3.950	31.906
			María Elena	12.203	
		El Loa	Calama	15.753	
Huasco	III	Huasco	Huasco	1.587	18.099
			Vallenar	7.066	
			Freirina	3.496	
			Alto del Carmen	5.950	
Limarí	IV	Limarí	Ovalle	3.566	13.451
			Río Hurtado	2.079	
			Punitaqui	1.612	
			Monte Patria	4.330	
			Combarbalá	1.864	
Aconcagua	V	Los Andes	Los Andes	1.258	7.471
			San Esteban	1.359	
			Calle Larga	332	
			Rinconada	127	
		San Felipe	San Felipe	201	
			Putaendo	1.408	
			Santa María	178	
			Panquehue	123	
			Llay-Llay	349	
		Quillota	Catemu	369	
			Quillota	312	
			La Cruz	294	
			La Calera	76	
			Nogales	405	
			Hijuelas	46	
Quillota	Limache	370			
	Olmué	211			
	Villa Alemana	53			

Maipo	V	San Antonio	San Antonio	429	14.759
	RM	Chacabuco	Til Til	667	
			Colina	1.002	
			Lampa	446	
		Santiago	Quilicura	56	
			Huechuraba	23	
			Lo Barnechea	1.005	
			Pudahuel	150	
			Renca	35	
			Conchalí	15	
			Vitacura	24	
			Independencia	10	
			Recoleta	22	
			Las Condes	96	
			Cerro Navia	18	
			Quinta Normal	22	
			Providencia	23	
			Lo Prado	8	
			Estación Central	20	
			Santiago	29	
			Ñuñoa	22	
			La Reina	25	
			Maipú	128	
			Cerrillos	23	
			Lo Espejo	9	
			Pedro Aguirre Cerda	10	
			San Miguel	11	
			San Joaquín	9	
			Macul	18	
			Peñalolén	23	
			La Cisterna	11	
		San Ramón	7		
		La Granja	13		
	La Florida	73			
El Bosque	14				
La Pintana	24				
Cordillera	San José de Maipo	5.129			
	Puente Alto	83			
	Pirque	401			
Melipilla	Curacaví	730			
	María Pinto	365			
	Melipilla	1.260			
Talagante	Peñaflor	150			
	El Monte	125			
	Talagante	118			
	Isla de Maipo	209			

			Calera de Tango	72	
			San Bernardo	156	
		Maipo	Buin	209	
			Paine	708	
	VI	Cachapoal	Mostazal	524	
	RM	Melipilla	San Pedro	991	
			Alhué	982	
			Graneros	111	
			Rancagua	274	
			Machalí	2.519	
			Las Cabras	736	
			Coltauco	252	
			Doñihue	79	
			Olivar	52	
			Coinco	111	
			Requinoa	627	
			Peumo	144	
			Quinta de Tilcoco	89	
			Pichidegua	306	
			San Vicente	466	
	VI		Malloa	116	
			Rengo	597	
			Navidad	294	
			Litueche	642	
		Cardenal Caro	La Estrella	432	
			Marchigue	658	
			Peralillo	283	
			Palmilla	263	
			San Fernando	2.458	
			Santa Cruz	413	
			Nancagua	106	
			Placilla	136	
			Chepica	499	
			Chimbarongo	544	
			Río Claro	523	
			Constitución	1.326	
			Pencahue	959	
			Talca	309	
			Pelarco	438	
			San Clemente	4.552	
			Maule	271	
	VII	Cauquenes	Cauquenes	2.131	
			San Javier	1.293	
			Villa Alegre	184	
			Yerbas Buenas	246	
			Colbún	2.937	
			Linares	1.438	
Rapel					15.180
Maule					21.397

			Retiro	781		
			Longaví	1.406		
			Parral	1.633		
	VIII	Ñuble	Qurihue	598		
			Ninhue	372		
Itata	VIII	Ñuble	San Carlos	883	11.683	
			San Fabián	1.482		
			San Nicolás	483		
			Treguaco	331		
			Portezuelo	274		
			Chillán	762		
			Coihueco	1.486		
			Coelemu	352		
			Ranquíl	316		
			Pinto	1.105		
			Quillón	347		
			Bulnes	473		
			San Ignacio	351		
			El Carmen	722		
			Pemuco	529		
			Yungay	906		
						Bío-Bío
Imperial	IX	Malleco	Purén	488	13.094	
			Lumaco	1.103		
			Traiguén	918		
			Victoria	1.243		
			Curacautín	1.713		
		Cautín	Galvarino	565		
			Perquenco	331		
			Carahue	1.333		
			Nueva Imperial	1.138		
			Temuco	906		
			Lautaro	938		
			Vilcún	1.531		
			Freire	887		
						Valdivia
Bueno	X		Futroneo	2.268		
			La Unión	2.105		
			Lago Ranco	1.708		
			Río Bueno	2.130		
			San Pablo	638		
		Osorno	Osorno	963		
			Entre Lagos	1.663		
			Río Negro	1.298		
			Puerto Octay	1.873		
			Purranque	1.513		
			Frutillar	930		
		Llanquihue		Llanquihue	401	
Aysén	XI	Coihaique	Coihaique	7.755	42.527	
		Aysén	Aysén	34.772		

Cuadro 5.3. Zonas seleccionadas, para cada cuenca de estudio

Cuenca	Región	Provincia	Comunas de la cuenca	Superficie (km ²)	Total (km ²)
Limarí Sector Vitivinícola	IV	Limarí	Río Hurtado	2.079	8.273
			Monte Patria	4.330	
			Combarbalá	1.864	
Aconcagua Sector Frutícola	V	Los Andes	Los Andes	1.258	5.429
			San Esteban	1.359	
			Calle Larga	332	
			Rinconada	127	
		San Felipe	San Felipe	201	
			Santa María	178	
			Panquehue	123	
			Llay-Llay	349	
			Catemu	369	
Aconcagua Sector Hortofrutícola	V	Quillota	Quillota	312	
			La Cruz	294	
			La Calera	76	
			Nogales	405	
			Hijuelas	46	
Maipo Sector Hortofrutícola	RM	Talagante	El Monte	125	1.597
			Talagante	118	
			Isla de Maipo	209	
			Calera de Tango	72	
			San Bernardo	156	
			Buin	209	
			Paine	708	
Rapel Sector Hortofrutícola (valle del Cachapoal)	VI	Cachapoal	Graneros	111	3.224
			Rancagua	274	
			Coltauco	252	
			Doñihue	79	
			Olivar	52	
			Coinco	111	
			Requinoa	627	
			Peumo	144	
			Quinta de Tilcoco	89	
			Pichidegua	306	
			San Vicente	466	
			Malloa	116	
			Rengo	597	
Maule Sector Cereales (Arroz)	VII	Linares	Linares	1.438	5.258
			Retiro	781	
			Longaví	1.406	
			Parral	1.633	

Itata Sector Forestal (plantaciones)	VIII	Ñuble	Chillán	762	5.195
			Pinto	1.105	
			Quillón	347	
			Bulnes	473	
			San Ignacio	351	
			El Carmen	722	
			Pemuco	529	
			Yungay	906	
Imperial Sector Valle Central	IX	Malleco	Curacautín	1.713	7.113
		Cautín	Nueva Imperial	1.138	
			Temuco	906	
			Lautaro	938	
			Vilcún	1.531	
			Freire	887	
			Paillaco	850	
Bueno Sector Lacustre- ganadero	X	Valdivia	Futrono	2.268	11.362
			La Unión	2.105	
			Lago Ranco	1.708	
			Río Bueno	2.130	
			Osorno	San Pablo	
		Entre Lagos	1.663		
		Aysén Sector Lagunas Interiores	XI	Coihaique	
Aysén	Aysén			34.772	

5.3. Descripción general de cada cuenca seleccionada

5.3.1. Cuenca de la Quebrada Camarones

A. Localización y superficie

La cuenca de la Quebrada Camarones se ubica en la I Región de Tarapacá, abarcando parte de las provincias de Arica e Iquique. La hoya del río Camarones se origina en Arepunta a 2.900 m.s.n.m.², de la reunión de los ríos Aجاتama, que es el afluente del norte, y Caritaya, tributario del sur. A partir de este punto desarrolla su curso en dirección aproximada sur oeste con 97 km de longitud. Esta hoya comprende una superficie de 4.760 km². En la **Figura 5.1**, se muestra el mapa físico de la cuenca.

B. Características de relieve

El valle del río Camarones es muy estrecho y encajonado entre altos paredones naturales con sectores intransitables por el fondo. A partir de Condumayo, situado poco más arriba del pueblo de Esquiña, se suceden aguas abajo una serie de ensanchamientos donde se desarrolla la agricultura, separado por otras tantas angosturas. El sector de cultivos más importante corresponde a la ex hacienda Camarones, entre las angosturas de Taltape y Conanoxa, y la ex hacienda de Cuya, aguas abajo de este último desfiladero (Niemeyer, H; Cereceda, P., 1984).

C. Red hídrica principal

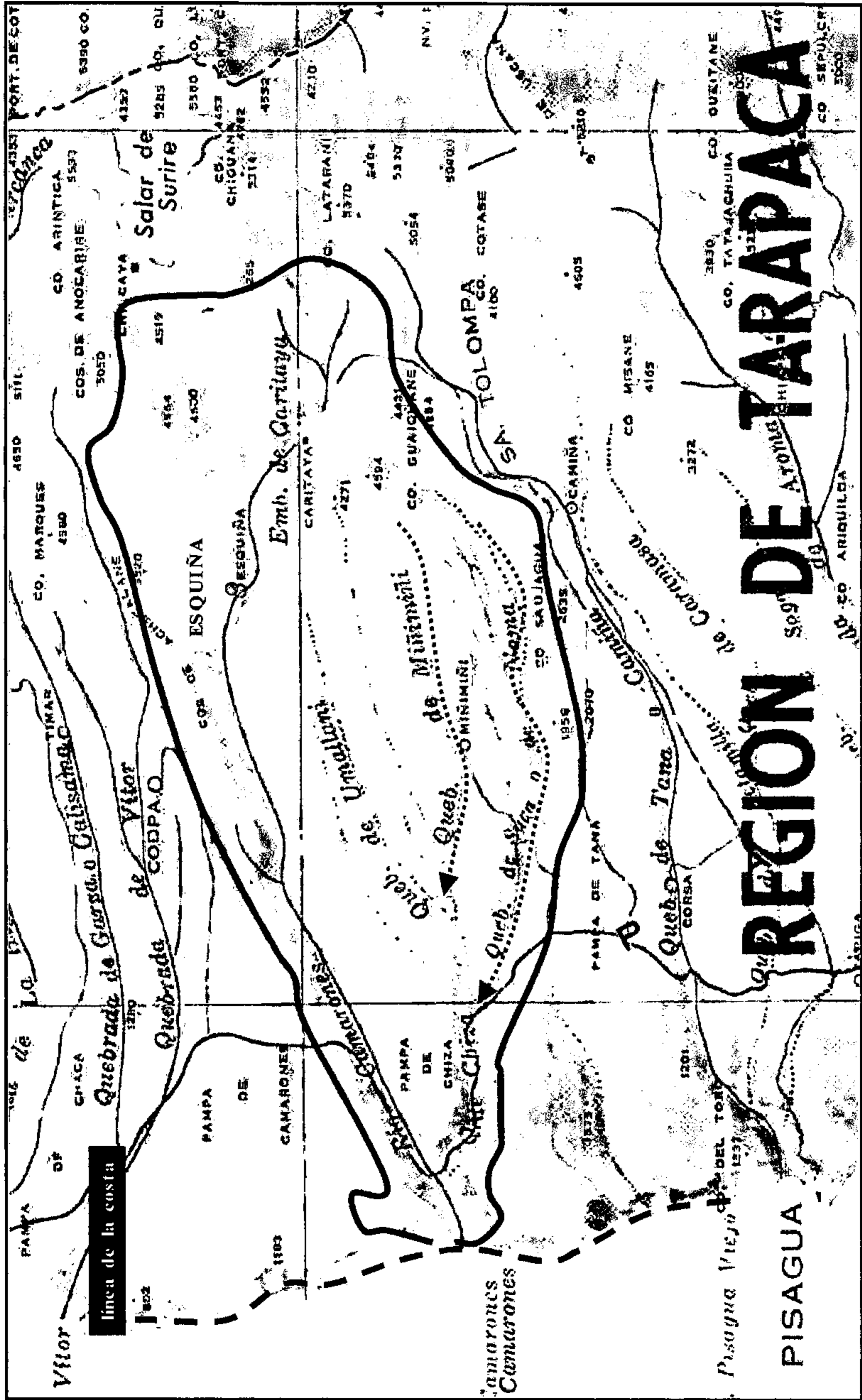
Aparte de los dos ríos formativos, el Camarones no recibe aportes hidrológicos más abajo de Arepunta, salvo algunas vertientes suspendidas en los flancos. En su curso medio cae por la ribera derecha la quebrada de Saguara, de aguas de buena calidad, que nacen de una vertiente. Aguas abajo de la angostura de Taltape recibe el Camarones, también por el lado norte, el profundo cañón de la quebrada Umallani, la que en sus nacientes se llama Chocaya. Por la ribera sur bajan unos pocos cauces secos que quedan colgados en la pared del cañón. Uno de éstos es la quebrada de Pampanune en la cabecera del sector de Guancarane.

En Cuya, a 10 km del mar, se junta también por el flanco sur la quebrada de Chiza, habitualmente seca, pero que en épocas de lluvias intensas altiplánicas la quebrada suele tener crecidas considerables.

El caudal del río Camarones se regula en parte a través del embalse Caritaya y sólo se mide a la entrada de la angostura Conanoxa, esto es, aguas abajo de las principales áreas regadas. Debido a esto, el registro que se obtiene no es representativo del comportamiento natural del río. A pesar de esto, el módulo medido en esta estación fluviométrica en 22 años de observación asciende a 0,36m³/s.

² metros sobre el nivel del mar

Figura 5.1. Mapa físico de la cuenca de Camarones, I Región



(tomada de carta regular IGM-1:1.000.000)

Con las aguas del río Camarones se riegan en su curso superior, en Ajamata y desde Condumayo a Guancarane, unas 100 ha de terreno cultivados pertenecientes a los naturales del valle, y en su curso medio a inferior se riegan unas 500 ha en total, pertenecientes a las ex haciendas Camarones y Cuya, actualmente parceladas. La calidad del agua es una limitante para la diversidad de cultivos, que se limitan a maíz y alfalfa. En la **Figura 5.2.** se muestra la red hídrica de la cuenca.

D. Características climáticas

La cuenca del río Camarones se encuentra influenciada por el Clima Desértico. Este clima se extiende desde el paralelo 17 al 30, ocupando una superficie de 25,6 millones de ha. En este clima lo determinante es el régimen hídrico, todos los meses con temperaturas máximas medias diarias superiores a 15°C son secos, índice de humedad mensual inferior a 0,5 y el índice de humedad anual menor de 0,22. Los cultivos no son posibles sin riego. Sin embargo, aunque ciertos sectores son pastoreables en invierno, con riego su aptitud es muy amplia para cultivos, hortalizas, frutales, etc. Para la cuenca, sus subdivisiones son:

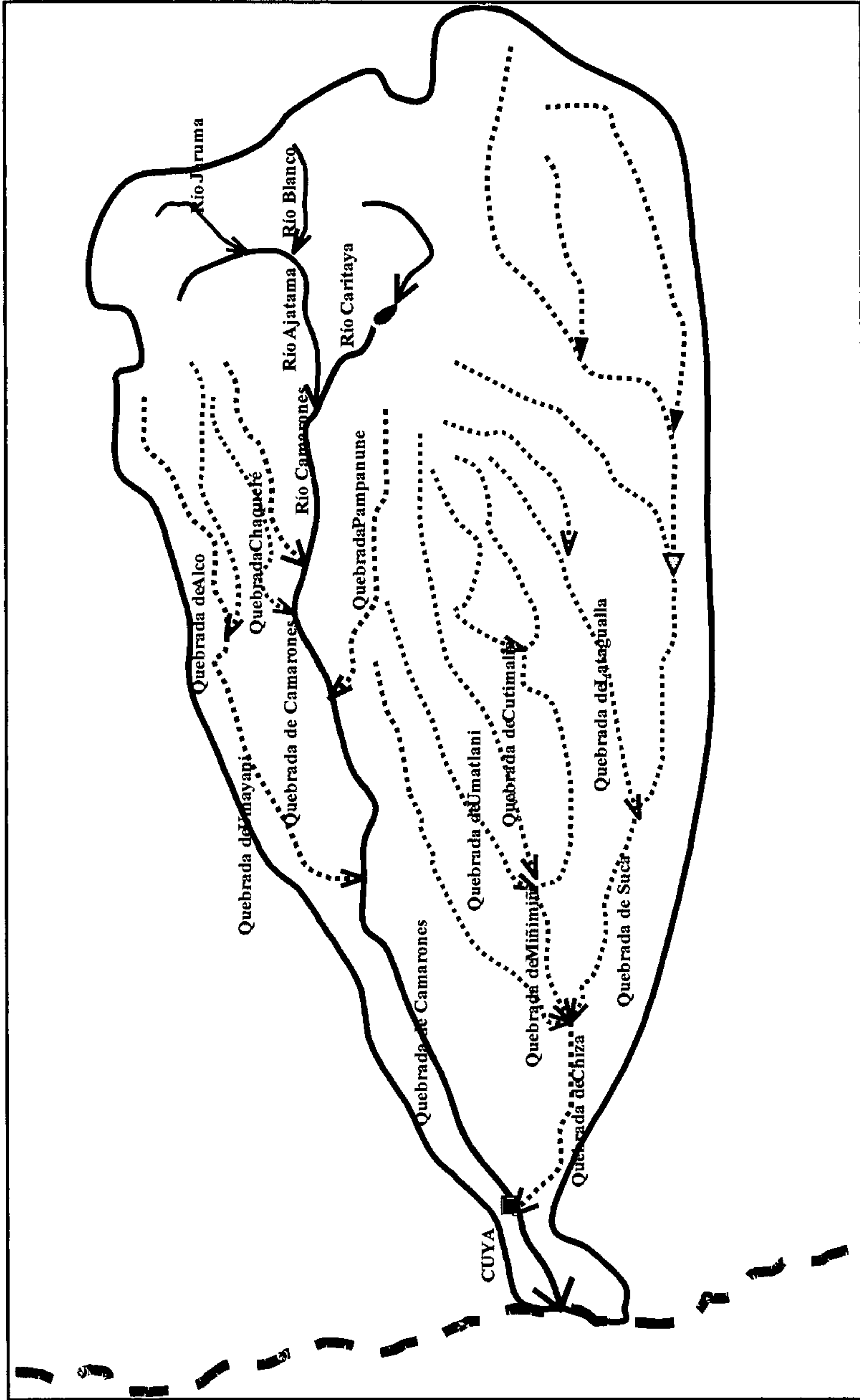
D.1. Clima Desierto Tropical Marino. Se extiende en la costa norte desde la frontera con Perú hasta las cercanías de Taltal. El promedio de las temperaturas mínimas absolutas del mes más frío es superior a 7°C. La temperatura máxima media del mes más cálido es inferior a 33,5°C. El promedio de las máximas medias de los seis meses más cálidos es mayor de 25°C, siendo la mínima diaria del mes más cálido superior a 20°C. El régimen hídrico es desierto absoluto, todo el año es seco, abarca una superficie de 700.000 ha.

En la cuenca se encuentra el **Agroclima Iquique**; se encuentra en la costa norte, como una estrecha franja que se extiende entre los 18°30'S hasta las proximidades de Taltal (25°30'S). Las lluvias alcanzan a 2,4 mm, que se distribuyen entre los meses de junio y septiembre. La humedad relativa media anual es de 74%. La estación seca es de 12 meses. Al considerar las características hídricas, no es posible cultivar sin riego. Su aptitud frutícola la hacen apta para la producción de cítricos, paltos, chirimoyos y otros. Importante también para la producción de hortalizas primores o tardías.

D.2. Clima Desierto Subtropical Marino. Se diferencia del anterior por el hecho que a veces hay heladas pero muy ligeras. En invierno, el promedio de las temperaturas mínimas absolutas del mes más frío se encuentra entre -2,5°C y 7°C. El promedio de las máximas diarias del mes más frío está entre 10 y 21°C. En verano, el promedio de las máximas medias de los seis meses más cálidos es superior a 21°C. El régimen hídrico es desierto absoluto, todo el año es seco.

En la cuenca, se encuentra el **Agroclima Copiapó**. Se encuentra en los valles interiores, desde la frontera con el Perú hasta el paralelo 30°S. Las lluvias alcanzan a 22 mm anuales, distribuidos principalmente entre los meses de abril y octubre. La estación seca es de 12 meses. Debido a sus características hídricas, no es posible cultivar sin riego. Bajo riego, esta zona es muy favorable para la producción de frutas y vides, algunas hortalizas, cereales, y praderas.

Figura 5.2. Red Hídrica asociada a la cuenca del río Camarones, I Región



(tomada de carta regular IGM-1:1.000.000)

D.3. Clima Desierto de Altura. Ocupa las partes desérticas del Altiplano, desde la frontera con Perú hasta el norte de Coquimbo. En invierno, presenta heladas más intensas que el clima anterior. En la cuenca se pueden distinguir los siguientes agroclimas:

- **Agroclima Refresco.** Se encuentra desde la frontera con el Perú hasta un poco al norte de la ciudad de Vicuña. Las lluvias alcanzan a 12 mm, distribuidas entre los meses de mayo a julio. La estación seca es de 12 meses. Con riego es apta para arroz, maíz, papa, trigo, cebada, algunas hortalizas, algunos frutales como cítricos y vides.

- **Agroclima Potrerillos.** Se encuentra al oriente del clima refresco y se extiende entre el límite con Perú y la latitud 30°S. La lluvia anual alcanza a 44,1 mm, distribuidos principalmente entre los meses de mayo y agosto. La aptitud agrícola de esta zona es principalmente para producción de avena, trigo, cebada, alfalfa y papas.

- **Agroclima Putre.** Se encuentra al oriente del agroclima Potrerillos. La lluvia alcanza a 256.6 mm, de los cuales 196.3 mm caen entre los meses de enero y febrero. En los límites con la zona precedente se puede cultivar cebada, papa, quinoa y cañihua (**Figura 5.3.**) (Novoa, R. y Villaseca, S., 1989).

E. Hidrogeología

En cuanto a formaciones acuíferas, de la información de un pozo de producción de Chiza se ha reconocido la existencia de un acuífero de excelente calidad hidráulica entre 30 y 64 metros de profundidad. La profundidad del nivel estático sería muy variable. Medido en tres pozos, los niveles fluctúan entre 3 y 16,5 metros en Camarones, y a 33 metros en Chiza.

De acuerdo a las propiedades hidráulicas, se determinó un caudal específico de 24 m³/h/m en el pozo de bombeo construido en la Quebrada Chiza. No existe información en cuanto al uso de sus aguas (**MOP, 1986**).

F. Uso del suelo

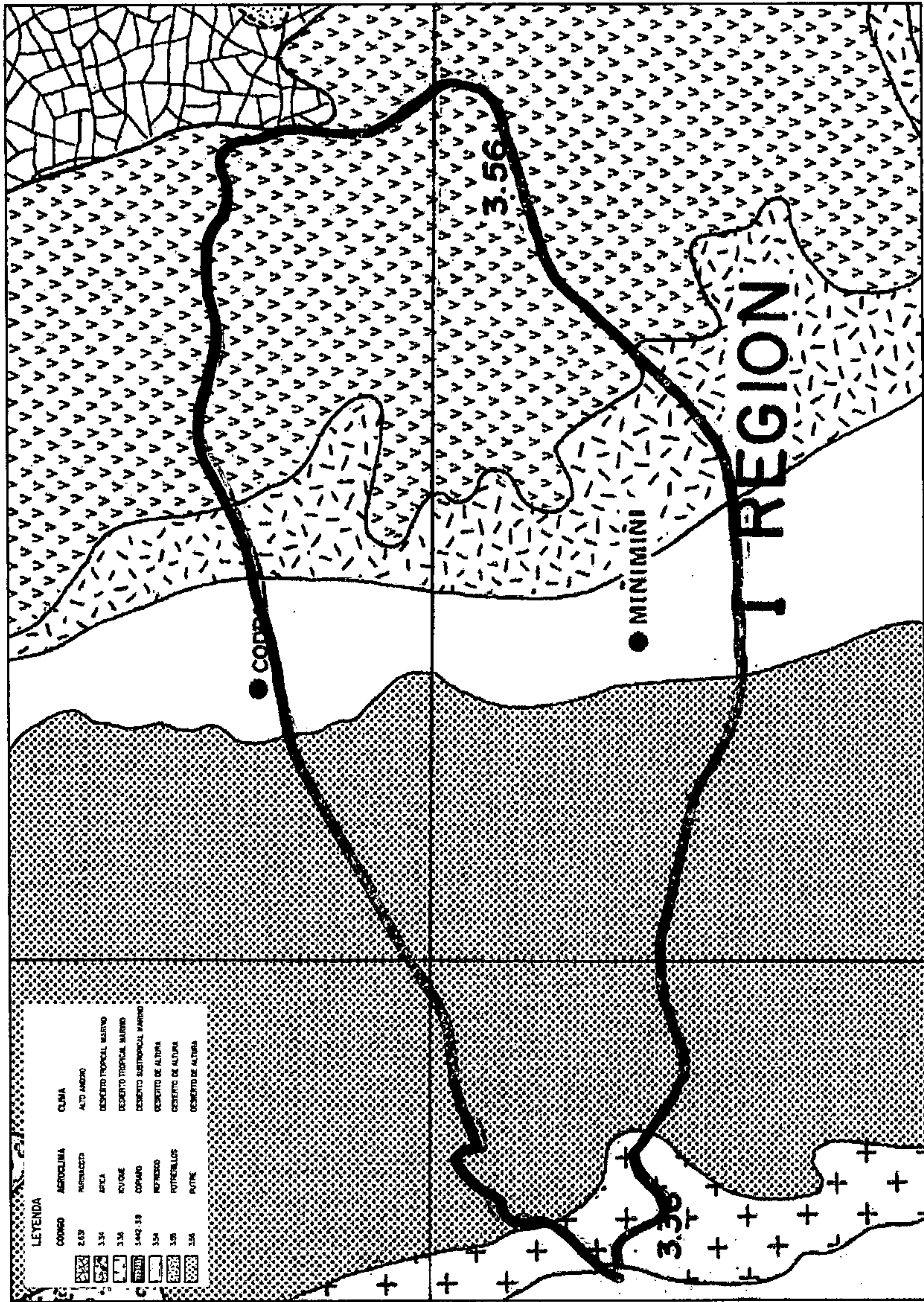
Según el Catastro del Uso del Suelo (**CONAF-CONAMA, 1997**), la cuenca Camarones presenta el uso del suelo, que se detalla en la **Figura 5.4**. Como puede verse, se trata de una cuenca predominantemente desértica, con una mínima superficie productiva, que se encuentra en valles aluviales con acceso a agua para riego.

En el **Anexo II**, se muestra el uso del suelo, según región y comunas que incluye cada cuenca.

G. Red de monitoreo de aguas

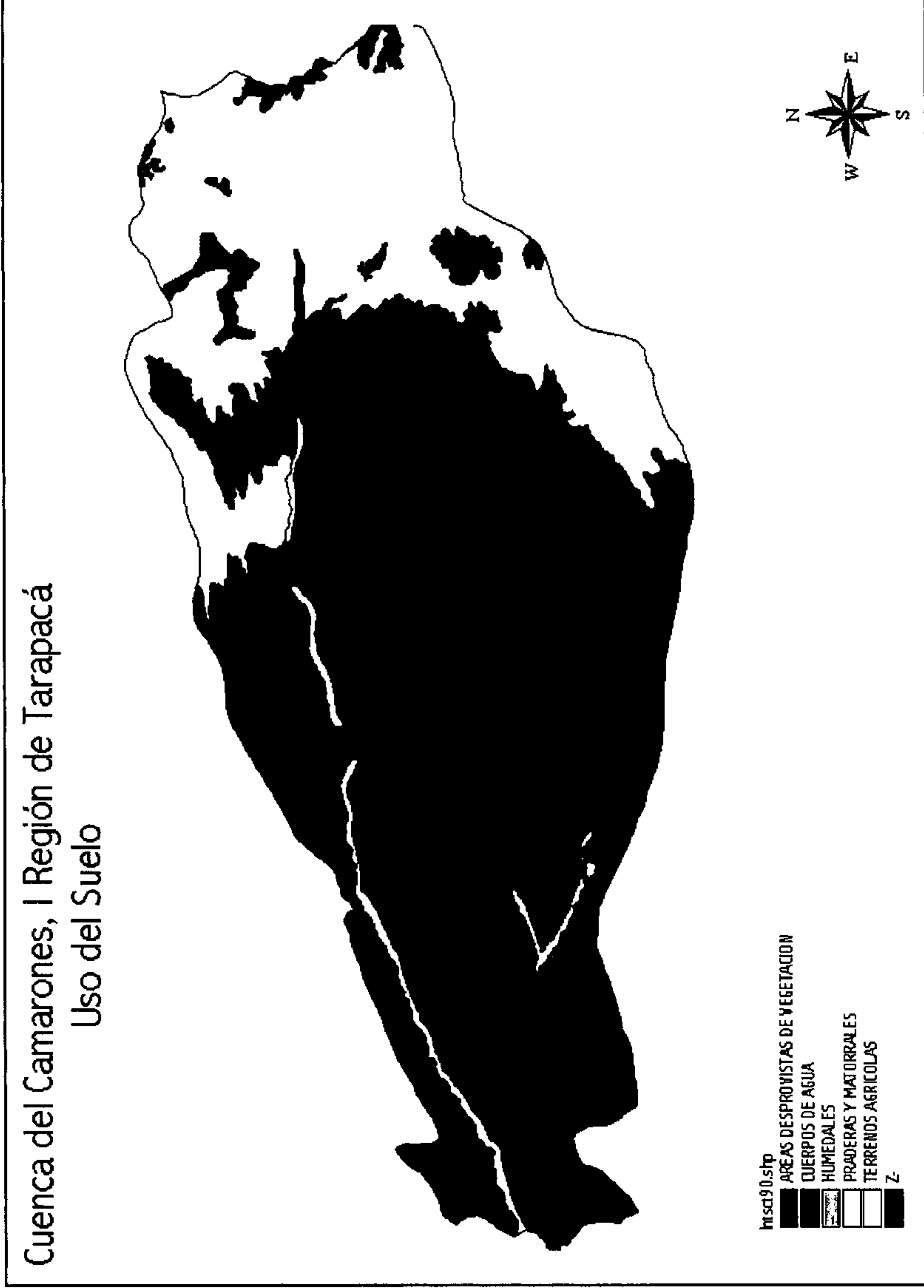
La Dirección General de Aguas (DGA), dependiente del Ministerio de Obras Públicas (MOP), opera una red de vigilancia de la calidad de las aguas continentales, la que está integrada por una red de estaciones hidrológicas, superficiales y subterráneas, por cuenca, y un Laboratorio de Hidrología, que procesa las muestras generadas desde las estaciones, con una frecuencia trimestral. Los resultados analíticos son

Figura 5.3. Mapa Agroclimático de la cuenca de Camarones, I Región



(tomado de Novoa y Villaseca, 1989)

Figura 5.4. Uso del suelo. Cuenca de Camarones, I Región



(confirmado en Arc-View, con información CONAF-CONAMA, 2001)

ingresados a una base de datos, conocida como el Banco Nacional de Aguas (BNA). Para el caso de esta cuenca, la DGA opera las estaciones que se detallan en el **Cuadro 5.4**.

La lista de parámetros determinados por la DGA, en muestras de agua generadas desde las estaciones hidrológicas operadas en la I Región de Tarapacá, es la siguiente:

- pH y CE,
- aniones mayores solubles,
- cationes mayores solubles,
- boro soluble,
- nitrato, nitrito y amoniacal,
- arsénico, cobre y hierro solubles.

5.3.2. Cuenca del río Loa

A. Localización y superficie

La cuenca del río Loa se encuentra ubicada en el Norte Grande de Chile, provincia de Antofagasta, entre los paralelos 20°51' y 22°57' de latitud sur y los meridianos 67°48' y 70°05' de longitud oeste. Limita por el norte con las cuencas cerradas de la Pampa del Tamarugal y Coposa, y con la cuenca costanera de Camiña-Loa; por el sur con la preandina del Salado del Carmen y la cuenca cerrada de San Pedro de Atacama; por el oriente con las cuencas cerradas de Michincha y Salar Ascotán, y con la de Cosca-Oyahue que corresponde a una cuenca con aporte extranjero; y finalmente, por el poniente con la cuenca costanera de Loa-Salar del Carmen.

La superficie total de la cuenca del Loa, es de 31.925 km². La superficie total de la cuenca del Loa, representa el 25% de la provincia de Antofagasta y el 4,3% de área del territorio nacional, sin considerar la Antártica Chilena (U. Chile-CORFO, 1973). El mapa físico de la cuenca se muestra en la **Figura 5.5**.

B. Características de relieve

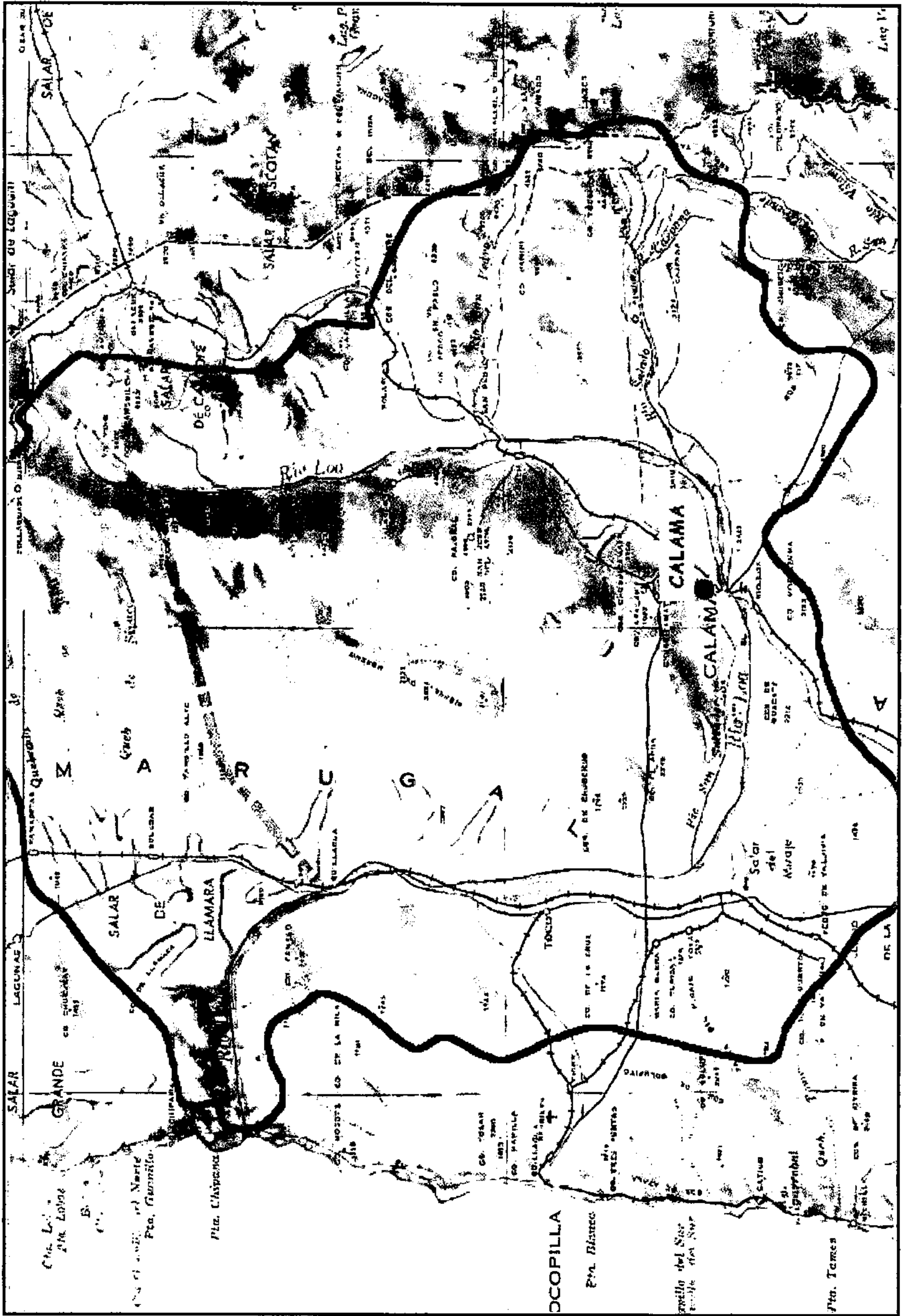
Uno de los rasgos más notables del paisaje de la Región cubierta por el sistema hidrográfico del Loa está determinado por la forma de "U" del valle del río principal. En esta zona, la Cordillera de los Andes muestra dos macizos montañosos de repartición regional y orientación Norte-Sur, entre los cuales se intercala una zona depresionaria que tiene pendiente general al Oeste, y en cuyo borde occidental se localiza el curso superior del valle principal del sistema del río Loa. El macizo oriental, que puede denominarse Cordillera Oriental está caracterizado por contener las cumbres más elevadas, como son los volcanes San Pedro (6.159 m.s.m.) y San Pablo (6.118 m.s.m.). El macizo occidental, denominado Cordillera del Medio, puede considerarse como la prolongación hacia el sur de otras cordilleras centrales (U. Chile-CORFO, 1973).

La región depresionaria existente entre la Cordillera del Medio y la Cordillera Oriental, tiende a cerrarse hacia las cabeceras septentrionales del río Loa y los mismo poco al sur de Calama; tiene evidentemente orientación Norte-Sur, de acuerdo con la orientación regional de los macizos montañosos que la limitan al

Cuadro 5.4. Estaciones hidrológicas de la DGA. Cuenca Camarones, I Región

N°	Nombre Estación	Coordenadas		Tipo
		Este	Norte	
16	Río Camarones en Condumaya	448369	7904204	Superficial
17	Río Camiña en altura	396410	7893320	Superficial
18	Río Camarones en Conanoxa	396410	7893320	Superficial

Figura 5.5. Mapa físico de la cuenca del río Loa. II Región



(tomada de carta regular IGM-1:1.000.000)

oriente y al poniente, justificándose la forma que adopta el valle principal en esta parte y su dirección de escurrimiento que es netamente de norte a sur.

En esta región, la Cordillera de la Costa se presenta como un macizo montañoso prácticamente continuo, con cumbres repetidas entre 1.500 y 2.000 m.s.m., en el cual configura una especie de dique de contención para los cauces provenientes del oriente y que solamente aparece cortado, en toda su anchura, por la profunda incisión materializada por el curso inferior del valle del río Loa.

En la vertiente oriental de la Cordillera de la Costa, y el borde occidental de la Cordillera del Medio, existe otra zona depresionaria que configura la llamada Depresión Intermedia en una gran extensión del territorio nacional y que aquí corresponde al sector austral de la Pampa del Tamarugal.

El obstáculo que tiene el Loa para su avance al sur lo constituyen una serie de repetida de cordones de cerros que aparecen en la Pampa, al sur de la latitud determinada por las localidades de Calama y María Elena.

Frente a la localidad de María Elena, en el lugar denominado Chacance, el río Loa modifica la dirección de su valle y sigue con orientación Sur.-Norte, hasta el sector de Quillagua donde empieza a desplazarse hacia el poniente y entra a cortar la Cordillera de la Costa para definir en su curso inferior y hasta la desembocadura en el mar, un valle profundo con dirección Oriente-Poniente (U. Chile-CORFO, 1973).

C. Red hídrica principal

El río Loa nace en la falda norte del volcán Miño en Ojos del Miño, casi en el límite entre las dos primeras regiones de Chile; con curso aproximadamente Norte-Sur, recorre casi 150 km en un profundo cañón de altura variable, desde su nacimiento hasta el oasis de Chiuchiu. En este trayecto recibe sus dos tributarios más importantes que le caen desde el oriente: el río San Pedro e Inacaliri y el río Salado. En Chiuchiu su curso dobla hacia el oeste para alcanzar, tras un recorrido de 115 km, la localidad de Chacance, donde se le reúne por su ribera derecha el río San Salvador. En este punto, el Loa toma dirección Norte por 80 km hasta que vivifica el oasis de Quillagua. A partir de este punto, el Loa describe un gran arco y luego desemboca en el Pacífico en la caleta Huelén (Niemeyer, H; Cereceda, P., 1984).

Los tributarios más importantes, que aportan agua regularmente al Loa, son los ríos San Pedro, Salado y San Salvador. El San Pedro e Inacaliri confluyen al Loa por el oriente a unos 76 km aguas arriba de Calama; nace en la alta cordillera en la aguada de Inacaliri y se robustece con la afluencia de los ríos Siloli y Cajón. Otra importante aguada que cae al río Inacaliri es la de Colana, que es actualmente captada y conducida a Chuquicamata, con fines de consumo doméstico. Ocho km aguas debajo de dicha captación, las aguas se pierden en las llamadas vegas de Inacaliri, apareciendo su cauce seco por cerca de 15 km, para luego aparecer en los Ojos de San Pedro. Estos ojos dan origen nuevamente al río San Pedro. La hoya del San Pedro comprende una superficie de 1.087 km², que se desarrolla en dirección Este-Oeste, comprendiendo una longitud total de 75 km.

El río Salado tiene sus orígenes en más de 30 vertientes frías y termales surgentes, en una gran hoyada que se extiende a los pies de la cadena del volcán Tatio, a unos 4.200 m.s.n.m. En su curso medio recibe desde el norte el río Toconce reunido con el Hojalar; más abajo recibe por su banda izquierda al río Caspana. Desde su nacimiento en los géiseres del Tatio hasta su desembocadura en el río Loa, el río Salado tiene una extensión de 80 km y su hoya hidrográfica comprende 2.210 km².

El río San Salvador, confluye en el curso medio del río Loa. Nace de la reunión de varias quebradas secas con cabeceras en las proximidades de salares de la pampa (Niemeyer, H; Cereceda, P., 1984).

El río Loa presenta un caudal bastante constante a lo largo del año, salvo por las ocasionales crecidas de los meses de Enero, Febrero y Marzo. Los tres afluentes importantes del Loa, también presentan la característica de constancia de caudales a lo largo del tiempo. A lo largo del cauce y como consecuencia de los aportes superficiales y subterráneos, y de las extracciones para fines principalmente de regadío, el río Loa presenta variaciones importantes en su caudal. En promedio, el río Loa presenta, antes de la confluencia con el San Pedro, un caudal de 1,3 m³/s en promedio, en épocas normales, llegando a lo largo de su caudal, a un máximo promedio de 3 m³/s a la altura del lugar denominado Yalquincha, para finalmente evacuar al mar un caudal promedio de 1 m³/s (U. Chile-CORFO, 1973). En la **Figura 5.6.** de muestra la red hídrica asociada a la cuenca.

D. Características climáticas

La cuenca del río Loa sigue influenciada por el Clima Desértico, con sus subdivisiones ya descritas como Desierto Tropical Marino (agroclima Iquique), Desierto Subtropical Marino (agroclima Copiapó), Desierto de Altura (agroclimas Refresco, Potrerillos, Putre), a las que se suman el Desierto Pampeano (agroclima Cerro Colupo), y el clima de Tierra Fría (agroclima San Pedro).

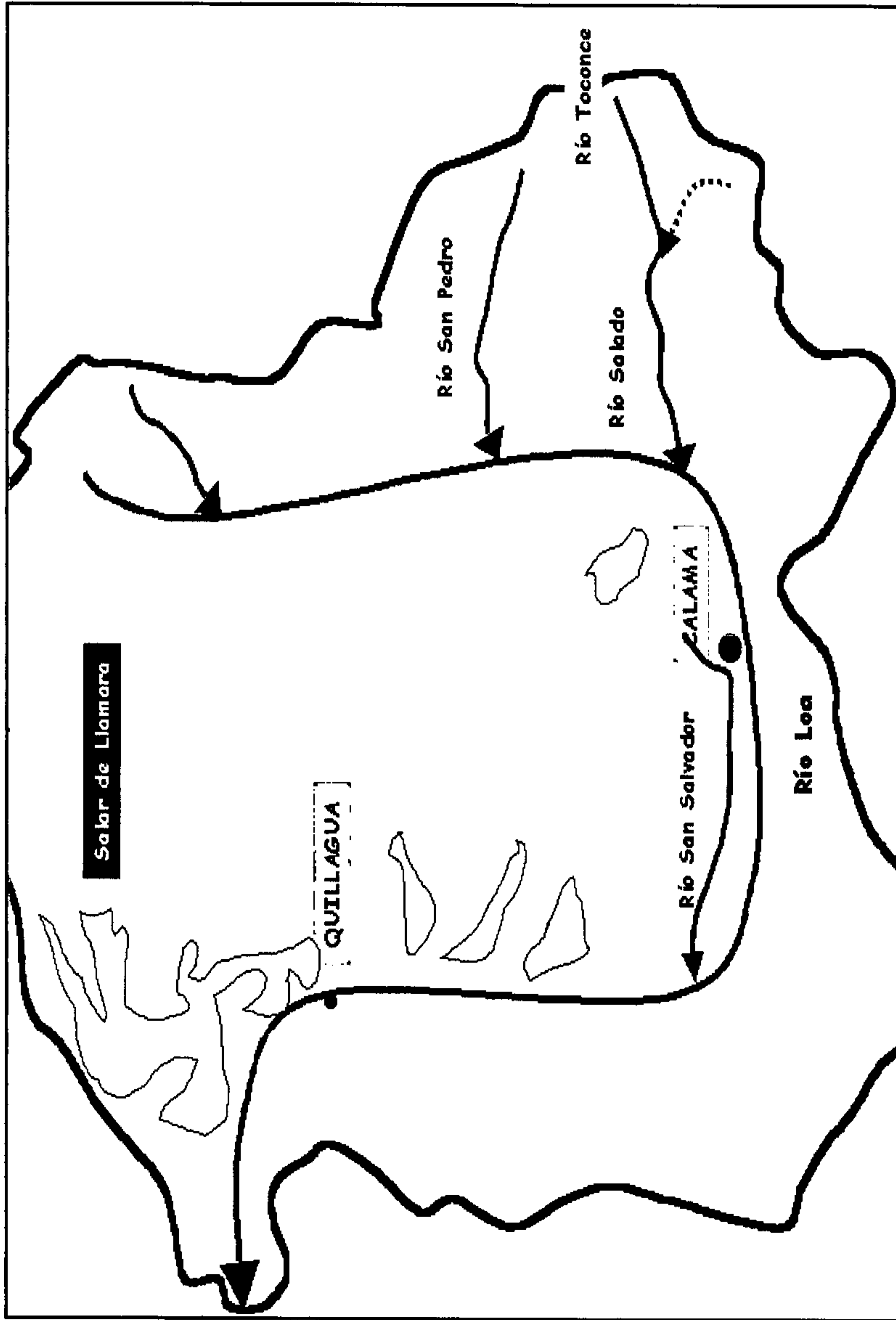
D.1. Clima Desierto Pampeano. Se extiende entre las latitudes 10 y 23°S. Su régimen hídrico es desértico. En la cuenca se presenta el **Agroclima Cerro Colupo**. El régimen hídrico es desierto absoluto. Con riego podrían cultivarse ciertos frutales como manzanos y perales; cultivos como maíz, trigo, papas, alfalfa y algunas hortalizas.

D.2. Clima Tierra Fría. Se extiende desde la latitud 17°30' S hasta los 19°40', en la frontera con Perú y Bolivia, y desde la latitud 22°50' S hasta los 24°10', en la frontera con Bolivia y Argentina. En la cuenca, se presenta el **Agroclima San Pedro**; se encuentra desde la frontera con Bolivia extendiéndose a lo largo de la frontera con Argentina, entre los paralelos 23 y 25. El régimen hídrico es desierto monzónico, es decir, el verano es menos seco que el invierno. Con riego se cultiva una pequeña superficie de cierta variedad de papa amarga y de cañihua (**Figura 5.7.**) (Novoa, R. y Villaseca, S., 1989).

E. Hidrogeología

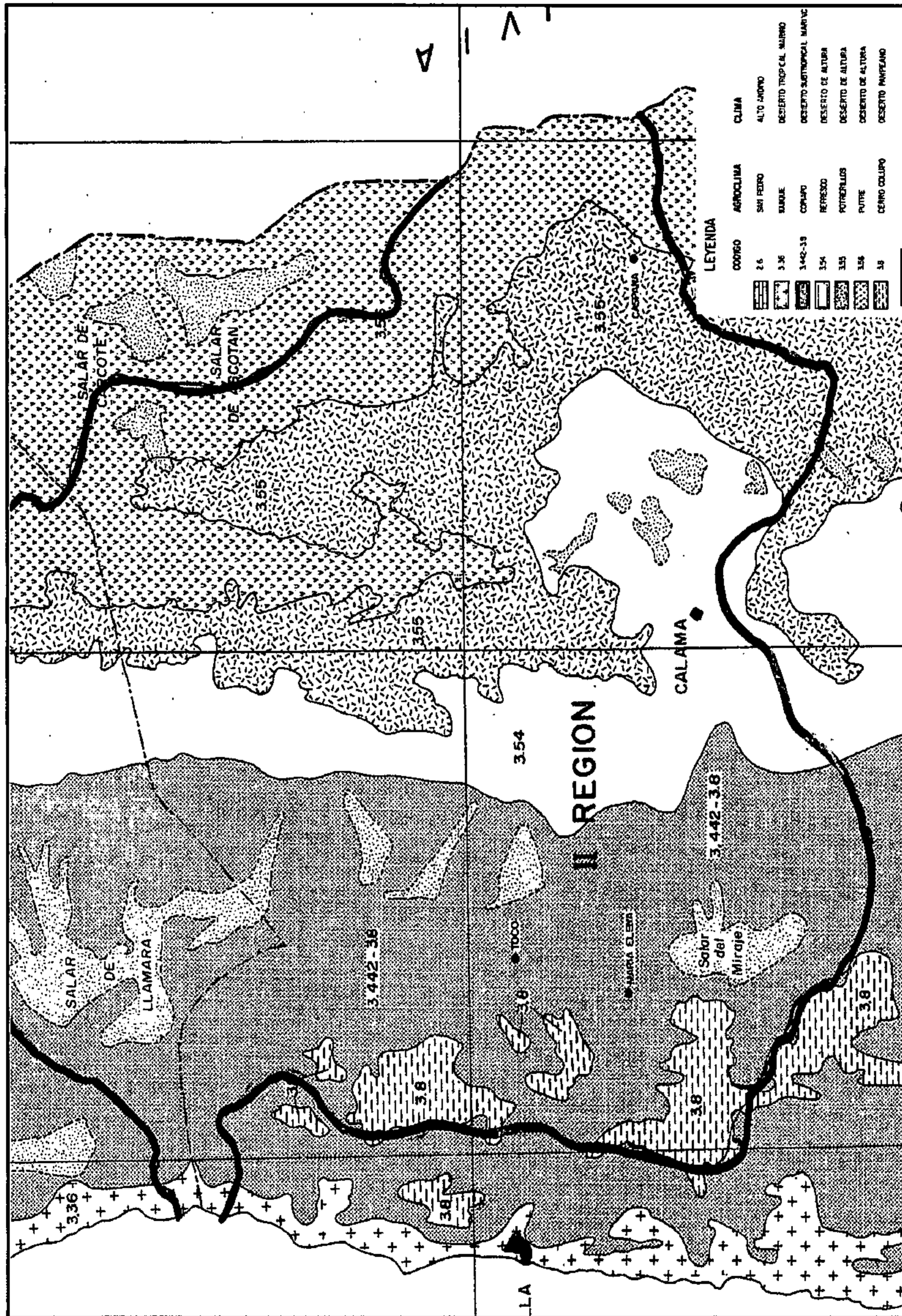
El río Loa y sus afluentes tienen un régimen pluvial y las crecidas obedecen a intensas lluvias de verano caídas en la alta cordillera. A medida que transcurre, va engrosando su caudal en forma notable. Después del

Figura 5.6. Red Hídrica asociada a la cuenca del río Loa, II Región.



(tomada de carta regular IGM-1:1.000.000)

Figura 5.7. Mapa Agroclimático de la cuenca Loa, II Región



(tomado de Novoa y Villaseca, 1989)

Lequena hasta la confluencia del río San Pedro en condición natural, sube de 600 a 1.700 l/s con aportes muy dispersos e invisibles, en especial por acuíferos que duplican el caudal del río. En el sector de Lequena, antes de juntarse con el río San Pedro, el río Loa recibe aportes subterráneos de alrededor de 35 “ojos” o vertientes que hacen aumentar el caudal en unas 2,5 veces.

Desde la confluencia del San Pedro a la junta del Salado, sube el gasto a unos 1.900 l/s y desde esa confluencia hasta Escorial continúa incrementándose hasta bordear los 2.700 l/s (Niemeyer, H; Cereceda, P., 1984).

F. Uso del suelo

La cuenca del Loa presenta el uso del suelo (CONAF-CONAMA, 1997), que se detalla en la **Figura 5.8**.

G. Red de monitoreo de aguas

En los siguientes cuadros, se muestran la localización geográfica de las estaciones hidrológicas, que existen en esta cuenca; estas estaciones incluyen de calidad de aguas superficiales y subterráneas y sedimentométricas (**Cuadros 5.5; 5.6; 5.7.**).

La lista de parámetros determinados por la DGA, en muestras de agua generadas desde las estaciones hidrológicas operadas en la Cuenca del Río Loa, es la siguiente:

- pH y CE,
- temperatura,
- oxígeno disuelto,
- aniones mayores solubles,
- cationes mayores solubles,
- boro soluble,
- nitrógeno nítrico, nitroso y amoniacal,
- fósforo soluble,
- arsénico, cobre y hierro solubles.

5.3.3. Cuenca del río Huasco

A. Localización y superficie

La hoya hidrográfica del río Huasco, con una extensión de 9.850 km², comprende una franja situada en el tercio sur de la Región de Atacama, en la provincia del Huasco (**Figura 5.9.**)

Figura 5.8. Uso del suelo. Cuenca del Loa, II Región



(confirmado en Arc-View, con información CONAF-CONAMA, 2001)

Cuadro 5.5. Estaciones hidrológicas de la DGA. Calidad de las aguas superficiales. Cuenca del Loa, II Región

N°	Nombre Estación	Coordenadas		Vigencia
		Este	Norte	
1	Río Huacondo, en Copaquire	512380	7684832	Vigente
2	Río Loa, en desembocadura	390985	7630340	Vigente
3	Río Loa, en Panamericana	444799	7609476	Suspendida
4	Río Loa, en Quillagua	443903	7607113	Suspendida
5	Canal Quillagua, en Quillagua	444262	7606515	Vigente
6	Río Loa, antes represa Lequena	535064	7605847	Suspendida
7	Río Loa, después termas Taira	539616	7585540	Suspendida
8	Termas de Taira	543061	7585531	Suspendida
9	Río Loa, en Quinchamale	540574	7575500	Suspendida
10	Río San Pedro c.c. inter.	549916	7574442	Suspendida
11	San Pedro inacal Parshall	549839	7573551	Suspendida
12	Río San Pedro antes del Loa	541305	7572622	Suspendida
13	Los después río San Pedro	541310	7572612	Suspendida
14	Río Loa, en alcantarillado Conchi 2	540543	7571080	Suspendida
15	Río Loa, en alcantarillado Conchi 1	541300	7570777	Suspendida
16	San Pedro inacal Parshall 1	565385	7570550	Vigente
17	Río Loa, antes río San Pedro	541295	7568933	Suspendida
18	Río Loa, salida embalse Conchi	539353	7564503	Vigente
19	Río Siloli	598033	7561302	Suspendida
20	Agua potable Tocopilla	376858	7556950	Vigente
21	Río Toconce en represa Sendos	587585	7539220	Suspendida
22	Río Loa, en camino Chuqui-Tocopilla	443332	7537521	Suspendida
23	Río Salado antes río Caspana	577275	7537133	Suspendida
24	Río Caspana antes río Salado	577270	7537430	Suspendida
25	Río Salado antes río Toconce	582420	7537406	Suspendida
26	Río Toconce antes río Salado	587427	7537406	Suspendida
27	Toconce antes represa Essan	587475	7537391	Vigente
28	Salado en sifón de Ayquina	568091	7535570	Vigente
29	Río Salado en represa Chillex	504134	7535552	Suspendida
30	Pozo Chiu-Chiu (agua subterránea)	541475	7529900	Vigente
31	Río Loa, antes junta Salado	535998	7528364	Vigente
32	Río Salado, antes junta Loa	537767	7527506	Suspendida
33	Río Loa, después junta río Salado	536035	7526513	Suspendida
34	Río Loa, después junta San Salvador	446011	7524619	Suspendida
35	Río Loa, antes junta San Salvador	446811	7524619	Suspendida
36	Río San Salvador, antes junta Loa	446269	7523379	Vigente
37	Río Loa, en Escorial	512006	7519171	Suspendida
38	Río Loa, en Yalquincha	512623	7517608	Vigente
39	Río Loa, en Calama	510290	7517327	Suspendida
40	Río Loa, en Angostura	529154	7517303	Suspendida

41	Agua potable Calama	508286	7516464	Vigente
42	Río Quentena antes ojos Opache	498285	7515486	Suspendida
43	Vertiente Ojos de Opache	501715	7515486	Suspendida
44	Río Loa, en Chintorastes	508574	7515483	Suspendida
45	Río Loa, en terrazas municipalidad	508570	7515480	Suspendida

Cuadro 5.6. Estaciones hidrológicas de la DGA. Calidad de las aguas subterráneas. Cuenca del Loa, II Región

N°	Nombre Estación	Coordenadas		Vigencia
		Este	Norte	
1	Turi 5-II	573200	7543500	Suspendida
2	Turi 5-III	573200	7543400	Suspendida
3	Turi 5	573200	7543300	Suspendida
4	Turi 5-I	573250	7543300	Suspendida
5	Turi 3	573800	7541950	Suspendida
6	Turi 10	569850	7541825	Vigente
7	Turi 7	574875	7540400	Vigente
8	Turi 7-I	574900	7540400	Suspendida
9	Turi I	571650	7539850	Vigente
10	Turi 1-I	571680	7539850	Suspendida
11	Turi 4	574500	7539100	Suspendida
12	Turi 2	568250	7538950	Vigente
13	Turi 2-I	568250	7538950	Suspendida
14	Turi 6	572850	7538700	Suspendida
15	Turi 8	570600	7537900	Suspendida
16	Turi 9	568850	7536750	Suspendida
17	Cupo 1	562550	7534450	Vigente
18	Chiu-Chiu 2	541300	7530200	Suspendida
19	Chiu-Chiu 1	541550	7530150	Suspendida
20	Chiu-Chiu 3	541475	7529900	Vigente
21	Isla Grande 3	537650	7526500	Vigente
22	Isla Grande 1	537850	7526200	Suspendida
23	Aeropuerto	514450	7511100	Vigente
24	Moctezuma 1	509800	7510700	Suspendida
25	Moctezuma 2	512300	7510400	Suspendida

Cuadro 5.7. Estaciones hidrológicas de la DGA. Sedimentométricas. Cuenca del Loa, II Región

N°	Nombre Estación	Coordenadas		Tipo
		Este	Norte	
1	Loa antes represa Lequena	535064	7605847	S/inf.
2	Salado en sifón Ayquina	568091	7535570	S/inf.
3	Loa en Yalquincha	512623	7517608	S/inf.

B. Características de relieve

El valle del Huasco puede dividirse morfológicamente en dos sectores. Entre la Junta del Carmen y la desembocadura de la quebrada El Jilguero, a 5 km aguas arriba de Vallenar, el río escurre por un típico cajón cordillerano de 33 km en un lecho relativamente estrecho, confinado por altos cerros de rocas fundamental mesozoica. Son frecuentes las angosturas como las del Toro, Santa Juana y Chañar Blanco. Las quebradas laterales interrumpen con sus conos de deyección el curso del río, desviándolo a uno u otro lado.

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

C. Red hídrica principal

Sus recursos hidrológicos provienen exclusivamente de la alta cordillera andina, sobre los 2.500 m.s.n.m. y bajan por los dos ríos que lo forman, del Tránsito, que proviene del noreste y del Carmen, del sureste. Ambos se reúnen en La Junta del Carmen, a 90 km del Océano Pacífico y a 38 km al sureste de Vallenar, a 790 m.s.n.m.

El río del Tránsito posee una longitud total de 108 km desde su nacimiento hasta la Junta del Carmen. Se forma de la confluencia de los ríos Conay y Chollay, en la junta de Chollay, 45 km aguas arriba de la Junta del Carmen. A su vez el Conay proviene de la reunión en plena cordillera andina, de los ríos Laguna Grande y Laguna Chica, que se generan en sendas lagunas homónimas.

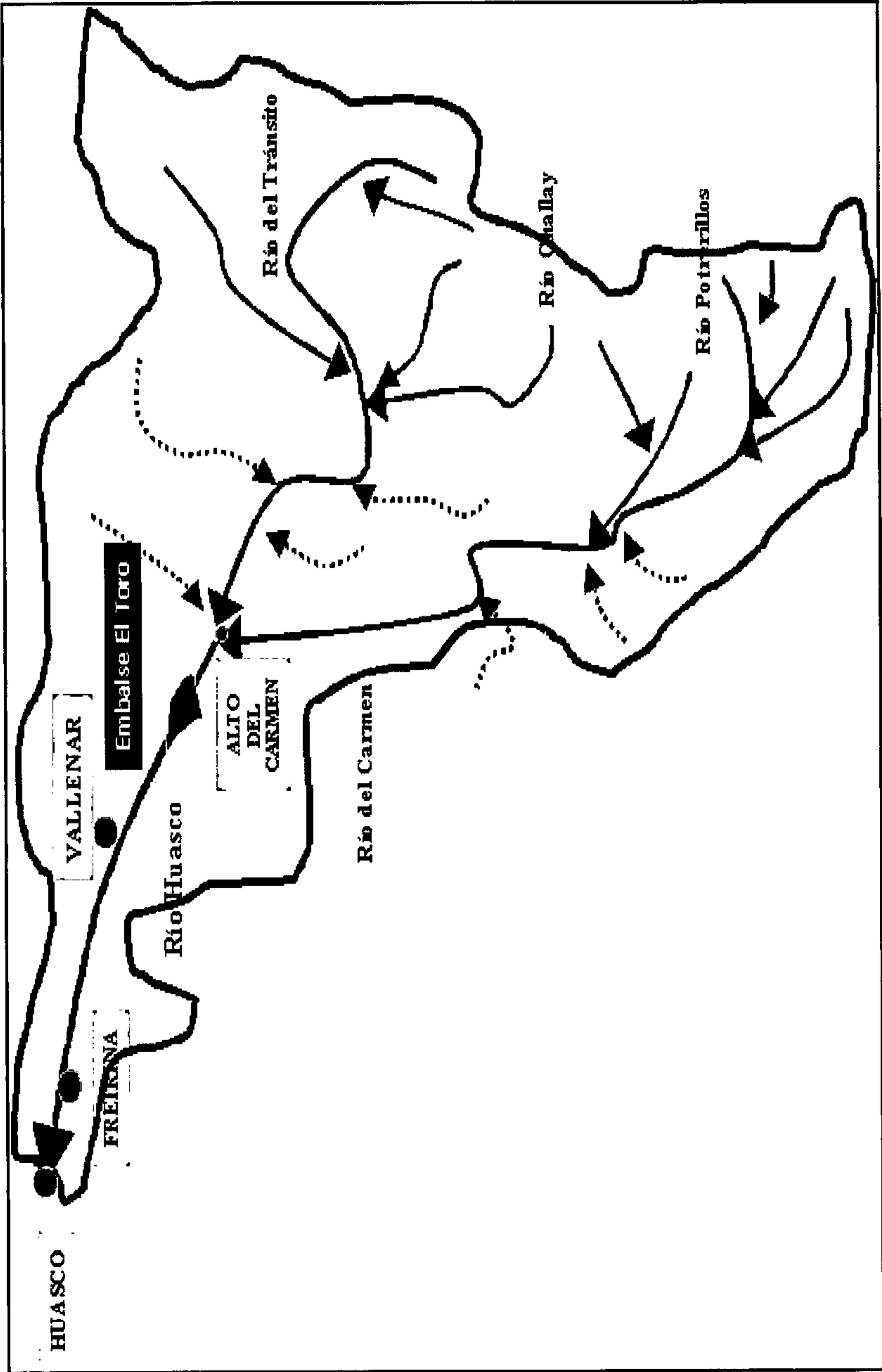
Dos ríos principales y de escurrimiento permanente contribuyen a la formación del río del Carmen. La arteria más oriental es el río Potrerillo, que confluye con el río Matancilla en la localidad de Potrerillo para formar el río del Carmen propiamente tal. El desarrollo total del Carmen desde su nacimiento hasta la Junta del Carmen es de 145 km.

El régimen hidrológico del Huasco es muy variable, presentándose francamente nival algunos años, con crecidas de noviembre a enero. El módulo del río Huasco en la estación fluviométrica Algodones, de estadística más prolongada, es de 3,35 m³/s, y en Santa Juana, de 2,81 m³/s. El gasto medio máximo en la primera estación es de 14,6 m³/s, en tanto que el medio mínimo es de sólo 0,74 m³/s (Niemeyer, H; Cereceda, P., 1984). En la Figura 5.10. de muestra la red hídrica asociada a la cuenca.

D. Características climáticas

Esta cuenca sigue influenciada por el Clima Desértico, mayoritariamente, y Clima Polar Alpino. A los agroclimas ya descritos, pertenecientes al clima desértico, como son Copiapó, Refresco, Potrerillos, Putre, se suman Caldera (Clima Desierto Subtropical Marino), Pangué (Clima Desierto Pampeano), y Cordillera Central (Clima Polar Alpino). El detalle de éstos es el siguiente:

Figura 5.10. Red Hídrica asociada a la cuenca del río Huasco, III Región



(tomada de carta regular IGM-1:1.000.000)

- **Agroclima Caldera (Desierto Subtropical Marino)**. Se encuentra entre el paralelo 24°S (sur de Antofagasta) y el paralelo 30°S (sur de La Serena). Las lluvias alcanzan a 26,9 mm, distribuidas principalmente entre los meses de mayo y agosto, con una estación seca de 12 meses. Esta zona presenta buena aptitud para la producción de hortalizas primores y tardías, frutales subtropicales, y algunos cultivos extensivos.

- **Agroclima Pangué (Clima Desierto Pampeano)**. Pertenece al clima Semiárido Patagónico. Se encuentra entre las latitudes 30°S y 32°S, en una franja ubicada al oeste de la cordillera de Los Andes. Las lluvias varían entre 135 y 270 mm anuales de norte a sur de la zona, concentrado en los meses de invierno. El principal uso del suelo es para la ganadería caprina. Con riego, permite cultivar trigo, papas, tréboles, alfalfa, y gramíneas criófilas.

D.1. Clima Polar Alpino. Este tipo de clima ocupa las partes más altas de la Cordillera de los Andes, desde la latitud 29°S hasta el 55°S. La cuenca presenta el **Agroclima Cordillera Central**. Se encuentra entre los paralelos 29°S y 44°S. Su régimen hídrico es húmedo. Sin aptitud agrícola (**Figura 5.11.**). (Novoa, R. y Villaseca, S., 1989).

E. Hidrogeología

El valle del Huasco presenta en casi toda su extensión un acuífero freático formado por sedimentos fluviales del tipo arena, ripio y bolones con una matriz fina de arcilla y limo. A partir de Freirina hacia abajo se produce una secuencia sedimentaria con carácter de acuífero confinado o semiconfinado, dada por la presencia de estratos intermedios de arcilla y fósiles que confinan a los estratos inferiores.

La profundidad del nivel estático está fuertemente ligada a los niveles de escurrimiento en el río, esto debido a que existe en general una muy buena conexión río-acuífero a lo largo de todo el valle.

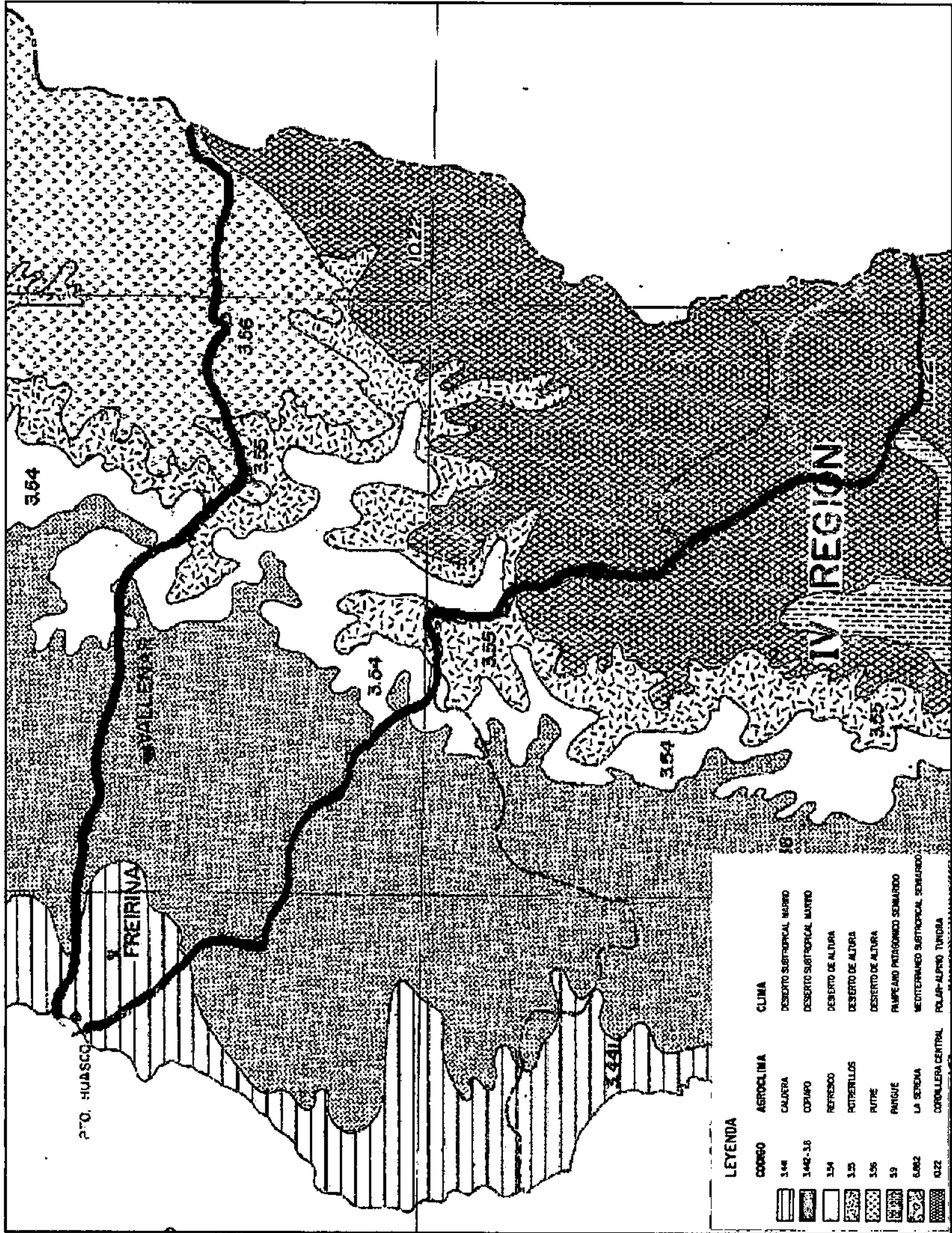
En cuanto a los caudales específicos, los mayores valores se presentan en el Valle del Carmen y entre Vallenar y Freirina, fluctuando entre 15 y 30 m³/h/m los primeros y 4 y 20 m³/h/m los segundos, respectivamente. En tanto que en el sector del Tránsito el valor medio es de 6 m³/h/m y en el sector de Huasco Bajo éste fluctúa entre 1 y 7 m³/h/m.

Referente al uso y calidad de las aguas, el uso principal dado a los recursos es el de riego con un nivel de explotación bastante bajo. En cuanto a la calidad, se supone buena, ya que los análisis de aguas superficiales dan contenidos totales de sólidos disueltos menores a 500 mg/l (**MOP, 1986**).

F. Uso del suelo

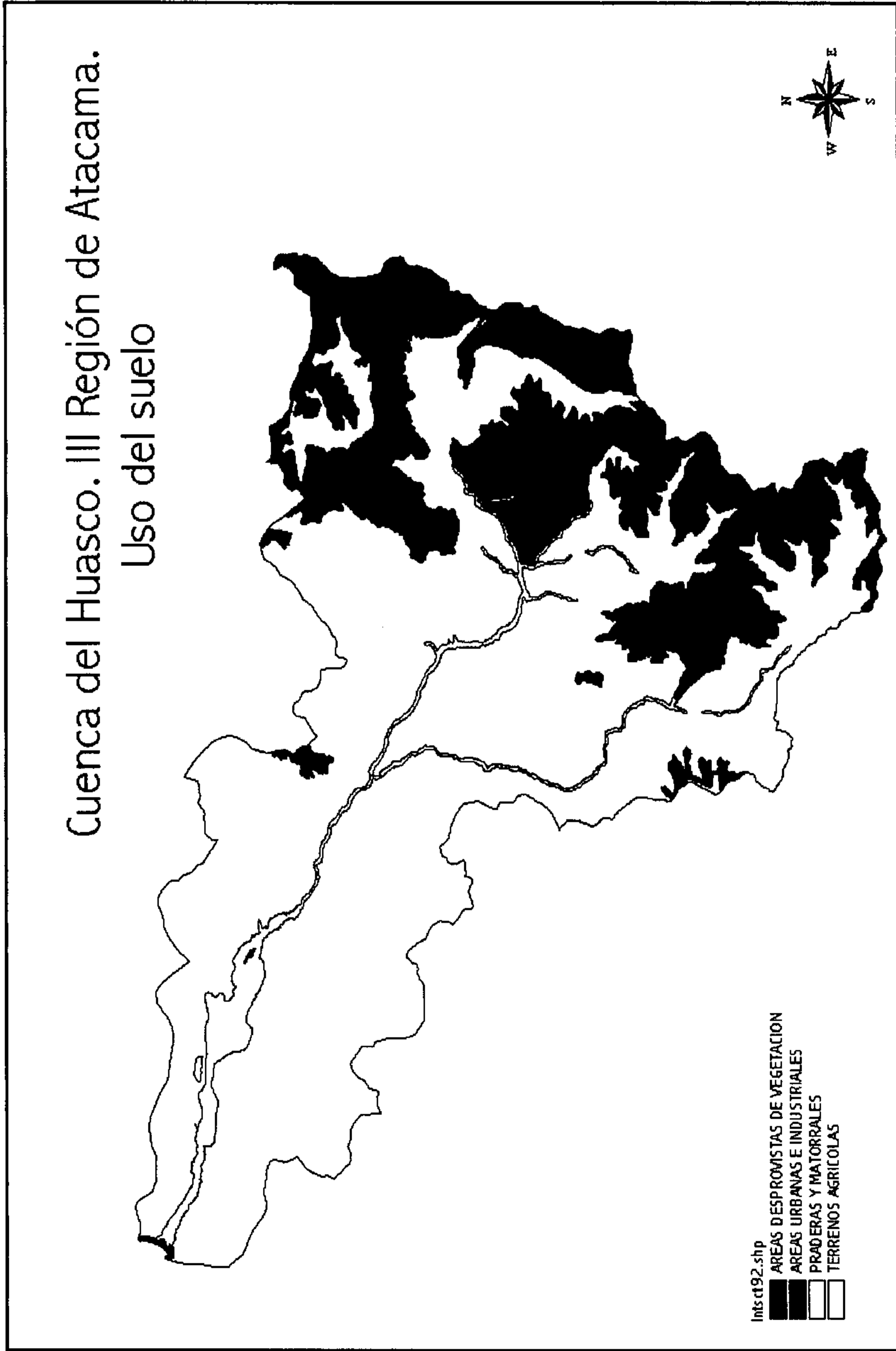
La cuenca del Huasco presenta el siguiente uso del suelo (**CONAF-CONAMA, 1997**), el que se detalla en la **Figura 5.12**.

Figura 5.11. Mapa Agroclimático de la cuenca del Huasco. III Región



(tomado de Novoa y Villaseca, 1989)

Figura 5.12. Uso del suelo. Cuenca del Huasco, III Región



(confirmado en Arc-View, con información CONAF-CONAMA, 2001)

G. Red de monitoreo de aguas

En los siguientes cuadros, se muestran los puntos de vigilancia de la calidad de las aguas, con su ubicación geográfica, que posee esta cuenca, que incluyen calidad de aguas, y aguas subterráneas (**Cuadro 5.8; 5.9**).

La lista de parámetros determinados por la DGA, en muestras de agua generadas desde las estaciones hidrológicas operadas en la Cuenca del Río Huasco, es la siguiente:

- pH y CE,
- temperatura,
- oxígeno disuelto,
- aniones mayores solubles,
- cationes mayores solubles,
- boro soluble,
- arsénico, cobre y hierro solubles.

5.3.4. Cuenca del río Limarí

A. Localización y superficie

La hoya hidrográfica del río Limarí, con una extensión de 11.760 km², se desarrolla en la porción central de la Región de Coquimbo. Es la más grande del Norte Chico, después de la hoya del Copiapó. Su longitud total es de 64 km. El mapa físico de la cuenca se muestra en la **Figura 5.13**.

B. Características de relieve

Los primeros 43 km desde su formación, en Puntilla de Peñones, transcurren en una caja amplia de 2 o más km de ancho donde se desarrollan numerosos meandros, flanqueado por extensas terrazas fluviales. En los últimos 20 km, en cambio, el río discurre por un desfiladero epigenético profundo labrado en el batolito granodiorítico de la costa. La gradiente media del Limarí es de 0,41%.

Estas terrazas se encuentran en su mayor parte bajo riego artificial y se practican en ellas cultivos extensivos, especialmente empastadas y gramíneas. En el fondo de la caja, en cambio, entre Ovalle y la Carretera Panamericana, se encuentran los mejores suelos de migajón, aprovechados en cultivos más intensivos como son las hortalizas, frutales y chacras. Estas terrazas se prolongan hacia el norte en los llamados Llanos de Tongoy que rodean a la bahía del mismo nombre, a consecuencia de la paleo-desembocadura del Limarí (**Niemeyer, H; Cereceda, P., 1984**).

C. Red hídrica principal

El río Limarí nace de la reunión, en la Puntilla de Peñones, 3 km al oriente de Ovalle y a 260 mt. de altitud, de los ríos Hurtado, que es el tributario proveniente del norte, y Grande, cuyo principal desarrollo viene de sur y suroriente. El río Hurtado, cuya hoya es de 2.230 km², nace en la cordillera de Los Andes, a los pies de

Cuadro 5.8. Estaciones hidrológicas de la DGA. Aguas superficiales. Cuenca del Huasco, III Región

N°	Nombre estación	Coordenadas		Vigencia
		Este	Norte	
17	Río Huasco en Huasco bajo	286721	6849328	Vigente
18	Huasco alto C2	289293	6847270	Vigente
19	Río Huasco en puente Panamericana	325830	6839061	Vigente
20	A.P. Vallenar	329850	6837161	Vigente
21	Río Tránsito antes junta río Carmon	355226	6318810	Vigente
22	Río Carmen en ramadillas	355335	6818681	Vigente
23	Río Conay en las lozas	392659	6797416	Vigente
24	Río Chollay antes junta río Conay	397638	6794559	Vigente

Cuadro 5.9. Estaciones hidrológicas de la DGA. Aguas subterráneas. Cuenca del Huasco, III Región

N°	Nombre estación	Coordenadas		Vigencia
		Este	Norte	
62	Olivero de Huasco D.	285340	6350235	Vigente
63	Huasco alto E-2	288500	6849264	Vigente
64	Huasco alto D -6	287792	6848403	Vigente
65	Canal Madariaga C-5	290283	7420	Vigente
66	Planta Olivera C-1	289293	7270	Vigente
67	Freiriña B-8	297216	5154	Vigente
68	Tatara A-1	309749	4022	Vigente
69	Hda. Ventana A-1	342373	6839833	Vigente
70	A.P. Vallenar	329850	7161	Vigente
71	Ramadilla C-1	357535	6817893	Vigente
72	El Rosario C-6	357420	4150	Vigente
73	Chiquinto D-1	370312	0260	Vigente
74	Chanchoquin A-2	375072	6806967	Vigente
75	El Tránsito A-1	375274	4665	Vigente
76	San Felix C-1	357714	6798936	Vigente

los pasos fronterizos el Viento Norte o Miranda y el Viento Sur. Tiene un desarrollo de casi 125 km. El río Grande nace de la reunión de los ríos Gordito y Las Cuevas, en las proximidades del paso fronterizo de La Laguna; toma dirección noroeste por unos 115 km, constituyéndose en uno de los más importantes contribuyentes del Limarí, debido a los ríos que integran su cuenca: Tascadero, Mostazal, Rapel y Guatulame.

En la confluencia del río Guatulame con el río Grande se encuentra el embalse La Paloma, con una capacidad de almacenamiento de 750 millones de metros cúbicos (Niemeyer, H; Cereceda, P., 1984). En la Figura 5.14. se muestra la red hídrica del área seleccionada, asociada a la cuenca.

D. Características climáticas

La cuenca del río Limarí se encuentra influenciada por el Clima Mediterráneo. Este clima posee un régimen hídrico con lluvias durante la estación fría; un período seco durante la estación cálida y un régimen térmico subtropical. En Chile este tipo de clima se extiende desde el paralelo 30 al 40. En esta cuenca se desarrolla la subdivisión Mediterráneo Subtropical Semiárido (agroclima Ovalle y La Serena); además de los ya descritos agroclimas Pangué y Cordillera Central.

D.1. Clima Mediterráneo Subtropical Semiárido. Corresponde a un clima con temperaturas mínimas absolutas medias del mes más frío entre -10°C y $-2,5^{\circ}\text{C}$, o bien entre $-2,5^{\circ}\text{C}$ y 7°C , con una temperatura mínima media del mes más frío superior a 8°C , y con una temperatura máxima media del mes más frío superior a 10°C , o bien entre 10°C y 21°C . El promedio de las temperaturas máximas medias de los 6 meses más cálidos es superior a 21°C . El régimen hídrico presenta un período seco prolongado de primavera a otoño o todo el año. En la cuenca se desarrollan los siguientes agroclimas:

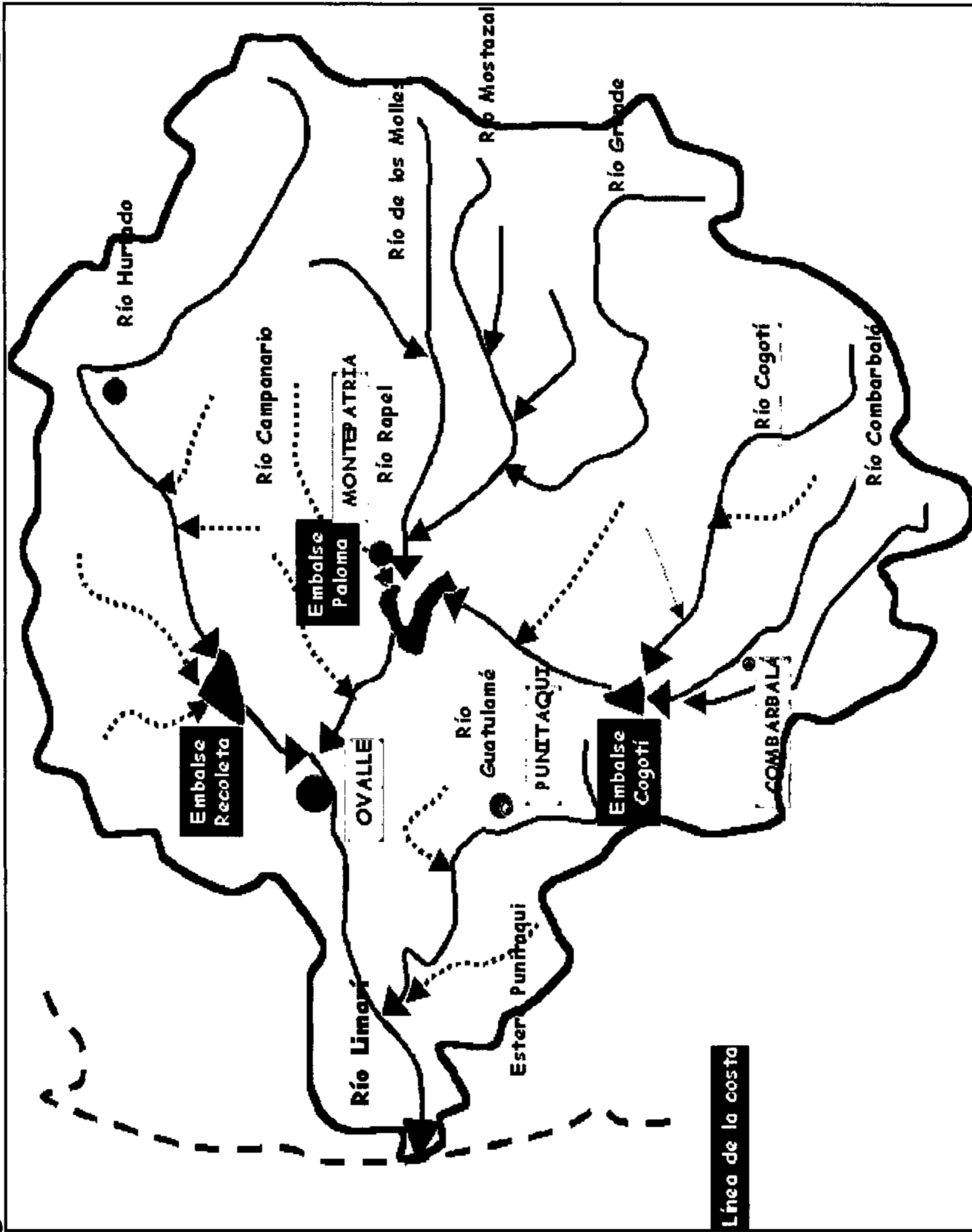
- **Agroclima La Serena.** Se encuentra desde La Serena, latitud 30°S hasta la latitud 31°S , ocupando una franja a lo largo de la costa. El régimen hídrico se caracteriza por una precipitación anual de 104,4 mm, siendo el mes de junio el más lluvioso con 25,9 mm. La estación seca es de 9 meses. En esta zona son posibles los siguientes frutales con riego: chirimoyo, papayo, vides, lúcumo, olivo, membrillo, palto, cítricos y nísperos. Entre los cultivos: maíz, trigo, frejol, lenteja, algunas hortalizas.

- **Agroclima Ovalle.** Se encuentra desde Vicuña hasta San Felipe, entre los paralelos 30° y $32^{\circ}50'\text{S}$. El régimen hídrico se caracteriza por una precipitación anual de 125,7 mm siendo junio el mes más lluvioso, con 35,7 mm. La estación seca es de 10 meses. En esta zona es posible una serie de cultivos con riego, y frutales con bajo requerimiento de frío (Figura 5.15.) (Novoa, R. y Villaseca, S., 1989).

E. Hidrogeología

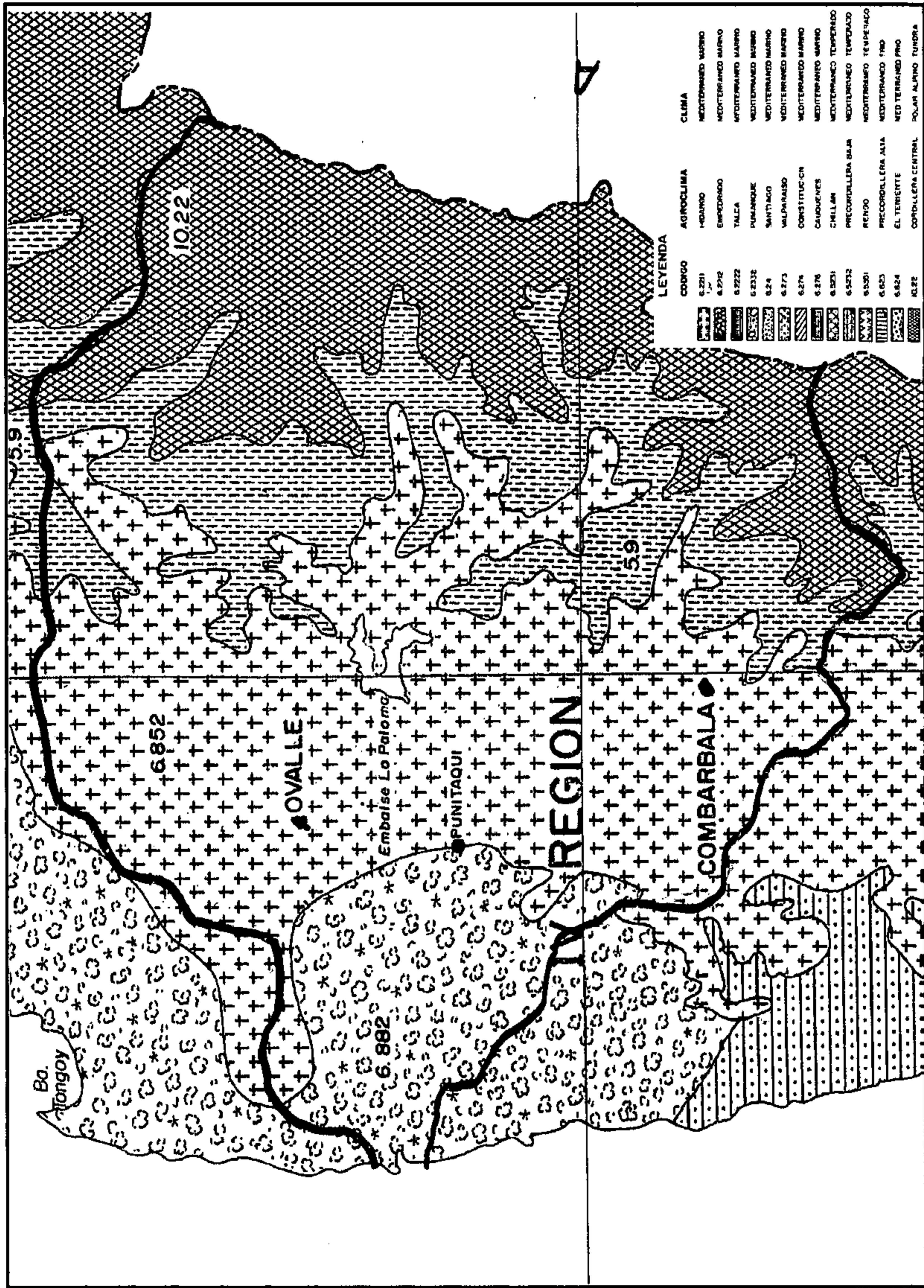
En cuanto a las formaciones acuíferas, en el valle del río Limarí, se presentan dos tipos de formaciones acuíferas. La formación más superficial y moderna está compuesta por gravas, arenas y limos, ocupando los primeros 15 a 20 mt. del relleno y disminuyendo su contenido de material grueso hacia aguas abajo. A partir

Figura 5.14.a. Red Hídrica asociada a la cuenca del río Limarí, IV Región.



(tomada de carta regular IGM-1:1.000.000)

Figura 5.15. Mapa Agroclimático de la cuenca del Limarí, IV Región



(tomado de Novoa y Villaseca, 1989)

de ese nivel, y hasta unos 100 mt. de profundidad, el relleno muestra un importante contenido de finos caracterizado en forma de un conglomerado arcilloso.

Referente a la profundidad del nivel estático, éste se ubica en general a profundidades inferiores a 10 mt, con valores promedio de 3 mt, puesto que la conexión con los ríos es directa. Debido a que el uso del agua proviene mayoritariamente de recursos superficiales regulados, no existiría un efecto de la explotación de aguas subterráneas sobre los niveles, situación generalizada en todos los valles de la cuenca.

En cuanto a las propiedades hidráulicas, las transmisibilidades determinadas a partir de pruebas de bombeo en pozos, indican valores comprendidos entre 300 y 9000 m²/día. Por otro lado, los mayores valores de caudales específicos en pozos de bombeo serían los determinados en El Palqui, Monte Patria, Ovalle y Barraza, todos ellos superiores a 10 m³/h/m.

El uso principal del recurso es como agua potable, obtenida desde pozos de bombeo, o bien, de drenes junto al río Limarí (MOP, 1986).

F. Uso del suelo

La cuenca del Limarí presenta el siguiente uso del suelo (CONAF-CONAMA, 1997), el que se detalla en la **Figura 5.16**.

G. Red de monitoreo de aguas

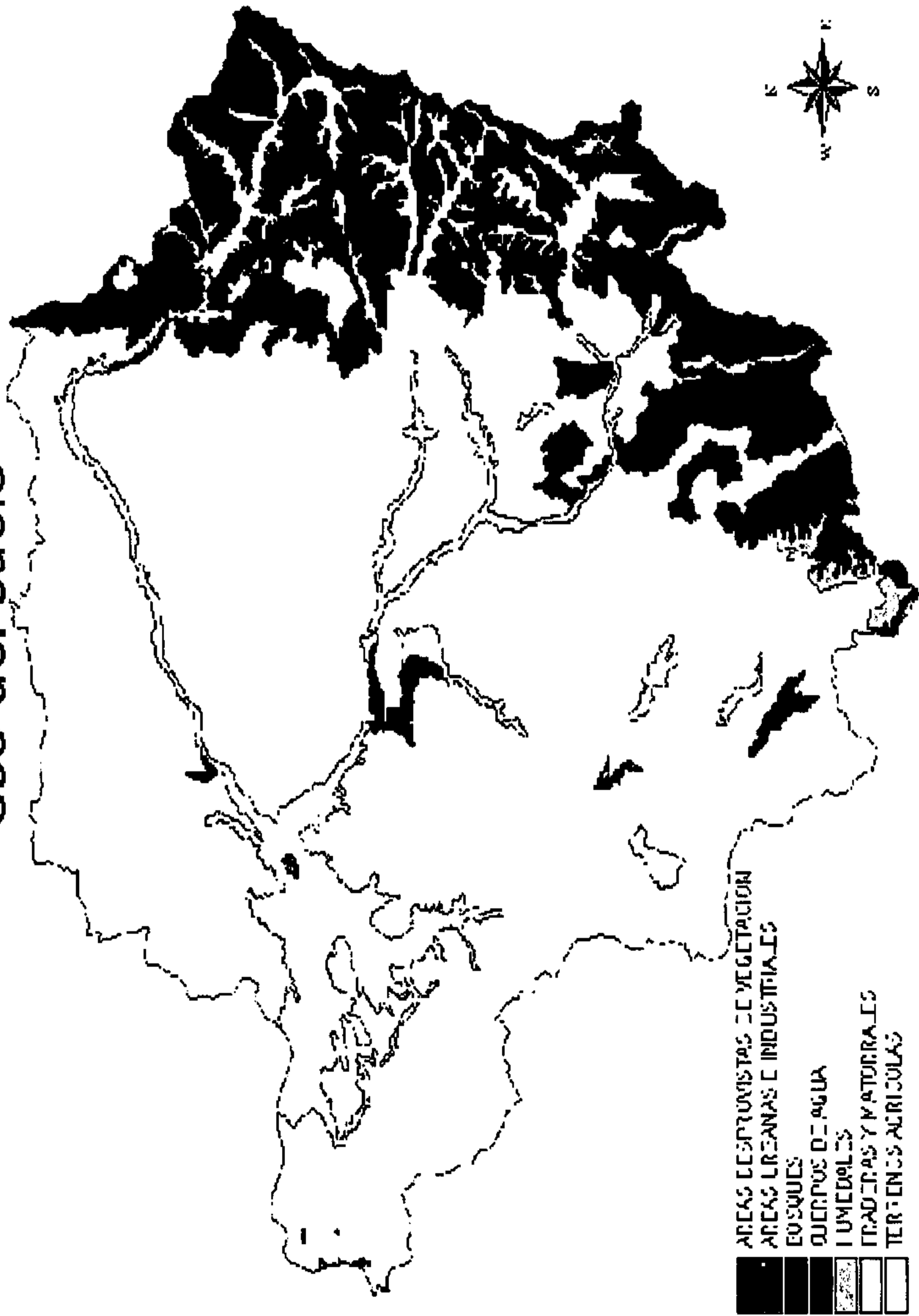
En los siguientes cuadros, se muestran los puntos de monitoreo con su ubicación geográfica, que posee esta cuenca, que incluyen calidad de aguas, aguas subterráneas y sedimentométricas (**Cuadros 5.10; 5.11; 5.12**).

La lista de parámetros determinados por la DGA, en muestras de agua generadas desde las estaciones hidrológicas operadas en la Cuenca del Río Limarí, es la siguiente:

- pH y CE,
- aniones mayores solubles,
- nitrato
- cationes mayores solubles,
- boro soluble,
- arsénico, cobre solubles.

Figura 5.16. Uso del suelo. Cuenca del Limarí, IV Región
Cuenca del Limarí. IV Región de Coquimbo.

Uso del suelo



(confirmado en Arc-View, con información CONAF-CONAMA, 2001)

Cuadro 5.10. Estaciones hidrológicas de la DGA. Aguas superficiales. Cuenca del Limarí, IV Región

N°	Nombre estación	Coordenadas		Vigencia
		Este	Norte	
24	Río Hurtado, en Angostura de Pangué	307495	6631090	Vigente
25	Río Hurtado, en San Agustín	352520	28934	Vigente
26	Estero Ingenio, antes mina cocinera	292250	18500	Vigente
27	Pozo mina Panulcillo	1670	18383	Vigente
28	Río Limarí, en Perones bajos	1900	13750	Vigente
29	Río Limarí, en Panamericana	257503	04600	Vigente
30	Estero Punitaqui, antes junta río Limarí	3000	04000	Vigente
31	Pozo Monte Patria	312690	02555	Vigente
32	Río Grande, en Puntilla San Juan	5712	01555	Vigente
33	Río Rapel en Paloma	345100	6993075	Vigente
34	Río Huatulame en el Tomé	311371	90499	Vigente
35	Río Mostazal en cuestecita	345856	90300	Vigente
36	Estero Punitaqui	283600	37500	Vigente
37	Río Grande, en Las Ramadas	349125	07831	Vigente
38	Río Cogotí, entrada embalse Cogotí	305223	64935	Vigente
39	Río Parma, antes embalse Cogotí	302650	60000	Vigente
40	Río Cogotí, en Fragueta	320263	56453	Vigente
41	Río Combarbalá, en Ramadilla	318000	43600	Vigente

Cuadro 5.11. Estaciones hidrológicas de la DGA. Aguas subterráneas. Cuenca del Limarí, IV Región

N°	Nombre estación	Coordenadas		Vigencia
		Este	Norte	
78	Samo alto	313760	6634045	Vigente
79	Agua potable, Recoleta	294020	23565	Vigente
80	Fundo San Félix	6610	21950	Vigente
81	Agua potable Lagunillas	1991	19757	Vigente
82	Minera Panuicillo	1670	18383	Vigente
83	Fundo Mirador	286830	10370	Vigente
84	Santa Catalina	293330	10250	Vigente
85	Agua potable, Sotaquí	6549	09394	Vigente
86	Canal Tabali	267785	08610	Vigente
87	Asentamiento Vegas Limarí	283290	08343	Vigente
88	Pobl. San Julián	275710	6608127	Vigente
89	Parc. 24 Limarí	280304	08097	Vigente
90	Pobl. San Julián	275700	03020	Vigente
91	Pblo. Tabali	267485	97990	Vigente
92	Parcela 13 Limarí	281477	07497	Vigente
93	Carachilla	300988	05517	Vigente
94	Barraza	262895	04340	Vigente
95	Embalse La Paloma	305260	02566	Vigente
96	Vitivinícola	321810	01902	Vigente
97	Monte Patria	316036	01816	Vigente
98	Embalse La Paloma	305575	01640	Vigente
99	Asentamiento Alborada	320388	01144	Vigente
100	Asentamiento Cerillos	325000	00850	Vigente
101	Asentamiento N. Aurora	283350	00485	Vigente
102	Asentamiento Unión Campesina	279605	0598885	Vigente
103	Asentamiento Campo Lindo	274390	97910	Vigente
104	Asentamiento Nogales	275910	97170	Vigente
105	Chilecito	323830	96488	Vigente
106	Asentamiento Sol Pradera	334750	96173	Vigente
107	La Higuera	313365	94380	Vigente
108	Asentamiento Graneros	281317	93830	Vigente
109	Punitaqui	284590	35740	Vigente
110	A.Pot. Ch. Alto	307108	31926	Vigente
111	Pobl. La Ligua	305137	66802	Vigente
112	Fundo Cogotí	309373	60094	Vigente
113	Chinzay	304065	45130	Vigente

Cuadro 5.12. Estaciones hidrológicas de la DGA. Sedimentométricas. Cuenca del Limarí, IV Región

N°	Nombre estación	Coordenadas		Vigencia
		Este	Norte	
6	Río Hurtado entradas embalse Recoleta	303000	6627600	Vigente
7	Río Grande en Puntilla de San Juan	316000	6601555	Vigente
8	Río Huatulamé, en el Tomé (SE)	311371	6590499	Vigente
9	Río Cogotí, en entrada embalse Cogotí (SE)	305223	6564935	Vigente

5.3.5. Cuenca del río Aconcagua

A. Localización y superficie

La hoya del río Aconcagua se desarrolla en el extremo sur de la zona de los valles Transversales o Semiárida, en la Región de Valparaíso. Su extensión alcanza a 7.163 km² y su rumbo general es de este a oeste (Niemeyer, H; Cereceda, P., 1984). El mapa físico de la cuenca se muestra en la **Figura 5.17**.

B. Características de relieve

El curso superior del río Aconcagua, considerado hasta la ciudad de Los Andes, escurre en estrechos cajones cordilleranos de abruptas laderas, muchas veces cubiertas de escombros, labrados en algunos casos en la roca fundamental. A partir del estero de Vilcuya, a unos 15 km aguas arriba de la ciudad de Los Andes, flanquean al río restos de antiguas terrazas fluviales de escaso desarrollo transversal, aunque el cauce mismo está labrado en la roca fundamental, en un franco proceso de erosión lineal. Desde Los Andes, el valle se ensancha, con un espeso relleno aluvial de 50 a 100 o más metros del cual emergen algunos cerros-islas que pertenecer a cordones sumergidos transversales al valle. De San Felipe a Llayllay, por espacio de 25 km., el valle se estrecha nuevamente y corta el batolito granodiorítico, apareciendo extensas vegas o pantanos a los menos en dos áreas. Sobrepasado Llayllay, el valle nuevamente se ensancha hasta constituir, principalmente entre Ocoa y Quillota, una llanura aluvial cubierta de una rica capa de suelo agrícola de migajón que, unida al clima excepcional, permite el florecimiento de una agricultura intensiva de alto valor comercial (Niemeyer, H; Cereceda, P., 1984).

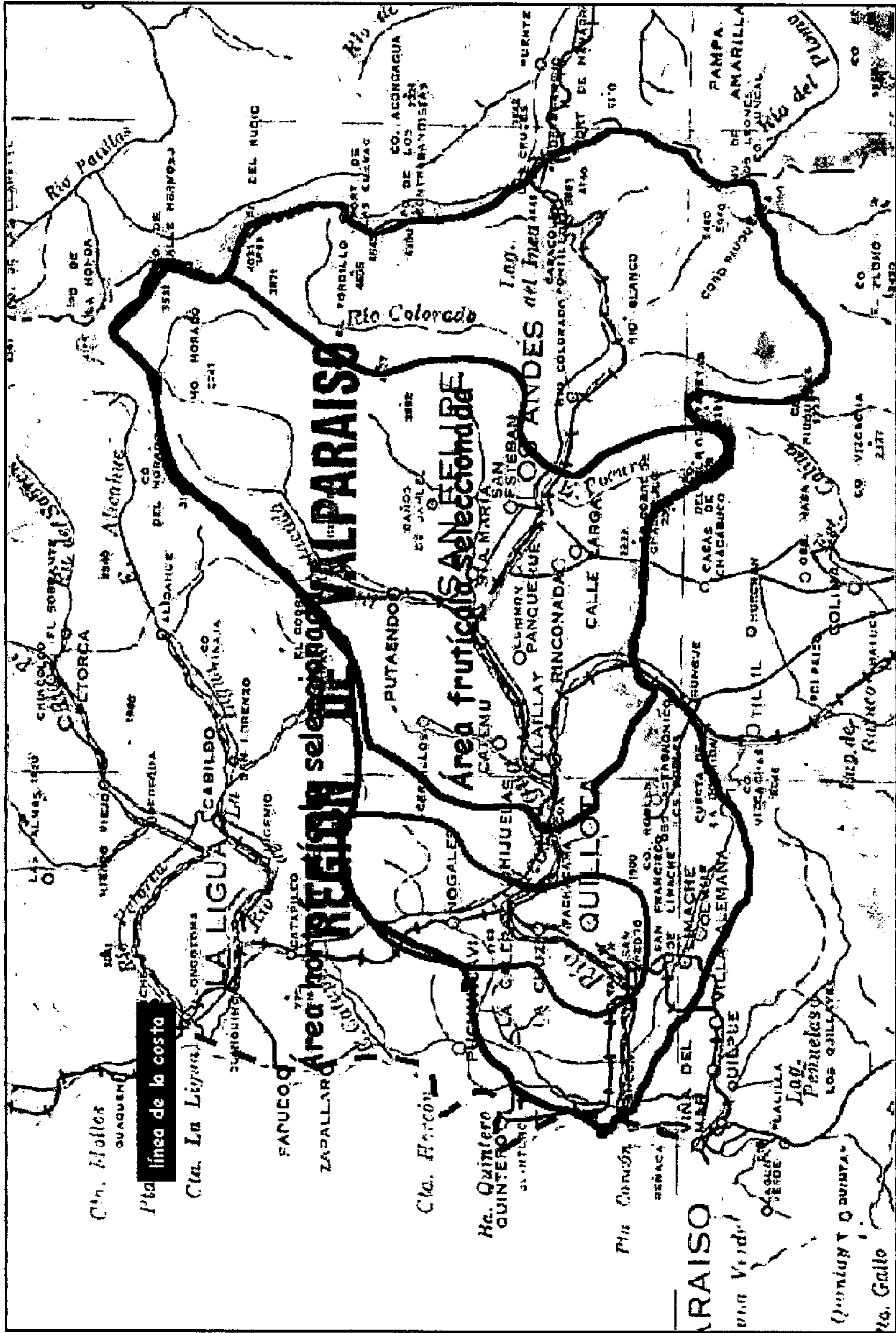
C. Red hídrica principal

El Aconcagua se forma de la reunión en la cordillera de Los Andes, a 1.430 mt de altitud, de los ríos Juncal, que proviene del oriente, y Blanco, que viene del sureste. Desde la junta del río Blanco, el río Aconcagua recorre 142 km hasta su desembocadura en la bahía de Concón en el Mar Chileno. Sin embargo, si se considera el desarrollo del río Juncal desde su nacimiento, el recorrido alcanza a 177 km.

El río Juncal se origina en la cordillera de igual nombre, que divide las aguas con la cuenca del Maipo, en una gran lengua de ventisquero llamado glaciar Juncal Norte. En su desarrollo de 35 km recibe por ambas riberas numerosos arroyos-torrenteras, la mayoría originados también en los glaciares colgados. Entre estos tributarios está el río Juncalillo o Juncalito, al cual se le reúne el emisario de la laguna del Inca. Esta en un cuerpo de agua elevado a 3.200 mt sobre el mar, de forma elíptico-elongada con un eje mayor de 4 km y un ancho medio de 600 a 7000 mt.

El río Blanco se genera al pie norte de los cerros La Copa y El Altar, en el cordón de displuvio con la cuenca alta del río Mapocho; se dirige al noroeste con una gran pendiente cumpliendo una longitud de 15 km. Su tributario más importante es el río de Los Leones, que se genera en áreas englaciadas alrededor del cerro Alto de los Leones (5.400 mt).

Figura 5.17. Mapa físico de la cuenca del río Aconcagua. V Región



(tomada de carta regular IGM-1:1.000.000)

El tramo río Blanco-Los Andes, el tributario más importante es el río Colorado, el que se origina al pie del paso del Rubio, de los esteros del Potrillo Hondo y de Los Azules.

En los alrededores de San Felipe el Aconcagua recibe nuevamente tributarios de importancia, donde llega el estero Pocuro que recoge aguas de precordillera, de la vertiente norte del cordón de Chacabuco. Cuatro km aguas debajo de San Felipe, el Aconcagua recibe uno de sus más importantes afluentes, el río Putaendo, que se origina en la localidad de Los Patos, a 1.188 m.s.n.m. de la reunión del río Rocín que viene del oriente y del estero Chalado que proviene del norte.

Entre San Felipe y La Calera, el principal tributario es el estero Catemu que riega el valle agrícola de ese nombre; tiene un desarrollo de 14 km en dirección al sur. En este tramo recibe también aportes del estero Los Loros que cae desde el sur y que drena el valle tectónico de Llayllay.

El régimen del río Aconcagua es mixto; presenta crecidas importantes con las lluvias en invierno, y en primavera y principios de verano, con el deshielo. Los ríos tributarios de alta cordillera, Juncal, Blanco y Putaendo, obedecen a un régimen preponderantemente nival; en cambio, los de la cuenca baja son típicamente pluviales (Niemeyer, H; Cereceda, P., 1984). La Figura 5.18 muestran las redes hídricas asociadas a la cuenca y a los dos sectores en estudio, frutícola y hortícola respectivamente.

D. Características climáticas

Esta cuenca sigue siendo dominada por el Clima Mediterráneo. A los agroclimas ya descritos como son Cordillera Central y Ovalle, se suman Pumanque, Valparaíso (Mediterráneo Marino), Alicahue, Precordillera Alta (Mediterráneo Frío), La Ligua (Mediterráneo Subtropical Semiárido).

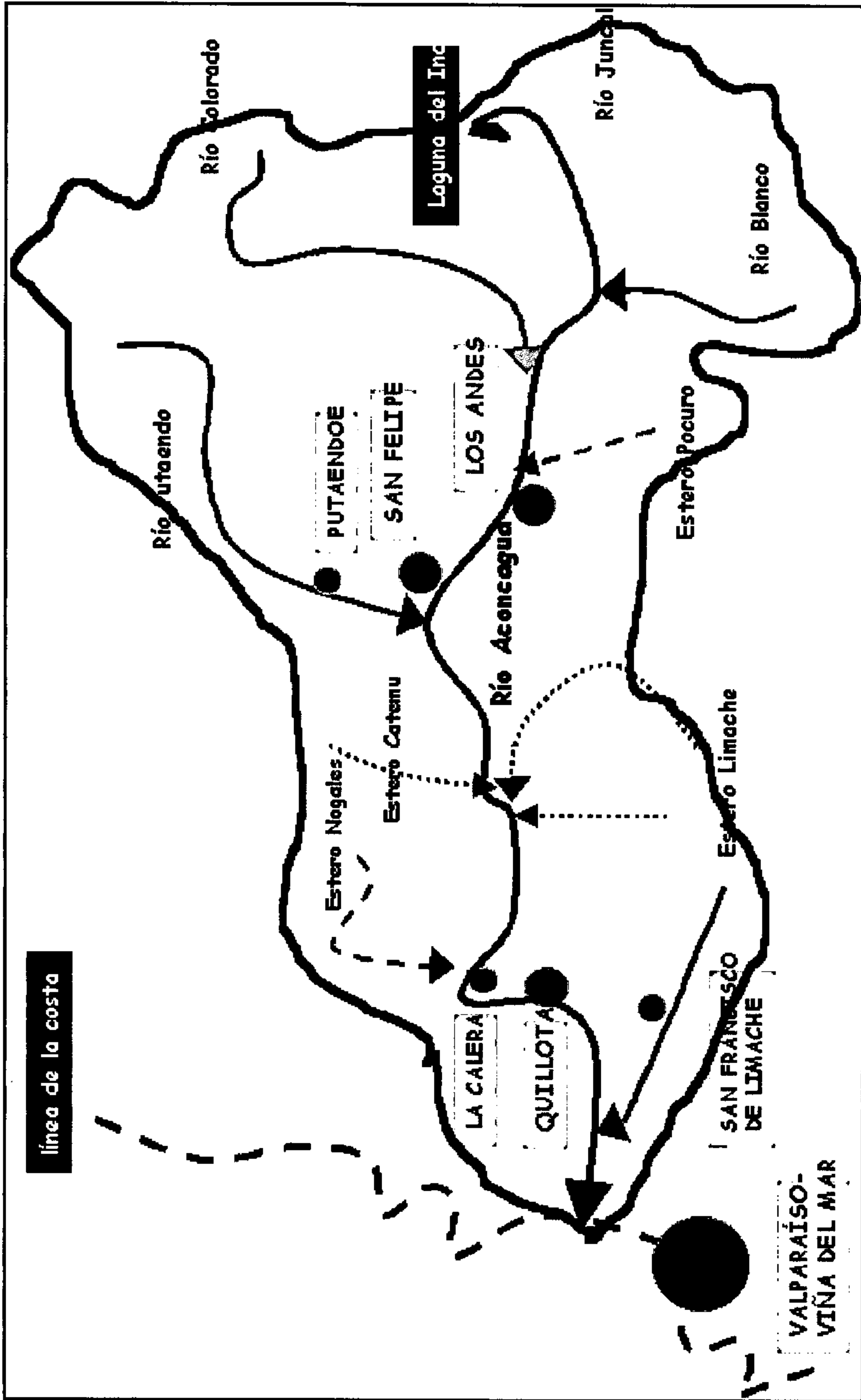
D.1. Clima Mediterráneo Marino. Clima con inviernos suaves, con algunas heladas, con una estación libre de heladas mayor de 4,5 meses, con temperaturas diarias máximas promedio del mes más frío entre 10 y 21°C, con un promedio de la temperaturas máximas medias diarias de los meses más cálidos superior a 21°C y con una estación seca de más de 5 meses. Los agroclimas presentes en esta cuenca son:

- **Agroclima Pumanque.** Se encuentra al oriente de la cordillera de la costa, entre las latitudes 32°50'S y 35°S. El régimen hídrico se caracteriza por una precipitación anual de 439 mm siendo el mes de junio el más lluvioso con 126 mm. La estación seca es de 6 meses (noviembre a abril, inclusive). En esta zona son posibles cultivos de secano como trigo, lenteja, habas, arvejas, etc. Con riego es posible cultivar una serie de cultivos, hortalizas y frutales.

- **Agroclima Valparaíso.** Se encuentra en una franja costera entre las latitudes 32°30'S y la 33°30'S. Las lluvias suman 380 mm, siendo el mes más lluvioso junio, con 103 mm. Este es un clima muy benigno y apto para numerosos cultivos de invierno. Los cultivos de verano requieren de riego.

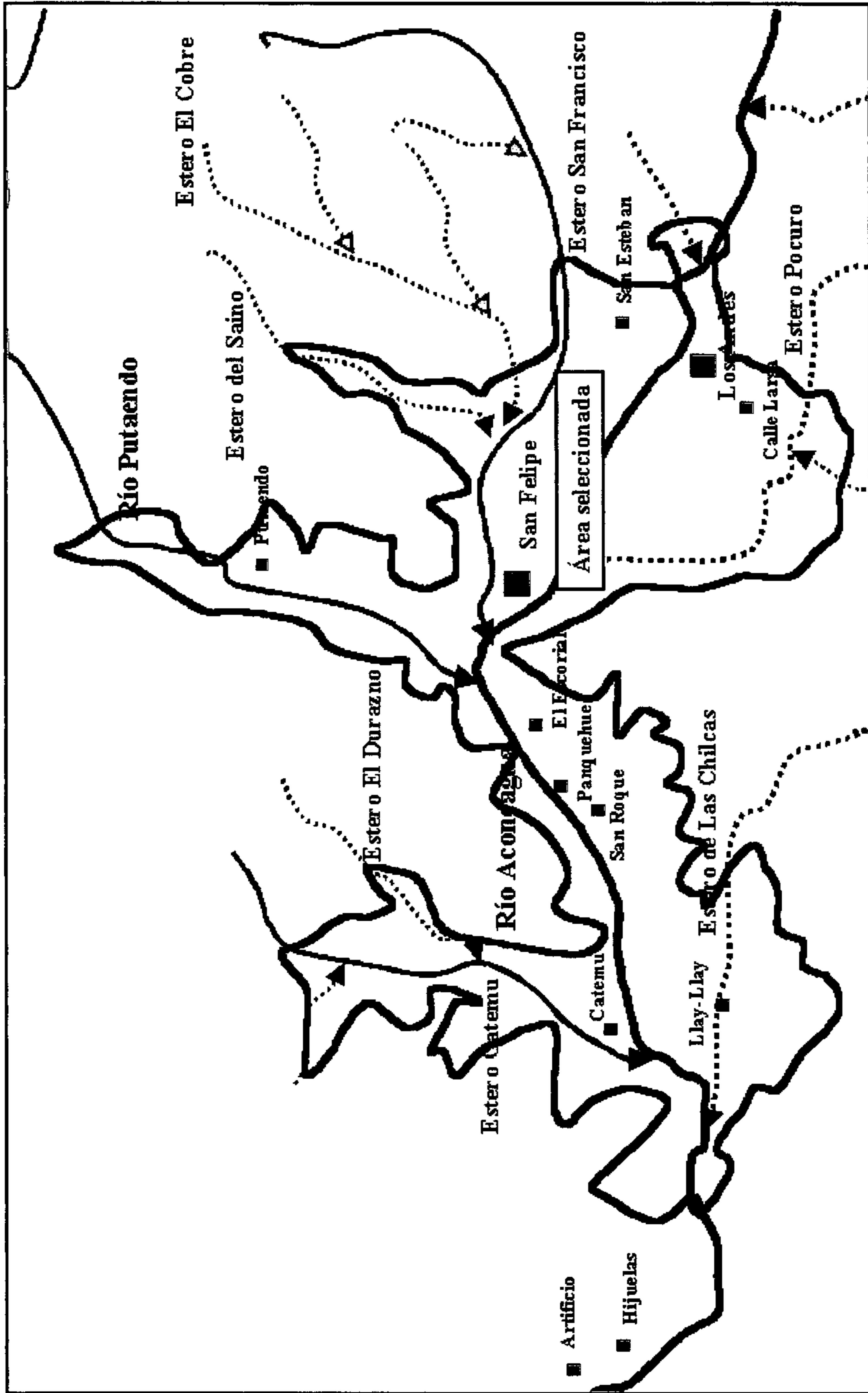
D.2. Clima Mediterráneo Frío. Clima con inviernos más rigurosos, con muchas heladas en que la mínima absoluta media del mes más frío puede estar entre -10 y 2,5°C. La estación libre de heladas

Figura 5.18.a. Red Hídrica asociada a la cuenca del río Aconcagua, V Región.



(tomada de carta regular IGM-1:1.000.000)

Figura 5.18.b. Red Hídrica del sector Frutícola de la cuenca del río Aconcagua, V Región



(tomada de carta regular IGM-1:500.000)

aprovechables es de 2,5 a 4,5 meses. La estación húmeda ocurre de abril a noviembre. Los agroclimas presentes en esta cuenca son:

- **Agroclima Precordillera Alta.** Se encuentra en la precordillera de Los Andes entre las latitudes 35° y 38°S. El régimen hídrico es mediterráneo húmedo con un excedente de lluvia considerable. Constituye un buen clima agrícola, ganadero y forestal.
- **Agroclima Alicahue.** Se encuentra entre los 32°10' y los 33° de latitud sur. El régimen hídrico se caracteriza por una precipitación anual de 323.8 mm, siendo el mes de mayo el más lluvioso, con 91 mm. Esta es una zona principalmente ganadera y silvícola.

D.3. Clima Mediterráneo Subtropical Semiárido. Clima con temperaturas mínimas absolutas medias del mes más frío entre -10 y -25°C. El promedio de las temperaturas máximas medias de los 6 meses más cálidos es superior a 21°C. Presenta un período seco que va desde primavera a otoño o todo el año. Esta cuenca presenta el agroclima **La Ligua**. Se extiende entre los paralelos 31° y 32°50'. El régimen hídrico se caracteriza por una precipitación anual de 340 mm, siendo junio el mes más lluvioso, con 75 mm. Con riego, esta zona climática permite los siguientes cultivos: trigo, maravilla, tomates, papas, duraznero, kiwi, paltos, cítricos, ballicas, alfalfa, tréboles (**Figura 5.19.**)(Novoa, R. y Villaseca, S., 1989).

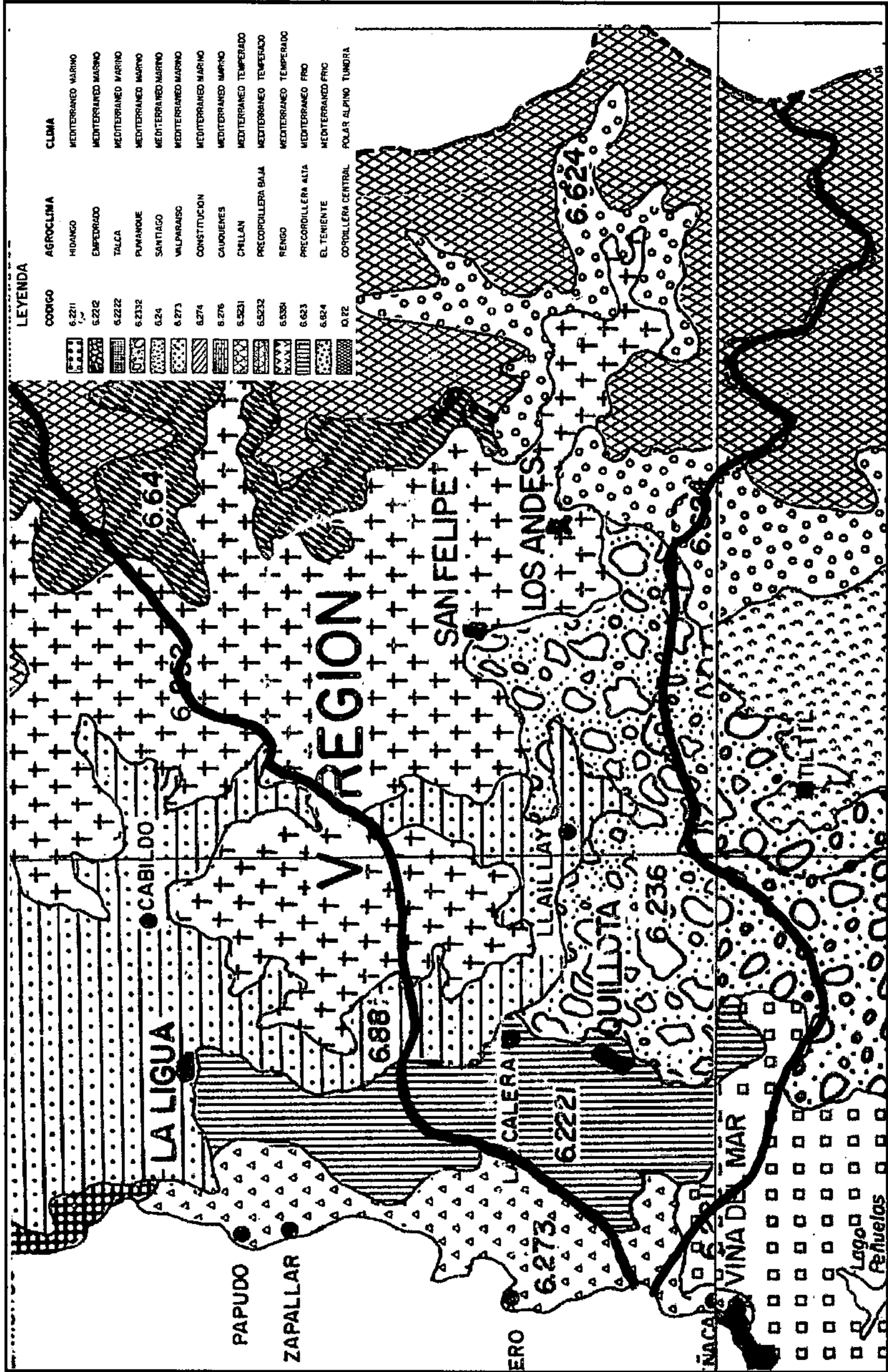
E. Hidrogeología

En cuanto a las formaciones acuíferas, desde Los andes a San Felipe existe desde la superficie un acuífero de gran extensión, compuesto principalmente por sedimentos de granulometría gruesa a media, apoyados sobre otra de granulometría fina. El espesor del acuífero queda comprendido entre los 100 y 200 mt llegando has profundidades de unos 40 a 50 mt en el sector Rinconada de Los Andes.

Entre San Felipe y romeral, el acuífero contiene sedimentos que representan la continuación del acuífero. Entre Romeral y Tabolango se mantiene la continuidad estratigráfica. Entre Tabolango y Mauco, se aprecian características estratigráficas similares al sector de aguas arriba. La potencia del acuífero es variable, concentrándose los mayores espesores (unos 80 mt) en el área sur del río para luego decrecer a un mínimo de 10 mt en el lado opuesto. La zona comprendida entre la Angostura de Mauco y la costa, se caracteriza por presentar dos acuíferos perfectamente diferenciados. El primero confinado y profundo, y el segundo, superficial, en el que prevalecen los sedimentos del tipo arena.

En el valle del río Putaendo, las aguas subterráneas se encuentran en toda su extensión en condiciones freáticas. El valle del estero Catemu, contiene un relleno cuya estratigrafía presenta una alternancia de sedimentos finos a medios del rango arenas, con una abundante matriz limo-arcillosa y depósitos gruesos del tipo gravas y ripios con una fracción arenosa subordinada constituyendo acuíferos semiconfinados. En el valle de Llayllay se tiene una secuencia sedimentaria, posiblemente de origen lacustre, existiendo una interstratificación de materiales gruesos con arcillas.

Figura 5.19. Mapa Agroclimático de la cuenca del Aconcagua, V Región



(tomado de Novoa y Villaseca, 1989)

En el valle del estero Los Litres los depósitos predominantes corresponden a sedimentos de granulometría fina, principalmente arcillas limosas con arena fina que presentan algunos estratos más gruesos contruidos por ripio, grava y arena. En el valle del estero Limache, entre su cabecera y Limache, se tiene la presencia de una cubierta de sedimentos limo-arcillosos uniformemente distribuida y alcanzando una potencia máxima de 20 mt.

Con respecto a la profundidad del nivel estático, en el valle del río Aconcagua, entre Los Andes y San Felipe, el agua subterránea se encuentra a profundidades mayores de 100 mt en Los Andes, disminuyendo paulatinamente hasta unos 10 mt en la zona de San Fernando. Aguas arriba del cerro Tapihue, los niveles estáticos se ubican entre unos 10 y 35 mt de profundidad.

En cuanto a las propiedades hidráulicas entre Los Andes y San Felipe se tiene una transmisibilidad promedio de 3.000 m²/día, con valores de hasta 20.000 m²/día en la parte central del valle cercana al río. Desde San Felipe hasta la confluencia con el río Putaendo la transmisibilidad se incrementa llegando hasta los 40.000 m²/día. En los rellenos ubicados en los flancos, el valor es menor y fluctúa entre 1.000 y 2.500 m²/día. En diferentes pozos analizados se ha podido obtener gastos específicos entre 120 y 160 m³/h/m en prácticamente todo el valle.

El uso del recurso agua es principalmente para agua potable, tanto en el valle del río Aconcagua como en sus tributarios. Las captaciones existentes abastecen varias de las principales localidades de la cuenca. El uso del agua para riego, le sigue en importancia. (MOP, 1986).

F. Uso del suelo

La cuenca del Aconcagua presenta el siguiente uso del suelo (CONAF-CONAMA, 1997), el que se detalla en la **Figura 5.20**.

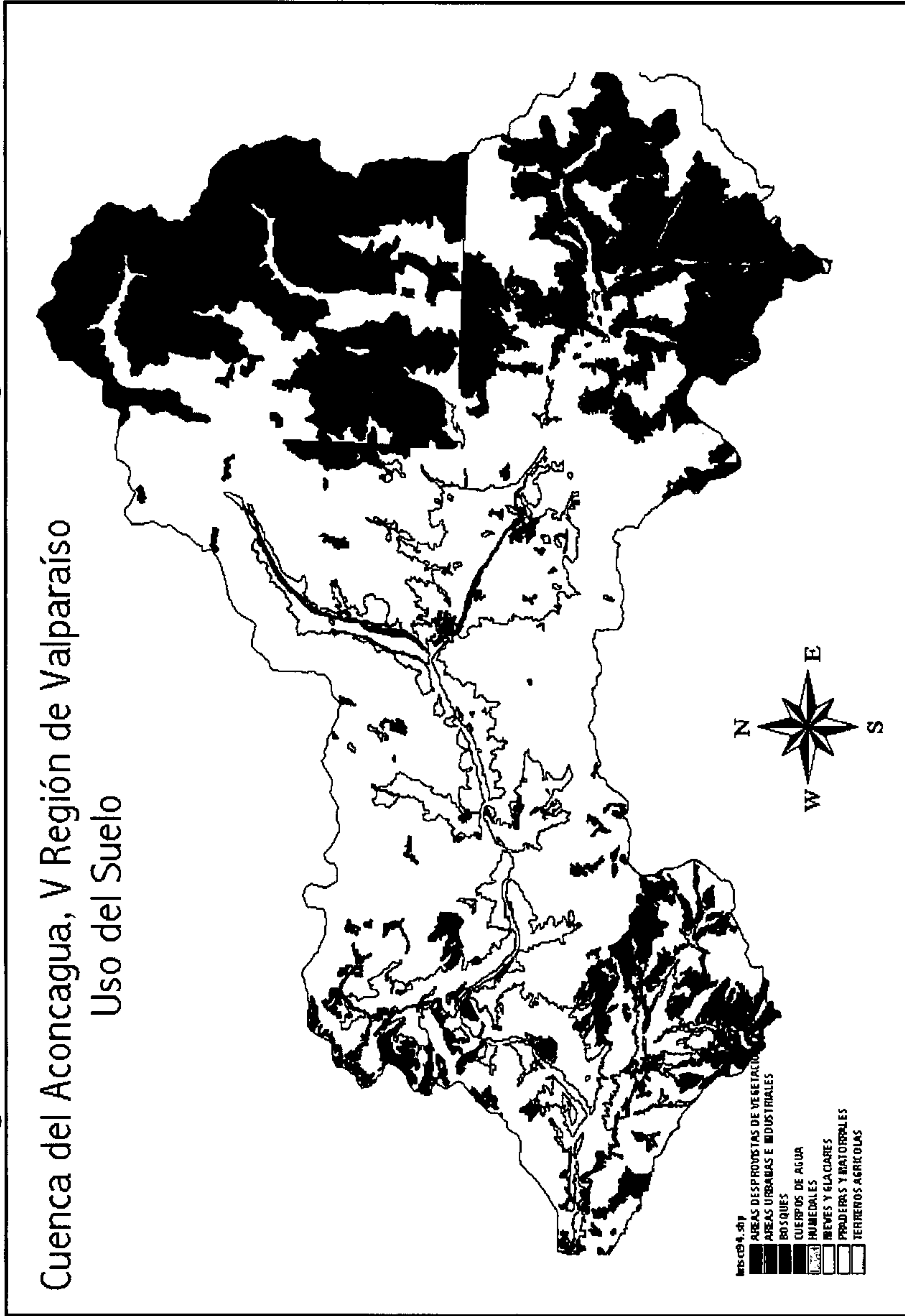
G. Red de monitoreo de aguas

En los siguientes cuadros, se muestran los puntos de monitoreo con su ubicación geográfica, que posee esta cuenca, que incluyen calidad de aguas, aguas subterráneas y sedimentométricas (**Cuadros 5.13; 5.14; 5.15.**)

La lista de parámetros determinados por la DGA, en muestras de agua generadas desde las estaciones hidrológicas operadas en la Cuenca del Río Aconcagua, es la siguiente:

- pH y CE,
- aniones mayores solubles,
- cationes mayores solubles,
- nitratos, nitritos
- boro soluble,
- arsénico, cobre y hierro solubles.

Figura 5.20. Uso del suelo. Cuenca del Aconcagua, V Región



(conformado en Arc-View, con información CONAF-CONAMA, 2001)

Cuadro 5.13. Estaciones hidrológicas de la DGA. Aguas superficiales. Cuenca del Aconcagua. V Región

N°	Nombre de la estación	Coordenadas		Vigencia
		Este	Norte	
10	Río Putaendo en Resg. Los Patos	351500	6403180	Vigente
13	Drenaje Los Caleos	293750	6385700	Vigente
14	Río Putaendo en el badén	336750	6379750	Vigente
15	Est. Quilpué antes junta Río Aconcagua	337800	6376800	Vigente
16	Río Aconcagua en San Felipe	337550	6374750	Vigente
17	Est. El Litre antes Río Aconcagua	293500	6372000	Vigente
18	Est. Catemu en Catemu	314800	6371700	Vigente
19	Est. Las Vegas en desembocadura	313000	6365300	Vigente
20	Río Aconcagua en Romeral	311150	6364900	Vigente
21	Río Aconcagua en Chacabuquito	358650	6364600	Vigente
22	Río Colorado en Colorado	367750	6363700	Vigente
23	Río Juncal en Juncal	390250	6362500	Vigente
24	Río Juncal antes Río Blanco	378750	6358600	Vigente
25	Río Blanco en Río Blanco	378650	6351500	Vigente
26	Est. Pocuro en el sifón	355600	6357200	Vigente
27	Río Aconcagua en Puente Colmo	271850	6354790	Vigente
28	Pozo ConCon	367300	6354800	Vigente
29	Río Blanco antes bocatoma hidroeléctrica	381750	6351000	Vigente
30	Est. Limache antes embalse Aromos	283500	6348600	Vigente
31	Pozo C.C.U.	287100	6348200	Vigente

Cuadro 5.14. Estaciones hidrológicas de la DGA. Aguas subterráneas. Cuenca del Aconcagua. V Región

N°	Nombre de la estación	Coordenadas		Vigencia
		Este	Norte	
34	Perfil Putaendo	336068	6381931	Vigente
35	El Asiento	336947	6381555	Vigente
36	Perfil Putaendo	335359	6381403	Vigente
37	Alto El Melón	294290	6301100	Vigente
38	Alto Nogales	294102	6378255	Vigente
39	Pulacán de Nogales	291861	6377401	Vigente
40	Perfil San Felipe	337710	6376927	Vigente
41	Hij PPM	330727	6371621	Vigente
42	Fundo Los Castaños	311371	6371121	Vigente
43	Fundo El Carmen	296724	6373322	Vigente
44	Fundo Santa Adriana	328883	6372801	Vigente
45	Fundo Los Pinos	344371	6372109	Vigente
46	Misión de María	343591	6370665	Vigente
47	Fundo San Roque	325807	6370485	Vigente
48	Fundo Las Peñas	345383	6373700	Vigente
49	Conchalí	296219	6369700	Vigente
50	Fundo Las Viñas	342027	6369474	Vigente
51	Panc. San Antonio	291518	6369287	Vigente
52	Y S	293735	6369190	Vigente
53	Alto M. Rodríguez	299195	6368463	Vigente
54	Alto M. Rodríguez	298521	6367991	Vigente
55	Fdo. La Quimera	343277	6367680	Vigente
56	Alto La Sombra	302293	6367643	Vigente
57	Callejón Saravid	291206	6366948	Vigente
58	Alto M. Rodríguez	299369	6366473	Vigente
59	Alto Los Aromos	305305	6366195	Vigente
60	A.P. Llay-Llay	314626	6365979	Suspendida
61	Fundo Los Maitenes	343203	6365514	Vigente
62	Calle Santa María	291782	6364940	Vigente
63	Fundo Las Mercedes	346439	6364851	Vigente
64	Fundo Florencio	301627	6364820	Vigente
65	Ap. Llay-Llay	316727	6364731	Vigente
66	Fundo La Esperanza	366839	6363921	Suspendida
67	Parcela 12, La Cruz	293819	6363891	Vigente
68	Rabuco	302276	6362474	Vigente
69	Fundo El Progreso	292186	6361682	Vigente
70	Rabuco	303300	6361153	Vigente
71	Alto Las Pataguas	294031	6360861	Vigente
72	Fundo San Antonio	291382	6360291	Vigente
73	San Isidro Pérez	290023	6357717	Vigente

74	Alto Las Pataguas	292310	6357501	Vigente
75	Fundo Esmeralda	207404	6356754	Vigente
76	Fundo Esmeralda	289206	6355895	Vigente
77	Fundo Esmeralda	289206	6355895	Vigente
78	Alto La Victoria	274852	6354998	Vigente
79	Lajarillas	269512	6351801	Vigente
80	Con-Con	267295	6354708	Vigente
81	Alto La Victoria	273483	6354659	Vigente
82	Abolango	229369	6354621	Vigente
83	Con-Con	268859	6354543	Vigente
84	Con-Con	268859	6354543	Vigente
85	Lajarillas	269944	6354501	Vigente
86	Con-Con	267608	6354419	Suspendida
87	Con-Con	267600	6354419	Suspendida
88	Alto La Victoria	272152	6353077	Vigente
89	Las Cruzadas	285650	6353731	Vigente
90	Alto el Cajón	288158	6353606	Vigente
91	Alto Los Laureles	285512	6318917	Suspendida
92	Ap Olmué	285530	6318896	Vigente
94	San Carlos Pelumpen	296686	6345280	Vigente
95	Asentamiento Chacabuco	342996	6345045	Vigente
96	Tahuretes	340481	6343883	Vigente
97	Fundo El Rocío	290781	6343815	Vigente

Cuadro 5.15. Estaciones hidrológicas de la DGA. Sedimentométricas. Cuenca del Aconcagua. V Región

N°	Nombre de la estación	Coordenadas		Vigencia
		Este	Norte	
3	Río Putaendo en resg Los Patos	351500	6403005	Vigente
4	Río Aconcagua en Chacabuquito	358650	6334939	Vigente
5	Río Colorado en río Colorado	367750	6363592	Vigente
6	Blanco en río blanco	378650	6358162	Vigente
7	Río Aconcagua en Pte. Colmu	271850	6354954	Suspendida
8	Est. Limache antes emb. Los Aromos	283500	6348959	Suspendida

5.3.6. Cuenca del río Maipo

A. Localización y superficie

La hoya del río Maipo comprende una extensión de 15.380 km², la mayor parte de la cual se desarrolla en la Región Metropolitana. El mapa físico de la cuenca se presenta en la **Figura 5.21**.

B. Características de relieve

Esta zona hidrográfica forma parte de la denominada Zona Central de Chile que queda caracterizada por la existencia de la depresión intermedia, llamada también Valle Central. La orografía se caracteriza por la existencia de cuatro rasgos esenciales de orientación longitudinal norte-sur: las terrazas o planicies litorales asociadas muchas veces a playas más o menos extensas; la cordillera de la Costa; la depresión intermedia y la cordillera de Los Andes.

La depresión intermedia o Valle Longitudinal de Chile, principal característica de la Zona Central, es una faja más o menos plana de anchura apreciable que varía entre 500 a 100 km; llega al Relongaví sumergiéndose hacia el sur, en los golfos y canales chilotes. Su extensión es interrumpida en la angostura de Paine donde la cordillera de La Costa casi se une a la primera estribación de la cordillera de Los Andes, separando la cuenca de Santiago de la de Rancagua.

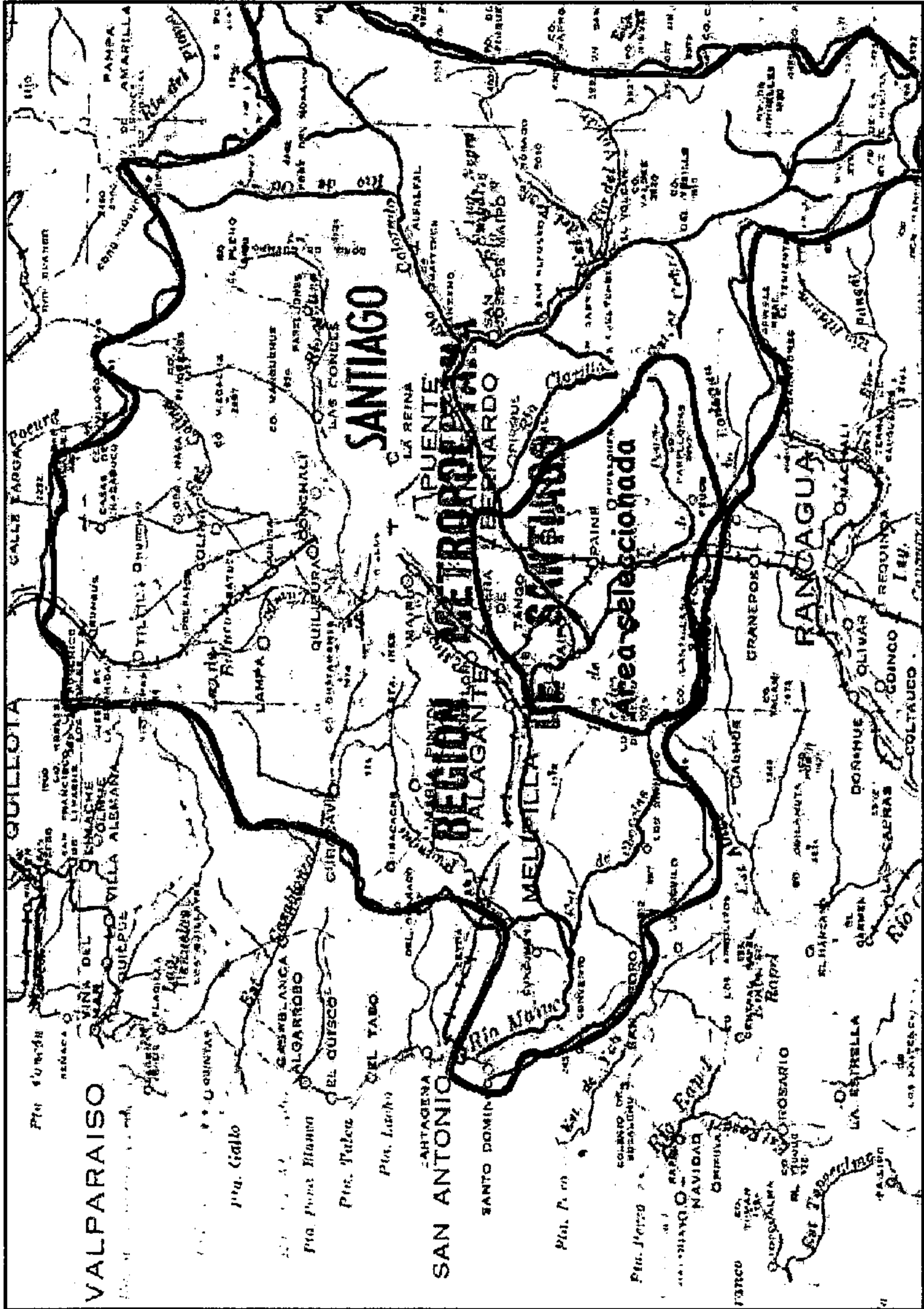
La depresión intermedia de la cuenca del Maipo presenta una llanura aluvial central que va desde el cordón del Manzano por el norte a la Angostura de Paine por el sur; por el oeste queda delimitada por una línea irregular que corresponde al pie oriental de la cordillera de la Costa. Su extensión alcanza a 2.557 km² (Niemeyer, H; Cereceda, P., 1984).

C. Red hídrica principal

El Maipo nace al pie occidental del volcán del mismo nombre, de la reunión de tres arroyos que provienen de otras tantas vertientes; el lugar se llama Los Nacimientos y tiene una cota cercana a los 3.135 mt. Desarrolla su curso superior en dirección prácticamente constante sursureste nornoroeste por espacio de 62 km con una pendiente media de 2,9%, hasta la junta con el río Volcán. En este tramo capta los recursos hidrológicos de la alta cordillera restando posibilidades de alimentación a los subtributarios preandinos de la cuenca de Rancagua.

Los ríos de importancia que recibe en este tramo son el Alvarado y Cruz de Piedra, y más abajo se le reúnen otros tres de consideración, el Negro, el Barroso y el Blanco, todos de alimentación glacial; aguas abajo de este punto el valle se ensancha y el río corre entre terrazas aluviales y fluvioglaciales bien desarrolladas, llamadas localmente "llanos", que constituyen veranadas de la Zona Central. Entre esa triple confluencia y la junta del río volcán, el Maipo recibe varios aportes que son de especial significación en la época del deshielo, llamados esteros.

Figura 5.21. Mapa físico de la cuenca del río Maipo. Región Metropolitana



(tomada de carta regular IGM-1:1.000.000)

Siempre en la cordillera, el Maipo recibe por su derecha tres grandes tributarios con cabeceras altas, como son los ríos Volcán, Yeso y Colorado. Los dos primeros desembocan muy próximos uno de otro, a escasos 2 km y drenan subcuencas vecinas. Aguas abajo de la junta del Colorado, el Maipo por 25 km no tiene afluentes de importancia, salvo algunos esteros que descienden de las montañas confinantes hasta que sale a la llanura aluvial en las proximidades de Puente Alto. Aquí el sistema Maipo-Mapocho ha desarrollado un espeso manto de sedimentos fluviales que cubre toda la cuenca de Santiago. Esta planicie en la cual divaga el Maipo se extiende hasta Melipilla.

En su curso medio, el Maipo recibe dos afluentes de cierta importancia por su ribera sur, son los ríos Clarillo, que desagua una hoyada lateral; y Angostura, con largo desarrollo de 66 km.

Aguas abajo de Talagante, el Maipo recibe el Mapocho. Éste con su extensa red de drenaje de 4.230 km², desagua la porción norte de la hoyada entre los faldeos orientales de la cordillera de La Costa y la precordillera andina.

Al occidente de la capital se le reúne desde el norte el estero de Lampa proveniente del faldeo oriental de la cordillera costera y cuyo principal formativo es el estero Colina.

En su curso inferior, el Maipo recibe dos afluentes que tienen relación con la cordillera de la Costa. Por la derecha le cae el estero Puangue, unos 15 km aguas abajo de Melipilla. Este cauce con un largo y sinuoso recorrido de 112 km drena al interior mismo de la cordillera costera; recibe en su recorrido escasos y precarios tributarios y sufre prolongados estriajes. El otro tributario de importancia es el Chocalán, que afluye a la ribera izquierda del Maipo, justo frente a Melipilla.

En su curso inferior le caen al Maipo otros esteros de escaso caudal como son: Popeta, el Sauce y San Juan. Finalmente el río Maipo, tras un recorrido de 250 km, desemboca en Llole, inmediatamente al sur del puerto de San Antonio.

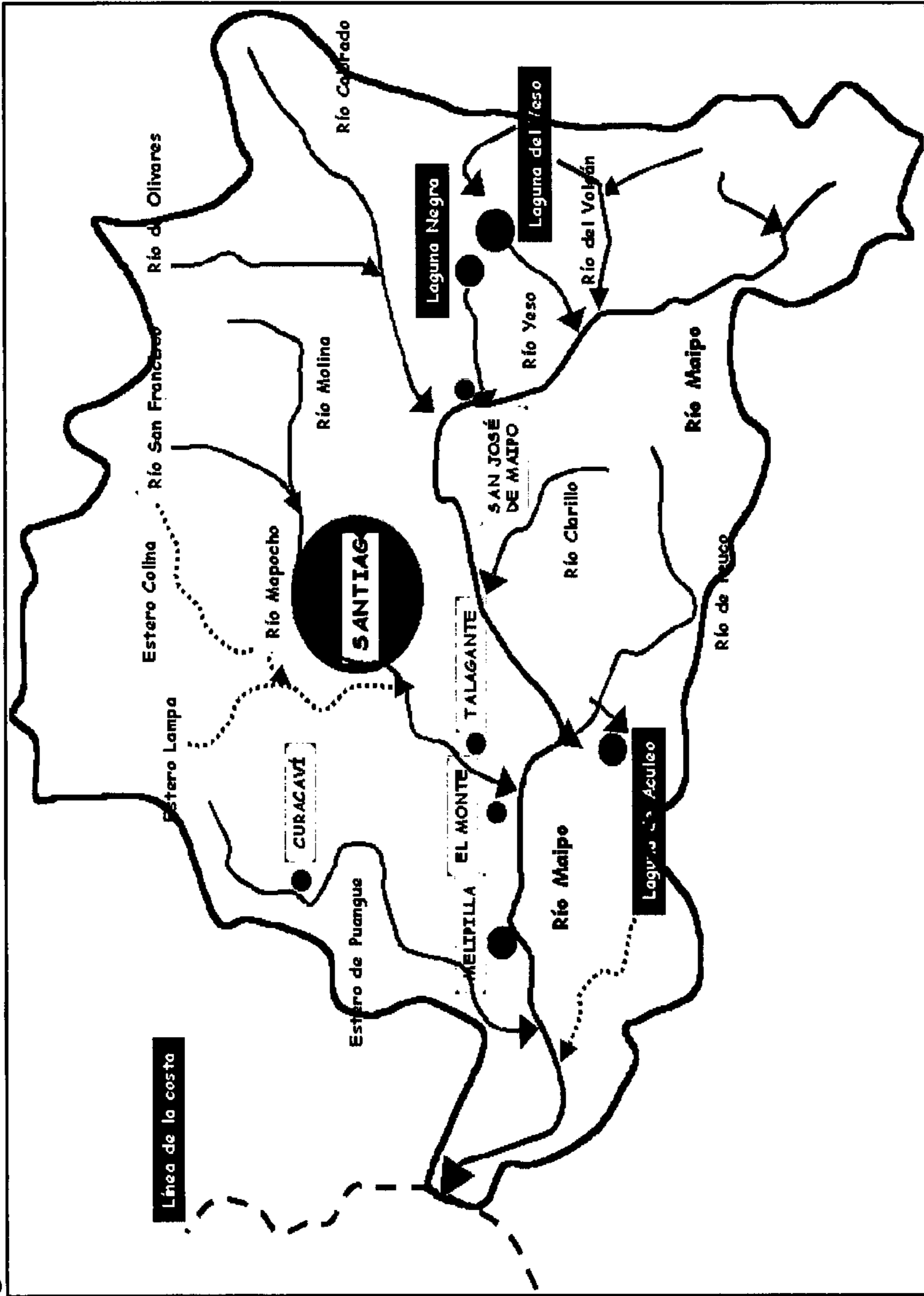
El régimen hidrológico del Maipo y de sus principales afluentes andinos es mixto, de allí que tenga crecidas en invierno, primavera y comienzos de verano (Niemeyer, H; Cereceda, P., 1984). En la Figura 5.22. se muestran las redes hídricas de la cuenca y del sector seleccionado (Hortofrutícola).

D. Características climáticas

La cuenca del río Maipo se encuentra influenciada por el Clima Mediterráneo. A los agroclimas ya descritos como son Cordillera Central, Pumanque y Valparaíso, se suman Hidango, Santiago (Mediterráneo Marino), y El Teniente (Mediterráneo Frío) (Figura 5.23.):

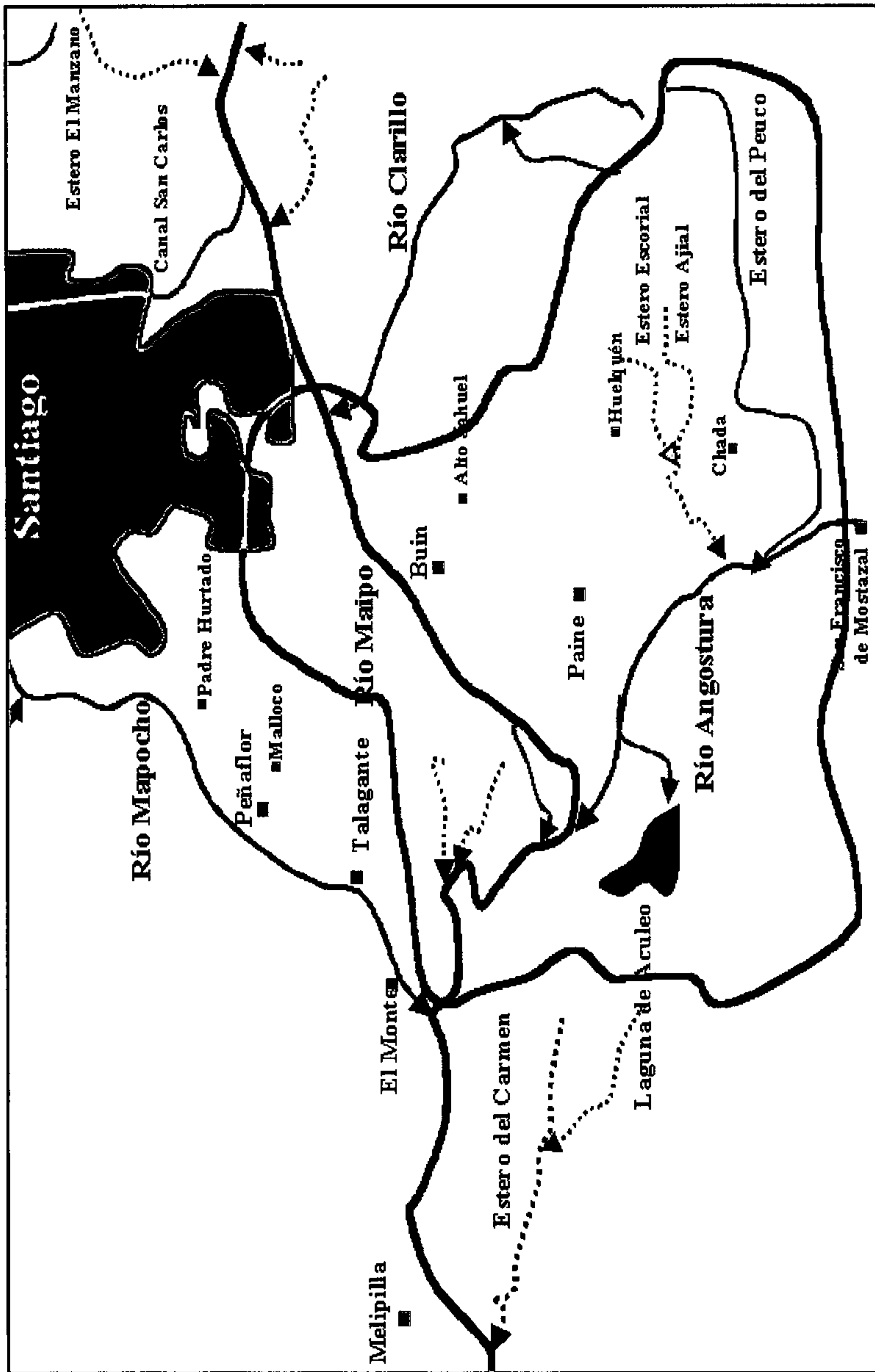
- **Agroclima Hidango.** Se ubica en una franja cercana a la costa que se extiende desde la latitud 33°40' a la 35°30'S, en la vertiente occidental de la cordillera de la Costa. Las lluvias suman 897 mm, siendo el mes de julio el más lluvioso, con 261,8 mm. La estación seca es de 5 meses, noviembre a marzo inclusive. El clima permite una serie de cultivos con y sin riego.

Figura 5.22.a. Red Hídrica asociada a la Cuenca del Maipo, Región Metropolitana



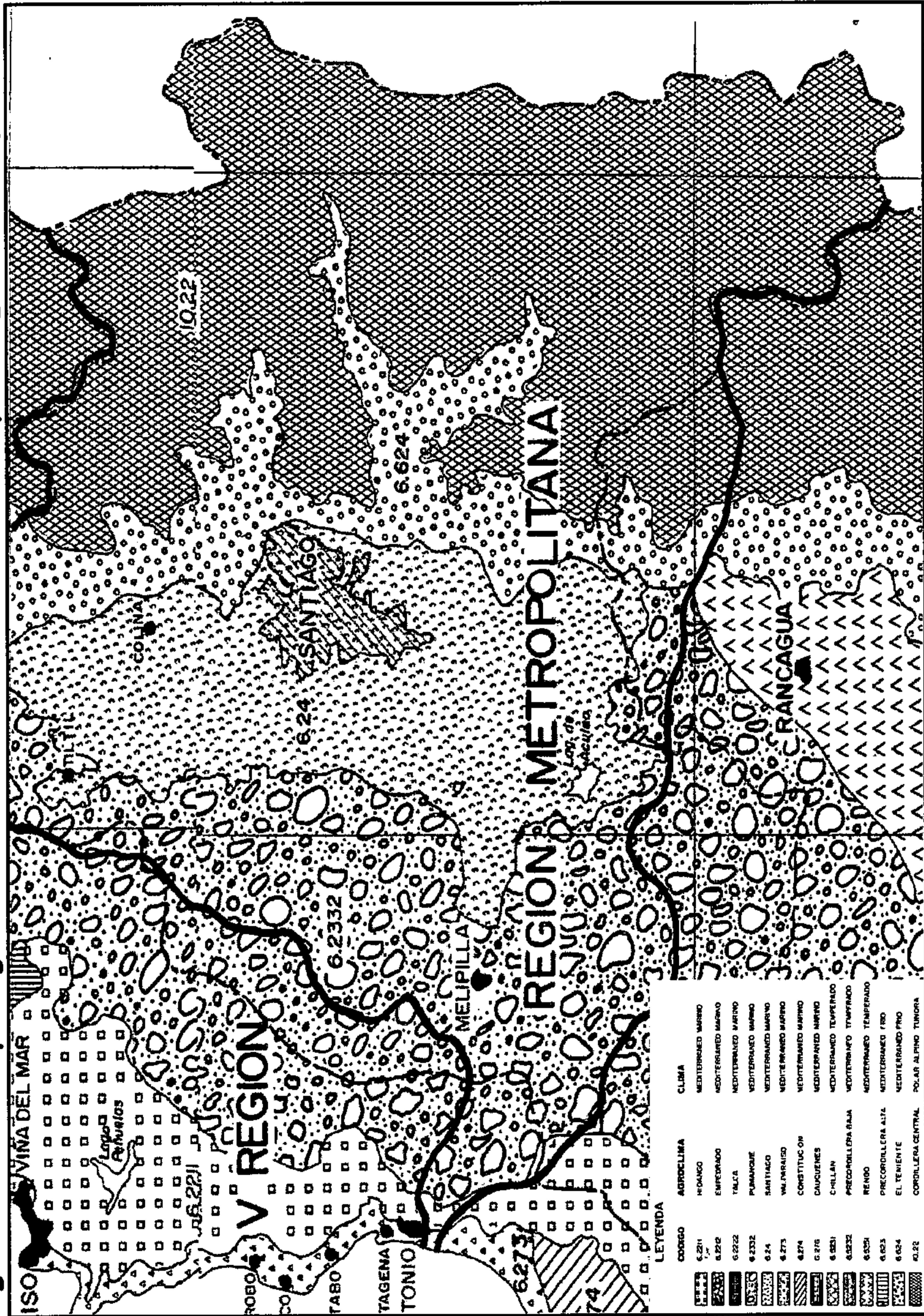
(tomada de carta regular IGM-1:1.000.000)

Figura 5.22.b. Red Hídrica (sector Hortofrutícola). Cuenca del Maipo, Región Metropolitana



(tomada de carta regular IGM-1:500.000)

Figura 5.23. Mapa Agroclimático de la cuenca del Maipo, Región Metropolitana



(tomado de Novoa y Villaseca, 1989)

- **Agroclima Santiago.** Se encuentra en el Llano Central, entre los 33° y 34° de latitud sur. El régimen hídrico se caracteriza por una precipitación anual de 370 mm, siendo el mes de julio el más lluvioso, con 96,4 mm. La estación seca es de 8 meses (noviembre a marzo). En condiciones de secano son posibles los cultivos de trigo, avena, trébol, raps, pero con bajos rendimientos. Con riego, las alternativas de cultivo aumentan.

- **Agroclima El Teniente.** Se encuentra entre las latitudes 33° y 35°S. El régimen hídrico se caracteriza por una precipitación anual de 1051,2 mm, siendo el mes de junio el más lluvioso. La estación seca es de 3 meses, de enero a marzo. Con riego y en las partes más bajas, es posible el cultivo de trigo, alfalfa, tréboles, etc. Es principalmente una región ganadera y silvícola (Novoa, R. y Villaseca, S., 1989).

E. Hidrogeología

En cuanto a sus formaciones acuíferas, el trayecto superior del río Maipo (al oriente de Santiago), predomina los sedimentos fluviales y fluvio-glaciales gruesos, principalmente gravas y bolones, que en algunos casos se encuentran dentro de una matriz arcillosa. Hacia el valle central, el relleno sedimentario de la cuenca sigue siendo el mismo a excepción del sector comprendido entre Pudahuel y Maipú, en que además se encuentran depósitos de ceniza volcánica. En la zona de la desembocadura del río Maipo, en las cercanías de Lloleco, se aprecia un acuífero importante y potente bajo los 45 a 50 mt de profundidad. El acuífero superficial tiene mejor permeabilidad que el profundo que tiene espesores superiores a los 20 mt. En el acuífero inferior se ha detectado intrusión salina.

La profundidad del nivel estático en la parte oriental de la cuenca aumenta durante las crecidas de invierno o verano debido a que las napas están conectadas directamente al río. Una vez entrada en el valle, la profundidad del nivel estático sigue fluctuando pero amortiguadas debido a su menor profundidad, que prácticamente alcanza el nivel de terreno el Pudahuel. Al llegar al área de la desembocadura, el nivel estático se observa muy superficial, variando entre 1 y 3 mt e incluso ocasionalmente se observan niveles surgentes.

En cuanto a las propiedades hidráulicas, en San José de Maipo se han medido transmisibilidades de 2.000 m²/día, y caudales específicos de 52 m³/h/m aguas abajo, los valores obtenidos en pruebas de bombeo alcanzan hasta 10.000 m²/día. La zona oriente de la cuenca presenta los menores valores de transmisibilidad no superándose los 1.000 m²/día, excepto en Lomas de Macul, donde es del orden de los 2.000 m²/día. Más hacia la desembocadura, las transmisibilidades están entre 250 y 400 m²/día. En esta área, la productividad de pozos que atraviesan sólo el acuífero superficial es del orden de 4 m³/h/m, mientras que pozos profundos que atraviesan el acuífero profundo con contaminación salina, alcanzan productividades del orden de los m³/h/m.

El uso del agua es principalmente para agua potable, tanto para las comunas del gran Santiago, como para localidades específicas, con caudales de alrededor de 5 m³/seg. En segundo lugar de uso es como agua de riego (MOP, 1986).

F. Uso del suelo

La cuenca del Maipo presenta el siguiente uso del suelo (CONAF-CONAMA, 1997), el que se detalla en la **Figura 5.24**.

G. Red de monitoreo de aguas

En los siguientes cuadros, se muestran los puntos de monitoreo con su ubicación geográfica, que posee esta cuenca, que incluyen calidad de aguas, aguas subterráneas y sedimentométricas (**Cuadros 5.16; 5.17; 5.18.**).

La lista de parámetros determinados por la DGA, en muestras de agua generadas desde las estaciones hidrológicas operadas en la Cuenca del Río Maipo, es la siguiente:

- pH y CE,
- aniones mayores solubles,
- cationes mayores solubles,
- nitratos, nitritos
- boro soluble,
- arsénico, cobre y hierro solubles.

5.3.7. Cuenca del río Rapel

A. Localización y superficie

Esta cuenca se encuentra ubicada en la VI Región Su extensión alcanza a 14.177 km², similar a la del Maipo. En la **Figura 5.25**. se muestra el mapa físico de la cuenca.

B. Características de relieve

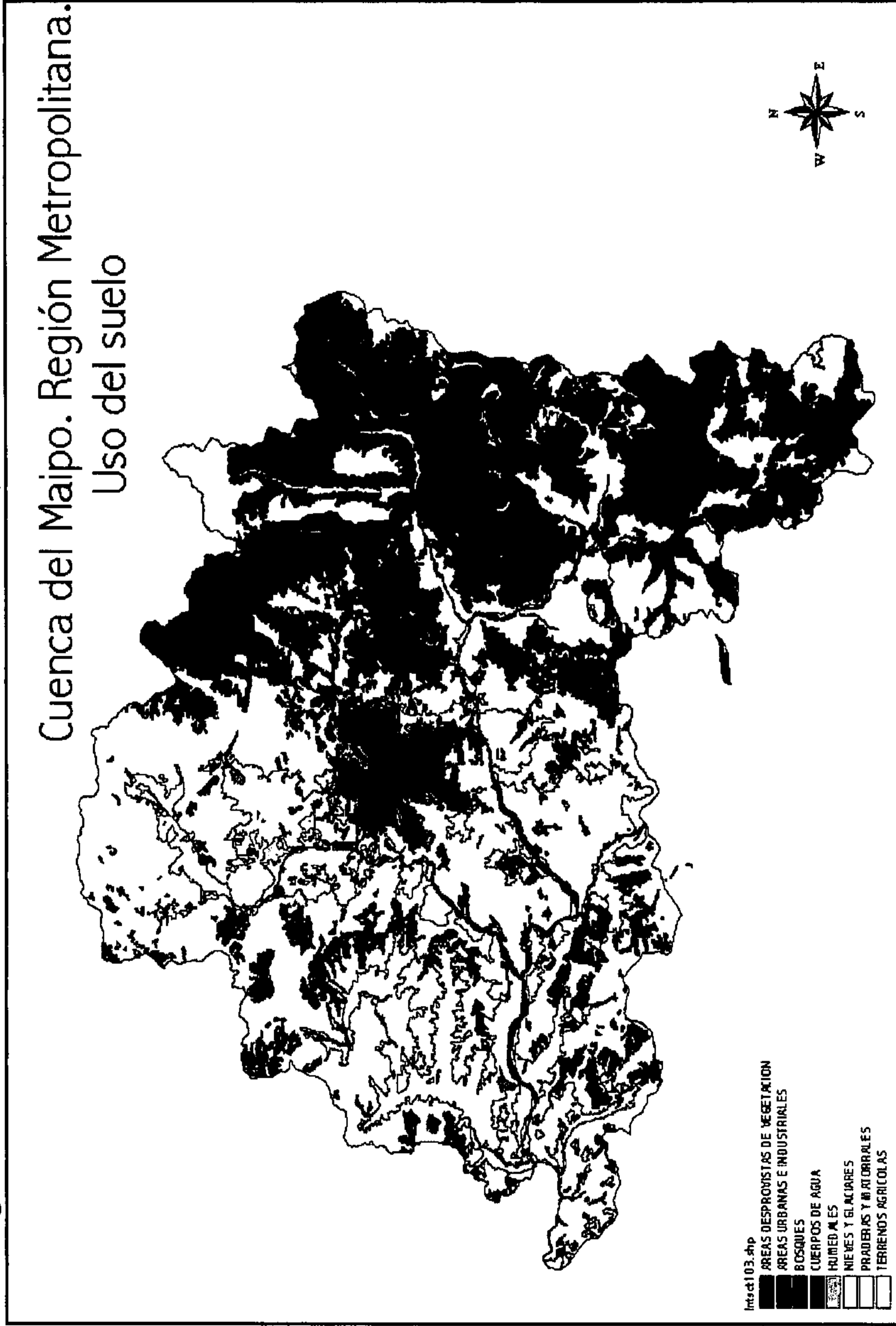
La cuenca del río Rapel, al ser del mismo tipo que la del Maipo (del tipo andinas), y por la extensión y el área que abarcan, sus características orográficas son similares a la cuenca antes descrita.

C. Red hídrica principal

El río Rapel se origina de la confluencia en La Junta, hoy inundada por las aguas del embalse Rapel. A 113 m.s.n.m., de dos ríos de importancia: el Cachapoal que drena la porción norte de área, y el Tinguiririca que drena la porción sur. La relación de estas hoyas es de un cañón de laderas escarpadas labrado en granodiorita, en el que se emplaza el muro del embalse mencionado y parte de la hoya de acumulación.

El río Cachapoal, cuya hoya compromete una superficie de 6.370 km², tiene sus cabeceras a los pies de las cumbres englaciadas Pico del Barroso y Nevado de los Piuquenes, donde lo alimenta una larga lengua de

Figura 5.24. Uso del suelo. Cuenca del río Maipo. Región Metropolitana



(conformado en Arc-View, con información CONAF-CONAMA, 2001)

Cuadro 5.16. Estaciones hidrológicas de la DGA. Aguas superficiales. Cuenca del Maipo. Región Metropolitana

N°	Nombre de la estación	Coordenadas		Vigencia
		Este	Norte	
32	Estero Colina en compuerta Vargas	345738	6326250	Vigente
33	Pozo asentamiento central Lo Vargas	327756	6317087	Vigente
34	Pozo Fundo Algarrobal	341493	6316471	Vigente
35	Estero Arrayán en la Montosa	364353	6311693	Vigente
36	Estero Yerba Loca antes junta río San Fco.	373271	6310100	Vigente
37	Ríos Sn Fco. Antes Est, Y.L.	373263	6310047	Vigente
38	Río Mapocho en los Almendros	365160	6307068	Vigente
39	Río Molina antes río San Francisco	570234	6306776	Vigente
40	Pozo estadio	358539	6306379	Vigente
41	Pozo vertedero Cerros de	341716	6306414	Vigente
42	Pozo Crucero Peralillo	329190	6306769	Vigente
43	Pozo Club de Golf	352082	6302279	Vigente
44	Canal San Carlos en desembocadura	350730	6301829	Vigente
45	Est. Lampa antes junta río Mapocho	330292	6299093	Vigente
46	Pozo Parque O'Higgins	345840	6296222	Vigente
47	Pozo chacra El Olivo	335557	6295355	Vigente
48	Río Olivares antes junta río Colorado	388126	6296800	Vigente
49	Río Mapocho en Rinconada Maipú	330811	6242630	Vigente
50	Pozo Cementerio Metropolitano	344105	6289331	Vigente
51	Pozo INIA	349251	6284500	Vigente
52	Pozo Agric. Hnos Poblete	331089	6284214	Vigente
53	Río Colorado antes junta río Maipo	372991	6282544	Vigente
54	Río Maipo en el Manzano	372194	6281988	Vigente
55	Pozo Asentamiento Malloco	329320	6281930	Vigente
56	Río Maipo en Los Morros	346321	6275285	Vigente
57	Estero Puanque en ruta 78	-	-	Vigente
58	Río Mapocho en El Monte	317129	6271332	Vigente
59	Río Maipo en Puente Naltahua	322343	6266840	Vigente
60	Río Maipo en Cabimbao	265000	6261107	Vigente
61	Pozo Fundo Cachantun	346700	6258668	Vigente
62	Río Angostura en Valdivia de Paine	327785	6257249	Vigente
63	Río Maipo en las Melosas	389240	6253748	Vigente
66	Río Peuco en Panamericana	341935	6242660	Vigente
67	Est. Codelva en la Leonera	355023	6233179	Vigente

Cuadro 5.17. Estaciones hidrológicas de la DGA. Aguas Subterráneas. Cuenca del Maipo. Región Metropolitana

N°	Nombre de la estación	Coordenadas		Vigencia
		Este	Norte	
93	Las Talaveras	341121	6345987	Vigente
95	Asentamiento Chacabuco	342996	6345045	Vigente
96	Tahuretes	340481	6343883	Vigente
98	Guayacanes	336241	6340604	Vigente
99	Los Molinos	320147	6340210	Vigente
100	A. Chacabuco (México)	339041	6339424	Vigente
101	U. Huechun	336628	6337876	Vigente
102	Asent. Venceremos	335354	6336417	Vigente
103	Asent. Los Maitenes	332720	6335933	Vigente
104	Asent. Venceremos	331062	6335866	Vigente
105	Sub. Est. Polpaico	329813	6333466	Vigente
106	Santa Ana	331001	6333420	Vigente
107	Ap. Por Polpaico	332768	6332047	Vigente
108	Panc. S. Polpaico	326647	6331771	Vigente
109	Reserva Polpaico	327241	6330933	Vigente
110	Escuela 293 Polpaico	324102	6330532	Vigente
111	Fabrilla Polpaico	326660	6330368	Vigente
112	Reserva San Manuel	323059	6329974	Vigente
113	Reina Sur 2	342283	6325743	Vigente
114	Reina Sur 1	343335	6325312	Vigente
115	San Luis Colina	345751	6324787	Vigente
116	La Laguna 2	328531	6321697	Vigente
117	Cadellada	333913	6323966	Vigente
118	La Laguna1	330951	6323293	Vigente
119	Fundo La Vita	226974	6321246	Vigente
120	La Arcaya	342394	6321406	Vigente
123	Entel Batuco	331858	6320487	Vigente
124	Parcela 7 liray	337767	6320426	Vigente
127	Asentamiento El Valle	322027	6319573	Vigente
128	Santa Rosa Lampa	335043	6319526	Vigente
131	Fundo El Almendral	329735	6318149	Vigente
132	Fundo Santa Erminia	324926	6312230	Vigente
133	Asent. Central Lo Vargas	325779	6316645	Vigente
134	Reserva Santa Amalia	325779	6316645	Vigente
136	Pozo Fundo Algarrobal	341493	6316417	Vigente
137	Sanitarios Colinas	330750	6315777	Vigente
141	El Taqueral	331993	6311011	Vigente
146	La Montaña	339735	6311919	Vigente
156	Banco Sudamericano	359968	6306566	Vigente
158	Pozo Crucero Peralillo	328170	6306062	Vigente

159	Ap. Santa Victoria	346672	6306037	Vigente
160	Pozo vertederos Cerros de Renca	341755	6305823	Vigente
161	Estadio CORFO	358493	6305784	Vigente
163	Curamavida	350240	6305290	Vigente
164	Manizales	353706	6305124	Vigente
165	Est. San Jorge	357347	6304777	Vigente
166	Kennedy	351760	6301353	Vigente
167	Aeropuerto Pudahuel	335686	6303156	Vigente
168	Fundo El Peral	331712	6303032	Vigente
169	El Noviciado	324448	6302623	Vigente
170	Club de Golf	352344	6302323	Vigente
171	Colegio San Ignacio	351858	6299872	Vigente
172	Fundo Lolenco	310710	6299801	Vigente
173	Consejo de Menores	334743	6297390	Vigente
174	Dinamic Oil	342512	6296693	Vigente
175	Maestranza Kinl	340222	6296225	Vigente
176	Parque O'Higgins	345851	6296207	Vigente
177	Liquid Carbones	342128	6295987	Vigente
178	Santa Emilia	304285	6294967	Vigente
179	Chacra El Olivo	335565	6291669	Vigente
180	Fundo Santa Rita	308045	6294218	Vigente
181	Ap. Cerrillos	340169	6293190	Vigente
182	Fundo El Parrón	306833	6292938	Vigente
183	Ochagavia	345163	6292214	Vigente
184	Fundo Baragaldo	302743	6290141	Vigente
185	Cementerio Metropolitano	344126	6289333	Vigente
186	San Alberto Marrue	332715	6286464	Vigente
187	Fundo Santa Lucía	330520	6285041	Vigente
188	Ap. Santa Rosa	334375	6204702	Vigente
189	Pozo INIA	340251	6284500	Vigente
190	INIA La Platina	349240	6284499	Vigente
191	Pozo Acríc. Hnos Poblete	331088	6281250	Vigente
192	Ap. Bollenar	291881	6283880	Vigente
193	Malloco	329188	6281969	Vigente
194	Fundo San Patricio	306970	6281860	Vigente
195	Andalucía	330945	6281636	Vigente
196	El Crucero	351645	6276174	Vigente
197	San Luis	323925	6274989	Vigente
198	Misioneras Corazón	321997	6273382	Vigente
199	Matadero (Puangue)	283566	6272553	Vigente
200	Ap. El Monte	316690	6272304	Vigente
201	Ind. Bata Melipilla	297758	6271767	Vigente
202	Parcela 7 Chingue	307960	6268358	Vigente
203	Fundo Santa Inés	326926	6265527	Vigente
204	La Caperana	330753	6261121	Vigente

205	Ap. Isla de Maipo	324613	6263597	Vigente
206	Escuela de Viluco	332823	6261414	Vigente
207	Cholqui Ap	303385	6260116	Vigente
208	Cholqui Ap	304745	6259744	Vigente
209	Cachantun	346762	6258677	Vigente
210	Las Vertientes	338245	6257874	Vigente
211	Colonia Paine	337218	6257560	Vigente
212	Ap.	340060	6254054	Vigente
213	Santa Marta Ulitre	340544	6252068	Vigente
214	Loop. Pintur	326208	6250521	Vigente
215	Las Mariposas Popeta	290776	6250036	Vigente
216	San Francisco de Aculeo	326379	6249159	Vigente
217	San Miguel Popeta 2	291520	6248815	Vigente
218	Ignacio Serrano	292342	6248114	Vigente
219	Tantehur	295110	6248043	Vigente
220	San Miguel Popena	291794	6247647	Vigente
221	Aguilar	339717	6247071	Vigente

Cuadro 5.18. Estaciones sedimentométricas. Cuenca del río Maipo. Región Metropolitana

N°	Nombre de la estación	Coordenadas		Vigencia
		Este	Norte	
9	Río Mapihue en Los Almendros	365550	6307000	Vigente
10	Río Mapihue en Rinconada de Maipú	331250	6292300	Vigente
11	Río Colorado antes junta río Maipo	373150	6282650	Vigente
12	Río Maipo en el Manzano	372000	6282100	Vigente
13	Río Maipo en San Alfonso	379700	6266850	Vigente
14	Río Maipo en Cabimbao	263250	6265701	Vigente

ventisquero. Sus tributarios de mayor importancia son los ríos Las Leñas, Cortaderal, Los Cipreses, y el más importante el río Pangal.

El río Tinguiririca se forma en la cordillera de Los Andes de la reunión de los ríos Las Damas, que nace en el paso del mismo nombre y del Azufre que viene del norte; se forma éste a su vez de la conjunción de los ríos Portillo y San José, cuyos orígenes son áreas englaciadas. El río Tinguiririca, luego de cruzar San Fernando, y bajar a la llanura aluvial, se reúne al Cachapoal.

El régimen del Rapel es mixto, con crecidas en los meses de invierno derivada de las lluvias y crecidas de primavera y verano debidas a deshielos. En cuanto a sus tributarios, el que se comporta de la misma forma que el Rapel, es el río Cachapoal, en el que predomina la alimentación pluvial, mientras que el Tinguiririca es más relevante el deshielo (Niemeyer, H; Cereceda, P., 1984). En la Figura 5.26. se muestran las redes hídricas de la cuenca y del sector hortofrutícola seleccionado.

D. Características climáticas

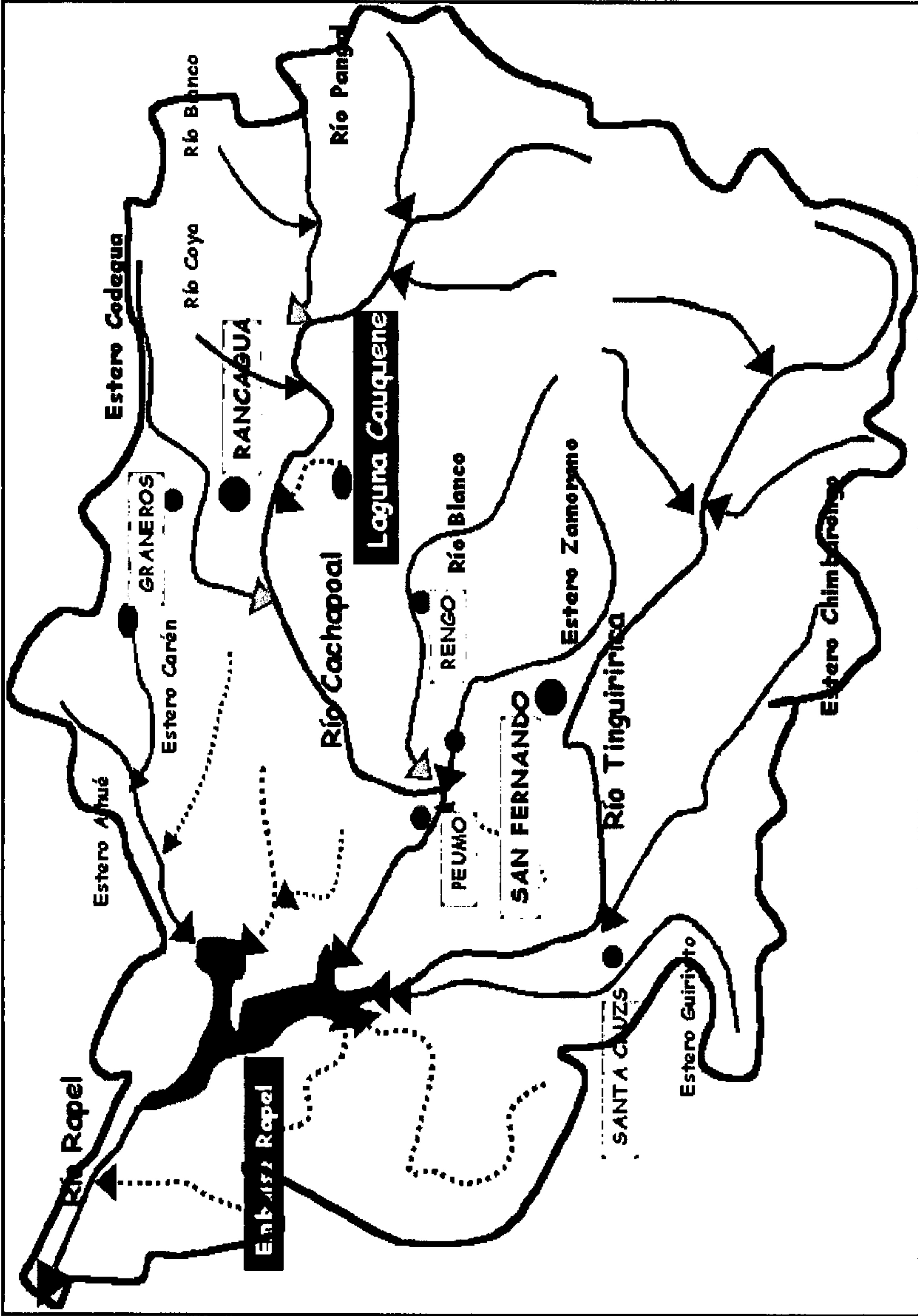
Esta cuenca sigue influenciada por el Clima Mediterráneo. A los agroclimas ya descritos como son Cordillera Central, Pumanque, Hidango y El Teniente, se suman Talca, Constitución (Mediterráneo Marino) y Rengo (Mediterráneo Templado).

- **Agroclima Talca.** Se encuentra en el Llano Central desde la latitud 34°20'S, hasta el norte de Chillán. El régimen hídrico se caracteriza por una precipitación anual de 735 mm, siendo el mes de junio el más lluvioso con 189,6 mm. La estación seca es de 4 meses, diciembre a marzo inclusive. En seco, son posible los siguientes cultivos: trigo, avena, garbanzo, lenteja, arvejas, habas, ballicas anuales, vicias, etc. Con riego son posible una serie de cereales, hortalizas y frutales como manzanos, cerezos, entre otros.

- **Agroclima Constitución.** Se encuentra ubicado en una franja costera que abarca desde la latitud 33°50'S. La lluvia alcanza los 897 mm, siendo el mes más lluvioso junio, con 200 mm. Se presentan 5 meses secos, de noviembre a marzo. La aptitud agrícola de este clima es: trigo, avena, cebada, centeno, habas, hortalizas de hoja, praderas. Bajo riego es posible cultivar alfalfa, tréboles, remolacha, espárragos, frutales, etc.

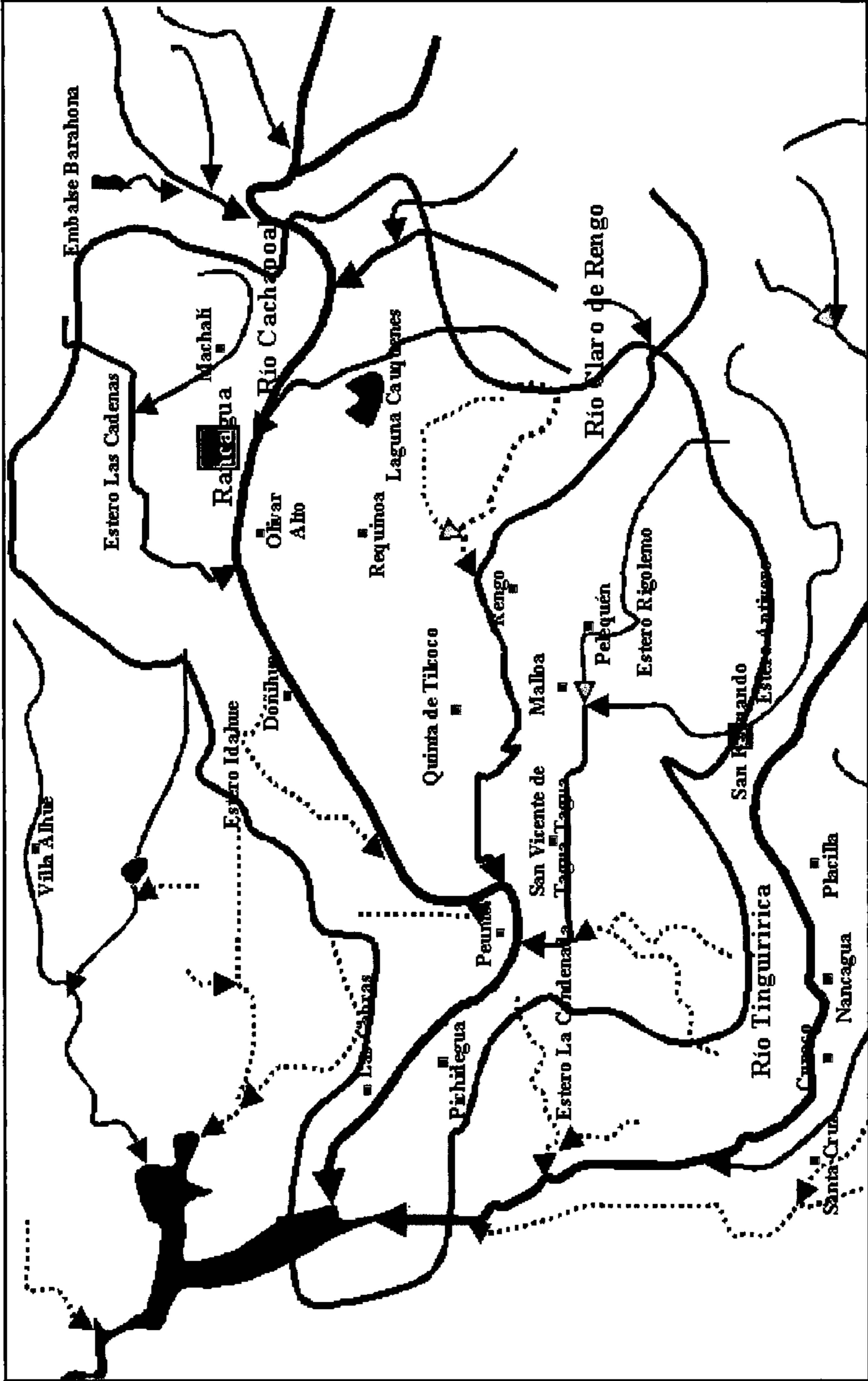
D.1. Clima Mediterráneo Templado. Clima con temperaturas mínimas absolutas medias del mes más frío entre -10 y -2,5°C, con temperaturas máximas promedio del mes más frío menor de 15°C; con temperaturas máximas promedios de los 6 meses más cálidos, superior a 21°C y régimen hídrico mediterráneo. Esta cuenca presenta el agroclima **Rengo**. Se encuentra en el Llano Central desde el sur de Rancagua hasta la latitud 35°S. El régimen hídrico se caracteriza por una precipitación anual de 582 mm, siendo el mes de julio el más lluvioso, con 98 mm. La estación seca es de 4 meses, de diciembre a marzo. En esta zona son posibles los cultivos de invierno sin riego: trigo, avena, cebada, garbanzo, lenteja, arveja, habas, raps, etc. Con riego son posibles un sinnúmero de cultivos entre cereales, hortalizas y frutales (Figura 5.27.) (Novoa, R. y Villaseca, S., 1989).

Figura 5.26.a. Red Hídrica asociada a la cuenca del río Rapel, VI Región



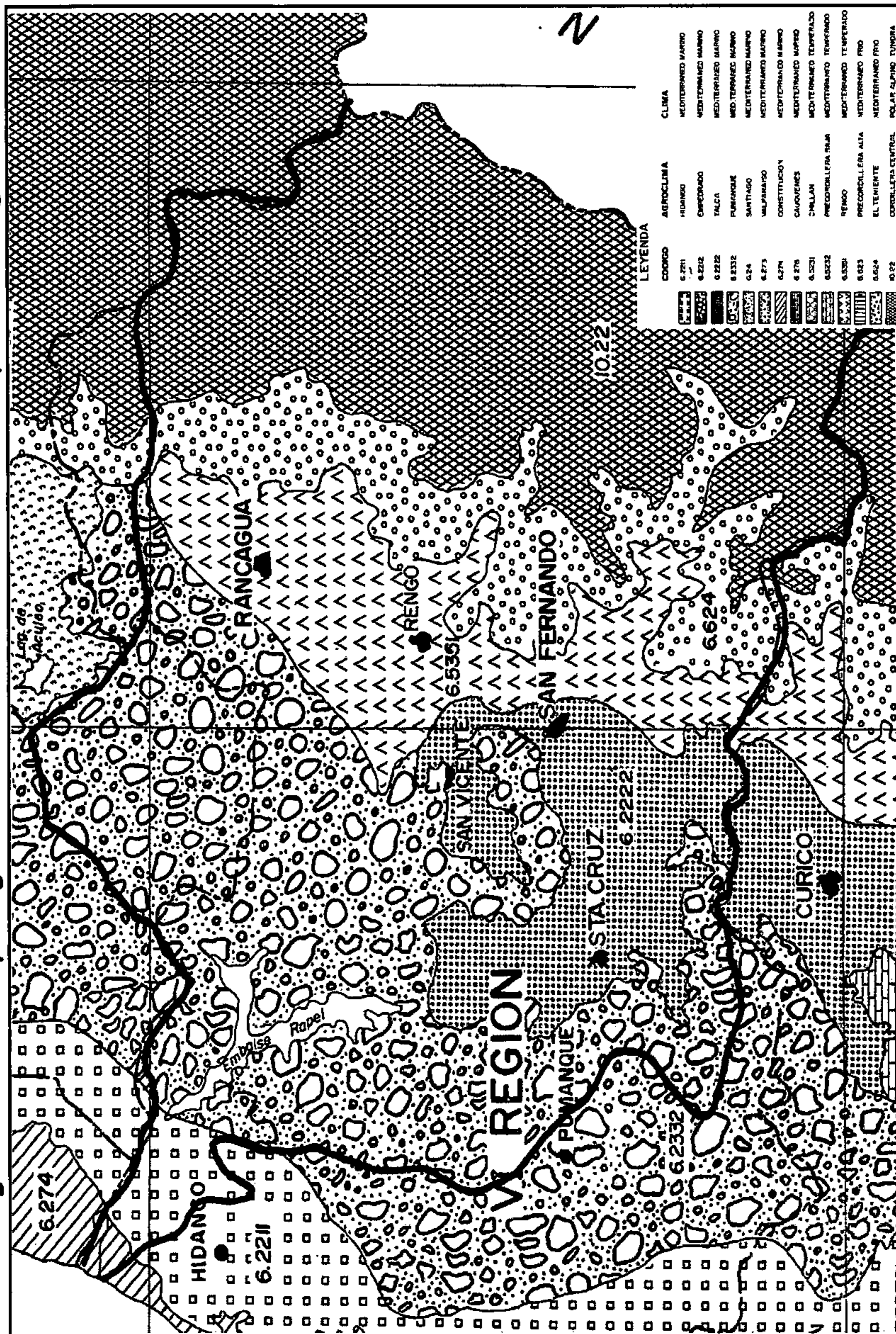
(tomada de carta regular IGM-1:1.000.000)

Figura 5.26.b. Red Hídrica del sector Hortofrutícola de la cuenca del río Rapel, VI Región



(tomada de carta regular IGM-1:500.000)

Figura 5.27. Mapa Agroclimático de la cuenca del Rapel, VI Región



(tomado de Novoa y Villaseca, 1989)

E. Hidrogeología

En la hoya del Rapel se realizan explotaciones de napas subterráneas en la depresión intermedia en una forma similar a lo que ocurre en la cuenca de Santiago, con un gasto de alrededor de $6 \text{ m}^3/\text{s}$, mediante el bombeo de 182 pozos profundos (Niemeyer, H; Cereceda, P., 1984).

En el valle del Rapel los estratos acuíferos principales son dos: uno superior con napa libre y otro confinado inferior. El superior tendría unos 7 mt de espesor en la Boca de Rapel, que aumentaría a unos 20 mt en Rapel. El inferior, se desarrollaría aproximadamente entre los 10 y 20 mt de profundidad en Boca de Rapel, y a profundidades mayores aguas arriba.

Los niveles estáticos en el área están a profundidades menores a 10 mt en todo el sector, aumentando gradualmente de 2,5 mt en boca de Rapel a 5,5 mt en Rapel.

Respecto a las propiedades hidráulicas de los acuíferos, ellas están relacionadas con el tipo de relleno existente en cada zona. En pruebas de bombeo de pozos existentes se pueden estimar gastos específicos aproximados de $20 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ en Boca de Rapel, $15 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ en Rapel y $0,20 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ en Navidad.

El uso predominante del agua subterránea en el área es de agua potable y uso doméstico (MOP, 1986).

F. Uso del suelo

La cuenca del Rapel presenta el siguiente uso del suelo (CONAF-CONAMA, 1997), el que se detalla en la **Figura 5.28**.

La observación de esta figura permite evidenciar, claramente, un problema de asignación de usos de la tierra en los archivos magnéticos, ya que la casi totalidad de la superficie agrícola de esta cuenca está asignada a praderas y matorrales.

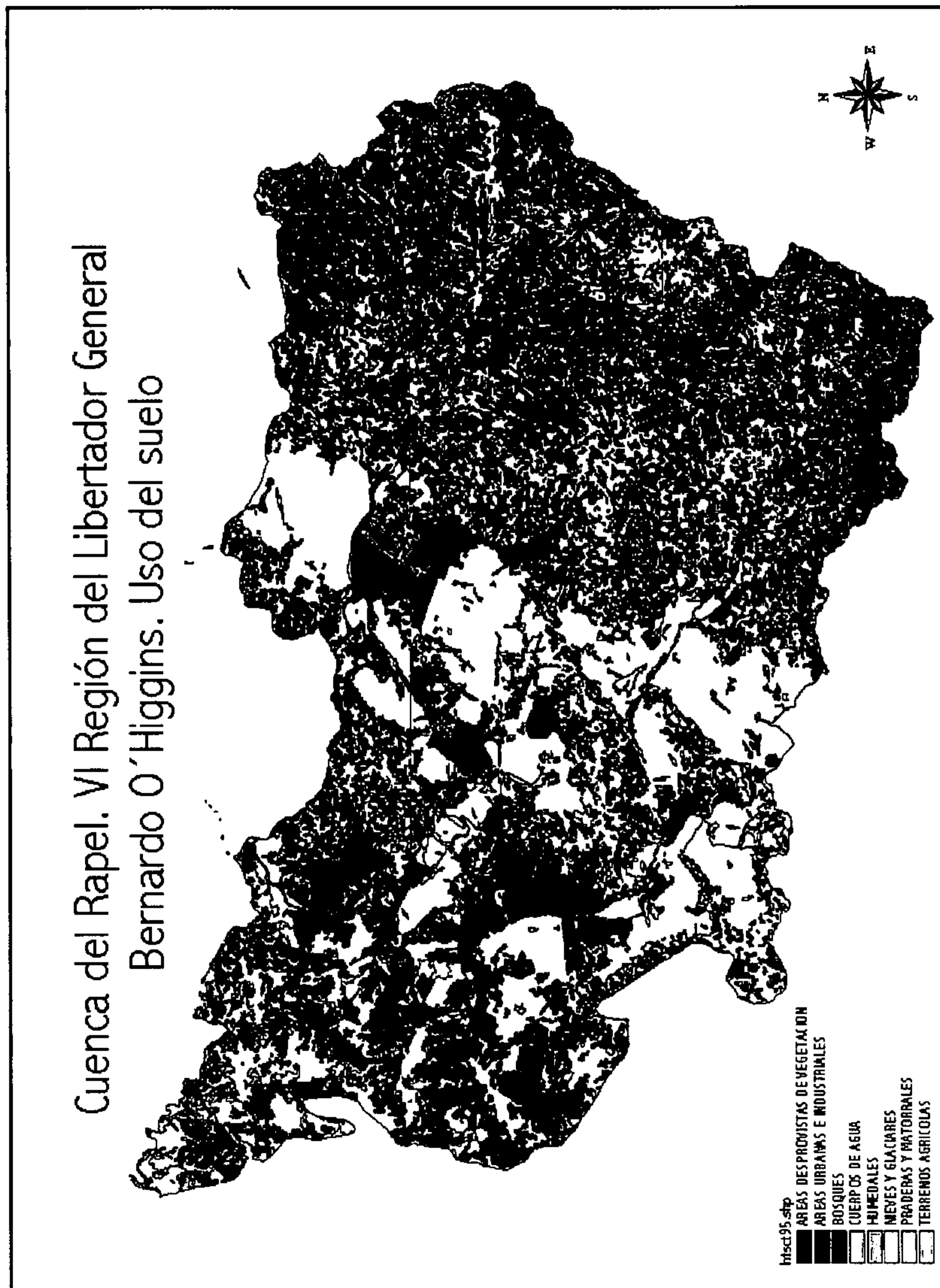
G. Red de monitoreo de aguas

En los siguientes cuadros, se muestran los puntos de monitoreo con su ubicación geográfica, que posee esta cuenca, que incluyen calidad de aguas, aguas subterráneas y sedimentométricas (**Cuadros 5.19; 5.20; 5.21.**).

La lista de parámetros determinados por la DGA, en muestras de agua generadas desde las estaciones hidrológicas operadas en la Cuenca del Río Rapel, es la siguiente:

- pH, CE
- aniones mayores solubles,
- cationes mayores solubles,
- nitratos, nitritos

Figura 5.28. Uso del suelo. Cuenca del río Rapel VI Región



(confirmado en Arc-View, con información CONAF-CONAMA, 2001)

Cuadro 5.19. Estaciones hidrológicas de la DGA. Aguas superficiales. Cuenca del Rapel. VI Región

N°	Nombre estación	Coordenadas		Vigencia
		Este	Norte	
1	Rapel en Navidad	241043	6244071	Vigente
2	Estero Alhué antes est. Carén	294378	0229092	Vigente
3	Estero Teniente aguas arriba de verted.	375604	6229471	Vigente
4	Estero Caren antes est. Alhué	294302	6229060	Vigente
5	Estero Alhué en Quilamuta	292379	6228673	Vigente
6	Nogales en Fdo. San Vicente de Quilamuta	291552	6227856	Vigente
7	Est. La Cadena antes del río Cachapoal	330087	6215835	Vigente
8	Río Coya antes junto río Cachapoal	358741	6214574	Vigente
9	Río Cachapoal en Bocatoma canales Riva	340757	6213250	Vigente
10	Minera Valle Central	344860	6210547	Vigente
11	Río Cachapoal en Puente Coinco	320602	6210025	Vigente
12	Río Cachapoal en Bocatoma Chacayes	366660	6206426	Vigente
13	Río Cachapoal en puente arqueado	282167	6205222	Vigente
14	Río Claro en Puente Zuñiga (tunca)	306949	6193392	Vigente
15	Viña Santa Lucia	328676	6191018	Vigente
17	Estero Zamorano en Pencahue	300768	6187852	Vigente
18	Río Claro en Hda. Las Nieves	343642	6181882	Vigente
19	Tinguiririca en los Olmos	281996	6177744	Vigente
20	Est. Chimbarongo en Pte. Los Maquis	282149	6171184	Vigente
22	Tinguiririca bajo Briones	3313319	6158704	Vigente
23	San Enrique	318836	6154952	Vigente
24	Est. Chimabarongo en Pte. Huemul	320595	6142105	Vigente

Cuadro 5.20. Estaciones hidrográficas de la DGA. Aguas Subterráneas. Cuenca del Rapel. VI Región

N°	Nombre estación	Coordenadas		Vigencia
		Este	Norte	
1	Fundo San Alfonso	292593	622637	Vigente
2	Indura Graneros	341863	27817	Vigente
3	Asto. Carlos Cortés	347134	26931	Vigente
4	Fundo San Pedro	335993	31312	Vigente
5	Barrio Industrial	339977	21033	Vigente
6	Molinos Quemados	343934	2100	Vigente
7	A.P. Sauzal	355440	15750	Vigente
8	Fundo El Bosque	327101	13934	Vigente
9	Fruta O'Higgins	337090	13188	Vigente
10	Alamos Quemados	328753	12016	Vigente
11	A.P. Doñihue	321056	11745	Vigente
12	Pueldo Capequen	323732	09294	Vigente
13	Viña El Molino	314554	07490	Vigente
14	A.P. Cónico	320662	07242	Vigente
15	Pueldo el Abra	330906	25446	Vigente
16	Fundo Santa Lucía	282170	25212	Vigente
17	Fundo Las Juntas	273488	33663	Vigente
18	A.P. Las Cabras	288583	32359	Vigente
19	Asto. Choapino	331169	20670	Vigente
20	Asto. Santa Anita	338782	6199347	Vigente
21	Asto. La Palma	298386	93243	Vigente
22	A.P. Quinta de Tilcoco	319580	96791	Vigente
23	Criadero de Aves	261670	95442	Vigente
24	Pueblo Toquihua	305040	94760	Vigente
25	Pueblo La Ariana	333665	94433	Vigente
26	Pueblo La Cartagena	328593	94157	Vigente
27	Estadio Peumo	301395	92254	Vigente
28	Industria Ticino	330916	91823	Vigente
29	Matadero Marchigue	259352	91477	Vigente
30	Pueblo Panquehue	323877	91023	Vigente
31	Viña Santa Lucía	328676	91018	Vigente
32	A.P. Popeta	336457	87590	Vigente
33	A.P. San Vicente	311215	87232	Vigente
34	A.P. Población	265815	85469	Vigente
35	Pueblo Rastrojo	314632	84785	Vigente
36	A.P. Pelequén	325909	83963	Vigente
37	Comité San Carlos	277737	83500	Vigente
38	Asto. San Isidro	279569	83047	Vigente
39	Asto. El Triunfo	295359	80090	Vigente
40	Asto. San Corazón	276093	79102	Vigente

41	Asto. Millahue	293438	6173843	Vigente
42	Asto. Las Garzas	280903	76705	Vigente
43	Pueblo La Finca	277639	71170	Vigente
44	A.P. San Fernando	319889	69972	Vigente
45	INACAP San Fernando	318488	69509	Vigente
46	A.D. Peñuelas	314295	68891	Vigente
47	ENAP San Fernando	320565	68502	Vigente
48	Asto. La Puerta	281903	63015	Vigente
49	Asto. La Tuna	311546	66442	Vigente
50	Pueblo Tres Puentes	322679	63945	Vigente
51	Cuesta Lo González	317123	63852	Vigente
52	Pueblo Cunaco	290739	63739	Vigente
53	Fundo San Eugenio	296056	62948	Vigente
54	Isla del Guindo	287401	62911	Vigente
55	Fundo La Macarena	321210	61521	Vigente
56	A.P. Chimbarongo	315567	60907	Vigente
57	Asto. La Patagua	284334	60575	Vigente
58	Pueblo Avinahue	287835	58792	Vigente
59	Viña Santa Elisa	314084	57013	Vigente
60	Fundo San Enrique	318836	54952	Vigente
61	A.P. Chépica	292537	54298	Vigente
62	Pueblo Auquinco	299056	51345	Vigente
63	P. Convento Viejo	304948	50842	Vigente
64	Pueblo Codegua	321939	50236	Vigente

Cuadro 5.21. Estaciones hidrográficas de la DGA. Sedimentométricas. Cuenca del Rapel. VI Región

N°	Nombre estación	Coordenadas		Vigencia
		Este	Norte	
1	Río Tinguiririca Bajo Briones	303006	6157076	Vigente
2	Puente El Niche	300768	6187852	Vigente

- boro soluble,
- arsénico, cobre y hierro solubles.

5.3.8. Cuenca del río Maule

A. Localización y superficie

La cuenca del río Maule se encuentra ubicada en la VII Región del país, El río Maule nace en la laguna del mismo nombre y luego de recorrer unos 200 km desemboca en el mar a la altura de Constitución. La superficie de la cuenca es de 20.965 km². En la **Figura 5.29** se muestra el mapa físico de la cuenca.

B. Características de relieve

El río Maule nace en el extremo norponiente de la laguna del Maule; corre por 6 km al norte y luego hacia el noroeste por un lecho angosto y encajonado por altas montañas. Luego de reunirse con el río Puelche, 31 km después de su nacimiento, toma rumbo definitivo hacia su desembocadura. A 90 km de su origen, el Maule expande su cauce para atravesar en un recorrido de 80 km la llanura aluvial central y penetrar en la cordillera de las Costa, donde recibe uno de los más importantes tributarios, el río Claro. A partir de esta junta, corre confinado por cerros de la cadena costera y sólo en sus 10 últimos km se ensancha en un estuario que en su boca tiene cerca de 900 mt de ancho (Niemeyer, H; Cereceda, P., 1984).

C. Red hídrica principal

De su nacimiento en la laguna Maule, este río recibe tributarios de envergadura, como son el Puelche, y a 44 km de su origen le cae el río Los Cipreses, emisario de la laguna La Invernada, de 5 km² de superficie.

A 75 km de su nacimiento, el Maule engruesa considerablemente su caudal con el río Melado, que le afluye por el sur. El río Guaiquivilo-Melado mantiene un rumbo de sur a norte y constituye un típico valle interandino longitudinal. Este río nace de la confluencia de los ríos Cajón Troncoso, que drena un amplio sector fronterizo, y Palaleo, que desagua la laguna Dial, situada a unos 10 km aguas arriba de esa junta.

El Maule atraviesa la mayor parte de la llanura aluvial del Valle Central sin recibir tributarios. Los ríos generados en la cordillera de Los Andes aquí corren más bien paralelos a su curso y son captados por el río Loncomilla, que drena toda la cuenca sur, y por el Claro, que colecta las aguas del sector norte. Este río, sin duda es el afluente más importante del Maule.

El sector norte de la hoya del Maule es drenado por el río Claro, cuyo curso superior corre paralelo al del río Lontué, afluente del río Mataquito.

Entre los afluentes del curso inferior del Maule en el sector de la cordillera de la Costa, el más notable es el estero Los Puercos.

Figura 5.29. Mapa físico de la cuenca del río Maule. VII Región



(tomada de carta regular IGM-1:1.000.000)

El régimen del Maule es mixto, pero con tendencia más nival en la cuenca alta y más pluvial en la cuenca baja (Niemeyer, H; Cereceda, P., 1984). En la **Figura 5.30**. se muestran las redes hídricas de la cuenca y del sector seleccionado correspondiente a la zona arrocerá.

D. Características climáticas

La cuenca del Maule sigue influenciada por el Clima Mediterráneo. A los agroclimas ya descritos como son Cordillera Central, Talca, Constitución y Rengo, se suman Empedrado, Cauquenes (Mediterráneo Marino), Precordillera Baja (Mediterráneo Templado) y Precordillera Alta (Mediterráneo Frío). A continuación se detallan estos agroclimas:

- **Agroclima Empedrado.** Se encuentra en una franja en la vertiente occidental de la cordillera de la Costa entre los paralelos 35°30', frente a Constitución y el paralelo 37°S en el río Biobío. El déficit hídrico se produce entre los meses de octubre a marzo y alcanza a 477 mm. Este clima permite cultivos como algunos cereales, leguminosas, hortalizas, etc. Con riego es posible cultivar maíz, soya, frejol, maravilla, hortalizas de fruto, frutales, etc.

- **Agroclima Cauquenes.** Se encuentra al oriente de la cordillera de la Costa, entre los 35° y 36°40', de latitud sur. El régimen hídrico se caracteriza por una precipitación anual de 641,7 mm, siendo el mes de junio el más lluvioso. La estación seca es de 6 meses, noviembre a abril inclusive. En esta zona es posible producir algunos cultivos de secano como son trigo, cebada, avena, etc. Con riego es apto para lino, arroz, maíz, hortalizas, praderas, frutales, etc.

- **Agroclima Precordillera Baja.** Se encuentra en la precordillera andina de las regiones VII y VIII. Tiene lluvias abundantes en todo el año y con heladas más frecuentes e intensas durante el período de abril a noviembre. Si riego, son posibles los siguientes cultivos: trigo, avena, cebada, leguminosas, etc. Con riego son posibles los cultivos industriales, cereales, hortalizas, frutales, etc.

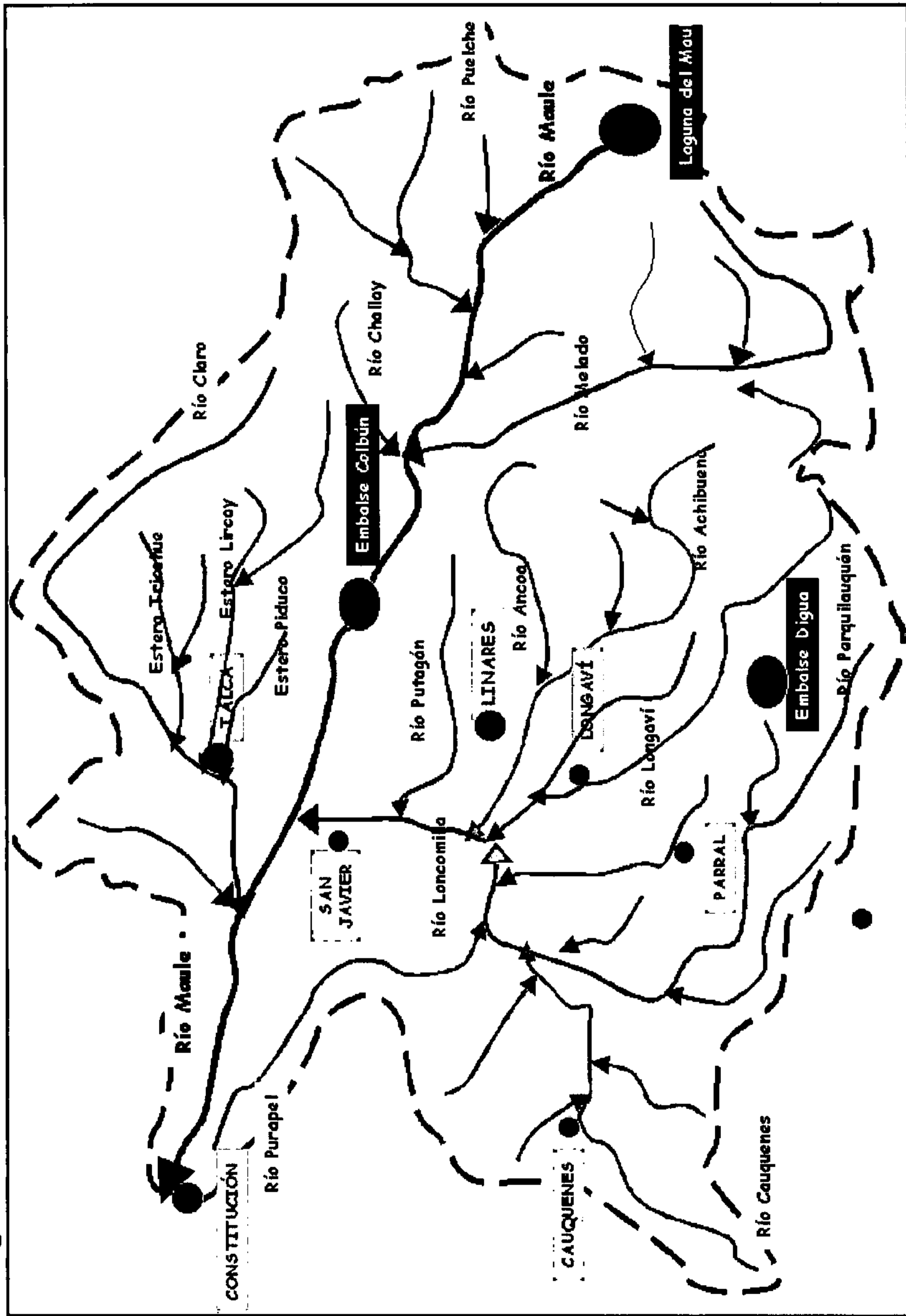
- **Agroclima Precordillera Alta.** Se encuentra en la precordillera andina entre las latitudes 35° y 38°S. El régimen hídrico es mediterráneo húmedo con un excedente de lluvia considerable. El período aprovechable si heladas es entre 2,5 y 4,5 meses. Constituye un buen clima agrícola, ganadero y forestal (**Figura 5.31.**) (Novoa, R. y Villaseca, S., 1989).

E. Hidrogeología

Al norte del río Maule los acuíferos se presentan confinados por estratos de origen volcánico o de arcillas. Estos acuíferos se presentan en la zona a profundidades de entre 15 y 30 mt, con potencias medias de unos 5 mt. Inmediatamente al norte del río Maule, el mencionado estrato confinante superior desaparece, permitiendo la existencia de napas semiconfinadas o libres, que corresponden respectivamente a los sectores con mayor contenido de finos o a los con predominio de materiales gruesos, por su cercanía al río Maule.

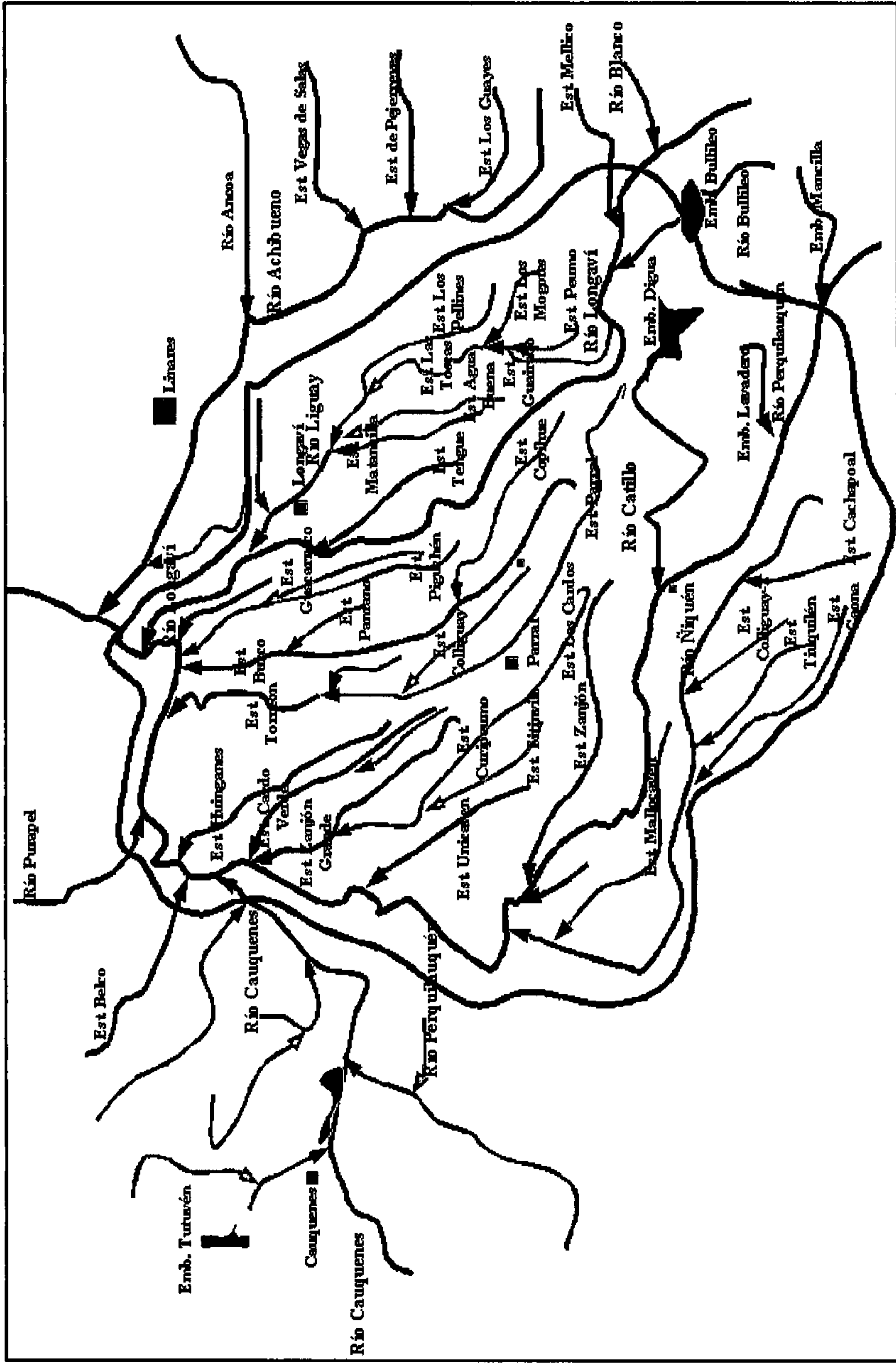
Al sur del río Maule, abarcando todo el Valle Central, se puede suponer que existe un acuífero freático superficial que hacia el sur estaría semiconfinado por una capa superficial de sedimentos finos. En cuanto a la

Figura 5.30.a. Red Hídrica asociada a la cuenca del río Maule, VII Región



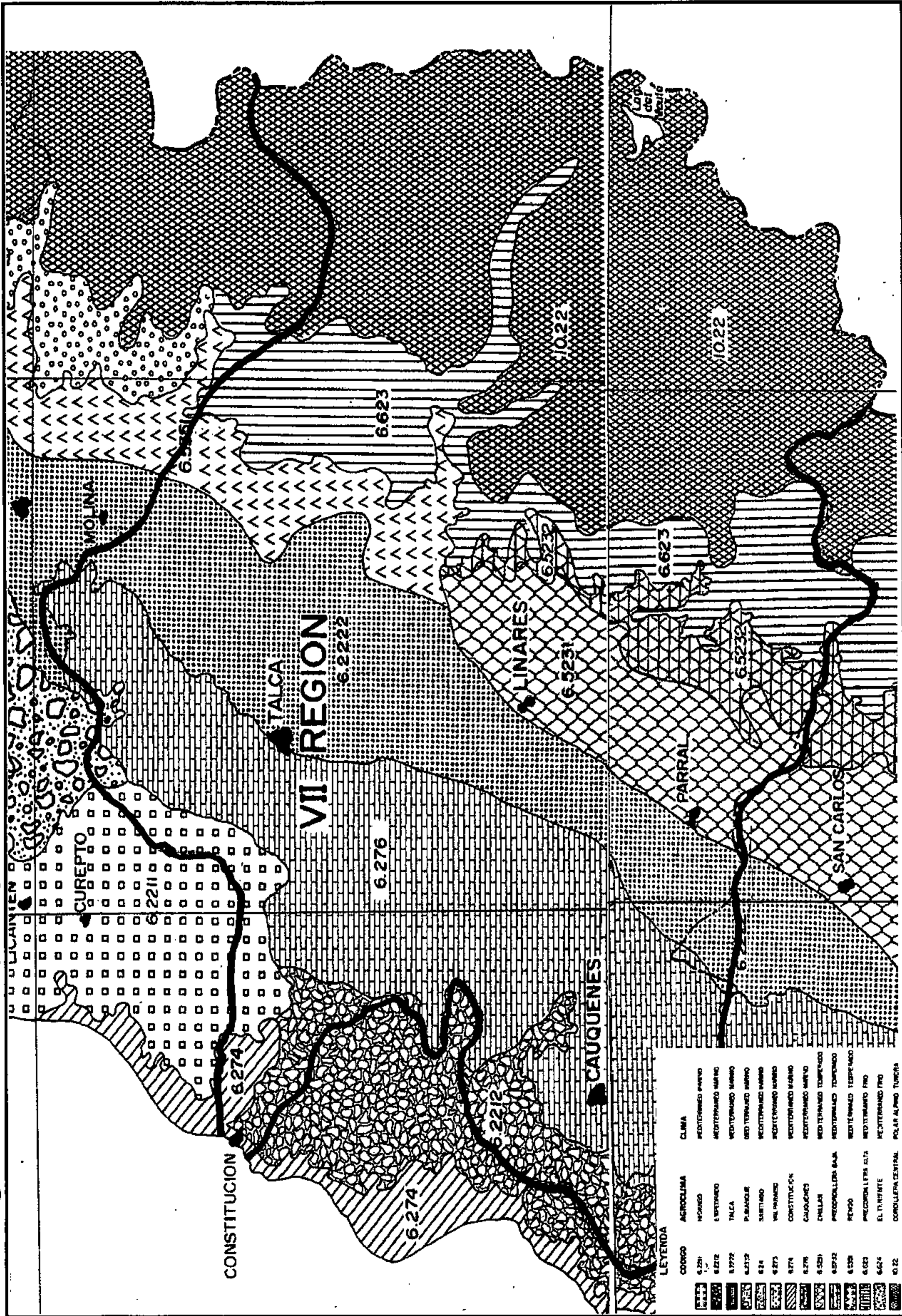
(tomada de carta regular IGM-1:1.000.000)

Figura 5.30.b. Red Hídrica del sector Arrocerero de la cuenca del río Maule, VII Región



(tomada de carta regular IGM-1:500.000)

Figura 5.31. Mapa Agroclimático de la cuenca del Maule, VII Región



(tomado de Novoa y Villaseca, 1989)

profundidad de los niveles estáticos, en la cuenca no exceden los 20 mt, siendo los valores medios bastante menores.

Referente a las propiedades hidráulicas, al norte del río Maule, existen valores del coeficiente de transmisibilidad relativamente homogéneos, los que varían entre 1.500 y 2.000 m²/día. En la parte central de la cuenca, se ha individualizado una zona que tiene valores de coeficiente de transmisibilidad de 200 m²/día.

El uso del recurso subterráneo es principalmente el agua potable y en mucho menor grado el industrial, que abastecen plantas regionales (MOP, 1986).

F. Uso del suelo

La cuenca del Maule presenta el siguiente uso del suelo (CONAF-CONAMA, 1997), el que se detalla en la **Figura 5.32**.

G. Red de monitoreo de aguas

En los siguientes cuadros, se muestran los puntos de monitoreo con su ubicación geográfica, que posee esta cuenca, que incluyen calidad de aguas y sedimentométricas (**Cuadros 5.22; 5.23**).

La lista de parámetros determinados por la DGA, en muestras de agua generadas desde las estaciones hidrológicas operadas en la Cuenca del Río Maule, es la siguiente:

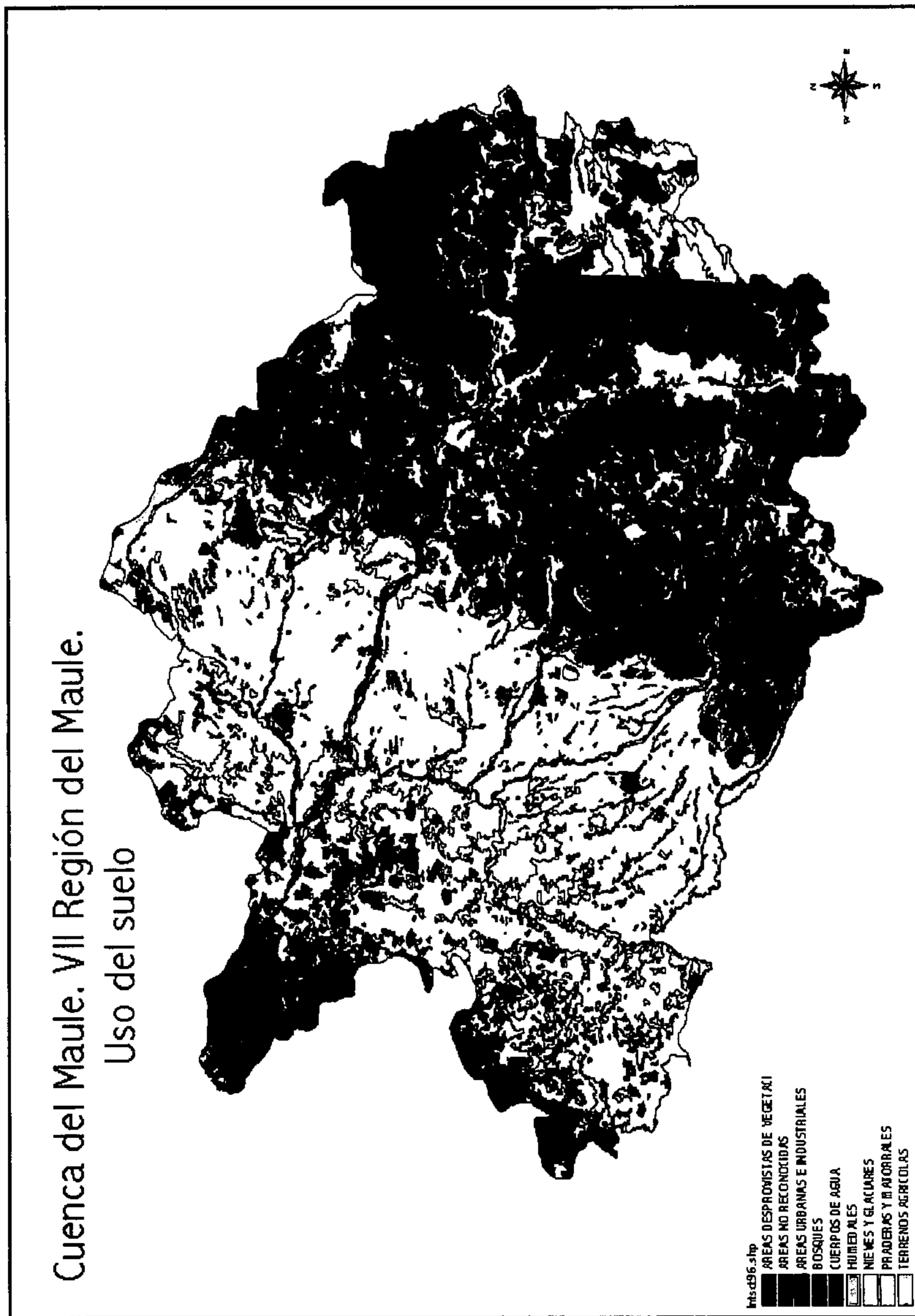
- pH y CE,
- aniones mayores solubles,
- cationes mayores solubles,
- nitratos, nitritos
- boro soluble,
- arsénico, cobre y hierro solubles.

5.3.9. Cuenca del río Itata

A. Localización y superficie

La cuenca del río Itata se extiende en la zona centro norte de la VIII Región La hoya del Itata comprende un área de 11.090 km². El río principal, el Itata, nace en la cordillera de Los Andes, cerca de la laguna del Laja, desembocando en el mar a 50 km al norte de Concepción. En la **Figura 5.33** se muestra el mapa físico de la cuenca.

Figura 5.32. Uso del suelo. Cuenca del río Maule. VII Región



(conformado en Arc-View, con información CONAF-CONAMA, 2001)

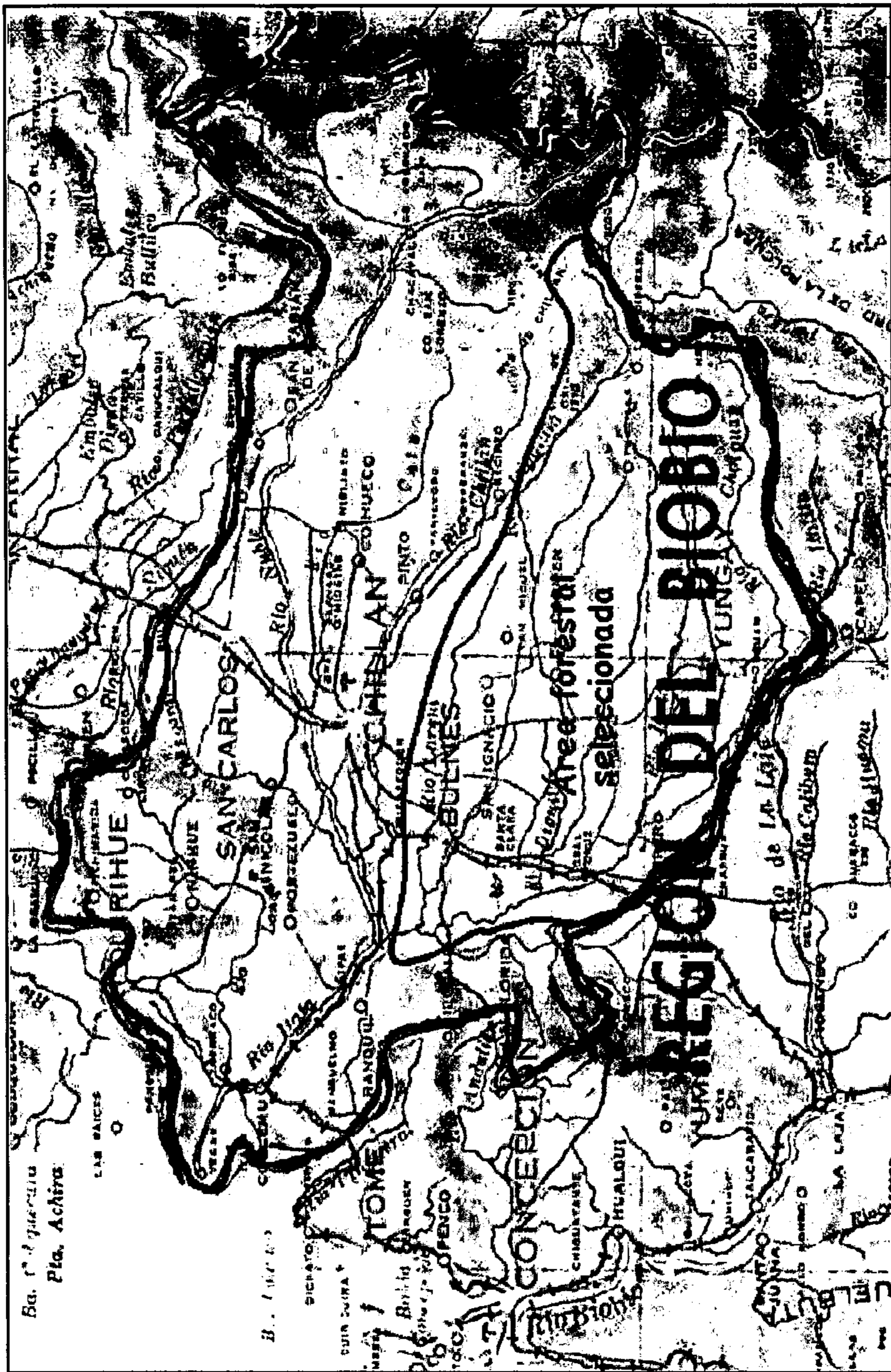
Cuadro 5.22. Estaciones hidrográficas. Aguas superficiales. Cuenca del Maule. VII Región

N°	Nombre estación	Coordenadas		Vigencia
		Este	Norte	
9	Claro en fuente de agua	304010	6097969	Vigente
11	Lircay en panamericana	262338	6080037	Vigente
12	Claro en Talca	256551	77384	Vigente
13	Maule en forel	208621	77251	Vigente
14	Pozo viña Concha y Toro	245054	74159	Vigente
15	Claro en Rauquén	247591	72788	Vigente
16	Maule en Longitudinal	254658	61696	Vigente
17	Loncomilla en las Brisas	249545	55323	Vigente
18	Purapel en Sauzal	226876	54379	Vigente
19	Maule en armerillo	308599	46707	Vigente
20	Putagan en B.T. Canal Melozal	259587	37002	Vigente

Cuadro 5.23. Estaciones hidrográficas. Sedimentométricas. Cuenca del Maule. VII Región

N°	Nombre estación	Coordenadas		Vigencia
		Este	Norte	
3	Maule en Fores	208620	6077251	Vigente
4	Loncomilla en las brisas	249544	6055323	Vigente
5	Durapel en Sauzal	226876	6054378	Vigente

Figura 5.33. Mapa físico de la cuenca del río Itata. VIII Región



(tomada de carta regular IGM-1:1.000.000)

B. Características de relieve

Las características orográficas descritas anteriormente se vuelven a repetir en este río con la presencia de un gran valle formado en la Zona Central. Este río que pertenece a los de torrente de régimen mixto de la zona subhúmeda de Chile, cuyo origen andino conforma un relieve característico para todos los ríos que se encuentran en esta categoría.

C. Red hídrica principal

El río Itata se origina cerca de la estación Cholguán del Ferrocarril Longitudinal Sur, a pocos km al norte de la ribera norte del río Laja. En este punto se juntan los ríos Cholguán y Huépil. En un recorrido de 82 km con rumbo al nor-noroeste hasta la junta con el Ñuble, va captando sus principales tributarios que constituyen una red de drenaje paralela de dirección al poniente y cuyas cabeceras se encuentran en la zona de La Montaña. De ella forman parte los ríos Danicalqui, Diguillín y Larqui.

Poco más arriba de su junta con el Danicalqui, el Itata presenta un salto de 20-25 mt de altura. A partir de él, el río transcurre en la depresión intermedia entre riberas bajas y cultivables.

En el curso inferior, después de trasponer la cordillera de la Costa, los bancos de arena obligan a la corriente a extenderse considerablemente en vegas y su profundidad disminuye. El ancho de la boca del Itata varía de 100 a 200 mt en verano, y llega a 300 mt en invierno.

El régimen del Itata es mixto; los tributarios de cordillera sobre todo el río Ñuble, tienen marcado carácter nival; en tanto que el Itata propiamente tal y sobre todo su curso inferior muestran indudable régimen pluvial. Se estima que el caudal medio del Itata hacia su desembocadura ascendería a 140 m³/s (Niemeyer, H; Cereceda, P., 1984). En la Figura 5.34. se muestran las redes hídricas de la cuenca y del sector forestal seleccionado.

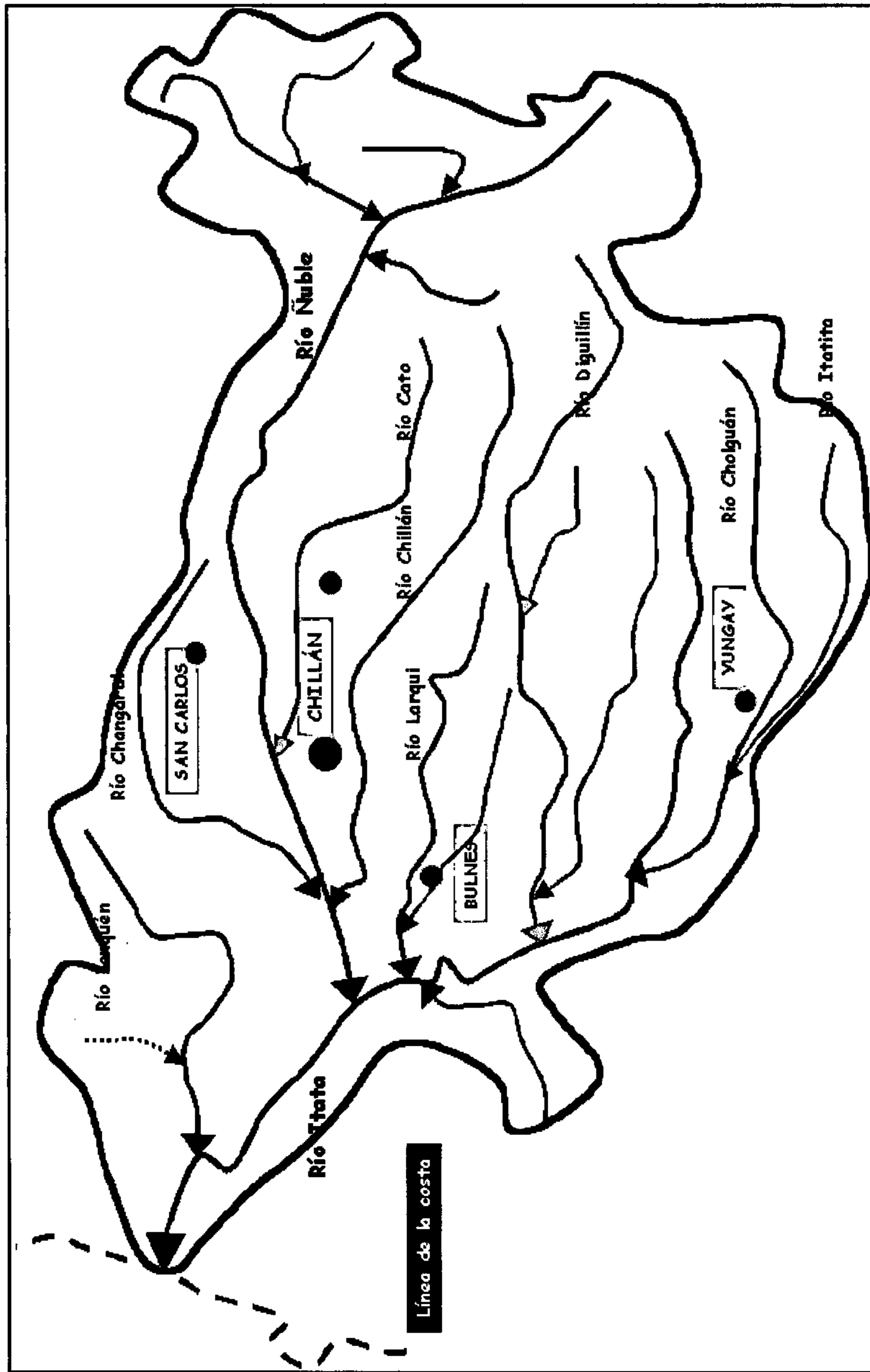
D. Características climáticas

Esta cuenca se encuentra influenciada por el Clima Mediterráneo. A los agroclimas ya descritos como son Cordillera Central, Empedrado, Talca, Constitución, Cauquenes, Precordillera Baja y Alta, se suma el agroclima Chillán (Mediterráneo Templado); se encuentra en el Llano Central, desde la latitud 36°S, al norte de Linares, hasta los 38°40'S, al noroeste de Temuco. El régimen hídrico se caracteriza por una precipitación anual de 1.025 mm, siendo el mes de junio el más lluvioso. La estación seca es de 4 meses, diciembre a marzo inclusive. La aptitud agrícola es similar al agroclima Precordillera Baja (Figura 5.35.) (Novoa, R. y Villaseca, S., 1989).

E. Hidrogeología

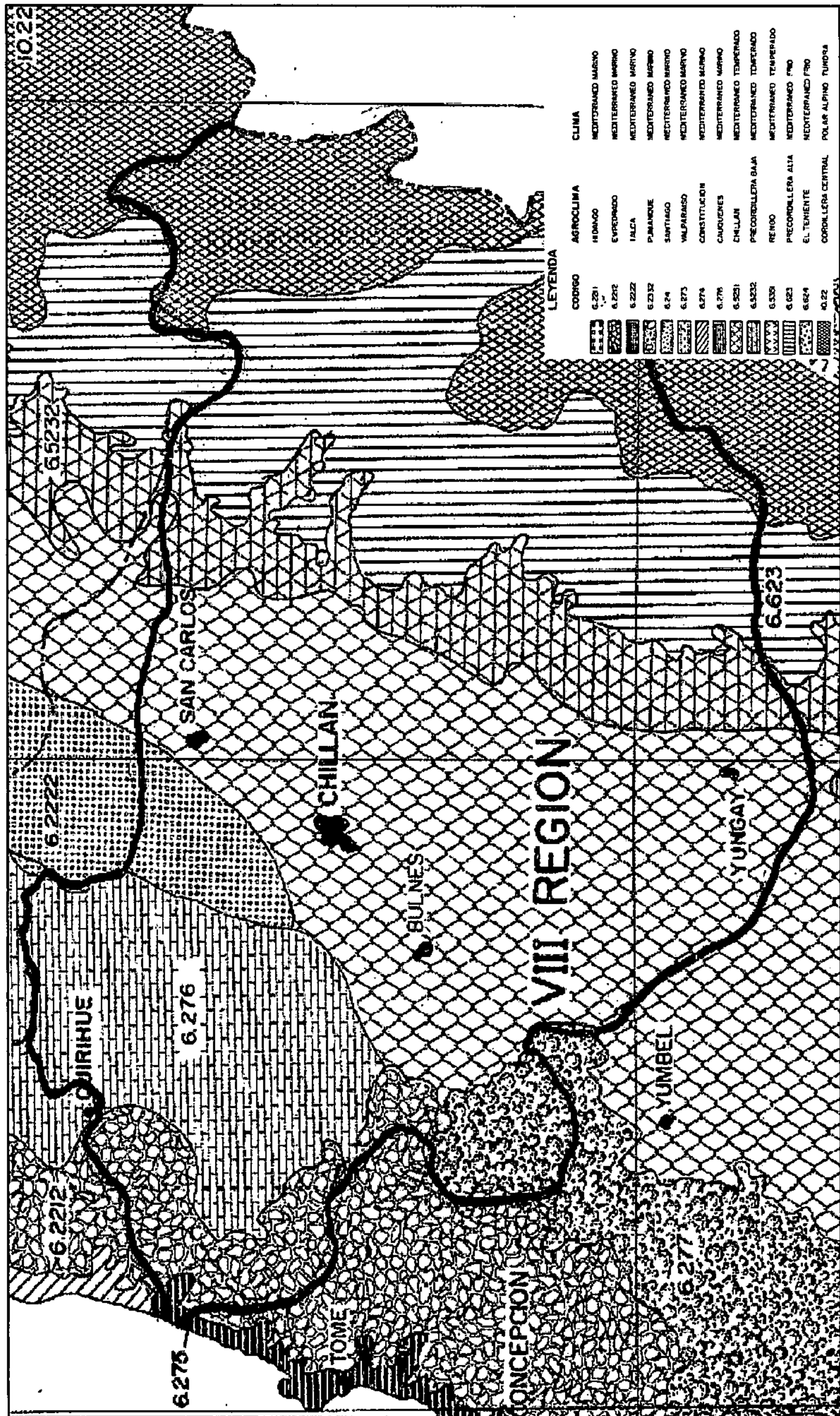
El valle del río Itata desde su confluencia con el río Cholguán, presenta una potencia del relleno sedimentario superior a los 150 mt de profundidad. Este relleno está formado por depósitos de sedimentos fluviales

Figura 5.34.a. Red Hídrica asociada a la cuenca del río Itata, VIII Región



(tomada de carta regular IGM-1:1.000.000)

Figura 5.35. Mapa Agroclimático de la cuenca del Itata, VIII Región



(tomado de Novoa y Villaseca, 1989)

recientes y por depósitos de dunas hacia los costados. Aguas abajo de la confluencia del río Itata con el Ñuble, el valle es bastante angosto y está formado por sedimentos cuaternarios que se encuentran aterrizados. El acuífero superior está formado por sedimentos fluviales del tipo arenas y ripios, con espesor de unos 15 a 20 mt, al igual que el acuífero inferior. Entre ambos se encuentra una capa de unos 20 mt de sedimentos finos impermeables. En la zona de la desembocadura el relleno sedimentario consiste en una secuencia superior de arenas gruesas, arenas finas o limosas muy sueltas y permeables y una secuencia inferior que se desarrolla bajo el nivel del mar. El espesor de la secuencia superior es de unos 10 mt y es la que contiene el acuífero principal, la otra tiene más de 15 mt de espesor.

Los niveles de aguas subterráneas se encuentran bastante cerca de la superficie. En general varían de unos 4 a 7 mt. En la zona de la confluencia con el río Ñuble hasta la desembocadura en el mar, los niveles estáticos se ubican entre los 2 y 6 mt de profundidad.

En cuanto a sus propiedades hidráulicas, en el valle del río Itata, no se tienen antecedentes de los coeficientes de transmisibilidad. Desde la confluencia del río Itata con el río Diguillín hasta la confluencia con el río Ñuble, los valores de productividad son inferiores a $4 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$. El principal uso del recurso es el agua potable y doméstica (MOP, 1986).

F. Uso del suelo

La cuenca del Itata presenta el uso del suelo (CONAF-CONAMA, 1997) que se detalla en la **Figura 5.36**.

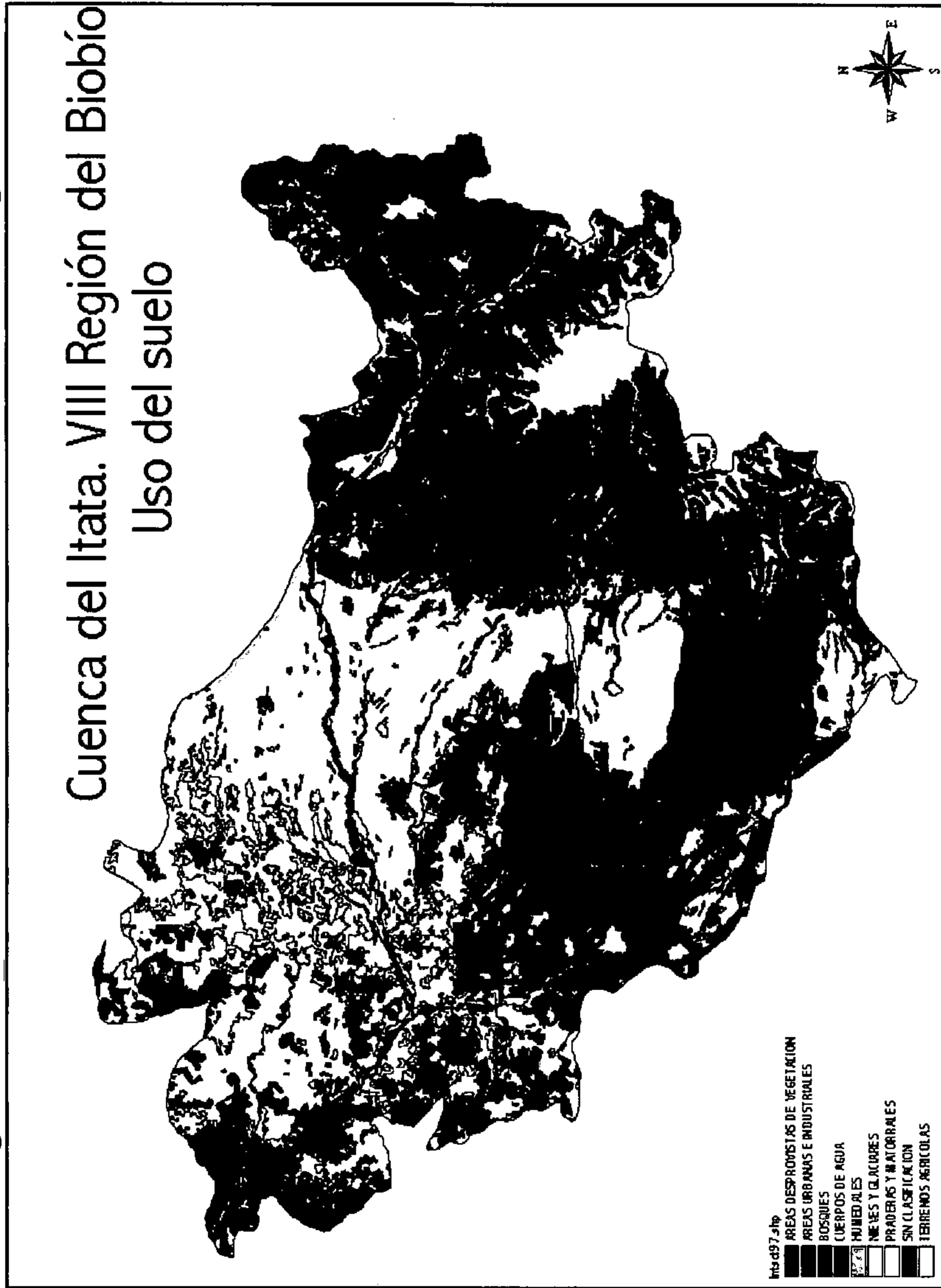
G. Red de monitoreo de aguas

En los siguientes cuadros, se muestran los puntos de monitoreo con su ubicación geográfica, que posee esta cuenca, que incluyen calidad de aguas y sedimentométricas (**Cuadros 5.24; 5.25.**).

La lista de parámetros determinados por la DGA, en muestras de agua generadas desde las estaciones hidrológicas operadas en la Cuenca del Río Itata, es la siguiente:

- temperatura,
- oxígeno disuelto,
- aniones mayores solubles,
- cationes mayores solubles,
- nitratos, nitritos
- boro soluble,
- arsénico, cobre y hierro solubles.

Figura 5.36. Uso del suelo. Cuenca del río Itata. VIII Región



(confirmado en Arc-View, con información CONAF-CONAMA, 2001)

Cuadro 5.24. Estaciones hidrográficas de la DGA. Aguas superficiales. Cuenca del Itata. VIII Región

N°	Nombre estación	Coordenadas		Vigencia
		Este	Norte	
1	Itata en Coelemu	169383	5959609	Vigente
2	Río Cato en Puente Cato	227748	50210	Vigente
3	Ñuble en San Fabián N° 1	271394	46979	Vigente
4	Ñuble en San Fabián N° 2	274280	48545	Vigente
5	Chillán camino a confluencia	202933	43099	Vigente
6	Río Chillán en longitudinal	218096	40425	Vigente
7	Ñuble en confluencia	191875	40090	Vigente
8	Itata en Nueva Aldea	191833	38413	Vigente
9	Chillán en Esperanza N° 2	263001	24338	Vigente
10	Renegado en Invernada	266136	17603	Vigente
11	Diguillín en longitudinal	204012	15303	Vigente
12	Itata en trilaleo	222429	5889893	Vigente
13	Itata en Cholguán	227852	5883897	Vigente

Cuadro 5.25. Estaciones hidrográficas de la DGA. Sedimentométricas. Cuenca del Itata. VIII Región

N°	Nombre estación	Coordenadas		Vigencia
		Este	Norte	
1	Itata en Coelemu	169383	5958509	Suspendida
2	Ñuble en San Fabián N° 1	271394	49679	Vigente
3	Río Ñuble en San Fabián N° 2	274280	48545	Vigente
4	Chillán camino a confluencia	203136	43374	Vigente
5	Itata en nueva Aldea	191838	38418	Vigente
6	Bio-Bio en desembocadura	136719	15369	Vigente
7	Diguillín en longitudinal	204012	15303	Vigente
8	Diguillín en San Lorenzo	271138	11255	Vigente
9	Itata en Cholguán	227852	5883897	Vigente

5.3.10. Cuenca del río Imperial

A. Localización y superficie

La cuenca preandina del río Imperial se desarrolla al occidente de la cuenca alta del río Biobío, separada de ella por una serie de cordilleras secundarias, por lo cual su red de drenaje no se beneficia de las más altas cumbres; sin embargo, en su cuenca superior se encuentran cumbres nevadas correspondientes a volcanes, como son el Tolhuaca y el Llaima y serranías como la cordillera nevada. Cubre una extensión de 12.054 km² (Niemeyer, H; Cereceda, P., 1984). En la Figura 5.37 se muestra el mapa físico de la cuenca.

B. Características de relieve

Los rasgos geográficos descritos para las cuencas anteriores pertenecientes a la zona subhúmeda de Chile, sean Maipo, Rapel, Maule, Itata, en general se mantienen en esta zona, denominada la Zona Húmeda de Chile. La cordillera de los Andes, sin embargo, disminuye notablemente de altura y se hace más flanqueable. La cordillera de la Costa recobra altura con el nombre de Nahuelbuta, macizo que con cumbres de hasta 1.500 m.s.n.m. se extiende hasta Tirúa, al norte de la desembocadura del Imperial.

C. Red hídrica principal

El río Imperial se forma próximo a Nueva Imperial, de la unión de los ríos Cautín que proviene del oriente y Cholchol que llega del norte. Su curso, de 55 km, tiene rumbo general al oeste; en su ribera sur se levanta Carahue y próximo a su desembocadura, Puerto Saavedra.

El río Cautín, principal formativo del imperial por su caudal, tiene su nacimiento en la falda occidental de la cordillera de Las Raíces y atraviesa todo el Llano Central con un desarrollo de 174 km, que sumado al río Imperial Completan 230 km. La superficie drenada por el Cautín asciende a 3.100 km².

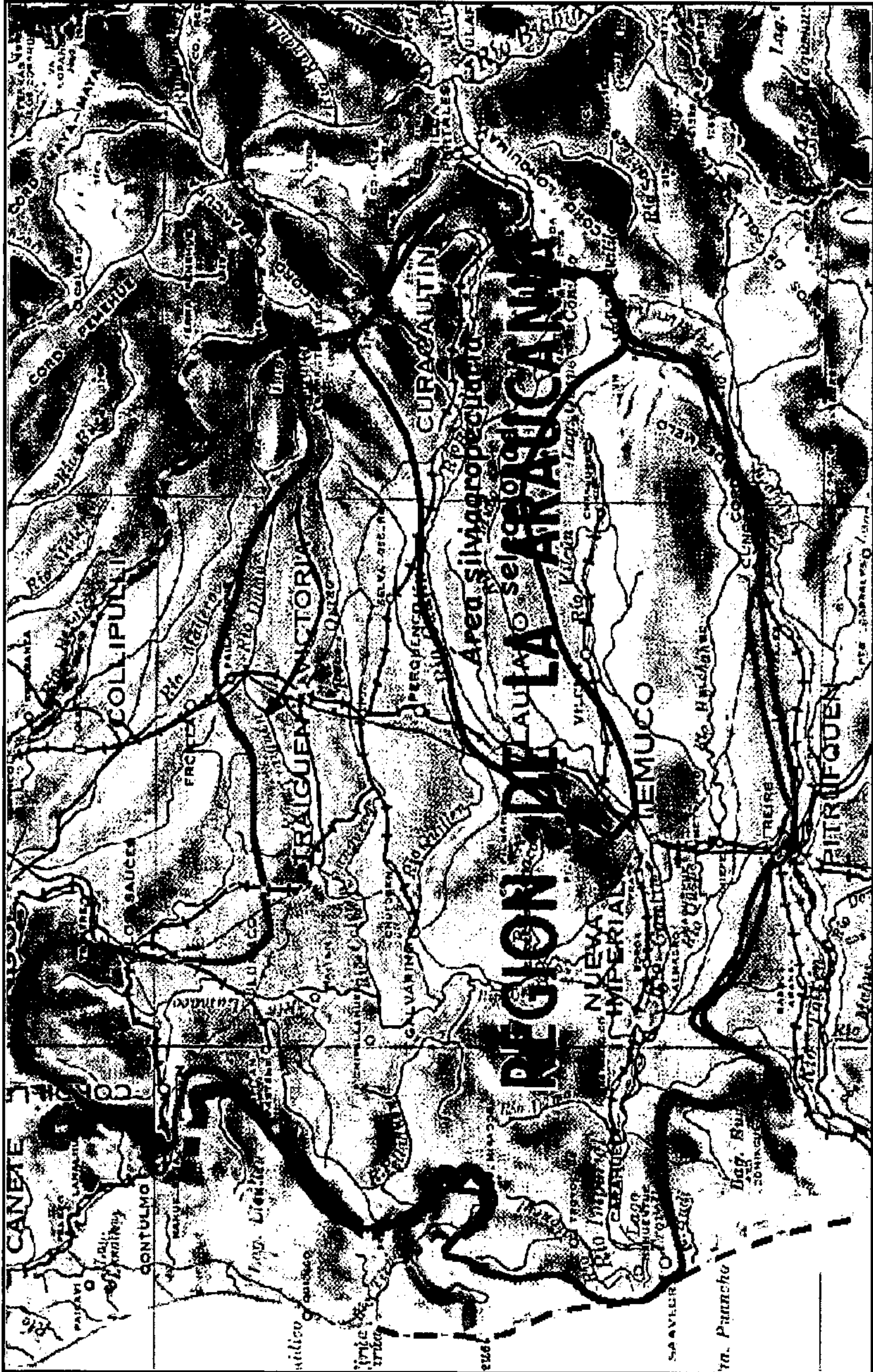
El río Cholchol se desarrolla al pie de la vertiente oriental de la cordillera de Nahuelbuta con rumbo general hacia el sur, pero también recoge aguas del Valle Central y precordillera de una amplia área de 6.180 km², que duplica la del Cautín.

El régimen del Imperial es fundamentalmente pluvial con crecidas de invierno, y su gasto medio anual se estima en 240 m³/s (Niemeyer, H; Cereceda, P., 1984). En la Figura 5.38 se muestran las redes hídricas de la cuenca y del sector seleccionado (valle central).

D. Características climáticas

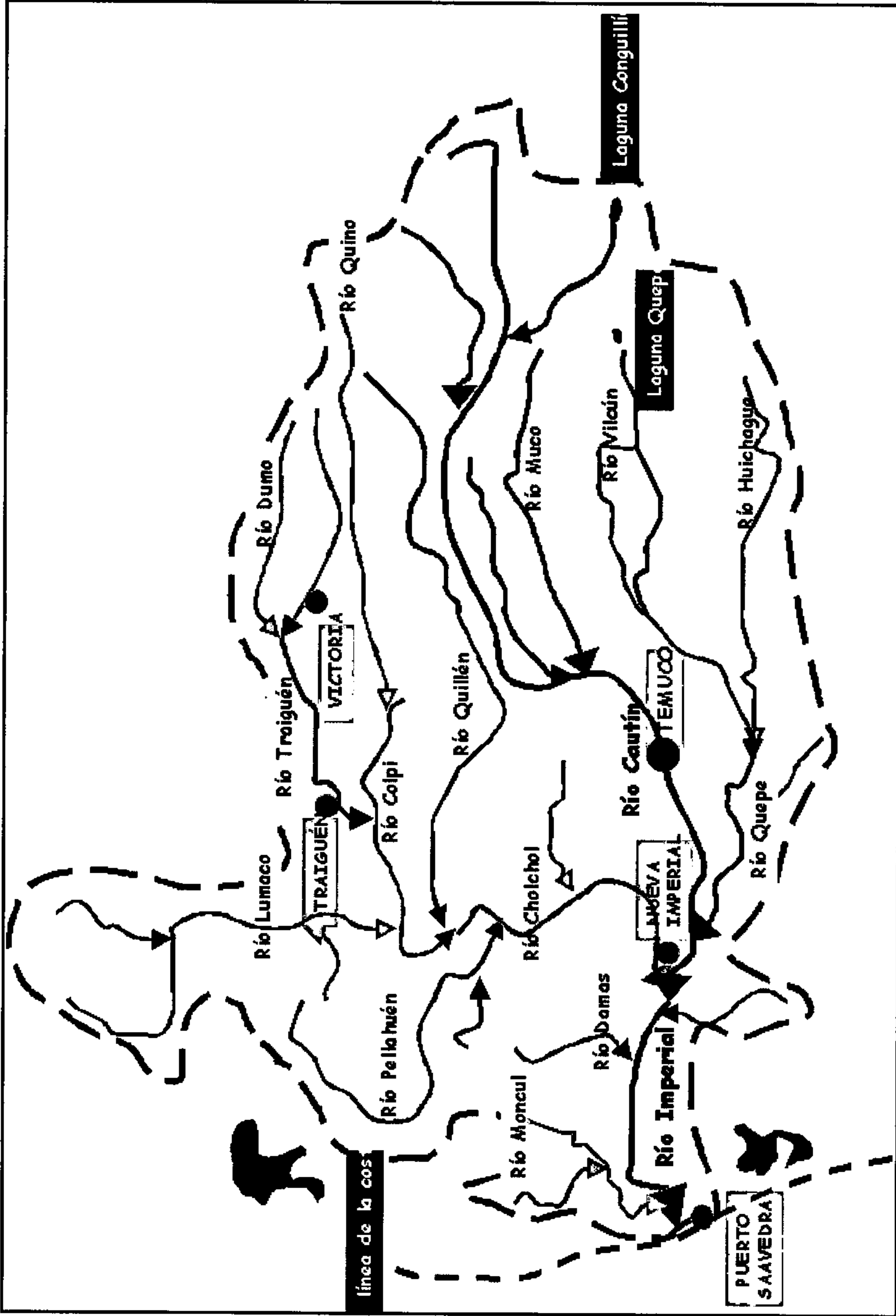
Esta cuenca se encuentra influenciada por el Clima Marino. Este clima se caracteriza por presentar en invierno un promedio de las mínimas absolutas del mes más frío entre -10 y -2,5°C, con un promedio de las mínimas diarias del mes más frío superior a -4°C. Este clima presenta un verano fresco e inviernos relativamente suave. El régimen hídrico es húmedo, esto es todos los meses del año presentan índices de

Figura 5.37. Mapa físico de la cuenca del río Imperial. IX Región



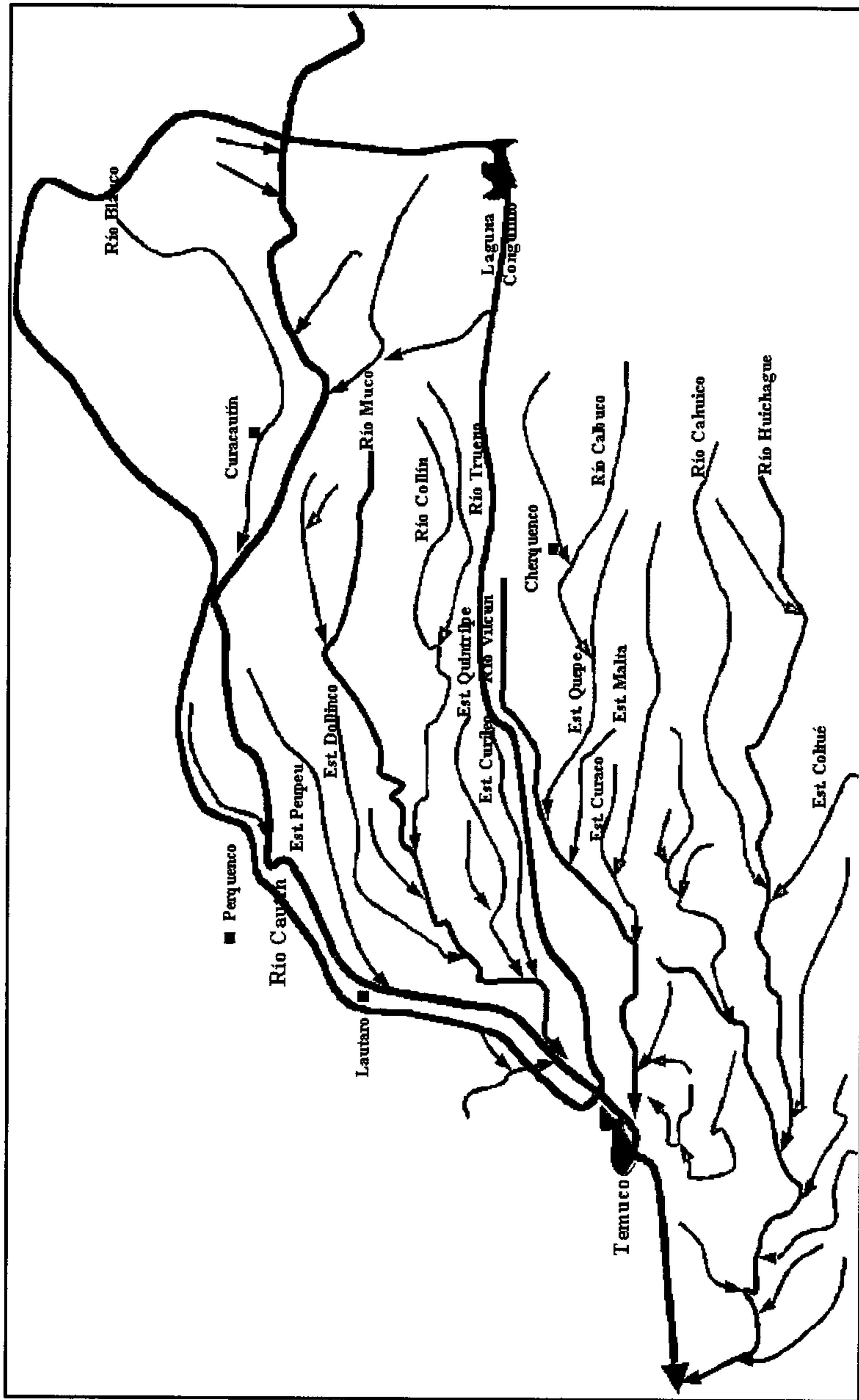
(tomada de carta regular IGM-1:1.000.000)

Figura 5.38.a. Red Hídrica asociada a la cuenca del río Imperial, VIII Región



(tomada de carta regular IGM-1:1.000.000)

Figura 5.38.b. Red Hídrica del área seleccionada de la cuenca del río Imperial,
VIII Región



(tomada de carta regular IGM-1:500.000)

humedad superior a 1 o bien uno o más meses no húmedos. Este clima se extiende desde el paralelo 37°, hasta el extremo sur de Chile Continental. A los agroclimas ya descritos como son Cordillera Central y Precordillera Baja, se suman Lagos (Marino Cálido), Nahuelbuta (Marino Húmedo Patagónico), Osorno, Carillanca (Mediterráneo Frío). Estos climas y agroclimas se describen a continuación:

D.1. Clima Marino Cálido. Se caracteriza por presentar en invierno un promedio de las mínimas absolutas del mes más frío entre $-2,5$ y 7°C . El período libre de heladas aprovechable es superior a 4,5 meses, siendo el promedio de las máximas medias de los 4 meses más cálidos, superior a 17°C . El régimen de humedad es húmedo. La cuenca presenta el agroclima **Lagos**. Se encuentra rodeando los lagos del sur de Chile, tales como los lagos Villarrica, Ranco, Puyehue y Llanquihue. En las orillas se favorece el cultivo hortícola.

D.2. Clima Marino Húmedo Patagónico. Este clima presenta un período libre de heladas aprovechables de 2,5 y 4,5 meses. En verano, el promedio de las máximas diarias de los 4 meses más cálidos, está entre 10 y 17°C . La cuenca presenta el agroclima **Nahuelbuta**. Se extiende a lo largo de la cordillera de Nahuelbuta. No presenta aptitud agrícola.

D.3. Clima Mediterráneo Frío. La cuenca presenta los siguientes agroclimas:

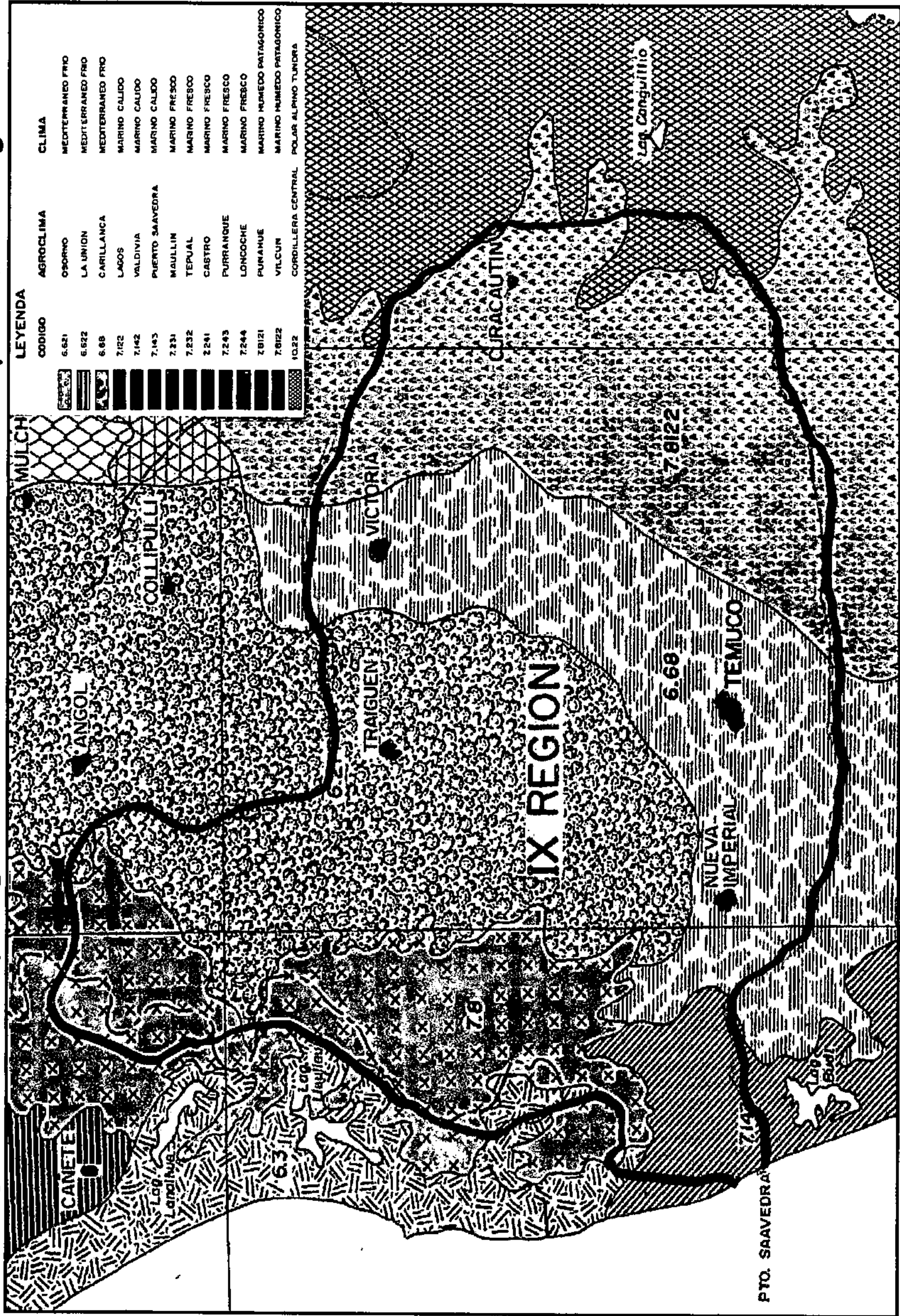
- **Agroclima Osorno.** Se encuentra en el sur del Llano Central, entre los 40° y 41°S . El régimen hídrico se caracteriza por una precipitación anual de 1.383 mm, siendo mayo el mes más lluvioso, con 253,7 mm. La estación seca es de 1 mes, febrero. En esta zona es posible cultivar los siguiente: trigo, avena, lino, praderas, papa, remolacha y otros; frutales menores como mora, frutillas, arándanos, etc.

- **Agroclima Carillanca.** Se encuentra en el Llano central, entre los paralelos 38° y 39° . El régimen hídrico se caracteriza por una precipitación anual de 1.394 mm, siendo mayo el mes más lluvioso, con 236,6 mm. La estación seca es de 1 mes, febrero. La aptitud frutal es similar a la anterior (**Figura 5.39.**) (Novoa, R. y Villaseca, S., 1989).

E. Hidrogeología

En cuanto a sus formaciones acuíferas, se pueden distinguir tres sectores morfológicamente diferentes. El primero de ellos corresponde a los sectores altos de los ríos Cautín, Vilcún y Quepe. Allí, en las áreas adyacentes a los cauces predominan gravas arenosas con bolones, limos, y limos arcillosos, de unos 30 mt de espesor. Las napas se encuentran restringidas a depósitos lenticulares. El segundo sector corresponde al de la depresión intermedia que se desarrolla al este de Temuco, alcanzando un ancho de 20 a 30 km, formándose así una cuenca de sedimentación de unos 130 km de largo limitada lateralmente por las cordilleras de los Andes y de la Costa. La tercera unidad identificada, que se desarrolla en las cercanías de la costa y hasta la desembocadura del río Imperial, predominan los sedimentos terciarios, además, en la desembocadura existen depósitos formados por acumulaciones muy finas de arenas marinas y sedimentos depositados durante las grandes crecidas del río Imperial, presentando muy pequeños espesores y aguas salobres.

Figura 5.39. Mapa Agroclimático de la cuenca del Imperial, IX Región



(tomado de Novoa y Villaseca, 1989)

Los niveles estáticos, que en general presentan considerables variaciones estacionales de hasta 5 mt, se ubican en toda la cuenca a profundidades entre 5 y 10 mt, excepto en las zonas costeras en que se ubican prácticamente superficiales.

Respecto a las propiedades hidráulicas de los acuíferos, se advierte que en los sectores cordilleranos, los gastos específicos son relativamente bajos ($4 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$). Aguas abajo este valor va en aumento ($8 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$) en toda la depresión intermedia. Por último, en el sector de aguas abajo del río Imperial, parecen encontrarse los rellenos de más alto gasto específico, superando los $20 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$.

El uso predominante de las aguas subterráneas en la cuenca es el de agua potable y doméstico (MOP, 1986).

F. Uso del suelo

La cuenca del Imperial presenta el siguiente uso del suelo (CONAF-CONAMA, 1997), el que se detalla en la **Figura 5.40**.

G. Red de monitoreo de aguas

En los siguientes cuadros, se muestran los puntos de monitoreo con su ubicación geográfica, que posee esta cuenca, que incluyen calidad de aguas y sedimentométricas (**Cuadros 5.26; 5.27**).

La lista de parámetros determinados por la DGA, en muestras de agua generadas desde las estaciones hidrológicas operadas en la Cuenca del Río Imperial, es la siguiente:

- temperatura
- pH y CE,
- aniones mayores solubles,
- cationes mayores solubles,
- nitratos, nitritos
- boro soluble,
- arsénico, cobre y hierro solubles.

5.3.11. Cuenca del río Bueno

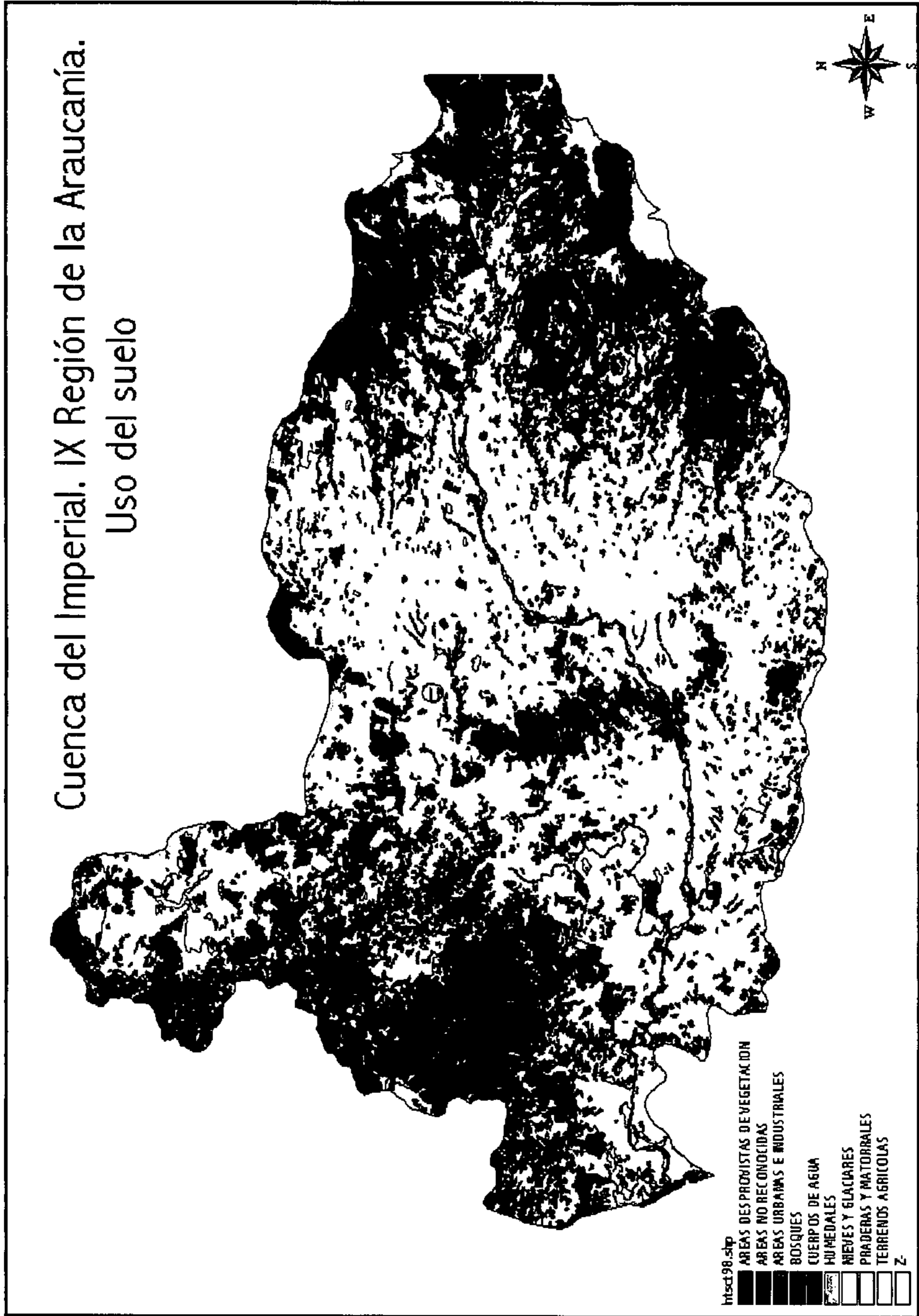
A. Localización y superficie

La cuenca del río Bueno, ubicada inmediatamente al sur de la cuenca del río Valdivia, es la de mayor extensión de la X Región de Chile. Posee una superficie de 17.210 km^2 , constituyéndose en la quinta cuenca de Chile en atención a su tamaño. En la **Figura 5.41** se muestra el mapa físico de la cuenca.

B. Características de relieve

La geografía dominante concuerda con la ya descrita para la cuenca anterior.

Figura 5.40. Uso del suelo. Cuenca del río Imperial. IX Región



(confirmado en Arc-View, con información CONAF-CONAMA, 2001)

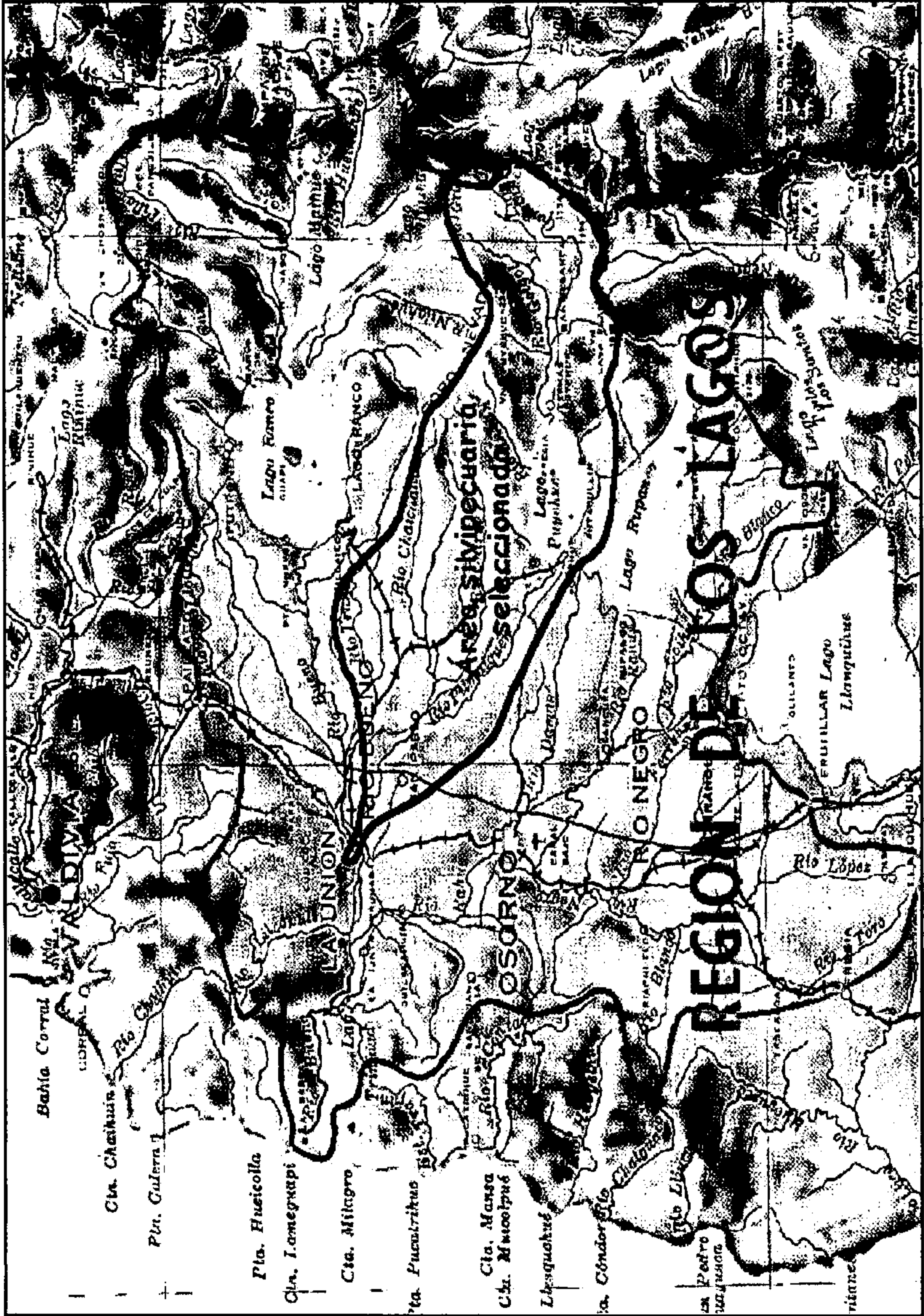
Cuadro 5.26. Estaciones hidrográficas de la DGA. Aguas superficiales. Cuenca del Imperial. IX Región

N°	Nombre estación	Coordenadas		Vigencia
		Este	Norte	
1	Lumaco en Lumaco	684195	5773969	Vigente
2	Triguén en Triguén	703010	5762850	Vigente
3	Quino en longitudinal	730944	57218	Vigente
4	Cautín en Rari-Ruca	761723	42496	Vigente
5	Quillem en Bocolmue	687810	45040	Vigente
6	Muco en Muco	727349	24083	Vigente
7	Cholchol en Cholchol	687710	24898	Vigente
8	Quepe en Vilcun	741315	14651	Vigente
9	Imperial en Carahue	658310	13040	Vigente
10	Cautín en bajo Temuco	706190	06970	Vigente
11	Cautín en Almagro	677956	06206	Vigente
13	Quepe en longitudinal	706690	5696750	Vigente

Cuadro 5.27. Estaciones hidrográficas de la DGA. Sedimentométricas. Cuenca del Imperial. IX Región

N°	Nombre estación	Coordenadas		Vigencia
		Este	Norte	
1	Lumaco en Lumaco	684195	5773969	S/Infor
2	Cautín en Rami-Ruca	761723	5742496	S/Infor
3	Río Cholchol en Cholchol	687711	24898	S/Infor
4	Río Cautín en cajón	717451	15402	S/Infor
5	Río Quepe en Quepe	708633	5696008	S/Infor

Figura 5.41. Mapa físico de la cuenca del río Bueno. X Región



(tomada de carta regular IGM-1:1.000.000)

C. Red hídrica principal

El río Bueno, nace en el extremo poniente del lago Ranco. Tras un recorrido de 130 km en dirección general este-oeste, desemboca en el Océano Pacífico al norte de la punta Dehui, después de traspasar una barra arenosa que impide en la actualidad la navegación desde su boca. En su curso superior la pendiente es fuerte y la caja es angosta y profunda, entre barrancos de 50 y más metros de altura. Ya en su curso medio, la corriente es lenta y las riberas menos escarpadas. El curso inferior es navegable por pequeñas embarcaciones, siendo su escurrimiento lento y caudaloso.

El lago Ranco posee una superficie cercana a los 410 km². Es alimentado desde la cordillera andina a través de varios tributarios; el principal es el río Calcurrupe, que vacía el lago Maihue situado más al oriente.

Al río Bueno, quince km aguas abajo de la ciudad de Río bueno, le afluye desde el sur, en las proximidades de Trumao, el río Pilmaiquén. Otro gran tributario del Bueno es el río Rahue, que le afluye también por su ribera sur a 40 km de su desembocadura en el mar.

El río Bueno posee régimen típicamente pluvial y solamente los torrentes de alta cordillera mantienen su régimen nival. El módulo del río en la estación puerto Lapi, es de 372 m³/s (Niemeyer, H; Cereceda, P., 1984). En la **Figura 5.42.** se muestran las redes hídricas de la cuenca y del área seleccionada.

D. Características climáticas

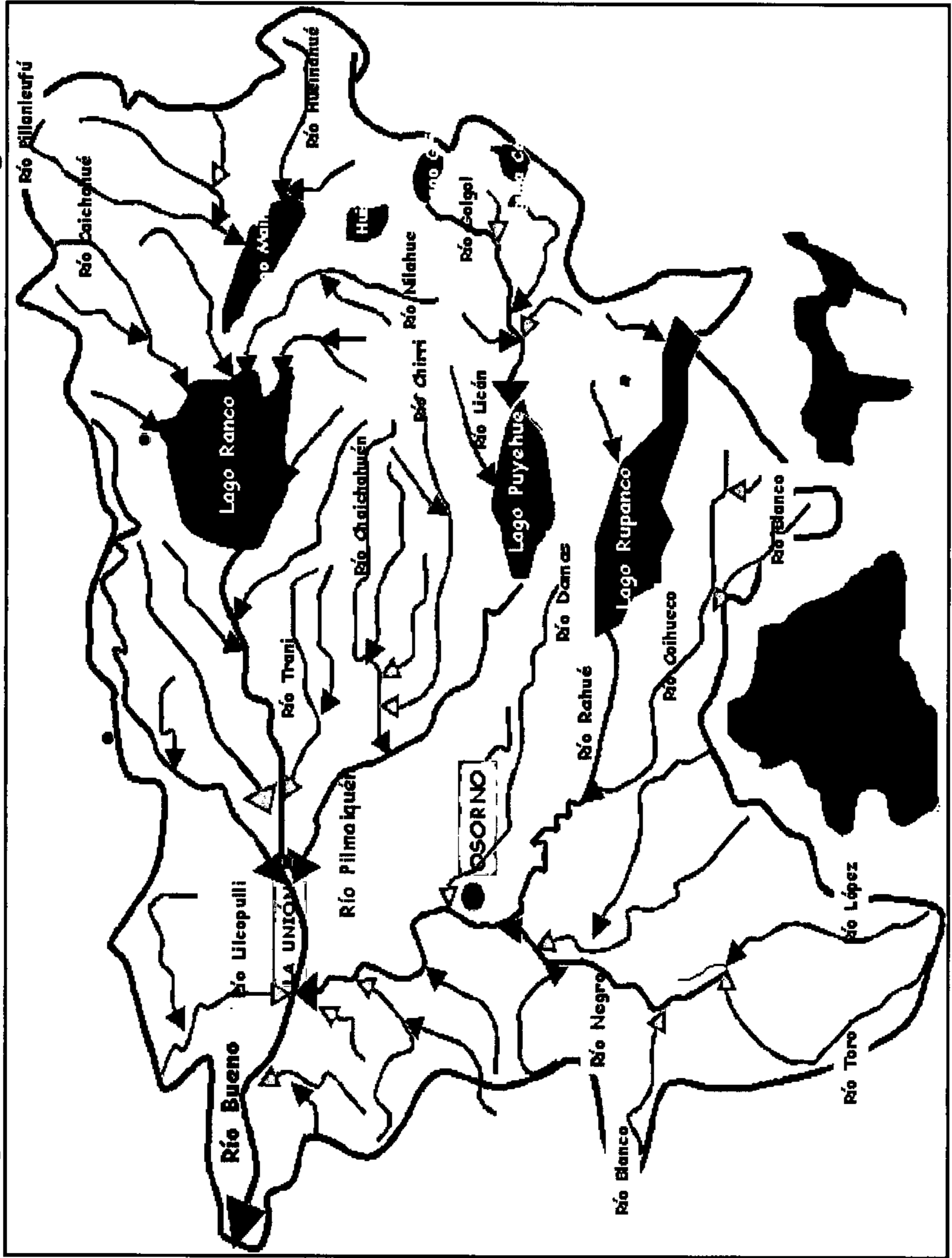
La cuenca sigue influenciada por el Clima Marino. A los agroclimas ya descritos como son Cordillera Central (Clima Polar Alpino) y Osorno (Mediterráneo Frío), se suman La Unión (Mediterráneo Frío), Maullín y Loncoche (Marino Fresco). Estos climas se detallan a continuación:

D.1. Clima Mediterráneo Frío. En la cuenca presenta el agroclima **La Unión**. Se encuentra en el Llano Central, al norte de Osorno. El régimen hídrico se caracteriza por una precipitación anual de 1.267,2 mm, siendo el mes de junio el más lluvioso. La estación seca es de 1 mes, febrero. En esta zona es posible el cultivo de algunas especies como cereales, alfalfa, papas, remolacha, otros; también frutales menores.

D.2. Clima Marino Fresco. Se caracteriza por presentar en invierno un promedio de las mínimas absolutas del mes más frío superior a -4°C y un promedio de las máximas diarias del mes más frío superior a 10°C. El período libre de heladas aprovechable es superior a 4,5 meses, siendo el promedio de las máximas medias de los 4 meses más cálidos superior a 17°C. El régimen hídrico es húmedo. La cuenca presenta los siguientes agroclimas:

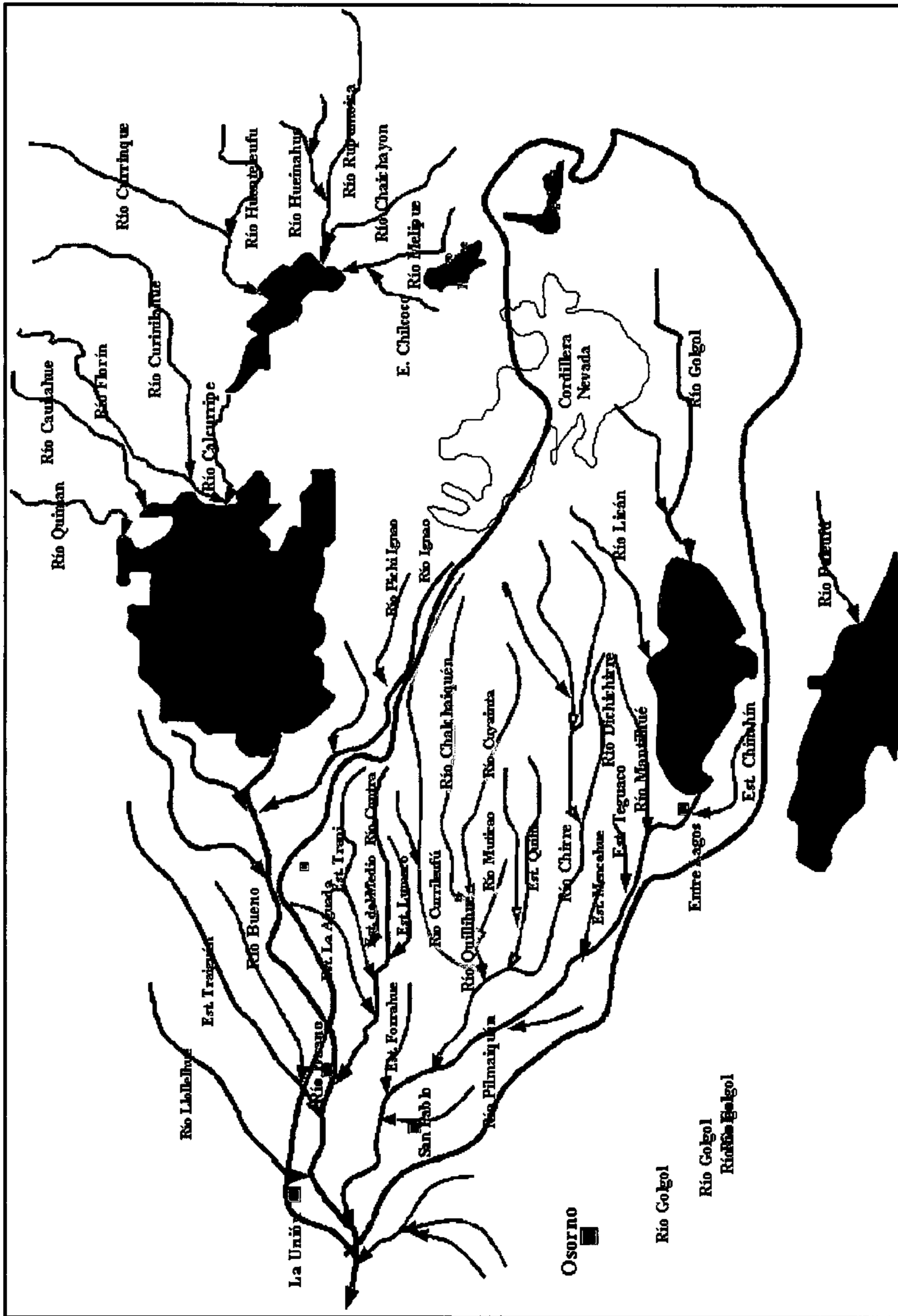
- **Agroclima Maullín.** Se encuentra en una franja costera que se extiende desde el sureste de la ciudad de Valdivia hasta el borde oriental de la isla grande de Chiloé. El régimen hídrico se caracteriza por una precipitación anual de 1.890 mm, siendo el mes de junio el más lluvioso, con 277 mm. No existe estación seca. En esta zona son posibles los siguientes cultivos: cereales, papa, trébol, remolacha, repollo, otros; también frutales menores.

Figura 5.42.a. Red Hídrica de la cuenca del río Bueno, X Región



(tomada de carta regular IGM-1:1.000.000)

Figura 5.42.b. Red Hídrica del área seleccionada de la cuenca del río Bueno, X Región



(tomada de carta regular IGM-1:1.000.000)

- **Agroclima Loncoche.** Se encuentra entre los paralelos 39° y 41°. El régimen hídrico se caracteriza por una precipitación media anual de 2.138,6 mm siendo agosto el mes más lluvioso. No existe estación seca. Los cultivos posibles de realizar son similares al agroclima anterior (**Figura 5.43.**) (Novoa, R. y Villaseca, S., 1989).

E. Hidrogeología

En la cuenca del río bueno, en la cabecera de los valles de los ríos contra y Pilmaiquén, se observa un relleno sedimentario de potencia superior a 150 mt, conteniendo morrenas cuaternarias hasta los 60 mt de profundidad, la que tiende a desaparecer con el correr del valle. Hacia aguas abajo, una vez desaparecido el estrato morrénico, la potencia del relleno permanece superior a los 150 mt, pero en su superficie en los primeros 40 a 50 mt de profundidad existe material grueso permeable, y que contienen acuíferos confinados.

En cuanto a la profundidad del nivel estático, éste varía desde profundidades superiores a los 20 mt en las cabeceras del río contra y del río Pilmaiquén. Esta variación de los niveles es típica del valle central encontrándose muy profundo en los faldeos precordilleranos, para ir disminuyendo en profundidad, en la medida que el valle se acerca a la cordillera de la Costa.

Referente a las propiedades hidráulicas, entre los lagos Maihue y Ranco se pueden obtener caudales específicos no mayores de 3 m³/h/m. Aguas abajo del lago Ranco se observa una variación importante en el sentido oriente-poniente, anotándose un aumento de productividad de los acuíferos, variando entre valores algo superiores a 1 m³/h/m.

La calidad del recurso subterráneo es adecuada para el uso potable, en la medida que se exploten acuíferos profundos (**MOP, 1986**).

F. Uso del suelo

La cuenca del Bueno presenta el siguiente uso del suelo (**CONAF-CONAMA, 1997**), el que se detalla en la **Figura 5.44**.

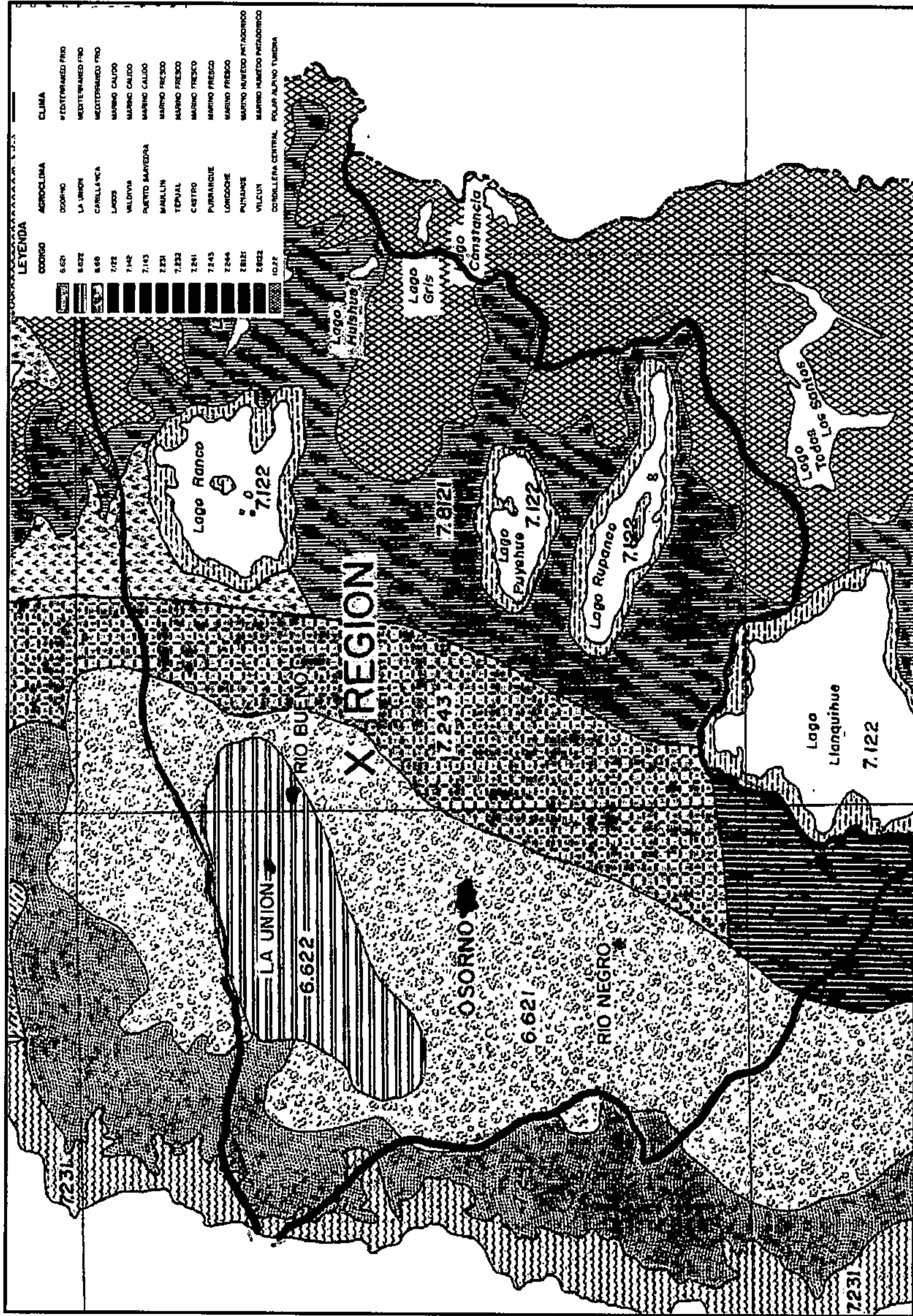
G. Red de monitoreo de aguas

En los siguientes cuadros, se muestran los puntos de monitoreo con su ubicación geográfica, que posee esta cuenca, que incluyen calidad de aguas y sedimentométricas (**Cuadros 5.28; 5.29**).

La lista de parámetros determinados por la DGA, en muestras de agua generadas desde las estaciones hidrológicas operadas en la Cuenca del Río Bueno, es la siguiente:

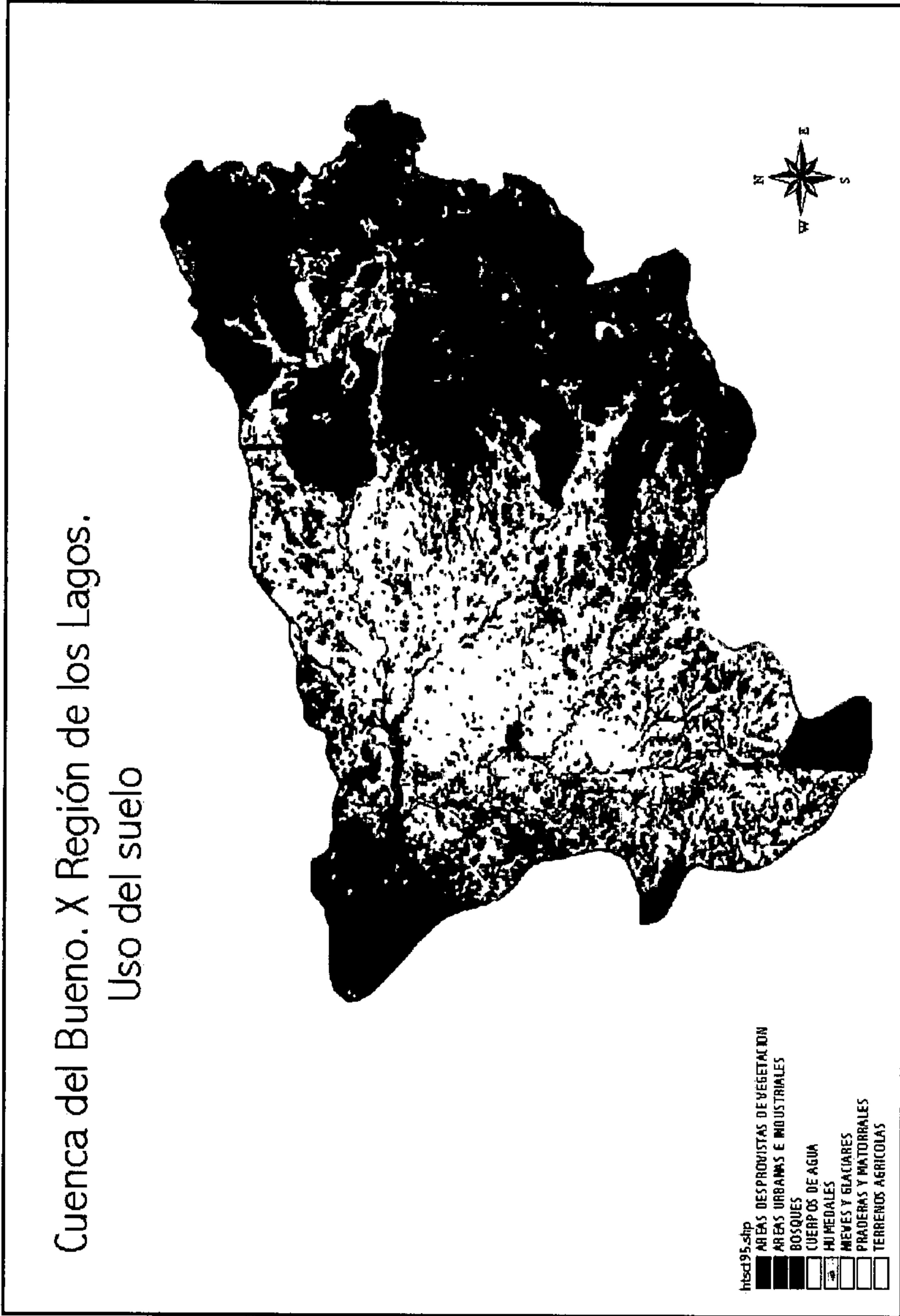
- temperatura
- pH y CE,

Figura 5.43. Mapa Agroclimático de la cuenca del Bueno, X Región



(tomado de Novoa y Villaseca, 1989)

Figura 5.44. Uso del suelo. Cuenca del río Bueno. X Región



(conformado en Arc-View, con información CONAF-CONAMA, 2001)

Cuadro 5.28. Estaciones hidrográficas de la DGA. Aguas superficiales. Cuenca del Bueno. X Región

N°	Nombre de la estación	Coordenadas		Vigencia
		Este	Norte	
8	Río Calcurumpe en desembocadura	5543300	733140	Vigente
9	Río Bueno en Puerto	5541700	702780	Vigente
10	Río Nilahue en Mayay	5536520	740770	Vigente
11	Río Bueno en Puerto Viejo	5532500	654770	Vigente
12	Río Raihue en Forrahue	5512420	646860	Vigente
13	Río Damas en Puente Ruta 5	5505800	661200	Vigente
14	Río Damas en Tacamó	5500700	665100	Vigente
15	Río Gol-Gol en Puente Gol-Gol N° 2	5495060	738650	Vigente
16	Río Pilmaiquen desague Lago Puyehue	5494370	702850	Suspendida
17	Río Negro en Chahuillo	650520	5484518	Vigente
18	Río Raihue en desague Lago Rupanco	5482635	695050	Vigente
26	Río Bueno 5 Km al N Pueblo Río Bueno	5534670	675700	Suspendida
27	Río Bueno en Longitudinal	5534050	671150	Suspendida
28	Río Bueno en Trumao	5531600	655800	Suspendida
29	Río Pilmaiquen en San Pedro	5528150	670150	Vigente
30	Río Chirre antes junta Pilmaiquen	5521800	677150	Suspendida
31	Río Raihue en población Anday	5509700	655750	Suspendida
32	Río Raihue en Longitudinal	5496300	658750	Suspendida
33	Río el Gol-Gol bajo el salto del Indio	5495200	739350	Suspendida

**Cuadro 5.29. Estaciones hidrográficas de la DGA. Sedimentométricas. Cuenca del Bueno.
X Región**

N°	Nombre de la estación	Coordenadas		Vigencia
		Este	Norte	
3	Río Rahue en Forrahue	646860	5512420	Vigente

- aniones mayores solubles,
- cationes mayores solubles,
- nitratos, nitritos
- boro soluble,
- arsénico, cobre y hierro solubles.

5.3.12. Cuenca del río Aysén

A. Localización y superficie

La hoya trasandina del río Aysén se desarrolla al centro de la Patagonia chilena, inmediatamente al norte de los Campos de Hielo, que son característicos de la cordillera andina de más al sur. Una mínima parte de la cuenca, situada al sureste es drenada por unos pocos arroyos secundarios que se originan al este de la frontera internacional. La superficie total de la hoya asciende a 11.647 km², de los cuales 438 km² están en territorio argentino. En la **Figura 5.45** se muestra el mapa físico de la cuenca.

B. Características de relieve

Los ríos caudalosos trasandinos de la Patagonia septentrional de Chile distinguen dos sectores longitudinales profundamente diferenciados. El sector occidental, vertebrado en torno a la cordillera de los Andes, ha sido bisectado por los ríos y glaciares y penetrado por profundos fiordos labrados por hielos de otras épocas. Al occidente de la cordillera andina se encuentra una faja deprimida de tierras desmembradas en archipiélagos, penínsulas, golfos y canales, que es la continuación hacia el sur del Valle Central de Chile.

El sector oriental en Argentina se caracteriza en cambio por ser una meseta de suave pendiente hacia la ribera atlántica, surcada de ríos muy largos que nacen en la región subandina oriental.

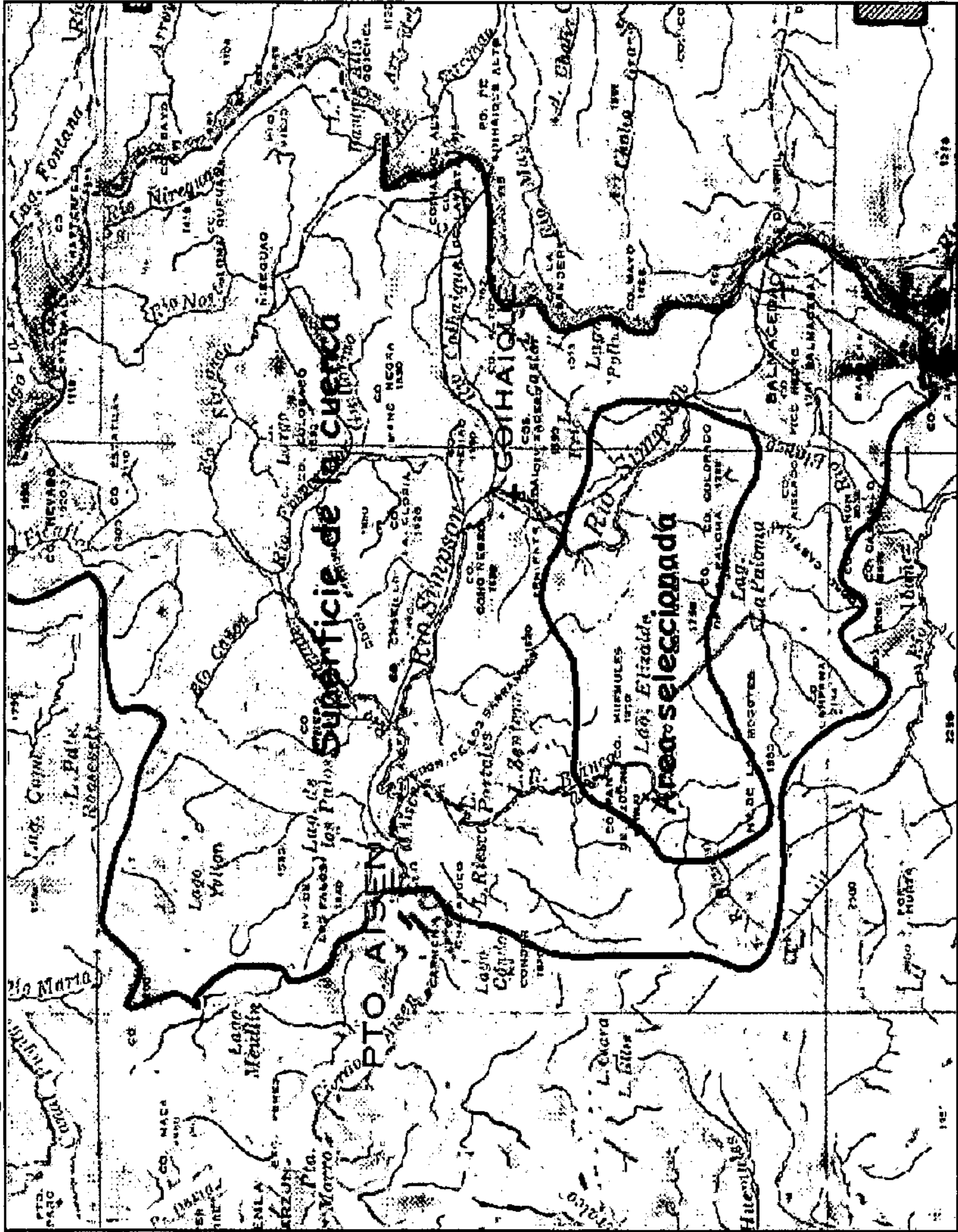
C. Red hídrica principal

El río Aysén se forma de la unión, a 20 km aguas arriba de Aysén del Mañihuales, que es el afluente que desagua la porción norte de la hoya, y del Simpson que drena la porción sur. Otro afluente de importancia es el río Blanco, que descarga una cadena de varios lagos en la ribera sur del río a siete km de Puerto Aysén, ciudad emplazada en la desembocadura del río principal. Otro tributario de importancia es el río de Los Palos, que viene desde el norte.

A pesar de la gran extensión de la hoya del Aysén y de los caudales involucrados, la información fluviométrica es escasa en cuanto al número de estaciones y a años de observación.

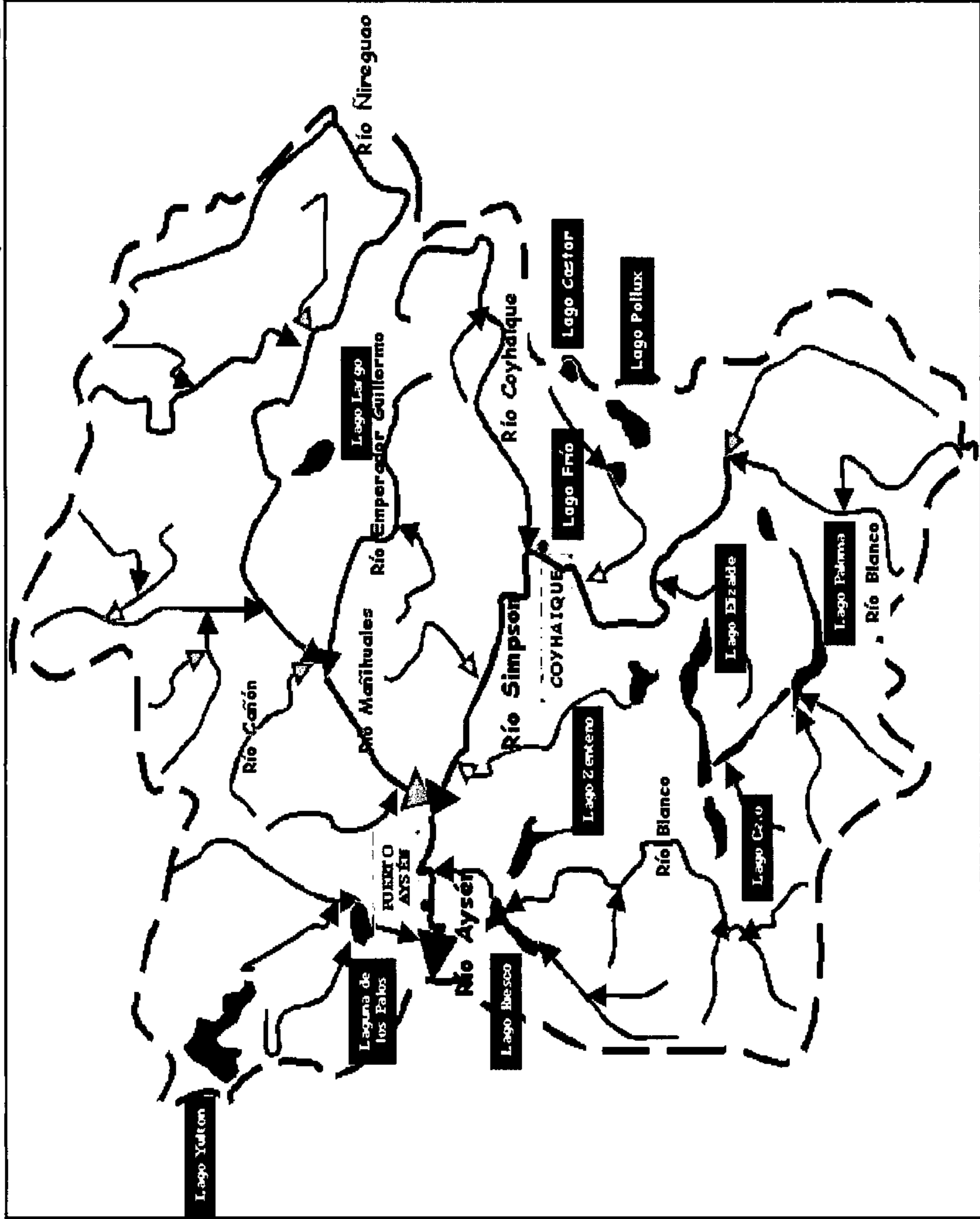
El módulo del Aysén es de 628 m³/s y las crecidas más intensas se producen en mayo y en diciembre, lo que indica un régimen mixto (Niemeyer, H; Cereceda, P., 1984). En la **Figura 5.46**. se muestran las redes hídricas correspondiente a la cuenca y al área de estudio seleccionada.

Figura 5.45. Mapa físico de la cuenca del río Aysén. XI Región



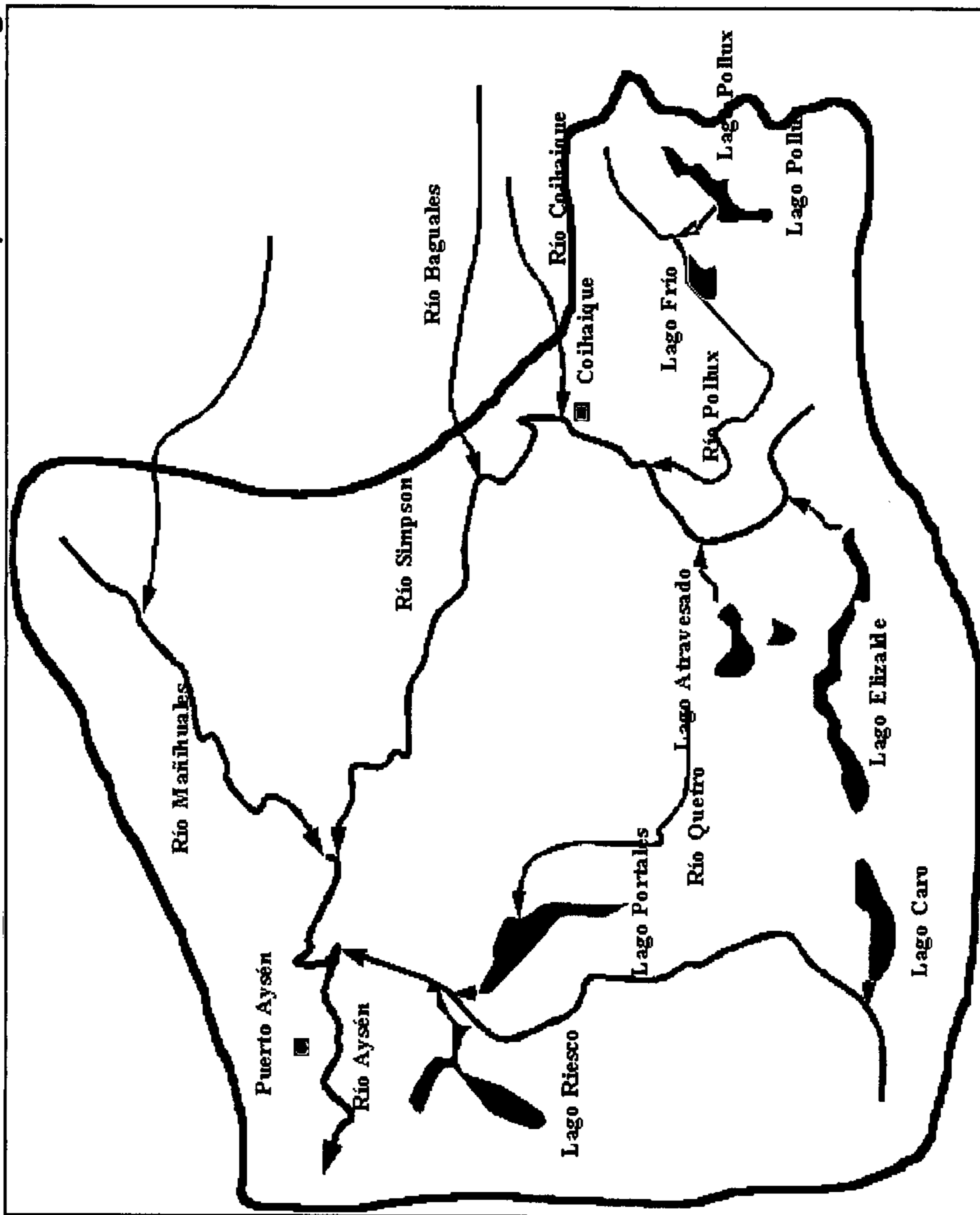
(tomada de carta regular IGM-1:1.000.000)

Figura 5.46.a. Red Hídrica asociada a la cuenca del río Aysén, XI Región



(tomada de carta regular IGM-1:1.000.000)

Figura 5.46.b. Red Hídrica asociada a la cuenca del río Aysén, XI Región



(tomada de carta regular IGM-1:500.000)

D. Características climáticas

La cuenca sigue influenciada por el Clima Marino. Los agroclimas que constituyen la cuenca son los siguientes: Puerto Aysén (Marino Cálido), Palena (Marino Húmedo Patagónico), Cordillera Austral (Clima Alpino), Balmaceda (Alpino).

D.1. Clima Marino Cálido. Este tipo de clima se encuentra en una faja costera desde los 36°41'S, en Talcahuano, hasta los 42°30'S. Se caracteriza por presentar en invierno un promedio de las mínimas absolutas del mes más frío entre -2,5y 7°C, con un promedio de las mínimas medias diarias del mes más frío superior a 8°C y un promedio de las máximas diarias del mes más frío entre 10y 21°C. El período libre de heladas aprovechable es superior a 4,5 meses, siendo el promedio de las máximas medias de los 4 meses más cálidos, superior a 17°C. El régimen de humedad es húmedo, con uno o más meses no húmedos. En la cuenca esta presente el agroclima **Puerto Aysén**. Se encuentra en las proximidades de la localidad de Aysén. El régimen hídrico se caracteriza por una precipitación anual de 2.973 mm, siendo en mes de mayo el más lluvioso. No presenta estación seca. En esta zona son posible los cultivos papa, avena, trébol, ballicas y otras gramíneas. Es muy apta para la ganadería y la silvicultura.

D.2. Clima Marino Húmedo Patagónico. Se encuentra entre los paralelos 37 y 49°S. Se caracteriza por presentar en invierno un promedio de las mínimas absolutas del mes más frío entre -29 y -2,5°C y el promedio de las máximas diarias del mes más frío entre 5 y 10°C. El período libre de heladas aprovechable es entre 2,5 y 4,5 meses. Esta cuenca presenta el agroclima Palena. Se encuentra entre los paralelos 42° y 47°S. No se disponen de registros agroclimáticos para esta zona. La aptitud es principalmente ganadera y silvícola.

D.3. Clima Alpino. Este clima ocupa las partes altas de la Cordillera Central y Austral, entre los paralelos 29 y 52°S. El tipo de invierno está definido por el promedio de las temperaturas mínimas absolutas del mes más frío, que pueden ser inferiores a -29°C. El período libre de heladas es inferior a un mes. Esta cuenca presenta los siguientes agroclimas:

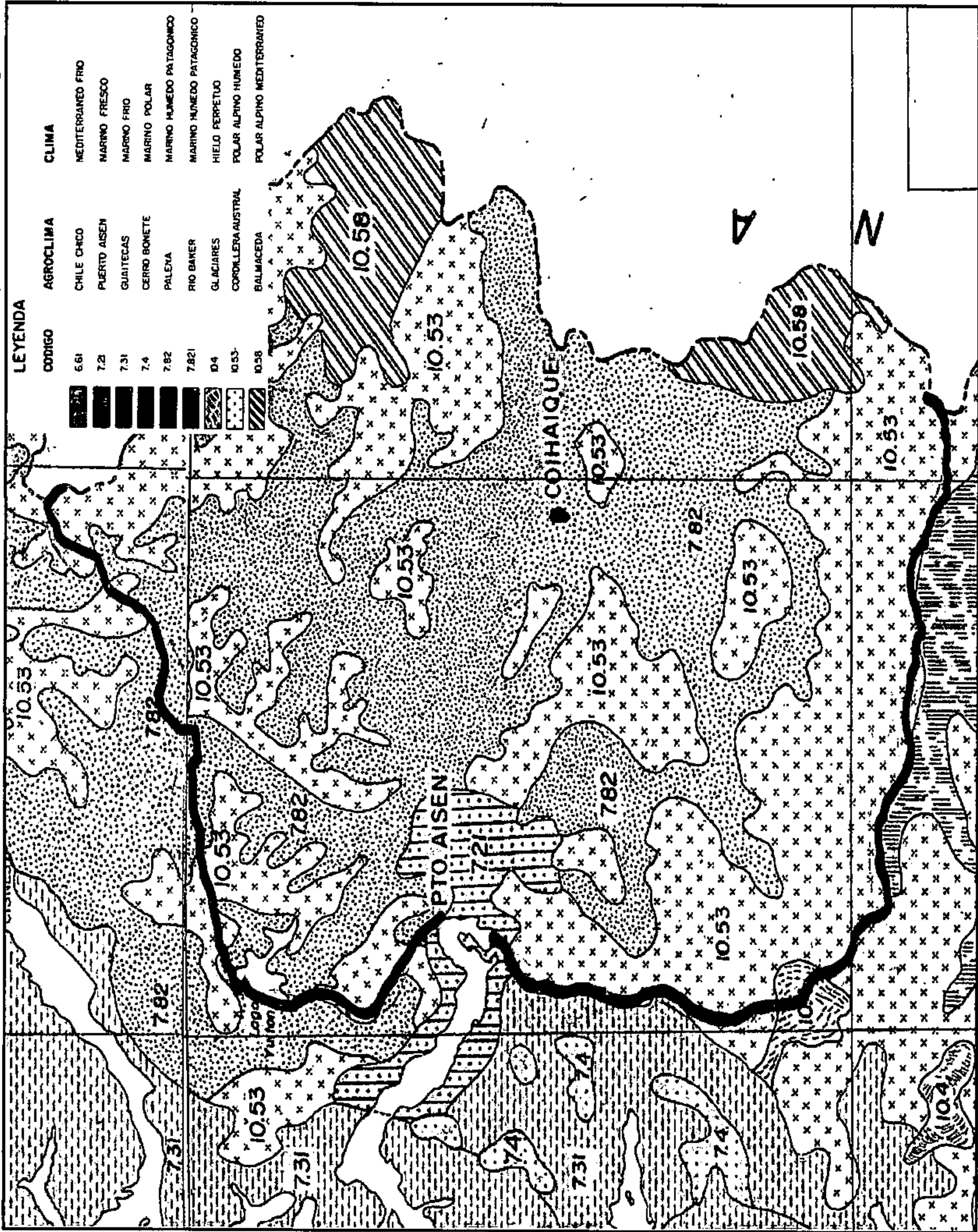
- **Agroclima Cordillera Austral.** Se encuentra entre los paralelos 44° y 52° de latitud sur. Su estación libre de heladas es menor de un mes. Su aptitud es ganadero forestal.

- **Agroclima Balmaceda.** Se encuentra en la XI Región, junto a la frontera con Argentina, entre los paralelos 45° y 46°S. El régimen hídrico es mediterráneo con dos meses secos: enero y febrero. La lluvia anual es de 723 mm. Su aptitud es esencialmente ganadera (**Figura 5.47.**) (Novoa, R. y Villaseca, S., 1989).

E. Hidrogeología

Los rellenos sedimentarios son exclusivamente cuaternarios. Están representados por materiales aluviales recientes (gravas arenosas), y por depósitos glaciofluviales de granulometría gruesa que se alternan con estratos glaciofluviales finos a casi francos. El espesor de los rellenos recientes no pasaría de unos 15 mt.

Figura 5.47. Mapa Agroclimático de la cuenca del Aysén, XI Región



(tomado de Novoa y Villaseca, 1989)

Los niveles estáticos se conocen en la zona de Coyhaique, donde en los sondeos realizados el nivel estático se ubica entre unos 3 y 6 mt bajo la superficie. En cuanto a sus propiedades hidráulicas, solamente se tiene referencias para la zona de Coyhaique, donde los sondeos han entregado productividades específicas variables entre 1 y 37 m³/h/m.

El principal uso del recurso es el doméstico y potable (MOP,1986).

F. Uso del suelo

La cuenca del Aysén presenta el siguiente uso del suelo (CONAF-CONAMA, 1997), el que se detalla en la **Figura 5.48**.

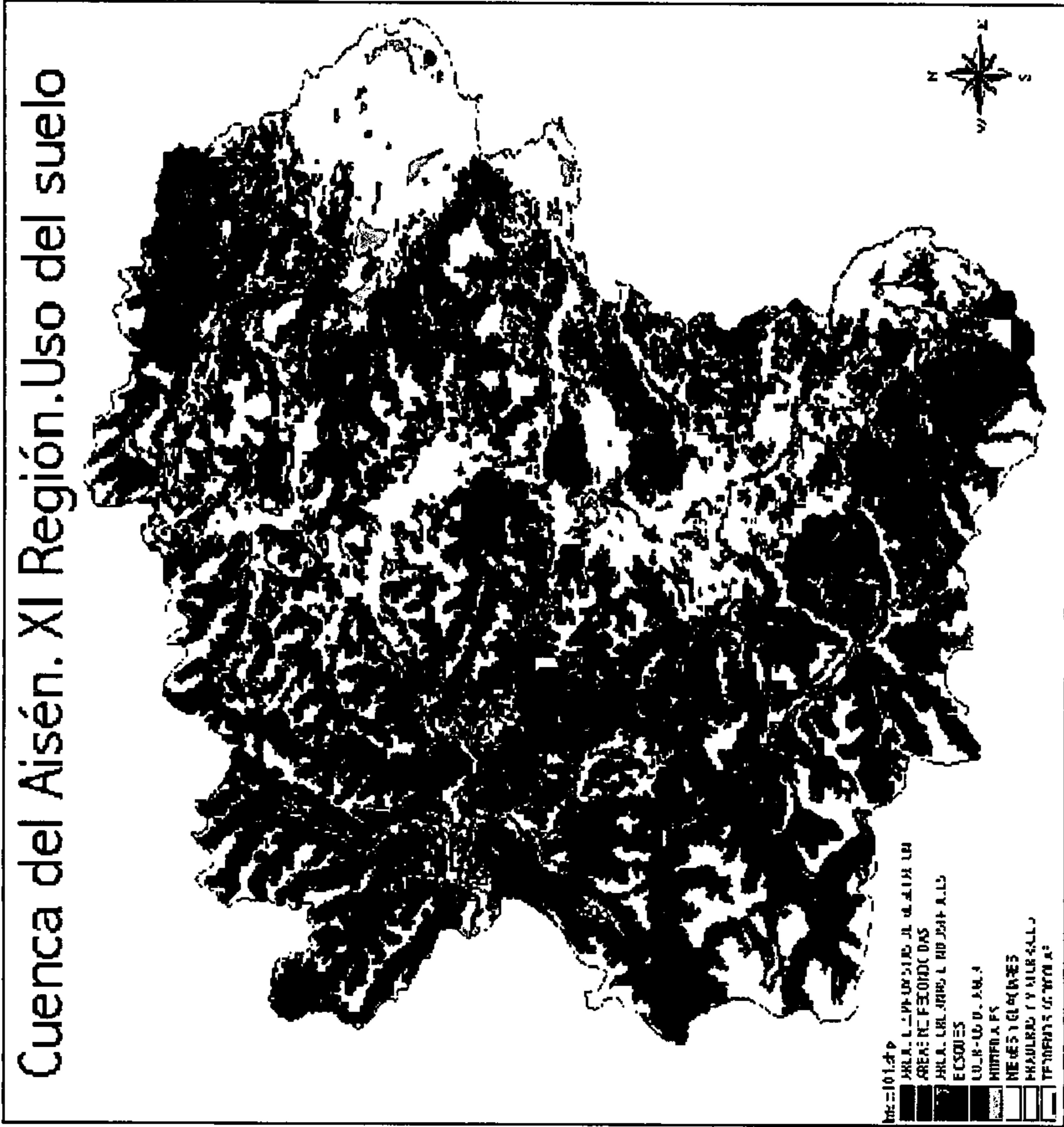
G. Red de monitoreo de aguas

En el **Cuadro 5.30**, se muestran los puntos de monitoreo con su ubicación geográfica, que posee esta cuenca, que incluye calidad de aguas.

La lista de parámetros determinados por la DGA, en muestras de agua generadas desde las estaciones hidrológicas operadas en la Cuenca del Río Aysén, es la siguiente:

- temperatura
- pH y CE,
- aniones mayores solubles,
- cationes mayores solubles,
- nitratos, nitritos
- boro soluble,
- arsénico, cobre y hierro solubles.

Figura 5.48. Uso del suelo. Cuenca del río Aysén. XI Región



(conformado en Arc-View, con información CONAF-CONAMA, 2001)

Cuadro 5.30. Estaciones hidrográficas de la DGA. Aguas superficiales. Cuenca del Aysén. XI Región

N°	Nombre estación	Coordenadas		Vigencia
		Este	Norte	
3	Río Toqui en B.T. Central hidroeléctrica	733303	5013644	Vigente
4	Río Nirehuad en villa Manihuales	724590	4994642	Vigente
5	Río Emperador Gmo. antes junta Manihuales	714830	4934655	Vigente
6	Río Manihuales antes junta Simpson (Pte. N°2)	697247	4969680	Vigente
7	Río Aysén en Puente presidente Ibañez	681550	4969335	Vigente
8	Río Blanco antes junta río Aysén	688058	4966268	Vigente
9	Desague Lago Riesco	683061	4960057	Vigente
10	Río Simpson bajo junta Coyhaique	728522	4951499	Vigente
11	Río Coyhaique en Tejas Verdes	731358	4949981	Vigente
12	Río Claro en piscicultura	727984	4943355	Vigente
13	Río Simpson en Puente Mondaca	727065	4947694	Vigente
14	Río Oscuro en camino Portezuelo	755380	4909842	Vigente

5.4. Referencias bibliográficas

CENSO NACIONAL AGROPECUARIO, 1997. Instituto Nacional de Estadísticas, INE.

CONAMA-CONAF, 1997. Catastro y Evaluación de Recursos Vegetacionales Nativos de Chile.

EL CAMPESINO, 1996. Conservación y manejo de suelos. Revista El Campesino, vol. 127:4-11.

GAETE, N. y CARRASCO, J. 1999. Prácticas de conservación de suelos y aguas para el control de la erosión hídrica. En: Técnicas para el manejo de los recursos naturales en el programa de recuperación de suelos degradados en la IX Región Serie Carillanca N° 75. Temuco, Chile.

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS (MOP). DIRECCION GENERAL DE AGUAS, 1986. Estudio del Mapa Hidrogeológico Nacional. Escalas 1:1.000.000 y 1:2.500.000. IPLA Ingenieros Consultores, Santiago, Chile.

NIEMEYER, H; CERECEDA, P., 1984. Colección Geografía de Chile. Tomo VIII, Hidrografía. Instituto Geográfico Militar (IGM).

NOVOA, R., VILLASECA, S., 1989. Mapa Agroclimático de Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA.

PEÑA, H. 1990. Caracterización de los sistemas hidrológicos en cuencas chilenas respecto de su contaminación. En CEPAL. Protección del Medio Ambiente. Seminario AIC-Tecniberia 1990, Santiago.

PINOCHET, D. 2000. El suelo como contaminante: el problema de la contaminación difusa. En: Simposio Proyecto Ley Protección del Suelo. Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo y CONAMA. Santiago, Chile.

PORRAS, J; NIETO, P. y CALVÍN, J. 1976. Cap. III. Incidencia de las Actividades Agrícolas Sobre la Calidad de las Aguas Subterráneas. En: Aguas Subterráneas: contaminación urbana, industrial y agrícola. Cuadernos del Centro Internacional de Formación en Ciencias Ambientales (CIFCA). Madrid, España.

PORTA, J.; LÓPEZ-ACEVEDO, M. y ROQUERO, C. 1994. Cap. 23. Degradación de suelos por erosión hídrica: conservación de suelos y aguas. En: Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Madrid, España.

SIERRA, C. 1989. La fertilidad del suelo y la labranza conservacionista. Revista N° 11, Investigación y Progreso Agropecuario Remehue. p. 19-23. Santiago, Chile.

TONDREAU, F. 1994. Informe de residencia: contaminación de las aguas subterráneas con pesticidas y nitratos provenientes de fertilización orgánica e inorgánica. Facultad de Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.

UNIVERSIDAD DE CHILE – CORFO, 1973. Estudio de los recursos hídricos de la cuenca del río Loa.

6. ESTRUCTURA PRODUCTIVA DE LAS CUENCAS EN ESTUDIO¹

6.1. Marco conceptual

El presente capítulo ha sido elaborado, para contar con información básica acerca de los insumos agrícolas utilizados en cada cuenca seleccionada, con alguna estimación cuantitativa de sus aportes en ciclos anuales; esta información es, particularmente, relevante para los plaguicidas, puesto que, como se explica en otros capítulos, se trata de los únicos parámetros que son específicos de un proceso de contaminación difusa.

También, tal como se plantea en dicho capítulo, la probabilidad de detectar contaminantes difusos, especialmente residuos de plaguicidas, aumentará significativamente si el sistema de monitoreo se lleva hacia los sitios de aplicación de agroquímicos; en otras palabras, la probabilidad de detección aumentará si el muestreo de aguas tiende a hacerse a nivel de acequias o, en general, cauces menores, y disminuirá substancialmente si se hace en los cauces principales o ríos mayores.

Por ello, siendo un criterio para el diseño de los sistemas de monitoreo, el tender a acercarse hacia los sitios de aplicación de agroquímicos y de ocurrencia de prácticas agrícolas, se determinó seleccionar áreas particulares, dentro de cada cuenca, con el concepto de áreas pilotos y microcuencas, en las cuales establecer un sistema de seguimiento de la calidad de las aguas.

Cada zona fue seleccionada, tratando de que fuera representativa de alguna actividad agrícola y/o condición natural específica y relevante, y de que estas características no se repitieran entre cuencas. La aplicación de estos criterios condujo a la selección de las áreas siguientes, por las razones que se señalan:

- cuencas de Camarones, Loa y Huasco: sin áreas seleccionadas, ya que se trata de extensas cuencas áridas, con una representación agrícola menor, emplazada ésta en pequeñas terrazas aluviales existentes a lo largo del cauce principal,
- cuenca del Limarí: tramo cordillerano que alimenta el Embalse La Paloma; se trata de un sector de la red hídrica con presencia dominante de parronales para exportación,
- cuenca del Aconcagua: se seleccionó los siguientes dos tramos:

¹ *Capítulo redactado por Francisco Tapia Flores, Ingeniero Agrónomo M.Sc., Investigador del CRI INIA-Rayentué (VI Región).*

- entre los Andes y Romeral, representativo del área frutícola, representada por parronales y frutales de carozo, y
- entre Hijuelas y San Pedro, representativo del área hortícola (con presencia de invernaderos fríos) y frutícola subtropical (paltos, chirimoyos),
- cuenca del Maipo: transecto entre Paine y El Monte, representativo de una agricultura hortofrutícola con interferencia de urbanizaciones,
- cuenca del Rapel: valle del Cachapoal, entre las localidades de Doñihue y el embalse Rapel, representativo de una agricultura muy variada, con presencia de huertos frutales (parronales, viñedos, carozos, manzanos), cultivos hortícolas y cultivos anuales, como maíz,
- cuenca del Maule: subcuenca del río Perquilauquén, representativa del cultivo del arroz,
- cuenca del Itata; subcuenca del río Itata, antes de la confluencia con ríos Ñuble y Chillán; se trata de una zona con presencia mayoritaria de plantaciones forestales,
- cuenca del Imperial: tramo superior del río Cautín, aguas arriba de Temuco; se trata de un sector ganadero-triguero, con presencia, también, de plantaciones forestales y bosque nativo manejado, en la cordillera,
- cuenca del río Bueno: se seleccionó la subcuenca del río Pilmaiquén, desde el lago Puyehue hasta su descarga en el río Bueno; se trata de un sector bajo fuerte forestal y ganadera bovina, y
- cuenca del río Aysén: cuenca sin mayor importancia agrícola o silvícola; podría aprovecharse esta opción, para determinar la influencia de la deforestación sobre lagos fuertemente endorreicos, en una cuenca que cuenta con tres condiciones ambientales, a saber:
 - lago Pollux, en el sector del bosque de lengas, con período de sequía definido,
 - lago Elizalde, en el sector del bosque de lengas, con menor período de sequías, y
 - lago Riesco, en el sector del bosque valdiviano.

6.2. Análisis de los sistemas productivos

En este capítulo, se hace un análisis de las estructuras productivas de las doce cuencas estudiadas. Este análisis incluye para cada cuenca un cuadro con los principales rubros tanto en lo que se refiere a la superficie ocupada por ellos como su importancia relativa. Dentro de cada rubro se incluyen los principales cultivos desarrollados incluyendo también su superficie y la importancia relativa dentro del rubro.

Para los efectos antes mencionados, el uso de la tierra fue desagregado en los siguientes rubros:

- cultivos agrícolas,
- hortalizas,
- frutales,
- viñas y parronales,
- forrajeras, y
- cultivos forestales

Con la finalidad de hacer una estimación en cuanto a los principales insumos tecnológicos, utilizados por los distintos sistemas productivos que tengan alguna relación con la contaminación difusa, para cada uno de los sistemas definidos, se incluye el uso de plaguicidas (insecticidas, fungicidas, herbicidas), fertilizantes, se detalla el número de riegos realizado durante la temporada, y se considera también las horas-tractor empleadas en trabajos de preparación de suelos, manejo de los cultivos y cosecha.

De esta manera, en cada cuenca, se seleccionarán los rubros de mayor importancia relativa y del mismo modo al interior de cada rubro se considerarán las especies de mayor incidencia con el objetivo de estimar, a partir del nivel de insumos utilizados por éstas, los insumos ya descritos, empleados al nivel de la cuenca en su conjunto.

6.3. Descripción de sistemas, por cuenca

6.3.1. Camarones

En esta cuenca, los sistemas productivos de mayor importancia están basados en forrajeras y hortalizas (**Cuadro 6.1.**). En el caso de las forrajeras, que ocupan el 62,1% de la superficie cultivada de la cuenca, la especie de mayor importancia es la alfalfa, que representa dentro del rubro, el 99,7%. En el caso de las hortalizas, que ocupan una superficie de 467,9 ha con un 27,0% de la superficie cultivada, las especies de mayor importancia son ajo y maíz choclero, que en conjunto conforman el 52,0% del rubro. En **Anexo III**, se presentan las fichas técnicas de alfalfa, maíz choclero y ajo.

Sobre la base de los insumos utilizados de estas tres especies, se puede indicar que en la cuenca de Camarones se aplican los insumos que se señalan en el **Cuadro 6.2.**

6.3.2. Loa

En la cuenca del Loa, los sistemas productivos de mayor importancia están basados en forrajeras y hortalizas (**Cuadro 6.3.**). En el caso de las forrajeras, que ocupan el 58,61% de la superficie cultivada de la cuenca, la especie de mayor importancia es la alfalfa, que representa el 100%. En el caso de las hortalizas, que ocupan una superficie de 415,31 ha con un 38,6% de la superficie cultivada, la especie de mayor importancia es el maíz choclero, que conforma el 60,1% del rubro.

En los anexos, se presentan las fichas técnicas de alfalfa y maíz choclero. Sobre la base de los insumos utilizados de estas dos especies, se puede indicar que, en la cuenca del Loa, se aplican los insumos que se indican en el **Cuadro 6.4.**

Cuadro 6.1. Estructura productiva de la cuenca Camarones

I Región
Cuenca Camarones Superficie: 416.000,00 há

Estructura Productiva	Total (ha)	% del Total
Cultivos	5,00	0,29
Hortalizas	467,90	26,99
Forrajeras	1.076,90	62,11
Frutales	184,00	10,61
Viñas y Parronales	36,30	2,09
Forestales	0,00	0,00
Total	1.733,80	100,00

Cultivos	5,00	100,00%
Papa	2,70	54,00
Jojoba	1,00	20,00
Arveja seca	0,70	14,00
Quinoa	0,50	10,00
Trigo	0,10	2,00

Hortalizas	467,90	100,00%
Ajo	120,10	25,67
Maíz	123,00	26,29
Orégano	85,90	18,36
Zanahoria	52,20	11,16
Cebolla	31,60	6,75

Forrajeras	1.076,90	100,00%
Alfalfa	1.074,00	99,73
Otras	2,90	0,27

Frutales	184,00	100,00%
Huertos Caseros	167,90	91,25
Duraznero	2,80	1,52
Membrillo	2,70	1,47
Olivo	2,20	1,20
Peral europeo	2,20	1,20
Tuna	2,10	1,14

Viñas y parronales	36,30	100,00%
País	36,30	100,00

Cuadro 6.2. Insumos agrícolas aplicados en la cuenca Camarones, I Región

INSUMOS	CANTIDAD	UNIDAD
Insecticidas y Fungicidas		
Insecticidas Piretroides	1.483	Kg ó L
Otros insecticidas	3.996	Kg ó L
Fungicidas	1.170	Kg ó L
Herbicidas		
Herbicidas	1.283	Kg ó L
Fertilizantes		
Nitrógeno (U/N)	51.842	Kg
Fósforo (U/P ₂ O ₅)	29.348	Kg
Potasio (U/K ₂ O)	16.300	Kg
Maquinaria		
Preparación de suelos	352	HT
Siembra	49	HT
Manejo de suelos	207	HT
Aplicación de plaguicidas y fertilizantes	974	HT
Labores de cosecha y acarreo	13.911	HT
Riegos		
Número de riegos promedio	5,9	Riegos/ha/temporada

Cuadro 6.3. Estructura productiva en la cuenca del Loa

II Región
Cuenca Loa

Superficie: 3.192.500,00 há

Estructura Productiva	Total (ha)	% del Total
Cultivos	16,20	1,51
Hortalizas	415,31	38,60
Forrajeras	630,60	58,62
Frutales	13,70	1,27
Viñas y Parronales	0,00	0,00
Forestales	40,80	3,79
Total	1.075,81	100,00

Cultivos	16,20	100,00%
Trigo candeal	7,00	43,21
Trigo blanco	4,10	25,31
Maíz (grano seco)	4,00	24,69
Centeno	0,80	4,94
Cebada forrajera	0,20	1,23
Quínoa	0,10	0,62

Hortalizas	415,31	100,00%
Choclo	249,60	60,10
Zanahoria	120,40	28,99
Betarraga	12,00	2,89
Huerta casera	11,80	2,84
Haba	7,50	1,81
Ajo	6,90	1,66

Forrajeras	630,60	100,00%
Alfalfa	630,60	100,00

Frutales	13,70	100,00%
Tuna	5,70	41,61
Huertos Caseros	4,40	32,12
Manzano verde	1,20	8,76
Manzano rojo	1,00	7,30
Damasco	0,90	6,57

Forestales	40,80	100,00%
Otras especies	40,40	99,02
Eucaliptus	0,20	0,49
Aromo	0,20	0,49

Cuadro 6.4. Insumos agrícolas aplicados en la cuenca del Loa, II Región

INSUMOS	CANTIDAD	UNIDAD
Insecticidas y Fungicidas		
Insecticidas Piretroides	999	Kg ó L
Otros insecticidas	765	Kg ó L
Fungicidas		Kg ó L
Herbicidas		
Herbicidas	1.530	Kg ó L
Fertilizantes		
Nitrógeno (U/N)	70.380	Kg
Fósforo (U/P ₂ O ₅)	28.152	Kg
Potasio (U/K ₂ O)	36.000	Kg
Maquinaria		
Preparación de suelos	367	HT
Siembra	92	HT
Manejo de suelos	153	HT
Aplicación de plaguicidas y fertilizantes	306	HT
Labores de cosecha y acarreo	7.682	HT
Riegos		
Número de riegos promedio	6,7	Riegos/ha/temporada

6.3.3. Huasco

En la cuenca del Huasco, los sistemas productivos de mayor importancia están basados en frutales, forrajeras, viñas-parronales y hortalizas (**Cuadro 6.5.**). En el caso de los frutales, que ocupan el 45,9% de la superficie de la cuenca, la especie de mayor importancia corresponde a los olivos, con 1.195 ha, y un 53,8% del rubro. Para las forrajeras, que ocupan el 30,6% de la superficie cultivada de la cuenca, la especie de mayor importancia es la alfalfa, que representa el 81,2% del rubro. Para el caso de las hortalizas, que representan el 17% de la cuenca, la especie de mayor importancia es la arveja verde con 338,6 ha, y el 41,1% del rubro. Por último dentro del grupo de viñas y parronales, la vid para pisco con 504 ha, representa el 89% dentro del rubro. En los anexos, se presentan las fichas técnicas de olivo, alfalfa, vid pisquera y arveja verde.

Sobre la base de los insumos utilizados de estas cuatro especies, se puede indicar que en la cuenca del Huasco se aplican los insumos que se indican en el **Cuadro 6.6.**

6.3.4. Limarí

En la cuenca del Limarí, los sistemas productivos de mayor importancia están basados en frutales, viñas y parronales que en conjunto conforman el 42,57% de la superficie cultivada en la cuenca, donde las especies de mayor importancia son uva de mesa y uva pisquera, con 12.888 ha (**Cuadro 6.7.**). Dentro de las forrajeras que en conjunto representan el 37,3% de la superficie cultivada en la cuenca, las especies de mayor importancia son atriplex y alfalfa. En el caso de las hortalizas que representan el 11,4% de la superficie, la especie de mayor relevancia es pimiento con el 27,85% dentro del rubro.

En los anexos, se presentan las fichas técnicas de uva de mesa y pisquera, alfalfa y pimiento.

Sobre la base de los insumos utilizados de estas cuatro especies, se puede indicar que, en la cuenca del Limarí, se aplican los insumos que se indican en el **Cuadro 6.8.**

6.3.5. Aconcagua

En la cuenca del Aconcagua, los sistemas productivos de mayor importancia están basados en frutales, con 28.181 ha, que representan el 50,7% de la superficie cultivada de la cuenca; seguido por hortalizas con el 19,2%; y el rubro forrajeras con 14,1% (**Cuadro 6.9.**). Las especies de mayor importancia de acuerdo a la superficie cultivada son uva de mesa, alfalfa, palto, duraznero, eucaliptus, nogales y trigo, cuyas planillas se anexan a este documento.

Sobre la base de los insumos utilizados de estas especies, se puede indicar que, en la cuenca del Aconcagua, se aplican los insumos que se indican en el **Cuadro 6.10.**

Cuadro 6.5. Estructura productiva en la cuenca del Huasco

III Región

Cuenca Huasco

Superficie: 985.000,00 há

Estructura Productiva	Total (ha)	% del Total
Cultivos	314,10	6,49
Hortalizas	824,70	17,03
Forrajeras	1.480,40	30,57
Frutales	2.222,70	45,91
Viñas y Parronales	565,30	11,68
Forestales	533,40	11,02
Total	4.841,90	100,00

Cultivos	314,10	100,00%
Trigo candeal	112,40	35,78
Papa	66,00	21,01
Maíz (grano seco)	49,90	15,89
Trigo blanco	38,80	12,35
Poroto de consumo interno	31,90	10,16

Hortalizas	824,70	100,00%
Arveja verde	338,60	41,06
Poroto verde	175,46	21,28
Choclo	63,80	7,74
Ají	43,34	5,26
Tomate de consumo fresco	38,89	4,72
Lechuga	20,10	2,44

Forrajeras	1.480,40	100,00%
Alfalfa	1.202,70	81,24
Mezcla de forrajeras anuales	105,20	7,11
Trébol alejandrino	91,60	6,19
Trébol rosado	30,70	2,07

Frutales	2.222,70	100,00%
Olivo	1.195,20	53,77
Uva de mesa	418,40	18,82
Palto	217,20	9,77
Huertos Caseros	140,90	6,34
Naranja	49,30	2,22
Limonero	46,20	2,08

Viñas y Parronales	565,30	100,00%
Pisqueras	504,00	89,16
Tintas	34,90	6,17
Blancas	18,30	3,24
País	8,10	1,43

Forestales	533,40	100,00%
Eucaliptus	495,10	92,82
Pino radiata	32,10	6,02

Cuadro 6.6. Insumos agrícolas aplicados en la cuenca del Huasco, III Región

INSUMOS	CANTIDAD	UNIDAD
Insecticidas y Fungicidas		
Insecticidas Piretroides	1.820	Kg ó L
Otros Insecticidas	27.924	Kg ó L
Fungicidas	26.806	Kg ó L
Aceites	108.095	L
Herbicidas		
Herbicidas	6.271	Kg ó L
Fertilizantes		
Nitrógeno (U/N)	378.958	Kg
Fósforo (U/P ₂ O ₅)	39.534	Kg
Potasio (U/K ₂ O)	34.523	Kg
Maquinaria		
Preparación de suelos	661	HT
Siembra	305	HT
Manejo de suelos	12.253	HT
Aplicación de plaguicidas y fertilizantes	24.955	HT
Labores de cosecha y acarreo	40.437	HT
Retiro e incorporación de poda	10.149	HT
Riegos		
Número de riegos promedio	6	Riegos/ha/temporada

Cuadro 6.7. Estructura productiva en la cuenca del Limarí

IV Región

Cuenca Limarí

Superficie: 1.176.000,00 há

Estructura Productiva	Total (ha)	% del Total
Cultivos	1.891,80	5,03
Hortalizas	4.286,70	11,40
Forrajeras	14.032,40	37,32
Frutales	9.661,10	25,70
Viñas y Parronales	6.343,70	16,87
Forestales	1.380,10	3,67
Total	37.595,80	100,00

Cultivos	1.891,80	100,00%
Papa	758,90	40,12
Trigo blanco	521,80	27,58
Maíz (grano seco)	210,60	11,13
Trigo candeal	176,10	9,31
Cebada forrajera	113,80	6,02

Hortalizas	4.286,70	100,00%
Pimiento	1.194,00	27,85
Alcachofa	602,80	14,06
Tomate de consumo fresco	416,70	9,72
Poroto verde	406,70	9,49
Pepino dulce	308,70	7,20
Choclo	287,70	6,71
Zapallito Italiano	189,90	4,43

Forrajeras	14.032,40	100,00%
Atriplex nomularia	10.698,70	76,24
Alfalfa	2.833,50	20,19
Mezclas de forrajeras	323,00	2,30
Trébol rosado	9,70	0,07

Frutales	9.661,10	100,00%
Uva de mesa	5.748,70	59,50
Huertos Caseros	889,00	9,20
Palto	782,30	8,10
Mandarina o clementina	428,70	4,44
Limonero	394,10	4,08
Duraznero	278,10	2,88
Almendro	229,30	2,37

Viñas y parronales	6.343,70	100,00%
Pisqueras	6.139,30	96,78
Tintas	157,00	2,47
Blancas	46,20	0,73

Forestales	1.380,10	100,00%
Eucaliptus	894,00	64,78
Otras especies	463,00	33,55
Alamo	14,10	1,02

Cuadro 6.8. Insumos agrícolas aplicados en la cuenca del Limarí, IV Región

INSUMOS	CANTIDAD	UNIDAD
Insecticidas y Fungicidas		
Insecticidas Piretroides	3.468	Kg ó L
Otros Insecticidas	243.530	Kg ó L
Fungicidas	641.256	Kg ó L
Regulador de crecimiento	2.009	Kg
Herbicidas		
Herbicidas	163.847	Kg ó L
Fertilizantes		
Nitrógeno (U/N)	2.155.924	Kg
Fósforo (U/P ₂ O ₅)	1.382.803	Kg
Potasio (U/K ₂ O)	1.324.294	Kg
Maquinaria		
Preparación de suelos	2.629	HT
Manejo de suelos	14.250	HT
Aplicación de plaguicidas y fertilizantes	226.131	HT
Labores de cosecha y acarreo	350.778	HT
Retiro e incorporación de poda	64.920	HT
Riegos		
Número de riegos promedio	10,5	Riegos/ha/temporada

Cuadro 6.9. Estructura productiva en la cuenca del Aconcagua

V Región
Cuenca Aconcagua Superficie: 716.300,00 há

Estructura Productiva	Total (ha)	% del Total
Cultivos	5.465,90	9,83
Hortalizas	10.693,90	19,22
Forrajeras	7.848,30	14,11
Frutales	28.181,10	50,66
Viñas y Parronales	424,20	0,76
Forestales	3.013,30	5,42
Total	55.626,70	100,00

Cultivos	5.465,90	100,00%
Trigo blanco	1.795,00	32,84
Maíz (grano seco)	1.110,60	20,32
Papa	1.063,20	19,45
Trigo candeal	686,00	12,55
Poroto de consumo interno	216,00	3,95

Hortalizas	10.693,90	100,00%
Tomate de consumo fresco	1.195,80	11,18
Choclo	1.025,80	9,59
Ajo	904,50	8,46
Cebolla de guarda	745,50	6,97
Lechuga	735,30	6,88
Repollo	699,30	6,54
Poroto granado	692,20	6,47
Zanahoria	659,90	6,17
Alcachofa	629,70	5,89

Forrajeras	7.848,30	100,00%
Alfalfa	6.519,80	83,07
Maíz para silo	298,70	3,81
Avena forrajera sola	261,60	3,33
Avena forrajera asociada	211,70	2,70
Mezcla de forrajeras anuales	158,10	2,01

Frutales	28.181,10	100,00%
Uva de mesa	10.475,10	37,17
Palto	5.879,00	20,86
Duraznero	3.211,20	11,39
Nogal	1.423,50	5,05
Limonero	712,60	2,53
Kiwi	671,30	2,38
Naranja	621,80	2,21
Nectarino	614,70	2,18

Viñas y parronales	424,20	100,00%
Tintas	288,80	68,08
Blancas	117,10	27,60
País	18,30	4,31

Forestales	3.013,30	100,00%
Eucaliptus	2.691,20	89,31
Otras especies	197,80	6,56
Alamo	63,30	2,10
Pino radiata	39,60	1,31

Cuadro 6.10. Insumos agrícolas aplicados en la cuenca del Aconcagua, V Región

INSUMOS	CANTIDAD	UNIDAD
Insecticidas y Fungicidas		
Insecticidas Piretroides	21.989	Kg ó L
Otros Insecticidas	273.767	Kg ó L
Fungicidas	1.276.052	Kg ó L
Regulador de crecimiento	4.366	Kg ó L
Aceite	254.770	Lt
Herbicidas		
Herbicidas	265.975	Kg ó Lt
Fertilizantes		
Nitrógeno (U/N)	7.261.762	Kg
Fósforo (U/P ₂ O ₅)	3.905.434	Kg
Potasio (U/K ₂ O)	3.463.605	Kg
Maquinaria		
Preparación de suelos	1.869	HT
Manejo de suelos	308.995	HT
Aplicación de plaguicidas y fertilizantes	508.016	HT
Labores de cosecha y acarreo	477.026	HT
Retiro e incorporación de poda	91.200	HT
Riegos		
Número de riegos promedio	8,1	Riegos/ha/temporada

6.3.6. Maipo

En la cuenca del Maipo, los sistemas productivos de mayor importancia están basados en frutales, con el 30,7% de los cultivos de la cuenca, forrajeras, cultivos y hortalizas, con el 20,5, 19,8 y 17,9% respectivamente (**Cuadro 6.11.**). Entre las especies de mayor importancia de acuerdo a la superficie cultivada son alfalfa (13,3%), trigo (10%), uva de mesa y vinífera (11,1%), maíz (5,8%), paltos (2,7%), nogales (2,6%) y eucaliptus (2,5%).

Sobre la base de los insumos utilizados de estas especies, se puede indicar que en la cuenca del Maipo se aplican los insumos que se indican en el **Cuadro 6.12.**

6.3.7. Rapel

En la cuenca del Rapel, los sistemas productivos de mayor importancia están basados en cultivos, con el 53,9%, de los cuales destaca la producción de maíz y trigo, con cerca del 90% de la superficie del rubro. Le sigue los sistemas de producción basados en frutales con 18,7% de la superficie total cultivada, donde destaca la especie manzana y uva de mesa (**Cuadro 6.13.**) Entre las especies de mayor importancia se pueden destacar maíz grano, trigo, alfalfa, manzana, vid vinífera, eucaliptus, pino y uva de mesa.

Sobre la base de los insumos utilizados de estas especies, se puede indicar que en la cuenca del Rapel se aplican los insumos que se indican en el **Cuadro 6.14.**

6.3.8. Maule

En la cuenca del Maule, los sistemas productivos de mayor importancia están basados en los rubros cultivos, con el 43,7%, forestales, con 22,7% y forrajeras con 17,1%, respecto de la superficie cultivada de la cuenca. Entre las especies de mayor incidencia respecto de la superficie total, es posible mencionar maíz (30,5%), trigo (18,2%), y en menor grado vid vinífera y uva de mesa (7,2%), eucaliptus y pino (7,3% en conjunto), manzano (4,8%) (**Cuadro 6.15.**).

Sobre la base de los insumos utilizados de estas especies, se puede indicar que, en la cuenca del Maule, se aplican los insumos que se individualizan en el **Cuadro 6.16.**

6.3.9. Itata

En la cuenca del Itata, los sistemas productivos de mayor importancia son aquellos basados en cultivos y especies forestales, con el 43,9 y el 36,6%, de la superficie cultivada de la cuenca (**Cuadro 6.17.**). Entre las especies de mayor importancia se destacan los cereales, como trigo, avena y cebada; las especies forestales como pino y eucaliptus; praderas; vid vinífera, y remolacha.

Cuadro 6.11. Estructura productiva en la cuenca del Maipo, Región Metropolitana

Región Metropolitana
Cuenca Maipo

Superficie: 1.538.000,00 há

Estructura Productiva	Total (ha)	% del Total
Cultivos	27.633,00	19,78
Hortalizas	24.959,50	17,86
Forrajeras	28.661,90	20,51
Frutales	42.834,70	30,66
Viñas y Parronales	6.403,10	4,58
Forestales	9.222,60	6,60
Total	139.714,80	100,00

Cultivos	27.633,00	100,00%
Trigo candeal	9.909,00	35,86
Maíz (grano seco)	8.160,50	29,53
Trigo blanco	4.108,90	14,87
Papa	3.703,60	13,40

Hortalizas	24.959,50	100,00%
Zapallo temprano y guarda	2.780,30	11,14
Lechuga	2.483,80	9,95
Choclo	2.028,20	8,13
Cebolla de guarda	1.685,80	6,75
Tomate de consumo fresco	1.621,50	6,50
Poroto granado	1.534,50	6,15
Poroto verde	1.454,90	5,83

Forrajeras	28.661,90	100,00%
Alfalfa	18.539,80	64,68
Maíz para silo	2.612,00	9,11
Mezclas de forrajeras permanentes y de rotación	1.864,60	6,51
Avena forrajera sola	1.113,20	3,88
Avena forrajera asociada	990,60	3,46
Trébol alejandrino	454,10	1,58
Mezcla de forrajeras anuales	310,10	1,08

Frutales	42.834,70	100,00%
Uva de mesa	9.114,70	21,28
Palto	3.836,00	8,96
Nogal	3.640,10	8,50
Limonero	3.395,50	7,93
Duraznero	3.254,00	7,60
Almendro	2.703,90	6,31
Ciruelo europeo	2.680,50	6,26
Nectarino	2.317,40	5,41
Ciruelo japonés	2.151,10	5,02
Naranja	2.030,60	4,74

Viñas y parronales	6.403,10	100,00%
Tintas	4.265,80	66,62
Blancas	2.112,00	32,98

Forestales	9.222,60	100,00%
Otras especies	5.536,80	60,04
Eucaliptus	3.501,20	37,96
Alamo	150,20	1,63

Cuadro 6.12. Insumos agrícolas aplicados en la cuenca del Maipo, Región Metropolitana

INSUMOS	CANTIDAD	UNIDAD
Insecticidas y Fungicidas		
Insecticidas Piretroides	51.031	Kg ó L
Otros Insecticidas	337.192	Kg ó L
Fungicidas	1.602.832	Kg ó L
Regulador de crecimiento	4.549	Kg ó L
Aceite	310.920	Lt
Herbicidas		
Herbicidas	403.637	Kg ó Lt
Fertilizantes		
Nitrógeno (U/N)	15.791.520	Kg
Fósforo (U/P ₂ O ₅)	4.627.411	Kg
Potasio (U/K ₂ O)	3.256.532	Kg
Maquinaria		
Siembra	5.091	HT
Preparación de suelos	20.363	HT
Manejo de suelos	342.819	HT
Aplicación de plaguicidas y fertilizantes	1.306.529	HT
Labores de cosecha y acarreo	446.583	HT
Retiro e incorporación de poda	275.850	HT
Riegos		
Número de riegos promedio	11	Riegos/ha/temporada

Cuadro 6.13. Estructura productiva en la cuenca del Rapel, VI Región

VI Región
Cuenca Rapel

Superficie: 1.417.700,00 há

Estructura Productiva	Total (ha)	% del Total
Cultivos	148.340,50	53,90
Hortalizas	17.962,90	6,53
Forrajeras	20.320,20	7,38
Frutales	51.441,30	18,69
Viñas y Parronales	11.879,50	4,32
Forestales	25.265,50	9,18
Total	275.209,90	100,00

Cultivos	148.340,50	100,00%
Maíz (grano seco)	84.070,60	56,67
Trigo blanco	27.987,30	18,87
Trigo candeal	22.189,50	14,96
Arroz (con cáscara)	3.714,90	2,50
Remolacha azucarera	2.960,70	2,00
Tabaco	2.629,30	1,77

Hortalizas	17.962,90	100,00%
Tomate industrial	3.366,30	18,74
Choclo	3.336,80	18,58
Sandía	1.764,40	9,82
Melón	1.390,90	7,74
Tomate de consumo fresco	1.370,80	7,63
Huerta casera	915,10	5,09
Cebolla de guarda	906,90	5,05
Zapallo temprano y guarda	825,60	4,60
Arveja verde	750,30	4,18

Forrajeras	20.320,20	100,00%
Alfalfa	8.734,70	42,99
Mezclas de forrajeras permanentes y de rotación	4.170,20	20,52
Maíz para silo	1.474,00	7,25
Trébol rosado	1.371,90	6,75
Avena forrajera asociada	1.213,80	5,97
Avena forrajera sola	1.012,80	4,98

Frutales	51.441,30	100,00%
Manzano rojo	8.671,10	16,86
Uva de mesa	7.860,70	15,28
Manzano verde	4.503,80	8,76
Peral europeo	4.286,10	8,33
Naranja	4.007,70	7,79
Duraznero	3.850,90	7,49
Círuelo europeo	2.626,20	5,11
Nectarino	2.479,70	4,82

Viñas y parronales	11.879,50	100,00%
Tintas	8.311,40	69,96
Blancas	3.133,10	26,37
País	435,00	3,66

Forestales	25.265,50	100,00%
Eucaliptus	11.102,00	43,94
Pino radiata	9.156,60	36,24
Otras especies	2.321,30	9,19
Alamo	2.104,60	8,33

Cuadro 6.14. Insumos agrícolas aplicados en la cuenca del Rapel, Sexta Región

INSUMOS	CANTIDAD	UNIDAD
Insecticidas y Fungicidas		
Insecticidas Piretroides	11.029	Kg ó L
Otros Insecticidas	485.567	Kg ó L
Fungicidas	1.518.936	Kg ó Lt
Regulador de crecimiento	11.889	Kg ó L
Aceite	554.541	Lt
Herbicidas		
Herbicidas	446.849	Kg ó Lt
Fertilizantes		
Nitrógeno (U/N)	6.364.800	Kg
Fósforo (U/P ₂ O ₅)	1.588.147	Kg
Potasio (U/K ₂ O)	1.268.312	Kg
Maquinaria		
Siembra		HT
Preparación de suelos		HT
Manejo de suelos	317.129	HT
Aplicación de plaguicidas y fertilizantes	1.480.590	HT
Labores de cosecha y acarreo	1.043.539	HT
Retiro e incorporación de poda	331.394	HT
Riegos		
Número de riegos promedio	12	Riegos/ha/temporada

Cuadro 6.15. Estructura productiva en la cuenca del Maule, VII Región

VII Región

Cuenca Maule

Superficie: 2.096.500,00 há

Estructura Productiva	Total (ha)	% del Total
Cultivos	119.727,40	43,72
Hortalizas	11.879,40	4,34
Forrajeras	46.830,40	17,10
Frutales	14.777,10	5,40
Viñas y Parronales	18.613,50	6,80
Forestales	62.042,40	22,65
Total	273.870,20	100,00

Cultivos	119.727,40	100,00%
Trigo blanco	48.000,60	40,09
Arroz (con cáscara)	20.042,30	16,74
Remolacha azucarera	14.128,60	11,80
Maíz (grano seco)	10.754,60	8,98
Poroto de consumo interno	7.626,60	6,37
Papa	4.321,40	3,61
Poroto de exportación	3.720,50	3,11

Hortalizas	11.879,40	100,00%
Tomate industrial	2.458,60	20,70
Choclo	1.145,60	9,64
Huerta casera	1.130,10	9,51
Sandía	1.095,90	9,23
Melón	933,30	7,86
Tomate de consumo fresco	839,70	7,07
Espárrago	835,50	7,03

Forrajeras	46.830,40	100,00%
Mezclas de forrajeras permanentes y de rotación	20.242,00	43,22
Trébol rosado	9.032,90	19,29
Alfalfa	6.085,70	13,00
Maíz para silo	3.056,80	6,53
Mezcla de forrajeras anuales	2.061,30	4,40
Avena forrajera sola	1.464,90	3,13

Frutales	14.777,10	100,00%
Manzano rojo	7.445,40	50,38
Frambuesa	2.149,80	14,55
Kiwi	1.211,70	8,20
Peral europeo	1.153,30	7,80
Manzano verde	1.093,20	7,40

Viñas y parronales	18.613,50	100,00%
País	9.306,40	50,00
Tintas	4.944,20	26,56
Blancas	4.362,90	23,44

Forestales	62.042,40	100,00%
Pino radiata	47.701,00	76,88
Eucaliptus	10.560,20	17,02
Raulí	1.165,00	1,88
Alamo	1.007,60	1,62

Cuadro 6.16. Insumos aplicados en la cuenca del Maule, Séptima Región

INSUMOS	CANTIDAD	UNIDAD
Insecticidas y Fungicidas		
Insecticidas Piretroides	33.873	Kg ó L
Otros Insecticidas	425.952	Kg ó L
Fungicidas	1.047.734	Kg ó L
Regulador de crecimiento	6.556	Kg ó L
Aceite	393.375	Lt
Herbicidas		
Herbicidas	1.638.951	Kg ó Lt
Fertilizantes		
Nitrógeno (U/N)	22.893.784	Kg
Fósforo (U/P ₂ O ₅)	9.720.705	Kg
Potasio (U/K ₂ O)	-	Kg
Cal	130.180.800	Kg
Boro	433.936	Kg
Maquinaria		
Siembra	10.379	HT
Preparación de suelos	507.205	HT
Manejo de suelos	529.329	HT
Aplicación de plaguicidas y fertilizantes	2.174.214	HT
Labores de cosecha y acarreo	675.079	HT
Retiro e incorporación de poda	418.328	HT
Riegos		
Número de riegos promedio	10	Riegos/ha/temporada

Cuadro 6.17. Estructura productiva en la cuenca del Itata, VIII Región

VIII Región
Cuenca Itata

Superficie: 1.109.000,00 há

Estructura Productiva	Total (ha)	% del Total
Cultivos	111.280,80	43,88
Hortalizas	5.205,00	2,05
Forrajeras	26.779,40	10,56
Frutales	4.628,50	1,83
Viñas y Parronales	12.828,30	5,06
Forestales	92.858,00	36,62
Total	253.580,00	100,00

Cultivos	111.280,80	100,00%
Trigo blanco	61.271,90	55,06
Avena (grano seco)	18.578,70	16,70
Remolacha azucarera	10.463,10	9,40
Cebada cervecera	2.878,00	2,59
Poroto de consumo interno	2.844,20	2,56
Lenteja	2.435,50	2,19
Raps	2.009,50	1,81

Hortalizas	5.205,00	100,00%
Espárrago	1.382,50	26,56
Huerta casera	1.122,80	21,57
Choclo	786,80	15,12
Zanahoria	516,50	9,92
Tomate de consumo fresco	288,60	5,54
Poroto verde	256,60	4,93
Arveja verde	232,80	4,47
Poroto granado	126,40	2,43

Forrajeras	26.779,40	100,00%
Mezclas de forrajeras permanentes y de rotación	6.139,30	22,93
Trébol rosado	3.706,30	13,84
Avena forrajera sola	3.341,10	12,48
Alfalfa	3.212,70	12,00
Trébol subterráneo	2.363,40	8,83
Maíz para silo	2.027,20	7,57
Avena forrajera asociada	1.954,80	7,30

Frutales	4.628,50	100,00%
Frambuesa	1.224,30	26,45
Guindo dulce o cerezo	759,20	16,40
Manzano rojo	745,70	16,11
Huertos Caseros	549,90	11,88
Peral europeo	242,80	5,25
Manzano verde	229,60	4,96
Castaño	196,60	4,25
Kiwi	188,30	4,07

Viñas y parronales	12.828,30	100,00%
Blancas	6.885,70	53,68
Tintas	1.381,50	10,77
País	4.561,10	35,55

Forestales	92.858,00	100,00%
Pino radiata	72.478,90	78,05
Eucaliptus	16.309,50	17,56
Otras especies	1.948,40	2,10

Sobre la base de los insumos utilizados de estas especies, se puede indicar que, en la cuenca del Itata, se aplican los insumos que se individualizan en el **Cuadro 6.18**.

6.3.10. Imperial

En la cuenca del Imperial, los sistemas productivos están estructurados en base a cereales, praderas y especies forestales. Entre los cereales destacan trigo y avena, con el 34,6% de la superficie de la cuenca, le siguen pino y eucaliptus, con un 31,7%, y las praderas con un 17,9% (**Cuadro 6.19**).

Sobre la base de los insumos utilizados de estas especies, se puede indicar que en la cuenca del Imperial se aplican los insumos que se detallan en el **Cuadro 6.20**.

6.3.11. Bueno

En la cuenca del Bueno, los rubros predominantes son las especies forrajeras con un 57,8%, los cultivos, con un 22,5%, y los forestales con un 16,1% de la superficie cultivada de la cuenca (**Cuadro 6.21**). Entre las forrajeras destacan principalmente mezclas de especies de tipo permanente y de rotación corta, mientras que en caso de los cultivos destacan los cereales, como trigo y avena, con el 61,8% del rubro; destacan también en este rubro, papa y remolacha. Entre las especies forestales, el 85% está conformado por pino y eucaliptus.

Sobre la base de los insumos utilizados de estas especies, se puede indicar que, en la cuenca del Bueno, se aplican los insumos que se detallan en el **Cuadro 6.22**.

6.3.12. Aysén

En la cuenca del Aysén, con una muy baja superficie agrícola, los rubros predominantes son las forrajeras con un 56,4%, y las especies forestales, con un 37,6% de la superficie cultivada de la cuenca (**Cuadro 6.23**).

Entre las especies forrajeras, destacan principalmente mezclas de especies de tipo permanente y de rotación corta, mientras que en caso de los forestales, destacan plantaciones de especies nativas, fundamentalmente, *Notophagus pumilio* (lenga) y, en menor proporción, *Pseudotsuga menziesii* (pino oregón). En este región, no hubo adaptación positiva del *Pinus radiata*.

Debido a que el sistema productivo predominante en la región, se basa en el establecimiento de especies nativas y de forrajeras cuyo uso es, fundamentalmente, a través de pastoreo directo, ambos de carácter absolutamente extensivo, se asume que la utilización o el empleo de fertilizantes, plaguicidas y otros insumos agrícolas es marginal, no representando un riesgo para la contaminación difusa de la cuenca, toda vez que esta cuenta con una alta capacidad de dilución.

Cuadro 6.18. Insumos agrícolas aplicados en la cuenca del Itata, Octava Región

INSUMOS	CANTIDAD	UNIDAD
Insecticidas y Fungicidas		
Insecticidas Piretroides	37.649	Kg ó L
Otros Insecticidas	77.343	Kg ó L
Fungicidas	450.701	Kg/Lt
Herbicidas		
Herbicidas	571.862	Kg ó Lt
Fertilizantes		
Nitrógeno (U/N)	39.319.451	Kg
Fósforo (U/P ₂ O ₅)	9.366.707	Kg
Cal	72.787.800	Kg
Boro	242.626	Kg
Maquinaria		
Siembra	3.033	HT
Preparación de suelos	76.172	HT
Manejo de suelos	267.356	HT
Aplicación de plaguicidas y fertilizantes	1.184.866	HT
Labores de cosecha y acarreo	354.460	HT
Retiro e incorporación de poda	190.382	HT
Riegos		
Número de riegos promedio	6	Riegos/ha/temporada

Cuadro 6.19. Estructura productiva en la cuenca del Imperial, IX Región

IX Región
Cuenca Imperial

Superficie: 1.205.400,00 há

Estructura Productiva	Total (ha)	% del Total
Cultivos	163523,0	44,41
Hortalizas	12423,0	3,37
Forrajeras	65766,6	17,86
Frutales	4324,3	1,17
Viñas y Parronales	8,4	0,00
Forestales	122162,6	33,18
Total	368207,9	100,00

Cultivos	163523,0	100%
Trigo blanco	93660,9	57,28
Avena (grano seco)	33729,7	20,63
Papa	9042,2	5,53
Lupino (grano seco)	8584,6	5,25
Cebada cervecera	6134	3,75
Triticale	3272,7	2,00

Hortalizas	12423,0	100%
Huerta casera	9755	78,52
Arveja verde	972	7,82
Zanahoria	316	2,54
Poroto verde	269	2,17
Choclo	246	1,98
Poroto granado	230	1,85
Haba	173	1,39

Forrajeras	65766,6	100%
Mezclas forrajeras permanentes y rotación	25300,8	38,47
Trébol rosado	10948,2	16,65
Avena forrajera sola	9497,9	14,44
Avena forrajera asociada	6101,1	9,28
Ballicas anuales	3340,5	5,08
Mezcla de forrajeras anuales	3224,5	4,90
Ballica inglesa o perenne	2258,5	3,43

Frutales	4324,3	100%
Huertos Caseros	2572,5	59,49
Manzano rojo	750,1	17,35
Manzano verde	422,2	9,76
Frambuesa	196,2	4,54
Rosa mosqueta	176,5	4,08

Viñas y parronales	8,4	100%
Blancas	8,3	98,81

Forestales	122162,6	100%
Pino radiata	87646,9	71,75
Eucaliptus	29050	23,78
Pino oregon	2295	1,88

Cuadro 6.20. Insumos agrícolas aplicados en la cuenca del Imperial, Novena Región

INSUMOS	CANTIDAD	UNIDAD
Insecticidas y Fungicidas		
Insecticidas Piretroides	70.337	Kg ó L
Fungicidas	136.244	Kg ó L
Herbicidas		
Herbicidas	342.944	Kg ó Lt
Fertilizantes		
Nitrógeno (U/N)	58.433.336	Kg
Fósforo (U/P ₂ O ₅)	13.927.116	Kg
Maquinaria		
Preparación de suelos	90.829	HT
Manejo de suelos	45.415	HT
Aplicación de plaguicidas y fertilizantes	590.389	HT
Labores de cosecha y acarreo	742.446	HT
Riegos		
Número de riegos promedio		Riegos/ha/temporada

Cuadro 6.21. Estructura productiva en la cuenca del Bueno, X Región

X Región

Cuenca Bueno

Superficie: 1.721.000,00 há

Estructura Productiva	Total (ha)	% del Total
Cultivos	49.675,30	22,49
Hortalizas	2.573,70	1,17
Forrajeras	127.609,40	57,78
Frutales	5.537,90	2,51
Viñas y Parronales	0,00	0,00
Forestales	35.476,70	16,06
Total	220.873,00	100,00

Cultivos	49.675,30	100,00%
Trigo blanco	21.876,10	44,04
Papa	9.576,20	19,28
Avena (grano seco)	8.804,00	17,72
Remolacha azucarera	6.822,20	13,73
Raps	5.063,90	10,19
Triticale	1.577,40	3,18

Hortalizas	2.573,70	100,00%
Huerta casera	1.956,80	76,03
Arveja verde	150,80	5,86
Choclo	150,80	5,86
Zanahoria	69,00	2,68
Haba	52,20	2,03
Poroto verde	39,70	1,54

Forrajeras	127.609,40	100,00%
Mezclas de forrajeras permanentes y de rotación	85.241,80	66,80
Avena forrajera asociada	10.579,00	8,29
Ballicas anuales	6.117,80	4,79
Ballica inglesa o perenne	5.180,20	4,06
Trébol rosado	4.871,20	3,82
Alfalfa	4.624,70	3,62
Avena forrajera sola	4.124,90	3,23

Frutales	5.537,90	100,00%
Huertos Caseros	4.071,20	73,52
Frambuesa	701,50	12,67
Arándano	331,10	5,98
Manzano verde	165,90	3,00
Manzano rojo	151,40	2,73

Forestales	35.476,70	100,00%
Eucaliptus	15.526,70	43,77
Pino radiata	14.681,40	41,38
Pino oregón	1.842,60	5,19
Otras especies	1.420,40	4,00

Cuadro 6.22. Insumos agrícolas aplicados en la cuenca del Bueno, Décima Región

INSUMOS	CANTIDAD	UNIDAD
Insecticidas y Fungicidas		
Insecticidas Piretroides	132.784	Kg ó L
Otros Insecticidas	206.458	Kg ó L
Fungicidas	29.765	Kg ó L
Herbicidas		
Herbicidas	273.273	Kg ó Lt
Fertilizantes		
Nitrógeno (U/N)	15.551.034	Kg
Fósforo (U/P ₂ O ₅)	5.456.868	Kg
Potasio (U/K ₂ O)	-	Kg
Cal	44.125.200	Kg
Boro	147.084	Kg
Maquinaria		
Siembra o plantación	7.000	HT
Preparación de suelos	48.862	HT
Manejo de suelos	21.857	HT
Aplicación de plaguicidas y fertilizantes	141.485	HT
Labores de cosecha y acarreo	1.306.819	HT
Retiro e incorporación de poda	-	HT

Cuadro 6.23. Estructura productiva en la cuenca del Aysén, XI Región

XI Región
Cuenca Aysén

Superficie: 1.164.700,00 há

Estructura Productiva	Total (ha)	% del Total
Cultivos	1.112,20	5,67
Hortalizas	72,60	0,37
Forrajeras	11.063,30	56,36
Frutales	4,30	0,02
Viñas y Parronales	0,00	0,00
Forestales	7.376,00	37,58
Total	19.628,40	100,00

Cultivos	1.112,20	100,00%
Avena (grano seco)	730,90	65,72
Papa	284,80	25,61
Trigo blanco	71,20	6,40
Cebada cervecera	21,30	1,92

Hortalizas	72,60	100,00%
Huerta casera	36,40	50,14
Zanahoria	16,90	23,28
Arveja verde	6,70	9,23
Haba	5,50	7,58
Ajo	4,20	5,79

Forrajeras	11.063,30	100,00%
Mezclas forrajeras permanentes y rotación	8.703,20	78,67
Trébol rosado	646,50	5,84
Avena forrajera sola	519,10	4,69
Pasto miel	419,00	3,79
Pasto ovillo	320,00	2,89
Otras	240,50	2,17

Frutales	4,30	100,00%
Manzano rojo	1,80	41,86
Ciruelo europeo	1,30	30,23
Guindo dulce o cerezo	0,60	13,95

6.4. Sistemas productivos, por áreas seleccionadas

En cada una de las cuencas definidas para este estudio, se definieron los principales sistemas productivos, los que comprometieron sobre el 80% de la superficie cultivada en cada una de ellas. Posteriormente, y de acuerdo a las Fichas Técnicas (se adjuntan a este informe) que sistematizan las prácticas de manejo agronómico de cada especie o cultivo que conforman los sistemas de producción, se seleccionaron para cada caso los plaguicidas residuales aplicados al suelo, así como los elementos fertilizantes incorporados, tales como nitrógeno, fósforo, potasio, boro y guano animal.

La información sobre uso del suelo, en las áreas seleccionadas, se presenta en los cuadros 6.24. a 6.35.

En el caso de los plaguicidas, se consideraron principalmente productos del grupo de los insecticidas y herbicidas residuales. A este respecto, se debe señalar que dado la dificultad que significa identificar con exactitud toda la gama de productos utilizados y que se encuentran disponibles en el mercado, se ha tratado mas bien de tipificar en función de grandes grupos de productos. A modo de ejemplo, se puede indicar que para el caso de las leguminosas se ha indicado para el control de malezas un herbicida como Linuron, sin embargo se podría haber utilizado también Trifluralina, o Metabenzthiazuron, entre otros productos residuales.

A continuación, se presenta para cada cuenca seleccionada un consolidado con los insumos utilizados y que por su residualidad podrían constituir un riesgo de contaminación de suelos y de las aguas subsuperficiales. Esta situación será analizada en detalle en los capítulos que tratan en mayor profundidad los efectos de los herbicidas residuales aplicados al suelo, así como el efecto de los fertilizantes comerciales aplicados a cada cultivo. En los Anexos se presentan los insumos utilizados por los cultivos principales de cada sistema de producción, a nivel de las comunas que integran cada cuenca.

Los cuadros 6.36. a 6.47. entregan la información totalizada sobre insumos aplicados por área seleccionada. No se puede olvidar que el área compuesta por la suma de comunas no es igual al área de la zona seleccionada pero no es posible ajustar mejor la información, ya que las estadísticas silviagropecuarias vienen sobre la base de comunas.

Cuadro 6.24. Uso silviagropecuario del suelo (ha), en las comunas que componen la
Cuenca de la Quebrada de Camarones, I Región

Provincia/Comuna	Uso del suelo (ha)											Total
	Cereales	Chacras	Industriales	Hortalizas	Flores	Forrajeras	Frutales	Viñas	Viveros	Semilleros	Forestales	
Arica	0,0	2,2	1,0	38,6	0,0	817,3	121,3	36,3	0,0	2,5	0,0	1.019,2
Camarones	0,0	2,2	1,0	38,6	0,0	817,3	121,3	36,3	0,0	2,5	0,0	1.019,2
Iquique	0,6	1,2	0,0	429,3	0,6	259,6	66,8	0,0	0,0	0,1	0,0	758,2
Huara	0,1	0,5	0,0	146,5	0,6	198,0	62,0	0,0	0,0	0,1	0,0	407,8
Camiña	0,5	0,7	0,0	282,8	0,0	61,6	4,8	0,0	0,0	0,0	0,0	350,4
Total	0,6	3,4	1,0	467,9	0,6	1.076,9	188,1	36,3	0,0	2,6	0,0	1.777,4

Cuadro 6.25. Uso silviagropecuario del suelo (ha), en las comunas que componen la
Cuenca del río Loa, II Región

Provincia/Comuna	Uso del suelo (ha)											Total
	Cereales	Chacras	Industriales	Hortalizas	Flores	Forrajeras	Frutales	Viñas	Viveros	Semilleros	Forestales	
Tocopilla	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	22,3	0,0	0,0	0,0	0,0	5,6	28,9
Tocopilla	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
María Elena	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	22,3	0,0	0,0	0,0	0,0	5,6	28,9
El Loa	16,2	0,8	0,0	414,3	3,5	608,3	13,7	0,0	0,0	0,2	40,8	1.097,8
Calama	16,2	0,8	0,0	414,3	3,5	608,3	13,7	0,0	0,0	0,2	40,8	1.097,8
Total	16,2	0,8	0,0	415,3	3,5	630,6	13,7	0,0	0,0	0,2	46,4	1.126,7

Cuadro 6.26. Uso silviagropecuario del suelo (ha), en las comunas que componen la Cuenca del río Huasco, III Región

Provincia/Comuna	Uso del suelo (ha)												Total
	Cereales	Chacras	Industriales	Hortalizas	Flores	Forrajerías	Frutales	Viñas	Viveros	Semilleros	Forestales	Total	
Huasco	215,1	99,0	0,0	824,7	33,4	1.499,4	2.222,7	565,3	3,7	9,0	533,4	6.005,7	
Vallenar	160,0	56,3	0,0	436,9	30,6	836,7	274,0	163,0	3,0	7,0	253,3	2.220,8	
Freirina	0,4	14,1	0,0	163,4	1,9	325,5	301,5	0,1	0,5	0,0	170,3	977,7	
Huasco	1,6	1,5	0,0	19,5	0,3	25,2	906,6	3,3	0,0	0,0	57,5	1.015,5	
Alto del Carmen	53,1	27,1	0,0	204,9	0,6	312,0	740,6	398,9	0,2	2,0	52,3	1.791,7	
Total	215,1	99,0	0,0	824,7	33,4	1.499,4	2.222,7	565,3	3,7	9,0	533,4	6.005,7	

Cuadro 6.27. Uso silviagropecuario del suelo (ha), en las comunas que componen la sección seleccionada de la Cuenca del Huasco, III Región

Provincia/Comuna	Uso del suelo (ha)												Total
	Cereales	Chacras	Industriales	Hortalizas	Flores	Forrajerías	Frutales	Viñas	Viveros	Semilleros	Forestales	Total	
Limarí	240,0	80,3	0,0	476,9	0,5	1.085,4	5.731,4	1.684,1	2,5	0,5	136,6	9.438,1	
Río Hurtado	6,6	10,8	0,0	16,9	0,0	441,3	205,6	345,2	0,0	0,0	41,6	1.068,0	
Monte Patria	35,6	63,7	0,0	404,7	0,3	572,6	4.628,0	1.264,5	1,2	0,5	67,8	7.038,9	
Combarbalá	197,8	5,8	0,0	55,3	0,2	71,5	897,8	74,4	1,3	0,0	27,2	1.331,2	
Total	240,0	80,3	0,0	476,9	0,5	1.085,4	5.731,4	1.684,1	2,5	0,5	136,6	9.438,1	

Cuadro 6.28. Uso silviagropecuario del suelo (ha), en las comunas que componen los sectores seleccionados de la Cuenca del Aconcagua, V Región

Provincia/Comuna	Uso del suelo (ha)											Total
	Cereales	Chacras	Industriales	Hortalizas	Flores	Forrajeras	Frutales	Viñas	Viveros	Semilleros	Forestales	
Los Andes	1068,4	121,7	156,5	362,3	3,1	1325,5	7957,9	31,4	22,3	54,9	100,3	11.204,3
Los Andes	200,2	18,3	21,9	33,4	0,2	256,5	1151,9	3,0	0,9	7,0	31,2	1.724,5
San Esteban	513,0	46,4	36,0	169,6	0,5	479,3	3019,9	24,3	11,5	1,0	32,4	4.333,9
Calle Larga	217,9	47,6	56,9	89,5	2,1	399,6	2202,2	1,0	9,9	8,4	16,1	3.051,2
Rinconada	137,3	9,4	41,7	69,8	0,3	190,1	1583,9	3,1	0,0	38,5	20,6	2.094,7
San Felipe de Aconcagua	1510,7	618,8	258,6	3503,2	20,6	3554,6	10391,3	228,0	82,7	31,8	505,6	20.705,9
San Felipe	331,5	51,7	62,7	311,8	0,9	797,7	3364,4	57,8	19,8	2,3	66,8	5.067,4
Santa María	194,5	8,3	9,2	102,2	0,0	256,8	3448,7	0,0	44,9	7,2	10,2	4.082,0
Panquehue	468,3	70,8	7,3	502,8	10,3	615,5	1550,6	147,7	15,4	7,8	122,4	3.518,9
Llailay	196,7	299,7	5,5	1501,6	3,6	689,9	1293,8	22,0	2,6	12,5	107,4	4.135,3
Catemu	319,7	188,3	173,9	1084,8	5,8	1194,7	733,8	0,5	0,0	2,0	198,8	3.902,3
Quillota	627,1	486,0	35,2	5195,0	650,3	1776,8	6661,0	71,6	63,7	193,0	1098,9	16.858,6
Quillota	43,7	15,3	5,7	2712,2	60,8	736,2	1787,8	0,0	14,8	101,5	602,8	6.080,8
La Cruz	0,0	1,3	0,0	311,4	67,7	32,4	2025,2	0,0	14,2	20,9	26,2	2.499,3
La Calera	22,1	9,7	0,0	153,2	65,6	15,6	434,3	0,0	5,8	2,6	78,4	787,3
Nogales	462,3	239,5	4,6	741,0	60,9	633,0	955,4	28,8	4,6	40,2	42,9	3.213,2
Hijuelas	99,0	220,2	24,9	1.277,2	395,3	359,6	1.458,3	42,8	24,3	27,8	348,6	4.278,0
Total	3.206,2	1.226,5	450,3	9.060,5	674,0	6.656,9	25.010,2	331,0	168,7	279,7	1.704,8	48.768,8

Cuadro 6.29. Uso silviagropecuario del suelo (ha), en las comunas que componen la sección seleccionada de la Cuenca del Maipo, RM

Provincia/Comuna	Uso del suelo (ha)											Total
	Cereales	Chacras	Industriales	Hortalizas	Flores	Forrageras	Frutales	Viñas	Viveros	Semilleros	Forestales	
Maipo	6.473,5	1.124,2	19,2	4.884,0	99,0	3.676,8	17.562,9	2.327,7	372,4	1.443,8	2.504,4	40.487,9
San Bernardo	919,5	229,7	3,0	530,6	23,0	911,8	3.193,8	240,0	69,8	170,8	69,6	6.361,6
Buín	1.629,7	513,6	0,0	1.091,9	25,0	504,4	5.951,9	1.594,4	207,1	415,3	29,2	11.962,5
Paine	3.588,0	344,9	16,2	2.934,9	13,0	1.483,4	5.983,8	411,6	94,8	755,7	2.370,9	17.997,2
Calera de Tango	336,3	36,0	0,0	326,6	38,0	777,2	2.433,4	81,7	0,7	102,0	34,7	4.166,6
Melipilla	7.396,4	1.057,2	1,7	3.859,3	6,7	8.896,4	6.901,0	410,7	35,9	1.057,8	1.096,4	30.719,5
Melipilla	7.396,4	1.057,2	1,7	3.859,3	6,7	8.896,4	6.901,0	410,7	35,9	1.057,8	1.096,4	30.719,5
Talagante	2.641,9	592,3	37,0	3.463,0	16,4	2.634,5	5.859,9	1.791,3	18,3	634,6	700,2	18.389,4
Talagante	1.073,3	216,0	0,0	955,1	7,3	1.306,3	2.316,7	210,1	14,2	135,6	191,6	6.426,2
Isla de Maipo	814,6	101,1	37,0	650,9	7,4	386,8	2.700,1	1.485,4	3,6	354,7	375,0	6.916,6
El Monte	754,0	275,2	0,0	1.857,0	1,7	941,4	843,1	95,8	0,5	144,3	133,6	5.046,6
Total	16.511,8	2.773,7	57,9	12.206,3	122,1	15.207,7	30.323,8	4.529,7	426,6	3.136,2	4.301,0	89.596,8

Cuadro 6.30. Uso silviagropecuario del suelo (ha), en las comunas que componen la sección seleccionada de la Cuenca del Rapel, VI Región

Provincia/Comuna	Uso del suelo (ha)											Total
	Cereales	Chacras	Industriales	Hortalizas	Flores	Forrageras	Frutales	Viñas	Viveros	Semilleros	Forestales	
Cachapoal	35.039,6	1.693,9	778,8	11.053,1	9,6	6.949,0	34.695,4	4.373,8	156,3	3.663,2	5.359,9	103.772,6
Rancagua	2.907,9	247,3	31,8	537,1	0,1	619,1	3.681,1	847,6	32,2	1.094,1	27,5	10.025,8
Graneros	1.970,8	57,0	0,0	287,2	0,7	240,3	2.603,4	144,7	2,9	687,1	535,7	6.529,8
Olivar	210,0	51,7	0,0	301,5	0,0	176,4	2.090,8	144,4	6,6	10,6	56,2	3.048,2
Requínoa	1.767,3	205,4	64,5	1.080,7	0,0	1.089,3	5.411,8	1.060,3	43,4	634,6	55,3	11.412,6
Rengo	3.973,4	141,3	137,9	1.495,1	0,5	708,5	5.693,4	324,0	10,2	660,9	824,4	13.969,6
Malloa	2.994,9	82,3	141,9	774,8	4,7	559,6	1.083,6	206,3	0,6	127,8	271,7	6.248,2
Quinta de Tilcoco	2.879,7	52,6	40,8	1.258,1	0,0	67,5	717,3	66,0	0,0	84,3	84,1	5.250,4
San Vicente de Tagua-Tagua	7.767,1	63,2	330,9	2.231,6	0,9	1.185,9	4.014,4	274,7	10,2	114,1	519,4	16.512,4
Pichidegua	7.094,2	135,9	20,7	1.239,7	1,9	1.352,7	1.610,3	129,4	5,4	218,0	605,5	12.413,7
Peumo	554,3	24,2	0,0	83,0	0,1	97,6	4.282,7	1.026,2	6,7	26,2	246,8	6.347,9
Coltauco	1.865,9	209,7	9,3	683,5	0,0	377,1	2.713,4	130,1	17,9	1,2	886,3	6.894,4
Coinco	765,2	94,5	0,4	749,7	0,6	253,0	363,8	0,0	20,0	4,3	603,5	2.855,0
Doñihue	288,9	328,8	0,6	331,1	0,1	222,0	429,4	20,1	0,2	0,0	643,5	2.264,7
Total	35.039,6	1.693,9	778,8	11.053,1	9,6	6.949,0	34.695,4	4.373,8	156,3	3.663,2	5.359,9	103.772,6

Cuadro 6.31. Uso silviagropecuario del suelo (ha), en las comunas que componen el sector seleccionado de la Cuenca del Maule, VII Región

Provincia/Comuna	Uso del suelo (ha)											Total
	Cereales	Chacras	Industriales	Hortalizas	Flores	Forrajeras	Frutales	Viveros	Semilleros	Forestales	Total	
Linares	45.614,0	7.938,9	6.725,3	3.524,2	14,7	13.224,7	4.019,1	740,6	92,7	393,9	21.235,1	103.523,2
Linares	7.630,6	1.555,4	866,6	857,0	1,8	3.262,5	797,7	226,3	14,0	173,9	1.304,8	16.690,6
Longaví	9.955,2	2.700,1	2.520,8	1.339,3	0,0	4.355,8	1.255,3	38,6	19,7	32,5	12.425,6	34.642,9
Parral	15.349,9	1.561,6	1.453,8	619,3	0,3	2.989,5	637,0	161,3	0,0	154,0	6.078,5	29.005,2
Retiro	12.678,3	2.121,8	1.884,1	708,6	12,6	2.616,9	1.329,1	314,4	59,0	33,5	1.426,2	23.184,5
Total	45.614,0	7.938,9	6.725,3	3.524,2	14,7	13.224,7	4.019,1	740,6	92,7	393,9	21.235,1	103.523,2

Cuadro 6.32. Uso silviagropecuario del suelo (ha), en las comunas que componen el sector seleccionado de la Cuenca del Itata, VIII Región

Provincia/Comuna	Uso del suelo (ha)											Total
	Cereales	Chacras	Industriales	Hortalizas	Flores	Forrajeras	Frutales	Viveros	Semilleros	Forestales	Total	
Ñuble	50.476,2	5.426,6	6.066,5	1.991,6	2,1	12.510,3	1.988,1	3.648,5	39,8	275,1	21.021,3	103.446,1
Chillán	3.846,1	722,2	960,9	464,9	0,7	2.433,8	736,2	1.348,0	28,5	157,7	2.135,1	12.834,1
Pinto	4.471,8	268,0	823,0	126,3	0,0	921,2	125,8	16,5	1,4	0,0	3.088,2	9.842,2
San Ignacio	6.782,3	1.769,0	1.665,2	399,9	0,0	1.854,7	140,1	67,9	0,3	50,5	208,6	12.938,5
El Carmen	12.323,4	906,5	667,0	172,3	0,1	1.806,8	168,4	98,9	0,0	15,1	2.764,4	18.922,9
Yungay	11.632,9	347,6	289,0	183,7	0,1	1.038,0	69,2	11,2	1,3	2,5	1.871,3	15.446,8
Pemuco	6.346,9	543,3	560,5	38,8	0,0	770,0	31,2	0,0	0,0	0,0	2.488,8	10.779,5
Bulnes	4.381,5	754,2	1.100,9	424,5	0,7	3.450,0	240,7	230,7	2,5	49,2	3.139,8	13.774,7
Quillón	691,3	115,8	0,0	181,2	0,5	235,8	476,5	1.875,3	5,8	0,1	5.325,1	8.907,4
Total	50.476	5.427	6.067	1.992	2	12.510	1.988	3.649	40	275	21.021	103.446

Cuadro 6.33. Uso silviagropecuario del suelo (ha), en las comunas que componen el sector seleccionado de la Cuenca del Imperial, IX Región

Provincia/Comuna	Uso del suelo (ha)											Total
	Cereales	Chacras	Industriales	Hortalizas	Flores	Forrajeras	Frutales	Viñas	Viveros	Semilleros	Forestales	
Malleco	6.453,4	29,0	522,0	16,3	0,0	3.588,2	83,3	0,0	0,3	0,0	2.494,8	13.187,3
Curacautín	6.453,4	29,0	522,0	16,3	0,0	3.588,2	83,3	0,0	0,3	0,0	2.494,8	13.187,3
Cautín	63.716,9	5.180,2	5.995,6	1.699,3	11,1	38.100,6	2.594,9	0,0	63,9	2.047,2	32.243,0	151.652,7
Temuco	5.573,9	299,1	1.131,6	428,5	5,1	1.667,8	339,9	0,0	19,5	100,3	2.591,3	12.157,0
Lautaro	19.545,1	259,8	1.469,3	148,8	1,1	5.884,7	315,2	0,0	6,3	84,1	5.045,7	32.760,1
Vilcún	14.620,9	387,2	664,9	157,6	1,2	15.750,7	413,5	0,0	10,7	604,4	4.619,5	37.230,6
Freire	12.174,0	2.168,1	473,4	397,0	1,2	11.598,5	801,4	0,0	14,4	925,2	3.288,3	31.841,5
Nueva Imperial	11.803,0	2.066,0	2.256,4	567,4	2,5	3.198,9	724,9	0,0	13,0	333,2	16.698,2	37.663,5
Total	70.170	5.209	6.518	1.716	11	41.689	2.678	0	64	2.047	34.738	164.840

Cuadro 6.34. Uso silviagropecuario del suelo (ha), en las comunas que componen el sector seleccionado de la Cuenca del Bueno, X Región

Provincia/Comuna	Uso del suelo (ha)											Total
	Cereales	Chacras	Industriales	Hortalizas	Flores	Forrajeras	Frutales	Viñas	Viveros	Semilleros	Forestales	
Valdivia	670,8	583,7	250,3	91,1	0,0	6.230,4	157,3	0,0	11,9	47,5	1.822,3	9.865,3
Futrono	670,8	583,7	250,3	91,1	0,0	6.230,4	157,3	0,0	11,9	47,5	1.822,3	9.865,3
Osorno	12.501,3	1.732,0	2.753,0	792,6	5,9	47.643,2	1.853,0	0,0	24,5	393,5	13.870,7	81.569,7
Osorno	3.711,9	409,9	678,4	272,3	3,9	9.112,9	695,6	0,0	22,6	83,9	2.823,4	17.814,8
San Pablo	4.915,6	319,8	1.651,8	308,7	2,0	7.938,9	436,5	0,0	0,4	38,8	2.657,7	18.270,3
Puerto Octay	1.485,8	453,0	141,8	109,0	0,0	20.096,3	249,8	0,0	1,0	26,0	2.946,3	25.509,0
Purranque	2.388,0	549,3	281,0	102,5	0,0	10.495,1	471,1	0,0	0,5	244,8	5.443,3	19.975,6
Total	13.172,1	2.315,7	3.003,3	883,7	5,9	53.873,6	2.010,3	0,0	36,4	441,0	15.693,0	91.435,0

Cuadro 6.35. Uso silviagropecuario del suelo (ha), en las comunas que componen la
Cuenca del río Aysén, XI Región

Provincia/Comuna	Uso del suelo (ha)											Total
	Cereales	Chacras	Industriales	Hortalizas	Flores	Forrajeras	Frutales	Viñas	Viveros	Semilleros	Forestales	
Coihaique	734,8	192,8	0,0	58,7	0,0	8.769,7	3,0	0,0	0,0	0,0	6.656,5	16.415,5
Coihaique	734,8	192,8	0,0	58,7	0,0	8.769,7	3,0	0,0	0,0	0,0	6.656,5	16.415,5
Aysén	92,6	92,0	0,0	12,9	0,0	2.293,6	1,3	0,0	0,0	0,0	719,5	3.211,9
Aysén	92,6	92,0	0,0	12,9	0,0	2.293,6	1,3	0,0	0,0	0,0	719,5	3.211,9
Total	827,4	284,8	0	71,6	0	11063,3	4,3	0	0	0	7376	19627,4

Cuadro 6.36. Estimación del uso de Plaguicidas y Fertilizantes por comuna

Cuenca: Camarones, I Región

Superficie productiva: 1777 ha.

Comuna	Atrazina (kg)	Carbofurano (kg)	Clorpirifos (kg)	Linuron (kg)	Oxifluorfen (L)	Pendimetalina (L)	Trifluralina (L)	Nitrógeno (kg)	Fósforo (kg)	Potasio (kg)
Camarones	24		32					19231	20208	2038
Huara	69	50	91	50	9	65	52	60353	38477	15192
Camíña	145	139	193	188	4	28	23	40979	27236	11504
Total Cuenca	237	189	317	238	13	93	75	120563	85921	28733
Uso Promedio/ha	0,134	0,106	0,178	0,134	0,007	0,053	0,042	67,8	48,3	16,2

Cuadro 6.37. Estimación del uso de Plaguicidas y Fertilizantes por comuna

Cuenca: Loa, II Región

Superficie productiva: 1127 ha

Comuna	Atrazina (kg)	Clorpirifos (kg)	Linuron (kg)	Nitrógeno (kg)	Fósforo (kg)	Potasio (kg)
Tocopilla	0	0	0	0	0	0
María Elena	0	0	0	0	0	0
Calama	419	559	135	88002	54234	27925
Total Cuenca	419	559	135	88002	54234	27925
Uso Promedio/ha	0,372	0,496	0,120	78,1	48,1	24,8

Cuadro 6.38. Estimación del uso de Plaguicidas y Fertilizantes por comuna

Cuenca: Huasco, III Región

Superficie productiva: 6006 ha

Comuna	Aminotriazo (kg)	Atrazina (kg)	Carbofurano (kg)	Clorpirifos (kg)	Diuron (kg)	Hexazinona (kg)	Linuron (kg)	Metribuzin (kg)	Nitrógeno (kg)	Fósforo (kg)	Potasio (kg)
Vallenar		0	169	0			387	64	115669	88865	17919
Freirina	1665	37	28	49	666	65	128	0	65060	16624	2435
Huasco	4774	0	0	0	1910	0	0	0	147991	0	0
Alto del Carmen	3431	51	210	0	1372	0	133	0	172011	113900	108070
Total Cuenca	9870	88	407	49	3948	65	648	64	500730	219389	128424
Uso Promedio/ha	1,643	0,015	0,068	0,008	0,657	0,011	0,108	0,011	83,4	36,5	21,4

Cuadro 6.39. Estimación del uso de Plaguicidas y Fertilizantes por comuna

Cuenca: Limarí, IV Región

Superficie productiva: 9438 ha

Comuna	hinoctriazol, (Kg)	Diuron, kg (Kg)	Simazina (L)	Nitrógeno (Kg)	Fósforo (Kg)	Potasio (Kg)	Guano (Ton)
Río Hurtado	2595	1038	-	80166	17139	21626	264
Monte Patria	23982	9593	1619	946032	668213	600090	622
Combarbalá	4114	1646	0	193807	121882	86655	693
Total Cuenca	30690	12276	1619	1220005	807233	708370	1579
Uso Promedio/ha	3,252	1,301	0,172	129,3	85,5	75,1	0,2

Cuadro 6.40.a. Estimación del uso de Plaguicidas y Fertilizantes por comuna

Cuenca: Aconcagua (Frutícola), V Región

Superficie productiva: 31910 ha

Comuna	Aminotriazol	Atrazina (Kg)	Carbofurano (Kg)	Clorpirifos (Kg)	Diuron (Kg)	Hexazinona (Kg)	Imazethapir (L)	Linuron (Kg)	Metolacloro (Kg)	Metribuzin (L)	Oxifluorfen (L)	Nitrógeno (Kg)	Fósforo (Kg)	Potasio (Kg)	Guano (Ton)
Catemu	3557	422	1008	563	1423	0	47	318	422	261	86	454811	292711	151780	0
San Felipe	17265	321	210	392	6906	0	29	64	321	48	11	639161	492240	311559	0
Santa María	18707	0	0	0	7483	0	10	0	0	0	0	572723	426514	287296	1672
Panquehue	8460	843	228	926	3384	0	21	151	843	73	28	469804	304219	243689	0
Llaj - Llaj	6092	0	1537	203	2437	0	29	739	0	356	213	409824	322324	159162	0
San Esteban	16218	77	0	103	6487	0	15	0	77	0	0	654787	436241	262388	2513
Rinconada	8498	93	0	124	3399	0	7	0	93	0	0	283220	241563	157129	0
Calle Larga	11577	96	0	128	4631	0	14	0	96	0	0	466400	286109	179188	1941
Los Andes	5852	77	0	102	2341	0	9	0	287	0	0	252968	156590	93021	995
Total Cuenca	96226	1930	2983	2541	38490	0	181	1271	2141	738	338	4203697	2958512	1845212	7121
Uso Promedio/ha	3,016	0,060	0,093	0,080	1,206	0,000	0,006	0,040	0,067	0,023	0,011	131,7	92,7	57,8	0,2

Cuadro 6.40.b. Estimación del uso de Plaguicidas y Fertilizantes por comuna
Cuenca: Aconcagua (Hortofrutícola), V Región
Superficie productiva: 16859 ha.

Comuna	Aminotriazol (Kg)	Atrazina (Kg)	Carbofurano (Kg)	Clorpirifos (Kg)	Diuron (Kg)	Imazethapir (L)	Linuron (Kg)	Metolacloro (L)	Metribuzin (L)	Oxifluorfen (L)	Pendimetalina (L)	Nitrógeno (Kg)	Fósforo (Kg)	Potasio (Kg)	Guano (Ton)
Quillota	8885	1162	1727	1162	3854	24	294	645				938486	348889	391504	0
Nogales	3054	617	760	617	1221	25	186	463	283	16	118	474102	217927	114464	606
La Calera	3105	0	80	0	1242		25			5	33	118598	48349	94416	0
La Cruz	11247	90	73	90	4499		43	68				401457	149310	289171	0
Hijuelas	7539	0	1295	0	3016	16	1196	0	263	123	891	487467	266283	255942	0
Total Cuenca	33829	1870	3934	1870	13532	65	1745	1175	546	144	1041	2420110	1030758	1145497	606
Uso Promedio/ha	2,007	0,111	0,233	0,111	0,803	0,004	0,103	0,070	0,032	0,009	0,062	143,6	61,1	67,9	0,0

Cuadro 6.41. Estimación del uso de Plaguicidas y Fertilizantes por comuna
Cuenca: Maipo (Hortofrutícola), Región Metropolitana
Superficie productiva: 58877 ha.

Comuna	Aminotriazol (Kg)	Atrazina (Kg)	Carbofurano (Kg)	Clorpirifos (Kg)	Diuron (Kg)	Imazethapir (L)	Linuron (Kg)	Metolacloro (L)	Metribuzin (L)	Oxifluorfen (L)	Pendimetalina (L)	Nitrógeno (Kg)	Fósforo (Kg)	Potasio (Kg)	Guano (Ton)
El Monte	1894	833	1338	1442	757	27	2226	589	0	241	1740	593418	347836	149556	0
Talsigante	11298	462	484	799	4519	43	896	462	251	42	303	635597	463064	158534	0
Isla de Maipo	21848	713	125	732	8739	0	256	713	125	0	0	1088982	395076	314361	0
Balin	40452	882	1497	588	16181	0	196	882	683	35	255	1573027	790966	381302	0
Palme	29968	5870	3278	3913	11987	0	0	5870	704	648	4679	3106631	1836929	929933	0
Calera de Tango	13341	0	0	0	5336	34	0	0	0	0	0	577919	184050	86197	3049
San Bernardo	18775	0	0	0	7510	42	0	0	0	0	0	924944	359291	155140	5622
Total Cuenca	137575	8760	6723	7475	59030	146	3574	8516	1763	966	6977	8500487	4377212	2175022	8671
Uso Promedio/ha	2,337	0,149	0,114	0,127	0,935	0,002	0,061	0,145	0,030	0,016	0,119	144,4	74,3	36,9	0,1

Cuadro 6.42. Estimación del uso de Plaguicidas y Fertilizantes por comuna
Cuenca: Rapel (Hortofrutícola), VI Región
Superficie productiva: 103773 ha.

Comuna	Aminotriazol (Kg)	Atrazina (Kg)	Carbofurano (Kg)	Clorpirifos (Kg)	Diuron (Kg)	Hexazinona (Kg)	Imazethapir (Kg)	Lenacil (Kg)	Linuron (Kg)	Metolacloro (L)	Metribuzin (L)	Nitrógeno (Kg)	Fósforo (Kg)	Potasio (Kg)	Boro (Kg)
Graneros	7263	3237	0	2158	2905	0	0	0	0	0	0	1303647	647270	313341	0
Rancagua	19989	4025	211	2683	0	0	21	0	0	0	0	1694967	930911	476914	0
Coltauco	14548	4183	265	2789	0	0	0	0	0	0	265	1387579	684218	332064	0
Doflhué	2647	1420	612	947	0	0	0	0	0	0	612	478012	301893	94681	0
Oliver	13592	175	213	117	0	0	0	0	0	0	0	545253	96776	64402	0
Colicho	1045	2201	334	1468	0	0	0	0	0	0	0	570039	322590	172790	0
Rapel	28736	2125	996	1417	0	0	34	0	0	0	0	1885090	644927	341957	0
Peumo	22090	932	0	621	0	0	0	0	0	0	0	1704514	177980	193507	0
Quinta de Tilcoco	2057	5581	828	3721	0	0	0	0	1155	0	0	1270572	823131	413439	0
Pichidegua	1410	9270	1242	6180	0	0	11	0	0	0	0	2789577	1551392	725941	0
San Vicente	12296	12691	1587	8461	0	0	24	328	0	492	0	3973967	2156260	1104545	6558
Malloa	2870	5608	575	3739	0	0	13	0	217	0	0	1535829	862774	420564	0
Rengo	33066	8211	1170	5474	0	0	0	0	0	0	0	3130708	1481535	786601	0
Total Cuenca	161608	59659	8032	39772	2905	0	102	328	1372	492	877	22269756	10681658	5440745	6558
Uso Promedio/ha	1,537	0,575	0,077	0,383	0,028	0,000	0,001	0,003	0,013	0,005	0,008	214,6	102,9	52,4	0,1

Cuadro 6.43. Estimación del uso de Plaguicidas y Fertilizantes por comuna
 Cuenca: Maule (Cereales), VII Región
 Superficie productiva: 103523 ha.

Comuna	Atrazina (Kg)	Bensulfurón-metil (Kg)	Clorpirifos (Kg)	Cyclusulfamurón (Kg)	Hexazinona (Kg)	Imazethapir (L)	Lenacil (Kg)	Linuron (Kg)	Metolaclo (L)	Molinate (Kg)	Nitrógeno (Kg)	Fósforo (Kg)	Potasio (Kg)	Boro (Kg)
Retiro	0	361	0	268	0	25	2462	1318	3693	46510	2452347	1176420	196943	49236
Parval	0	636	0	472	11822	8	1429	686	2143	81853	2323851	780342	114304	28576
Linares	2547	341	1698	253	0	20	1043	1952	4111	43876	1797123	832302	219277	20855
Longaví	1769	156	1180	116	24351	19	2790	2888	5954	20132	2146416	1161893	317559	55797
Total Cuenca	4317	1494	2878	1109	36173	72	7723	6844	15902	192372	8719737	3950956	848083	154464
Uso Promedio/ha	0,042	0,014	0,028	0,011	0,349	0,001	0,075	0,066	0,154	1,858	84,2	38,2	8,2	1,5

Cuadro 6.44. Estimación del uso de Plaguicidas y Fertilizantes por comuna
 Cuenca: Itata (Forestal), VIII Región
 Superficie productiva: 103446 ha.

Comuna	Atrazina (Kg)	Clorpirifos (Kg)	Hexazinona (Kg)	Imazethapir (L)	Lenacil (Kg)	Linuron (Kg)	Metolaclo (Kg)	Simazina (Kg)	Trifluralina (Kg)	Nitrógeno (Kg)	Fósforo (Kg)	Potasio (Kg)	Boro (Kg)
Chillán	0	585	3841	16	1257	585	1885	898	0	1061397	1161065	0	0
Pinto	0	0	5003	0	410	0	614	0	384	825779	1121643	32770	8192
Quillón	0	0	10041	0	0	0	0	1089	0	276828	101021	0	0
Bulnes	950	0	5174	22	1432	0	2148	0	0	1178638	1411998	177889	28645
San Ignacio	0	0	0	0	2067	0	3100	0	0	1648683	2103691	165326	41332
El Carmen	0	0	5335	0	254	0	381	0	297	1884244	2646338	20301	5075
Pemuco	0	0	2049	0	0	0	0	0	408	936049	1349239	0	0
Yungay	0	0	3594	0	0	0	0	0	0	1604799	2281794	0	0
Total Cuenca	950	585	35037	38	5419	585	8128	1987	1088	9416416	12176788	396286	83245
Uso Promedio/ha	0,009	0,006	0,339	0,000	0,052	0,006	0,079	0,019	0,011	91	118	4	1

Cuadro 6.45. Estimación del uso de Plaguicidas y Fertilizantes por comuna
 Cuenca: Imperial (Valle Central), IX Región
 Superficie productiva: 164840 ha.

Comuna	Carbofurano (kg)	Clorpirifos (kg)	Hexazinona (L)	Imazethapir (L)	Lenacil (L)	Linuron (kg)	Metolactoro (L)	Trifluralina (kg)	Nitrógeno (kg)	Fósforo (kg)	Potasio (Ton)	Boro (kg)
Curacautín	0	0	1108	0	0	0	0	0	936031	1318394	0	0
Nueva Imperial	0	0	22960	0	0	604	0	454	2067932	2902193	0	0
Temuco	0	0	3950	0	221	0	332	0	970188	1357228	17692	4423
Lautaro	0	0	6087	0	0	0	0	0	2841081	4009627	0	0
Vilcún	0	0	6997	0	0	0	0	0	2595773	3660464	0	0
Freire	0	0	4368	0	0	0	0	0	2578636	3576025	0	0
Total Cuenca	0	0	45470	0	221	604	332	454	11989641	16823932	17692	4423
Uso Promedio/ha	0,000	0,000	0,276	0,000	0,001	0,004	0,002	0,003	72,7	102,1	0,1	0,0

Cuadro 6.46. Estimación del uso de Plaguicidas y Fertilizantes por comuna
 Cuenca: Bueno (Sector Lacustre), X Región
 Superficie productiva: 125590 ha.

Comuna	Hexazinona (kg)	Lenacil (L)	Metolactoro (L)	Metribuzin (L)	Trifluralina (L)	Nitrógeno (kg)	Fósforo (kg)	Potasio (kg)	Boro (kg)
Paillaco	3579	577	866	1603	0	1118323	1746327	46182	11545
Futroneo	0	349	523	805	0	517576	722693	27905	6976
La Unión	12591	1079	1618	1398	0	1665022	2726894	86287	21572
Lago Ranco	0	299	448	937	0	438743	721552	23911	5978
Río Bueno	1067	943	1415	2266	0	2019530	3130135	75478	18870
San Pablo	4002	325	487	0	1158	1546356	2419268	25998	6500
Puyehue	761	242	363	381	0	366007	547799	19339	4835
Total Cuenca	22001	3814	5721	7390	1158	7671557	12014667	305101	76275
Uso Promedio/ha	0,175	0,030	0,046	0,059	0,009	61,1	95,7	2,4	0,6

Cuadro 6.47. Estimación del uso de Plaguicidas y Fertilizantes por comuna
 Cuenca: Aysén, XI Región
 Superficie productiva: 19627 ha.

Comuna	Nitrógeno (kg)	Fósforo (kg)	Potasio (kg)
Aysén	12126	12126	2425
Coihaique	44490	44490	8898
Total Cuenca	56616	56616	11323
Uso Promedio/ha	3	3	1

7. USO DE FERTILIZANTES¹

7.1. Aspectos conceptuales del Uso de Fertilizantes

A partir de la información agronómica de especies, según último Censo Agropecuario (2001) y distribución de su superficie por especies y por requerimientos estimados, considerando una fertilización promedio baja por zonas agroecológicas y rangos de nutrientes N-P, lo que a su vez coincide con las Tablas promedios de costos de los cultivos (ver capítulo Sistemas de Producción), se estima de este modo un marco de fertilización potencial tendiente a crecer en el tiempo si no se presentan restricciones económicas en el uso de estos insumos. Esta información, genera un Cuadro de Fertilización Potencial para cada cuenca en particular.

Al momento actual y debido a las restricciones económicas a que hemos hecho referencia, la tendencia nacional, ha sido reducir la superficie cultivada de especies de alta demanda histórica de fertilizantes, tal como es el caso del trigo. Así, en este rubro, desde la existencia de 600.000 ha promedio ésta se ha reducido al orden de 400.000 ha y, en algunos casos, se ha reducido la dosis de insumos fertilizantes en muchas especies tradicionalmente cultivadas.

Al estimar la distribución actual de los insumos de consumo actual, ha sido posible generar un Cuadro de Demanda de fertilización N P por cuenca y por especie que es mucho menor a la demanda generada en países desarrollados. De este modo, ha sido posible generar también un Cuadro de cargas actuales de nutrientes N P por Cuencas, según aquellas seleccionadas en este estudio.

Al calcular estos valores, se ha hecho evidente también, que ha sido posible estimar la distribución de las cargas de insumos por microcuencas a lo largo de los sistemas hidrográficos considerados y así estimar las áreas de riesgo potencial y adecuar las microcuencas estratégicas que representan riesgo y que deben constituirse en estaciones de observación.

Al respecto, en este trabajo y como criterios de riesgos de contaminación difusa, se ha considerado una carga superior a 120 Kg de N/ha, como un factor mínimo de riesgo. Como referencia, en países desarrollados una carga N-P-K/ha superior a 200 Kg de N/ha, se clasifica como de categoría elevada. Como criterio de sensibilidad en este estudio, sobre 180 Kg de N/ha, se ha considerado de riesgo moderado y superior a 200 Kg de N/ha como de riesgo máximo.

¹ *Capítulo redactado por Carlos Rojas Walker, Ingeniero Agrónomo Ph.D., Investigador del Departamento de Ciencias Ambientales, CRI INIA-La Platina*

7.2. Uso de fertilizantes, por cuenca seleccionada

Como indica la **Figura 7.1.**, el consumo aparente de fertilizantes que incluyen los nutrientes N y P, ha tenido una tendencia general de disminución durante los últimos años a inicios del milenio.

Estas tendencias a una reducción del uso de estos insumos principalmente por razones de índole fundamentalmente económicos orientadas a la reducción de costos de producción, se ha hecho evidente en la observación del consumo de los nutrientes en la descripción de los sistemas de producción de las cuencas consideradas.

El siguiente análisis para cada una de las cuencas se ha hecho en base a los **cuadros 7.1., 7.2., y 7.3.**, en los cuales, se ha estimado la fertilización mínima recomendada y la fertilización real para cada rubro dentro de la cuenca.

7.2.1. Cuenca de la Quebrada Camarones

Así, en la Cuenca de la Quebrada de Camarones, donde el uso del suelo ha estado orientado fundamentalmente al desarrollo de frutales, forrajeras, hortalizas para consumo interno y algunos escasos cultivos, principalmente el maíz, el consumo de nutrientes, ha sido limitado principalmente al empleo de fertilizantes nitrogenados y aun escaso consumo de fósforo. Estas características, han sido respaldadas también por la escasa disponibilidad de agua en esta área, en competencia con el consumo de la minería del cobre (**Cuadro 7.1.**) y a la baja ocupación agrícola de aproximadamente 12 mil hectáreas.

Cabe destacar que estos suelos agrícolas, se reparten en áreas aledañas a los ríos de la red hídrica de la cuenca donde predomina el desarrollo de la alfalfa como especie forrajera.

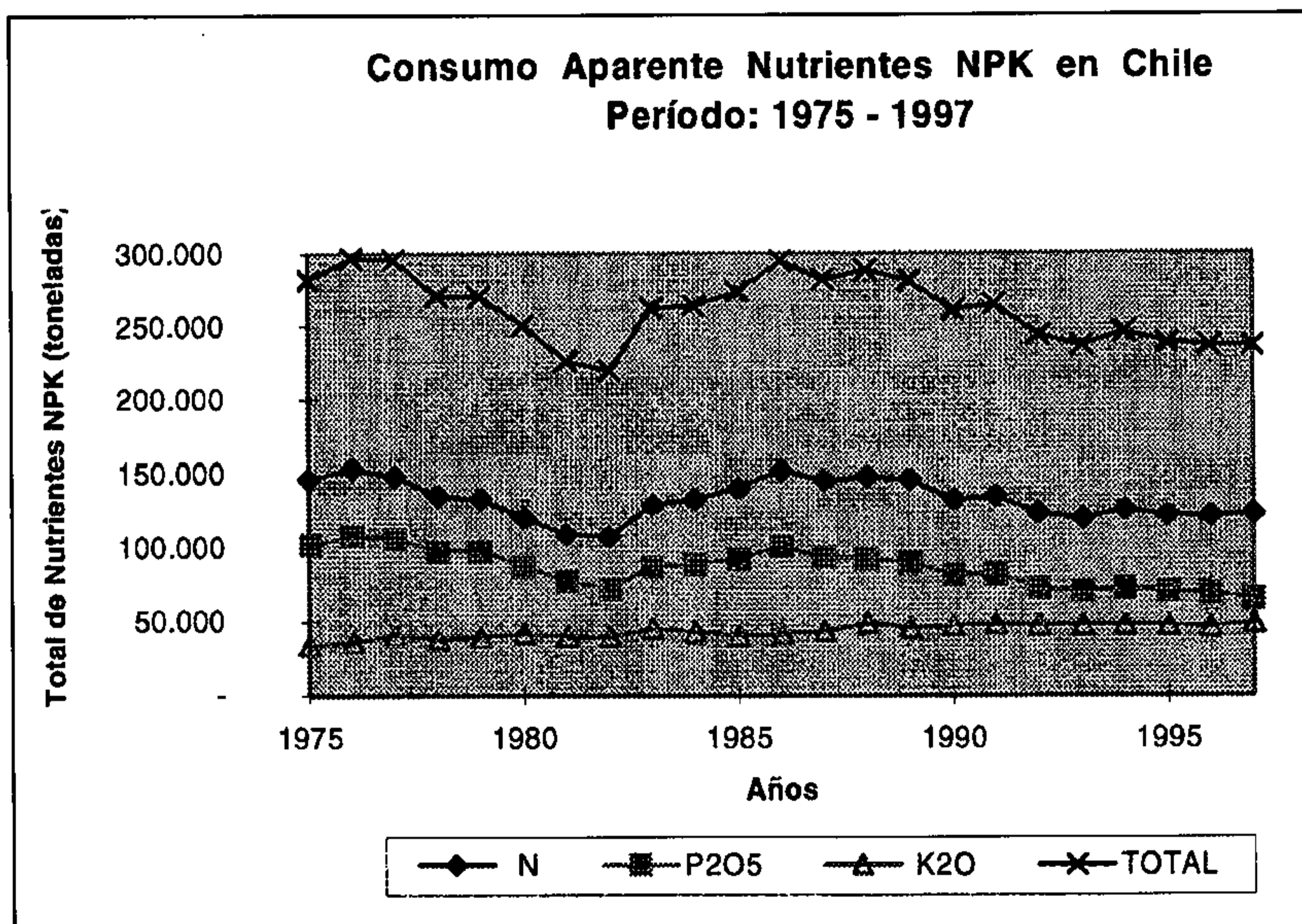
De acuerdo a las características de la fertilidad de estos suelos y su nivel actual de nutrientes N-P disponibles, se observa que la estimación de la fertilización mínima potencial recomendada en la cuenca, correspondería aproximadamente al doble de los valores aparentes estimados (**Cuadro 7.2.**).

7.2.2. Cuenca del Río Loa

En la Cuenca del río Loa, la mayor parte de la agricultura se desarrolla en pequeños valles aluviales de escasa consideración en términos de superficie ya que la mayor parte del área se encuentra fuertemente dominada por los inmensos salares de esta zona. Las praderas, se reducen principalmente a las zonas altioplánicas pero en menor proporción que la encontrada en la Cuenca de Camarones.

Similares características a las detectadas en la Cuenca de la Quebrada de Camarones se repiten en la cuenca en referencia. También en esta área, se hace notoria la disminución del agua disponible para el riego en competencia con el agua destinada a la minería del cobre.

Figura 7.1. Consumo aparente de nutrientes (NPK) en Chile (toneladas de nutrientes)



Cuadro 7.1. Estimación de la fertilización real con N y P2O5 (kg) a nivel de cada cuenca

REGION	CUENCA	CULTIVOS			HORTALIZAS			FORRAJERAS			FRUTALES			FORESTALES			VINAS			TOTAL		
		N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	
I	Camarones	102,0	219,2	24.188,5	11.589,0	4.330,8	1.076,9	920,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	32.377,9	13.805,1	32.377,9	13.805,1
II	Loa	967,0	283,2	28.411,5	12.840,8	2.522,4	630,6	68,5	268,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	32.169,3	13.823,1	32.169,3	13.823,1
III	Huasco	15.146,5	8.801,2	22.953,1	23.848,0	6.640,0	1.480,4	11.113,5	40.726,0	4.190,6	1.600,2	16.002,2	3.654,2	31.718,5	2.826,5	31.718,5	2.826,5	31.718,5	121.313,0	49.669,8	121.313,0	49.669,8
IV	Limari	137.132,0	50.029,2	189.544,6	121.040,4	77.973,2	14.193,9	48.305,5	479.280,2	10.884,4	3.654,2	385.247,2	3.654,2	31.718,5	385.247,2	3.654,2	31.718,5	1.250.061,6	268.941,7	1.250.061,6	268.941,7	
V	Aconcagua	280.406,5	154.312,8	508.355,0	176.421,0	40.978,2	7.852,3	140.905,5	1.418.329,5	11.408,6	4.305,9	23.755,2	4.305,9	2.121,0	23.755,2	4.305,9	2.121,0	6.376.444,5	485.918,5	6.376.444,5	485.918,5	
RM	Maipo	2.134.898,5	853.172,4	1.154.667,0	378.481,2	283.447,6	28.661,9	214.173,5	2.422.911,4	21.946,4	9.038,0	358.573,6	9.038,0	32.015,5	358.573,6	9.038,0	32.015,5	16.518.069,0	5.793.850,2	16.518.069,0	5.793.850,2	
VI	Rapel	13.759.610,0	5.151.192,8	934.910,3	272.826,3	203.593,0	20.011,3	257.206,5	2.867.021,5	87.682,2	33.215,8	665.252,0	33.215,8	59.397,5	665.252,0	33.215,8	59.397,5	9.302.424,0	8.268.674,6	9.302.424,0	8.268.674,6	
VII	Maule	6.369.716,1	7.408.995,0	445.553,2	517.794,0	345.677,4	46.830,4	73.885,5	718.832,1	718.832,1	73.885,5	380.289,2	73.885,5	128.102,2	380.289,2	73.885,5	128.102,2	7.070.062,1	7.897.203,3	7.070.062,1	7.897.203,3	
VIII	Itata	5.529.484,5	7.488.582,6	169.225,2	205.212,0	227.647,0	26.779,4	23.142,5	223.295,1	223.295,1	23.142,5	202.025,5	23.142,5	89.345,3	202.025,5	23.142,5	89.345,3	11.529.359,2	13.026.762,5	11.529.359,2	13.026.762,5	
IX	Imperial	9.945.997,6	12.289.968,6	293.246,0	411.380,0	543.582,8	65.766,6	216.21,5	206.053,4	206.053,4	216.21,5	540.409,0	216.21,5	237.983,8	540.409,0	216.21,5	237.983,8	42,0	42,0	11.529.359,2	13.026.762,5	
X	Bueno	3.510.555,0	4.733.215,8	64.308,4	87.781,2	955.160,4	127.609,4	27.689,5	269.287,2	269.287,2	27.689,5	166.108,2	27.689,5	64.101,4	166.108,2	27.689,5	64.101,4	0,0	0,0	4.965.419,2	5.040.397,3	
XI	Aysén	64.872,0	88.674,0	2.362,0	3.235,2	91.093,0	11.063,3	21,5	90,3	90,3	21,5	10.326,4	21,5	4.425,6	10.326,4	4.425,6	0,0	0,0	168.743,7	107.419,6	168.743,7	107.419,6
TOTAL		41.748.487,7	26.759.212,8	3.837.724,7	1.595.714,4	2.782.645,8	246.369,5	573.337,5	8.649.851,7	8.649.851,7	573.337,5	1.438.270,5	403.040,7	3.195.696,0	1.438.270,5	403.040,7	199.731,0	TONELADAS	61.649,7	29.737.405,8	61.649,7	29.737.405,8

Cuadro 7.2. Estimación de la fertilización mínima recomendada con N y P2O5 (kg) a nivel de cada cuenca

REGION	CUENCA	CULTIVOS			HORTALIZAS			FORRAJERAS			FRUTALES			FORESTALES			VINAS			TOTAL		
		N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	
I	Camarones	204,0	548,0	34.555,0	19.315,0	21.654,0	5.384,5	920,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	61.779,5	26.167,5	61.779,5	26.167,5	
II	Loa	1.934,0	708,0	40.587,8	21.401,4	12.612,0	3.153,0	137,0	383,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	55.517,3	25.399,4	55.517,3	25.399,4	
III	Huasco	30.293,0	22.003,0	32.790,1	39.746,7	33.200,0	7.402,0	24.321,0	58.180,0	20.953,0	8.001,0	45.224,0	8.001,0	16.959,0	58.180,0	8.001,0	16.959,0	220.640,1	118.432,7	220.640,1	118.432,7	
IV	Limari	274.264,0	125.073,0	270.778,0	201.734,0	389.866,0	70.969,5	127.480,0	342.343,0	54.422,0	18.271,0	507.496,0	18.271,0	190.311,0	342.343,0	18.271,0	190.311,0	1.839.169,0	733.838,5	1.839.169,0	733.838,5	
V	Aconcagua	560.813,0	385.782,0	1.016.710,0	588.070,0	204.891,0	39.261,5	423.873,0	1.013.092,5	57.043,0	21.529,6	33.936,0	21.529,6	12.726,0	1.013.092,5	21.529,6	12.726,0	2.886.485,5	1.471.242,1	2.886.485,5	1.471.242,1	
RM	Maipo	4.269.797,0	2.132.931,0	2.309.334,0	1.261.604,0	1.417.238,0	143.309,5	1.344.292,0	3.461.302,0	109.732,0	45.190,0	512.248,0	45.190,0	192.093,0	3.461.302,0	45.190,0	192.093,0	12.079.651,0	5.119.419,5	12.079.651,0	5.119.419,5	
VI	Rapel	27.519.220,0	12.877.982,0	1.869.820,5	909.421,0	1.017.965,0	100.056,5	1.563.225,0	4.095.745,0	438.411,0	166.079,2	950.360,0	166.079,2	356.385,0	4.095.745,0	166.079,2	356.385,0	35.891.521,5	15.973.148,7	35.891.521,5	15.973.148,7	
VII	Maule	10.616.193,5	12.348.325,0	1.113.883,0	1.294.485,0	1.728.387,0	234.192,0	586.227,0	1.026.903,0	1.901.446,0	640.511,0	1.489.080,0	640.511,0	558.405,0	1.026.903,0	640.511,0	558.405,0	17.875.892,5	15.662.105,0	17.875.892,5	15.662.105,0	
VIII	Itata	9.215.807,5	12.480.971,0	423.063,0	513.030,0	1.138.235,0	133.897,0	178.548,0	318.993,0	1.010.127,5	446.726,5	1.026.264,0	446.726,5	384.849,0	318.993,0	446.726,5	384.849,0	13.132.490,0	14.138.021,5	13.132.490,0	14.138.021,5	
IX	Imperial	16.575.996,0	20.483.281,0	733.115,0	1.028.450,0	2.717.914,0	328.833,0	147.291,0	294.362,0	2.702.045,0	1.189.919,0	672,0	1.189.919,0	252,0	2.702.045,0	1.189.919,0	252,0	23.024.104,0	23.178.026,0	23.024.104,0	23.178.026,0	
X	Bueno	5.850.925,0	7.888.693,0	160.771,0	219.453,0	4.775.802,0	638.047,0	177.679,0	384.696,0	384.696,0	177.679,0	830.541,0	177.679,0	320.507,0	384.696,0	177.679,0	320.507,0	12.002.735,0	9.244.379,0	12.002.735,0	9.244.379,0	
XI	Aysén	108.120,0	147.790,0	5.905,0	8.088,0	455.465,0	55.316,5	344,0	129,0	129,0	344,0	51.632,0	22.128,0	0,0	51.632,0	22.128,0	0,0	621.251,0	233.666,5	621.251,0	233.666,5	
TOTAL		75.023.567,0	68.894.087,0	8.011.312,4	6.104.798,1	13.913.229,0	1.759.782,0	4.574.337,0	11.001.495,5	7.176.382,5	2.878.862,3	4.965.280,0	2.878.862,3	1.711.980,0	11.001.495,5	2.878.862,3	1.711.980,0	TONELADAS	119.691,24	85.923.85	119.691,24	85.923.85

Cuadro 7.3. Estimación de la fertilización por hectárea por rubro, según la superficie de cada rubro

REGION	CUENCA	CULTIVOS			HORTALIZAS			FORRAJERAS			FRUTALES			FORESTALES			VINAS			TOTAL		
		N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	
I	Camarones	20,40	43,84	51,70	24,77	4,02	1,00	5,00	20,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18,29	7,80	18,29	7,80	
II	Loa	56,88	16,66	68,41	30,92	4,00	1,00	5,00	19,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	28,79	12,37	28,79	12,37	
III	Huasco	48,22	28,02	27,83	28,92	4,43	0,99	5,00	18,32	7,86	3,00	5,00	3,00	5,00	5,00	5,00	5,00	20,36	8,33	20,36	8,33	
IV	Limari	72,49	26,45	44,22	28,24	5,56	1,01	5,00	49,61	7,89	2,65	5,00	2,65	5,00	5,00	5,00	5,00	33,25	7,15	33,25	7,15	
V	Aconcagua	51,00	28,07	47,54	16,50	5,22	1,00	5,00	50,33	3,79	1,43	5,00	1,43	5,00	5,00	5,00	5,00	41,02	8,73	41,02	8,73	
RM	Maipo	77,26	30,88	46,26	15,16	9,89	1,00	5,00	56,56	2,38	0,98	5,00	0,98	5,00	5,00	5,00	5,00	45,64	10,85	45,64	10,85	
VI	Rapel	141,08	52,81	52,05	15,19	10,02	0,98	5,00	55,73	3,47	1,31	5,00	1,31	5,00	5,00	5,00	5,00	82,52	25,82	82,52	25,82	
VII	Maule	53,20	61,88	37,51	43,59	7,38	1,00	5,00	48,65	6,13	2,06	5,00	2,06	5,00	5,00	5,00	5,00	33,97	30,19	33,97	30,19	
VIII	Itata	49,69	67,29	32,51	39,43	8,50	1,00	5,00	48,24	2,18	0,96	5,00	0,96	5,00	5,00	5,00	5,00	27,88	31,14	27,88	31,14	
IX	Imperial	60,82	75,16	23,61	33,11	8,27	1,00	5,00	47,65	4,42	1,95	5,00	1,95	5,00	5,00	5,00	5,00	31,31	35,38	31,31	35,38	
X	Bueno	70,67	95,28	24,99	34,11	7,49	1,00	5,00	48,63	4,68	1,81	5,00	1,81	5,00	5,00	5,00	5,00	22,48	22,82	22,48	22,82	
XI	Aysén	58,33	79,73	32,53	44,56	8,23	1,00	5,00	21,00	1,40	0,60	5,00	0,60	5,00	5,00	5,00	5,00					

Se observa una disminución de la superficie fertilizada de forrajeras y frutales con respecto a la cuenca anteriormente descrita, poco un mayor incremento de cultivos y hortalizas. Entre los cultivos, destaca el maíz principalmente lo cual considera un mayor consumo de nitrógeno. La fertilización de los frutales en ambas cuencas consideradas no tiene significación (**Cuadro 7.1.**).

En el **Cuadro 7.2.**, se observa que la estimación aparente recomendada en un nivel mínimo según los requerimientos nutricionales de las especies en esta cuenca, indicaría que es posible incrementar en forma similar a la primera cuenca descrita en la I Región el consumo de ambos nutrientes, especialmente de nitrógeno en maíz.

En lo que se refiere a los frutales y su representación del punto de vista de la fertilización, ésta no es de gran importancia, ya que la mayor parte de los Frutales se refieren a especies en uso como huertos caseros en pequeñas propiedades donde la fertilización no tiene significación.

La fertilización potencial (**Cuadro 7.2.**) en esta área, aparentemente no causaría un gran incremento en la carga de fertilizantes manteniendo un bajo índice, de riesgo de contaminación difusa en estos suelos.

7.2.3. Cuenca del río Huasco

En esta cuenca, comienzan ya a tomar mayor importancia los cultivos, especialmente el maíz choclero y la papa y el trigo, lo cual incide en un fuerte incremento en el uso de los fertilizantes nitrogenados y fosfatados con relación a las cuencas del área más nortina de Chile.

Destacan también en esta área la aparición de huertos industriales, especialmente olivos, las forrajeras, especialmente en lo alto de la cuenca y forestales, pero lo más destacado parece ser la fuente agroindustrial orientada a la producción de la uva de mesa.

El uso potencial de nutrientes N-P podrían incrementarse notoriamente (**Cuadro 7.2.**) con un manejo de nutrientes más acorde con los requerimientos por especie y suelos, frutales y hortalizas de esta zona.

Dada la alta proporción de suelos arenosos y con bajos contenidos de materia orgánica indicaría un riesgo potencial al incrementarse la fertilización en estas especies, lo que llevaría a enriquecer los acuíferos y a incrementar el tenor salino de las aguas de pozo.

El manejo de los nutrientes, ha sido claramente descrito en la descripción de los insumos en especies como uva de mesa y olivos tan representativos de esta hoya hidrográfica.

En uva de mesa, por ejemplo, destacan el uso de fertilizantes nítricos (representados por el nitrato de amonio 13-0-44) y amínicos como la urea (45% de N). El fósforo es aplicado como ácido fosfórico (54% de P_2O_5) lo cual los agricultores lo emplean además para la limpia del sistema de riego por goteo.

Las dosis de nitrógeno en esta especie, son del orden de 80 Kg de N/ha y 15-30 Kg de P_2O_5 /ha en la producción de uva de mesa.

En olivos, la tendencia es a utilizar todo el nitrógeno a la forma amídica a causa de los suelos tan alcalinos y el fósforo y otros nutrientes derivados del guano que se emplea en dosis del orden de 6.000 Kg/ha. En general, tanto en uva de mesa, como en otros frutales compost de sarmientos de gruesos trozos y de guano de cabra, los que se incorporan o colocan sobre el lomo de los pretilos donde se ha diseñado el trazado de las boquillas del riego tecnificado.

En general en los sistemas productivos frutales se observa la tendencia a emplear una mayor proporción de nutrientes derivados de fuentes orgánicas para ir reduciendo el consumo de los fertilizantes inorgánicos en un modelo de fertilización mixta. Esta alternativa tecnológica, podría ser considerada como un intento por reducir los riesgos de contaminación difusa en éstos sistemas productivos por el empleo de altas dosis de fertilizantes, especialmente de nitrogenados.

Las especies forestales, especialmente el eucaliptus destacan por su mayor proporción respecto a las cuencas anteriormente analizadas y en ellas un empleo significativo del nitrógeno a la forma de urea. El empleo potencial de estos nutrientes se considera de importancia significativa respecto a las cuencas de más al norte.

7.2.4. Cuenca del Río Limarí

La cuenca del río Limarí, se caracteriza por mostrar una amplia variabilidad de suelos y cultivos. La diversidad de suelos esta determinada principalmente por la composición de las terrazas fluviales de materiales que fluctúan entre terrazas antiguas de materiales finos a terrazas recientes de materiales gruesos.

La gran diversidad de especies de variados requerimientos, se hace aquí también evidente debido a la amplitud de agroclimas que permiten el desarrollo de variadas hortalizas, frutales y chacras.

Los cultivos, prácticamente incrementan 10 veces la demanda nutricional respecto a la cuenca del río Huasco, especialmente en lo que se refiere a nitrógeno (**Cuadro 7.2.**). Lo mismo ocurre con una amplia gama de hortalizas. Se observa un amplio incremento del nitrógeno destinado a la producción forrajera. Sin embargo, destaca un amplio consumo de nitrógeno tanto en vides pisqueras, viníferas y uva de mesa, donde se concentra el mayor consumo de estas formas, especialmente como urea y nitrato de potasio como los fertilizantes de mayor empleo. En varios casos observados, hay un consumo exagerado de nitrógeno en estas especies, algunas especies hortícolas y también en producción de tomates bajo cultivo forzado,

Hay también un incremento importante de especies forestales, especialmente eucaliptus, en donde se fertiliza con nitrógeno especialmente hasta el tercer año y algo de fósforo como superfosfato triple.

El consumo total de nitrógeno en esta cuenca supera ya la cifra significativa de 1250 toneladas de nitrógeno y aproximadamente 270 toneladas de P_2O_5 .

Las napas se encuentran en general a profundidades superiores a los 10 metros y los terrenos muestran favorables conductividades hidráulicas, además de pendientes relativamente pronunciadas de mar a cordillera.

Los suelos de mal drenaje no supera una superficie amplia en esta área, por lo que el riesgo de contaminación difusa es relativamente de pequeña magnitud.

7.2.5. Cuenca del río Aconcagua

La cuenca presenta una extraordinaria riqueza en diversidad de especies de cultivos adaptados a amplias condiciones climáticas que fluctúan entre especies subtropicales en el valle de Quillota hasta áreas más templadas del sector precordillerano.

La pluviometría se incrementa notoriamente y la profundidad de los acuíferos fluctúa entre 100 metros a 10 metros en sectores de menor espesor o potencia. Los ríos fluctúan un largo recorrido serpenteante y de marcada pendiente desde cordillera a mar. La mayor proporción de cultivos de alta demanda de nitrógeno como el maíz prácticamente duplican la necesidad de nitrógeno en los cultivos respecto a la cuenca anterior y alrededor de siete veces más fósforo que la cuenca del río Limarí. Una amplia superficies de hortalizas de calidad como cebollas, papas y tomates justifican una amplia demande de nitrógeno y también un ligero mayor consumo de fósforo en estos suelos de pH alcalinos en su mayoría.

Los frutales industriales como nectarinos, cítricos y viñedos de uva de mesa son muy abundantes en donde la fertilización con urea y nitrato de potasio son muy frecuentes. La importancia de los forestales es ligeramente superior a la cuenca del valle del Limarí y los consumos de ambos nutrientes casi se duplican respecto a la cuenca anterior, aunque los consumos potenciales pueden ser aún superiores (**Cuadro 7.2.**) según los requerimientos de las especies de alta productividad.

Se observa aquí un incremento en los consumos de guanos de diversos origen, de utilización en hortalizas y frutales, observándose la tendencia a utilizar una agricultura mixta con fertilización inorgánica y otra basada en el ciclaje de guanos y residuos de poda. Alrededor de 10 mil toneladas de guano se consumen en esta área.

Las áreas de riesgo por contaminación difusa se hacen más frecuentes aquí en algunos sectores de terrazas planas de mal drenaje en las áreas de Quillota, Penciahue y otras localidades que soportan al mismo tiempo una agricultura muy intensiva.

7.2.6. Cuenca del río Maipo

Se encuentran aquí uno de los valles más fértiles del país con una amplia agricultura intensiva de riego que soporta a su vez una gran diversidad de cultivos de alto valor comercial donde las viñas viníferas se muestran en todo su esplendor, así como aquellas destinadas a la producción de uva de mesa.

La mayor parte de los suelos de esta cuenca son notablemente planos y de gran amplitud a excepción a la estrechez presentada en la Angostura de Paine.

Una gran amplitud de climas mediterráneos perdura aquí en una combinación de seco costero, interior y el valle central regado.

Los cultivos liderados por el maíz corresponden a especies de alto consumo de nitrógeno y también de fósforo en una relación 2:1. También se encuentra aquí el gran cordón hortalicero responsable de un alto consumo de nitrógeno principalmente a la forma de urea y nitrato de potasio (13-0-44) y guanos de amplia variedad.

Los frutales consumen aquí principalmente nitrógeno como urea y nitrato de potasio. Entre los fertilizantes fosfatados más usuales figuran el ácido ortofosfórico (54% de P_2O_5) y el superfosfato Triple (46% de P_2O_5).

Toda la cuenca del Maipo consume unas seis mil toneladas de nitrógeno y 1500 de P_2O_5 . Las áreas planas y de mal drenaje en sectores de ríos y canales, presentan ciertos riesgos de contaminación difusa en esta área. Todavía los requerimientos potenciales de nitrógeno y fósforo pueden incrementarse a más del doble en este sector (**Cuadro 7.2.**).

7.2.7. Cuenca del río Rapel

Corresponde a una cuenca de similares características a la anteriormente descrita, pero de mayor pluviometría, sobre 700 mm. Una amplia gama de cultivos del más alto valor industrial se concentra aquí, tales como maíz, tabaco, espárragos, remolacha y otros. Los más altos consumos de nitrógeno, del orden de 18.500 toneladas se detectan aquí (**Cuadro 7.1.**), con los más altos valores potenciales estimados a nivel país. Entre las especies frutícolas, se desarrollan algunas de alto valor comercial tales como perales, cerezos y manzanos.

Se observa también una amplia demanda de nitrógeno por viñedos de producción vinífera y de uva de mesa. Las especies de forestales, especialmente pinos y eucaliptus cobran importancia a nivel de estas áreas del país.

Algunas áreas de mal drenaje y depresión en suelos arcillosos (vertisoles) muestran un mayor riesgo de contaminación difusa.

Corresponde también a una de las cuencas de mayor consumo de guano de broiler y de cerdo del país.

7.2.8. Cuenca del río Maule

Corresponde también a una cuenca de alta tecnología agrícola, especialmente representada por la remolacha azucarera. Sin embargo, se destaca aquí una reducción de la superficie hortalicera y un incremento importante del área forestal.

En desmedro de la superficie frutícola que muestra un menor consumo de nitrógeno que la cuenca anteriormente descrita. Los viñedos del valle del Maule alcanzan un máximo consumo de nitrógeno. Tanto los cultivos como las hortalizas muestran un incremento en el consumo de fósforo, especialmente como superfosfato triple y fosfato diamónico, fosfato monoamónico.

7.2.9. Cuenca del río Itata

Es una cuenca cuya característica principal es la producción cerealera, especialmente de trigo y cebada. Y también de remolacha y espárragos como cultivos industriales de alto valor comercial. Representan un alto consumo de nitrógeno y también de fósforo por los suelos que predominan en esta área.

Chacras, frutales y viñedos tienen una importante representatividad, así como el área forestal.

En esta región se ha desarrollado la mayor superficie bajo agricultura orgánica del país que tiene sin embargo todavía baja importancia nacional, no más allá del 4% nacional y responsable del consumo de guanos del orden de 40 mil toneladas.

En las zonas de confluencia con el río Ñuble, se observan los niveles de aguas subterráneas más superficiales de la región.

El soporte productivo en esta área se basa en una proporción cada vez mayor de fósforo fertilizante, especialmente como superfosfato triple y fosfato diamónico en aumento hacia el sur del país.

7.2.10. Cuenca del río Imperial

En esta cuenca, se produce una invasión de la dominancia de las especies forestales por la de los frutales y las viñas pasan a una significación drásticamente menor. La pluviometría se incrementa al orden de los 1.300 mm. Sin embargo los cultivos y las praderas muestran un alto consumo de nitrógeno y fósforo, así como también las hortalizas. La producción lechera y ganadera se incrementan notoriamente en esta cuenca en dominancia de dirección norte-sur.

Los centros de producción ganadera concentran el uso de purines y guanos que se reciclan en las praderas bajo riego.

7.2.11. Cuenca del río Bueno

En esta cuenca dominan las praderas anuales y permanentes de alto consumo de fósforo y también las forestales en menor magnitud, aunque todavía hay representación de chacras, frutales menores y cultivos industriales como remolacha que justifican un alto consumo de nitrógeno y especialmente fósforo.

La aplicación de una estas especies tiende a combinarse con apropiadas cantidades de cal en estos suelos ácidos. Es frecuente el empleo de 2 a 6 toneladas de cal.

7.2.12. Cuenca del río Aysén

En esta área, se distingue un sector de baja representatividad agrícola, pero de importancia en los que refiere a forrajeras anuales y permanentes. Los cereales, chacras y hortalizas tienen baja representatividad. El empleo del fósforo es predominantemente superior a la proporción de fertilizantes nitrogenados.

7.3. Uso de fertilizantes, en áreas seleccionadas por cuenca

El análisis de la carga de nutrientes N-P-K por cuencas seleccionadas y por comunas, nos indica lo siguiente.

7.3.1. Cuencas Camarones, Loa y Huasco

En la I Región, a partir de las estimaciones efectuadas en la Cuenca de Camarones con una superficie productiva de 1777,4 ha, se puede observar que la suma de los nutrientes N-P-K, nos indicarían (**Cuadro 6.36.**) que estos son del orden de 132 Kg de N-P-K /ha, correspondiendo a alrededor de un 90% a los nutrientes nitrógeno y fósforo.

Las mayores cantidades de nitrógeno y fósforo aplicados, corresponden predominantemente a aquellos adicionados como fertilizantes en la Comuna de Huara (aproximadamente el 50% del total aplicado en la Cuenca) y de influencia sobre el río Camarones, Loa y Huasco (**Anexo IV.a., IV.b., IV.c.**). Estas cargas de nutrientes no constituyen riesgo de contaminación difusa de los cuerpos de aguas superficiales ni subterráneos del área.

La mayor parte de los fertilizantes comprometidos, corresponden predominantemente en Huara a aquellos que se aplican en hortalizas, tales como orégano, choclos, cebollas y ajos y en alfalfa como forrajera dominante.

La mayor parte del nitrógeno se aplica como Urea y Nitrato de Potasio. La carga de nutrientes, no constituye un riesgo de importancia en la Cuenca del punto de vista de la contaminación difusa, ya que los suelos son de buena permeabilidad no generándose acumulación en aguas superficiales ni subsuperficiales.

El fósforo predominantemente aplicado como Superfosfato Triple (46% de P₂O₅) o ácido ortofosfórico (55% de P₂O₅) no se lixivia prácticamente en los suelos, sino que es retenido fundamentalmente por procesos de adsorción y generalmente no se mueve más allá de 2 cm en el suelo cultivado.

En la Cuenca del Loa, de la II Región, solo muestra cierta importancia la Comuna de Calama en donde el uso de N-P-K anual es del orden de 151 Kg por hectárea, correspondiendo al uso de nutrientes en algunas hortalizas y alfalfa como forrajera, especialmente en el área en que el río Loa cambia su curso de norte a sur y luego hacia el poniente (**Cuadro 6.37.**).

En la III Región, esta se caracteriza por ser una vasta región, pero con una superficie agrícola limitada a sólo 6.006 ha aproximadamente (**Cuadro 6.38.**).

El consumo total de nutrientes N-P-K es del orden de 141 Kg por ha y de 1,4 Ton de guano, especialmente derivados del consumo de árboles frutales de pequeños huerto familiares y de algunas hortalizas de consumo local. El olivo, los paltos y los cítricos son los únicos huertos de mayor industrialización en el área.

En esta área, los ríos del Carmen y Conay convergen en el embalse Santa Juana a la altura de la Higuera, cerca de Vallenar sin mayores riesgos de contaminación difusa por la escasa carga de nutrientes que representan.

7.3.2. Cuenca del río Limarí, sector valles interiores

En la IV Región, la Cuenca del río Limarí, representa una mayor importancia del punto de vista del consumo de fertilizantes, totalizando las comunas de Río Hurtado, Monte Patria, Combarbalá, un total de 290 Kg de N-P-K/ha, ocupando el nitrógeno el 44% de la carga total de nutrientes sobre una superficie productiva de 9.438 ha (**Cuadro 6.39.**). El mayor consumo de nitrógeno está representado en ésta área por las uvas de mesa y pisqueras, especialmente la Comuna de Monte Patria donde convergen los afluentes del río Limarí, los ríos Hurtado y Río Grande (**Anexo IV.d.**).

En el área de la Chimba y el Ingenio, se aprecia una mayor probabilidad de riesgo de contaminación difusa por aniones nitratos derivados del consumo de nitrógeno en los parronales, aplicados principalmente como Nitrato de Potasio (13-0-44) y Urea (45% de N). Sería interesante localizar aquí una estación de monitoreo de las aguas subsuperficiales del área (ver cuadros del **Anexo IV.d.**).

7.3.3. Cuenca del río Aconcagua, sector San Felipe-Los Andes

En el valle del río Aconcagua (V Región) un análisis del sector frutícola del área de San Felipe y Los Andes, nos indica que el consumo de nitrógeno se destaca en forma significativa en las Comunas de San Felipe y San Esteban, especialmente en las áreas donde los afluentes del río Aconcagua, Putaendo y Colorado convergen, enriqueciendo con ésta carga aniónica las napas subsuperficiales especialmente en el sector de Panquehue,

suelos de baja cota y originalmente turbosos (47% de la carga N-P-K, totalizando 283 Kg de N-P-K/ha (**Cuadro 6.40.a.**).

La mayor parte de los frutales de ésta área, corresponden a uva de mesa y durazneros donde la fertilización nitrogenada se efectúa mediante Nitrato de Potasio y Urea especialmente (ver capítulo de Sistemas de Producción). Una descripción detallada de los principales rubros y el consumo de estos nutrientes, se observa en el **Anexo IV.e.**). Llama la atención de que la contribución del guano no es significativa en el área, así como en todo el país, ya que la mayor parte de estos materiales son preferentemente una fuente de carbono para los suelos. Al respecto, la agricultura orgánica representa solo un 5% como máximo en el escenario de la agricultura Nacional.

7.3.4. Cuenca del río Aconcagua, sector Quillota

El sector hortofrutícola de la Cuenca del río Aconcagua, comprendiendo las comunas de Quillota, Nogales, La Calera, La Cruz e Hijuelas, muestra una carga similar al área anteriormente analizada (273 Kg de N-P-K/ha), sin embargo, llama la atención la mayor preponderancia del Nitrógeno (53% y 144 Kg/ha) proveniente de la fertilización bajo sistemas de producción forzada como el tomate de invernadero, repollos y lechugas y los huertos de alta producción, especialmente de paltos en esta región. El mayor riesgo de contaminación subsuperficial lo muestran las napas de los suelos de baja cota aledaños a la zona de Quillota (**Cuadro 6.40.b.** y **Anexo IV.e.**).

7.3.5. Cuenca del río Maipo, sector Talagante-Isla de Maipo-Paine

Las comunas más cercanas al gran Santiago: El Monte, Talagante, Isla de Maipo, Buin, Paine, Calera de Tango y San Bernardo en el sector oriente del río Maipo, representan un factor de riesgo mínimo del punto de vista del uso del nitrógeno, sumando una carga del orden de 144 Kg/ha y de 255 Kg/ha de N-P-K. El consumo de nitrógeno, se explica nuevamente en esta área principalmente por el desarrollo de parronales de uva de mesa, uva vinífera, cítricos, nogales y cultivos de papas, maíz y trigo principalmente (**Anexo IV.f.**).

7.3.6. Cuenca del río Maipo, sector Melipilla

En la Región Metropolitana, la cuenca del río Maipo, se caracteriza por una elevada carga de fertilizantes provenientes del consumo agrícola, así en el área de Melipilla, por ejemplo, la carga de N-P-K/ha es del orden de 329 Kg/ha y 195 Kg de N/ha, lo que representa más de un 59% de nitrógeno con un factor de riesgo moderado en suelos de mal drenaje y baja cota que por supuesto puede enriquecerse si se agregan otras fuentes de contaminación de diferente origen, tales como residuos de basura, guanos y otros vertidos. En ésta área, el mayor consumo de Nitrógeno y Fósforo, se explica principalmente por el cultivo de maíz de grano de alta producción, maíz de silo, papas y frutos cítricos (limoneros y naranjos) y paltos de alta producción (**Anexo IV.f.**).

7.3.7. Cuenca del río Rapel, sector valle del Cachapoal

En la cuenca del río Rapel, siendo una extensa área productiva (más de 115.704 has) se concentra una alta densidad de especies que reciben también una elevada fertilización N-P-K, constituyendo un total de 357 Kg de N-P-K/ha, siendo la más elevada registrada en este estudio y en el país. Los niveles de Nitrógeno en la fertilización total corresponden a un 58%. Estos rangos de fertilización nitrogenada que se concentran en esta área, equivalen a una carga superior a 40 mg de N/ha en los primeros 20 cm de suelo, lo que constituye un amplio riesgo de contaminación difusa de las aguas superficiales y de napas freáticas de la zona. Al respecto, algunos sondeos en esta área, indican valores sobre el umbral crítico de Nitratos en las aguas de bebida (10 mg/litro) con riesgos sobre la salud humana.

Este registro, nos indica una alta probabilidad de riesgo de contaminación difusa de los cuerpos de aguas superficiales como es el Lago Rapel conformado por la confluencia de los ríos Cachapoal y Tinguiririca. Al respecto, los más altos niveles de Nitrógeno provienen fundamentalmente de las comunas de Pichidegua, San Vicente y Rengo de todas las comunas incluidas en la cuenca. (**Anexo IV.g.**).

Los sistemas productivos que más contribuyen con N en esta área, corresponden a especies frutales de alta producción tales como manzanos, cítricos (limoneros y naranjos) duraznos y uva de mesa principalmente, además de cereales de alta producción como los híbridos de maíz (especialmente en la Comuna de Rengo) y el trigo entre los cereales.

Entre las especies hortícolas de alta producción, figuran el tomate industrial y "botado". La fertilización nitrogenada, proviene fundamentalmente de la Urea cuya transformación a nitratos es muy rápida en estos suelos y clima (una semana más o menos) y el Nitrato de Potasio (13-0-44) ampliamente utilizado en la zona y adicionado al riego por goteo o en surcos.

7.3.8. Cuenca del río Maule, sector Longaví-Perquillauquén

A partir de la VII Región, Cuenca del río Maule, se observa que aunque el 67% de los nutrientes, corresponde a Nitrógeno del total aplicado, lo que se explica por el consumo de los cereales trigo, arroz y maíz fundamentalmente, la carga N-P-K/ha es de solo 124 Kg/ha (**Anexo IV.h.**).

Llama la atención que a partir de esta área de Linares hacia el sur (**Anexo IV.h.**), el componente boratos se hace evidente, debido a la inclusión de la remolacha, cultivo de altos requerimientos de este nutriente. Esta preponderancia del cultivo en la zona, explicaría la mayor carga de este nutriente observada (1,5 Kg/ha de Boro) respecto a las otras analizadas a nivel Nacional, lo que podría constituirse por efecto acumulativo en un factor de riesgo de contaminación y/o toxicidad para otros cultivos en los sistemas productivos o rotaciones del área. Afortunadamente la fertilización Boratada, se efectúa en remolacha a partir de fuentes de lenta liberación como es la Ulexita o Boronatocalcita. Sin embargo, esta observación constituye un llamado de atención dentro del marco de buenas prácticas en el uso futuro de fertilizantes de esta naturaleza.

Los ríos Ancoa, Longaví, Achibueno y Perquilauquén no contribuyen con cargas de riesgo de contaminación difusa de ninguna de estas fuentes. En todas las comunas de esta Cuenca, la mayor concentración de los nutrientes N-P-K ocurre en áreas del cultivo industrial de la remolacha como especie cabecera en las rotaciones o sistemas de producción, seguido por trigo y arroz dentro de los cereales del sistema productivo (**Anexo IV.h.**).

7.3.9. Cuenca del río Itata, sector Diguillín-Itata

En la cuenca del río Itata (VIII Región), se invierte la relación N/P observada de norte a sur y se aprecia un mayor consumo de fósforo respecto a nitrógeno, debido probablemente a la mayor incidencia de la fijación de fósforo de los suelos de la Región derivados principalmente de materiales volcánicos (**Anexo IV.i.**). El consumo N-P-K es del orden de 214 Kg de N-P-K/ha. Por otra parte, se aprecia un incremento relativo de la superficie bajo cultivo de remolacha en las rotaciones.

En el área de Chillán, bajo la influencia del río Ñuble con sus afluentes Chillán y Cato, dominan además los cultivos de cereales, principalmente trigo y avena y las vides viníferas de altos requerimientos nutricionales. La remolacha y el frejol son los cultivos industriales más estables en la Región.

En la Comuna de Quillón, tanto el trigo como las vides viníferas, son los cultivos responsables del consumo de nitrógeno en esta área.

En las otras comunas de esta cuenca (**Anexo IV.i.**), los cultivos avena, trigo, remolacha y raps son los principales responsables del consumo N-P-K/ha. El sector forestal, no contribuye en forma significativa sobre la carga de nutrientes.

En general, la carga de nutrientes observada, no llega a niveles de peligrosidad en esta cuenca seleccionada.

7.3.10. Cuenca del Imperial, sector alto del Cautín

En la cuenca del Valle Imperial (IX Región, Cuadro 10), llama la atención la mayor demanda proporcional de P respecto a Nitrógeno, probablemente debido a la incidencia del material de origen de los suelos como se ha analizado anteriormente y a la importante preponderancia de las praderas permanentes para la producción de ganado de carne y de leche en esta región (Ejemplo: Curacautín, Temuco y Lautaro, ver cuadros del **Anexo IV.j.**) o del cultivo de papas (Nueva Imperial, Freire) trigo y avena en las cercanías del río Cautín.

Aunque en esta cuenca, se observan los más altos consumos totales de N-P por hectárea a nivel nacional, la carga de ambos nutrientes solo sobrepasa los 175 Kg/ha, no estimándose valores cercanos a los límites de riesgo considerados en este estudio. Las comunas de mayor consumo de nutrientes, lo constituyen Lautaro, Vilcún y Freire, lo que sugiere, por precaución futura la ubicación de una estación de monitoreo aguas abajo de la confluencia de los ríos Cautín y Quepe (**Anexo IV.j.**).

7.3.11. Cuenca del río Bueno, sector río Pilmaiquén

En la cuenca del río Bueno de la X Región, de influencia sobre los grandes lagos, el consumo total de nutrientes N-P-K es solo inferior al observado en la IX Región y por supuesto mayor la demanda de fósforo que la de nitrógeno en forma similar a la cuenca del Valle Imperial (ver cuadros del Anexo IV.k.).

La carga N-P-K/ ha en esta cuenca, es del orden de 159 Kg/ha y aparentemente no muestra mayor riesgo de incidencia de contaminación difusa en forma análoga a la Cuenca del Valle Imperial.

La gran demanda de nutrientes que justifican esta carga, la explican principalmente los cultivos de remolacha, papas, los cereales avena y trigo y principalmente las mezclas forrajeras, avena y ballicas para la alimentación animal.

El mayor consumo de nutrientes, se observa en las comunas de Río Bueno, San Pablo y La Unión, sugiriéndose una estación de monitoreo por precaución futura, aguas debajo de la desembocadura de los ríos Rahue y Lollehue sobre la gran cuenca del río Bueno.

7.3.12. Cuenca del río Aysén

En la cuenca de Aysén de la XI Región, se aprecia que el consumo total de los nutrientes N-P-K es muy bajo, del orden de 6,4 Kg de N-P-K por ha (Anexo IV.l.) en las dos comunas analizadas sobre una superficie productiva tan amplia como 19.627,4 has. La mayor parte de los nutrientes, derivan de la fertilización de las praderas permanentes, especies forrajeras nativas y trébol rosado y avena como componentes de los sistemas productivos en esta Región cuya protección del medio ambiente tiene la mayor importancia debido a la naturaleza frágil de estos ecosistemas. Las comunas de Aysén y Coyhaique están representadas en este estudio (cuadros del Anexo IV.l.). Estos niveles de fertilización conservacionista y de bajo costo practicados en esta área, nos indican escasas probabilidades de riesgo de contaminación difusa. Aunque no se cuenta con claros antecedentes en esta área, se conoce el mayor uso de fertilizantes que contienen azufre y el INIA cuenta con claros antecedentes de respuesta al azufre ventilado fertilizante, especialmente en praderas naturalizadas de la Región. Las condiciones climáticas, por otra parte, en este clima lluvioso (más de 1000 mm) condiciona una alta probabilidad de pérdidas de aniones sulfato por lixiviación. Muchos suelos de ésta área presentan además texturas livianas de alta permeabilidad.

7.4. Conclusiones

El mayor consumo de nitrógeno, se observa en la cuenca del río Rapel y el mayor consumo de fósforo en la cuenca del río Itata.

Al considerar la suma de las cuencas, (**Cuadro 7.1.**) éstas representan aproximadamente el 50% del consumo de nitrógeno del país y menos del 50% del consumo de fósforo (29 mil toneladas).

Es interesante observar que al considerar el consumo de los nutrientes según la superficie agrícola de cada rubro (**Cuadro 7.3.**) el mayor consumo de nitrógeno se observa en la cuenca del Rapel que ostentaría el mayor índice de riesgo de contaminación difusa, seguido de muy lejos por la cuenca del río Maipo (casi el doble) y la cuenca del río Imperial, Maule e Itata los más altos índices de acumulación de fósforo fertilizante.

Podemos sostener con estos antecedentes que el nitrógeno es el nutriente con más riesgo ambiental en el país, debido principalmente a los grandes aportes localizados sobre los suelos y sistemas hídricos, generados principalmente por el uso agrícola y por su amplia movilidad en sus formas iónicas transportadas por el agua como flujo de masas. Este riesgo puede ser incrementado también localmente por efecto acumulativo de masas de nitrógeno orgánico soluble proveniente de aguas residuales no tratadas o de la acumulación de residuos orgánicos de diversa naturaleza incluyendo los guanos, purines y excretas.

De este modo, cualquier intento por apoyar la prevención futura mediante monitoreo de las redes de agua, la toma de conciencia de los centros de riesgo de contaminación agrícola y/o urbana e industrial y sus posibles interacciones, debe ser considerado como una estrategia futura de especial relevancia.

Con respecto al efecto contaminante del fósforo fertilizante que adquiere tanto formas orgánicas e inorgánicas, no se mueve más allá de 2 a 3 cm de su punto de localización en el suelo, de este modo, su desplazamiento está supeditado fundamentalmente al arrastre hídrico de coloides como sedimentos o por efecto del arrastre impulsado por el viento. De este modo, el mayor riesgo de contaminación futura podría situarse en las áreas de cuerpos de agua superficiales como en los grandes lagos de la zona sur.

Los fertilizantes potásicos en general, se emplean aún en pequeña escala en el país, aunque se observan ligeras tendencias incrementales en un futuro próximo, especialmente en el área frutícola. Al respecto, los mayores riesgos de contaminación lo constituyen las formas cloradas como Muriato de Potasio (60% de K_2O). El Cloro es desplazado en las aguas de percolación en forma similar a los nitratos, ya que los cloruros se desplazan con cargas iónicas negativas que son repelidas por las arcillas coloidales. Otro efecto de influencia en la carga de Cloruros puede ser la presencia natural de éstos aniones en los sistemas hídricos, lo que representaría un efecto aditivo sobre éstos contaminantes en áreas muy localizadas. El riesgo, puede hacerse evidente en situaciones de mal drenaje y aguas de riego con presencia de Cloruros presentes en las masas de agua.

8. USO DE PLAGUICIDAS¹

8.1. Introducción

En los últimos 10 a 15 años, mucha atención se ha prestado al movimiento que pueden experimentar los pesticidas aplicados al suelo a aguas tanto subterráneas como superficiales en los suelos agrícolas. El uso de pesticidas en Chile ha crecido de manera importante desde la década de los 80 en adelante, aunque es considerablemente mayor en el caso de los herbicidas, especialmente aquellos usados en cereales, fruticultura y silvicultura.

8.2. Criterios de riesgo de contaminación difusa

Los pesticidas pueden llegar al agua a través de tres vías principales.

1. Derrames accidentales en los cuales llegan grandes cantidades de pesticida, usualmente en altas concentraciones, entran al agua superficial causando accidentes mayores.
2. Contaminación referida como problemas agudos causados por el uso descuidado de los pesticidas como pulverizando sobre cursos de agua o ductos de drenaje, desplazamiento directo de sectores aplicados y por descuido en el lavado de las maquinarias y en el descarte de envases. Los niveles de contaminación por esta manera suelen ser considerables pero son generalmente atenuados por el factor dilución. Un manejo adecuado reduce considerablemente el riesgo.
3. Lixiviados del suelo los que llegan al agua superficial o subterránea y que corresponde al lavado de moléculas del pesticida y sus productos de degradación a través de un período largo de tiempo. Los niveles de pesticidas que contribuye la lixiviación son generalmente bajos pero, bajo ciertas circunstancias, pueden ser suficientes para concentrarse en las aguas como para exceder los límites tolerados.

¹ *Capítulo redactado por Juan Ormeño Núñez, Ingeniero Agrónomo Ph.D., Investigador del Departamento de Cultivos, Centro Regional de Investigación La Platina, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA).*

Todos los pesticidas poseen un riesgo potencial de contaminación ambiental ya que ellos son por estructura y funcionamiento químicos tóxicos. En Chile no existen normas de concentración admisible en cuerpos de agua, como es el caso de Europa y Norteamérica donde los valores máximos permitidos son de $0,1 \mu\text{g L}^{-1}$.

Los compuestos mayoritariamente problemáticos y que han sido encontrados con mayor frecuencia son los herbicidas atrazina, simazina así como insecticidas aplicados al suelo del grupo de los carbamatos y cloropropanos. Estos compuestos se han detectado en concentraciones que superan los $1 \mu\text{g L}^{-1}$ en acuíferos superficiales tanto en Europa como en EEUU. Las concentraciones de pesticidas específicos que son típicamente encontrados en muestras de agua son generalmente bajas y raramente llegan a superar la barrera de las $10 \mu\text{g L}^{-1}$. Se debe señalar que el tratamiento convencional a que se somete el agua potable es pobre en cuanto a remoción de muchos de los pesticidas, especialmente de aquellos más solubles, ya que estos sistemas no fueron diseñados con este propósito (Fawell, 1991).

Los sistemas de agua subterráneas son generalmente caracterizados por tasas reducidas flujo de materiales químicos. El tiempo de respuesta de pozos con aguas profundas a la entrada de elementos polucionantes de la superficie es del orden de décadas. Esta respuesta más bien lenta significa que la determinación del pesticida en muestras sacadas mediante bombeo provee de una inadecuada indicación de la calidad del agua subterránea. Para medir adecuadamente y determinar el origen de la contaminación, se necesitan datos obtenidos en tres dimensiones de la distribución subsuperficial de los pesticidas en el perfil, especialmente en la zona insaturada de los acuíferos (Foster y Chilton, 1991).

Los factores que significativamente afectan la lixiviación de pesticidas desde el suelo son:

- (1) la dosis y los métodos de aplicación empleados,
- (2) la solubilidad en agua de la molécula formulada,
- (3) la movilidad en la solución suelo y,
- (4) la tasa de degradación en el suelo que posean los ingredientes activos.

La movilidad generalmente se expresa como el coeficiente de partición del compuesto en relación al carbón orgánico (K_{oc}) y la degradabilidad por el suelo en términos de la vida media (días). Existe una alta cantidad de información y que se pueden encontrar en citas referenciales, sin embargo estos datos están generalmente relacionados a suelos orgánicos, fértiles y ricos en arcillas. La movilidad y persistencia de una molécula puede ser mucho mayor en el suelo de los acuíferos ya que ellos contienen una fracción mucho menor de minerales arcillosos y materia orgánica además de una población bastante más reducida de microorganismos.

El transporte de solutos a través de la matriz insaturada de los acuíferos se sabe ocurre a tasas de 0,5 a 1,5 m por año. Como la mayoría de los compuestos plaguicidas se han utilizado por menos de 10 a 20 años, la mayoría de los pesticidas lixiviados de suelos agrícolas se esperaría que permanecieran inmóviles en la zona insaturada, excepto en áreas con altas napas freáticas. Sin embargo, de acuerdo a la naturaleza irregular y fracturada de los acuíferos junto con sus características hidráulicas específicas, existe una alta probabilidad de flujo preferencial en los macroporos o fisuras, sobrepasando la matriz. El flujo preferencial es difícil de

probar y cuantificar pero, si está presente, permitiría un transporte de los polucionantes y una menor retardación por adsorción, reacciones químicas y degradación de las moléculas (Foster y Chilton, 1991).

El muestreo de flujos preferenciales o mayores es dificultoso. Investigar los pesticidas en la zona insaturada presenta dificultades extras tanto de muestreo como de análisis ya que la cantidad de compuestos utilizados en agricultura es bastante numeroso. Asimismo, no resulta fácil de obtener volúmenes adecuados en las muestras para alcanzar los límites analíticos de detección así como el extremo cuidado y manejo que se debe tener de estas muestras antes de analizarlas.

Aguas superficiales generalmente contienen la mayor diversidad de pesticidas y junto con los herbicidas, fungicidas como carbendazim e insecticidas como cypermethrin también se han detectado. La cantidad de pesticidas que pueden alcanzar las aguas superficiales es considerablemente mayor luego de lluvias intensas y bajo sistemas de riego que impliquen arrastre superficial de sedimentos.

Los plaguicidas y en particular los herbicidas, se pueden encontrar en el agua potable o bebestible de fuentes naturales como consecuencia del uso legítimo y generalmente adecuado que se hace tanto en el sector agrícola como no agrícola. Los plaguicidas, sin embargo, tienen una mala imagen pública y su presencia en las aguas, aun en pequeñas cantidades, es considerada por el público no solamente como innecesaria sino que totalmente indeseable. Existe la convicción de que ellos son elementos polucionantes y que están presente como consecuencia de actividades que en lo absoluto están vinculadas con las fuentes acuíferas mismas. Sin embargo, desde el ámbito científico se ha indicado que pretender que existe un gran riesgo para la salud a las concentraciones que actualmente se han encontrado o bien implicar que cualquier concentración por sobre el valor estándar establecido de $0,1 \mu\text{g L}^{-1}$ indefectiblemente causará daño a la salud humana, resulta irresponsable e infundado (Fawell, 1991).

8.3. Plaguicidas aplicados al suelo

En el **Cuadro 8.1.**, se presenta un listado de todos los plaguicidas actualmente disponibles e el mercado chileno que, tanto aplicados al suelo como al follaje emergido de las malezas, poseen una activa y significativa actividad en el suelo. Salvo un par de ingredientes activos con actividad insecticida, todos estos plaguicidas corresponden a herbicidas empleados para controlar malezas. Estos herbicidas aplicados al suelo también se denominan genéricamente como suelo-activos debido a que una vez en el suelo las malezas los absorben activamente a través de sus órganos subterráneos en activo crecimiento como son la radícula y tejidos cotiledonares una vez que las semillas o propágulos vegetativos han comenzado el proceso de germinación. Los herbicidas suelo-activos por sus propiedades físico-químicas pueden permanecer en el suelo en forma activa por tiempos variables que pueden ir de algunos días hasta más de un año. En el cuadro ellos se ordenan en cada uno de los cultivos donde son utilizados, indicando además el tipo o forma como ellos son aplicados en el terreno y el rango de dosis de ingrediente activo en que es utilizado.

Cuadro 8.1. Herbicidas del tipo suelo-activos empleados en cultivos en Chile

Ingrediente Activo	Cultivos	Tipo aplicación	Dosis Ingrediente Activo
EPTC	porotos	psi	3,3-4,2 L/ha
	maravilla	psi	2,5 L/ha
	maíz	psi	4,1-5,0 L/ha
Linuron	porotos	pre, post	0,5-1,7 kg/ha
	arvejas	pre, post	0,5-1,7 kg/ha
	lupino	post	0,5-1,7 kg/ha
	maravilla	pre	1,0-1,7 kg/ha
	papas	post	1,0-1,7 kg/ha
	Cebollas, ajos	pre,post	0,4-0,75 kg/ha
Metolacoloro	porotos	psi	1,4-1,9 L/ha
	maíz	psi	1,4-1,9 L/ha
	remolacha	psi	1,4-1,9 L/ha
Trifluralina	porotos	psi	0,5-1,2 L/ha
	arvejas	psi	0,5-1,2 L/ha
	maravilla	psi	0,5-1,2 L/ha
	tomate	psi	0,5-1,2 L/ha
	raps	psi	0,5-1,2 L/ha
	cebolla, ajos	psi	0,5-1,2 L/ha
	Frutales, vides, subtropicales	psi	1,0-2,4 L/ha
	berries	psi	1,0-2,4 L/ha
Pendimetalina	porotos	psi,pre	1,0-1,6 L/ha
	arvejas	psi,pre	1,0-1,6 L/ha
	papas	pre	1,0-1,6 L/ha
	tomates	pre	1,0-1,6 L/ha
	cebollas, ajos	pre,post	1,0-1,6 L/ha
	Frutales, vides, subtropicales	pre	1,0-1,6 L/ha
	berries	pre	1,0-1,6 L/ha
	forestales	pre	1,0-1,6 L/ha
Metribuzina	lupino	post	0,25-0,75 kg/ha
	tomates	post	0,25-0,75 kg/ha
	papas	post	0,25-0,75 kg/ha
Simazina	lupino	pre	1,0-2,0 kg/ha
	Frutales, vides, subtropicales	pre	2,0-3,5 kg/ha
	forestales	pre	2,0-4,0 kg/ha
Alaclor	maravilla	psi	1,4-2,8 L/ha
	maíz	psi	1,9-3,8 L/ha
Iodosulfurón	trigo, avena, cebada	post	150 g/ha
Metsulfuron-metil	trigo, avena, cebada	post	4,8 g/ha
Picloram	praderas	post	0,1-0,15 L/ha

Triasulfurón	trigo, avena, cebada	post	7,5 g/ha
Bensulfurón-metil	arroz	post	60-72 g/ha
Cyclosulfamurón	arroz	post	49 g/ha
Pirazosulfurón-etil	arroz	post	22,5 g/ha
Molinate	arroz	pre, post	7,0-10,0 kg/ha
Atrazina	maíz	pre,post	1,5-2,0 kg/ha
Cyanazina	maíz	pre,post	1,5-2,0 kg/ha
Acetocloro	maíz	psi	1,5-2,1 L/ha
Nicosulfurón	maíz	post	52 g/ha
Halosulfurón	maíz	post	75-150 g/ha
Cloridazon	remolacha	psi	1,3-3,25 kg/ha
Lenacil	remolacha	psi	0,6-1,2 kg/ha
Metabenzthiazuron	papas	post	2,1-2,8 kg/ha
	cebollas, ajos	pre,post	1,4-2,1 kg/ha
Napropamida	tomates	pre	18,0-27,0 kg/ha
	Frutales, vides, subtropicales	pre	18,0-27,0 kg/ha
Oxadiazon	cebolla, ajos	pre,post	0,5-0,75 L/ha
	Frutales, vides, subtropicales	pre,post	0,5-0,75 L/ha
Oxifluorfen	cebolla, ajos	pre,post	0,12-0,24 L/ha
	Frutales, vides, subtropicales	Pre	0,12-0,24 L/ha
	forestales	pre	0,12-0,24 L/ha
Diurón	alfalfa	pre	1,5-2,5 kg/ha
	Frutales, vides, subtropicales	pre	1,5-2,5 kg/ha
Flumetsulam	alfalfa	post	40 g/ha
	praderas	post	40 g/ha
Imazetapir	alfalfa	post	106 g/ha
Propizamida	alfalfa	post	1,0-1,5 kg/ha
Aminotriazol	Frutales, vides, subtropicales	post	4,0-6,0 kg/ha
	berries	post	4,0-6,0 kg/ha
Oryzalin	Frutales, vides, subtropicales	pre	1,6-2,4 L/ha
Terbutizalina	Frutales, vides, subtropicales	pre	2,0-2,5 L/ha
	Forestales	pre	2,0-2,5 L/ha
Hexazinona	Forestales	post	1,8-3,6 kg/ha
Carbofuran (Insect.)	Hortalizas, papas, maíz, etc.	psi	1,0-2,0 L/ha
Aldicarb (Insect.)	Hortalizas, papas, maíz, etc.	psi	1,5-2,2 kg/ha

Psi. Aplicado de pre siembra y luego incorporado al suelo mecánicamente o a través del riego.

Pre. Aplicado de pre emergencia del cultivo

Post. Aplicado sobre el follaje emergido de cultivo y malezas.

En el **Cuadro 8.2.**, se presentan los mismos herbicidas incluidos en el **Cuadro 8.1.**, pero en cada uno de ellos se indican las características físico químicas que se emplean para evaluar el potencial de contaminación de aguas. Estos son los valores de solubilidad en agua (ppm) que posee el herbicida y que indican la habilidad del producto formulado de solubilizarse en agua una vez aplicado al suelo.

El otro parámetro incluido (**Cuadro 8.2.**), es el llamado Coeficiente Adsorción o K_{OC} valor que indica la tendencia que tiene el compuesto para adsorberse o adherirse electromagnéticamente a las partículas del suelo. Este valor es una medida del grado de retención que ejerce el suelo sobre el producto una vez aplicado y que, junto con la solubilidad, resulta de gran utilidad para poder predecir su potencial de escurrimiento en solución en las aguas tanto subterráneas como superficiales. Valores de K_{OC} menores de 500 indican que el ingrediente activo posee poca o nula capacidad de adsorción y, por ende, el herbicida posee un potencial mayor para lixiviarse en el suelo.

La vida media en el suelo es una medida de la persistencia como tal del ingrediente activo una vez aplicado y es expresada en número de días necesarios para reducir a la mitad la concentración inicial en que fue aplicado el producto. Finalmente, en la última columna del **Cuadro 8.2.**, se indica una apreciación referencial del potencial de contaminación de aguas y que es el que fue usado por el extenso estudio realizado por la National Water Quality Assessment Program (NAWQA) en donde por varios años se midieron los niveles de residuos de todos los pesticidas empleados en la agricultura y otras actividades en aguas subterráneas y superficiales a través de todos los estados de EEUU (Anónimo, 1998).

En el **Cuadro 8.3.**, se seleccionaron los herbicidas que potencialmente y de acuerdo a sus características físico químicas representan un mayor riesgo de contaminación de las aguas sobre la base de los parámetros arriba descritos. De esta forma ellos fueron seleccionados como potencialmente contaminantes de agua debido a: (1) su alta solubilidad en el agua del suelo, (2) Coeficientes de Adsorción (K_{OC}) menores de 500 ya que este valor que indica la tendencia que tiene el compuesto para quedar adsorbido a las partículas coloidales del suelo, (3) la vida media en el suelo en donde los pesticidas que tienen la tendencia a poseer una mayor vida media fueron los considerados más peligrosos como potenciales contaminantes ya que pueden permanecer por más tiempo activos en suelo y, por ende, estar disponible por un mayor tiempo en suelo para moverse en forma activa hacia capas inferiores del perfil. El cuarto elemento considerado en la selección de pesticidas fue el grado de riesgo del producto que tiene a nivel de estudios similares realizados en otros países y que es usado referencialmente en la literatura sobre contaminación de aguas subterráneas.

Si bien es cierto todos los pesticidas presentados en el Cuadro 3 presentan un riesgo de contaminación ya que alguna de las características físico químicas del pesticida le permitirían potencialmente llegar a los acuíferos con relativa mayor facilidad que otros, la extensión de la superficie ocupada por los cultivos en donde ellos son empleados así como la dosis empleada y la frecuencia de su uso juegan un rol clave en la determinación de su potencial de contaminación de aguas.

Cuadro 8.2. Solubilidad en agua mg/L o ppm, Coeficiente de Adsorción (Koc), Vida media del ingrediente activo en el suelo (días) y estimaciones referenciales de contaminación de agua

Ingrediente Activo	Solubilidad en agua mg/L	Coef. de Adsorción Koc	Vida media suelo días	Contaminación agua
EPTC	375	200	6-32	Baja
Linuron	81	400	30-150	Media
Metolacoloro	530	200	15-70	Media
Trifluralina	<1	8.000	45-320	Baja
Pendimetalina	0,3	5.000	40	Baja
Metribuzina	1.050	60	30-120	Media
Simazina	5	130	28-149	Media
Alaclor	242	170	8	Baja
Metsulfuron-metil	2.790	NA	14-180	Baja
Picloram	430	16	20-300	Media
Triasulfurón	1.500	ND	ND	Baja
Bensulfurón-metil	2,9-120	ND	11-143d	Baja
Cyclosulfamurón	ND	ND	ND	ND
Pirazosulfurón-etil	14,4	ND	ND	Baja
Molinate	880	190	5-21d	Media
Atrazina	28	100	+ 360d	Alta
Cyanazina	171	190	14-63d	Media
Acetocloro	223	ND	56-84d	Baja
Nicosulfurón	1,2g/100g	15-78	26-63d	Baja
Cloridazon	400	ND	ND	
Lenacil	6	ND	ND	Baja
Metabenzthiazuron	59	ND	ND	Baja
Napropamida	73	700	56-84	Baja
Oxadiazon	0,7	ND	90	Baja
Oxifluorfen	0,1	100.000	30-40	Baja
Diurón	42	480	30-360	Media
Imazetapir	0,14	11-31	ND	Baja
Propizamida	15	800	60	Baja
Aminotriazol	280.000	100	14	Media
Oryzalin	2,5	600	20-128	Baja
Terbutizalina	8,5	ND	30-90	Baja
Hexazinona	33.000	54	30-180	Alta

*Coeficiente de Adsorción. Koc = $\frac{\text{concentración adsorbido}}{\text{concentración disuelto}}$
% carbono orgánico en el suelo*

Koc menores de 500 indica poca o nula capacidad de adsorción y, por ende, el herbicida posee un potencial para lixiviarse en el suelo

ND. No disponible.

Cuadro 8.3. Herbicidas suelo-activos empleados en cultivos en Chile selección realizada sobre la base hidrosolubilidad (>5mg/L), Valores de K_{oc} (<500) y de valores de vida media mayores a 30 días

Ingrediente Activo	Cultivos	Dosis IA	Hidro solubilidad mg/L	Coef. Adsorción K_{oc}	Vida media suelo días	Contaminación agua
Linuron	Porotos	0,5-1,7 kg/ha	81	400	30-150	Media
	Alfalfa	0,5-1,7 kg/ha				
	Lupino	0,5-1,7 kg/ha				
	Maíz	1,0-1,7 kg/ha				
	Papas	1,0-1,7 kg/ha				
	Cebollas	0,4-0,75 kg/ha				
Metolacoloro	Porotos	1,4-1,9 L/ha	530	200	15-70	Media
	Maíz	1,4-1,9 L/ha				
	Remolacha	1,4-1,9 L/ha				
Metribuzina	Lupino	0,25-0,75 kg/ha	1.050	60	30-120	Media
	Maíz	0,25-0,75 kg/ha				
	Papas	0,25-0,75 kg/ha				
Simazina	Lupino	1,0-2,0 kg/ha	5	130	28-149	Media
	Frutales, vides, subtropicales	2,0-3,5 kg/ha				
	Forestales	2,0-4,0 kg/ha				
Picloram		0,1-0,15 L/ha	430	16	20-300	Media
		0,1-0,15 L/ha				
Atrazina	Maíz	1,5-2,0 kg/ha	28	100	+ 360	Alta
Cyanazina	Maíz	1,5-2,0 kg/ha	171	190		Media
Nicosulfurón	Maíz	1,5-2,0 kg/ha	1.200	15-78	20-60	Baja
Diurón	Alfalfa	1,5-2,5 kg/ha	42	480	30-360	Media
	Frutales, vides, subtropicales	1,5-2,5 kg/ha				
Hexazinona	Forestales	1,8-3,6 kg/ha	33.000	54	30-180	Alta

Incoloro: máxima probabilidad

Celeste: probabilidad alta

Amarillo: probabilidad moderada

Verde: probabilidad baja

Letras en rojo y negrita: factor más limitante

8.4. Uso de plaguicidas aplicados al suelo que presentan mayor riesgo de contaminación difusa

Al sobreponer esta información sobre las diferentes cuencas estudiadas y de acuerdo a la superficie cultivada en cada una de ellas con cultivos en donde estos se utilizan se puede deducir que los pesticidas que potencialmente tendrán una mayor posibilidad de contaminar difusamente las aguas superficiales así como subterráneas son los herbicidas de las familias de las triazinas. Entre ellos el que aparece como más importante es el herbicida atrazina, producto utilizado intensamente en el cultivo del maíz en la zona central. Este es un cultivo altamente tecnificado y que se explota bajo riego ya sea en forma tradicional con riego por surco o bien con pivote y se ubica en sectores donde existe una alta concentración de población rural como son los valles de la Región Metropolitana, la VI Región y en ciertos sectores de la VII Región.

En este sentido, especial énfasis debiera ponerse a las aguas de pozos ubicados en sectores tradicionalmente maiceros de estas regiones ya que el uso prolongado de atrazina y que ya fácilmente alcanza las dos décadas, y particularmente debido al intenso monocultivo que se hace de este cultivo en estas zonas, convierte a este herbicida residual en un candidato particularmente importante como elemento contaminador de aguas subterráneas. En sentido opuesto, dado el carácter secundario que tiene el maíz para grano en el resto de las cuencas hidrográficas, no debieran existir riesgos mayores de contaminación en los valles de las Regiones I, II, III, IV, V, VIII, IX, X, XI y XII Regiones.

Luego, en la lista de los productos potencialmente más contaminantes de cuerpos de aguas vendría simazina, herbicida empleado rutinariamente en huertos frutales como tratamiento invernal y en plantaciones forestales como tratamiento de preparación de sitio antes del trasplante o bien en plantaciones ya establecidas. El uso de simazina en huertos frutales ha ido decreciendo con la incorporación masiva de glifosato, herbicida no selectivo que es aplicado de post emergencia y que los productores han adoptado como tratamiento masivo en sus huertos frutales, parronales y viñedos, especialmente por su gran eficacia de control de malezas perennes.

A pesar de su relativa baja solubilidad, su larga persistencia en el suelo y la proximidad de centros poblados a este tipo de explotaciones frutícolas convierten a la simazina en un potencial candidato contaminador de aguas subterráneas. En este sentido los mayores riesgos pudiesen concentrarse en sectores donde se ubican las plantaciones de frutales tanto de hoja caduca como persistente en las Regiones V, Región Metropolitana, VI y VII Regiones. Desde la perspectiva de superficie y uso de este pesticida, no existirían riesgos mayores en los valles de las Regiones I, II, III, IV, VIII, IX, X y XI Regiones.

En plantaciones forestales, el uso masivo de simazina presenta aún mayor riesgo ya que las superficies tratadas son considerablemente superiores y además, estas plantaciones son generalmente realizadas en terrenos con mayores pendientes y en donde la posibilidad de arrastre de suelo contaminado con simazina por erosión es muy alta, especialmente durante el período de establecimiento de la plantación.

Particularmente importantes debieran ser las cuencas donde existen plantaciones forestales de pino y eucaliptus de la VII, VIII y IX Regiones ya que en ellas se concentra la mayor superficie de estas especies

forestales y a la vez las técnicas de establecimiento de las empresas forestales de estas regiones son las que más utilizan herbicidas. Desde el punto de vista de la superficie dedicada a la forestería, el uso de simazina no presentaría riesgos mayores en los valles de las Regiones I, II, III, IV, V, VI, X y XI Regiones.

Por otro lado, el herbicida hexazinona que se emplea intensivamente en plantaciones de pinos por sus características de alta solubilidad, bajos valores de Koc y alta persistencia en el suelo, también presenta un serio riesgo de contaminación en todas las cuencas donde existan plantaciones de pinos. Las cuencas donde debiera monitorearse este herbicida corresponderían a las mismas donde se hiciesen las mediciones para simazina en plantaciones forestales.

En último lugar de este ranking se encuentra el herbicida diuron que pertenece a la familia de las ureas. Este pesticida pudiese también ser incluido dentro de este grupo de los más peligrosos ya que todavía se usa en frutales y, como herbicida de alto efecto residual, también se emplea en condiciones no agrícolas como son los tratamientos de caminos, vías de acceso, sitios industriales etc. así como en ciertos cultivos perennes como alfalfa. La medición de este herbicida debiera concentrarse en la misma área donde se monitorease simazina para frutales, esto es en las Regiones V, Metropolitana, VI y VII. La superficie de cultivo de alfalfa en gran medida se concentra en estos sectores así como los mayores centros poblados. En este mismo sentido, no existirían riesgos mayores de posibles contaminaciones con este pesticida en las cuencas hidrográficas de los valles ubicados en las Regiones I, II, III, IV, V, VIII, IX, X y XI.

8.5. Aspectos específicos del uso y monitoreo de plaguicidas a nivel de minicuenas

Al establecer las estaciones de monitoreo para la detección de contaminantes difusos de plaguicidas es necesario considerar tres aspectos fundamentales de la naturaleza del comportamiento de estos compuestos en el agua:

- (1) la detección de un ingrediente activo es siempre mejor y más precisa mientras ella se realice lo más cerca posible del lugar donde se ha utilizado el herbicida,
- (2) mientras mayores sean los caudales de los cuerpos hídricos en donde se realice la medición, menor va a ser la probabilidad de encontrar cantidades medibles del plaguicida.
- (3) la contaminación por plaguicidas aplicados al suelo posee una modalidad más bien de pulso y no de naturaleza continua. Esto significa que la concentración de residuos mensurables en las aguas va a ser ondulante existiendo períodos con mayor tenores de contaminantes que otros.

Por estas razones es importante señalar que para poder realizar mediciones exitosas, los lugares de monitoreo debieran ubicarse en cauces, naturales o artificiales, lo más cercanos posibles a las zonas de emergencia de residuos de plaguicidas. Esto significa privilegiar cauces superiores y de caudales menores como son canales

de riego, acequias de desagüe, riachuelos, norias y pozos no profundos, evitando ubicarlos en cuerpos hídricos mayores como ríos y afluentes secundarios, debido al efecto dilución que se produce mientras mayor sea el caudal hídrico del cuerpo en cuestión.

Para elevar la probabilidad de detección de cantidades superiores a 1 µg/L de ingrediente activo las muestras debieran colectarse a nivel de minicuenca como máximo o en su defecto cuando se tenga certeza de proximidad física de siembras y plantaciones donde se sospeche la utilización continua de herbicidas con potencial contaminante.

Todos los ingredientes activos mencionados en el **Cuadro 8.4.** son susceptibles a ser potencialmente detectados en aguas tanto superficiales como subterráneas ya que todos ellos son del tipo suelo-activo, es decir para ejercer su efecto herbicida necesitan quedar en el suelo en forma activa para entrar luego en contacto con las malezas a controlar.

La probabilidad de detección en aguas va a depender de la distancia de la fuente donde fue aplicado, del tiempo transcurrido desde su aplicación, de las cantidades que se han utilizado en el tiempo y de la persistencia y grado de movilidad que tenga el ingrediente activo en el suelo y agua.

Considerando todos estos antecedentes, a continuación se presenta un breve análisis a nivel de las cuencas seleccionadas de los lugares geográficos con mayor potencial de contaminación difusa con plaguicidas aplicados al suelo de acuerdo al tipo y extensión de los cultivos prevalentes en cada comuna a nivel de cada microcuenca de importancia agrícola y forestal.

8.6. Sugerencia para el monitoreo de plaguicidas en las cuencas seleccionadas

El análisis de los sectores más sensibles a la contaminación difusa con plaguicidas suelo-activos para determinar los lugares de monitoreo se realizó por comuna en cada una de las provincias incluidas en la respectiva cuenca hidrográfica que seleccionada previamente para este estudio, utilizando los datos de superficie cultivada del último censo agropecuario y el uso de ingredientes activos específicos con mayor potencial contaminante.

8.6.1. Cuencas de Camarones, río Loa y río Huasco

Las principales características hídricas así como la superficie actualmente bajo cultivos intensivos de estas cuencas indican que no debieran instalarse estaciones para el monitoreo de plaguicidas. Parece razonable señalar en este sentido que los esfuerzos debieran dirigirse a áreas ubicadas en otras cuencas donde el uso de plaguicidas y los cuerpos hídricos sean mayores y donde exista una mayor concentración de asentamientos humanos.

Cuadro 8.4. Herbicidas residuales: consideraciones ambientales en cuanto a degradación en suelo, agua y vegetación de los ingredientes activos con el mayor riesgo de contaminación ambiental

NOMBRE TÉCNICO	NOMBRE COMERCIAL	CONSIDERACIONES AMBIENTALES
ATRAZINA (Gesaprim 90 wg; Anatraxina 500 f; Atranex 50sc; Atrazina 500 sc; Atrazina 90 df Primagran 500 fw (metolacoloro))		
<p>Degradación en suelo y aguas subterráneas. Muy persistente en el suelo. Hidrólisis seguido por descomposición con microorganismos son los principales formas de degradación. Hidrólisis es rápida en ambiente ácido o alcalino pero es menor a pH neutros. Adición de material orgánico aumenta la hidrólisis. Puede persistir por más de 1 año en climas secos y fríos. Moderada a alta movilidad en suelos con baja arcilla y MO. Como no es fuertemente adsorbido por las partículas de suelo y posee una larga vida media de 60 a más de 100 días, posee un alto potencial de contaminación de agua subterránea a pesar de tener una baja solubilidad en agua. Atrazina es el segundo más importante pesticida encontrado en pozos privados y públicos. Trazas se han encontrado en agua potable en numerosos estados de EEUU (1% del total muestreado).</p> <p>Degradación en agua. Moderadamente soluble en agua. Hidrólisis química seguida por biodegradación son las dos principales rutas de degradación en ambientes acuáticos. Hidrólisis es rápida en condiciones ácidas o básicas y menores a pH neutros. No se adsorbe a los sedimentos Volatilización y bioconcentración no es importante. Detectada en numerosos estuarios de los EEUU.</p> <p>Degradación en la vegetación. Absorbida por raíces y follaje. Una vez absorbida se transloca hacia arriba y acumula en los puntos de crecimiento y hojas nuevas. Plantas susceptibles, atrazina inhibe la fotosíntesis y en las tolerantes es metabolizada. Inhibidor de fotosíntesis en el Fotosistema II.</p>		
DIURON (Ustinex 80 wp; Karmex 50 sc; Karmex 80 wp; Diurex 50% sc)		
<p>Degradación en suelo y aguas subterráneas. Diurón es una molécula de moderada a alta persistencia en suelo, vida media de 1 mes a 1 año. Plantaciones de piña contienen residuos después de 3 años de la última aplicación. Movimiento es relacionado con la MO y al tipo de residuo en el suelo. Metabolitos son menos móviles que la molécula intacta. Se ha encontrado en California en cantidades de 2-3 ppb así como en Ontario, Canadá.</p> <p>Degradación en agua. Estable en agua neutra, siendo los microorganismos los principales agentes de degradación en medios acuáticos.</p> <p>Degradación en la vegetación. Diurón es rápidamente absorbido a través de las raíces no así por el follaje aéreo. Inhibidor de fotosíntesis en el Fotosistema II.</p>		

HEXAZINONA (Velpar 90 ps; Velpar L ; Velpar 75 df; Velpar 20 g)

Degradación en suelo y aguas subterráneas. De moderada a alta persistencia en el suelo. Vidas medias en el campo varían de 30 a 180 d, con promedio cercano a 90 d. Hexazinona es degradada por los microorganismos produciendo CO₂. La luz solar también degrada la molécula por fotodegradación. La tasa de degradación en campo depende de múltiples factores como luz solar, lluvia, tipo de suelo y dosis empleada.

Degradación en agua. Foto descomposición, biodegradación y dilución son los mecanismos principales en la pérdida de actividad de H en los sistemas acuáticos.

Degradación en la vegetación. Hexazinona es rápidamente absorbida por raíces y luego translocado a través de toda la planta. Es menos móvil si es absorbido por el follaje. En plantas menos susceptibles se transforma a compuestos menos tóxicos y en plantas sensibles es más persistente y puede resultar en interrupción de la fotosíntesis y daño en los cloroplastos.

SIMAZINA Gesatop 90 wg; Simanex 50 sc; Simazina 500 f; Simazina 500 f; Simazina 500 fw; Simazol 25/25 lm (aminotriazol).

Degradación en suelo y aguas subterráneas. Moderadamente persistente con vida media de 60 d en rango de 28 a 149 d. Actividad residual puede permanecer por más de 1 año en dosis 2 a 4 kg/ha en suelos con alto pH. Adsorción baja a moderada en suelo aunque se adsorbe a arcillas y MO. Baja solubilidad en agua sin embargo lo hace menos móvil, limitando su potencial de lixiviación. Poco o casi no movimiento lateral pero la molécula puede ser lavada junto con las partículas de suelo por escurrimiento. Descompuesta por luz ultra violeta. Volatilización es insignificante. Actividad microbiana es principal forma de degradación en suelos con alto pH, y a bajo pH ocurre hidrólisis. Residuos se han encontrado en aguas en varios estados de EEUU.

Degradación en agua. La vida media en cuerpos de agua es de 30 días dependiendo de la cantidad de algas, el grado de enmalezamiento, entre otros. Simazina se hidroliza con bajo pH del agua no así a pH 7

Degradación en la vegetación. Se absorbe principalmente por raíces con poca o nula penetración foliar. Se transloca a tallos y hojas y puntos de crecimiento inhibiendo la fotosíntesis. Plantas resistentes metabolizan la simazina y las especies sensibles la acumulan sin alterar mayormente la molécula. Inhibidor de fotosíntesis en el Fotosistema II.

8.6.2. Cuenca del río Limarí

En la provincia del Limarí existen dos comunas que presentan algún grado de riesgo de contaminación de aguas superficiales o subterráneas. La primera es Ovalle ya que presenta una superficie importante destinada a cultivos hortícolas (3.728 ha) la mayoría tomates tanto bajo invernadero como al aire libre y forrajeras (12.635 ha) especialmente de alfalfa y trébol, áreas que se encuentra ubicada en la parte intermedia del valle y relativamente cerca de los centros urbanos y, por otro lado, existe una superficie importante con frutales (parronales) y viñedos que ocupan 3,375 ha y 4.040 ha respectivamente, ubicados, eso sí, más bien en la parte media y alta del valle.

La comuna de Monte Patria sería otra comuna como lugar recomendado para monitorear herbicidas ya que entre frutales - donde la mayor proporción lo representan los parronales - y viñas ocupan una superficie de 4.628 y 1.264 ha, respectivamente.

Por el tipo de cultivos relevantes en esta zona y por el grado de tecnificación que en esta cuenca ha alcanzado el riego (una alta proporción de agricultores hortofrutícolas emplea riego tecnificado), por la baja pluviometría invernal prevalente y, en gran parte como consecuencia de estos dos condicionantes hídricos, por el relativo poco uso que tienen los herbicidas aplicados directamente al suelo, la probabilidad de ocurrencia de contaminación difusa de aguas tanto superficiales como subterráneas con alguno de los ingredientes activos mencionados en el Cuadro 2, es más bien baja.

8.6.3. Cuenca del río Aconcagua

Con cerca de 8.000 ha, frutales y parronales son lejos los rubros más importantes de la provincia Los Andes. Todas sus comunas, a saber Los Andes, San Esteban, Calle Larga y Rinconada tienen superficies similares dedicadas a estos cultivos perennes (entre 1.500 y 3.000 ha). El monitoreo de herbicidas residuales empleados normalmente en estos rubros como es el caso de simazina y diurón resulta absolutamente imprescindible. En forma secundaria, se recomienda también explorar la posibilidad de monitorear los niveles que puedan eventualmente alcanzar otros ingredientes activos como es el caso de aminotriazol y pendimetalina

La provincia de San Felipe es similar a Los Andes en cuanto a importancia de frutales y parronales en sus comunas de la parte alta (San Felipe, Putaendo, Santa María y Panquehue), las del sector bajo (Llay-Llay y Catemu) presentan además una superficie importante dedicada a cultivos hortícolas anuales (1.502 y 1.084 ha, respectivamente) entre ellos destacándose ajos y cebollas. Para este caso específico se recomienda el monitoreo de herbicidas como linuron, trifluralina y pendimetalina ya que es altamente probable que su uso prolongado produzca grados importantes de contaminación de aguas superficiales como subterráneas.

En la provincia de Quillota, las comunas de Quillota e Hijuelas son importantes en cuanto al cultivo de hortalizas de consumo fresco y frutales semitropicales (2.712, 1.788 y 1.277, 1.458, respectivamente) y ésta última tiene la mayor superficie dedicada a la cultura de flores del país (395 ha). Limache tiene una

importante superficie hortícola (1.144 ha) fundamentalmente con tomates y pimientos y La Cruz es importante por los árboles frutales subtropicales como paltos y chirimoyos (2.025 ha).

Por la importancia agrícola de estas provincias resulta altamente probable que en algunas zonas de mayor concentración de cultivos, ingredientes activos de algunos herbicidas empleados frecuentemente en frutales como simazina y diurón y algunos de hortalizas tales como linurón y metribuzina pueden alcanzar altos niveles de concentración en aguas subterráneas como superficiales. Teniendo en cuenta las consideraciones generales de movimiento y dilución de plaguicidas en el agua, es precisamente en estos sectores donde se recomienda efectuar el monitoreo estacional de estos ingredientes activos.

8.6.4. Cuenca del río Maipo

Las comunas de la provincia de Santiago son eminentemente urbanas con la excepción de Maipú y Pudahuel las en conjunto tienen más de 2.000 ha de hortalizas de consumo fresco y alrededor de 1.000 de frutales y parronales. Por estar en la parte baja de la ciudad, se recomienda solamente el monitoreo de pozos que eventualmente se utilicen como agua bebestible. Dentro de los ingredientes activos empleados en el cultivo de hortalizas en estas dos comunas y que por su naturaleza y grado de uso, linurón y metribuzina resultan los más recomendados para monitorear en las aguas.

En la provincia de Chacabuco ubicada en el sector norte en la subcuenca del río Mapocho, las comunas de Colina y Lampa son muy importantes desde el punto de vista de la producción hortícola con 2,322 y 3.614 ha, respectivamente. Aquí se produce una alta proporción de las hortalizas de consumo fresco del gran Santiago. Asimismo, éstas dos junto a Til-Til, también se cultiva una importante superficie con frutales y parronales (cerca de 6.000 ha entre las tres). Lampa posee una superficie considerable de empastadas de alfalfa (2.682 ha) y por su ubicación de receptora de aguas y con mal drenaje y por su cercanía a sectores urbanos es la comuna más lábil desde el punto de vista de contaminación con plaguicidas en las aguas.

Por lo tanto, es en esta comuna en particular donde se recomienda de manera imperativa el monitoreo de plaguicidas tanto en aguas superficiales (canales de riego y acequias) como subterráneas (norias para consumo y riego) de esta comuna. A los ya mencionados herbicidas usados en frutales simazina y aminotriazol y para hortalizas linuron, metribuzina y pendimethalina, es importante agregar los ingredientes activos imazethapyr y diurón que son empleados corrientemente en el cultivo de la alfalfa.

Sólo la comuna de Pirque de la provincia Cordillera es agrícolamente importante especialmente por su superficie de frutales (1.826 ha) y su ubicación precordillerana en el costado sur del río Maipo, inmediatamente antes de grandes centros poblados. De ubicarse una estación de monitoreo en este sector se recomienda la detección de herbicidas de frutales simazina y diurón considerando que su ubicación en la parte alta de la cuenca pudiese tener un posible efecto contaminante sobre aguas de consumo humano.

En la provincia de Maipo las comunas San Bernardo, Calera de Tango (al norte del río Maipo), Buin y Paine (costado sur del Maipo) son importantes como productoras de frutales y parronales (17.563 ha en total). Buin

tiene además una importante superficie con viñas (1.594 ha). Paine asimismo posee 3.588 ha de cereales donde el maíz ocupa la mayor proporción y además hay una superficie de 2.935 ha dedicada a hortalizas, en su mayoría para consumo fresco y, en sus sectores de faldeos cordilleranos (ambas cordilleras en el sector Angostura de Paine), tiene un total de 2.371 ha plantadas con bosques.

Se recomienda monitorear los ingredientes activos de herbicidas usados en frutales y viñas, hortalizas de consumo fresco, y atrazina para el caso específico de sectores con maíz. En el caso particular de Paine por su ubicación en la parte alta de la cuenca, resulta aconsejable monitorear contenidos de simazina aguas abajo de las plantaciones forestales ubicadas en las cercanías al curso de afluentes del río Maipo (río Peuco, estero Angostura y laguna de Aculeo), especialmente durante el período de lluvias invernales.

La comuna de Melipilla ubicada en la provincia del mismo nombre es la más importante desde el punto de vista del uso de plaguicidas agrícolas. Posee una significativa superficie con maíz para grano (7.396 ha de cereales en total), sobre 1.000 ha de chacras papas, porotos, maíz dulce, etc., 3.859 ha con hortalizas de consumo fresco y procesado, frutales (6.901 ha) y una importante superficie de empastadas leguminosas (8.896 ha). En el caso de María Pinto y Curacaví por su cercanía al estero Puangue, en ambas comunas se debiera medir en las aguas afluentes a este río el contenido de ingredientes activos de herbicidas como atrazina, acetocloro y alacloro todos usados en maíz, imazethapyr y diurón para las empastadas de alfalfa en la comuna de María Pinto y de activos de simazina y diurón para el caso de frutales en la comuna de Curacaví.

Las comunas de Talagante e Isla de Maipo de la provincia de Talagante son importantes por la superficie dedicada a frutales (2.317 ha y 2.700 ha) así como de viñas (1.485 ha) en esta última. La comuna de Talagante además tiene una superficie importante de maíz (1.073 ha) y la de El Monte posee 1.857 ha con hortalizas donde, destacan las aliáceas tales como ajo y cebolla, algo similar a lo que ocurre en la comuna de Llay-Llay. Los herbicidas a monitorear en las comunas de El Monte, Talagante e isla de Maipo son, por ende, los mismos que se mencionaron para la comuna de la cuenca del río Aconcagua.

8.6.5. Cuenca del río Rapel

La provincia de Cachapoal posee un total cercano a las 38.000 ha de frutales y parronales destacándose las comunas de Rengo (5.693 ha), Requínoa (5.412 ha), San Vicente (4.014 ha) y Peumo (4.283 ha). Rengo y Peumo además poseen sobre 1.000 ha de viñas cada una. Asimismo esta provincia totaliza 41.437 ha de cereales en donde lejos el maíz es el cultivo más importante. San Vicente (7.767 ha), Pichidegua (7.094 ha), Las Cabras (5.941 ha) y Rengo (3.973 ha) son las comunas con mayor superficie. San Vicente y Rengo poseen una alta producción de hortalizas (2.232 ha y 1.495 ha, respectivamente) donde destaca el cultivo de tomate tanto de consumo fresco como industrial. Las Cabras destaca por su alta superficie de chacras (1.432 ha) con una alta proporción de papas y 1.256 ha de forestales en el sector cercano al Lago Rapel.

Todas estas comunas de la provincia de Cachapoal son el lugar más adecuado para monitorear herbicidas contaminantes de aguas superficiales y subterráneas de cultivos anuales tales como maíz (atrazina, acetocloro

y alacloro), papas, tomates (metribuzina, linuron, pendimethalina, trifluralina) así como perennes de frutales, parronales y viñedos (simazina, diurón, aminotriazol).

En esta propuesta no se analiza el caso específico de las comunas de las provincias de Colchagua y Cardenal Caro.

8.6.6. Cuenca del río Maule

En la provincia de Talca, la comuna de San Clemente es la más importante agrícola destacándose dentro de las chacras (2.622 ha) el cultivo de papas, leguminosas de grano, tomate y remolacha dentro de los industriales (3.755 ha). Destaca asimismo por su alta superficie de forrajeras leguminosas de trébol y alfalfa (7.612 ha), así como de frutales (2.039 ha). En esta comuna ubicada al oriente de la ciudad de la capital regional Talca, debiera medirse el contenido de activos en aguas superficiales y subterráneas de ingredientes activos de herbicidas tales como metribuzina, linuron, metolacoloro, simazina, trifluralina e imazethapyr.

La comuna de Pelarco tiene una importante superficie con arroz (2.402 ha cereales). Las comunas de Talca, Maule y Péncahue tienen sobre 1.000 ha de viñas cada aunque en esta última existen muchos viñedos de secano. En la desembocadura del Maule en la comuna de Constitución existe una importante concentración de bosques de pino (8.665 ha) sector en donde resulta altamente recomendable medir los niveles de simazina y hexazinona en aguas superficiales de esteros y riachuelos antes de desaguar al río Maule.

La provincia de Linares se encuentra al sur del río Maule y todas sus comunas tienen un extenso sistema hídrico con ríos y canales que confluyen finalmente para dar origen al río Loncomilla a la altura de San Javier el cual desemboca en la rivera sur del Maule al poniente de Talca. Las comunas de San Javier y Villa Alegre tienen en conjunto cerca de 8.000 ha de viñedos de riego. Existe una importante concentración de remolacha azucarera en las comunas de Longaví, Retiro y Yervas Buenas. En estos sectores debieran medirse los contenidos de ingredientes activos de los herbicidas usados en remolacha tales como cloridazon y lenacil.

En la parte alta de las comunas de Longaví y Parral hay un importante sector forestal dedicado al cultivo de pinos y eucaliptus (12.426 ha y 6.079 ha, respectivamente). En estas áreas se debiera monitorear contenidos de activos como simazina y hexazinona en aguas de cauces secundarios como canales y esteros. Sin embargo, desde el punto de vista de los plaguicidas, el cultivo del arroz en las comunas de Parral, Retiro, Linares y Longaví representa un caso especial.

En Chile el arroz es un cultivo primaveral que se siembra en cuarteles previamente inundados los que se ubican en suelos arcillosos con presencia de concreciones en las estratas inferiores que restringen la lixiviación normal del agua. Los herbicidas se aplican mayoritariamente sobre el agua estancada una vez establecido el cultivo y con las malezas creciendo activamente, tal como es el caso de los ingredientes activos de sulfonilureas cyclosulfamurón, pirazosulfurón-etil y bensulfurón-metil y, especialmente, el caso molinate. Todos ellos si bien no figuran en el listado de los herbicidas con mayor posibilidad de contaminación difusa de aguas, al usarse bajo las condiciones donde se cultiva arroz pasan a ser potenciales contaminadores de

agua y, por ende, el monitoreo estacional para determinar el contenido de estos ingredientes activos en los cuerpos hídricos superficiales y en pozos y norias resulta no sólo recomendable sino que imperativo.

8.6.7. Cuenca del río Itata

En la subcuenca del río Ñuble que se ubica en la parte norte, las comunas de Chillán, San Carlos, San Fabián y Coihueco tiene como característica un uso de suelo con fines agrícolas donde destacan chacras, hortalizas, cultivos industriales como remolacha, empastadas de leguminosas y gramíneas. En estos sectores se recomienda monitorear los contenidos en las aguas de ingredientes activos como linuron, metribuzina ambos usados en chacarería, cloridazon y lenacil empleados en remolacha. Sin embargo, Coihueco destaca además por poseer una superficie importante de frutales menores y mayores (1.175 ha) y una apreciable superficie con especies forestales en el sector de los faldeos precordillerano (25.784 ha), la que resulta ser la más importante de la precordillera andina en la región. Por lo tanto, ingredientes activos como simazina, terbutilazina y hexazinona debieran ser medidos en las aguas superficiales que desaguan a riachuelos y esteros los que luego serán los afluentes del río Ñuble.

En la parte baja del río Itata, las comunas de Quillón, Ranquil, Portezuelo y Coelemu tienen sobre 9.000 ha de viñedos (muchos de ellos, sin embargo, todavía de rulo) y más de 25.000 ha de bosques de pino principalmente. En este sector resulta recomendable monitorear los niveles de concentración en aguas de esteros y riachuelos depositarios de derrames de plantaciones de simazina, terbutilazina y hexazinona. En la parte alta de la cuenca los ríos Huepil y Cholguan en las comunas de Pemuco, Yungay y Tucapel esta última de la provincia de Bío-Bío, existe una importante superficie forestal con pinos en suelos de tipo arenales. Es en estos suelos donde existe el mayor riesgo de lavado rápido y masivo de moléculas de ingredientes activos de herbicidas como simazina y hexazinona, por lo que el monitoreo estacional de los niveles de concentración resulta imperativo.

8.6.8. Cuenca del río Imperial

En la parte norte, es decir en la provincia de Malleco predomina el cultivo de trigo y la ganadería con praderas mejoradas, siendo la comuna de Victoria la más importante de todas. Sin embargo, la actividad más relevante es la forestería tanto por la cultura de especies introducidas como son pino y eucalipto así como de bosque nativo manejados con cierta tecnología, entre ellas el uso de herbicidas en los primeros estados de desarrollo. Lumaco, Traiguén son las comunas con mayor superficie forestal: 22.447 ha y 15.523 ha, respectivamente aunque ellas se encuentran en el sector de la cordillera de la costa.

En este mismo sector cordillerano pero ya dentro de la provincia de Cautín, las comunas con mayor superficie de bosques son Carahue, Nueva Imperial y Galvarino con 21.622 ha, 16.898 ha y 10.709 ha, respectivamente. Las dos primeras también poseen una importante superficie de chacras (más de 6.400 ha) sembradas principalmente con papas. Por esta razón en estas comunas de la cuenca resulta recomendable monitorear niveles en las aguas de ingredientes activos de herbicidas como simazina, terbutilazina y hexazinona, todos

ellos usados durante el establecimiento de plantaciones de pinos así como los ingredientes activos metribuzina y linurón ambos empleados en el cultivo de papas.

8.6.9. Cuenca del río Bueno

Desde el punto de vista de plaguicidas, la única actividad productiva que pudiese producir algún grado de contaminación difusa es la producción forestal en las comunas de La Unión y Paillaco con cerca de 13.000 ha en total. Herbicidas como simazina, terbutilazina y hexazinona pudiesen ser candidatos para monitorear en las aguas de los cursos intermedios. Sin embargo, comparativamente la probabilidad de contaminación difusa de cuerpos de agua resulta mucho menor en esta cuenca que en otras ubicadas más al norte.

8.6.10. Cuenca del río Aysén

En la comuna de Coihaique de la provincia del mismo nombre, las 6.657 ha de producción forestal pudiesen emplear herbicidas residuales al establecimiento de bosques o renovales y que eventualmente contaminaran las aguas de algún cuerpo hídrico como es el lago Pollux en la parte oriental de la comuna. Aunque los ecosistemas de esta cuenca son mucho más frágiles que los de otras cuencas, en nuestra opinión no es recomendable medir niveles de concentración de ingredientes activos de plaguicidas y concentrar los esfuerzos en aquellas zonas más críticas de la zona central.

8.7. Conclusiones

De los plaguicidas actualmente utilizados en Chile en la producción agropecuaria- forestal, los herbicidas son los que tienen el mayor potencial contaminante de aguas superficiales y/o subterráneas ya que tienen la propiedad de permanecer activos en el suelo por largos períodos. Esta prolongada residualidad en el suelo junto a otras características físico químicas de los ingredientes activos tales como solubilidad en agua y constante de disociación, así como la dosis empleada, la superficie total del cultivo donde se aplica y el número de temporadas en que se ha estado empleando el herbicida son los factores claves que determinan el potencial de contaminación difusa.

De todos los plaguicidas registrados en el país, se confeccionó una lista con 37 ingredientes activos con potencial de contaminación, de los cuales 35 fueron herbicidas. De acuerdo a un ranking donde se sopesó el peso que tienen los principales factores que condicionan el potencial de contaminación, se llegó a la conclusión que 11 ingredientes activos presentan el mayor riesgo contaminante.

En relación al monitoreo de los cuerpos hídricos en cada cuenca hidrográfica, se determinó que los principios básicos que rigen la detección de un ingrediente activo determinado son (1) los niveles de detección van a ser siempre mejores y más precisos mientras el monitoreo se realice lo más cercano posible al lugar donde se ha utilizado el plaguicida, (2) mientras mayores sean los caudales de los cuerpos hídricos en donde se realice la

medición, menor va a ser la probabilidad de encontrar cantidades medibles y (3) la contaminación con plaguicidas posee una modalidad de pulso y no de naturaleza continua ya que la concentración de residuos mensurables en las aguas va a ser ondulante, existiendo períodos con mayor tenores de contaminantes que otros.

Considerando esta premisa, se señala que las muestras de agua para determinar presencia de plaguicidas debieran colectarse a nivel de minicuenca como máximo y los lugares de monitoreo debieran privilegiar cauces superiores y de caudales menores como son canales de riego, acequias de desagüe, riachuelos, norias y pozos no profundos, evitando ubicarlos en cuerpos hídricos mayores como son los ríos y afluentes secundarios.

Finalmente y a modo de resumen, los lugares geográficos en donde se debiera monitorear la presencia de ingredientes activos de herbicidas con mayor potencial de contaminación difusa en cada cuenca serían los que se indican en el **Cuadro 8.5**.

Cuadro 8.5. Ingredientes activos más probables de aparecer en aguas de flujo superficial y aguas subterráneas

Cuenca	Ingrediente Activo
Quebrada Camarones	Sin estaciones para plaguicidas
Río Loa	Sin estaciones para plaguicidas
Río Huasco	Sin estaciones para plaguicidas
Río Limarí.	Sin estaciones para plaguicidas
Río Aconcagua	Simazina (frutales) y Linuron (hortícola)
Río Maipo	Metribuzina y pendimethalina (hortícola) Atrazina, acetocloro (maíz) Pendimethalina y Oxyfluorfen (hortícola)
Río Rapel	Atrazina, acetocloro (maíz), Simazina, diurón, aminotriazol (frutales y viñedos)
Río Maule	Simazina y hexazinona (forestales, Constitución) Cloridazon y lenacil (remolacha, Linares) Bensulfurón-metil y molinate (arroz, Linares, Parral)
Río Itata	Simazina, terbutilazina, hexazinona (forestal, Ñuble e Itata)
Río Imperial	Simazina y hexazinona (forestal, Malleco), Metribuzina y linurón (papas, Carahue).
Río Bueno	Simazina y hexazinona (forestal, La Unión)
Río Aysén	Sin estaciones para plaguicidas

8.8. Referencias bibliográficas

Anónimo. 1998. Manual Fitosanitario AFIPA 1998-1999. AFIPA (Asociación de Fabricantes e Importadores de Productos Fitosanitarios Agrícolas A.G.), 731 pp.

Anónimo, 1991. The Pesticide Manual. A World Compendium. C.R. Worthing y R.J. Hance (eds). British Crop Protection Council, 1141 pp.

Foster, S.S.D. and P.J. Chilton. 1991. Pesticides in groundwater: some preliminary observations on behaviour and transport, 203-204 p. En, Walker, E.(ed.) Pesticides in soils and water: current perspectives. 1991 BCPC Mono N° 47, 233 p.

J.K. Fawell. 1991. Pesticide residues in water- Imaginary threat or imminent disaster. 205-208 p. En, Walker, E.(ed.) Pesticides in soils and water: current perspectives. 1991 BCPC Mono N° 47, 233 p.

Anónimo, 1998. Pesticides in Surface and Ground Water of the United States: Summary of Results of the National Water Quality Assessment Program (NAWQA). Pesticides National Synthesis Project. National Water-Quality Assessment U.S. Geological Survey.

<http://ace.orst.edu/info/extoxnet/pips.htm> (03.12.2001)

P.A. Vogue, E.A. Kerle, and J.J. Jenkins. 1994. OSU Extension Pesticide Properties Database. <http://nptn.orst.edu/tech.htm>

<http://nptn.orst.edu/tech/pips.htm> (03.12.2001)

9. CARACTERIZACIÓN DE LA GANADERÍA BOVINA, OVINA Y PORCINA¹

9.1. Introducción

El sector Agropecuario ha mostrado un aumento sostenido en sus rendimientos, esto se ha debido principalmente a una mayor intensificación de los sistemas de producción, los cuales se han tecnificado e incorporado la utilización de insumos a gran escala (i.e. fertilizantes y suplementos alimenticios). Junto con ello se han hecho comunes los sistemas ganaderos con confinamiento parcial o total de animales, generándose una alta cantidad de desechos orgánicos (fecas, orina y efluentes ganaderos). Estos si son bien manejados representan una interesante fuente de nutrientes, sin embargo su mal manejo y utilización puede afectar negativamente el ambiente.

En países desarrollados, los cuales han liderado este aumento sostenido de la producción agrícola, las actividades agropecuarias han sido mencionadas como una de las principales fuentes de contaminación de cursos de agua, a través de un enriquecimiento de estas con nutrientes y contaminación biológica por patógenos (European Environment Agency, 1995, Freitas y Burr, 1996; Powlson, 2000). Se ha estimado en Europa que entre un 37% a 82% del N y entre un 27% a 38% del fósforo (P) que llega a las aguas proviene de actividades agropecuarias (Isermann, 1990), en donde un porcentaje importante es por el mal manejo dado a los efluentes de lecherías.

La mayoría de los problemas de contaminación provenientes del uso de efluentes ganaderos son debido a inadecuadas prácticas de manejo e.g. altas dosis de aplicación, inadecuadas épocas de aplicación o equipos mal calibrados. Las pérdidas de nutrientes contenidos en los efluentes son difíciles de eliminar, pero pueden ser drásticamente reducidos tomando en cuenta los requerimientos nutritivos de los cultivos y la época óptima para la utilización de nutrientes.

Cabe destacar que a nivel nacional existe un déficit de información base y diagnósticos que permitan caracterizar los sistemas productivos ganaderos en cuanto a su potencial de contaminación. En términos generales, no existen trabajos publicados que proporcionen información referente a los sistemas de estabulación y manejo de efluentes, especialmente para ganado de carne, porcinos, ovinos y caprinos. En producción de leche una buena aproximación es el trabajo realizado por Smith (1999c) de caracterización de

¹ *Capítulo redactado por Francisco Salazar Sperberg, Ingeniero Agrónomo Ph.D., Investigador del Centro Regional de Investigación Remehue, Instituto de Investigaciones Agropecuarias.*

los sistemas productivos lecheros en Chile, el cual se sugiere consultar en extenso. También para la X Región existe una encuesta realizada en predios lecheros por Salazar *et al.*, (2000), la cual proporciona antecedentes de producción de efluentes de lecherías.

El presente estudio tiene por objetivo estimar el potencial de producción de fecas y orina generados por la masa bovina, porcina, ovina y caprina nacional, con la finalidad de identificar las áreas donde existe una mayor carga de estos residuos orgánicos. Esta información espera contribuir a la definición de lugares de muestreo con la finalidad de diseñar un sistema de medición del estado de contaminación difusa de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos en el país.

9.2. Material y métodos

La estimación del potencial de generación de fecas y orina por la masa ganadera nacional se basó en información estadística de existencia de bovinos, porcinos, ovinos y caprinos en las distintas regiones del país, de acuerdo al VI Censo Nacional Agropecuario, actualizada para 1997 (ODEPA, 2000ab). La información fue focalizada a las comunas en las cuales existe una influencia directa sobre la microcuenca seleccionada (ver capítulos anteriores).

El número de animales fue relacionado con estimaciones de la cantidad de excreta generada por las diferentes clases y categorías del ganado, utilizando los valores reportados por Smith (1999ab) en predios del Reino Unido. Con ello se logró obtener una estimación de las cantidades de fecas y orina producidos por los distintos tipos de animales, para las diferentes cuencas y microcuencas seleccionadas de las regiones I a XI del país (**Cuadro 9.1.**).

Cabe destacar que de acuerdo a la información del VI Censo nacional, sólo en el caso del ganado bovino fue posible obtener una cuantificación documentada de las distintas categorías animales (vacas, vaquillas, terneros, novillos, toros y bueyes), las que son detalladas en para cada región (**cuadros 9.4 a 9.14.**). Para porcinos se utilizó información promedio a nivel nacional de la existencia de ganado categorizada en base a sus edades y fin productivo (machos en servicio, machos en crianza, hembras en reproducción, hembras en crianza, lechones, crianza y recría, engorda y hembras de desecho) (ODEPA, 2000b). En ovinos y caprinos esta información no se presenta en el censo, utilizándose en su defecto un 'juicio experto' para establecer la distribución de las distintas categorías animales (mayores de 1 año y menores de 1 año).

En cuanto a la caracterización de los sistemas productivos, en el caso de los lecheros se utilizó el estudio realizado por Smith (1999c) el cual se basa en una encuesta realizada a productores de la Región Metropolitana a la X Región (**Cuadro 9.2.**). Esta encuesta fue dirigida hacia explotaciones que entregan su producción a una de las cinco empresas lácteas del país (Nestlé, Soprole, Parmalat, Colun y Loncoleche), por ende la información presentada no representa a todo el sector lechero. No obstante, dado que la recepción de leche en las empresas mencionadas supera el 75% de la producción nacional, con seguridad la mayoría de los resultados pueden ser generalizados (Smith, 1999c).

Cuadro 9.1. Estimación de la producción de fecas y orina por el ganado bovino, ovino y porcino para las distintas microcuencas seleccionadas en cada región del país

Región	Bovinos (ton)	Ovinos y caprinos (ton)	Porcinos (ton)	Total (ton)
I	30991	50607	7607	89205
II	4518	26697	4130	35345
III	58276	36634	1974	96884
IV	46756	136789	1247	184791
V	220132	59842	37397	317370
Metropolitana	691352	8110	452164	1151626
VI	544931	26691	480606	1052228
VII	789243	63006	20722	872971
VIII	689741	90639	124263	904643
IX	2337354	83229	99495	2520078
X	5365010	92674	39261	5496945
XI	1082727	289421	4091	1376240
Total país	11861031	964337	1272958	14098326

Cuadro 9.2. Sistemas productivos lecheros de Chile, según Smith (1999)

Región	Sistema Productivo			
	S1	S2	S3	S4
Región Metropolitana a VII Región				
Nº de explotaciones	184	143	101	24
Superficie	28,9	32,4	65,2	261,7
Nº vacas	26,2	68,0	90,2	471,5
Carga animal	0,9	2,0	1,4	1,8
Grado de confinamiento	2,0	17,3	21,8	24,0
VII Región				
Nº de explotaciones	238	505	278	105
Superficie	19,5	58,0	37,4	101,7
Nº vacas	5,0	35,2	43,7	108,7
Carga animal	0,3	0,6	1,2	1,1
Grado de confinamiento	0,0	9,0	5,1	14,6
IX Región	Sin información			
X Región Norte				
Nº de explotaciones	1280	369	228	72
Superficie	31,8	84,6	196,3	323,3
Nº vacas	14,1	88,7	159,9	363,0
Carga animal	0,4	1,0	0,8	1,1
Grado de confinamiento	1,1	1,5	11,1	7,4
X Región Sur				
Nº de explotaciones	2128	1965	1347	469
Superficie	19,9	32,9	58,0	167,7
Nº vacas	11,0	34,8	48,7	161,3
Carga animal	0,6	1,0	0,8	1,0
Grado de confinamiento	0,3	0,1	1,0	6,1

En base a la información de la encuesta Smith (1999c) define cuatro sistemas productivos característicos para cada 'zona lechera', desde una menor a mayor intensificación (S1, S2, S3, y S4). Con ello se asume la hipótesis de que para una misma zona agroecológica existen sistemas productivos técnicamente más eficientes que otros y que estos sistemas 'más eficientes' no son necesariamente los mismos entre una zona y otra. En este estudio Smith (1999c) define el grado de confinamiento como el tiempo el cual las vacas no pastorean y toda su alimentación le es ofrecida en un lugar determinado (patio de alimentación, potrero de sacrificio, galpón u otro). Para ello elaboró un índice de 0 a 24 de acuerdo al número de meses en que los animales permanecían en confinamiento y si éste era diurno y/o nocturno (ej. Confinamiento día y noche durante 2 meses= índice 4; mismo período pero sólo durante noche= 2) (Smith, 1999c).

Para ganado de carne, porcinos, ovinos y caprinos el autor no cuenta, a saber, con información publicada que permita caracterizarlos en cuanto a sus sistemas de estabulación, lo que permitiría hacer una estimación de las cantidades de excretas producidas en confinamiento.

9.3. Resultados y discusión

Las particulares características edafoclimáticas y de mercado de las distintas regiones del país han definido los sistemas de producción ganadera desarrollados en ellas. Así se puede observar que existe una concentración de la masa bovina nacional en las regiones de la zona Sur que conforman las regiones VIII, IX y X con un 44.8% de la existencia del ganado del país, en donde la X región destaca como eminentemente productora de leche y carne, con un 38.7% de la masa bovina y con un 61.4% de las vacas lecheras ubicadas en esta región (ODEPA, 2000a). Cabe destacar además que en la X región se produce el 45% de la carne y el 65% de la leche del país (ODEPA, 2000ab).

La producción porcina se realiza preferentemente en la zona Central del país en donde las Regiones Metropolitana y VI se concentra el 57.6% de la existencia nacional. Por su parte el ganado ovino y caprino se concentra preferentemente en la XII región con 37.2% de la masa nacional, seguida por la IV región con un 12.4% (principalmente caprinos) (ODEPA, 2000a).

En cuanto a las distintas clases animales, existe una mayor número de bovinos, seguido de ovinos, porcinos y caprinos respectivamente (**Figura 9.1.**). Cabe destacar que para este estudio no se consideraron otras clases animales (i.e. aves, equinos, animales salvajes) los cuales pueden contribuir a la generación de desechos orgánicos, pudiendo ser importante el sector avícola dada las características de producción en forma comercial.

En el **Cuadro 9.1.**, se presenta la estimación del potencial de generación de fecas y orina para las distintas clases animales: bovinos, ovinos, porcinos y el total acumulado, considerando la microcuenca hidrográfica seleccionada para cada región. Los volúmenes generados son grandes y se correlacionan con la mayor o menor existencia de ganado en las distintas regiones, en donde se observa claramente un aumento en los volúmenes generados de Norte a Sur. Es así como los valores estimados muestran que en la microcuenca del

Figura 9.1. Existencia de animales en explotaciones agropecuarias (ODEPA, 1997).

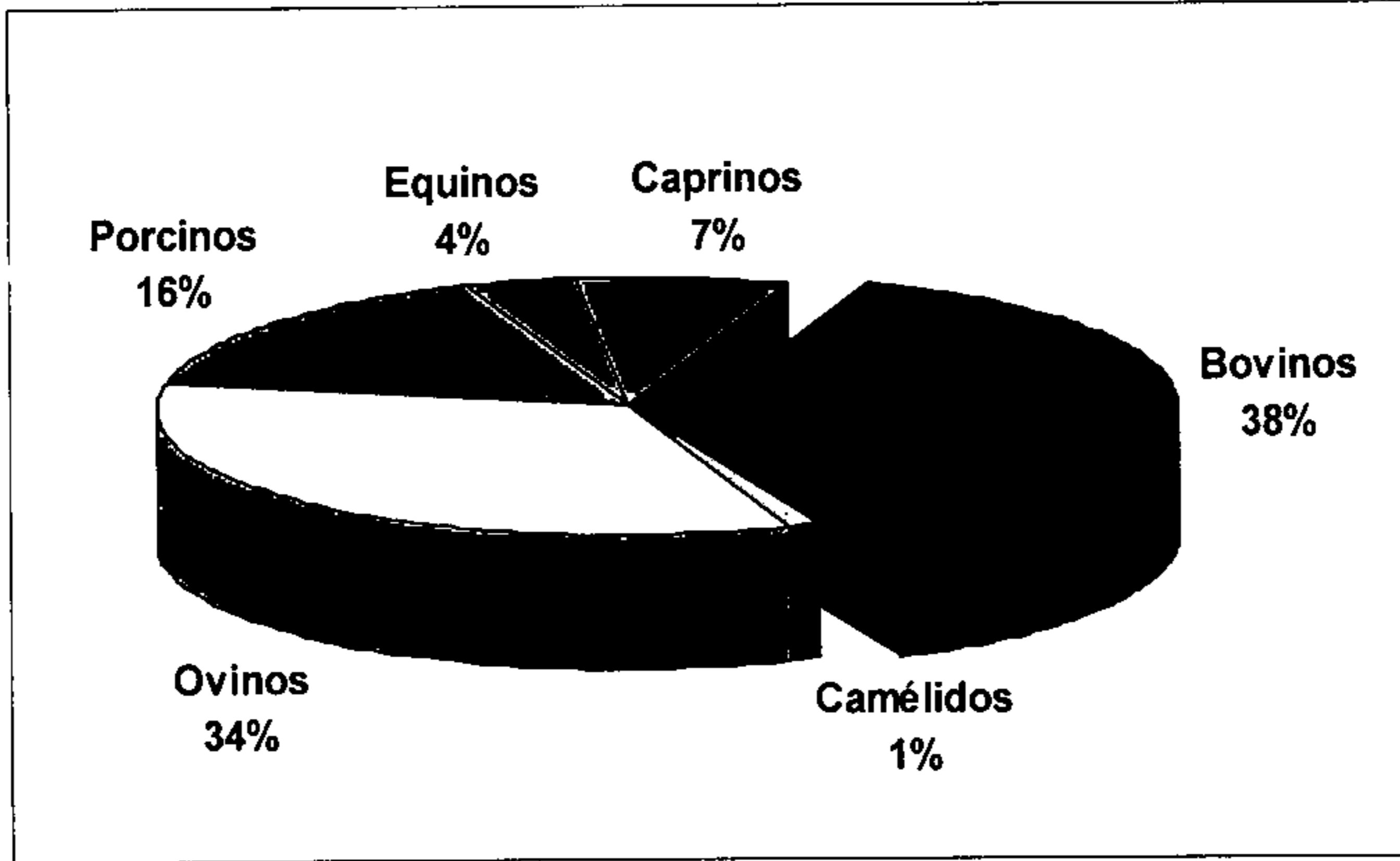
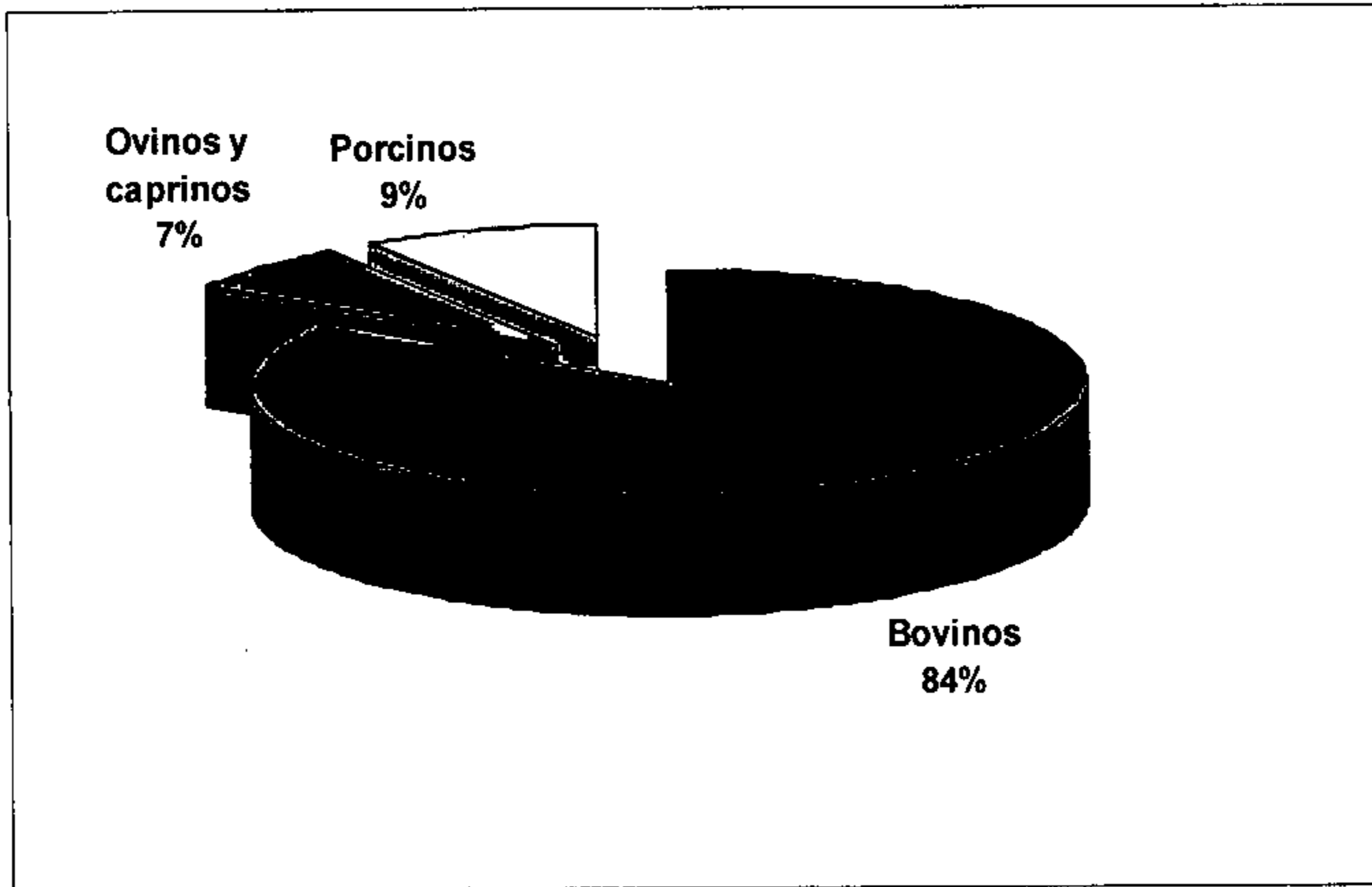


Figura 9.2. Contribución porcentual de las distintas especies animales en la producción de fecas y orina para las microcuencas seleccionadas.



Pilmaiquén en la X Región es donde se generan los mayores volúmenes de estos desechos orgánicos (5.496.945 ton) los cuales doblan en cantidad a los de la microcuenca del río Imperial de la IX región la cual es la segunda región en importancia.

De acuerdo a los antecedentes recopilados puede señalarse que a nivel de país es en los sistemas de producción bovinos (lecheros y carne) donde se generan la mayor cantidad de desechos orgánicos (**Figura 9.2.**), siendo las cantidades producidas por porcinos y ovinos muy similares entre ellas y considerablemente más bajas que las generadas por bovinos. Esto debido al menor número y menor tamaño de estos animales lo que se traduce en una menor cantidad de fecas y orina. Dentro de los bovinos la proporción de fecas y orina es generada por vacas de leche y carne, las cuales representan en promedio el 56% de los volúmenes producidos a nivel nacional, con un 30% aproximadamente para las categorías de vaquillas y novillos.

En las **figuras 9.3. y 9.4.** se presenta una relación entre los volúmenes de fecas y orina generados y la superficie de uso agrícola 'potencialmente disponible' para la disposición de estos desechos para cada microcuenca. Esta relación en base a la superficie permite hacer una comparación más equilibrada en cuanto a su potencial contaminante, lo que además supone que todos los desechos generados se distribuyen homogéneamente en el área agrícola de la microcuenca para cada región en particular.

El total nacional, que considera los volúmenes de fecas y orina generados por bovinos, ovinos y porcinos muestra que en la microcuenca de Río Pilmaiquén de la X región, a pesar de su extensa superficie, existen las mayores carga de fecas y orina por unidad de superficie, siendo la mayor parte generada por bovinos de los sistemas de producción de leche y carne imperantes en la zona. La microcuenca de la Región Metropolitana aparece como la segunda en importancia en donde la producción bovina y porcina son las mayormente responsables de los volúmenes de fecas y orinas generados.

Las máximas cantidades de desechos orgánicos estimados para la microcuenca de la X Región no sobrepasan las 8.0 ton/ha, siendo valores bajos si se comparan con los valores reportados para Europa, en donde el aporte de N vía desechos orgánicos provenientes de predios ganaderos alcanza a 160 kg N/ha año (European Environment Agency, 1995), lo equivale aproximadamente a 35 ton año de desechos orgánicos por hectárea. Para Canadá se señalan valores máximos de 2.0 kg/ha (Hofmann y Kemp, 1996), sin embargo estos están calculados tomando en cuenta la superficie total de la región, a diferencia del presente estudio en donde sólo se considera la superficie agrícola de la microcuenca.

Cabe hacer una mención especial en este estudio a la situación que ocurre en la cuenca hidrográfica de la II y III regiones, la cuales presentan una importante carga de fecas y orinas provenientes de la producción ovina y caprina. Ello esta dado principalmente por su reducida área agrícola en comparación a las otra regiones del país. Sin embargo, las características extensivas de los sistemas productivos hacen suponer que en esta región el impacto de la ganadería en lo que respecta a contaminación difusa pueda ser bajo y los problemas debieran estar focalizados en algunos puntos específicos solamente.

Figura 9.3. Producción parcial según la especie animal de fecas y orina en relación a la superficie agrícola disponible para su disposición en cada microcuenca (cuenca para regiones I, II y III).

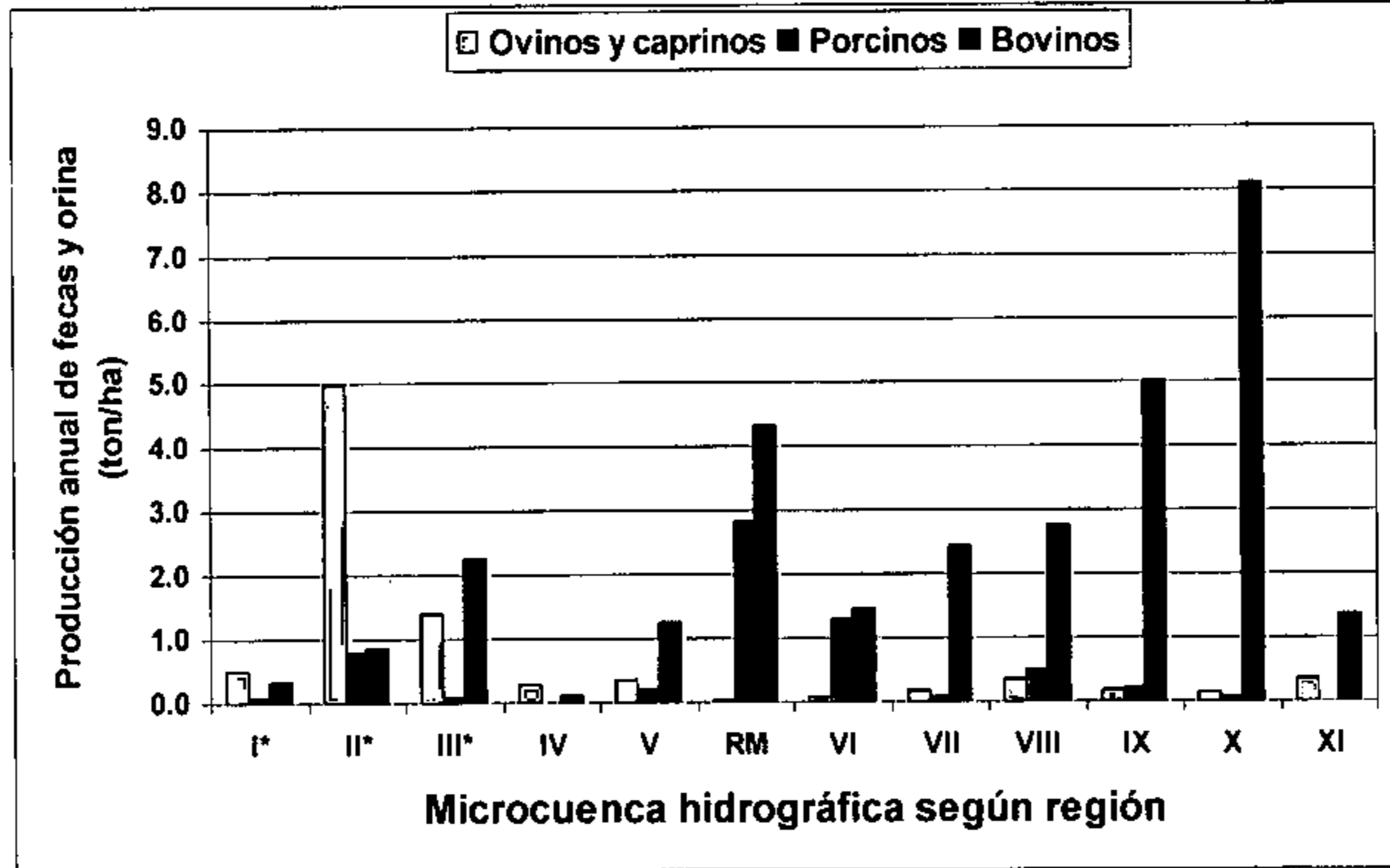
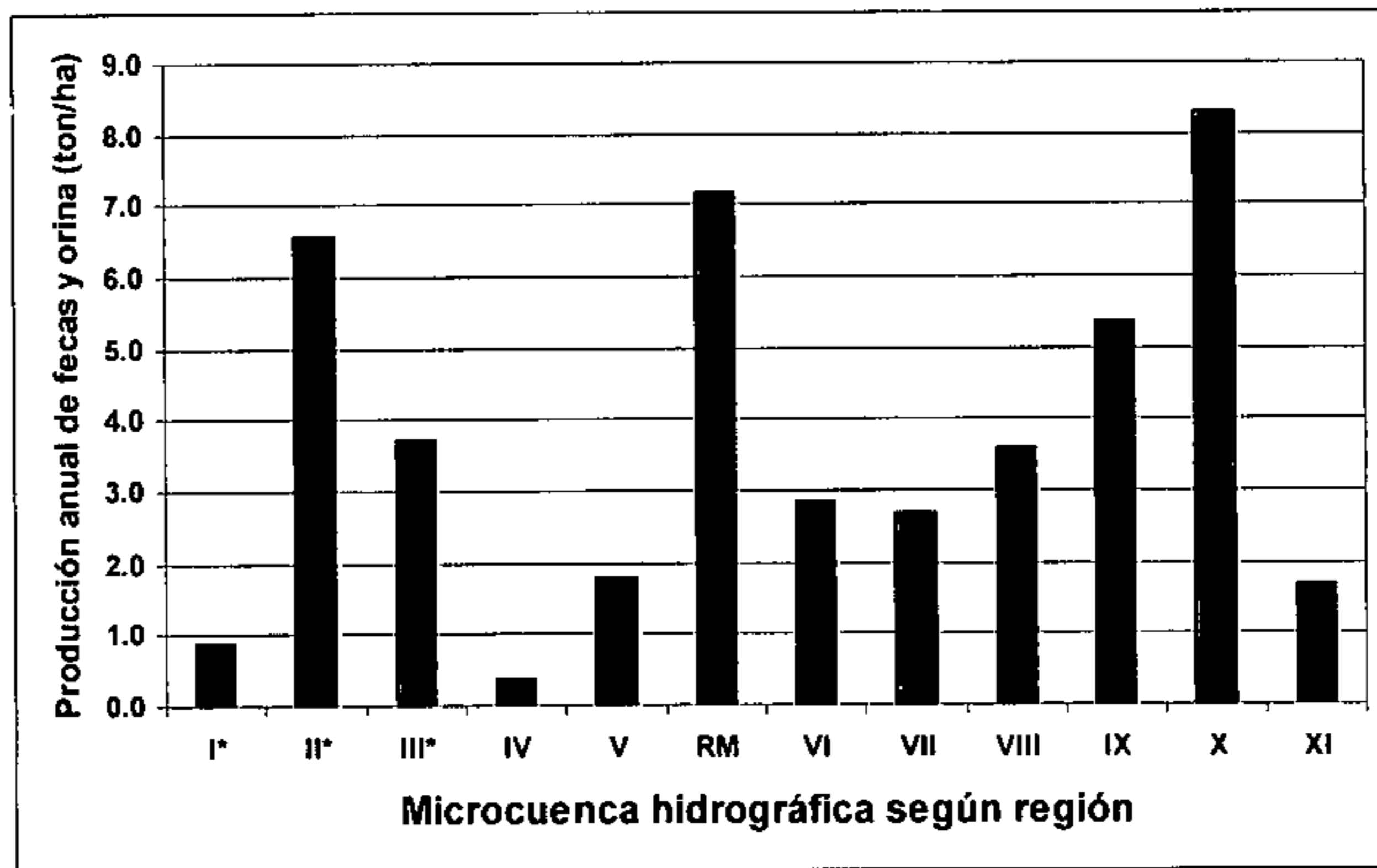


Figura 9.4. Producción total de fecas y orina en relación a la superficie agrícola disponible para su disposición en cada microcuenca (cuencas para regiones I, II y III).



En términos generales queda demostrado claramente que las microcuencas localizadas en las regiones Centro-Sur del país (RM a la XI) son las que tienen una mayor importancia en cuanto a su potencial de contaminación difusa proveniente de actividades ganaderas, siendo en ellas y en especial la X región en donde se debiera privilegiar un sistema de seguimiento y evaluación de los impactos de la ganadería en el ambiente. Sin embargo en este planteamiento debe considerarse los sistemas de producción utilizados en cada región, en los cuales la estabulación parcial o total de animales juega un rol fundamental por la alta concentración de animales en un espacio reducido. Por ejemplo en el caso de la X región es importante también considerar la microcuenca del Río Rahue la cual considera la comuna de Osorno en la que se ubican numerosas lecherías intensivas que tienen animales en confinamiento parcial y total y por ende generan grandes cantidades de desechos orgánicos.

Es importante además considerar la especialización que existe de las distintas microcuencas, en donde claramente la ganadería bovina tiene una mayor relevancia en las regiones del Sur de Chile (IX y X), y la producción porcina en la VI y RM. La existencia de ovinos sin embargo no tiene una clara predominancia en las regiones analizadas, siendo en alguna de ellas más importante desde el punto de vista de contaminación difusa dado el área agrícola reducida en que se realiza (e.g. II y III regiones).

Como se mencionara anteriormente a nivel nacional existe un déficit de información referente a la caracterización de los sistemas de manejo animal en referencia a su potencial contaminante, adoleciéndose de datos que permitan establecer los tiempos y animales en estabulación con la finalidad de cuantificar los volúmenes de efluentes producidos. Esto es válido para sistemas ganaderos de producción de carne bovina, porcinos, ovinos y caprinos. En producción de leche existen algunos trabajos a nivel nacional (Smith, 1999; Salazar *et al.*, 2000) los cuales fueron utilizados en la discusión que se detalla a continuación.

En el **Cuadro 9.2.**, se presenta los distintos sistemas productivos de leche del país de acuerdo al encuesta realizada por Smith (1999c). Es posible observar un claro aumento en el grado de confinamiento desde sistemas de pequeños agricultores (S1) a productores grandes (S4) y desde a Sur a Norte, registrándose un confinamiento total (24 h por 365 días) predios lecheros grandes ubicados en entre la RM y VII. Ello implica que combinando los volúmenes de fecas y orina en relación a la superficie agrícola disponible para su disposición y el mayor grado de confinamiento de los animales en las regiones del centro del país, la microcuenca de la Región Metropolitana se presenta como la de mayor sensibilidad frente a un potencial de contaminación difusa. Esto se acrecienta además debido a la menor pluviometría y la menor escorrentía de los ríos en comparación a la X Región, lo cual implica una menor dilución de los nutrientes o contaminantes contenidos en las fecas y orina de los animales.

Los sistemas intensivos de producción animal, con alto grado de confinamiento animal, representan un riesgo potencial para el ambiente en que se desarrollan, ya que existe una alta acumulación de desechos (fecas y orina) en un área reducida, los cuales requieren de un manejo adecuado y utilización para evitar impactos negativos en el medio ambiente.

En sistemas con estabulación los volúmenes de fecas y orina son aumentados por la contribución de aguas para el lavado de equipos de ordeña, estanque de almacenamiento de leche y lavado de pisos. También en predios ubicados en zonas de alta pluviometría la contribución de aguas lluvia, tanto directa como indirectamente también es importante. En el **Cuadro 9.3.**, se presenta una estimación de la producción de efluentes, aguas sucias y la capacidad de almacenamiento de efluentes para predios lecheros de la X región (Salazar *et al.*, 2000). En base a esta información puede observarse la gran producción diaria de efluentes, la cual en términos generales dobla a la producción de fecas y orina. Este factor es clave a ser considerado en la comparación de sistemas pastoriles y con estabulaciones parciales o totales.

Es importante destacar que en Chile el principal riesgo, en la actualidad, está enfocado principalmente a una contaminación directa de cursos de agua superficiales, debido a que muchos predios no cuentan con sistemas de acumulación de efluente (pozos). En una encuesta dirigida realizada a lecherías de la X Región (Salazar *et al.*, 2000) se observó que en los predios visitados que contaban con pozos para el almacenamiento de efluentes, estos eran en un 47% de los casos de concreto y en un 41% de los casos construidos en excavaciones realizadas en el suelo. Los pozos construidos directamente en el suelo son ampliamente utilizados debido a su bajo costo y facilidad para modificar, lo que los aventaja frente a otro tipo de materiales utilizados para su construcción.

El uso de pozos de tierra y de concreto ha sido criticado desde el punto de vista ambiental debido a su alto potencial de contaminación de aguas subterráneas a través de lixiviación de nitratos (Barrington *et al.*, 1991; Withers *et al.*, 1998). Sin embargo, estudios han determinado que los efluentes de lecherías (purines) después de algunas semanas o meses de almacenamiento en los pozos de tierra, reducen la permeabilidad del suelo en que están almacenados, ello debido al bloqueo de los poros del suelo (Rowell *et al.*, 1985; Schulte, 1998).

Cuadro 9.3. Estimación de la producción de efluentes de lecherías, en predios de la X Región

Parámetro	Unidad	Media	Rango
Efluentes	l/ vaca/día	105	34 - 260
Aguas sucias	l/ vaca/día	36	6 - 174
Capacidad de almacenamiento	m ³ /vaca/año	5.7	0.3 - 24.1

9.4. Conclusiones

Este trabajo constituye una primera aproximación a la cuantificación de los volúmenes de fecas y orina producidos por los sistemas ganaderos más relevantes en el país. Se pudo identificar una falta de información base en especial a la caracterización del manejo en confinamiento de los animales que permita establecer y cuantificar con mayor exactitud y especificidad los volúmenes de efluentes producidos.

Las cantidades generadas de fecas y orinas si bien son altas no superan las 8 ton/ha año, de acuerdo a las estimaciones de este estudio. Ello implica que en Chile en términos generales existiría área disponible para su disposición lo cual con un manejo y utilización adecuados puede reducir significativamente el potencial de impacto negativo hacia el ambiente. De acuerdo a la existencia de animales (**cuadros 9.4 a 9.14.**), las cargas generadas son de mayor importancia en las microcuencas localizadas en la zona Centro-Sur, existiendo una clara diferenciación en relación a la producción bovina (IX y X), ovina (II y III) y porcina (RM y VI). En términos generales, la X región es donde se genera la mayor carga de fecas y orina, seguida por la Región Metropolitana y IX región. La RM es de especial cuidado debido a la mayor intensificación de sus sistemas productivos lecheros con un alto grado confinamientos de animales, lo cual genera altos volúmenes de efluentes en una área reducida, requiriéndose sistemas de manejo y utilización adecuados para evitar contaminación de aguas, suelo y aire.

Cuadro 9.4. Existencia de ganado en área seleccionada de la
cuenca de Camarones, I Región

Provincia/Comuna	Existencia de ganado, N° de cabezas									
	Bovinos	Ovinos	Porcinos	Aves	Caballares	Mulares	Asnales	Caprinos	Alpacas	Llamas
Arica	822	6667	266	0	85	66	97	881	327	1277
Camarones	822	6667	266	0	85	66	97	881	327	1277
Iquique	641	4852	442	0	21	44	184	600	392	2111
Huara	295	2228	297	0	20	16	165	475	38	1198
Camuña	346	2624	145	0	1	28	19	125	354	913
Total	1463	11519	708	0	106	110	281	1481	719	3388

Cuadro 9.5. Existencia de ganado en área seleccionada de la
cuenca del río Huasco, III Región

Provincia/Comuna	Existencia de ganado, N° de cabezas									
	Bovinos	Ovinos	Porcinos	Aves	Caballares	Mulares	Asnales	Caprinos	Alpacas	Llamas
Huasco	5371	3554	1327	0	2873	424	2876	25122	31	22
Vallenar	2874	1051	314	0	871	110	871	11597	31	4
Freirina	1290	226	192	0	659	25	945	5048	0	0
Huasco	125	187	156	0	197	5	173	1250	0	0
Alto del Carmen	1082	2090	665	0	1146	284	887	7227	0	18
Total	5371	3554	1327	0	2873	424	2876	25122	31	22

Cuadro 9.6. Existencia de ganado en área seleccionada de la
cuenca del río Limarí, IV Región

Provincia/Comuna	Existencia de ganado, N° de cabezas									
	Bovinos	Ovinos	Porcinos	Aves	Caballares	Mulares	Asnales	Caprinos	Alpacas	Llamas
Limarí	4487	13913	838	0	4245	1938	3152	93162	12	6
Río Hurtado	1461	579	330	0	799	380	456	15882	2	2
Monte Patria	1980	8762	220	0	1892	1058	1153	42911	0	1
Combarbalá	1046	4572	288	0	1554	500	1543	34369	10	3
Total	4487	13913	838	0	4245	1938	3152	93162	12	6

Cuadro 9.7. Existencia de ganado en área seleccionada de la cuenca del río Aconcagua, V Región

Provincia/Comuna	Existencia de ganado, N° de cabezas								
	Bovinos	Ovinos	Porcinos	Caballares	Mulares	Asnales	Caprinos	Alpacas	Llamas
Los Andes	6046	4742	8478	3499	534	127	7734	22	2
Los Andes	1095	95	880	682	245	18	631	6	0
San Esteban	2525	2449	7515	1404	224	91	4048	15	0
Calle Larga	1771	903	52	1166	38	3	557	0	0
Rinconada	655	1295	31	247	27	15	2498	1	2
San Felipe de Aconcagua	8646	4985	6474	5672	103	143	24252	520	9
San Felipe	1890	143	448	818	13	79	2219	177	3
Santa María	1088	3342	4016	881	36	16	4120	1	1
Panquehue	1674	196	115	698	9	12	2545	340	0
Llailay	1997	770	237	1365	22	24	7554	2	4
Catemu	1997	534	1658	1910	23	12	7814	0	1
Quillota	8123	971	10184	5770	20	46	4159	24	40
Quillota	3415	125	6802	2056	1	10	377	1	8
La Cruz	530	20	6	294	1	3	440	1	16
La Calera	224	43	32	332	3	4	168	0	0
Nogales	2797	698	94	1625	4	17	2929	4	12
Hijuelas	1157	85	3250	1463	11	12	245	18	4
Total	22815	10698	25136	14941	657	316	36145	566	51

Cuadro 9.8. Existencia de ganado en área seleccionada de la cuenca del río Maipo, RM

Provincia/Comuna	Existencia de ganado, N° de cabezas								
	Bovinos	Ovinos	Porcinos	Caballares	Mulares	Asnales	Caprinos	Alpacas	Llamas
Maipo	9913	759	66714	5926	8	3	509	37	42
San Bernardo	1183	301	7382	833	1	0	17	0	2
Buín	1764	29	8573	799	0	0	342	0	4
Paine	6008	360	33259	3442	7	3	126	30	34
Calera de Tango	958	69	17500	852	0	0	24	7	2
Melipilla	45843	3002	70831	6156	16	20	1542	43	61
Melipilla	45843	3002	70831	6156	16	20	1542	43	61
Talagante	9728	396	166375	2506	5	25	140	32	4
Talagante	3952	147	34911	718	0	0	10	32	1
Isla de Maipo	2697	162	79695	805	0	1	17	0	1
El Monte	3079	87	51769	983	5	24	113	0	2
Total	65484	4157	303920	14588	29	48	2191	112	107

Cuadro 9.9. Existencia de ganado en área seleccionada de la cuenca del río Rapel, VI Región

Provincia/Comuna	Existencia de ganado, N° de cabezas									
	Bovinos	Ovinos	Porcinos	Caballares	Mulares	Asnales	Caprinos	Alpacas	Llamas	
Cachapoal	42536	4807	321895	13302	73	41	7336	10	19	
Rancagua	1868	374	93843	1202	6	6	215	2	9	
Graneros	603	51	64640	331	0	1	90	0	0	
Oliver	837	58	74	217	0	0	15	0	0	
Requinoa	6342	179	43132	1382	5	6	566	0	6	
Rengo	6484	84	42893	1717	9	0	204	0	2	
Malloa	2998	532	251	1187	22	7	1313	0	1	
Quinta de Tilcoco	944	99	283	521	0	0	206	0	0	
San Vicente	8220	916	8788	2596	4	2	870	4	1	
Pichidegua	7105	1858	58936	1418	1	0	893	0	0	
Peumo	1109	91	39	272	0	0	132	0	0	
Coltauco	2112	300	6935	982	3	14	1155	4	0	
Coinco	1952	72	139	554	0	0	1370	0	0	
Dofihue	1942	193	1942	923	23	5	307	0	0	
Total	42536	4807	321895	13302	73	41	7336	10	19	

Cuadro 9.10. Existencia de ganado en área seleccionada de la cuenca del río Maule, VII Región

Provincia/Comuna	Existencia de ganado, N° de cabezas									
	Bovinos	Ovinos	Porcinos	Caballares	Mulares	Asnales	Caprinos	Alpacas	Llamas	
Linares	83883	38103	13928	23111	71	20	11217	99	37	
Linares	19716	2151	3206	4620	34	9	2558	46	4	
Longaví	23571	5733	3697	6873	26	4	2605	33	0	
Parral	21246	10133	4215	6464	11	5	3131	4	20	
Retiro	19350	20086	2810	5154	0	2	2923	16	13	
Total	83883	38103	13928	23111	71	20	11217	99	37	

Cuadro 9.11. Existencia de ganado en área seleccionada de la cuenca del río Itata, VIII Región

Provincia/Comuna	Existencia de ganado, N° de cabezas									
	Bovinos	Ovinos	Porcinos	Caballares	Mulares	Asnales	Caprinos	Alpacas	Llamas	
Nuble	62886	52067	39740	13294	10	2	15440	16	9	
Pinto	5993	9750	2290	1326	6	0	3978	4	0	
San Ignacio	12113	7852	3984	2891	2	1	1549	0	5	
El Carmen	8393	13710	5950	2511	1	0	5038	1	0	
Yungay	7081	10735	3392	1674	1	0	1971	5	1	
Pemuco	5624	7572	2438	1649	0	0	2190	0	0	
Bulnes	21183	1411	20445	2147	0	1	684	0	3	
Quillón	2499	1037	1241	1096	0	0	30	6	0	
Total	62886	52067	39740	13294	10	2	15440	16	9	

Cuadro 9.12. Existencia de ganado en área seleccionada de la cuenca del río Imperial, III Región

Provincia/Comuna	Existencia de ganado, N° de cabezas									
	Bovinos	Ovinos	Porcinos	Caballares	Mulares	Asnales	Caprinos	Alpacas	Llamas	
Malleco	28198	6363	1385	1104	0	0	684	0	10	
Curacautín	28198	6363	1385	1104	0	0	684	0	10	
Cautín	210316	56576	65490	7709	1	12	1527	93	174	
Temuco	11546	4783	8855	500	0	0	44	0	0	
Lautaro	33258	10201	19657	1240	0	9	182	9	9	
Vilcún	67144	10842	7033	1905	0	0	812	39	0	
Freire	69724	17429	11042	2481	1	3	143	24	165	
Nueva Imperial	28644	13321	18903	1583	0	0	346	21	0	
Total	238514	62939	66875	8813	1	12	2211	93	184	

Cuadro 9.13. Existencia de ganado en área seleccionada de la cuenca del río Bueno, X Región

Provincia/Comuna	Existencia de ganado, N° de cabezas									
	Bovinos	Ovinos	Porcinos	Caballares	Mulares	Asnales	Caprinos	Alpacas	Llamas	
Valdivia	44999	3588	1822	1052	0	5	451	16	2	
Futrono	44999	5588	1822	1052	0	5	451	16	2	
Osorno	347657	41393	14620	6656	24	9	4533	12	93	
Osorno	114666	5892	4262	2263	2	2	458	10	17	
San Pablo	56283	7297	4679	1354	3	0	1274	0	1	
Puerto Octay	90274	21980	2520	1363	19	7	1331	2	53	
Purranque	86434	6224	3159	1676	0	0	1470	0	22	
Total	392656	46981	16442	7708	24	14	4984	28	95	

Cuadro 9.14. Existencia de ganado en área seleccionada de la cuenca del río Aysén, XI Región

Provincia/Comuna	Existencia de ganado, N° de cabezas									
	Bovinos	Ovinos	Porcinos	Caballares	Mulares	Asnales	Caprinos	Alpacas	Llamas	
Coihaique	73291	156270	1441	4563	0	0	1608	185	0	
Coihaique	73291	156270	1441	4563	0	0	1608	185	0	
Aysén	23902	10307	744	830	0	0	305	0	0	
Aysén	23902	10307	744	830	0	0	305	0	0	
Total	97193	166577	2185	5393	0	0	1913	185	0	

9.5. Referencias bibliográficas

Barrington, S.F.; Denis, J. y Patni, N.K. (1991). Leakage from two concrete manure tanks. *Canadian Agricultural Engineering* 33, 137-141.

European Environment Agency. (1995). Europe's environment. The Dobriř Assessment. *In: Stanners, D. and Bourdeau, P (eds.). Office for Official Publications of the European Communities (Belgium).*

Freitas, R.J. y Burr, M.D. (1996). Animal wastes. *In: Pepper, I.L.; Gerba, C.P. and Brusseau, M.L. (Eds.). Pollution Science, Academic Press. p.237-251.*

Isermann, K. (1990). Share of agriculture in nitrogen and phosphorus emissions into the surface waters of Western Europe against the background of their eutrophication. *Fertilizer Research* 26, 253-269.

Hofmann, N and Kemp, L.. (1996). A geographical profile of manure production in Canada. Available at: <http://www.statcan.ca/english/IPS/Data/16F0025XIB.html>. Accessed January 21, 2002.

ODEPA, Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. (1997). VI Censo Nacional Agropecuario, resultados preliminares. ODEPA, Ministerio de Agricultura (Chile). 443p.

ODEPA, Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. (1997). Boletín de la leche, 1996. ODEPA, Ministerio de Agricultura (Chile).

ODEPA. (2000a). Boletín Pecuário. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, Ministerio de Agricultura. 113 p.

ODEPA. (2000b). Clasificación de las Explotaciones Agrícolas del VI Censo Nacional Agropecuario, según tipo de productor y localización geográfica. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, Ministerio de Agricultura. 92 p.

Powlson, D.S. (2000). Tackling nitrate from agriculture. *Soil Use and Management* 16, 141.

Rowell, J.G.; Miller, M.H. y Groenevelt, P.H. (1985). Self-Sealing of Earthen Liquid Manure Storage ponds: II. Rate and Mechanism of Sealing. *Journal of Environmental Quality* 14, 539-543.

Salazar, F.J.; Dumont, J.C.; Santana, M.; Pain, B.F.; Chadwick, D; y Owen, E. 2000. A survey of dairy effluent management in the South of Chile: an effective tool to determine farmers and research requirements. *In: Sangiorgi, F. (ed.). Proceedings of the 9th Workshop of the FAO European Cooperative Research Network on Recycling of Agricultural, Municipal and Industrial Residues in Agriculture (RAMIRAN).* pp. 301-306.

Schulte, D.D. Do earthen structures leak?. (1998). UNL's Livestock Environmental Issues Committee. Manure Matters, Volume 4(1) 4p. Available at: http://www.ianr.unl.edu/manure/4nl_98.html. Accessed March 03, 2000.

Smith, K.A. y Frost, J.P. (1999a). Nitrogen excretion by farm livestock with respect to land spreading requirements and controlling nitrogen losses to ground and surface waters: Part 1: cattle and sheep. *Bioresource Technology* 71, 173-181.

Smith, K.A.; Charles, D.R. y Moorhouse, D. (1999b). Nitrogen excretion by farm livestock with respect to land spreading requirements and controlling nitrogen losses to ground and surface waters: Part 1: pigs and poultry. *Bioresource Technology* 71, 183-194.

Smith, R. (1999c). Caracterización de los sistemas productivos lecheros en Chile. *En: Latrille, L. (ed.). Producción Animal, Universidad Austral de Chile (Chile).* pp.149-216.

Withers, P.J. A.; McDonald, H.G.; Smith, K.A. y Chumbley, C.G. (1998). Behaviour and impact of cow slurry beneath a storage lagoon: 1. Groundwater contamination 1975-1982. *Water, Air and Soil Pollution* 107, 35-49.

10. SUSCEPTIBILIDAD DE LOS SUELOS A LA EROSIÓN HÍDRICA Y CONTAMINACIÓN DIFUSA. UN ANÁLISIS DESCRIPTIVO¹

10.1. Generalidades

Se ha mencionado que la contaminación difusa tiene dos grandes aliados. Por un lado, la intensidad de las prácticas agrícolas a la que un territorio es sometido, llamándose intensidad a rotaciones intensivas, altos rendimientos y uso de insumos, utilización de energía fósil, etc. Se observa una relación directa, es decir, a mayor intensidad de uso, mayor susceptibilidad a que los fenómenos que conducen a la contaminación difusa se manifiesten. Por otro lado, dentro de un territorio, existen áreas que presentan una mayor susceptibilidad inherente a los fenómenos descritos como favorecedores de los procesos que aceleran la contaminación difusa. Es así que se encuentran áreas donde las aguas subterráneas se encuentran cerca de la superficie, donde los terrenos son más susceptibles a la erosión hídrica o eólica o donde los suelos presentan un menor tiempo de residencia del agua y nutrientes dadas sus características físico-hídricas.

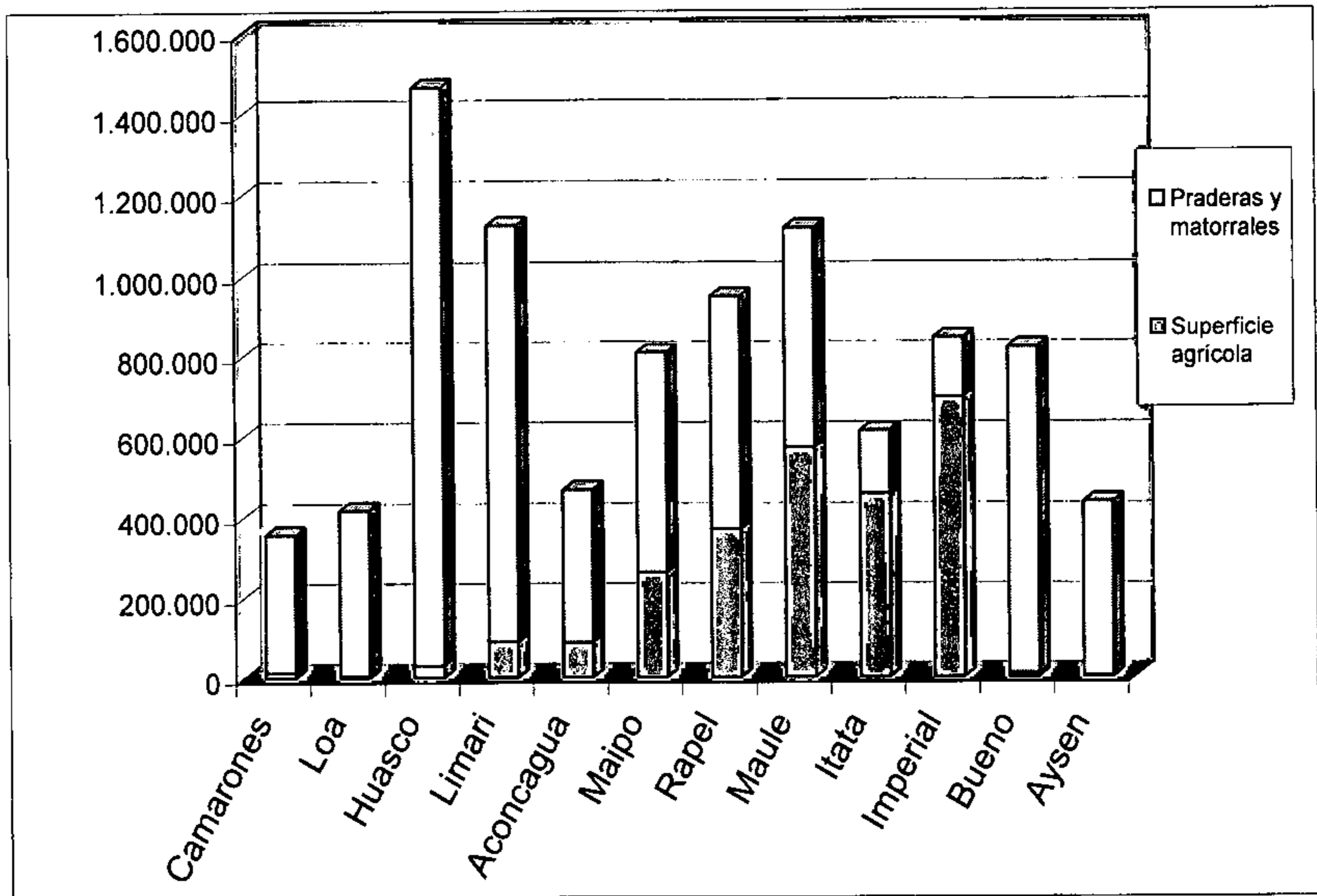
Adicionalmente, tanto la intensidad de uso del suelo como la susceptibilidad de éstos a los fenómenos que conducen a acelerar los procesos de contaminación difusa, están modelados por el clima dominante en dicho territorio. Factores del clima como la precipitación, en intensidad y cantidad, las temperaturas, las cuales determinan el largo del período de cultivo y la intensidad de uso de la tierra, la radiación solar que actúa, en conjunto con otros factores, como factor de degradación de materia orgánica y, finalmente el viento que actúa modelando las superficies.

Estos tres elementos son interdependientes y actúan en forma sinérgica. En algunos casos es uno el que domina sobre los otros, mientras que en otros casos los factores actúan indistinguiblemente.

En términos generales, el clima juega un rol preponderante en el uso de los suelos desde el punto de vista agrícola. Se observa que, en la medida que la disponibilidad hídrica aumenta, el uso agrícola de las cuencas se incrementa. En este sentido, la **Figura 10.1.** muestra la tendencia en la utilización territorial en una muestra de cuencas en el sentido longitudinal de Chile, desde la cuenca del río Camarones, por el norte, a la de Aysén, por el sur.

¹ *Capítulo redactado por José María Peralta Alba, Ingeniero Agrónomo Ph.D., Subdirector de Investigación del CRI INIA-Carillanca.*

Figura 10.1. Superficie agrícola, de praderas y matorrales, en hectáreas, para diferentes cuencas hidrográficas de Chile



La **Figura 10.1.** muestra que la superficie agrícola se concentra en las cuencas de Maule, Itata e Imperial, principalmente con usos de cultivos extensivos (cereales) y chacras (papas, maíz y otros). Las cuencas de Camarones, Loa y Huasco, presentan una superficie agrícola marginal, orientada a rubros como la horticultura y fruticultura, de baja expresión territorial dada la escasez de los recursos hídricos y su mala calidad.

10.2. Erosión y contaminación difusa. Análisis por grupos de cuencas

10.2.1. Cuencas de Camarones, Loa y Huasco

Estas cuencas se caracterizan por presentar, en general, una climatología de tipo desértico, con precipitaciones inferiores a 50 mm anuales. El agua disponible es escasa, la evapotranspiración es largamente superior a la precipitación, por lo cual el riego es una práctica indispensable para obtener producción. La agricultura se sustenta, generalmente, en suelos de tipo aluvial en terrazas de río modernas, constituidos por sedimentos de tipo arenoso a limoso, mezclados, descansando a profundidades variables, en un sustrato aluvial constituido por piedras y guijarros de diferente tamaño y origen. Dado su origen, los suelos presentan generalmente una topografía plana a ligeramente ondulada, drenaje excesivo a bueno, con algunas inclusiones de áreas con drenaje moderadamente bueno a imperfecto, asociados a condiciones de salinidad y escasez de agua de riego. Por estas razones, la agricultura se concentra en rubros como hortalizas y algunos frutales, algunas chacras principalmente para autoconsumo y algo de cereales, principalmente en la cuenca del Huasco.

Dadas las características de la agricultura, el tipo de agricultor y la intensidad de uso, estos suelos presentan un uso de agroquímicos moderado a bajo, dados los rendimientos moderados esperados y las limitaciones permanentes que impone el suelo y la calidad de las aguas de riego. Adicionalmente, al ser principalmente valles aluviales, de terrazas recientes, baja cantidad de precipitación y la existente de baja intensidad, existe un bajo riesgo de erosión de suelos producto de la actividad agrícola.

Las áreas cultivadas para producción industrial de frutas y hortalizas, con métodos tecnificados de riego y altos potenciales de rendimiento, son localizadas. Sin embargo, éstas áreas, en general se abastecen de aguas subterráneas o superficiales cuya calidad, manifestada en contenido salino, es inferior a lo deseable. Esto eventualmente conlleva a que el riego bajo estas condiciones sea un agente potencial de salinización para el suelo. Esto último corresponde al riesgo mayor al cual estos suelos pueden estar sujetos. Con relación al manejo de fertilizantes, éste es en general cuidadoso, y en general, exacto, dado que se dosifica a través de equipos de fertirrigación, lo cual impone un bajo riesgo de contaminación difusa.

Las áreas de secano son áridas, con desarrollo vegetal nulo a muy escaso, por lo cual no se observa proliferación de ganado ni utilización de agroquímicos a objeto de obtener acumulación de biomasa para alimentar ganado.

10.2.2. Cuenca del Limarí

En la medida que se avanza hacia el sur, la disponibilidad de agua aumenta, y por lo tanto la superficie agrícola bajo riego también lo hace. La seguridad de riego aumenta, y por lo mismo, aparecen cultivos más intensivos en agroquímicos, como frutales de exportación, hortalizas de clima cálido como pimientos y tomates, y algunas chacras como maíz.

En términos generales, las áreas de riego de esta cuenca poseen suelos de en posición fisiográfica de terrazas aluviales modernas, de texturas gruesas a moderadamente finas, con mayor desarrollo de perfil que en sus símiles de más al norte. La topografía es generalmente plana a ligeramente ondulada, de drenaje bueno a imperfecto. Los suelos pueden descansar sobre un sustrato de guijarros a arenas moderadamente finas. Las aguas son de calidad moderada a buena, por lo cual el riesgo de contaminación difusa es principalmente debido a aportes de nutrientes en el agua de riego, y una fracción de los cuales quedaría disponible para lixiviarse y eventualmente alcanzar el agua subterránea. Los recursos hídricos subterráneos de la cuenca se caracterizan por ser expuestos, con una profundidad media del nivel freático de 3 m, baja explotación ya que los recursos para riego provienen de aguas superficiales reguladas, y alto consumo para bebida humana.

En las áreas de secano, el desarrollo de vegetación es escaso, dado que el aporte hídrico es largamente inferior a la evapotranspiración. Esta situación permite la supervivencia de una ganadería caprina cuya masa fluctúa en ciclos interanuales relacionados con los años hidrológicos con una relación funcional-precipitaciones más abundantes, aumento de la masa ganadera. Los suelos de secano, especialmente en el sector costero donde su utilización es importante con ganadería, corresponden a suelos derivados de rocas ígneas de tipo granodiorita. Estos suelos presentan una alta susceptibilidad a los fenómenos erosivos, lo que unido a una alta variabilidad en las intensidades de la lluvia, impone un riesgo importante de erosión al perder cobertura vegetal por sobrepastoreo. Sin embargo, pese a la alta susceptibilidad, al haber precipitaciones escasas, la erosión es potencialmente menos impactante que en regiones donde precipita más abundantemente.

10.2.3. Cuencas de Aconcagua , Maipo y Rapel

Estas tres cuencas, a pesar de abarcar una gran zona geográfica, tienen en común que su agricultura es similar, y el uso del suelo es intensivo. Concentran una gran proporción de la población humana del país, con los problemas ambientales que ello conlleva. Desde el punto de vista agrícola, concentran en forma importante la producción frutícola y hortícola de Chile, además del uso tradicional en cultivos como maíz, leguminosas, y otros. La agricultura es bajo condiciones de riego, para lo cual existe una regulación de los cauces superficiales y un uso moderado a intenso de los recursos subterráneos. La agricultura de secano está restringida a aquellos años donde la pluviometría es mayor, en las regiones más cercanas a la costa, y consiste fundamentalmente en praderas de secano con ganadería mayor y menor, algunos cereales y chacras invernales.

Una de las características fundamentales de estas cuencas es que se encuentran en el centro de un régimen pluviométrico Mediterráneo, caracterizado por precipitaciones concentradas en el período invernal, relativamente suaves (larga duración y baja intensidad), y con una gran variabilidad interanual. De acuerdo a esto, para los sectores donde se practica agricultura de secano, y existe rotura de suelos en otoño o barbecho, los suelos quedarán fuertemente expuestos a las precipitaciones invernales, dado que se conjugan baja evapotranspiración y alta precipitación, situación ideal para aumentar el escurrimiento y la erosión.

Los suelos predominantes en estas cuencas hidrográficas son de naturaleza variable. Existe una predominancia de los suelos de origen aluvial, en forma de terrazas de diferente antigüedad, desde las más modernas, cercanas a los cauces actuales, hasta las más alejadas y antiguas. Estas terrazas son utilizadas preferentemente para una agricultura de riego con cultivos principalmente intensivos, de exportación, con un alto uso de agroquímicos. Dado que el balance hídrico natural se ve alterado por la condición de riego, la tasa de lixiviación y escurrimiento promedio del área regada con respecto a aquella de secano, serán mayores, lo que acarreará eventuales riesgos de contaminación difusa. Algunos suelos de las terrazas costeras, de origen marino, son también utilizados en agricultura intensiva, de riego. Lo general es que los suelos derivados de sedimentos aluviales y marinos presentan topografía plana a ligeramente ondulada, con texturas gruesas a muy finas, y con riesgo de erosión natural muy bajo.

El riesgo de erosión se incrementa con el riego, especialmente donde éste es utilizado de forma gravitacional. El arrastre de partículas de suelo, cargadas con nutrientes (fósforo) y otros químicos (orgánicos) es visible en la mayoría de los suelos de riego de estas cuencas. Donde la disponibilidad hídrica lo permite, existe utilización de suelos de ladera para la plantación de árboles frutales de alto valor, regados con métodos localizados, altamente eficientes.

En general, en estas cuencas, especialmente en los sectores más bajos, existe una presencia de napas subterráneas a una profundidad variable, pero no superior a los 40 m, la cual es utilizada en forma moderada para bebida y riego. Esta napa, en aquellos sectores donde se practica este tipo de agricultura de alta demanda de agroquímicos, está en riesgo de ser contaminada por excedentes de lixiviación profunda, principalmente de nitrógeno.

Los suelos en el secano son variables, existe una abundancia relativa de suelos de origen granítico, altamente susceptibles a la erosión hídrica debido a la presencia de un subsuelo frágil el cual es removido cuando existen escurrimientos importantes, generando cárcavas de grandes dimensiones. La agricultura de secano es diametralmente distinta, con la utilización de cultivos extensivos, como cereales y algunas leguminosas cuyo rendimiento y uso de insumos está estrechamente relacionado a la disponibilidad hídrica. El balance hídrico, en la medida que se avanza hacia el sur, es menos desfavorable, aunque siempre deficitario. Esto genera una ganadería, tanto mayor como menor, de pastoreo directo, con bajo uso de insumos, pero con alto riesgo de erosión por sobretalajeo. En algunos sectores del secano, donde hay explotación de aguas subterráneas, se encuentran cultivos intensivos, regados con métodos altamente eficientes.

En resumen, los riesgos de contaminación difusa en estas tres cuencas están, por un lado, por el aporte de agroquímicos lixiviados por el riego a napas profundas y por la erosión que producen los métodos de riego mal utilizados. En el secano, el principal riesgo es el sobretalajeo, y la erosión producida por la práctica del barbecho. Ambas situaciones tienen en común el que el suelo permanece expuesto a los fenómenos atmosféricos durante el invierno, con lo cual la erosión aumenta.

10.2.4. Cuencas de Maule e Itata

Estas cuencas tienen en común la presencia, en términos generales, de aguas subterráneas cercanas a la superficie y un régimen pluviométrico que permite la existencia de un secano bastante más productivo. En la zona del valle central, en ambas cuencas predominan los frutales y las hortalizas, como así mismo cultivos industriales como remolacha, todos bajo condiciones de riego, todos cultivos altamente demandante de insumos y agroquímicos. Estos cultivos se encuentran predominantemente en suelos aluviales, de topografía plana a moderadamente ondulada.

Sin embargo, la eficiencia en el uso del agua en esta área del país ha sido históricamente baja, con valores que en muchos casos no han superado el 30 a 40%. Esto quiere decir que de 100 l de agua aplicada, sólo se aprovechan 30 a 40 l por las plantas. El remanente puede escurrir superficialmente produciendo erosión, con el consiguiente arrastre de nutrientes como el fósforo, y algunos elementos químicos adosados a las partículas finas del suelo. También hay un porcentaje importante que percola más allá de la zona de raíces de los cultivos, acarreando nutrientes los cuales van a recargar las aguas subterráneas. La baja eficiencia de aplicación del agua de riego parece ser una de las causas principales de contaminación difusa en el área de riego de estas dos cuencas, y su solución pasa por la tecnificación de los actuales métodos de riego o por su reemplazo.

En el secano, las dificultades aumentan con respecto a las cuencas de más al norte dado que la oferta hídrica es mayor. De la misma forma, los barbechos y el sobretalajeo son los principales riesgos que tienen los terrenos productivos de estas cuencas. El riesgo de erosión aumenta en la medida que el suelo queda descubierto por un período más prolongado, y específicamente durante el otoño y el invierno. El relieve permite actividad agrícola en una gran superficie, la que de quedar expuesta a los fenómenos ambientales, asegura una erosión importante, la que acarreará sedimentos a los cauces y nutrientes a los cuerpos de agua.

10.2.5. Cuencas de Imperial y Río Bueno

En estas cuencas la situación es diferente con respecto a las de más al norte. En general, presentan una oferta hídrica que supera a la demanda por evapotranspiración, existiendo en algunos casos un mes seco. En estas condiciones, el riego pasa a ser suplementario, y como la topografía es ondulada, los métodos utilizados, generalmente presurizados presentan un control del agua adecuado. En términos generales, el riego gravitacional en estas cuencas es prácticamente inexistente.

La cuenca del río Imperial presenta características de tenencia de la tierra que la hacen particular entre las cuencas de Chile. Se presenta una excesiva atomización de la propiedad agrícola, generalmente en manos de agricultores de la etnia mapuche, los cuales deben, a objeto de sobrevivir, sobre-explotar el recurso suelo. Si a esto, se le agrega que estas comunidades indígenas se encuentran sobre suelos lixiviados y pobres (suelos Ultisoles) y algunos remanentes de suelos graníticos, y practican monocultivo de trigo y algo de ganadería, el riesgo y la tasa actual de erosión es muy alta, constituyéndose ésta en la zona más degradada de Chile. Adicionalmente, dada la oferta hídrica, esta cuenca se encuentra con un porcentaje de suelos bajo uso agrícola mayor que otras de su mismo tipo, siendo un porcentaje importante de sus terrenos de aptitud ganadera y forestal, los que, sin embargo, están siendo usados para cultivos.

Donde predominan los suelos trumaos (suelos de origen de cenizas volcánicas recientes) la situación es algo diferente, siendo esto válido para ambas cuencas. Estos suelos poseen la característica de estar constituidos por arcillas alofánicas, las cuales les confieren propiedades de una alta retención de humedad y una velocidad de infiltración muy alta. Adicionalmente, son suelos retenedores de fósforo dadas sus particularidades químicas. Dadas estas condiciones, estos suelos son de una baja tasa potencial de erosión, son de una buena productividad cuando se aportan los nutrientes necesarios, y son utilizados para cultivos y praderas. Se presentan en una topografía de lomajes suaves, con pendientes que oscilan entre el 5 al 15%, lo cual no presenta mayores dificultades desde el punto de vista de la erosión.

En los terrenos de estas dos cuencas, se cultiva un gran porcentaje del trigo que se cultiva en Chile, con variedades de alto potencial de rendimiento, las cuales, en el caso de mediano a gran agricultor, son fertilizadas fuertemente con nitrógeno, generalmente con dosis superiores a la extracción del nutriente por el cultivo. Si a esto se le adiciona una precipitación excedentaria a la capacidad de retención de humedad del suelo, el nitrógeno residual que permanece en el suelo posterior a la cosecha, avanza en profundidad, siendo potencialmente un contaminante de las aguas subterráneas. Situación similar se encuentra en la amplia zona que sustenta la producción lechera, donde los residuos de las excretas de los animales son aplicados al suelo sin ninguno o muy poco criterio técnico, siendo esto potencialmente de riesgo para los recursos hídricos subterráneos.

En general, en estas dos cuencas, el riesgo de contaminación difusa está dado por el cultivo de secano de cereales y de papas (en la región costera), en suelos graníticos o rojos arcillosos, donde se practica el barbecho y el suelo queda expuesto a la erosión durante el período de lluvias. Simultáneamente, en áreas de mayor potencial productivo y mejor capacidad empresarial, los cereales pueden estar siendo actualmente sobrefertilizados, lo que acarrea un riesgo sobre los recursos hídricos subterráneos.

10.2.6. Cuenca de Aysén

La Cuenca del Río Aysén puede caracterizarse como la de máximo riesgo de erosión hídrica, de todas las cuencas incluidas en el presente análisis. Ello fundamentalmente, por la concurrencia de los siguientes factores:

- un relieve geológicamente juvenil, extremadamente abrupto, de montañas que están surcadas por estrechos valles profundos, de origen más bien glacial que aluvial; ello se traduce en la alta dominancia de pendientes altas (superiores al 100%) y una presencia constante de paredones donde el agua presenta una caída prácticamente libre,
- una oferta hídrica que, generalmente supera a la demanda por evapotranspiración, existiendo sólo breves períodos de sequía algunos años, hacia el límite este de la cuenca (esto, es, en las vecindades de la ciudad de Coyhaique),
- suelos extremadamente susceptibles a la erosión hídrica, por cuanto están compuestos por depósitos acrecionarios de cenizas volcánicas recientes, de texturas más bien gruesas a medias, estructuras de baja consistencia y densidades aparentes muy bajas, los que han cubierto un macizo granítico no meteorizado y no fisurado; ello significa una discontinuidad litológica sin transición entre la roca fundamental y los depósitos de piroclastos, y
- la eliminación humana de la cubierta boscosa, que permite que la superficie de los suelos, incluso en zonas de montañas escabrosas, quede expuesto directamente al impacto de la gota de lluvia y/o al derretimiento de las nieves (especialmente, agua Coyhaique).

Estas características han hecho que el proceso erosivo en la cuenca haya adquirido magnitudes de colapso ecológico, del cual el Valle del Río Emperador Guillermo es, desgraciadamente, un máximo ejemplo.

La agricultura es escasa en la cuenca, producto de la baja superficie disponible (pequeños valles) y, muy principalmente, de las restricciones climáticas.

11. REDES DE MONITOREO PROPUESTAS¹

11.1. Alcance de las redes

En el evento de tener la posibilidad de establecer redes para el monitoreo de la contaminación difusa de las aguas dulces, debería partirse de la base de promover un fortalecimiento de la infraestructura actualmente vigente, de redes de monitoreo de aguas continentales, principalmente superficiales en movimiento (cuerpos lóticos), que la Dirección General de Aguas (DGA), dependiente del Ministerio de Obras Públicas (MOP), posee y opera. La información generada por estas redes, alimenta al Banco Nacional de Aguas (BNA), lo que le permite mantener un registro actualizado de algunos parámetros básicos de caracterización.

El fortalecimiento institucional se expresaría a través de una incorporación de:

- nuevas estaciones de medición de la calidad de aguas,
- nuevos parámetros analíticos, específicamente incluidos para hacer un seguimiento de la contaminación difusa, y
- nuevos recursos financieros y tecnológicos, para operar debidamente, no sólo las nuevas estaciones sino que, también, las actualmente vigentes.

Es evidente que cualquiera propuesta de establecimiento de nuevas redes de monitoreo de aguas o, como es el caso, de aumento del alcance espacial y analítico, requiere contar con un presupuesto adicional, que permita absorber las nuevas acciones de terreno (medición, toma de muestras, despachos a laboratorios, traslados de personal y otras) y robustecer las anteriores (mejoramiento de equipamiento de muestreo y análisis).

Un punto muy importante de enfatizar es que la propuesta de redes de monitoreo, que se detalla seguidamente, ha sido definida, en función de los siguientes criterios:

- estar circunscrita a las áreas seleccionadas, dentro de cada cuenca, detalladas en los capítulos 4 y 5, y
- poder ser tomada en forma modular, lo que significa que podría ser analizada ya sea como una unidad integral o bien, como una propuesta caso a caso, o sea, para cada cuenca en particular.

¹ *Capítulo redactado por Sergio González Martineaux, Ingeniero Agrónomo M.Sc., Investigador del Departamento de Ciencias Ambientales, CRI Inia-La Platina.*

Este último punto involucra que la autoridad está posibilitada de analizar la conveniencia de establecer redes de monitoreo en todas las cuencas o sólo en algunas de ellas, si aplica el criterio de uso de áreas pilotos para el seguimiento de procesos de contaminación difusa. El optar por una u otra alternativa es materia de una decisión del ente político y, por tanto, escapa a esta Consultoría.

11.2. Redes propuestas

Las redes propuestas, a nivel de cada cuenca, en sus respectivas áreas seleccionadas, son presentadas en las figuras 11.1. a 11.12.

11.2.1. Cuenca Camarones

Para esta cuenca, debido a la escasa importancia de las actividades silviagropecuarias, se hace una propuesta para la totalidad de la cuenca. De acuerdo al análisis efectuado en los capítulos anteriores, el mayor riesgo ambiental en esta cuenca podría ser el de salinización progresiva de los suelos, producto del riego con aguas salinas y la práctica de la fertirrigación, siendo los riesgos de contaminación con nutrientes y/o residuos de plaguicidas y orgánicos proveniente de la ganadería, de probabilidad baja a nula. La sedimentación estaría circunscrita a crecidas aluvionales, experimentadas durante los meses de verano, por la incidencia del llamado “invierno boliviano”.

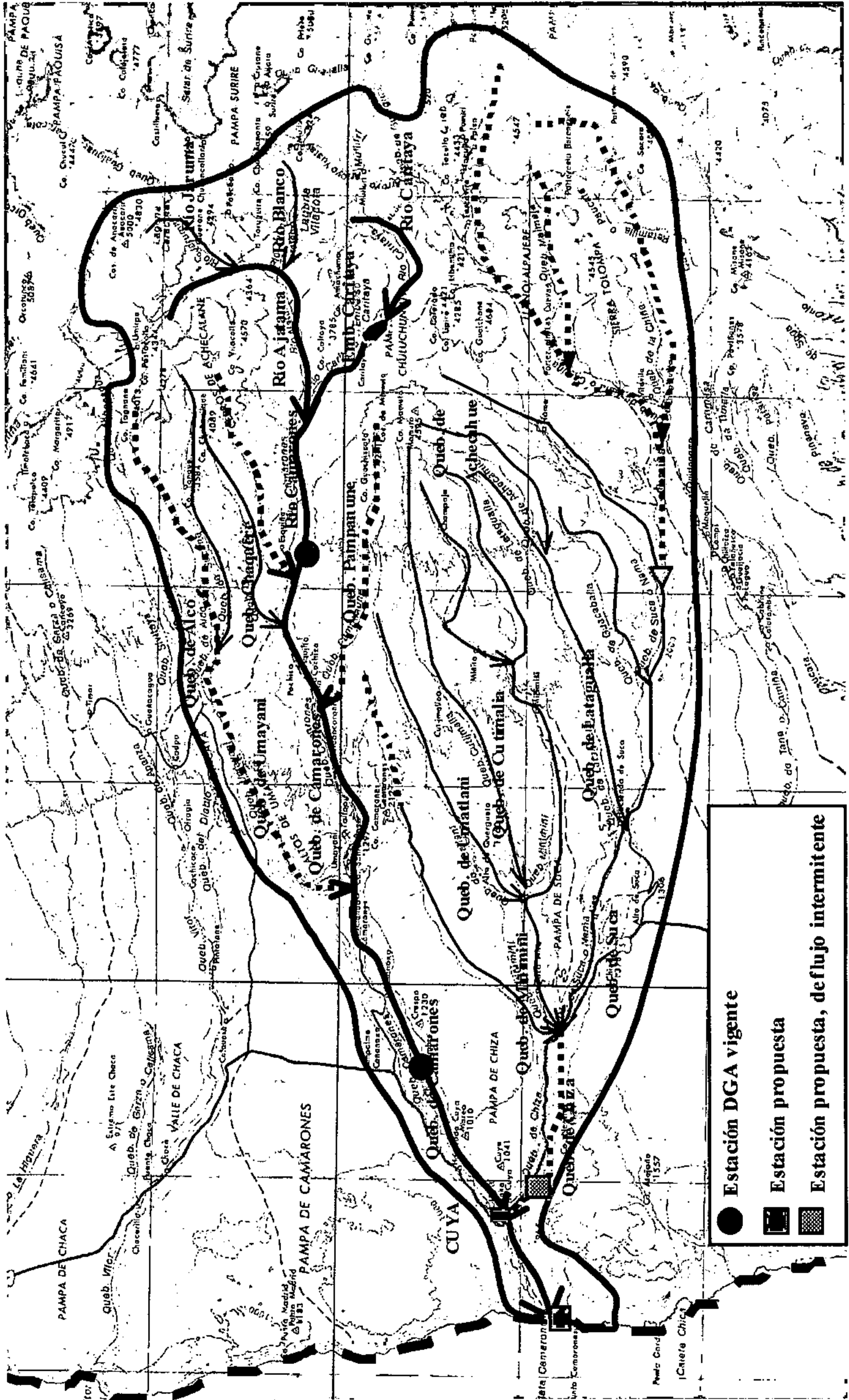
Consistente con esta hipótesis, se propone una red de monitoreo compuesta por las 2 estaciones hidrológicas superficiales actualmente operadas por la DGA (**Figura 11.1.**), emplazadas en las localidades de Esquiña y Hacienda Ventanas, con un muestreo de aguas en función de la disponibilidad de flujos de escorrentía, y la determinación de los parámetros conducentes a caracterizar la salinidad de las aguas. Estos parámetros (pH, CE, aniones solubles [cloruro, sulfato, bicarbonato, carbonato], cationes solubles [calcio, magnesio, potasio, sodio] y B soluble, entre otros), ya están siendo determinados por la DGA (**Cuadro 11.1.**), por lo que la propuesta se enmarca, básicamente, dentro de lo que está vigente, sin involucrar mayores gastos adicionales. En esta cuenca, se justificaría invertir recursos adicionales sólo en medir sólidos suspendidos, fijos y volátiles.

Se sugiere agregar dos estaciones, a saber:

- una estación de observación, en la desembocadura de la Quebrada de Chiza, la que permitiría estimar el aporte contaminante de las aguas que pudieran, ocasionalmente, escurrir por la serie de quebradas interiores (Miñimiñi, Umallani, Cutimalla, Nama, Latagualla, Guacaballa y Achecahue, entre otras), y
- una estación permanente en la desembocadura de la Quebrada de Camarones, la que permitiría estimar el aporte de contaminantes de origen difuso a las aguas marinas.

La inexistencia de estaciones hidrológicas subterráneas, en esta cuenca, revela la pobreza de este recurso hídrico, lo que justifica no considerarlas en la red de monitoreo y vigilancia.

Figura 11.1. Red de monitoreo propuesta para la cuenca Camarones, I Región



Cuadro 11.1. Conjunto analítico aplicado por la DGA, en muestras puntuales provenientes del sistema de redes de monitoreo de aguas

pH
Conductividad eléctrica
Temperatura
Aniones solubles:
• Sulfato
• Cloruro
• Carbonato
• Bicarbonato
Cationes solubles:
• Calcio
• Magnesio
• Potasio
• Sodio
Boro soluble (en cuencas del norte)
Contenido de sedimentos
Arsénico soluble (en algunas cuencas)
Cobre soluble (en algunas cuencas)
Nitrógeno, en formas minerales solubles (en algunas cuencas)

11.2.2. Cuenca del Loa

Al igual que la Quebrada de Camarones, la cuenca del río Loa es predominantemente desértica, con una mínima superficie dedicada a la agricultura, representada por pequeños valles aluviales emplazados a lo largo del eje del cauce, y donde se cultiva hortalizas y praderas. De la misma manera, el mayor riesgo ambiental en la cuenca, sería el de salinización de suelos, producto del riego con aguas salinas y la práctica de la fertirrigación; la probabilidad de la emergencia de otros restantes procesos degradantes (sedimentación, contaminación con fertilizantes y plaguicidas, contaminación microbiológica y orgánica por actividades ganaderas) se estima entre baja y nula. También, la sedimentación estará circunscrita a crecidas aluvionales, supeditadas por la intensidad de las lluvias caídas en el Altiplano, dentro del llamado “invierno boliviano”.

En el caso de esta cuenca, la información generada debe permitir discriminar entre fuentes contaminantes difusas y fuentes contaminantes fijas, representadas por la gran minería del cobre. En todo caso, se concibe que esta meta puede ser alcanzada aprovechando la red de monitoreo actualmente operada por la DGA (ver **Figura 11.2.**), y ampliándola más bien en cuanto a los parámetros por analizar. Las estaciones hidrológicas superficiales de la DGA son las siguientes:

- río Loa, en Lequena,
- río San Pedro, antes de desembocadura en río Loa
- río Loa, después de junta con río San Pedro,
- río Toconce, en Toconce,
- río Salado, en Aiquina,
- *río San Salvador, a) frente a Calama, y b) antes de junta con río Loa,*
- río San Salvador, antes de junta con río Loa,
- *río Loa, a) después de junta con río San Salvador, y b) en desembocadura, y*
- río Loa, a) antes, b) después de junta con río Salado, c) antes, d) después de Calama, y e) en Quillagua.
- alama, y
- río Loa, después de junta con río San Salvador.

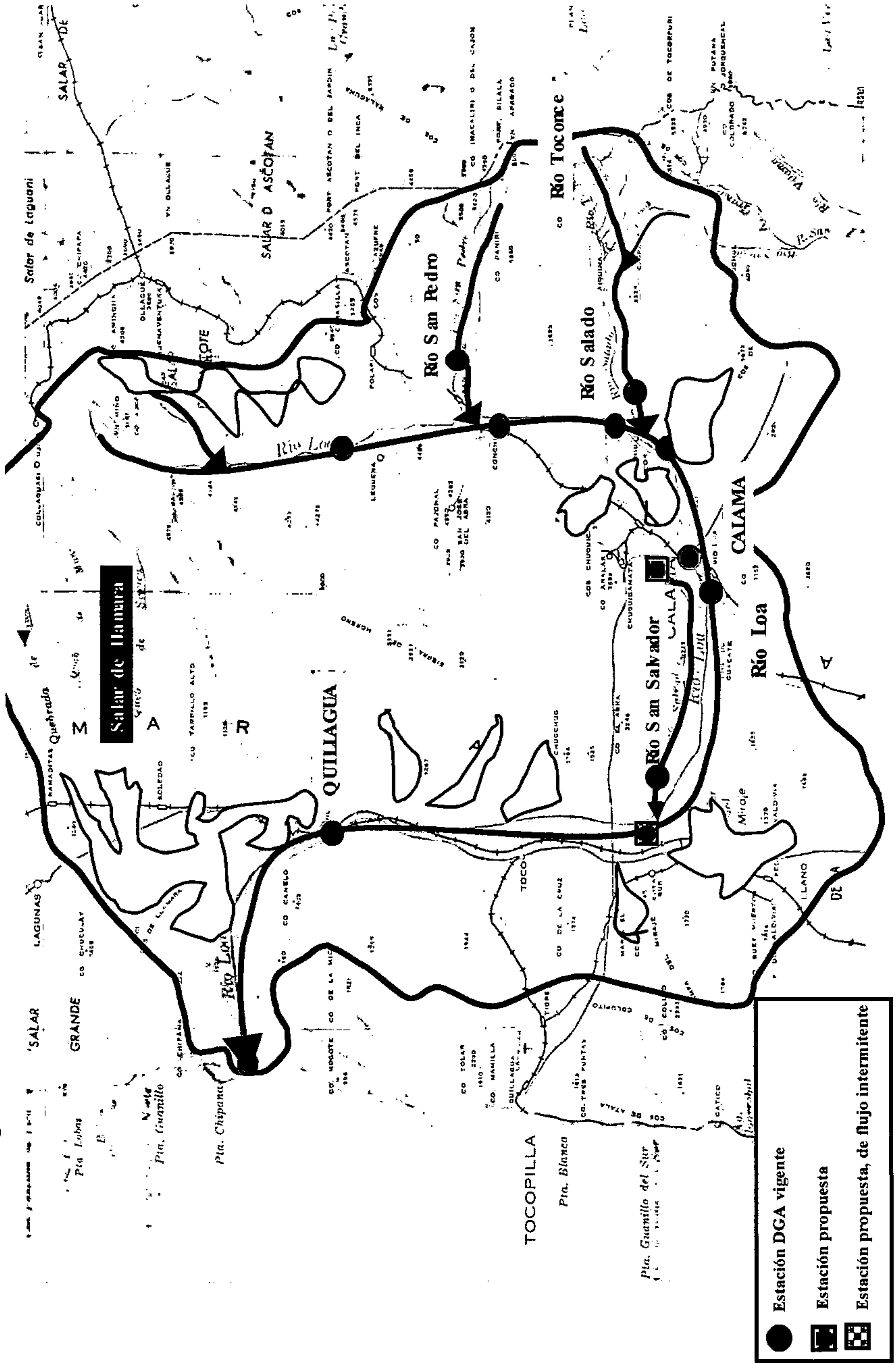
Se propone mantener la frecuencia trimestral (4 muestreos/año) y el conjunto analítico de la DGA, que excede las necesidades del monitoreo parcial, con motivo de una probable contaminación difusa. A este conjunto, se debería agregar la determinación de los sólidos suspendidos, fijos y volátiles (**Cuadro 11.2.**).

Lo mismo que en Camarones, la inexistencia de estaciones hidrológicas subterráneas, en la cuenca del río Loa, revela tanto la baja dotación de este recurso hídrico como su gran profundidad, por lo que su monitoreo no fue incorporado al sistema de vigilancia.

11.2.3. Cuenca del Huasco

En este caso, se consideró que la mayor hidricidad de la cuenca, producto de una mayor caída pluviométrica anual, principalmente como nieve acumulada en la Cordillera de Los Andes durante los meses invernales, no

Figura 11.2. Red de monitoreo propuesta para la cuenca del Loa, II Región



Cuadro 11.2. Estaciones hidrológicas y conjuntos analíticos, requeridos para la vigilancia de la contaminación difusa de aguas

Cuenca	Conjunto analítico	
	DGA (Cuadro 11.1.)	Adicional
Camarones	Si	Sólidos suspendidos (fijos)
Loa	Si	Sólidos suspendidos (fijos + volátiles)
Huasco	Si	Sólidos suspendidos (fijos + volátiles) Coliformes fecales + Salmonellas
Limarí	Si	N y P solubles Sólidos suspendidos (fijos + volátiles) Coliformes fecales + Salmonellas MO disuelta
Aconcagua	Si	N y P solubles Sólidos suspendidos (fijos + volátiles) Coliformes fecales + Salmonellas MO disuelta Plaguicidas: Simazina (frutales); Linuron (hortícola)
Maipo	Si	N y P solubles Sólidos suspendidos (fijos + volátiles) Coliformes fecales + Salmonellas MO disuelta Plaguicidas: Metribuzina, Pendimethalina, y Oxyfluorfen (hortícola)
Rapel	Si	N y P solubles Sólidos suspendidos (fijos + volátiles) Coliformes fecales + Salmonellas MO disuelta Plaguicidas: Atrazina, acetocloro (maíz), Simazina, Diurón, Aminotriazol (frutales y viñedos)
Maule	Si	N y P solubles Sólidos suspendidos (fijos + volátiles) Coliformes fecales + Salmonellas MO disuelta Plaguicidas: Bensulfurón-metil y Molinate (arroz)
Itata	Si	N y P solubles Sólidos suspendidos (fijos + volátiles) Coliformes fecales + Salmonellas

		MO disuelta Plaguicidas: Simazina, Terbutilazina y Hexazinona (forestales)
Imperial	Si	N y P solubles Sólidos suspendidos (fijos + volátiles) Coliformes fecales + Salmonellas MO disuelta Plaguicidas: Simazina y Hexazinona (forestales).
Bueno	Si	N y P solubles Sólidos suspendidos (fijos + volátiles) Coliformes fecales + Salmonellas MO disuelta Plaguicidas: Simazina y hexazinona (forestales)
Aysén	Si	N y P solubles <i>Sólidos suspendidos (fijos + volátiles)</i> MO disuelta

Se considera un conjunto analítico DGA, compuesto de pH, CE, aniones y cationes solubles (sulfato, cloruro, carbonato, bicarbonato, calcio, magnesio, sodio) y boro soluble. Microorganismos patógenos y determinaciones de sólidos, sólo en aguas superficiales

alcanzaba aún a justificar un tratamiento distinto al otorgado a las cuencas nortinas de Loa y Camarones; por ello, también se trabajó con la cuenca completa.

Es evidente, en todo caso, que si bien, mantiene las características desérticas de las cuencas nortinas, la del Huasco es definitivamente menos desértica, con una posición fisiográfica de valle aluvial mejor consolidada y de mayor relevancia, y que ha permitido el establecimiento de una agricultura, hoy en proceso de intensificación, como consecuencia de la construcción del Embalse El Toro en Santa Juana y puesta en marcha, a mediados de la década de los años 90. La agricultura es, esencialmente, hortícola con una importante presencia de viñedos en los valles interiores.

En este caso, el mayor riesgo ambiental de las aguas en esta cuenca sería el de movimiento de sales solubles, a través de las aguas; en lo específico, ello significaría riesgos de salinización de suelos, por riego de suelos con aguas salinas, y/o de lavado de sales por el agua, producto del riego en suelos salinos. La probabilidad de los restantes riesgos de contaminación (con fertilizantes y plaguicidas, contaminación microbiológica y orgánica por actividades ganaderas) se estima como baja. La sedimentación, al igual que en los casos anteriores, debería estar circunscrita a crecidas aluvionales, aunque en esta cuenca, ocurridas por lluvias invernales intensas y/o deshielo abrupto de grandes masas de nieve.

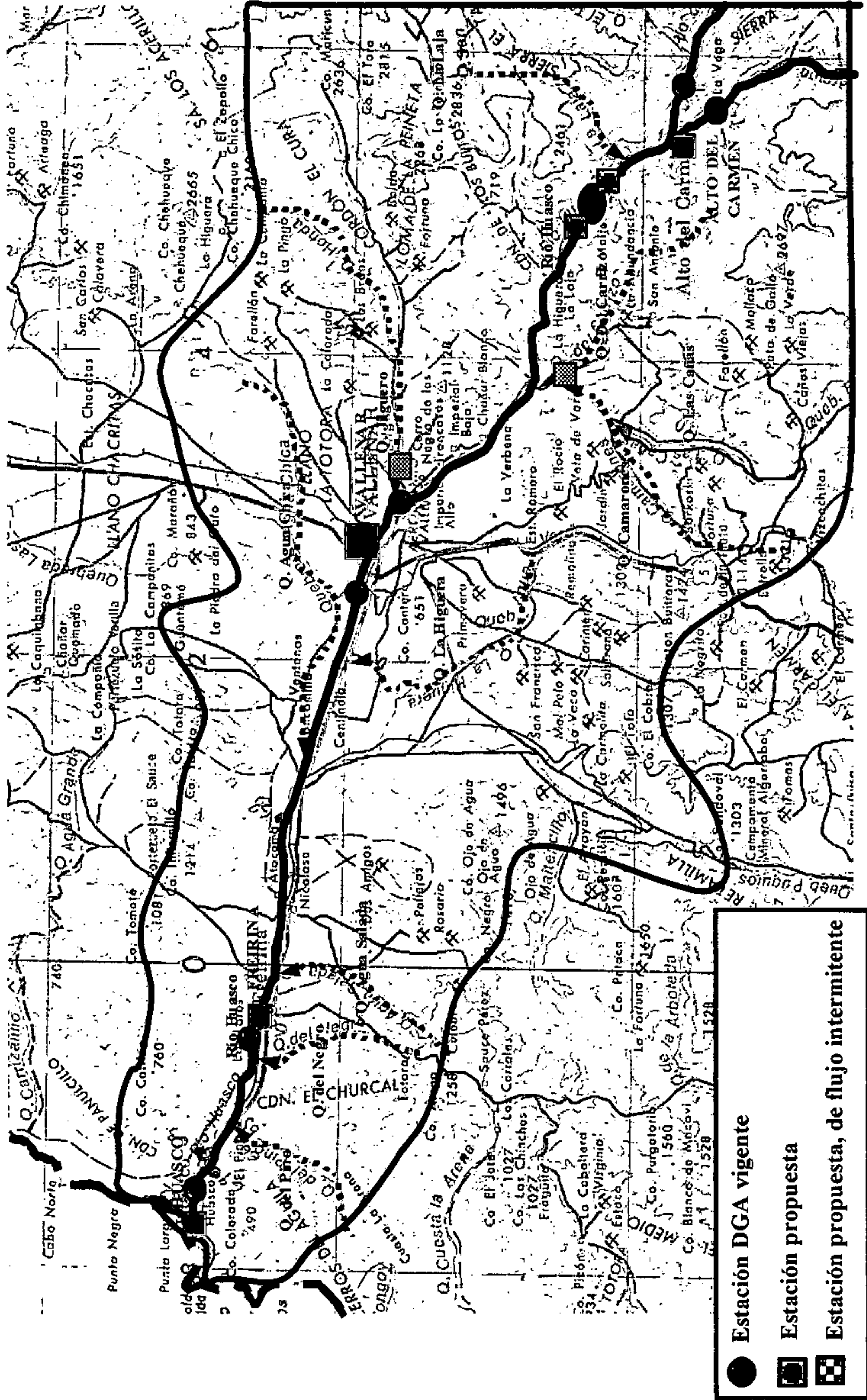
Consistente con esta hipótesis, se propone el establecimiento de una red superficial de monitoreo, basada en las estaciones actualmente en operación por la DGA (ver **Figura 11.3.**) y que contempla la adición de algunas estaciones nuevas (en cursiva), según se detalla en la lista siguiente:

- río del Tránsito, a) en el sector de La Pampa y b) en Alto del Carmen, antes de junta con río del Carmen,
- *río del Carmen, antes de junta con río Potrerillos (estación nueva),*
- río del Carmen, en Alto del Carmen, antes de junta con río del Tránsito,
- *río Huasco, a) en Santa Juana, antes de ingreso al Embalse El Toro (estación nueva), y b) a la salida del Embalse El Toro, y*
- río Huasco, a) antes de Vallenar, y b) después de Vallenar, c) antes de Freirina, y d) después de Freirina.

Esta última estación correspondería a la estación de la desembocadura, útil para estimar transporte de contaminantes al sistema oceánico. Al igual que, para las cuencas anteriores, se propone mantener la frecuencia trimestral (4 muestreos/año) y el conjunto analítico de la DGA, con algunas pequeñas adiciones, como es el caso de los sólidos totales, suspendidos y disueltos, fijos y volátiles, coliformes fecales y salmonellas y nitrógeno disuelto (**cuadros 11.1. y 11.2.**); estas últimas tres determinaciones se justifican, en la necesidad de identificar el aporte específico de las descargas de aguas cloacales desde los centros urbanos más importantes, como Vallenar, y descontarlos del aporte posible de la contaminación de origen silviagropecuarios.

Con relación a las estaciones subterráneas, se propone seleccionar un número no mayor de 6 sitios desde la lista de sitios de observaciones que opera la DGA (lista en Capítulo 5), de forma tal que queden representadas las aguas profundas, confinadas entre estratos geológicos impermeables (llamadas aguas de pozo), y las aguas

Figura 11.3. Red de monitoreo propuesta para la cuenca del Huasco, III Región



menos profundas (llamadas aguas de norias), y que mantienen comunicación con la superficie del suelo, a tal grado que afloran en algún sitio entre Vallenar y Freirina. Convendría contar con sitios de observación, distribuidos a lo largo de las distintas unidades fisiográficas, a saber:

- valles superiores intermontanos (valles de los ríos del Tránsito y del Carmen),
- valle aluvial, en sus tramos superior y medio, que se extiende entre el embalse y Vallenar, y
- valle aluvial inferior, con alta salinidad en suelos y aguas, dedicado a la producción de olivas

Por cierto, el análisis sugerido para esta agua sería el mismo sugerido para las aguas superficiales, excluyendo lo referente a sólidos suspendidos.

11.2.4. Cuenca del Limarí

En esta cuenca, la condición climática ha cambiado de desértica a semi-árida, aunque se mantiene la condición de fuerte déficit hídrico lo que imposibilita una actividad agrícola sin soporte del riego. Las áreas agrícolas son los valles aluviales intermontanos, donde dominan los viñedos, y las terrazas aluviales del Limarí, donde dominan las hortalizas y cultivos de chacras. Para este estudio, se determinó continuar trabajando con los valles aluviales intermontanos, por las siguientes razones:

- se trata de suelos esqueléticos¹, delgados y permeables, en posiciones cercanas a los cursos de aguas, por lo que se maximiza la probabilidad de transporte de materias entre suelos en producción y los ríos, y
- todas las aguas superficiales convergen hacia el Embalse La Paloma, donde es posible que estén ocurriendo procesos de acumulación progresiva de contaminantes de origen difuso.

Estas circunstancias no se dan en la zona del gran valle aluvial del río Limarí, conocido como las terrazas del Limarí y que se extienden entre la ciudad de Ovalle y la ruta 5-N. Dentro de esta cuenca, el riesgo de movimiento y transporte de sales solubles empieza a reducirse significativamente, en cambio crece en paralelo el riesgo de contaminación por uso de fertilizantes, especialmente, y plaguicidas. La contaminación microbiológica y orgánica por actividades ganaderas, sigue manteniendo una probabilidad baja a nula, debido a que se localiza en áreas de secanos, lejos de las fuentes de agua; sin embargo, la red de monitoreo debe tener la capacidad de separar la contaminación producto de descargas de aguas servidas, sobre todo de las no tratadas. La sedimentación debería estar circunscrita a crecidas aluvionales, aunque también a procesos de lluvias sobre suelos desnudos en las partes altas.

Consistente con esta hipótesis, se propone aprovechar la red de monitoreo, superficial y subterránea, actualmente vigente y operada por la DGA (ver **Figura 11.4.**), con la adición de algunas estaciones superficiales (en cursiva), según se detalla en la lista siguiente:

- río Guatulamé, al ingreso del Embalse La Paloma,

¹ Incluso, en algunos sectores, se trata de terraplenes de arena que sujeta las plantas

- río Grande, en Las Ramadas,
- *río Grande, a) antes de junta con río Mostazal, y b) antes de junta con río Rapel,*
- *río Tascadero, antes de junta con río Grande,*
- río Mostazal, en El Maitén,
- *río Mostazal, antes de junta con río Grande,*
- *río Tulahuén, antes de junta con río Mostazal,*
- río Rapel, a) en Valdivia, y b) al ingreso del embalse La Paloma,
- *río Rapel, antes de junta con río Grande,*
- *quebrada Campanario, antes de descarga en río Rapel,*
- *río Tomes, antes de junta con río Rapel y,*
- *embalse La Paloma, a) en sector medio, y b) a la salida sobre río Guatulamé..*

Al igual que para las cuencas anteriormente nombradas, se propone mantener la frecuencia trimestral (4 muestreos/año). Se propone agregar, al conjunto analítico de la DGA, las determinaciones de nitrógeno y fósforo solubles, sólidos (totales, suspendidos y disueltos, suspendidos fijos y volátiles) y coliformes fecales (por la existencia de numerosos centros urbanos, a la vera de los ríos) (**cuadros 11.1. y 11.2.**). Podría ser pertinente agregar la determinación de residuos de plaguicidas (de los aplicados en huertos frutales) en algunos puntos de la red.

Con relación a las aguas subterráneas, se propone aprovechar las estaciones existentes, utilizando un conjunto de 6 sitios, en los valles intermonatnos, hasta el Embalse La Paloma. El conjunto analítico sería el mismo aplicado para las aguas superficiales, excluyendo los sólidos y los coliformes fecales.

11.2.5. Cuenca del Aconcagua

En esta cuenca, se acrecienta la pluviometría, con la consiguiente reducción de la condición desértica; la agricultura es intensiva en los valles regados y prácticamente nula en el secano, donde sólo hay crianza de ganado caprino. En su parte superior, el valle del Aconcagua está dedicado a frutales mayores, principalmente uva de mesa para exportación, en tanto en su parte media, es predominantemente hortícola y de frutales subtropicales.

En ambos casos, el riesgo de contaminación difusa proviene, básicamente, del uso intensivo de fertilizantes y plaguicidas. La contaminación microbiológica y orgánica, por actividades ganaderas, sigue manteniendo una probabilidad baja a nula, debido a la escasa presencia ganadera en el valle regado; no debe olvidarse que el ganado caprino se localiza en zonas de secano, lejos de las fuentes de agua. La sedimentación sigue siendo un problema importante, producto del arrastre erosivo de las aguas, en los tramos de montañas, también asociada a máximos, en épocas de derretimiento de nieves y de lluvias invernales intensas.

Consistente con esta hipótesis, para ambas áreas seleccionadas, se propone aprovechar la red de monitoreo, superficial y subterránea, actualmente operada por la DGA, con adiciones de estaciones en sitios relevantes.

Las redes propuestas, para ambas áreas, se presentan en las **figuras 11.5.a. y 11.5.b.**; la lista de estaciones superficiales (nuevas, en cursiva) es la siguiente:

Área frutícola:

- *río Aconcagua, a) en Coquimbito, b) después de junta con río Putaendo, y c) frente a Ocoa,*
- río Aconcagua, a) antes de Los Andes, b) después de Los Andes, y c) antes de descarga de estero Catemu
- estero Pocuro, en Pocuro,
- *estero Pocuro, antes de descarga en río Aconcagua*
- río Aconcagua, a) antes de San Felipe y b) después de San Felipe,
- río Putaendo, a) antes de Putaendo, y b) antes de junta con río Aconcagua,
- *río Aconcagua, después de junta con río Putaendo,*
- *estero Catemu, hacia su nacimiento,*
- *estero Las Chilcas, antes de descarga en río Aconcagua (cuando haya flujo),*
- estero Catemu, en Catemu, y
- río Aconcagua, aguas arriba de Ocoa,

Área hortofrutícola:

- río Aconcagua, antes de Hijuelas,
- *río Aconcagua, a) antes de La Calera, b) después de La Calera, c) frente a La Cruz, y d) frente a San Pedro,*
- estero El Melón, antes de la localidad de El Melón,
- *estero El Melón, antes de descarga en río Aconcagua, y*
- *estero El Carretón, antes de junta con estero El Melón.*

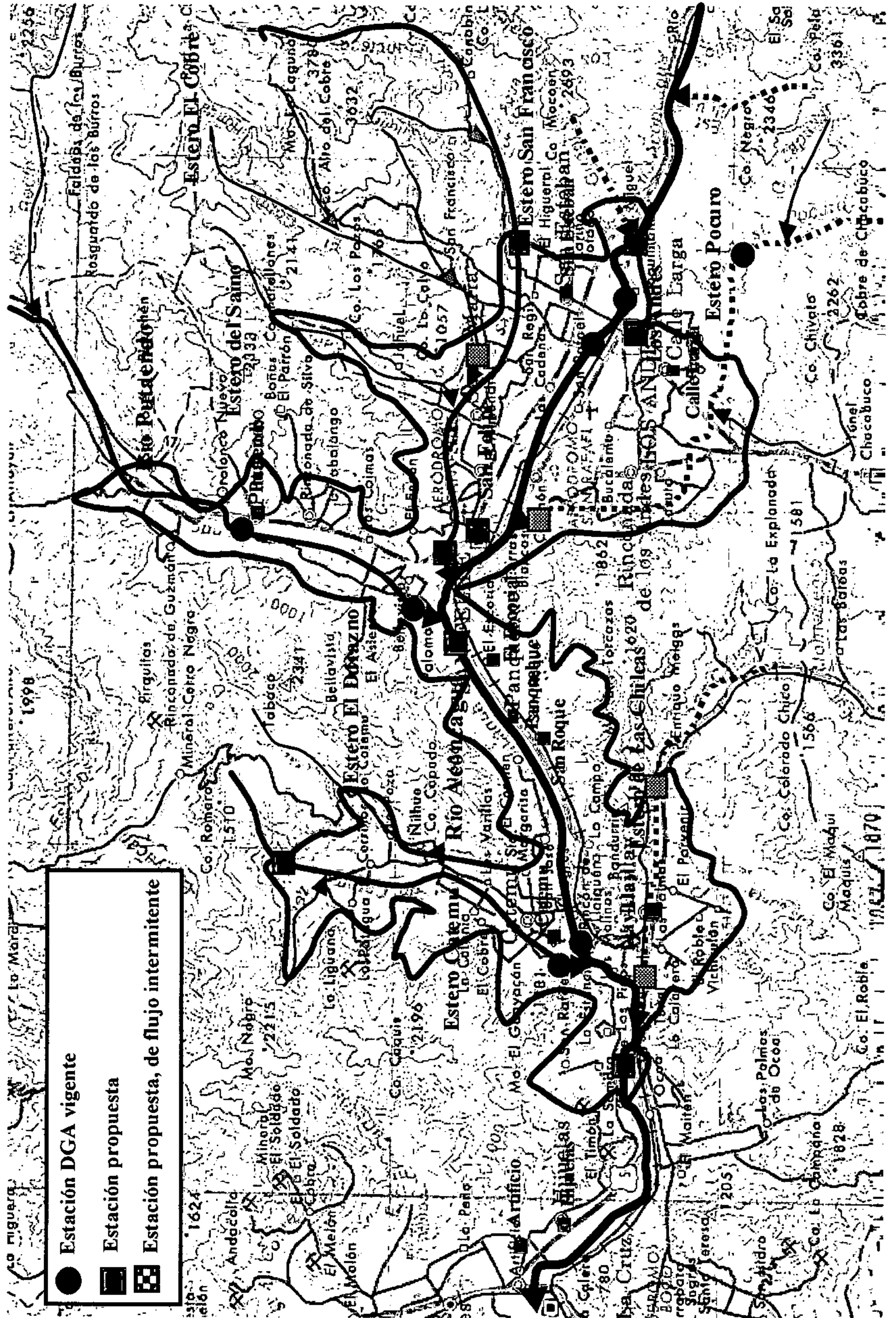
Al igual que para las cuencas anteriormente nombradas, se propone mantener la frecuencia trimestral (4 muestreos/año). Se propone agregar, al conjunto analítico de la DGA, las determinaciones de nitrógeno y fósforo solubles, sólidos (totales, suspendidos y disueltos, suspendidos fijos y volátiles), coliformes fecales y salmonellas (por la existencia de centros urbanos importantes) y residuos de plaguicidas específicos (**cuadros 11.1. y 11.2.**).

Con relación a las aguas subterráneas, se propone aprovechar las estaciones existentes, utilizando un conjunto de 12, distribuidas regularmente entre Los Andes y Tabolango. El conjunto analítico sería el mismo, con la excepción de los sólidos y los coliformes fecales.

11.2.6. Cuenca del Maipo

Esta cuenca presenta características ambientales similares a la del Aconcagua, pero en lo social, la gran concentración poblacional de la ciudad de Santiago genera realidades completamente diferentes; la agricultura es intensiva en los valles aluviales, con una fuerte intromisión de la ciudad, y prácticamente nula

Figura 11.5.a. Red de monitoreo propuesta para la cuenca del Aconcagua, V Región.
Sector predominantemente frutícola



en el secano. Todo el valle regado del Maipo es escenario de una variada agricultura intensiva, donde se entremezclan frutales, hortalizas y chacras, aunque su importancia se ve progresivamente reducida, por la presencia de proyectos inmobiliarios.

Lo mismo que para el Aconcagua, el mayor riesgo de contaminación difusa proviene del uso intensivo de fertilizantes y plaguicidas. La contaminación microbiológica y orgánica, por actividades ganaderas, es poco relevante dado el bajo peso relativo de esta actividad en la región; además, la presencia de aguas servidas no tratadas enmascara la incidencia de cualquier otro proceso generador de residuos orgánicos y microbiológicos. Se espera que, una vez que las aguas servidas del Gran Santiago sean depuradas, sea factible dimensionar el impacto de las actividades silviagropecuarias generadoras de residuos orgánicos.

Consistente con esta hipótesis, se propone aprovechar la red de monitoreo, superficial y subterránea, actualmente vigente y operada por la DGA (**Figura 11.6.**), con la adición de algunas estaciones superficiales, según se detalla en la lista siguiente:

- *río Maipo, a) frente a Pirque, y b) antes de junta con río Angostura,*
- *río Clarillo, antes de junta con río Maipo,*
- *río Maipo, a) después de junta con río Clarillo, b) después de junta con río Angostura, y c) antes de junta con río Mapocho, en Puente Manuel Rodríguez,*
- *río Angostura, a) en Angostura, b) después de descarga de estero Ajial, y c) antes de junta con río Maipo, y,*
- *laguna Aculeo, a) en punto de ingreso de aguas, y b) en punto medio de la laguna.*

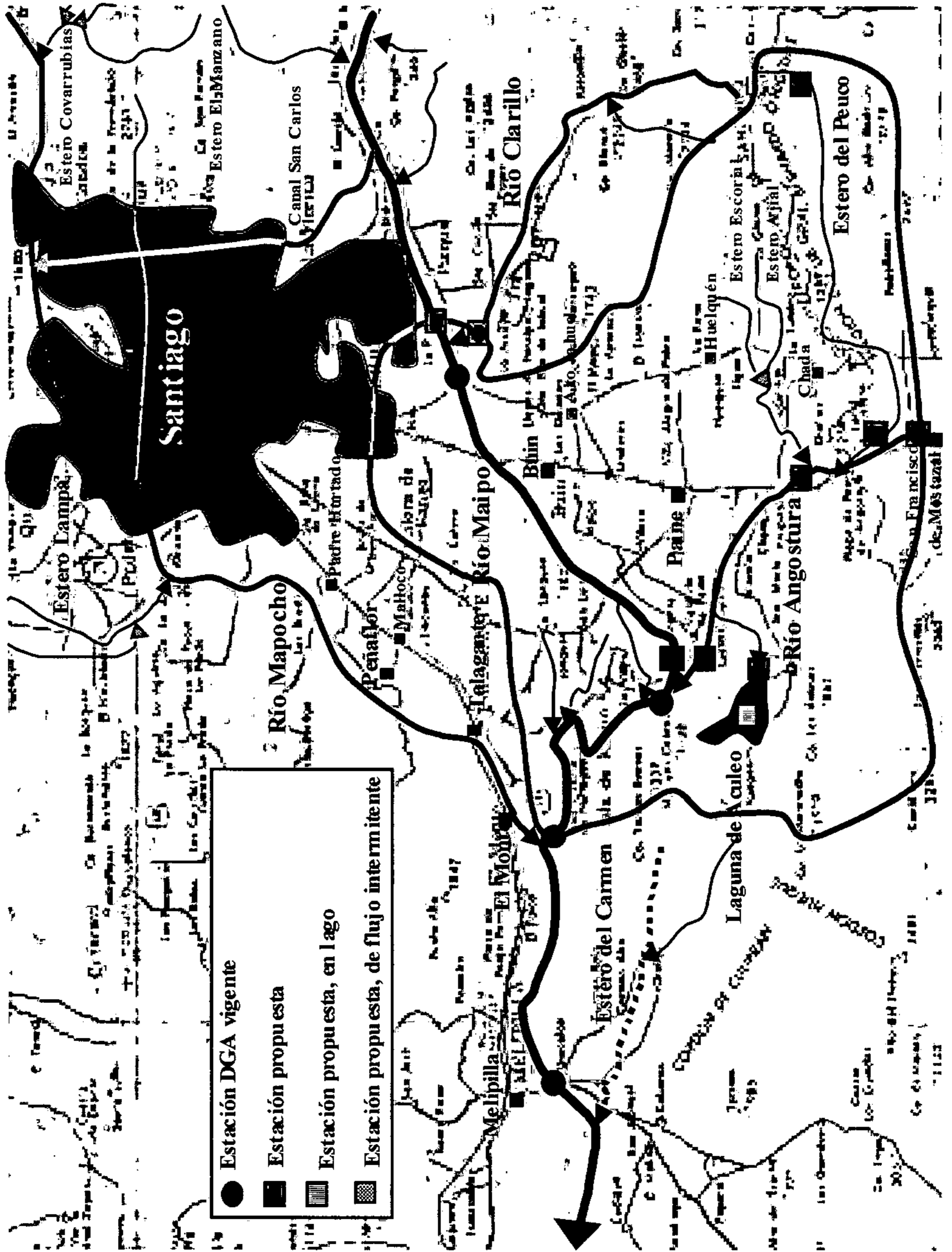
Al igual que para las cuencas anteriormente nombradas, se propone mantener la frecuencia trimestral (4 muestreos/año). El conjunto analítico sugerido se presenta en los **cuadros 11.1. y 11.2.** Al conjunto de la DGA, se propone agregar las determinaciones de nitrógeno y fósforo solubles, sólidos (totales, suspendidos y disueltos, suspendidos fijos y volátiles), contenido orgánico disuelto, coliformes fecales y salmonellas (por la existencia de centros urbanos importantes) y residuos de plaguicidas específicos.

Con relación a las aguas subterráneas, se propone aprovechar las estaciones existentes, utilizando un conjunto de 8 sitios, distribuidas regularmente dentro del área seleccionada y que representen aguas de pozo (aguas profundas) y aguas de noria (aguas subsuperficiales). El conjunto analítico sería el mismo, con la excepción de los sólidos, coliformes fecales y salmonellas.

11.2.7. Cuenca del Rapel

Esta cuenca presenta características ambientales similares a las de Aconcagua y Maipo, aunque presenta una mayor caída pluviométrica y sus suelos son significativamente más ácidos que los del Maipo. De todas formas, todo el valle del Rapel –y, en especial, el del valle del río Cachapoal- es escenario de una variada agricultura intensiva, donde se entremezclan frutales, hortalizas y chacras.

Figura 11.6. Red de monitoreo propuesta para la cuenca del Maipo, Región Metropolitana



Lo mismo que para las cuencas Aconcagua y Maipo, hay un riesgo máximo de contaminación difusa emergente del uso intensivo de fertilizantes y plaguicidas. En este caso, la contaminación microbiológica y orgánica, por actividades ganaderas, empieza a crecer, situación que se acrecentará hacia el sur del país. La sedimentación, al igual que en los casos anteriores, es máxima hacia períodos de deshielo y de lluvias intensas.

El área seleccionada corresponde, fundamentalmente, al valle del Cachapoal, centro de una agricultura mucho más intensiva que la emplazada en el valle del Tinguiririca. Se propone aprovechar la red de monitoreo, superficial y subterránea, actualmente vigente y operada por la DGA (**Figura 11.7.**), con la adición de algunas estaciones superficiales, según se detalla en la lista siguiente:

- río Cachapoal, a) después de descarga del estero Coya, b) antes de la ciudad de Rancagua, c) después de la ciudad de Rancagua, d) frente a Doñihue, e) después de Peumo, y f) al ingreso al embalse Rapel,
- estero Las Cadenas, hacia su nacimiento,
- *estero Las Cadenas, antes de descarga en río Cachapoal,*
- río Claro de Rengo, a) en Las Nieves, y b) antes de junta con río Cachapoal,
- *río Claro de Rengo, a) en cruce con la ruta 5-S, y b) después de Rengo,*
- *estero Rigolemo, antes de descarga en estero Zamorano,*
- *estero Zamorano, antes de descarga de estero Rigolemo, y*
- estero Zamorano, antes de junta con río Cachapoal.

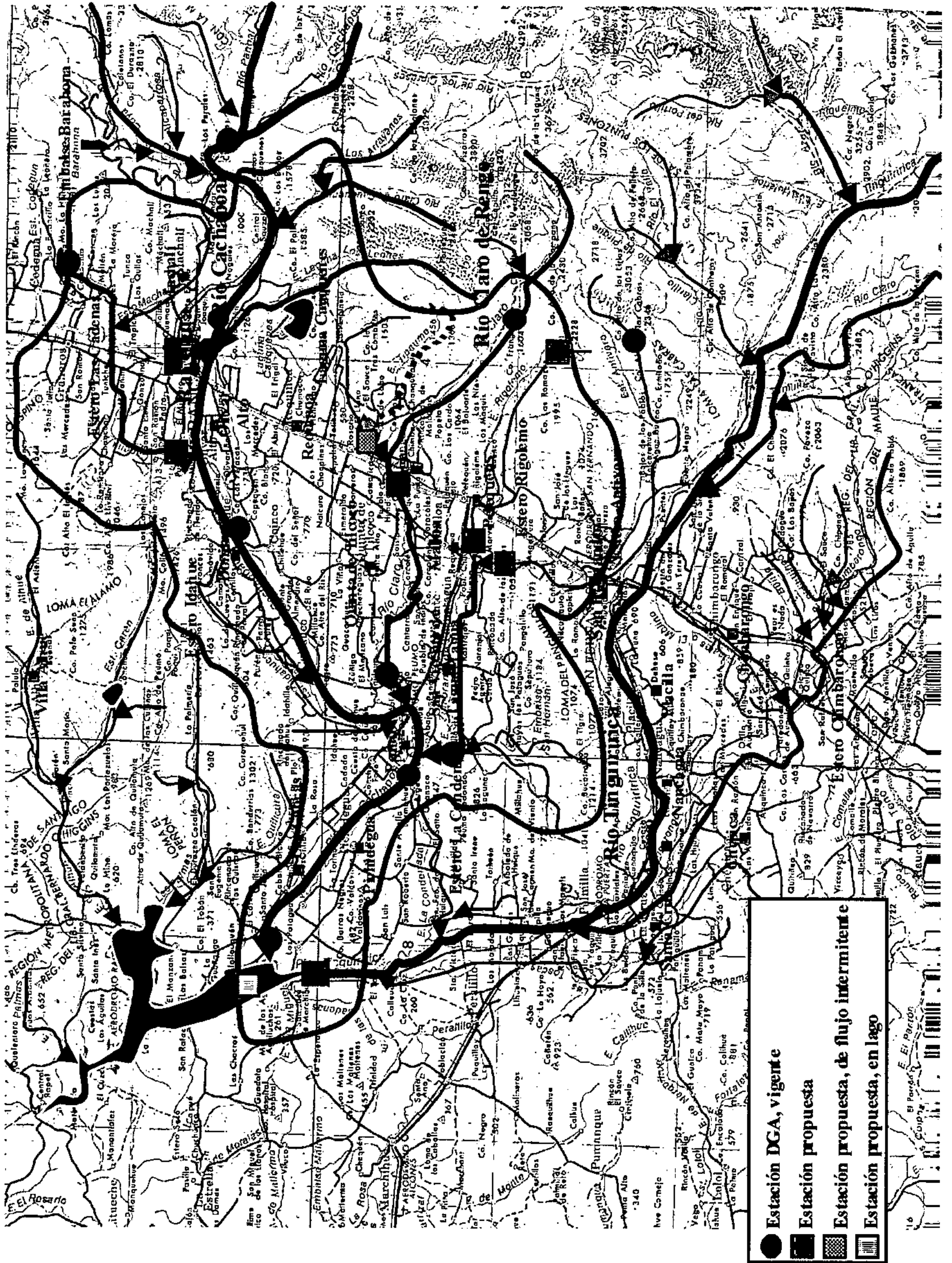
Se propone mantener la frecuencia trimestral (4 muestreos/año), aplicando un conjunto analítico similar al sugerido para Aconcagua y Maipo, con la lógica diferencia de los ingredientes activos de plaguicidas, que se deberán ajustar a la realidad agrícola de la cuenca (**cuadros 11.1. y 11.2.**).

Con relación a las aguas subterráneas, se propone aprovechar las estaciones existentes, utilizando un conjunto de 8 sitios, distribuidas regularmente a lo largo del valle Cachapoal, teniendo cuidado de contar con aguas a diferente profundidad. Para esta agua, el conjunto analítico sería el mismo, con la excepción de los sólidos, coliformes fecales y salmonellas.

11.2.8. Cuenca del Maule

En esta cuenca, la hidricidad ambiental aumenta significativamente, lo que hace aumentar el riesgo de contaminación difusa por la mayoría de las causas consideradas en este estudio: uso de fertilizantes, uso de plaguicidas, residuos ganaderos. En esta cuenca, la sedimentación debería manifestar un régimen más regular, en aquella parte de la red hídrica superficial no regulada por los embalses Colbún y Machicura. El área seleccionada corresponde a la subcuenca del río Perquilauquén, conformada, básicamente, por el río Perquilauquén y el río Longaví, tributario de éste. Desde el punto de vista productivo, se trata de una zona dedicada al cultivo de cereales, siendo arroz el cultivo más importante.

Figura 11.7. Red de monitoreo propuesta para la cuenca del Rapel, VI Región



- Estación DGA, vigente
- Estación propuesta
- ▨ Estación propuesta, de flujo intermitente
- ▤ Estación propuesta, en lago

Esta condición se da porque los suelos presentan una condición de baja a nula permeabilidad. Consecuentemente, se trata de un área donde el riesgo de contaminación de aguas subterráneas tiende a minimizarse, por esta razón de impermeabilidad.

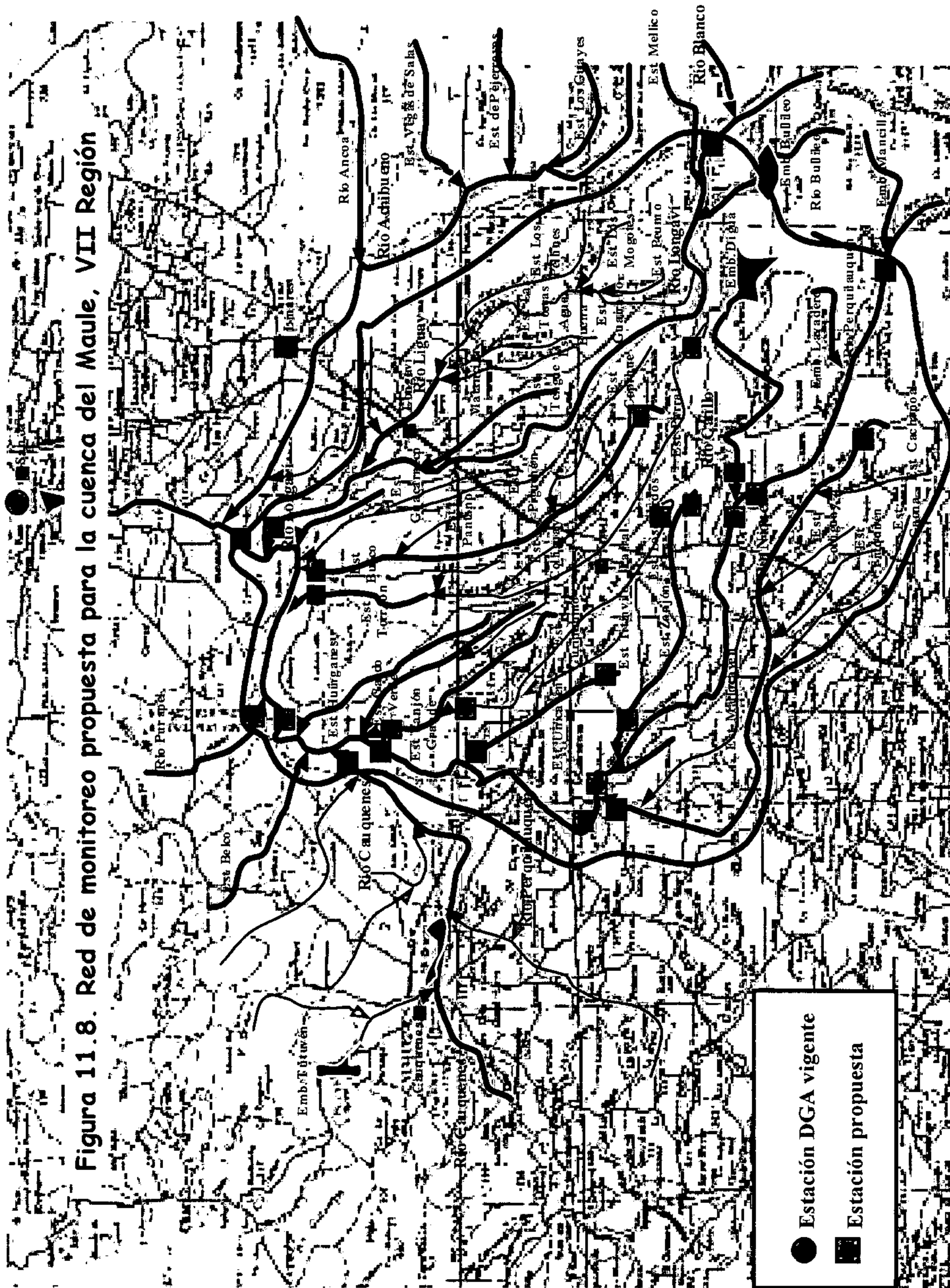
Lo mismo que en las cuencas anteriores, se propone aprovechar la red de monitoreo superficial, actualmente vigente y operada por la DGA. Como muestra la **Figura 11.8.**, se trata de una zona con escasa representación de estaciones DGA, pero con una red hídrica superficial muy rica; como consecuencia, se trata de un área donde la totalidad de los sitios de muestreo serán adicionales a los de la DGA y que requiere contar con un alto número de sitios de observación, a objeto de tener la capacidad de discriminar aportes de contaminantes, tanto por fuente de origen como por cauce de aguas. La lista es la siguiente:

- *río Perquilauquén, a) hacia su nacimiento, b) antes de junta con río Catillo, c) después de junta con río Catillo, d) antes del río Ñiquén, e) después de junta con río Ñiquén, f) antes de descargas de esteros Zanjón Grande y Cardo Verde, g) después de descarga del estero Huinganes, y h) después de junta con río Longaví,*
- *río Catillo, antes de junta con río Perquilauquén,*
- *río Ñiquén, a) hacia nacimiento, y b) antes de junta con río Perquilauquén,*
- *estero Zanjón, a) hacia nacimiento, y b) antes de descarga en río Perquilauquén,*
- *estero Unicavén, a) hacia nacimiento, y b) antes de descarga en río Perquilauquén,*
- *estero Curipeumo, antes de descarga en estero Zanjón Grande,*
- *estero Zanjón Grande, antes de descarga en río Perquilauquén,*
- *estero Los Cardos, hacia su nacimiento,*
- *río Cauquenes, antes de junta con río Perquilauquén,*
- *río Purapel, antes de junta con río Perquilauquén,*
- *estero Parral, hacia su nacimiento,*
- *estero Torreón, antes de descarga en río Perquilauquén,*
- *estero Burco, a) en su nacimiento, y b) antes de descarga en río Perquilauquén, y*
- *río Longaví, a) después de junta con río Blanco, y b) antes de junta con río Perquilauquén.*
- *río Claro, después de Talca,*

Al igual que para las cuencas anteriormente nombradas, se propone mantener la frecuencia trimestral (4 muestreos/año). El conjunto analítico sugerido es el mismo que para Aconcagua, Maipo y Rapel, con la lógica diferencia de los ingredientes activos de plaguicidas, que habría que ajustar a la realidad agrícola de la cuenca (**cuadros 11.1 y 11.2.**).

Con relación a las aguas subterráneas, la DGA no cuenta con estaciones hidrológicas subterráneas, por lo que habría que identificar un conjunto de no más de 6 pozos y norias, distribuidos regularmente dentro de la zona seleccionada. El conjunto analítico sería el mismo, con la excepción de los sólidos, coliformes fecales y salmonellas.

Figura 11.8. Red de monitoreo propuesta para la cuenca del Maule, VII Región



11.2.9. Cuenca del Itata

En esta cuenca, las características de mayor hidricismo y relieve más plano, iniciadas ya en la cuenca del Maule, se acentúan, condicionando una condición proclive a la contaminación preferente de las aguas subterráneas, debido al relieve natural y a la permeabilidad de los suelos volcánicos, que empiezan a predominar en la zona, condición que se tiende a ver favorecida con la existencia de napas más superficiales. La estimación, para esta cuenca, que tiene una condición mixta agrícola-forestal, es una moderada a alta probabilidad por todas las causas consideradas en este estudio: sedimentación por deforestación en cursos superiores, fertilizantes, plaguicidas, ganadería.

Se ha seleccionado la cuenca el río Itata, en su tramo superior, esto es entre su nacimiento y el punto de descarga del río Ñuble; se trata de una zona preferentemente dedicada a plantaciones forestales. Se trata de una zona con escasa representación de la DGA, por lo que la casi totalidad de las estaciones sugeridas serán adicionales (**Figura 11.9.**); el detalle es el siguiente:

- río Itata, a) en su nacimiento, por junta de ríos Cholguán y Huepil, y b) antes de junta con río Ñuble,
- río Itata, a) después de junta con río Dañicalqui, b) antes de junta con río Diguillín, y c) después de junta con río Diguillín,
- río Cholguán, antes de nacimiento de río Itata,
- río Huepil, antes de nacimiento de río Itata,
- río Trilaleo, a) en nacimiento, y b) antes de junta con río Itata,
- río Dañicalqui, a) en nacimiento, y b) antes de junta con río Itata,
- río Diguillín, a) antes de junta con río Renegado, y b) antes de junta con río Itata,
- río Diguillín, a) antes de descarga de estero Temuco, y b) después de descarga el estero Molino,
- estero Temuco, a) en su nacimiento, y b) antes de descarga en río Diguillín, y
- estero Palpa, a) hacia su nacimiento, y b) antes de descarga en río Diguillín.

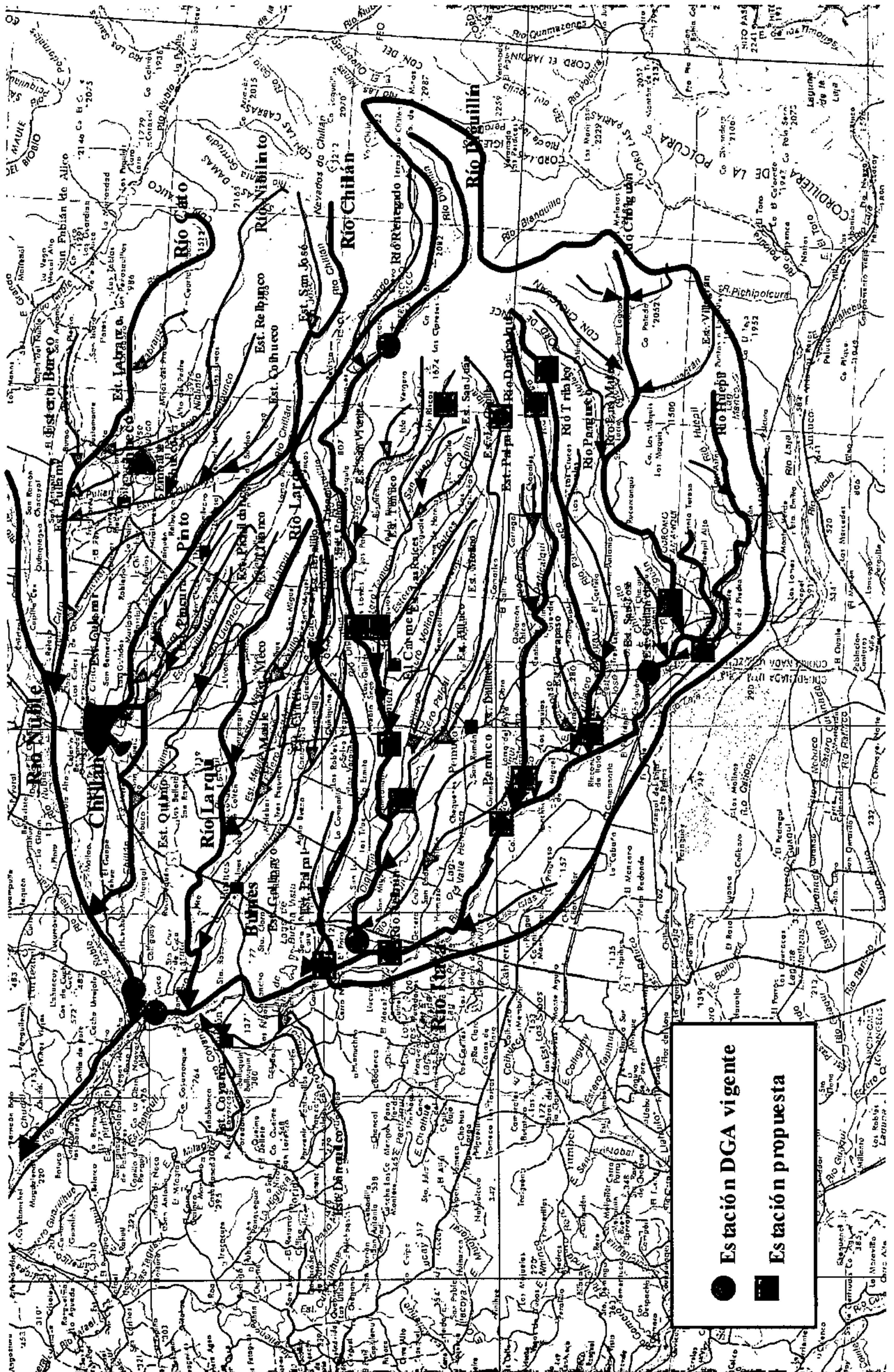
Al igual que para las cuencas anteriormente nombradas, se propone mantener la frecuencia trimestral (4 muestreos/año). El conjunto analítico sugerido es el mismo ya definido a partir de Aconcagua, con la lógica diferencia de los ingredientes activos de plaguicidas, que habría que ajustar a la realidad agrícola de la cuenca (**cuadros 11.1. y 11.2.**).

Con relación a las aguas subterráneas, la DGA no cuenta con estaciones hidrológicas subterráneas, por lo que habría que identificar un conjunto de 10 pozos, distribuidos regularmente dentro de la zona seleccionada, que representen diferentes profundidades de aguas. El conjunto analítico sería el mismo, con la excepción de los sólidos, coliformes fecales y salmonellas.

11.2.10.. Cuenca del Imperial

En esta cuenca, las características de hidricismo y relieve predominantemente plano tienden a acentuarse, lo que conlleva un riesgo creciente de contaminación de aguas subterráneas, acentuada por el tipo de suelo y por la

Figura 11.9. Red de monitoreo propuesta para la cuenca del Itata, VIII Región



cercanía de las napas a la superficie; no obstante ello, la mayor dilución existente en la cuenca, debida a su mayor caída pluviométrica, puede tamponar este efecto. La estimación de riesgo de contaminación difusa, para esta cuenca, también con una condición mixta agrícola-forestal, es similar a la planteada para la cuenca del Itata, esto es, una moderada a alta probabilidad de contaminación por todas las causas consideradas en este estudio: sedimentación por deforestación en cursos superiores, uso de fertilizantes y plaguicidas, producción ganadera. La zona seleccionada correspondió al tramo superior de la cuenca del río Cautín, entre su nacimiento y la ciudad de Temuco.

La red de monitoreo, que se propone, está compuesta, principalmente por sitios de observación adicionales a los de la DGA, cuya presencia en la zona es escasa (**Figura 11.10.**); el detalle, para esta cuenca, es el siguiente:

- río Cautín, a) después de junta con río Blanco, y b) antes de la ciudad de Temuco,
- río Cautín, a) en sector Malalcacuello, y b) antes de junta con río Muco,
- río Blanco, a) en nacimiento, y b) antes de junta con río Cautín,
- río Muco, a) en nacimiento, b) antes de junta con río Collín, y c) antes de junta con río Cautín,
- río Collín, a) en nacimiento, y b) antes de junta con río Muco,
- estero Peupeu, a) hacia nacimiento, y b) antes de descarga en río Cautín,
- estero Collinco, a) hacia su nacimiento, y b) antes de descarga en río Muco, y
- río Trueno, a) hacia su nacimiento, y b) antes de junta con río Collín.

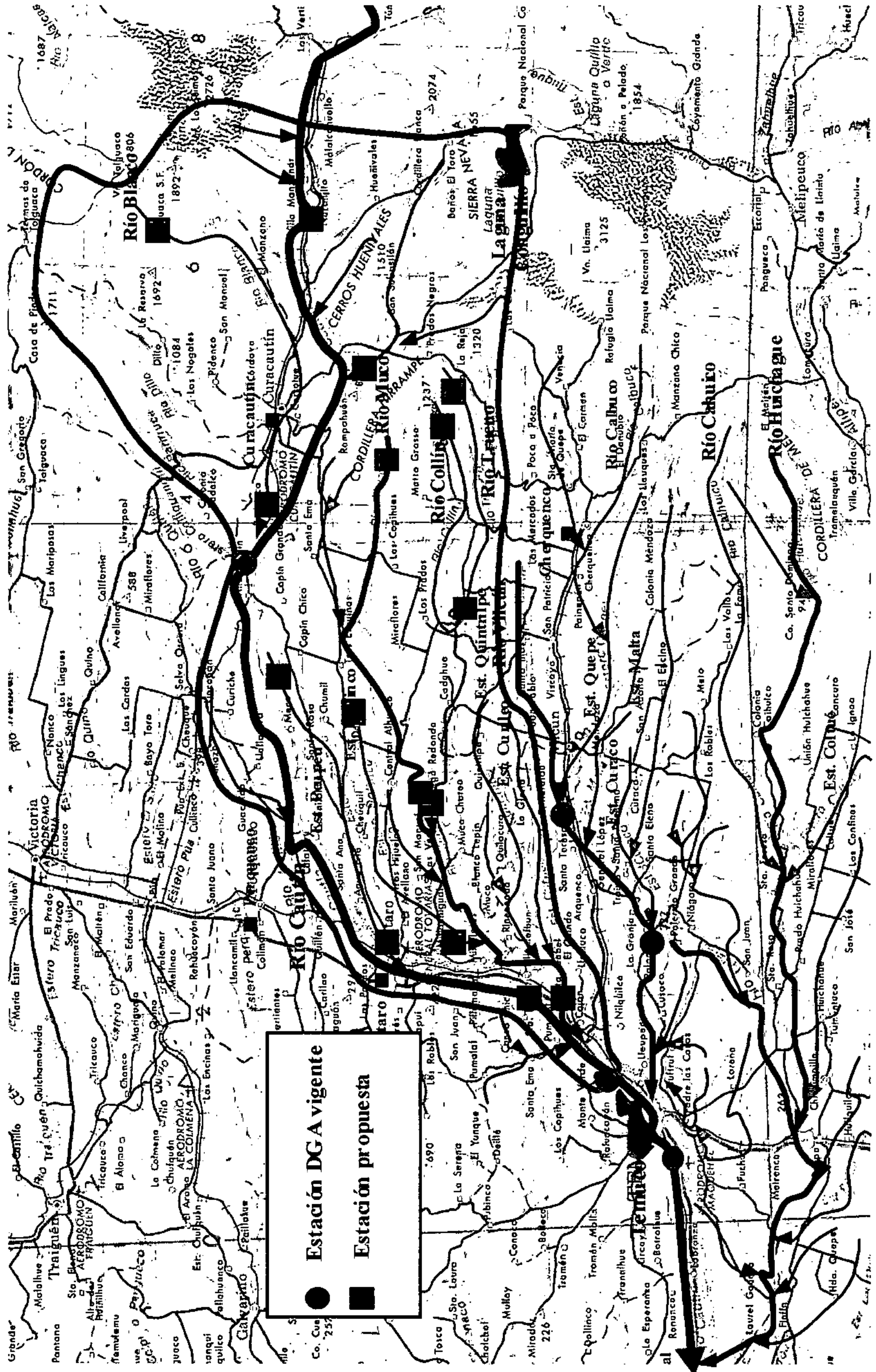
Al igual que para las cuencas anteriormente nombradas, se propone mantener la frecuencia trimestral (4 muestreos/año) y el conjunto analítico sugerido ya definido a partir de Aconcagua, con la lógica diferencia de los ingredientes activos de plaguicidas, que habría que ajustar a la realidad agrícola de la cuenca (**cuadros 11.1. y 11.2.**).

Con relación a las aguas subterráneas, la DGA no cuenta con estaciones hidrológicas subterráneas, por lo que habría que identificar un conjunto de 8 pozos, distribuidos regularmente dentro de la zona seleccionada. El conjunto analítico sería el mismo, con la excepción de los sólidos, coliformes fecales y salmonellas.

11.2.11.. Cuenca del Río Bueno

En esta cuenca, las características de hidricismo y relieve predominantemente plano tienden a acentuarse, lo que conlleva un riesgo creciente de contaminación de aguas subterráneas; no obstante ello, la mayor dilución existente en la cuenca tenderá a contrarrestar este efecto, por lo que el mayor daño debe esperarse en los lagos y humedales. La estimación de riesgo de contaminación difusa, para esta cuenca, con una fuerte condición forestal y ganadera, es similar a la planteada para las cuencas Itata e Imperial, quizás reduciendo el riesgo de sedimentación. En todo caso, en esta cuenca, la ganadería bovina y la gestión del bosque nativo, adquiere un rol preponderante.

Figura 11.10. Red de monitoreo propuesta para la cuenca del Imperial, IX Región



En esta cuenca, se seleccionó la cuenca del río Pilmaiquén, considerada entre el río Golgol, al este del lago Puyehue, y su unión con el río Bueno. Lo mismo que se ha visto en las cuencas de Itata e Imperial, la existencia de estaciones de la DGA es nula, por lo que la red propuesta es, en su totalidad, adicional (**Figura 11.11.**). Los sitios de observación definidos, son los siguientes:

- *río Golgol, a) en nacimiento, y b) en ingreso al lago Puyehue,*
- *río Licán, a) en nacimiento, y b) en descarga al lago Puyehue,*
- *lago Puyehue, en dos sitios*
- *río Dichichirre, hacia su nacimiento,*
- *río Chirre, a) en su nacimiento, y b) antes de junta con río Pilmaiquén,*
- *río Quililhue, hacia su nacimiento,*
- *río Cachaliquén, hacia su nacimiento,*
- *río Cuyainta, hacia su nacimiento*
- *río Currileufú, hacia su nacimiento, y*
- *río Pilmaiquén, a) en su nacimiento, b) después de descarga del estero Menciahue, c) después de junta con río Chirre, y d), antes de junta con río Bueno.*

Al igual que para las cuencas anteriormente nombradas, se propone mantener la frecuencia trimestral (4 muestreos/año) y el conjunto analítico sugerido ya definido a partir de Aconcagua, con la lógica diferencia de los ingredientes activos de plaguicidas, que habría que ajustar a la realidad agrícola de la cuenca (**cuadros 11.1. y 11.2.**).

Con relación a las aguas subterráneas, la DGA no cuenta con estaciones hidrológicas subterráneas, por lo que habría que identificar un conjunto de 8 pozos, distribuidos regularmente dentro de la cuenca del río Pilmaiquén. El conjunto analítico sería el mismo, con la excepción de los sólidos, coliformes fecales y salmonellas.

11.2.12.. Cuenca del Río Aysén

Se trata de una cuenca con alto hidricismo y relieve escarpado dominante. En esta cuenca, el riesgo máximo es por sedimentación, seguida de la contaminación derivada de la actividad ganadera bovina y ovina; la probabilidad de contaminación por fertilizantes y plaguicidas, se considera entre mínima y nula. Se determinó que se trataba de una buena opción para estudiar el efecto de la deforestación sobre la calidad de las aguas de los lagos; por ello, se decidió incluir los lagos Pollux, Elizalde y Riesco, que representan condiciones ambientales diferentes.

No existen estaciones DGA, por lo que todas las estaciones son adicionales (**Figura 11.12.**); el detalle de las estaciones hidrológicas superficiales, para esta cuenca, es el siguiente:

- *lago Pollux,*
- *lago Frío,*

- *lago Elizalde, dos sitios,*
- *lago Riesco,*
- *río Blanco, a) hacia su nacimiento, b) antes de cruce con aguas emergentes del lago Riesco, y c) antes de descarga en río Aysén.*

Al igual que para las cuencas anteriormente nombradas, se propone mantener la frecuencia trimestral (4 muestreos/año). Se propone simplificar el conjunto analítico ya definido a partir de Aconcagua, eliminado la determinación de plaguicidas y sólidos, si la transparencia de las aguas así lo justifica.

11.3. Conclusiones

Como puede verse, se está proponiendo un sistema de vigilancia de la contaminación difusa, compuesto por 13 módulos independientes, compuesto en un 37,8 de estaciones ya operadas por la DGA y en 62,2% por nuevas estaciones, lo que significa un costo adicional para el operador del sistema, lo mismo que la inclusión de más análisis para las muestras colectadas desde estaciones ya operativas. Como muestra el **Cuadro 11.3.**, el número total de 251 estaciones, siendo 179 superficiales, con un 69,3% de estaciones nuevas, y 72 subterráneas, con un 44,4% de sitios de observación nuevos.

Tal como se planteó, inicialmente, las redes propuestas por área seleccionada fueron diseñadas, con el fin de tener una adecuada cobertura espacial de sus respectivas áreas de monitoreo. La implementación de la totalidad de las redes sería altamente improbable, por razones técnicas y, muy especialmente, presupuestarias. Dada la conformación de las redes con el supuesto señalado, la no implementación de algunas de ellas, en manera alguna, afecta el funcionamiento y beneficios que reportan las si implementadas.

11.4. Costos del sistema

El costo del sistema fue calculado, sobre la base de los siguientes supuestos y definiciones:

- **costos de implementación de nuevas estaciones:**
 - involucran las inversiones en equipos de terreno, que deben efectuarse para dotar a las nuevas estaciones de elementos de trabajo de terreno indispensables; se consideran equipos portátiles para medición directa de pH, OD y temperatura,
 - en estos costos de implementación, no se incluyen costos por construcción de infraestructura especial; en otras palabras, se está trabajando con el criterio de estaciones equivalentes a sitios de captura puntual de muestras,
 - de la misma manera, por razones de costo, no se contempla el monitoreo continuo de parámetros básicos, situación ideal que demandaría un costo de implementación, instalación y mantenimiento, significativamente superiores,

- costos anuales de operación:
 - los costos de operación son una función directa del número de muestras generadas,
 - se consideró una captura de una muestra por época y 4 épocas por año,
 - los ítems considerados para el cálculo de costos fueron: personal adicional, movilización, viáticos, materiales de uso y consumo corriente, despacho de muestras vía bus, y procesamiento analítico de muestras,
 - el ítem de ingreso de datos en planillas electrónicas y análisis de la información generada no fue considerado ya que se estimó que la infraestructura vigente posee la capacidad suficiente, para absorber esta carga adicional,
 - aplicando el criterio de la adicionalidad, el costo analítico cargado al sistema corresponde a las nuevas muestras generadas (muestras generadas desde las nuevas estaciones), por tanto a los análisis efectuados en dichas muestras, y a los análisis adicionales que habría que efectuar en las muestras generadas desde las estaciones de la DGA,
 - el costo analítico se basó en los costos operacionales de la Sección de Análisis Ambientales, del Laboratorio de Química Edafológica y Ambiental, del Centro Regional de Investigación La Platina, de INIA; en este ítem, se incluye mano de obra, consumo de reactivos y de energía, reposición de materiales fungibles y uso de equipos,
 - las salidas a terreno involucran, necesariamente, a dos personas por salida,
 - el costo de movilización fue calculado sobre la base de un costo unitario de \$ 120/kilómetro, y
 - el costo de personal adicional fue considerado sobre la base del número de días de salidas a terreno, con un sueldo base equivalente a \$ 600 mil/mes.

El resultado de este análisis se presenta en los cuadros **11.3.** a **11.14.**

Cuadro 11.3. Estaciones de medición de calidad de aguas, propuestas

Cuenca	Estaciones superficiales			Estaciones subterráneas		
	DGA	nuevas	% nuevas	DGA	nuevas	% nuevas
Camarones	2	2	50,00	0	0	0,00
Loa	11	4	26,67	0	0	0,00
Huasco	6	3	33,33	6	0	0,00
Limarí	5	10	66,67	6	0	0,00
Aconcagua-frutales	9	7	43,75	6	0	0,00
Aconcagua-hortofrutícola	2	6	75,00	6	0	0,00
Maipo	3	8	72,73	8	0	0,00
Rapel	10	5	33,33	8	0	0,00
Maule	1	25	96,15	0	6	100,00
Itata	4	15	78,95	0	10	100,00
Imperial	2	15	88,24	0	8	100,00
Bueno	0	16	100,00	0	8	100,00
Aysén	0	8	100,00	0	0	0,00
Total	55	124	69,3	40	32	44,4

Cuadro 11.4. Costo de implementación adicional

Cuenca	Total
Camarones	2375,0
Loa	2375,0
Huasco	2375,0
Limarí	2750,0
Aconcagua-frutales	2750,0
Aconcagua-hortofrutícola	2750,0
Maipo	5500,0
Rapel	4750,0
Maule	7000,0
Itata	6250,0
Imperial	6250,0
Bueno	6250,0
Aysén	5500,0
Total	56875,0

Bases de cálculo (costos en miles \$/unidad):

Equipos de terreno, para medir pH, t°, OD 500,0

Equipos portátiles de posicionamiento global (GPS) 500,0

Señalética e infraestructura básica para estación 750,0

Cuadro 11.5. Número de muestras generadas al año

Cuenca	superficiales		subterráneas		Total
	DGA	nuevas	DGA	nuevas	
Camarones	8	8	0	0	16
Loa	44	16	0	0	60
Huasco	24	12	24	0	60
Limarí	20	40	24	0	84
Aconcagua-frutales	36	28	24	0	88
Aconcagua-hortofrutícola	8	24	24	0	56
Maipo	12	32	32	0	76
Rapel	40	20	32	0	92
Maule	4	100	0	24	128
Itata	16	60	0	40	116
Imperial	8	60	0	32	100
Bueno	0	64	0	32	96
Aysén	0	32	0	0	32
Total	220	496	160	128	1004

Cuadro 11.6. Costo unitario de trabajo analítico

Análisis	mil \$/muestra
1. Conjunto DGA-centro/sur	18,60
2. Conjunto DGA-norte	21,05
3. Sólidos:	
- suspendidos	3,39
- fijos	5,86
- volátiles	5,86
- disueltos	3,39
4. Nitrógeno soluble	3,51
5. Fósforo soluble	3,51
6. Coliformes fecales	8,25
7. Salmonellas	8,25
8. Plaguicidas ¹	75,00

¹ Valor estimativo; cubriría hasta 3 ingredientes activos

117,02

91,27

Cuadro 11.7. Costo analítico anual¹, en miles \$

Cuenca	superficiales		subterráneas		Total
	DGA	nuevas	DGA	nuevas	
Camarones	73,96	242,32	0	0	316,28
Loa	406,78	484,64	0	0	891,42
Huasco	726,96	363,48	0	0	1090,44
Limarí	655,4	2152,6	786,48	0	3594,48
Aconcagua-frutales	4212,54	1697,29	2190,48	0	8100,31
Aconcagua-hortofrutícola	936,12	1454,82	2190,48	0	4581,42
Maipo	1404,18	4339,76	2920,64	0	8664,58
Rapel	4680,6	2712,35	2920,64	0	10313,59
Maule	468,06	13561,75	0	2636,94	16666,75
Itata	1872,24	8137,05	0	4394,9	14404,19
Imperial	936,12	8137,05	0	3515,92	12589,09
Bueno	0	8679,52	0	3515,92	12195,44
Aysén	0	1411,76	0	0	1411,76
Total	16373,0	53374,4	11008,7	14063,7	94819,8

¹ Cubre costos adicionales a los ya financiados por la DGA

Cuadro 11.8. Costo de recorridos de terreno (en miles \$)

Cuenca	Giro km	N° de giros/año	Total
Camarones	300	8	288,0
Loa	600	16	1152,0
Huasco	300	16	576,0
Limarí	250	16	480,0
Aconcagua-frutales	150	8	144,0
Aconcagua-hortofrutícola	125	8	120,0
Maipo	200	8	192,0
Rapel	300	8	288,0
Maule	250	8	240,0
Itata	300	16	576,0
Imperial	300	16	576,0
Bueno	250	16	480,0
Aysén	500	16	960,0
Total	3825	160	6072,0

Costo de kilómetro recorrido (miles \$)= 0,12

Cuadro 11.9. Costo de salidas a terreno: viáticos (en miles \$)

Cuenca	Días	Medio-días	Días mil \$	Medio-días mil \$	Total
Camarones	0	8	0,0	80,0	80,0
Loa	8	8	480,0	80,0	560,0
Huasco	8	8	480,0	80,0	560,0
Limarí	8	8	480,0	80,0	560,0
Aconcagua-frutales	0	8	0,0	80,0	80,0
Aconcagua-hortofrutícola	0	8	0,0	80,0	80,0
Maipo	0	8	0,0	80,0	80,0
Rapel	0	8	0,0	80,0	80,0
Maule	0	8	0,0	80,0	80,0
Itata	8	8	480,0	80,0	560,0
Imperial	8	8	480,0	80,0	560,0
Bueno	8	8	480,0	80,0	560,0
Aysén	8	8	480,0	80,0	560,0
Total	56	104	3360,0	1040,0	4400,0

Bases de cálculo (en miles \$):

Viáticos, medio día 5,0

Viáticos, día con alojamiento 30,0

Personas por giro 2,0

Cuadro 11.10. Costo en materiales de uso y consumo corriente

Cuenca	Costo, mil \$
Camarones	66,0
Loa	82,0
Huasco	74,0
Limarí	130,0
Aconcagua-frutales	106,0
Aconcagua-hortofrutícola	98,0
Maipo	114,0
Rapel	90,0
Maule	298,0
Itata	250,0
Imperial	234,0
Bueno	242,0
Aysén	114,0
Total	1898,0

Bases de cálculo:

costo estimado por muestra 8

Incluye: materiales de terreno (envases, hieleras, congeladores, plumones, etiquetas, huinchas, otros), materiales de oficina (papel, tintas)

costo mínimo fijo, por cuenca: 50

Cuadro 11.11. Manipulación de muestras y despacho a laboratorio

Cuenca	Veces/año	Costo, mil \$	Total
Camarones	4	600	2400,0
Loa	4	500	2000,0
Huasco	4	450	1800,0
Limarí	4	350	1400,0
Aconcagua-frutales	4	250	1000,0
Aconcagua-hortofrutícola	4	250	1000,0
Maipo	4	150	600,0
Rapel	4	250	1000,0
Maule	4	350	1400,0
Itata	4	350	1400,0
Imperial	4	450	1800,0
Bueno	4	450	1800,0
Aysén	4	500	2000,0
Total	52	4900	19600,0

Canon básico:

10

Cuadro 11.12. Costo de personal adicional, en miles \$

Cuenca	Días	Costo día	Total
Camarones	16	27,3	436,4
Loa	32	27,3	872,7
Huasco	32	27,3	872,7
Limarí	32	27,3	872,7
Aconcagua-frutales	16	27,3	436,4
Aconcagua-hortofrutícola	16	27,3	436,4
Maipo	16	27,3	436,4
Rapel	16	27,3	436,4
Maule	16	27,3	436,4
Itata	32	27,3	872,7
Imperial	32	27,3	872,7
Bueno	32	27,3	872,7
Aysén	32	27,3	872,7
Total	320		8727,3

Base de cálculo:

sueldo mensual (miles \$)

600,0

Cuadro 11.13. Costo de implementación adicional

Cuenca	Total, mil \$	Total, UF
Camarones	2375,0	142,2
Loa	2375,0	142,2
Huasco	2375,0	142,2
Limarí	2750,0	164,7
Aconcagua-frutales	2750,0	164,7
Aconcagua-hortofrutícola	2750,0	164,7
Maipo	5500,0	329,3
Rapel	4750,0	284,4
Maule	7000,0	419,2
Itata	6250,0	374,3
Imperial	6250,0	374,3
Bueno	6250,0	374,3
Aysén	5500,0	329,3
Total	56875,0	3405,7
Valor UF considerado:	16,7	mil \$

Cuadro 11.14. Costo anual de operación

Cuenca	Total mil \$	Total, UF
Camarones	3586,6	214,8
Loa	5558,1	332,8
Huasco	4973,2	297,8
Limarí	7037,2	421,4
Aconcagua-frutales	9866,7	590,8
Aconcagua-hortofrutícola	6315,8	378,2
Maipo	10086,9	604,0
Rapel	12208,0	731,0
Maule	19121,1	1145,0
Itata	18062,9	1081,6
Imperial	16631,8	995,9
Bueno	16150,2	967,1
Aysén	5918,5	354,4
Total	135517,0	8114,8
Valor UF considerado:	16,7	mil \$