

Programa de



C U E N C A S
HIDROGRAFICAS
E N C H I L E :
D I A G N O S T I C O
Y P R O Y E C T O S



Pre-inversión

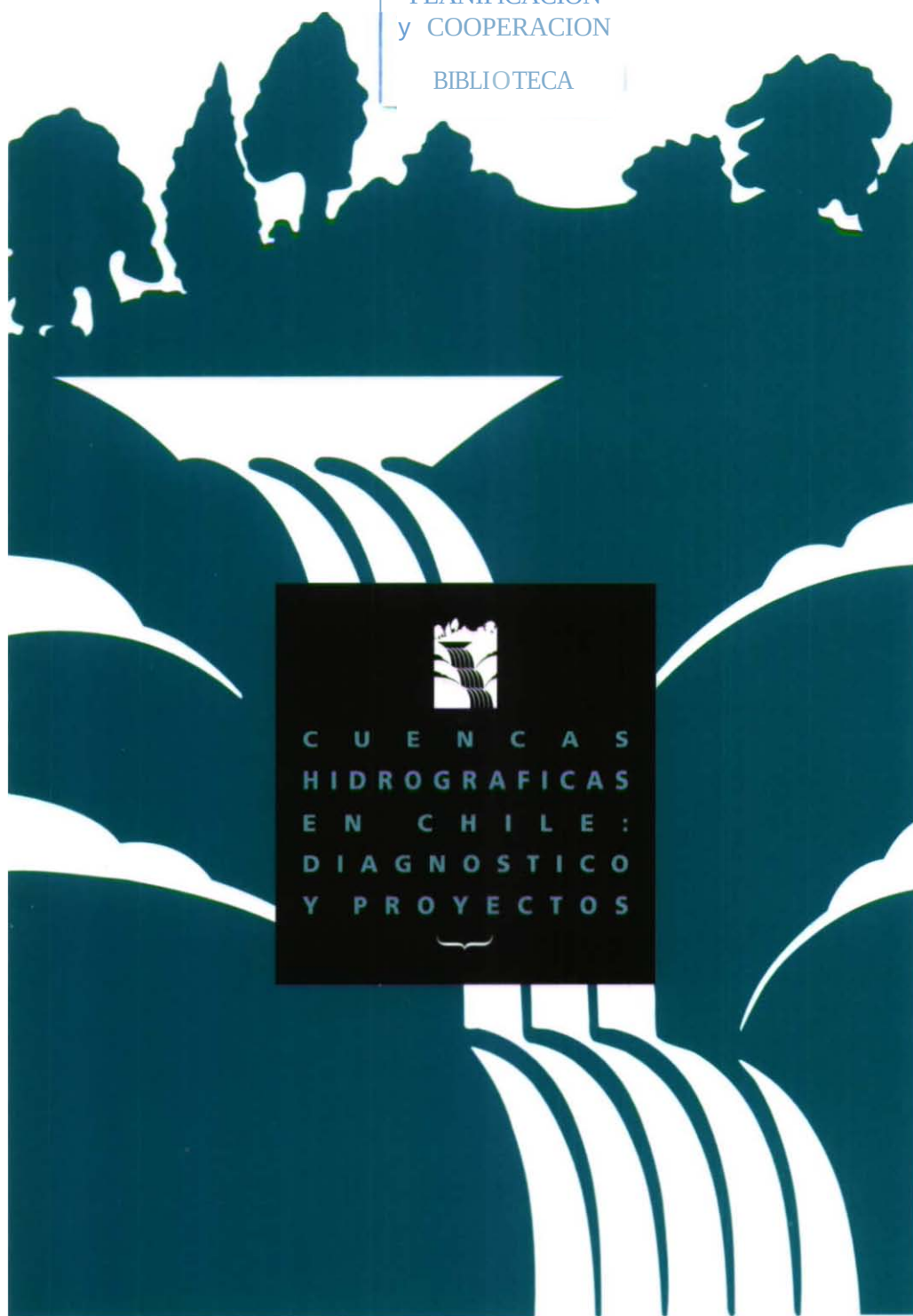
CHILE 1998

MIDEPLAN-BID

Ministerio de Planificación y Cooperación

MINISTERIO DE
PLANIFICACION
y COOPERACION

BIBLIOTECA



C U E N C A S
H I D R O G R A F I C A S
E N C H I L E :
D I A G N O S T I C O
Y P R O Y E C T O S



17427



Indice

<i>Presentación</i>	7
<i>I. Antecedentes</i>	9
El concepto de Cuenca.	
El concepto de Manejo de Cuenca.	10
Los Sistemas Hidrográficos.	
El agua, un recurso esencial escaso.	
La contaminación hídrica.	11
El Programa de Preinversión MIDEPLAN-BID.	12
<i>I/. Ambitos de Estudios</i>	13
Componentes del Estudio-Diagnóstico.	
Objetivos del Estudio-Diagnóstico.	
Objetivos Generales.	
Objetivos Específicos.	14
Instituciones que participaron en el Estudio.	15
Selección de las cuencas.	
Etapas y Metodología del Estudio.	17
Metodología General.	
1. Diagnóstico.	18
2. Etapa de Prefactibilidad - Plan General de Ordenamiento y Manejo. y Plan de Ordenamiento.	
3. Etapa de Factibilidad - Programa de Manejo.	20
4. Plan de Inversión.	21
<i>II/. Análisis de cada Cuenca</i>	23
<i>A. Diagnóstico</i>	
Cuenca río San José, I Región.	23
Cuenca río Aconcagua - estero Marga - Marga, V Región.	41
Cuenca río Maipo - Mapocho, Región Metropolitana.	69
Cuenca río Maule, VII Región.	103
Cuenca río Nueva Imperial, IX Región.	127
Cuenca río Las Minas, XII Región.	147
<i>B. Etapa de Prefactibilidad. Plan de Ordenamiento por Cuenca</i>	159
Estrategia del Plan de Ordenamiento para cada uno de los componentes.	159
Formulación del Plan de Ordenamiento de las cuencas.	161
<i>C. Etapa de Factibilidad</i>	174
Programa de Manejo y Plan de inversión.	



IV. Metodologías de Evaluación y Priorización de Proyectos 176

A. Metodología de Evaluación Económica

Metodología de evaluación para etapa de Prefactibilidad	
a. Valoración de inversión y costo.	
b. Valoración de beneficios.	177
c. Indicadores de rentabilidad para proyectos cuantificables.	179
d. Indicadores de rentabilidad de proyectos no cuantificables.	180

Metodología de evaluación para etapa de Factibilidad 181

Subárea Recursos Hídricos.	
Control de crecidas y manejo del cauce (CC).	
Gestión y control del recurso hídrico (GCI).	184

Subárea Recursos Forestales.	186
Manejo forestal y de suelos (MS).	
Manejo del fuego (MF).	187
El modelo de regresión de Poisson.	188

B. Metodología de Priorización de Proyectos 190

1. Metodología de priorización.	
2. Priorización y elección de proyectos para la etapa de factibilidad.	192
3. Agrupación de proyectos por interacciones positivas en la solución de problemas.	

C. Evaluación de Impacto Ambiental 193

1. Alcances de la evaluación ambiental.	
2. Metodología de evaluación aplicada.	
3. Viabilidad ambiental.	197
Subárea recursos hídricos.	
Subárea recursos forestales.	198

A EXO: Proyectos del Programa Mallejo de Cuenas 200

Indice de Cuadros

Cuenca río San José	
Cuadro 1: Comunidades entrevistadas en la cuenca.	27
Cuadro 2: Jerarquización de problemas de gestión y conservación del recurso hídrico.	32
Cuadro 3: Problemas ambientales de la cuenca del río San José.	36
Cuenca del río Aconcagua	
Cuadro 4: Comunidades entrevistadas en la cuenca.	46
Cuadro 5: Tipo de instrumento de planificación urbana existente en las localidades de la cuenca.	51
Cuadro 6: Disponibilidades de recursos hídricos superficiales.	52
Cuadro 7: Demandas anuales consuntivas actuales.	52
Cuadro 8: Demandas anuales consuntivas futuras.	53
Cuadro 9: Caudales medios mensuales estimados.	59
Cuadro 10: Problemas ambientales de la cuenca del río Aconcagua y estero Marga-Marga.	61





Cuenca del río Maipo		
Cuadro 11:	Disponibilidades hídricas.	69
Cuadro 12:	Hectáreas equivalentes y superficie erosionada.	73
Cuadro 13:	Sectores críticos.	81
Cuadro 14:	localidades más importantes afectadas por sequía e instrumentos de planificación urbana que posee cada una.	85
Cuadro 15:	Disponibilidades hídricas en los sectores de la cuenca.	87
Cuadro 16:	Demandas anuales consuntivas actuales.	88
Cuadro 17:	Demandas anuales consuntivas futuras.	88
Cuadro 18:	Identificación y jerarquización de problemas del recurso agua en las cuencas de los ríos Maipo-Mapocho.	96
Cuenca del río Maule		
Cuadro 19:	Sectores críticos y problemas principales en cauces.	113
Cuadro 20:	Plan de regulación urbana vigente.	115
Cuadro 21:	Disponibilidades hídricas efectivas.	116
Cuadro 22:	Demandas actuales recurso hídrico.	117
Cuadro 23:	Demandas futuras recurso hídrico.	118
Cuadro 24:	Centrales hidroeléctricas existentes en la cuenca del río Maule.	120
Cuenca del río Imperial		
Cuadro 25:	Caudales de los ríos Caulín y Chol-Chol.	127
Cuadro 26:	Sectores críticos y principales problemas de la cuenca.	135
Cuadro 27:	Instrumento de planificación urbana existentes en las ciudades de la cuenca.	137
Cuenca del río las Minas		
Cuadro 28:	Sectores críticos y problemas principales de la cuenca del río las Minas / estero Uau-Uau.	153
Cuadro 29:	Problemas ambientales de la cuenca del río las Minas.	156
Síntesis Metodológica		
Cuadro 30.1:	Estudios y proyectos Plan de Ordenamiento cuenca río San José.	162
Cuadro 30.2:	Estudios y proyectos Plan de Ordenamiento cuenca río Aconcagua.	163
Cuadro 30.3:	Estudios y proyectos Plan de Ordenamiento cuenca ríos Maipo / Mapocho.	166
Cuadro 30.4:	Estudios y proyectos Plan de Ordenamiento cuenca río Maule.	168
Cuadro 30.5:	Estudios y proyectos Plan de Ordenamiento cuenca río Imperial.	170
Cuadro 30.6:	Estudios y proyectos Plan de Ordenamiento cuenca río las Minas.	172
Cuadro 31:	Total Costo Planes de Ordenamiento de las 6 cuencas comprendidas en el Estudio Diagnóstico.	173
Cuadro 32:	Calificación impacto ambiental.	195
Cuadro 33:	Tabla de calificación ambiental sin estudios complementarios.	197
Cuadro 34:	Tabla de calificación ambiental que requiere estudios complementarios.	197
Índice de Mapas		
Figura 1	Mapa de Chile y Sudamérica.	17
Figura 2	Esquema metodológico del Estudio de Cuencas.	21
Plano 1	Cuenca río San José.	24
Plano 2	Cuenca río Aconcagua estero Marga-Marga.	42
Plano 3	Cuenca río Maipo / Mapocho.	71
Plano 4	Cuenca río Maule.	106
Plano 5	Cuenca río Imperial.	128
Plano 6	Cuenca río las Minas.	149



Presentación



El/la beneficiario/a de este programa de vida, el hombre/mujer, debido a la pérdida de biodiversidad y a la transformación de los ecosistemas, ha podido identificar los bienes naturales para convertirlos en bienes de uso y goce, de modo de satisfacer de mejor manera las necesidades que han ido surgiendo. Sin embargo, en la búsqueda también ha modificado e intervenido el entorno o medio ambiente, provocando rupturas de mayor o menor gravedad en el equilibrio ecológico.

De hecho, las diversas actividades humanas, de producción o de consumo, han estado interfiriendo con los procesos naturales de generación y reproducción (vegetal), ya sea interviniendo los flujos de los ríos, cambiando el destino natural de los ecosistemas, generando praderas donde antes había bosques, modificando la vegetación silvestre y los millos/juncos, y más en el extremo, creando grandes ciudades donde antes existía la selva virgen,

Evidentemente, el uso que se ha hecho de la naturaleza nos ha permitido apreciar aquellos que no siempre son los deseados y que observamos (en la perspectiva del significado graves cambios en el clima y la atmósfera.) la merma de recursos naturales, tanto renovables (como no renovables, por efectos del desarrollo de las diversas actividades que trae consigo la actividad productiva.

Como una forma de colaborar en la solución de estos problemas, el Ministerio de Planificación y Cooperación, a través del Programa de Implementación MIDEPLAN-BID, desarrolló en forma conjunta con el Ministerio de Obras Públicas (Dirección General de Aguas, Dirección de Riego, Dirección de Vialidad y Dirección de Planeamiento), el Ministerio de Agricultura (representado por la Comisión Nacional Forestal y la Comisión Nacional del Medio Ambiente, un programa denominado «Programa de Manejo Integral de Cuencas Hidrográficas». Este consistió en la realización de estudios multidisciplinarios en seis cuencas hidrográficas (a nivel nacional consideradas críticas, seleccionadas en función de las siguientes variables:

- uso del suelo.
- presión urbana en los ríos.
- procesos erosivos y erosión.
- deforestación,
- crecidas e inundaciones.
- presiones por los recursos naturales renovables.
- contaminación de suelos, agua y aire, y
- conflictos entre usuarios.

Las cuencas elegidas para la realización de este Programa fueron:

- Río San José, en la 1ª Región de Tarapacá
- Río Aconaglla y estero Marga-Marga, en la Vª Región de Valparaíso

- Río Maipo-Mapocho, en la Región Metropolitana
- Río Maipo, en la VIIª Región de Maipo
- Río Imperial, en la IXª Región de Antofagasta
- Río Las Milla, en la XIIª Región de Magallanes

La presente publicación "CUENCAS HIDROGRAFICAS EN CHILE: Diagnóstico y Proyectos", entrega resultados de un estudio diagnóstico realizado en estas cuencas: en base a la información disponible, identifica proyectos y estudios que se han realizado en el país de ordenamiento de la cuenca de ellas. orientado principalmente a desarrollar actividades tendientes a disminuir las prácticas relativas al uso y aprovechamiento de los recursos hídricos, forestales y otros.

El presente estudio y proyecto, éstos han sido evaluados de acuerdo a la factibilidad técnica, económica, ambiental y social, lo cual permitió una adecuada priorización y, como consecuencia, la elaboración de un "Plan de Manejo de Cuencas".

El presente estudio y proyecto, abordado en forma interdisciplinaria, ha permitido sentar las bases para avanzar en el desarrollo de esta labor, apreciándose la importancia y el rol de la participación de la comunidad de trabajo, y la colaboración prestada por las distintas disciplinas para obtener los resultados ambientales, técnicos, productivos y sociales esperados, el producto de los resultados que beneficiará a nuestro país.

El la Comisión que se creó en 1983 para el estudio de la cooperación y el desarrollo de los recursos hídricos a los diferentes problemas que se han afectado, agradece el esfuerzo realizado por los profesionales de las instituciones que aportaron su conocimiento, experiencia y buena voluntad en el desarrollo de este Programa, pionero en materia de gestión de recursos naturales, el cual mostró la necesidad de ir fortaleciendo nuestra institucionalidad, integrando en forma participativa a todos los actores de la misma.

Ministerio de Planificación y Coordinación
Marzo de 1998





1. ANTECEDENTES

El concepto de Cuenca

Una cuenca hidrográfica es el territorio definido por los límites de la zona de escurrimiento de las aguas superficiales, que convergen hacia un mismo cauce. Del mismo modo, una cuenca, sus recursos y sus habitantes, poseen determinadas condiciones físicas, biológicas, económicas, sociales y culturales, que les confieren características comunes.

El territorio de una cuenca facilita la relación de sus habitantes - independientemente de la existencia de otros límites político-administrativos-, debido a la dependencia común a un sistema hídrico compartido, a la existencia de un cierto tipo de recursos naturales, clima e infraestructura, y porque a menudo deben enfrentar problemas similares. Esta situación es muy nítida en aquellas cuencas habitadas, localizadas en cordilleras con altas montañas, o «watershed»¹. aunque también está presente en cuencas fluviales más amplias, o «riverbasin»; ello por la existencia, además, de obras y trabajos hidráulicos que benefician al conjunto de sus habitantes, creándoles una interdependencia y una realidad común.

Son múltiples las acciones que el hombre puede realizar en una cuenca. Las más relevantes son las productivas; las hidráulicas, o de ingeniería con fines de aprovechamiento de los recursos y de protección contra eventos naturales; las acciones sociales y culturales, que determinan la relación entre el hombre y su entorno; y las de manejo y protección del medio ambiente.

A los programas globales que involucran a cada una de estas áreas, se les suele denominar «Desarrollo considerando el territorio delimitado por una cuenca», o «Desarrollo integrado de cuencas»². En este enfoque, se planifican y ejecutan las mismas acciones que se podrían realizar en un programa de desarrollo regional, con la diferencia que, en este caso, el territorio involucrado es el comprendido al interior de una cuenca³.

Este tipo de análisis se enmarca en los postulados que guían la concreción de procesos de «Desarrollo sustentable y sostenido», en los cuales interesa lograr el crecimiento económico-social, pero, sobre todo, fomentar el desarrollo del hombre sin causar daños irreparables en su entorno ambiental.

¹ Los conceptos «watershed» y «riverbasin» no tienen una traducción exacta al castellano. No obstante, a ambas se les hace equivalentes al concepto de cuenca hidrográfica en general, aunque más exactamente «waterbasin» significarla cuenca de alta montaña o cuenca de captación, y «riverbasin» se aplicarla a la cuenca fluvial u hoyo hidrográfica.

² En inglés se le denomina «River Basin Development».

³ Los conceptos anteriores han sido extractados de Dourojeanni, Axel, «Evolución de la gestión integral de cuencas en América Latina y el Caribe». Documento preparado para un seminario del Programa Interamericano OEA-CIDAT.

El concepto de Manejo de Cuenca

Si bien en un primer momento este tipo de análisis tuvo una connotación esencialmente volumétrica e hidrológica, posteriormente fue ampliando su perspectiva hasta incluir a todos los recursos naturales existentes en la cuenca y a todas las actividades humanas que en ella se realicen, posibilitando así analizar fenómenos existentes en forma global e intersectorial.

En esta óptica, en Chile se está paulatinamente comenzando a utilizar el concepto de manejo de cuencas. Sin embargo, a efectos del Estudio, se decidió hacer referencia solo a los recursos forestales, de suelo, e hídricos.

Los Sistemas Hidrográficos

Los sistemas hidrográficos del país, en su mayor parte, nacen en la alta cordillera de los Andes, desarrollándose en dirección este-oeste por valles transversales hasta desembocar en el Océano Pacífico.

Esto significa que la gran mayoría de los ríos se desenvuelven íntegramente dentro del territorio nacional, formando unidades independientes con escasas relaciones de interconexión aun con las cuencas vecinas, de las cuales, en la mayoría de los casos, las separan cordones cordilleranos que suelen relacionar transversalmente la cordillera de los Andes con la de la Costa.

Cada una de estas cuencas constituyen, así, unidades naturales para el ordenamiento territorial de las actividades de desarrollo económico y poblacional. Esto tiene como consecuencia que numerosos problemas vinculados con el desarrollo sustentable del país y la calidad de vida de la población, se presentan con fuerte interdependencia dentro del universo de la cuenca. En especial en lo relativo a los temas de pérdida de la cubierta vegetal, erosión de los suelos, disminución de la productividad de los terrenos, y crecidas catastróficas con inundaciones en áreas urbanas y rurales y daño a la infraestructura de servicios. Esta situación condiciona seriamente la calidad de vida de la población y el desarrollo económico.

Junto con ello, el agotamiento de los recursos hídricos por sobreexplotación y por la degradación de la calidad de las aguas, la creciente vulnerabilidad ante eventos hidrológicos extremos como sequías o inundaciones, y los conflictos que se producen entre los diversos sectores económicos por el uso de los recursos hídricos y de suelo, son todos problemas que requieren ser resueltos dentro del manejo racional de los recursos naturales de cada cuenca.

El agua, un recurso esencial escaso

El sostenido y creciente desarrollo económico del país en la última década ha traído, al igual que ha sucedido en los países industrializados, algunos efectos colaterales indeseados. Entre los más importantes se encuentran aquellos relacionados con el deterioro del medio ambiente y con la disminución de la cantidad y la cali-

...

dad de los recursos naturales disponibles, situaciones ambas que se contraponen con la mantención y aumento de este mismo crecimiento.

Por esta razón la competencia por los recursos naturales entre las distintas actividades económicas, sociales y recreativas es cada vez mayor. Todo ello en un contexto de valoración y conciencia creciente respecto del agotamiento de los recursos y de la importancia del respeto y preservación del medio ambiente.

En el caso de los recursos hídricos, compiten sobre todo las demandas hidroeléctricas, de riego, el uso doméstico y los requerimientos agrícolas. Esta situación tiende a agudizarse si se considera que de acuerdo a las proyecciones más recientes, la demanda de electricidad promedio se incrementará a una tasa de 8,5% para el periodo 1997-2005. Por otro lado, de acuerdo a especialistas en el tema, las proyecciones de demanda para el sector indican que los consumos residencial, minero e industrial se duplicarán en los próximos 25 años'. De igual modo, las necesidades de producción agrícola deberán incorporar unas 500.000 ha adicionales a la producción si se quiere mantener las actuales tasas de crecimiento.

La solución a esta problemática no es un asunto simple y requiere de complejos análisis interdisciplinarios, en los cuales tienen competencias variadas instituciones tanto públicas como privadas. De igual modo, también se requieren nuevas metodologías para abordar las diferentes realidades, las que deberán, además, comprender la participación activa de la comunidad y de los sectores sociales involucrados, elementos indispensables para asegurar el más elevado cumplimiento de las iniciativas que se decida emprender.

De la misma forma, la cuenca representa físicamente una fuente natural de captación y concentración de agua superficial. El agua captada por la cuenca es casi siempre una fuente de vida para el hombre, excepto cuando se alcanzan niveles extremos de contaminación o cuando se producen fenómenos naturales extremos, tales como crecidas e inundaciones.

La contaminación hídrica

En Chile, las mayores fuentes de contaminación en relación al recurso agua están constituidas actualmente por las aguas servidas no tratadas de origen doméstico y las descargas de la industria -especialmente de la celulosa-, la minería y la pesca. Esta situación se agudiza en aquellas áreas de mayor concentración poblacional, como es el caso de las cuencas de los ríos Aconcagua, en la V Región, y Maipo-Mapocho, en la Región Metropolitana.



⁴ Seminario sobre manejo de recursos hídricos. MOPIFAO. diciembre de '996.

El Programa de Preinversión MIDEPLAN-BID

El Programa de Preinversión inició su marcha en noviembre de 1992, con los siguientes objetivos:

- *Otorgar financiamiento para la elaboración de estudios de preinversión, tanto generales como específicas .*
- *Realizar actividades de fortalecimiento institucional del Sistema Nacional de Inversiones y de las instituciones públicas en general.*
- *Mejorar la preparación y cantidad de los proyectos de inversión presentados al Sistema Nacional de Inversiones.*

Por lo anterior, y considerando el rol que le cabe al Ministerio de Planificación y Coordinación, entre otros, en su función de coordinación de la inversión pública, y en especial en temas que por su complejidad requieren un tratamiento integral y multisectorial, y a requerimiento de los sectores con competencia sobre los recursos hídricos y forestales, se decidió impulsar dentro del Programa de Preinversión MIDEPLAN-BID el «Estudio-Diagnóstico de Cuencas Críticas».

11. AMBITOS DEL ESTUDIO



Este Estudio es un primer paso hacia un manejo integral de cuencas de carácter multipropósito.

Además del «Estudio-Diagnóstico de Cuencas Críticas», el Programa en su globalidad presenta otros componentes relacionados con el manejo de cuencas; estos son el «Programa de manejo experimental de cuencas pequeñas»; el «Estudio de impacto ambiental de las descargas de aguas servidas industriales y otras en la cuenca del río Aconcagua»; el «Programa de estudios básicos», y el estudio de «Construcción del embalse regulador del estero Marga-Marga').

Esta publicación solo hará referencia al «Estudio-Diagnóstico de Cuencas Críticas».

Componentes del Estudio-Diagnóstico

Las actividades a incluir en el Estudio se circuncribieron a los siguientes temas o componentes, en el área de los recursos forestales, de suelos, e hídricos:

a) Área Forestal

- *Manejo Forestal y de Suelos.*
- *Áreas Silvestres Protegidas.*
- *Control Forestal.*
- *Manejo del Fuego.*

b) Área Recursos Hídricos

- *Control de Crecidas y Manejo del Cauce.*
- *Gestión y Conservación de los Recursos Hídricos.*

Objetivo del Estudio-Diagnóstico

Este fue desarrollar una serie de acciones que posibilitaran preparar adecuadamente los estudios básicos y de preinversión, que permitieran contar con los antecedentes necesarios para elaborar un amplio Programa de Manejo de Cuencas.

Objetivos Generales

Los objetivos generales definidos fueron:

- *Mejorar la calidad de vida de la población, incrementando la producción de bienes y servicios, manteniendo un medio ambiente libre de contaminación y mejorando las condiciones de funcionamiento de las cuencas.*
- *Proteger, conservar y mejorar los recursos naturales renovables presentes en las cuencas hidrográficas seleccionadas, por medio del estableci-*

miento y desarrollo de sistemas apropiados de producción, manejo, protección y extensión.

- Mejorar la gestión del recurso agua, con el objeto de aumentar la eficiencia de uso, conservar su calidad y evitar los conflictos entre usuarios.
- Disponer de información socioeconómica y técnica que permita optimizar y ajustar las actividades de manejo de los recursos naturales.
- Desarrollar una estructura institucional y sectorial que fomente el uso racional de los recursos naturales en las cuencas.

En cuanto a los componentes del Estudio, cada uno presentaba sus propios objetivos específicos; estos fueron:

Objetivos Específicos

a. Area Forestal

Manejo Forestal y de Suelos

- Alcanzar un manejo y conservación de los recursos naturales, a través de la puesta en práctica de técnicas y procedimientos que permitan optimizar su aprovechamiento, asegurando su permanencia en el tiempo y mejorando su calidad.
- Establecer un sistema de extensión que permita promover una participación eficiente de la comunidad en el manejo y conservación de los recursos naturales renovables.
- Implementar programas de desarrollo de comunidades rurales en áreas pre-andinas degradadas o con bosque nativo.

Areas Silvestres Protegidas

- Incrementar la protección y manejo de los recursos naturales y culturales presentes en las Areas Silvestres Protegidas.
- Incorporar al sistema aquellas áreas que sustentan ecosistemas no representados actualmente en el Sistema Nacional de Areas Silvestres Protegidas del Estado, SNASPE.
- Favorecer la recreación en ambientes naturales.
- Implementar programas de educación ambiental.

Control Forestal

- Mejorar las actividades de control y fiscalización de las actividades forestales productivas que se realizan en cada cuenca, para lograr un mayor cumplimiento de la legislación forestal vigente.
- Desarrollar líneas de investigación que aumenten la eficiencia de los sistemas de control y fiscalización.
- Desarrollar programas de difusión o extensión de la legislación forestal vigente.

Manejo del Fuego

- Desarrollar programas de educación y prevención de incendios forestales.
- Fortalecer la infraestructura de combate de incendios forestales.

b. Area Recursos Hidricos

Control de Crecidas y Manejo del Cauce

- *Mitigar los efectos de las crecidas en sectores poblacionales y productivos.*
- *Racionalizar el uso de sectores ribereños.*
- *Generar sistemas de alerta a la población frente a fenómenos de crecidas.*

Gestión y Conservación de los Recursos Hídricos

- *Desarrollar planes de ordenamiento y sistemas de gestión, que permitan un aprovechamiento múltiple de los recursos, con criterios de optimización económica, protección ambiental, resguardo de los derechos existentes y de mitigación de los impactos de sequías.*
- *Implementar un sistema de medición y red de monitoreo que permita disponer de información adecuada y confiable de los sistemas hidricos.*
- *Proponer el mejoramiento del uso de los recursos hidricos.*

De este modo, los Planes de Ordenamiento y los Programas de Manejo a desarrollar para cada cuenca serán el medio para alcanzar estos objetivos. Estos consisten en un conjunto de proyectos de preinversión para cada uno de los seis componentes definidos.

Instituciones *que* participaron en el Estudio

Atendiendo al gran número de Instituciones que tienen atribuciones sobre el manejo de los recursos naturales y las actividades que se desarrollan dentro de cada cuenca, se decidió que el Estudio-Diagnóstico fuese ejecutado conjuntamente por el Ministerio de Obras Públicas -a través de la Dirección General de Aguas y de las Direcciones de Riego, Vialidad y Planeamiento-, y el Ministerio de Agricultura -a través de la Corporación Nacional Forestal, CONAF-, asumiendo su coordinación y financiamiento el Programa de Preinversión MIDEPLAN-BID.

Estas entidades, además, conformaron la Unidad Técnica para el control del funcionamiento y cumplimiento de los objetivos del Estudio. Además, se contó con la participación del Ministerio de Planificación y Cooperación, la Comisión Nacional del Medio Ambiente, CONAMA y los Gobiernos Regionales.

De igual modo, se decidió que las actividades y proyectos de obras que se propusieran debían limitarse a los temas antes señalados, y solo a aquellos de competencia y de ejecución posible por las Instituciones Beneficiarias, esto es, la Corporación Nacional Forestal, CONAF, del Ministerio de Agricultura, y las Direcciones Generales de Aguas y de Obras Públicas del Ministerio de OO.PP

Selección de las cuencas

Aunque los problemas antes señalados son comunes a todas las cuencas del país, se inició este Estudio en un grupo reducido de las mismas. Para la selección se consideraron los siguientes criterios:

- **Que** cubrieran territorialmente los distintos tipos de situaciones ambientales, con el objeto que la experiencia adquirida fuera extrapolable a otras cuencas.
- **Que** sirvieran de proyectos piloto que permitiesen la implementación de soluciones a los problemas que se presentan en otras cuencas del país.
- **Que** se obtuviera un mayor efecto sinérgico entre las componentes del Estudio con otras actividades que actualmente se ejecuten en el área y que favorezcan a un manejo y desarrollo integrado de la cuenca; contribuyendo así a la solución de los problemas existentes, o actuando como catalizadores de inversiones públicas y/o privadas.
- **Que** presentaran problemas de mayor urgencia, y en las cuales existiera una mayor población afectada por condiciones de pobreza o de deterioro de su calidad de vida.
- **También** se consideró la existencia o no de información básica adecuada sobre los recursos hídricos y de suelos de la cuenca.

Además de las instituciones beneficiarias, también participaron en esta selección las distintas entidades relacionadas con el manejo de cuencas que están representadas en la Comisión Intersectorial de Manejo de Cuencas.

Las seis cuencas seleccionadas fueron:

1. Cuenca del río San José, 3.070 **km²**, I Región;
2. Cuencas del río Aconcagua y estero Marga-Marga, 7.991 **km²**, V Región;
3. Cuenca del río Maipo, 15.157 **km²**, Región Metropolitana;
4. Cuenca del río Maule, 20.865 **km²**, VII Región;
5. Cuenca del río Imperial, 12.085 **km²**, IX Región;
6. Cuenca del río Las Minas, 51,4 **km²**, XII Región.

En conjunto estas cuencas cubren 59.219,4 km² de territorio, y se presentan en el mapa que sigue:

mas de Manejo de las cuencas es un diagnóstico de los principales problemas que la afectan, en especial en lo atinente al manejo de los recursos naturales y a sus posibilidades de desarrollo sustentable en el tiempo.

1) Diagnóstico

Para su elaboración fue necesario recabar y evaluar toda la información disponible sobre los recursos naturales considerados, los antecedentes socio-económicos de la cuenca y los planes de desarrollo en ejecución o previstos. Además, se consultó la opinión de las autoridades regionales, de los técnicos de las instituciones nacionales encargadas del manejo de los recursos naturales, y de los habitantes de las cuencas.

Por otro lado, a través del empleo del Sistema de Información Geográfica, SIG⁵, se analizó la información disponible y se determinaron las zonas críticas. Este sistema opera a través de la superposición de mapas temáticos, que se utilizan para detectar las zonas críticas, en las cuales se centrarán los esfuerzos para resolver los problemas identificados.

El diagnóstico de cada cuenca generó un listado de problemas tanto puntuales como de manejo. Para cada uno de ellos se planteó una solución potencial, por medio del desarrollo de uno o más proyectos. Con ello se tuvo como resultado un Universo de proyectos para la cuenca.

Cabe recordar que se definió que los proyectos debían contribuir a la solución de los problemas de las cuencas hidrográficas en las materias que competen solo a los seis componentes elegidos, esto es:

- Manejo Forestal y de Suelos
- Áreas Silvestres Protegidas
- Control Forestal
- Manejo del Fuego
- Control de Crecidas y de Manejo del Cauce
- Gestión y Conservación de los Recursos Hídricos

Por esta razón, quedaron fuera otros aspectos relativos a los recursos naturales que también son importantes dentro de un análisis de cuenca; entre ellos, los aspectos sanitarios, agropecuarios e hidroeléctricos.

Los proyectos son diseñados hasta la etapa de prefactibilidad.

2) Etapa de Prefactibilidad - Plan General de Ordenamiento y Manejo. y Plan de Ordenamiento

Cada proyecto constituye una solución por sí solo, o es complementario con alguna de las otras propuestas.

⁵ El Sistema de Información Geográfica, SIG, es un sistema que almacena, organiza y despliega información de tipo geográfica a través de un computador. Se crea considerando la base cartográfica disponible, que en este caso fueron imágenes satelitales. La combinación de estas imágenes, con diferentes fuentes de datos de recursos naturales, permiten relacionar, simular e inferir parámetros y variables cuantitativas y cualitativas del entorno espacial.

Diseñados los proyectos hasta su etapa de prefactibilidad a continuación fueron evaluados de acuerdo a tres filtros:

- *Viabilidad legal y administrativa; aquí se eliminaron aquellos proyectos cuya implementación no se ajustaba al marco legal e institucional vigente.*
- *Pertenencia o no a la ((dinámica)) del Estudio; esto es, si cabía o no dentro de las competencias de las instituciones involucradas; o si estaba ya en ejecución; y*
- *Evaluación ambiental; esta se realizó a través de un índice de evaluación de impacto ambiental, descartando aquellos proyectos ambientalmente «negativos» o «muy negativos», y que no tuvieran una mitigación potencial.*

El conjunto de proyectos que superó estos filtros constituyó el Plan General de Ordenamiento y Manejo.

Más adelante, estos proyectos se evaluaron de acuerdo a la metodología de priorización definida para el estudio. Esta, en primer lugar, realizaba una diferenciación basada en la posibilidad de evaluar sus beneficios con métodos cuantitativos. o no; de este modo, se crearon dos grandes grupos: «proyectos cuantificables» y «proyectos no cuantificables», empleándose diferentes metodologías para cada tipo.

Así, la evaluación incluyó proyectos cuyos costos y beneficios son directamente valorables de acuerdo a los métodos de evaluación tradicional; como también proyectos cuyos efectos son difícilmente cuantificables.

La metodología a utilizar debió cumplir, en primer lugar, con las siguientes tres condiciones básicas:

- *Ser capaz de captar los aspectos más importantes que diferencian proyectos relevantes, al priorizarlos en la etapa de prefactibilidad.*
- *Minimizar el nivel de complejidad del esquema de evaluación, puesto que se trata de un análisis de prefactibilidad.*
- *Ser capaz de evaluar y priorizar los proyectos, en forma independiente o en conjunto.*

Los proyectos cuantificables se priorizaron por el método del VAN⁶ dentro de cada subdivisión, mientras que los proyectos no-cuantificables se priorizaron por la técnica «juicio de especialista». Las agrupaciones de proyectos presentaron las sumas de los VAN, o de los juicios de especialistas individuales, según correspondiera.

A continuación, cada grupo de proyectos -cuantificables y no cuantificables-, se clasificaron según el tipo de influencia que tuvieran en la cuenca, esto es, puntual o general; y según sus interrelaciones, positivas o negativas.

Partiendo de la base que no existen proyectos de influencia general negativa, se definieron las siguientes categorías:

⁶ Van: Valor Actual Neto.

- *Agrupables: son proyectos que pueden ser implementados en forma conjunta para solucionar el, o los, problemas de un área crítica predeterminada; se caracterizan por tener interrelaciones positivas -sinérgicas- producto de su realización conjunta.*
- *Independientes: son proyectos que buscan solucionar un problema aislado de la cuenca y que no tienen interrelaciones positivas.*
- *Cuenca: son proyectos que intentan solucionar problemas generales de la cuenca y que se implementan en forma independiente a nivel de la totalidad de la misma.*

De este modo, se llegó a conformar finalmente el Plan de Ordenamiento de la Cuenca. Este, en términos generales, se diferencia del Plan General de Ordenamiento y Manejo, en que los proyectos han sido categorizados en «cuantificables» y «no cuantificables», y priorizados separadamente al interior de cada grupo.

Un Plan de Ordenamiento es, entonces, un conjunto de proyectos «cuantificables» y «no-cuantificables», agrupados los primeros en base al cálculo de un Índice de prioridad, confeccionado en base a la metodología de VAN e IVAN¹; y los segundos, según el puntaje máximo obtenido de acuerdo a la técnica «juicio de expertos». Los proyectos fueron priorizados en un orden descendente, de acuerdo a su índice relativo.

Es importante destacar que aun cuando el índice de priorización para los proyectos «cuantificables» y «no-cuantificables» es porcentual, no es comparable, puesto que ambas categorías provienen de unidades distintas. El VAN es un valor continuo (de 0 a infinito) mientras que el «juicio de especialista» es un valor discreto (1-2-3-4). Este índice solo representa la importancia relativa del proyecto respecto a los demás, dentro de la clasificación preestablecida.

Los proyectos que presentaron un VAN negativo no fueron incluidos en el Plan de Ordenamiento.

A partir de estas listas priorizadas, las instituciones beneficiarias seleccionaron un conjunto de proyectos que pasaron a la etapa de factibilidad. En esta selección se consideraron principalmente los siguientes aspectos:

- *los montos de inversión fijados por el gobierno;*
- *el cumplimiento de los objetivos del Estudio;*
- *la información proporcionada por la priorización.*

3) Etapa de Factibilidad - Programa de Manejo

Los proyectos y estudios fueron desarrollados utilizando mayor información para el diseño de algunas de las obras propuestas, y la realización de los términos de referencia para la ejecución de los estudios. Además, se complementaron con mayor detalle las respectivas evaluaciones técnicas, administrativas, ambientales, económicas y financieras.

¹ ¡VAN: Valor neto actualizado de la inversión.

Así, a este conjunto de proyectos, términos de referencia de estudios y otras actividades, debidamente evaluadas y programadas, se denominó Programa de Manejo de la Cuenca, a nivel de cada cuenca; y Programa de Manejo de Cuencas, a nivel de las seis cuencas en conjunto.

4) Plan de Inversión

Finalmente, sobre este Programa de Manejo, se definió un Plan de Inversión para la ejecución de un subconjunto de proyectos, seleccionados según el mismo esquema utilizado para la etapa de Factibilidad, pero con una nueva cobertura en los montos y plazos.

En los siguientes capítulos se expondrán con mayor detalle cada una de estas etapas para cada una de las cuencas analizadas y las metodologías de evaluación utilizadas. A continuación se presenta un gráfico que resume el esquema metodológico utilizado.

Figura N°2 Esquema metodológico empleado para el Estudio-Diagnóstico





Valle río San José

Archivo SERNATUR

III. ANÁLISIS DE CADA CUENCA

A. Diagnóstico

Cuenca del río San José, 1 Región

❖ Caracterización de la Cuenca

1) Características físicas

Localización

La cuenca del río San José se localiza en el extremo norte del país, en la I Región de Tarapacá, y cuenta con una superficie total de 3.070 km².

Sus nacientes se ubican en la cordillera que separa la vertiente del Pacífico de la cuenca del río Lauca, que forma parte de la cuenca del Salar de Coipasa.

La cuenca del río San José se define dentro de los sistemas hidrográficos de la I Región como una cuenca prealtiplánica. Es decir, la mayor parte de su superficie se encuentra por debajo de los 4.000 metros de altitud. Esto le da un carácter bastante peculiar que mantiene a pesar de la adición de manera artificial del caudal del canal Lauca. Este extrae las aguas desde los bofedales de Parinacota, y en épocas secas desde la laguna de Cotacotani, siendo aprovechado también en la generación de energía eléctrica en la central de Chapiquiña.

Vegetación

En cuanto a la vegetación, hasta los 1.800 m.s.n.m.¹ aproximadamente no existe, con excepción de la que se presenta en el valle de Azapa. A partir de esa cota comienza el desarrollo de formaciones de cactáceas y escasas herbáceas. Sobre los 2.200 m se desarrolla una formación vegetal arbustiva, y a partir de los 4.000 m aparecen formaciones de arbustos altos.

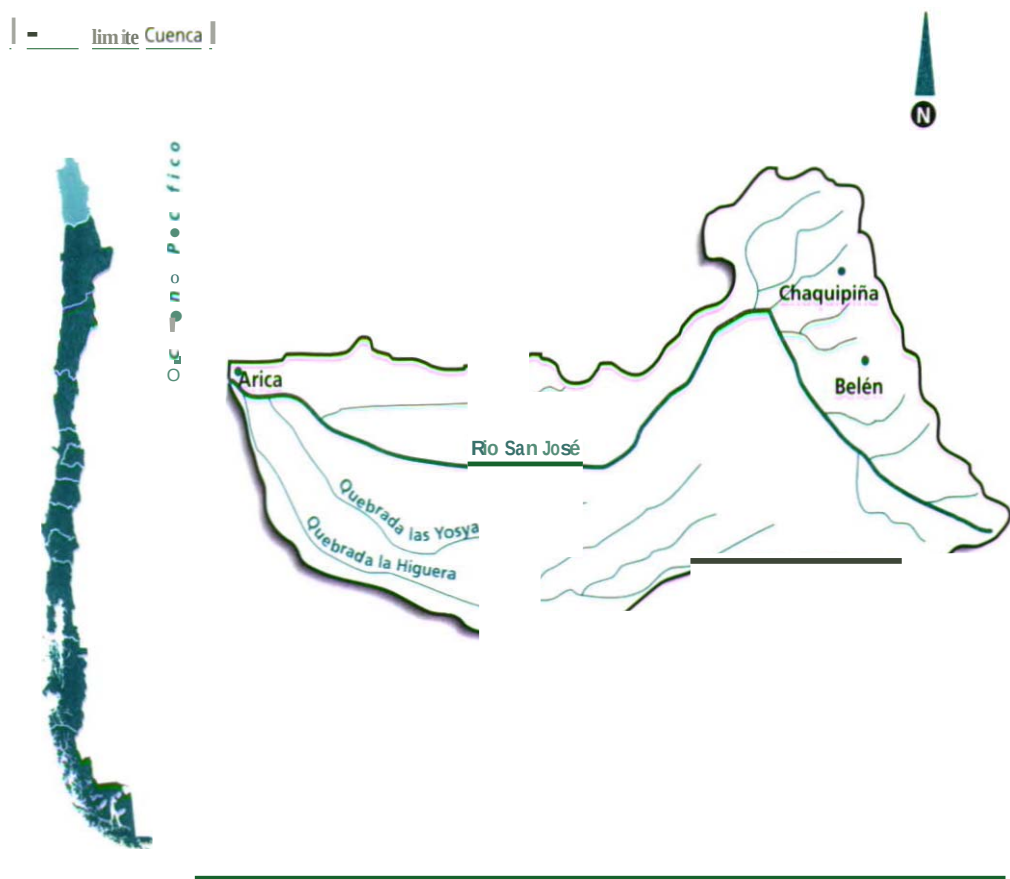
Sectores y recursos hidrológicos

En la cuenca se pueden distinguir tres sectores: las subcuencas altas, por sobre los 2.000 m; el sector medio, en el cual el río San José escurre por un profundo cañón; y el sector bajo o valle de Azapa, en el cual se encuentra la ciudad de Arica.

El río San José se configura por la confluencia de los ríos Seco y Tignamar. El primero nace bajo la cota 3.500 m donde las precipitaciones son escasas y no presenta escurrimientos superficiales permanentes. El segundo, en cambio, surge arriba de los 4.500 m -en esta cota se producen precipitaciones de relativa importancia- recibiendo los aportes de varias quebradas, en las cuales hay escurrimientos superficiales permanentes y flujos subterráneos que afloran en vertientes a lo largo de los cauces.

¹ M.s.n.m.: metros sobre el nivel del mar; en adelante se simplificará con la letra «m».

Cuenca río San José, 1ª región de Tarapacá



Es a la subcuenca del río Seco donde llegan los aportes del río Lauca; los cuales alcanzan un promedio anual de 0,87 m³/s, siendo actualmente la principal fuente de agua de la cuenca.

En el valle de Azapa, en la parte baja de la cuenca, existe un importante acuífero, que se recarga por las crecidas producto de los cortos períodos de fuertes precipitaciones en la cuenca alta, y por el riego del valle.

Al sector bajo llegan algunos afluentes cuyas cuencas se ubican bajo la cota 3.000 m y que no tienen escurrimientos superficiales permanentes. El principal es la quebrada de Acha, que desemboca al río San José en la ciudad de Arica.

Superficie cultivada

En la subcuenca del río Tignamar existen diversos sectores que aprovechan los recursos de agua disponibles, captándolos en los puntos en que afloran. La superficie total bajo cultivo alcanza cerca de 1.000 ha.

En el valle de Azapa existen actualmente alrededor de 3.800 ha bajo riego, abastecidas principalmente por el canal Lauca y por aguas subterráneas.

Clima

El clima varía de acuerdo a la altitud. En la costa y hasta los 800 m prima el desierto costero, con una temperatura media anual de 18°C y abundante nubosidad. Entre

los 800 y 2.200 m se presenta el desierto propiamente tal, con altas fluctuaciones térmicas diarias y anuales, baja humedad relativa y la casi inexistencia de precipitaciones. A continuación, sobre los 2.200 m, se producen precipitaciones que van desde los 50 mm hasta llegar a 200 mm sobre los 4.500 m. La fluctuación de las temperaturas es muy alta, variando entre una media máxima mensual de 8°C en enero, a una mínima media mensual de -3°C en julio.

La temporada de lluvias en la parte alta abarca de diciembre a marzo, en que precipita el 98% del total anual. Esta temporada es conocida en la región como «invierno altiplánico» o «invierno boliviano».

Z) Situación administrativa y condiciones socioeconómicas

La cuenca comprende parte de las comunas de Arica y Putre. Con una población según el censo de 1992, de 170.304 hab., la primera, y de 2.803 hab., la segunda.

En Arica, la mayor parte de la población reside dentro de la cuenca o está directamente relacionada con ella; en Putre, en cambio, sólo aproximadamente 600 hab. residen al interior de la misma, cifra que varía de acuerdo a las alternativas laborales estacionales.

Existe una marcada diferencia en las condiciones socioeconómicas entre los habitantes de cada comuna. La mayor parte de la población de Putre reconoce origen aymara, estando el 20% de ella bajo el nivel de extrema pobreza. En Arica, en cambio, el 6,4% de la población es indigente y el 18,9% es pobre, lo que significa que el 25,3% de la población de esta comuna es pobre¹.

Actividad económica

La actividad económica de la zona se centra en la ciudad de Arica, capital de la comuna y de la provincia. Es un importante puerto y cuenta con muy buenas conexiones de transporte con el resto del país. También, está unida por carretera asfaltada y ferrocarril a Perú y Bolivia, y dispone de un aeropuerto que recibe vuelos nacionales e internacionales.

La I Región contribuye con el 3,3% del PIS nacional, contando con el 2,6% de la población del país, y el 0,8% del PIS silvoagropecuario nacional. Del PIS regional, el 2,3% proviene del sector silvoagropecuario y el 35,6% del sector industrial, distribuyéndose el resto entre los restantes sectores económicos.

❖ Problemas globales y potencialidad de los Recursos Naturales de la Cuenca

Esta cuenca corresponde a una zona de desierto, siendo la principal limitante de su desarrollo la carencia de agua de calidad adecuada. Tanto el crecimiento del sector silvoagropecuario como el urbano e industrial están limitados al agua disponible y a que ésta pueda ser ocupada en su totalidad.

El desarrollo, tanto agrícola como urbano, de la comuna de Arica, está basado

¹ MIDEPLAN, Depro. de Planificación y Estudios Sociales, Encuesta CASEN 1994.

actualmente en el trasvase de aguas provenientes del río Lauca. No obstante, existe un fuerte déficit, apareciendo el trasvase de aguas desde cuencas vecinas y el tratamiento de aguas saladas o de mala calidad como las únicas alternativas posibles para superar el déficit.

En el caso de la subcuenca del río Tignamar, es casi imposible desviar aguas provenientes de otras fuentes, estando limitado su desarrollo agro-silvo-pastoral también a las disponibilidades de agua, las cuales en la actualidad son ocupadas en su totalidad. Por ello, su desarrollo sólo puede basarse en una mayor eficiencia en el uso de este recurso.

Debido al clima, los recursos vegetales en las áreas de secano no tienen valor económico. Sólo en los sectores ubicados sobre los 2.000 m existen algunos recursos vegetales, aunque de muy escaso valor. Por esto no se presentan problemas relacionados con el manejo del fuego, por lo cual este componente quedó fuera del análisis.

Entre los principales recursos de la cuenca se encuentran su posición geográfica, privilegiada en relación al comercio y al turismo con los países limítrofes y los de la vertiente Atlántica, y su clima primaveral.

❖ Principales problemas detectados por Componente

1) Manejo Forestal y de Suelos

Las características particulares del clima y suelo presentes en la cuenca, han definido un tipo de vegetación con una marcada segregación en función de la altitud, por la disminución de la aridez y el descenso de las temperaturas.

Las distintas formaciones vegetales naturales, tienen en común el bajo poder de sostenimiento de los ambientes en los cuales habitan. Los suelos están sometidos a procesos de permanente inestabilidad al no contar con una cobertura vegetal mínima, quedando expuestos a un arrastre frecuente de material.

Precipitaciones

En la cuenca, la altitud determina de manera fundamental la presencia de las precipitaciones. De manera indirecta, este también es un factor determinante de la presencia del agua en la superficie y de la existencia de la cobertura vegetal natural. Otro elemento que condiciona las precipitaciones es el calentamiento diferencial que se produce entre el continente y el mar, ambos factores se conjugan para originar movimientos convectivos de masas de aire que ocasionalmente dan origen a precipitaciones de tipo local, con características marcadamente torrenciales y por periodos cortos. En términos más generales, las precipitaciones se concentran fundamentalmente en la cabecera de la cuenca.

Tenencia y uso actual de los suelos

La tenencia de la tierra en el valle de Azapa es muy compleja, por la gran cantidad de minifundios y medianerías existentes y por el ausentismo de los propietarios. La mayoría de las propiedades no sobrepasan las 20 ha. En la zona de la precordillera la situación de la propiedad es aún más confusa, puesto que se presentan tierras de

propiedad común y fuertes discrepancias en las comunidades respecto a cómo se debe asignar la propiedad de la misma. Esta situación es un problema que condiciona cualquier iniciativa que pretenda solucionar el tema de la propiedad.

Percepción y participación comunitaria

Este aspecto se focalizó en siete comunidades rurales del sector precordillerano, en la comuna de Putre, y fueron seleccionadas por encontrarse en las áreas definidas como críticas por los análisis de fragilidad de suelos, vegetación y clima realizados por el Estudio. Estas fueron: Tignamar, Saxamar, Lupica, Belén, Chapiquiña, Murmuntani y Zapahuira. Para recabar la opinión de sus habitantes se utilizó la metodología de talleres participativos, con la cual se obtuvieron muy buenos resultados.

En el cuadro que sigue se resumen los datos básicos de cada localidad:

Cuadro I

Comunidades entrevistadas en la cuenca,

Comunidad	Habit. estables	Habit. temporales	Act. ecs. principales
Tignamar	110	80	Alfalfa y orégano Ganado ovino y vacuno
Saxamar	25 (dispersa)	No determinada	Orégano
Lupica	30	No determinada	Orégano
Belén	100	No determinada	Orégano
Chapiquiña	60	No determinada	Orégano
Murmuntani	10 (dispersa)	No determinada	Orégano y alfalfa
Zapahuira	20	No determinada	Agricultura y servicios

Fuente: Estudio de Factibilidad, Programa de Manejo de Ciencias Hidrográficas, Cuenca río San José, Ministerios de Agricultura y Obras Públicas, y Programa de Reversión MIDEPLAN-8ID. Diciembre de 1995.

Los principales problemas mencionados por los habitantes de estas comunidades fueron:

- Escasez del recurso hídrico y problemas en su administración.
- Daños ocasionados por las crecidas.
- Precarias condiciones de vida y limitado acceso a servicios básicos, de salud, educación y alcantarillado.
- Daños producidos en los cultivos por algunas especies de fauna protegidas, en especial guanacos y huemules.
- Conflictos entre residentes temporales y permanentes. Los primeros, por residir en zonas urbanas, suelen aprovechar mejor los programas de apoyo existentes para las comunidades, no obstante no residir en ellas.
- Falta de acceso a nuevas tecnologías por su elevado costo.
- Resistencia a la innovación de parte de la población de más edad.
- Títulos de propiedades no saneados y falta de recursos financieros para tramitarlos.

Debido a su alto grado de intervención, las zonas bajas de esta cuenca difícilmente podrían incorporarse al Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado, SNASPE. No obstante esta situación, la existencia de especies endémicas del área como el picaflor de Arica", asociadas a la vegetación cultivada, hacen necesarias medidas de conservación complementarias a las reservas o parques, como son la regulación de la caza y la aplicación de pesticidas.

Datos demográficos sobre fauna

Hasta ahora el alto costo de la toma de datos sobre densidades poblacionales de especies de fauna, ha tenido como consecuencia que este tipo de información sea casi inexistente. Existen algunos conteos de guanacos¹⁵ y de tarucas¹⁶ realizados por Conaf, arrojando valores cercanos a los 1.500 y 800 individuos, respectivamente. Sin embargo, **estos** datos no **se** encuentran validados estadísticamente.

Por otro lado, salvo **escasas** excepciones, las densidades actuales de las especies de fauna en las zonas no protegidas resultan menores que la capacidad de carga del área.

Vegetación natural

La escasa disponibilidad de agua **es** el factor limitante para la vegetación de esta zona, por ello se pueden apreciar múltiples formas de adaptación morfológica y fisiológica al déficit hídrico; las cuales, junto a la altitud -condicionante del clima y por tanto de la forma en que aparece el agua: superficial, subterránea, neblinas-, determinan la existencia de las distintas formaciones vegetales. **Estas se** pueden agrupar en los siguientes tipos:

- *Formaciones vegetales de valles del desierto y precordillera;*
- *Formaciones vegetales del desierto (Cactáceas columnares);*
- *Formaciones vegetales del altiplano:*
 - *Áreas de pastoreo ocasional*
 - *Tolar*
 - *Estepa andina*
 - *Llaretal*
 - *Queñoal*
 - *Bofedal*

Extensión y Difusión

Los programas actuales de extensión y difusión de las actividades de conservación de la cuenca son desarrollados en su mayor parte por el Programa de Educación e Interpretación Ambiental del Parque Nacional Lauca, único territorio de la cuenca respecto al cual existe información suficiente. La Reserva Nacional Las Vicuñas y el resto de la cuenca no cuentan con programas de extensión y difusión.

¹⁴ *fulidia yarrelfii*.

¹⁵ *Lama guanicoe*.

¹⁶ *Hippocamelus antisensis*, O Tarucas, venado endémico de la zona, similar al huemul.

3) Control Forestal

Estadísticas de control

No existen superficies acogidas a planes de manejo de este tipo en la cuenca. Sin embargo, en la I Región, éstas abarcan alrededor de 1.800 ha, correspondientes a explotaciones de tamarugos.

Análisis crítico y priorizaciones sugeridas

Se requiere una mayor fiscalización puesto que existe en la parte alta de la cuenca una superficie importante de bosque nativo, especialmente de *Queñoa Poly/epis beserii*. Este requiere de una fiscalización constante al ser un recurso frágil, fuertemente intervenido para ser utilizado como recurso energético en las localidades aledañas al bosque.

Se realiza una labor de difusión en el medio rural para advertir de la inconveniencia de cortar el recurso forestal y arbustivo nativo. Junto a lo anterior, se ofrece la posibilidad de forestar en huertos familiares mediante planes sociales de CONAF y el Fondo de Solidaridad e Inversión Social, FOSIS; estos consisten en entregar a la familia un determinado número de plantas para forestación. Hasta ahora este sistema ha resultado exitoso en la región.

4) Control de Crecidas y Manejo del Cauce

En este componente, el diagnóstico de la cuenca se orientó a la identificación y análisis cualitativo y cuantitativo de los problemas más relevantes, que se presentan en el cauce matriz y sus principales tributarios.

Estos cauces presentan crecidas que afectan al sector agrícola y rural ubicado en el valle de Azapa y a la ciudad de Arica. Su origen está en las lluvias altiplánicas de verano, de diciembre a marzo, casi siempre intensas y de poca duración, y que provocan aluviones o corrientes de barro en las quebradas habitualmente secas. Estas crecidas llegan al océano Pacífico con frecuencias que van de tres a cinco años.

A objeto de analizar en forma global el grado de protección que se tiene en el cauce principal de la cuenca, se revisaron los sectores críticos y las obras de defensa fluvial existente.

De acuerdo a lo anterior, se analizó una longitud de aproximadamente 70 km de cauce y se determinó que las longitudes de los sectores críticos alcanzan a **20,45** km para la ribera izquierda y 14,13 km para la ribera derecha, lo que corresponde a un 29,2% y a un 20,2% respectivamente, del total analizado. Además, existe un total de 5,87 km de obras de defensas fluviales construidas en la ribera izquierda y 8,53 km en la ribera derecha. De esto se desprende que del total de sectores críticos sólo un **8,4%** está defendido, para la ribera izquierda, y un 12,2% para la ribera derecha.

Como conclusión podemos decir, por una parte, que las obras ejecutadas son insuficientes para la protección de los sectores considerados como críticos; y por otra, que las defensas ya construidas requieren ser complementadas, recargadas y man-

tenidas, puesto que varias de ellas no logran controlar las crecidas del cauce, ya sea por presentar altura o longitud insuficientes, o por encontrarse en mal estado.

Medidas normativas

En lo relativo a las medidas normativas, la principal es la regulación de uso de las áreas con riesgo de inundación y/o erosión, que se concretiza generalmente a través de los planes reguladores. En este sentido cabe señalar que la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones establece que los planes reguladores deben incluir, cuando proceda y previo estudio realizado por profesionales especialistas, zonas no edificables o de edificación restringida con peligro potencial para los asentamientos humanos. Entre éstas se encuentran las zonas inundables, o potencialmente inundables, que se emplazan próximas a lagos, ríos, esteros, quebradas naturales, y otros.

Es importante mencionar que no se considera, en este proceso de definición de las zonas inundables por cauces naturales, la obligación de consultar al Departamento de Obras Fluviales y/o a la Dirección General de Aguas, por lo que en algunos casos se producen distorsiones importantes en dicho proceso.

En la ciudad de Arica existe un plan regulador que data de 1971 y que está aún en vigencia. En él se establecen los usos y densidades en los distintos sectores de la ciudad, incluyendo el lecho del río y sus riberas. No obstante, gran parte de las medidas y usos que se indican en el plan aún no han sido implementadas; en él, además, no existen zonas con restricción por inundación. De igual modo, la definición de estas zonas requiere de la realización de estudios técnicos específicos orientados a determinar las zonas de alto riesgo.

De acuerdo a la información disponible en el MINVU, 1996, no existe en la actualidad un nuevo plan regulador para la ciudad de Arica que incorpore la identificación de áreas de riesgo reglamentando el uso de los terrenos, especialmente de los ribereños.

Otras medidas no estructurales son aquellas de Alerta y Pronóstico: en la región no existe un plan organizado de prevención de emergencias; si bien se cuenta con los elementos necesarios, en la práctica no han funcionado, pues no existe ninguna instancia coordinadora de ellos en caso de ocurrencia de fenómenos de crecidas.

5) Gestión y Conservación de los Recursos Hídricos

En el cuadro a continuación se resumen los principales problemas existentes en la gestión y conservación del recurso hídrico, señalando sus factores causales y consecuencias. Se exponen de acuerdo a una apreciación preliminar de su importancia relativa; primero se presenta un cuadro resumen y a continuación se desarrolla cada punto.

Jerarquización de problemas de gestión y conservación del recurso hídrico, cuenca del río San José.

• **PROBLEMAS** •

Factores Causantes

1. Déficit de recursos de agua para satisfacer las necesidades en el valle de Azapa y la ciudad de Arica.	Desarrollo creciente de las demandas de agua potable y para la agricultura. Características hidrológicas de la cuenca.	Baja seguridad en el regadío. Sobreexplotación del acuífero. Agotamiento de vertientes por su uso en el regadío del valle.
2. Deterioro de la calidad físico-química de las aguas subterráneas en el valle de Azapa.	Intrusión marina por sobreexplotación de acuíferos costeros . Percolación aguas de riego en terrazas con suelos salinos.	Limitación del uso de acuíferos para agua potable.
3. Déficit de recursos de agua para satisfacer las necesidades de agua de las comunidades (Sector 2).	Características hidrológicas de la cuenca. Falta de inversión en obras de aprovechamiento.	Limitaciones en la calidad de vida y en las posibilidades de desarrollo económico de la población.
4. Limitaciones de la actual red de monitoreo.	Falta de inversión y financiamiento en mantención, operación y reemplazo.	Insuficiente conocimiento de la ocurrencia del recurso e imposibilidad de tomar medidas tendientes a la optimización de su uso.
5. Falta de organización de usuarios de las aguas subterráneas del valle de Azapa.	Existencia de un usuario claramente mayoritario: Empresa de Servicios Sanitarios de Tarapacá, ESSAT.	Falta de una política y de acciones de manejo y explotación racional del recurso . Falta de instancias para hacer valer sus derechos a los usuarios minoritarios e individuales .
6. Pérdidas de la red de agua potable de Arica.	Déficits en reposición, mantención y control.	Pérdidas de agua.
7. Pérdidas de agua en el canal de Azapa.	Falta de reparaciones. Mantención inadecuada de canales.	Mal aprovechamiento de recursos disponibles.
8. Pérdidas de aguas superficiales sector Chapiquiña-Bocatoma Azapa.	Naturaleza hidrogeológica del cauce.	Pérdidas de agua usuarios de derechos canal de Azapa.

Fuente: Estudio de Factibilidad. Programa de Manejo de Cuenas Hidrográficas. Cuenca río San José. Ministerios de Agricultura y Obras Públicas, y Programa de Preinversión MIDPLAN-BID. Diciembre de 1995.



De este modo se presenta:

- **Déficit de recursos de agua para la satisfacción de las necesidades en el valle de Azapa y en la ciudad de Arica**

Por las características hidrológicas propias de la cuenca, la disponibilidad de recursos hídricos es muy limitada frente a las necesidades de los dos usuarios principales del recurso: regadío del valle de Azapa y consumo urbano y doméstico de la ciudad de Arica.

Esta situación se refleja en los resultados de los balances entre oferta y demanda del recurso hídrico. Así, estos señalan que para un año hidrológico tipo 50% de probabilidad de excedencia, existe un déficit actual del orden de 18 Hm³ año. De este modo, los déficits que pueden preverse con los aumentos futuros de la demanda, serán cada vez más dramáticos.

Sus principales causas son el aumento de población de la ciudad de Arica, y el incremento de la superficie regada en el valle de Azapa, la cual ha aumentado de unas 800 ha. a comienzos de los años 60, a unas 3.200 ha en la actualidad. Sin embargo, este crecimiento no ha sido proporcional a los aumentos de consumo gracias a la tecnificación del riego que también ha ocurrido.

Lo anterior, en un escenario de gran escasez natural de agua en la cuenca -aún considerando la importancia del trasvase desde la cuenca del río Lauca, que representa más de un 50% de los recursos disponibles para el valle de Azapa-, en términos de valores medios anuales. Además, los recursos propios de la hoya del río San José tienen una distribución temporal muy desigual, manifestándose volúmenes importantes en las crecidas que ocurren en la época de verano, lo cual produce importantes pérdidas de aguas superficiales hacia el mar, que en promedio son del orden de 4,4 Hm³ al año. Con obras de recarga apropiadas se podría aprovechar este recurso.

Las principales consecuencias de este déficit son:

- *Sobreexplotación del acuífero para paliar el déficit.*
- *Falta de agua para satisfacer la demanda. No obstante la sobreexplotación de los acuíferos del valle, no se logran satisfacer apropiadamente las necesidades. Hasta el año 1993, el servicio de agua potable de Arica sufría permanentes racionamientos, situación que se ha corregido posteriormente.*

Por otro lado, las zonas de riego no son servidas con la seguridad necesaria, dependiendo su abastecimiento de la variabilidad en las disponibilidades del recurso.

- **Deterioro de la calidad físico-química de aguas subterráneas en el valle de Azapa**

Los datos de calidad físico-química del agua subterránea de la cuenca, indican un progresivo deterioro en todos los parámetros que caracterizan la salinidad del recurso. Este se manifiesta en un grado importante en los pozos cercanos a la costa, lo que podría ser indicativo que la sobreexplotación de los acuíferos está produciendo problemas de intrusión marina. Aguas arriba, este problema es menos marcado, aun cuando también se presenta.

La consecuencia de este fenómeno en el largo plazo es una limitación a sus potencialidades de uso, tanto para agua potable como para riego.

- **Déficit de recursos de agua para satisfacer las necesidades de agua de las comunidades prealtiplánicas**

Este problema se refiere a las pequeñas comunidades de la zona alta del río San José: Tignamar, Saxamar, Lupica, Belén, Chapiquiña y Murmuntani, comprometiendo a unas 400 personas.

Las causas de este problema son la escasez natural del recurso agua en la zona y la falta de inversión para su aprovechamiento adecuado. Las consecuencias son las limitaciones en la calidad de vida y en las posibilidades de desarrollo económico de la población afectada, la cual en su totalidad forma parte del grupo étnico aymara y muestra además elevadas cifras de pobreza.

- **Limitaciones del monitoreo actual del recurso agua**

Las redes actuales de medición y monitoreo, de las distintas variables que interesan para el conocimiento de la disponibilidad y uso de los recursos de agua, incluyendo su calidad, tienen serias limitaciones. Esto introduce incertidumbres en las evaluaciones y diagnósticos que es posible realizar. De igual manera, también impide un adecuado control de los problemas existentes relacionados con el recurso agua.

Las causas son la falta de inversión en instalaciones y equipamiento, y la falta de asignación de fondos para operación y mantenimiento.

- **Falta de una organización de usuarios de las aguas subterráneas del valle de Azapa**

En general, en la cuenca los usuarios de agua de las distintas fuentes están adecuadamente organizados para la gestión y conservación del recurso hídrico. No sucede lo mismo con los usuarios de las aguas subterráneas que, como se señalaba, es una fuente altamente sobreexplotada y que sufre un progresivo deterioro de su calidad.

- **Pérdidas en la red de agua potable de Arica**

Existe un 43 % de pérdidas de agua entre los volúmenes producidos para agua potable por la Empresa de Servicios Sanitarios de Tarapacá, ESSAT, en Arica y los volúmenes efectivamente facturados. Una parte de estas pérdidas corresponden a consumos no controlados, pero otra parte es producto de fugas debidas a problemas físicos en las redes de distribución urbanas.

La consecuencia de estas pérdidas es un mayor requerimiento de producción que el estrictamente necesario para satisfacer las demandas.

- **Pérdidas por filtraciones en el canal Azapa**

De acuerdo a los antecedentes recopilados, en los últimos años no se ha efectuado

una mantención apropiada a este canal. Esto ha redundado en un aumento de las pérdidas por filtraciones en el medio de conducción principal de las aguas de riego del valle.

- Pérdidas por filtraciones en el cauce del río San José aguas arriba de la bocatoma del canal Azapa

En un estudio reciente" se detectaron pérdidas en el cauce del río San José, entre Ausipar y la Bocatoma Azapa, de entre 90 y 220 *lis*. Estas en su mayor parte constituyen una recarga a la napa subterránea y por lo tanto, son aprovechables en parte por los usuarios que tienen derechos sobre el agua subterránea. Sin embargo, son efectivamente pérdidas netas de los titulares de los derechos de agua del canal Azapa.

6) Aspectos ambientales

El deterioro del medio ambiente es generalizado, existe una pronunciada erosión tanto eólica como hídrica, producto de la sobreutilización de los recursos, a esto se suma que los suelos de texturas livianas y desechables son fácilmente erosionables. Además, se utilizan técnicas agrícolas inadecuadas para la aridez de la cuenca.

En cuanto a los **vertidos** de las aguas servidas de Arica y de la industria pesquera, que se arrojan casi en su totalidad al mar, este diagnóstico no incluye información de cómo esta situación está afectando **al** desembocadura de la cuenca. Además, se presenta el hecho que una cantidad relevante de los residuos sólidos de la ciudad son arrojados **al** lecho del cauce del río San José,

En el cuadro que sigue se detallan los principales problemas ambientales detectados en la cuencas del río San José.

Cuadro 3

Problemas ambientales de la cuenca del río San José

Problema Ambiental

Contaminación química de las aguas	Arrastre de agro-químicos por inadecuados sistemas de riego (inundaciones)	Sector medio y bajo de la cuenca del río San José, valle de Azapa
Contaminación físico-química de las aguas	Descargas de aguas residuales de la planta procesadora de metales PROMEL Arica (magnitud de descarga de 650 ton/día)	Laguna natural
Inundaciones	Suelos desprovistos de vegetación y fuertes pendientes	Valle de Azapa y ciudad de Arica (sector bajo de la cuenca)
Inundaciones	Ocupación de planicies de inundación y cauce del río	Area urbana de Arica, sector poblacional Nueva Esperanza-quebrada de Acha, y sector predesembocadura y desembocadura
Socavaciones	Modificación del cauce por la extracción de áridos	Rio San José en la ciudad de Arica (km 4,5 a 6)
Intrusión salina de la capa freática	Descenso del nivel freático causado por años de sequía y por excesiva extracción del recurso	Valle de Azapa, sector comprendido entre Alto Ramirez y Puntilla Cabuza
Salinización de los suelos	Mal manejo de los recursos agrícolas	Cuenca del río San José
Erosión hídrica	Acciones antrópicas, sobreexplotación del recurso	Altiplano y precordillera de la cuenca
Pérdida del recurso hídrico	Evaporación, filtración, drenaje, conducción y tecnologías inadecuadas de riego	Valle de Azapa
Pérdida de diversidad genética	Exportación de especies de flora y fauna	Cuenca del río San José
Salinización de las napas subterráneas	Refinadora de azufre	Laucache

Fuente: Estudio de Factibilidad Programa de Manejo de Cuenas Hidrográficas. (Cuenca río San José. Ministerios de Agricultura y Obras Públicas, y Programa de Preinversión MIDEPLAN-BID. Diciembre de 1995.

7) Aspectos legales

Marco legal

En general es apropiado para la ejecución y seguimiento de las actividades que contempla el Estudio-Diagnóstico en la cuenca del río San José, excepto por la carencia de normas jurídicas suficientes que limiten o impidan actividades agropecuarias y mineras que degraden el suelo.

- Fuente: Hidrográ $\text{co} \cdot \text{on} \subseteq \text{h} \cdot \text{e} \cdot \text{gnó} \cdot \text{st} \text{co} \cdot \text{y} = \text{roy} \cdot \text{oc} \cdot \text{a}$

 mri mri mri mri

-
- mri

especialmente hídricos, en fines ajenos a sus objetivos, y ejecución de obras públicas dentro de las áreas protegidas.

- *Falta de información básica completa sobre los recursos naturales y en especial sobre algunos parámetros relativos a los recursos hídricos.*
- *Falta de estudios suficientes para apoyar la toma de decisiones en el manejo de los recursos y en la elección de alternativas de obras, como también para la elección de los métodos de riego más adecuados a las condiciones de la cuenca.*

Áreas críticas

Los problemas críticos detectados se agrupan en tres sectores geográficos bien definidos, al interior de los cuales se pueden establecer relaciones directas y evaluables entre ellos, con lo cual las soluciones necesariamente se deben interrelacionar. A estos sectores se les ha denominado áreas críticas, y son los que siguen:

• Sector bajo de la cuenca

Abarca el valle de Azapa y la ciudad de Arica, además incluye todo el sistema de trasvase de aguas desde el río Lauca hasta Azapa. Se destaca como el problema de mayor relevancia la escasez de agua para consumo urbano de la ciudad de Arica, de tal manera que en la ciudad el abastecimiento de agua domiciliario está racionado a sólo algunas horas del día, siendo una limitante casi absoluta para el desarrollo urbano, turístico y comercial de la ciudad.

Ligado con este problema se presenta la sobreexplotación y salinización del acuífero del valle de Azapa, que es la principal fuente para el abastecimiento urbano de Arica; y la escasez de agua para el riego en el valle de Azapa, que lleva a competir en el uso del agua subterránea con el abastecimiento urbano, a lo cual se agregan las inadecuadas tecnologías de riego que se emplean.

Todo lo anterior tiene una directa relación directa con la operación del sistema de trasvase de aguas del Lauca a la cuenca del San José. La operación incluye la mantención del sistema de canales de Azapa, la distribución de las aguas y la organización de los usuarios, tanto para la operación y mantenimiento de las obras civiles del sistema, como para el aprovechamiento racional de las aguas con la tecnología más adecuada.

Otro problema de importancia son las inundaciones urbanas en Arica, como consecuencia del desborde del río durante las crecidas y el daño en infraestructura vial y en terrenos agrícolas. La causa principal de los daños producidos es el uso de terrenos del cauce en desarrollo urbano o en agricultura permanente y la ejecución de obras de infraestructura vial sin las correcciones adecuadas.

Para conocer en forma completa los problemas antes descritos, sus causas y las interrelaciones entre ellos, es necesario disponer de información adecuada y de estudios específicos sobre fijación de deslindes y regulación de uso de los cauces, catastro de zonas de alto riesgo de inundaciones y métodos de riego adecuados a la zona, entre otros.

• Subcuenca del río Tignamar

Comprende esta subcuenca y los sectores cultivados en andenes y en laderas en el

cauce principal del Tignamar y en las quebradas afluentes. Los principales sectores son Tignamar, Belén, Chapiquiña, Saxamar y Lupica.

El principal problema de esta área es la extrema pobreza rural. La comuna de Putre, dentro de la cual se ubica esta área, es una de las más pobres de Chile y está habitada básicamente por población de etnia aymara.

En la subcuenca el recurso limitante es el agua y tradicionalmente se han ocupado totalmente todos los recursos de agua disponibles. Sin embargo, no se obtiene el máximo de beneficios posible por varias causas: mala mantención y operación de las redes de distribución, incluyendo canales y estanques acumuladores para el agua que escurre en la noche; deficiente tecnología de riego; y riego de cultivos poco rentables.

Además, se producen algunos problemas de inundaciones por insuficiencia de defensas en sectores riesgosos.

Otro problema relevante es la sobreexplotación de la vegetación nativa para fines energéticos, la cual, por su fragilidad y la rigurosidad del clima, difícilmente se regenera.

• Áreas Silvestres Protegidas en la parte chilena de la cuenca del Lauca

Estas áreas son el Parque Nacional Lauca y la Reserva Nacional Las Vicuñas.

En el primero, los principales problemas presentes son las dificultades para el cumplimiento de los objetivos del SNASPE, por la falta de infraestructura, de personal, y las dificultades para compatibilizar el plan de manejo con la operación de múltiples obras públicas que se ubican dentro del Parque. También existe una potencial competencia entre el uso de los recursos de agua originados en el Parque y el trasvase de agua a la cuenca del río San José; no obstante, actualmente la captación de aguas se realiza dentro del cauce del río Lauca en Parinacota, sin que signifique desmedro sobre los recursos hídricos que pudieron ser ocupados en el Parque.

El buen manejo del parque tiene un efecto muy positivo para asegurar la renovación de los recursos hídricos que se trasvasan a la cuenca del río San José, los cuales, como ya se ha dicho, constituyen la principal fuente de abastecimiento de agua para el valle de Azapa y la ciudad de Arica.

La Reserva Nacional Las Vicuñas tiene similares problemas en cuanto a falta de infraestructura adecuada, pero en ella no se presentan problemas de obras públicas y aprovechamiento de recursos de agua, debido a que los terrenos corresponden a estepa seca; además no se presentan problemas de presión antrópica ni de fragilidad de especies protegidas, con la importancia de los presentes en el Parque Nacional Lauca.

Un problema común a ambas unidades es la poca claridad en los títulos de dominio y en la fijación de deslindes.

Finalmente, un problema que afecta a toda la cuenca es la necesidad de mejorar el conocimiento de la flora y fauna autóctona en peligro de extinción, y el adecuado manejo de las mismas.





NaCImiento "0 Aconcagua

Archivo SERNATUR



• Cuencas del río Aconcagua y estero Marga-Marga, V Región

◊ Caracterización de las Cuencas

1) Características físicas

∴ Cuenca del río Aconcagua

Es una cuenca andina, con sus nacientes localizadas en la alta cordillera, en cumbrones que superan los 5.000 m. La línea de nieves se ubica aproximadamente a los 2.000 m.

En la cuenca se distinguen tres unidades de relieve:

- a) Planicies costeras y cordillera de la Costa;
- b) Cordones intermedios y valle transversal, y
- c) Cordillera de los Andes.

La superficie total de la cuenca es de 7.575 km², de los cuales el 44% corresponde a la alta cordillera y a cauces de ríos; 42% a terrenos con aptitud forestal; 12% a terrenos con aptitud agropecuaria, y el 12% restante, 151 km², a áreas urbanas.

En el valle existen 80.000 ha. canalizadas, de las cuales pueden considerarse regadas unas 68.000 ha.

El río Aconcagua, dren principal de la cuenca, se forma por la confluencia de los ríos Juncal y Colorado a los 1.430 m, iniciándose a partir de allí el aprovechamiento de sus aguas.

Su caudal medio anual, a la entrada del valle, es de 30,6 m³/s variando entre un caudal medio mensual de 71,6 m³/s en diciembre a 13,0 m³/s en mayo.

El río va recibiendo aportes de diversos afluentes cuyo régimen es predominantemente pluvial; los de mayor importancia son el río Putaendo y el estero Limache, además de aportes de aguas subterráneas y de derrames de riego. En el curso bajo del río, sector Tabolango, el caudal medio anual es de 57 m³/s, variando entre medias mensuales de 102 m³/s en diciembre a 36 m³/s en mayo.

En el cauce se presentan sectores de infiltración y otros en los cuales afloran escurrimientos subterráneos, de modo que el caudal se va recuperando de las captaciones. Esta característica, propia de los ríos con fuerte pendiente, determina que se lo haya dividido, para los efectos de la distribución de sus aguas, en cuatro secciones que se comportan como unidades independientes. Estas secciones son:

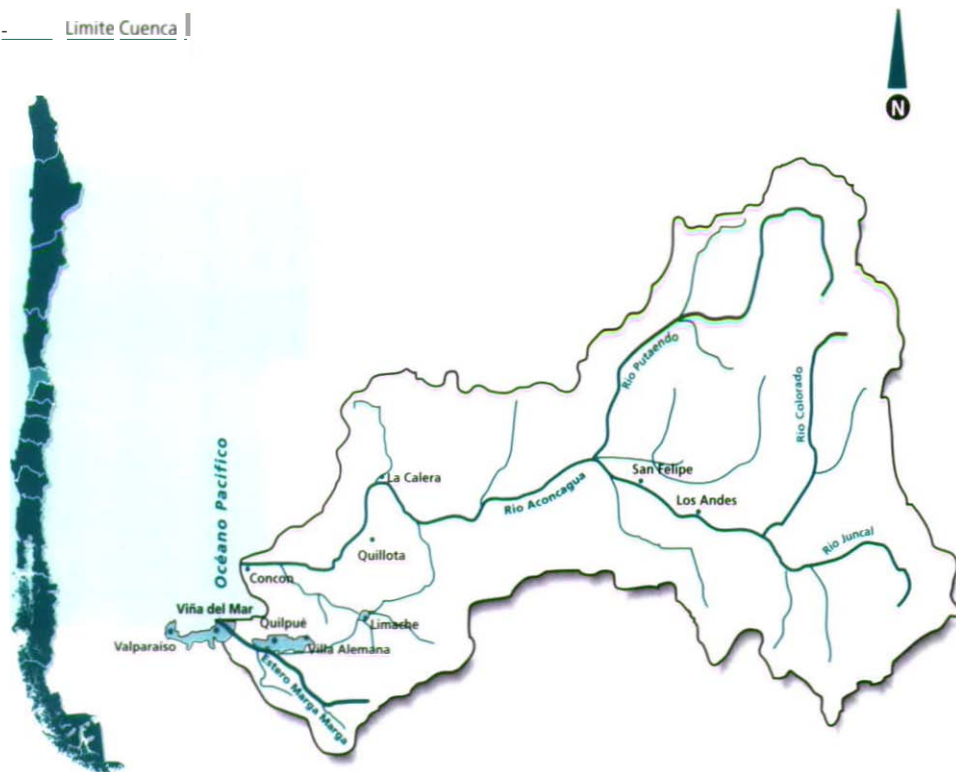
- 1ª Sección: desde su nacimiento hasta el puente caminero en San Felipe;
- 2ª Sección: desde la ciudad de San Felipe a Puntilla Romeral;
- 3ª Sección: desde Puntilla Romeral a la bocatoma del canal Molina-Rautén;
- 4ª Sección: desde esta última bocatoma hasta la desembocadura.

De igual modo, también se individualiza a las subcuencas de sus tributarios, esto es:

- Subcuenca del río Blanco.
- Subcuenca del río Putaendo.
- **Subcuenca** del estero Limache.

El/la río Aconcagua/l y **estero** Marga-Marga, V Región/

1 - _____ Limite Cuenca



En el valle del Aconcagua existe un importante acuífero, que es explotado intensamente, y que constituye uno de los más destacados elementos de regulación de la disponibilidad del recurso.

En cuanto a la calidad de las aguas, tanto superficiales como subterráneas, es adecuada para toda clase de usos.

Desde esta cuenca, además, se trasvasan recursos de agua a las cuencas del río Maipo, al interfluvio ubicado al norte del río Aconcagua, y a la cuenca del estero Marga-Marga. El caudal *medio* trasvasado se estima en 2,6 m³/s.

El agroclima predominante en la cuenca media y baja es el mediterráneo, pero en la cuenca como un todo se presentan diversos climas. En la costa y el valle, el clima es templado cálido, con lluvias invernales y estación seca prolongada, con alta nubosidad en la costa. En algunos sectores de los cordones cordilleranos intermedios y de la cordillera de la Costa, el clima es de estepa, con una gran sequedad atmosférica. En la alta cordillera, en cambio, predomina el clima de tundra por efectos de la altura. En cuanto a las precipitaciones en el valle, aproximadamente el 84% de las mismas se produce entre mayo y agosto.

❖ Problemas globales y potencialidad de los recursos naturales de las Cuencas

Por su ubicación, muy cercana a los principales centros administrativos, económicos y culturales del país -las ciudades de Santiago y Valparaíso-; su clima predominantemente templado cálido; y sus atractivos turísticos; estas cuencas presentan un destacado crecimiento urbano, por lo cual las demandas de agua para el abastecimiento doméstico y de suelos para nuevas construcciones, significan una fuerte competencia por estos recursos con el sector silva-agropecuaria.

A lo anterior se agrega la presencia en la cuenca de un destacado desarrollo industrial extraurbano y de establecimientos mineros que procesan los abundantes yacimientos de minerales de cobre y calizas existentes, que también compiten en el uso del agua y del suelo con los restantes usuarios.

Adicionalmente, también se producen conflictos por el uso de la tierra entre los sectores urbano, agrícola y forestal, especialmente por el manejo de los cauces.

En la cuenca del estero Marga-Marga, se plantean dos tipos de competencia: la primera, entre la necesidad de terrenos para la expansión de las áreas urbanas y la reserva de capacidad suficiente en los cauces para evacuar las crecidas; y la segunda, entre la necesidad de transporte de efluentes y riles industriales y la mantención de una calidad adecuada en el agua para la conservación del medio ambiente y la recreación.

En la cuenca del Aconcagua existen suelos de muy buena calidad, lo cual, unido a las buenas condiciones climáticas, ha determinado un gran desarrollo de las explotaciones frutícolas en gran parte de las 68.000 ha que se consideran regadas. Estas explotaciones, que demandan fuertes inversiones, son muy exigentes en cuanto a la seguridad en el abastecimiento de agua.

Todo lo anterior configura una situación en que los recursos agua y suelo están siendo aprovechados al máximo de su capacidad. Con ello, cualquier posible incremento en el desarrollo de la cuenca deberá basarse en el mejoramiento de la eficiencia en el uso de los recursos, y en el caso del agua, en la utilización de sobrantes temporales, o en el uso de aguas subterráneas.

Por otra parte, contrasta el gran desarrollo económico de los sectores de riego y urbanos, con la extrema pobreza rural de algunas comunas; especialmente en aquellas en que gran parte de los suelos sólo tienen aptitud de uso forestal, y en las que por las condiciones del clima, con una larga temporada seca, son muy difíciles y costosas las actividades de reforestación.

En el sector alto de la cuenca existen varias centrales hidroeléctricas. Pero, en general, esos usos no consuntivos²⁰ no son competitivos con los usos consuntivos²¹, puesto que las descargas se encuentran aguas arriba de los principales aprovechamientos consuntivos, y no cuentan con elementos de regulación de periodos largos que puedan afectar el régimen natural de escurrimiento.

²⁰ Derechos no consuntivos: permiten emplear el agua sin consumirla y obliga a restituirla en la forma que lo determine el acto de adquisición o de constitución del derecho.

²¹ Derechos consuntivos son aquellos que facultan al su titular a consumir totalmente las aguas.





La contaminación de las aguas, que afecta principalmente a sectores cercanos a los grandes centros urbanos, y muy especialmente al estero Marga-Marga, significa una limitación importante en el aprovechamiento de los recursos hídricos.

◆ Principales problemas detectados por componente

1) Manejo Forestal y de Suelos

La vegetación de la cuenca del río Aconcagua se caracteriza por presentar una marcada alteración en la estructura, composición y estado de conservación de sus especies nativas. Las condiciones de fragilidad natural de algunos ambientes y las situaciones de fuerte presión antrópica por obtener diferentes recursos, entre los cuales se encuentran la minería, la habilitación de terrenos para cultivos agrícolas y frutales, el pastoreo excesivo, la obtención de leña y carbón, y la expansión urbana, han generado áreas de deforestación y empobrecimiento del suelo a un nivel que hace difícil revertir el problema.

Para determinar las áreas críticas, se distinguen 3 zonas según las características de suelos, clima, y naturaleza del problema. Estas son:

Zona costera

La zona crítica de mayor interés corresponde a áreas de erosión y deforestación muy difundida -mayor al 50% del área- con necesidad y potencial para forestación extensa. Se localiza en las comunas de Limache y Quillota. La extracción de material leñoso, pastoreo y las excesivas pendientes son las causales de la deforestación y la erosión que presenta.

Otra área posee una erosión y deforestación parcial; con necesidad y potencial para forestación también parcial. Abarca parte de las comunas de Viña del Mar, Villa Alemana, Quilpué y Limache. Por las condiciones de humedad prevalecientes, la vegetación que corresponde a un bosque esclerófilo costero se encuentra en general menos deteriorada, a excepción de aquellos sectores más aledaños a los centros poblados. Entre las causas de la deforestación se destacan, en primer lugar, los incendios forestales, a continuación la creciente demanda del área urbana por combustibles en forma de leña y carbón, las necesidades dendroenergéticas del sector rural, y finalmente, el sobrepastoreo y algunos cultivos de secano.

Una tercera área crítica presenta una erosión y deforestación parcial -menos del 30% de la misma-, con necesidades de protección para facilitar la regeneración de la vegetación natural. Corresponde a una zona de bosque esclerófilo más seco y en los cuales los programas de forestación se ven entorpecidos por aspectos de clima. Abarca las comunas de La Calera, La Cruz, Hijuelas y Nogales.

Zona central

En esta zona el problema de mayor interés es la erosión y deforestación extensa -mayor del 50% del área- con necesidades de protección para facilitar la regeneración de la vegetación natural. Abarca parte de las comunas de Putaendo, Llay-Llay, Catemu, San Felipe y Rinconada, bordeando las zonas de cultivos de riego y las áreas deforestadas destinadas actualmente a plantaciones frutales. Es el caso de las microcuencas tributarias del río Aconcagua con sus esteros Las Chilcas, Catemu, Pocuro, y las áreas circundantes al río Putaendo y cuesta La Mostaza. La erosión extrema abarca a más del 50% del área.

Zona andina

El área presenta erosión y deforestación parcial -menor al 30%-con necesidad de protección para facilitar la regeneración de la vegetación natural. Abarca parte de las comunas de Putaendo, Santa María, San Esteban, Calle Larga y Los Andes. En esta zona las veranadas cumplen un rol muy importante en la alimentación del ganado en la época de trashumancia. En esta área existe deforestación parcial y erosión en menos del 30% del área.

Uso actual de los suelos

Se distinguen a lo menos cuatro tipos de uso:

- 1. Agropecuario intensivo; con una elevada tasa de ocupación de los factores productivos. Se caracteriza por emplear especies exigentes en calidad de suelos, agua y nutrientes, teniendo la producción un carácter permanente y sobre superficies reducidas. Este tipo de cultivos posee una alta productividad por unidad de superficie.
- 2. Ganadero extensivo; se desarrolla en amplias superficies, con una productividad baja por unidad de terreno.
- 3. Forestal intensivo; la tierra se emplea para generar productos de carácter forestal utilizando factores productivos en tasas más bien bajas. Emplea especies forestales de alto rendimiento volumétrico y la producción se realiza en áreas más bien reducidas.
- 4. Forestal extensivo; utiliza especies rústicas de bajo incremento volumétrico anual. La producción se realiza en grandes extensiones debido a que la cubierta vegetal se recupera en tasas muy bajas. Posee baja productividad y baja utilización de factores productivos.

Percepción y participación comunitaria

Esta parte del diagnóstico se obtuvo consultando a dirigentes de comunidades de municipios de cada una de las diferentes zonas. Estas fueron:

Cuadro 4

Comunidades entrevistadas en la Cuenca.

Comuna/Sector	Zona	Provincia
Calle Larga / Cristo Redentor	Precordillera	Los Andes
Putaendo / Rinconadas de Silva y de Guzmán	Valle Central	San Felipe
Catemu / Ñilhue	Valle Central	San Felipe
Quilpué / Cuenca Marga-Marga	Costa	Quillota
Olmué / Quebrada Alvarado	Precordillera Costa	Quillota

Fuente: Estudio de Factibilidad. Programa de Manejo de Cuencas Hidrográficas. Cuenca Río Aconcagua y estero Marga-Marga. Ministerios de Agricultura y Obras Públicas, y Programa de Preinversión MIDEPLAN-BID. Diciembre de 1995.

Percepción de los problemas locales

En la cuenca del Aconcagua, las cuatro comunidades locales que se estudiaron consideraron que su principal problema era la escasez del recurso hídrico. Esta es particularmente aguda en Ñilhue y Rinconada de Guzmán, incluso para las necesi-



dades de las personas, situación que se trata de resolver a través de vertientes esporádicas y algunos pozos; y en la serranía de Rinconada de Silva y en el sector Cristo Redentor, aunque con menos gravedad.

También el recurso hídrico para regadío es percibido como un problema de urgente solución. La falta de agua de riego ha formado «bolsones» bastante áridos, donde se concentran las familias más pobres de las localidades.

En la cuenca del Marga-Marga se mencionan dos problemas centrales a los que se les atribuye similar importancia: escasez de agua para riego e incendios forestales.

En la subcuenca de la quebrada Alvarado, también se percibe la escasez de agua como el principal problema.

En cuanto al interés de los agentes locales por participar en proyectos de manejo de cuencas, los dirigentes locales entrevistados demostraron un alto interés en programas y proyectos específicos, entre los que se destacaban la búsqueda de soluciones a la escasez del recurso hídrico, la regularización de la administración del agua, la posibilidad de forestar las zonas erosionadas, el cuidado de la fauna y flora silvestre, la inversión en infraestructura para la acumulación del agua de esteros, vertientes y pozos subterráneos, la capacitación laboral de jóvenes y adultos para aumentar su capacidad de producción, y la capacitación y la transferencia tecnológica para incorporar nuevos cultivos.

2) Áreas Silvestres Protegidas

La única área protegida en esta cuenca es el Parque Nacional La Campana, el cual no cuenta con plan ni guía de manejo vigentes. La otra área protegida de la región, la Reserva Nacional Peñuelas, se localiza en los límites externos de la cuenca. Ambas áreas sumadas ocupan una superficie de 17.094 ha y fueron declaradas en 1984 como Reserva de la Biosfera por la UNESCO.

Otra área que se considera como complementaria, sin estar en ninguna categoría de manejo, es el Jardín Botánico, entregado en comodato por el Instituto Nacional de Desarrollo Agropecuario, INDAP, en 1983 a CONAF, para su administración. Son 405,5 ha y se localiza al sureste de Viña del Mar, en el sector de El Salto.

Parque Nacional La Campana

El Parque Nacional La Campana fue creado en 1967, abarca una superficie de 8.000 ha. entre los 400 y los 2.200 m. Se localiza en las comunas de Olmué e Hijuelas. Cuenta con un borrador del plan de manejo, no existiendo ningún otro con anterioridad.

Los problemas más importantes dentro del área son los siguientes:

- *Impacto negativo de explotaciones mineras en activo y cerradas.*
- *Introducción de ganado doméstico a los terrenos del parque, situación agudizada por la carencia de cercos en gran parte de los deslindes del parque.*

- Riesgos de incendios, acrecentados por las concesiones mineras; y caza furtiva, extracción de leña y cosecha de coquitos de Palma.
- Derechos de agua de algunas quebradas interiores, y captaciones que abastecen en parte a la cooperativa de agua potable rural Olmué-Grani-zo y a la Comunidad de Regantes de Cajón Grande.
- Problemas legales, por la demanda de algunos comuneros de terrenos pertenecientes al parque.

Identificación y localización de especies o poblaciones animales susceptibles de ser incorporadas al SNASPE

La gran extensión de esta cuenca determina la existencia de gran variedad de ambientes y ecosistemas. No obstante, el alto grado de artificialización al que ha estado sometida por la ocupación casi absoluta de las zonas bajas para cultivos agrícolas, y por la degradación de la vegetación de las laderas, producto de la ganadería y extracción de leña, hacen escasas las zonas factibles de ser incorporadas al SNASPE. Solo el área cordillerana, por su mayor alejamiento de la actividad humana, presenta algunas zonas susceptibles de ser conservadas.

Protección de la biodiversidad

Las áreas silvestres protegidas existentes en la cuenca albergan un número importante de vertebrados, siendo muy escasa la información sobre los invertebrados existentes. La mayoría de las especies existentes son de relativa presencia en la zona central del país, existiendo muy poca información sobre especies amenazadas como el ratón topo (*Chelemys megalonix*), gato colo-colo (*Felis colocolo*) o la torcaza (*Columba araucana*), entre otras.

En cuanto a la identificación y localización de las especies o comunidades vegetales susceptibles de ser incorporadas al SNA5PE, se presentan las siguientes áreas: a) Cuesta El Melón; b) Bosque de Quintero - Laguna de Mantagua; y c) Estepa Alto Andina de Santiago.

3) Control Forestal

Estadísticas de control

Estas se basan en la aplicación del D. L. 701, que regula los distintos tipos de superficie forestales".

En la cuenca se calificaron 25.900 ha de aptitud preferentemente forestal, se desafectaron²¹ 3.483 ha, y se acogieron a plan de manejo 103.520 ha.

En cuanto a la forestación acogida al D.L. 701, ésta alcanza una superficie de 3.051 ha, principalmente en las provincias de Quillota, los Andes y las comunas de Villa Alemana, Quilpue y Viña del Mar, en la provincia de Valparaíso. Las comunas del interior, en la provincia de San Felipe, presentan una superficie muy baja de forestación (54 ha).

²¹El Decreto Ley 701 sobre Fomento Forestal fue promulgado inicialmente en 1974, y modificado en 1979, con el fin de fomentar el desarrollo forestal en el país, y regula el manejo de los terrenos de aptitud preferentemente forestal. En su título III establece una bonificación como incentivo para la **forestación**, consistente en que el Estado bonifica el 75% de los costos netos en que incurra el propietario al forestar una superficie incluida en un Plan de Manejo, y de los costos netos derivados del manejo de la masa proveniente de la forestación arriba indicada, **entre** otras ayudas. Su vigencia expiró en 1996, **estando en** trámite una **reestructuración** al mismo.

²³Desafectar: cambio en la calidad de **aptitud preferentemente** forestal otorgada a un terreno.



La superficie explotada por plan de manejo es de 54.546 ha, con mayor importancia en las provincias de Quillota y Valparaíso,

4) Manejo del Fuego

Antecedentes sobre incendios forestales

En las cinco últimas temporadas de incendios, se produjeron en ambas cuencas 2.918 incendios forestales, que afectaron una superficie de 25.488,4 ha.

De ellos, 1.845 casos se produjeron en la comuna de Viña del Mar, que presenta una mayor incidencia, a continuación aparece Villa Alemana con 425 incendios y Quilpue con 379. Esto significa que estas tres comunas reúnen el 91 % de la ocurrencia en el área.

La evolución del problema de los incendios forestales es creciente, registrándose cifras de 398 incendios para 1990, y casi el doble, 709, para 1993. Estos se producen principalmente entre los meses de octubre a mayo de cada temporada. De las superficies afectadas, 390,6 ha corresponden a plantaciones y 25.357 ha a vegetación natural, de los cuales 9.105 ha fueron de arbolado natural. En cuanto al origen de los incendios forestales, la totalidad de ellos tuvieron su inicio en una actividad humana.

5) Control de Crecidas y Manejo del Cauce

En este componente, la etapa de diagnóstico se orientó a la identificación y análisis cualitativo y cuantitativo de los problemas más relevantes, que se presentan en los cauces matrices y sus principales tributarios.

El cauce natural más importante de la cuenca del río Aconcagua es el río del mismo nombre. Este nace en la cordillera de los Andes como río Juncal, el cual presenta primero un cauce angosto y encajonado, con pendiente fuerte, y a partir de la ciudad de Los Andes adopta un trazado general de tipo recto con tendencia a trezado, en un cauce bien definido que se ensancha significativamente. Más adelante, y hasta su desembocadura, aparecen planicies de inundación, tendiendo al embancamiento.

Similares características presenta el río Putaendo, siendo el estero Limache el otro afluente de importancia del río Aconcagua.

En la cuenca del estero Marga-Marga el tributario más importante es el estero del mismo nombre, originado en la confluencia de una serie de pequeños esteros y quebradas en la parte occidental de la cordillera de la Costa. Sus características más definidas son el problema de la barra, que genera una deposición importante de sedimentos en su desembocadura en la ciudad de Viña del Mar; y la insuficiencia de su cauce en la parte baja para contener los caudales de las crecidas extraordinarias.

El origen de las crecidas más importantes en la cuenca del río Aconcagua es de tipo pluvial. El río Aconcagua presenta generalmente sus mayores caudales en verano, producto de los deshielos, especialmente en su curso superior; sin embargo, las crecidas extraordinarias más importantes han tenido origen pluvial y se han originado

como produáO de lluvias con linea de nieve alta. Por su parte, en la cuenca del estero Marga-Marga, dado que se trata de una hoya de la cordillera de la Costa, se presentan únicamente crecidas originadas en precipitaciones.

Las crecidas de los cauces naturales de las cuencas del río Aconcagua y estero Marga-Marga, suelen ocasionar importantes problemas en las zonas ribereñas, afectando sectores poblados y áreas agrícolas, causando daños de consideración por inundaciones y/o erosión de riberas. Los sectores más afectados corresponden a poblaciones de las ciudades de Quillota, La Calera, La Cruz y San Felipe. Además de lo anterior, se presentan problemas puntuales que afectan a la infraestructura vial, especialmente la ruta internacional a Mendoza. Para la cuenca del estero Marga-Marga, las zonas más afectadas por las crecidas corresponden a las ciudades de Viña de Viña, Quilpué y Villa Alemana.

Los problemas generados por las crecidas han sido abordados principalmente a través de la ejecución de medidas estructurales; y en forma secundaria, a través de medidas no estructurales.

En relación a las primeras, corresponden a obras de defensas fluviales. En los cauces secundarios las obras son principalmente protecciones puntuales.

En cuanto a identificación de sectores críticos, se analizó una longitud de aproximadamente 298 km de cauce y se determinó que las longitudes de los sectores críticos alcanzan a 132 km para la ribera izquierda, y 97 km para la ribera derecha, lo que corresponde a un 44% y a un 33%, respectivamente, del total de cauce analizado. Por otra parte, existe un total de 25,8 km de obras de defensas fluviales construidas en la ribera izquierda y 21,2 km en la ribera derecha. De lo anterior se desprende que, del total de sectores críticos, un 20% está defendido para la ribera izquierda, y un 22% para la ribera derecha. Cabe señalar, que los sectores críticos contemplan tanto aquellos que no se encuentran defendidos por obras como los que si lo están.

Se concluye entonces, por una parte, que las obras ejecutadas son insuficientes para la protección de los sectores considerados como críticos, y por otra, que las defensas ya construidas requieren ser complementadas, recargadas y mantenidas, puesto que varias de ellas no logran controlar las crecidas de los cauces, ya sea por presentar alturas o longitudes insuficientes o por encontrarse en mal estado.

En lo relativo a medidas no estructurales, la principal de ellas corresponde a la regulación de uso de las áreas con riesgo de inundación y/o erosión, lo que se logra normalmente a través de los instrumentos de planificación urbana definidos por la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.

En el siguiente cuadro se muestran las localidades más importantes dentro de la cuenca en estudio y se indica el tipo de instrumento de planificación urbana que poseen.



Tipo de instrumento de planificación urbana existente en las localidades de la cuenca.

Localidad	Tipo de Plan	Año
Quillota	P.R.	1977
La Calera	P.R.	1992
San Felipe	P.R.	1985
Los Andes	P.R.	1983
Limache	P.R.	1984
Putendo	P.R.	1984
Nogales y El Melón	P.R.	1984
Viña del Mar	P.R.	1980
Quilpué	P.R.	1971
Villa Alemana	L.U.	1934

P.R.: Plan Regulador

L.U.: Límite Urbano

Fuente: Estudio de Factibilidad, Programa de Manejo de Cuencas Hidrográficas, Cuenca río Aconcagua y estero Marga-Marga. Ministerios de Agricultura y Obras Públicas, y Programa de Preinversión MIDEPLAN-BID. Diciembre de 1995.

Medidas de alerta y pronóstico

Otras medidas no estructurales son las medidas de alerta y pronóstico. En estas cuencas existe un sistema bastante elemental de alerta, tomando como base la información proporcionada por las estaciones fluviométricas y meteorológicas existentes en la cuenca y controladas por la D.G.A, la cual, una vez procesada, es entregada a las autoridades regionales para la adopción de las medidas adecuadas.

6) Gestión y Conservación de los Recursos Hídricos

Cuenca río Aconcagua

• Disponibilidades y demandas de agua

Aguas superficiales

Como se ha dicho, para el análisis de disponibilidades de aguas superficiales y demandas, y para establecer los balances hidrológicos en la cuenca, se han identificado siete sectores en la cuenca. Ellos son:

- 1" Sección del río Aconcagua; desde su nacimiento hasta el puente caminero de San Felipe.
- 2" Sección del río Aconcagua; desde San Felipe a Puntilla Romeral.
- 3" Sección del río Aconcagua; desde Puntilla Romeral a Bocatoma canal Molina-Rautén.
- 4" Sección del río Aconcagua; desde el canal Molina-Rautén hasta la desembocadura.
- Subcuenca río Blanco.
- Subcuenca río Putaendo.
- Subcuenca estero Limache.

A continuación se expone el Cuadro 6 que muestra la disponibilidad de recursos hídricos superficiales en cada uno de estos sectores. Estos se expresan en régimen natural, sobre la base de los antecedentes registrados en diversas estaciones fluviométricas.

Cuadro 6

Disponibilidades de recursos hídricos superficiales (m³/s)(Régimen Natural)

Sector	Año Hidrológico Tipo			
	50%	50%	85%	85%
	Caudal medio anual	Caudal medio mes mínimo	Caudal medio anual	Caudal medio mes mínimo
Rio Blanco	9,53	3,05	6,74	2,15
1ª sección	30,64	12,99	19,76	8,94
2ª sección	33,60	14,53	20,51	4,46
3ª sección	55,70	35,04	36,87	24,10
4ª sección	57,12	35,46	37,26	24,22
Rio Putaendo	6,98	3,18	3,51	2,06
Estero Limache	1,41	0,22	0,39	0,06

Fuente: Estudio de Factibilidad. Programa de Manejo de Cuencas Hidrográficas. Cuenca río Aconcagua y estero Marga-Marga. Ministerios de Agricultura y Obras Públicas, y Programa de Preinversión MIDEPLAN-BID. Diciembre de 1995.

Aguas subterráneas

Para caracterizar los recursos de aguas subterráneas, la cuenca del río Aconcagua se ha dividido en seis sectores. Estos corresponden a las mismas cuatro secciones ya mencionadas en que se divide legalmente el río Aconcagua, más el valle del río Putaendo y el valle del estero Limache.

Demandas actuales y futuras

En los cuadros 7 y 8 siguientes, se resumen las demandas anuales actuales y futuras de la cuenca, por sectores.

Cuadro 7

Demandas anuales consuntivas actuales (m³/s)

Sector	Agrícolas	Agua Potable				
		Superficial	Subterránea			
1ª sección	11,55	0,24	0,16	0,33	0,42	12,70
2ª sección	7,21	1,51	0,95	0,03	0,02	9,72
3ª sección	9,77		0,34	0,37	0,13	10,61
4ª sección	0,30	0,34		1,00		1,64
Río Putaendo	3,42		0,02		0,01	3,45
Estero Limache	0,20		0,11			0,31
Rio Blanco					0,42	0,42

Fuente: Estudio de Factibilidad. Programa de Manejo de Cuencas Hidrográficas. Cuenca río Aconcagua y estero Marga-Marga. Ministerios de Agricultura y Obras Públicas, y Programa de Preinversión MIDEPLAN-BID. Diciembre de 1995.





Demandas anuales consuntivas futuras (m³/s)

Sector	Agrocolas	Agua Potable		Industrial	Mineras	Total
		Superficial	Subterránea			
1ª sección	12,02	0,46	0,37	0,50	0,42	13,77
2ª sección	7,80	4,50	0,95	0,04	0,02	10,40
3ª sección	9,34		0,75	1,05	0,13	11,27
4ª sección	0,39	2,74		1,05		4,18
Rio Putaendo	3,21		0,05		0,01	3,27
Estero Limache	0,25		0,18			0,44
Río Blanco					0,42	0,42

Fuente: Estudio de Factibilidad. Programa de Manejo de Cuencas Hidrográficas. Cuenca Río Aconcagua restero Marga-Marga. Ministerios de Agricultura y Obras Públicas, y Programa de Preinversión MFOEPLAN-BID. Diciembre de 1995.

Balances entre disponibilidades y demandas de agua

Sobre la base de las disponibilidades hídricas en los diferentes sectores de la cuenca, y las demandas actuales y futuras, se establecieron balances mensuales para años tipo con diferentes probabilidades de excedencia". Esto es, años hidrológicos tipo 20%, 50% Y85% de probabilidad de excedencia de su respectivo caudal medio anual.

A la luz de los resultados obtenidos en dichos balances se concluye que:

- En la situación actual, sólo se producen déficits en años tipo 85% y meses secos, en la 3ª sección, 4ª sección y río Putaendo.
- En la situación futura, los déficits ocurren sólo en los mismos sectores en que se producen actualmente y también sólo a partir de los años tipo 85%, pero son significativamente más altos.

Calidad de las aguas

Aguas superficiales

1ª Sección del río Aconcagua (Chacabuquito-San Felipe)

En relación a la calidad físico-química de las aguas, en este sector sólo se han excedido muy levemente los límites de fierro y eventualmente de boro y cobre. La principal fuente contaminante industrial de la calidad química de las aguas es la División Andina de Codelco, aunque sin estar definidos rigurosamente sus efectos.

Con respecto a la calidad microbiológica, se puede señalar que sólo aguas abajo de Los Andes y sobre todo de la ciudad de San Felipe, los coliformes fecales sobrepasan sistemáticamente los límites permisibles de la Norma, a consecuencia de las descargas sin tratamiento de las aguas servidas urbanas de ambas ciudades.

²⁴ Probabilidad de excedencia en años hidrológicos, es la probabilidad, medida en años, en que el valor de cierto caudal es igualado o excedido.

En relación al arrastre de sedimentos, los antecedentes disponibles en el sector Chacabuquito indican que el volumen promedio anual de arrastre de sedimentos alcanzaría a unos $0,8 \times 10^6 \text{ m}^3$, magnitud importante que debe tenerse en cuenta en el diseño de las obras de regulación en el sector.

2' Sección del río Aconcagua (San Felipe-Romeral)

En este sector se observa esporádicamente y en forma leve, que se sobrepasan los límites de la Norma de Agua Potable en relación a los sulfatos, boro y arsénico; sin embargo, se sobrepasan habitualmente las concentraciones de fierro.

Aguas abajo de San Felipe, la capacidad de autodepuración del río hace disminuir significativamente la concentración de coliformes fecales observados en el sector de dicha ciudad.

Las actuales fuentes de contaminación están constituidas por la fundición Chagres, la localidad de Catemu con su planta minera y matadero y la localidad de Llay-Llay. No se presenta ningún problema con el oxígeno disuelto, OD, siendo además muy baja la demanda bioquímica de oxígeno, DBO.

3' Sección del río Aconcagua (Romeral-Tabolango)

La calidad química de las aguas es similar a las anteriores secciones, pero no se han observado tendencias de aumento del deterioro en las mismas.

En cuanto a la calidad microbiológica, las diferentes descargas de aguas servidas sin tratamiento de las localidades de Quillota, La Cruz, La Calera y Artificio, ocasionan sucesivos detrimentos en forma significativa; más adelante, esta situación se recupera por la capacidad autodepurativa del río ocasionada por la alta turbulencia del mismo y la oxigenación resultante. En el tramo desde La Calera y hasta aguas abajo de Quillota, los coliformes fecales exceden los límites de la Norma.

El estero El Melón-Los Litres constituye un potencial aporte de contaminación, dado el presente desarrollo de plantas mineras en dicha subcuenca.

4' Sección del río Aconcagua

La calidad química de las aguas es similar a aquel de las secciones situadas aguas arriba, aun cuando se agrega el boro como parámetro que persistentemente excede la Norma. No obstante que esta Sección es receptora de las aguas servidas de Limache, se trata de un tramo de recuperación de la calidad microbiológica de las aguas. No se presentan problemas de OD y de DBO.

En este tramo, no obstante la presencia de la refinería de petróleo de Cancón, no se dispone al respecto de antecedentes sobre fuentes de contaminación hídrica.

Sectores río Putaendo y estero Limache

Ambos sectores presentan comparativamente una calidad del agua mejor que en los sectores anteriores.

El río Putaendo está afecto a las descargas de aguas servidas sin tratamiento de la localidad de igual nombre, su matadero municipal y una planta minera. En el estero Limache descargan las aguas servidas no tratadas de la ciudad de Limache.

Aguas subterráneas

El uso principal de las aguas subterráneas es en agua potable y en consecuencia los antecedentes disponibles sobre su calidad se refieren a los de la Norma respectiva (NCh 409/1 y NCh 777).

En general, la calidad de las aguas subterráneas de la cuenca es bueno, estando todos los parámetros con seguimiento dentro de los límites permisibles de la Norma de agua potable. Sólo se detectan síntomas iniciales de contaminación salina en el sector cercano a la desembocadura.

• Infraestructura existente para el aprovechamiento de 105 Recursos Hídricos

Infraestructura de riego

La infraestructura hidráulica para el sector agrícola tiene capacidad para satisfacer las demandas de aproximadamente 61.000 ha, las cuales se abastecen de una red de 186 canales. De éstos, 69 captan recursos del río Aconcagua, 37 son canales pequeños del valle del Río Putaendo y 80 captan sus aguas de esteros de subcuencas laterales.

Las captaciones de los canales de riego son en su mayoría de carácter estacional, debiendo ser reconstruidos o reacondicionados prácticamente todas las temporadas. Si bien esta no es la situación más adecuada, ello corresponde a un manejo tradicional de las captaciones, impuesta por las condiciones de los cauces y por consideraciones económicas, por lo cual no provoca problemas ni limitaciones serias al manejo del recurso hídrico en la cuenca.

La infraestructura de canales y el estado de los mismos prácticamente no ha variado en los últimos veinte años; por esta razón, están vigentes diversos antecedentes de estudios anteriores en la cuenca.

Basándose en la información disponible, se pueden plantear las siguientes conclusiones de la infraestructura de riego:

- *La red de canales es de gran antigüedad y casi la totalidad de ellos datan desde antes de 1872.*
- *La mayoría de ellos son de gran longitud y presentan fuertes pérdidas en camino. Se observa una carencia generalizada de revestimientos en los canales.*
- *En general, éstos presentan diversos sectores con capacidad disminuida, debido a una mantención y limpieza inadecuada de los embanques endurecidos, producto de los sedimentos que ingresan por sus bocatomas al no disponerse de obras de sedimentación.*
- *En varios canales se observan deterioros del borde o mesa, producto de la erosión de la misma y de la necesidad de realizar obras de protección contra el deslizamiento y la erosión de las laderas de los cerros adyacentes. Estas ponen en peligro la seguridad física de las obras y producen embanques adicionales en algunos tramos.*
- *Varios canales requieren mantenciones adecuadas y mejoramientos de sus obras de arte, especialmente los cruces de quebradas y las compuertas de descarga o purga junto a quebradas. La 4ª Sección del río no dispone de estructuras de control en sus canales.*

- *No se dispone de una cantidad y distribución adecuada de embalses de regulación nocturna. En los existentes se observa una insuficiente mantención y aprovechamiento.*
- *Existe una carencia total de obras de regulación de envergadura en la cuenca.*

Los problemas señalados se presentan especialmente en la 3ª Sección del río.

Infraestructura de agua potable

El abastecimiento de agua potable de la V Región está a cargo de la Empresa de Obras Sanitarias de Valparaíso, ESVAL, y comprende tanto las localidades localizadas dentro de la cuenca como las ciudades externas a ella: Viña del Mar, Valparaíso, Quilpué, Villa Alemana, entre otras.

En general, el abastecimiento de las zonas urbanas del interior de la cuenca se realiza mediante la captación de aguas subterráneas, y sólo en algunos casos, como en la ciudad de Los Andes, este se realiza mediante la captación de aguas superficiales. El abastecimiento de agua potable a las ciudades costeras, desde Concón al sur, se efectúa con recursos propios de la cuenca, y se materializa mediante el embalse Aromos, ubicado en la cuenca del estero Limache; la captación de Las Vegas, con un dren en el sector homónimo al inicio de la 3ª Sección; y con captaciones subterráneas y superficiales en el sector de Concón, en la 4ª Sección del río.

Las obras de captación y tratamiento y las aducciones, tienen capacidades suficientes y están en buen estado. Por requerimientos legales, ESVAL dispone de un Plan de Desarrollo, que permite asegurar el abastecimiento adecuado del servicio de agua potable, así como su mantención y mejoramiento a través de un programa de inversiones.

Las redes de distribución de las localidades de la cuenca abarcan unos 102 km aproximadamente y presentan pérdidas totales que fluctúan entre un 35% y un 55%. Las redes de distribución del conjunto de ciudades externas a la cuenca y que conforman el Gran Valparaíso, cubren unos 1.679 km, con pérdidas que varían entre 28% (Quilpué) hasta 42% (Viña del Mar).

El embalse Aromos fue diseñado para una capacidad de 60 millones de m³, pero en la actualidad sólo cuenta con 35 millones de m³ de capacidad, por no haberse instalado las compuertas de operación y otras obras complementarias.

Uso industrial y minero

La demanda de agua industrial del área externa a la cuenca es abastecida conjuntamente con la demanda de agua potable, y se estima que alcanza aproximadamente a un 10% de la misma. La demanda de agua industrial en el área de la cuenca está constituida mayoritariamente por la refinería de petróleo de ENAP-CONCON, que cuenta con un sistema propio de abastecimiento. Otras industrias de la cuenca obtienen generalmente su abastecimiento de agua desde captaciones locales propias, ya sean superficiales o subterráneas.

En el sector industrial no se detecta un estado de su infraestructura hidráulica que signifique una limitación a su desarrollo, o un mal uso del recurso hídrico. Sólo se puede plantear una deficiencia en el tratamiento de los Riles respectivos.

Los recursos de agua utilizados en el sector minero son de cierta importancia. Las demandas más importantes se concentran en la subcuenca del río Blanco, con Codelco Andina; 2ª Sección del río por la fundición de Chagres; y en la comuna de Quintero, donde se ubica la planta de Ventanas de la ENAMI.

El más importante de estos centros de demanda, en el contexto del presente estudio, es el sistema Codelco Andina, empresa que tiene en estudio planes de expansión que significarían demandas adicionales de agua en la 1ª Sección del río. No obstante, no existen en este momento, ni se prevén a futuro, limitaciones de infraestructura hidráulica al respecto.

Uso hidroeléctrico

La infraestructura hidráulica de uso hidroeléctrico está en buen estado de operación y de seguridad, y tampoco se presentan limitaciones para el uso eficiente del recurso hídrico.

Las centrales hidroeléctricas existentes son de pasada y se concentran en la 1ª Sección del río. Estas son: central Sauce, próxima a Los Andes con 1.100 KW de capacidad; central Los Quilos, con 33.650 KW ($Q = 15 \text{ m}^3/\text{s}$); y la primera etapa de la central Aconcagua con 46.000 KW ($Q = 8,8 \text{ m}^3/\text{s}$).

Esta infraestructura hidráulica no interfiere con las demandas de agua para otros usos. No obstante, esporádicamente se suelen producir efectos de golpes de agua, en relación a la generación para máximo consumo, que provocan problemas en las captaciones y canales de riego más cercanos.

• Administración del Recurso Hídrico

Situación general de los derechos de aprovechamiento

El río Aconcagua está legalmente dividido en las cuatro secciones citadas, que operan independientes desde el punto de vista de la distribución de los recursos hídricos en la cuenca. Es decir, funcionan como «ríos» separados, pudiéndose agotar las aguas en cualquiera sección. Esta situación data de dictámenes judiciales de 1878 y 1916.

Adicionalmente, en 1993, se constituyó la Junta de Vigilancia del río Putaendo.

En general, las aguas superficiales de la cuenca han sido legalmente asignadas, ya sea por constitución de dominio insertos o por inscripciones colectivas al momento de constituir las Juntas de Vigilancia o las Comunidades de Agua.

Para efectos prácticos, los recursos hídricos permanentes están agotados en toda la cuenca, salvo en la 1ª Sección, en que no se ha declarado formalmente su agotamiento. En la actualidad, sólo se conceden derechos eventuales no consuntivos, o derechos sobre aguas subterráneas.

En la cuenca existe un gran número de pozos de explotación de aguas subterráneas -más de 500-, y con tendencia a seguir creciendo dado el desarrollo hortofrutícola del valle. La mayoría de estos pozos tienen derechos debidamente inscritos, pero la naturaleza de propiedad unipersonal de los mismos, hace que no estén regularizados todos ellos, y que no existan organizaciones de usuarios que

puedan impedir o limitar a futuro sobreexplotaciones o conflictos entre usuarios.

Organizaciones de usuarios

Sólo se encuentran organizadas legalmente las Juntas de Vigilancia de la 3ª Sección del río Aconcagua y del río Putaendo. Además, existen diversas asociaciones de canalistas y 75 Comunidades de Agua, cuya administración se efectúa de acuerdo a la información contenida en los Catastros de Usuarios de la Dirección General de Aguas. Las Juntas de Vigilancia de la 1ª y 3ª Sección tienen una gran tradición histórica de operación, y están entre las mejores organizadas del país.

No obstante, las Juntas de Vigilancia, y especialmente las Asociaciones de Canalistas y las Comunidades de Aguas, no disponen de un plantel técnico adecuado permanente, que permita prever los problemas y anticipar soluciones. Además, no disponen siempre de los recursos suficientes para efectuar mejoramientos y mantenciones adecuadas de la infraestructura hidráulica, ni tampoco para proceder a una inspección permanente de las obras de captación.

En los últimos años, el aumento de las demandas de agua en el sector agrícola -por nuevas superficies, y distintos tipos de tenencia de la tierra y uso del suelo-, y sobre todo para agua potable, ha producido serias alteraciones en las condiciones iniciales bajo las cuales se organizó la administración del recurso hídrico en la cuenca. Todo ello ha traído como consecuencia que en periodos de relativa sequía algunos sectores sufran una aguda escasez de agua, teniendo el Estado que aplicar sus facultades especiales, que para estos efectos le permite el Código de Aguas (Art. 314). Los problemas principales ocurren en las subcuencas de Putaendo, Catemu, Pelumpén y en la 3ª Sección del río Aconcagua.

Los aprovechamientos del agua subterránea no han producido hasta ahora interferencias con la administración de los recursos hídricos superficiales, con la excepción del caso del dren Las Vegas en periodos críticos de escasez.

• Consideraciones sobre la eficiencia en el uso de los recursos hídricos e impacto de las sequías

Los usos consuntivos de mayor importancia en la cuenca son el regadío y el abastecimiento de agua potable, tanto para ciudades situadas dentro como fuera de la cuenca.

En relación al uso del agua en regadío, de acuerdo a estudios realizados¹, las eficiencias de riego en la cuenca podrían, razonable y factiblemente, mejorarse aproximadamente entre un 10% y un 35%, según la sección del río que se trate, lo que redundaría en ahorros de agua para los usuarios directos de un 4% a un 12%, con respecto al uso actual. Siendo las eficiencias de riego actuales del orden del 40%, los mejoramientos de las mismas a futuro permitirían ahorros de agua del orden del 8%, esto es, unos 80 millones de m³ año o unos 2,5 m³/s de caudal continuo en toda la cuenca.

En cuanto a la eficiencia en el sector agua potable, actualmente ésta fluctúa entre el 50% y 54% en La Calera y el Gran Valparaíso, y el 60% en San Felipe. Mejoramientos razonables y factibles a futuro significarían aumentar estas eficiencias al 75% en promedio, obteniéndose ahorros de agua a nivel de todo el sistema ESVAL

Calidad de las agua

En todo caso, actualmente se encuentran en ejecución por parte de ESVAL las obras de saneamiento de esta situación, que consisten básicamente en un colector interceptor de descargas y su interconexión al nuevo sistema de alcantarillado del Gran Valparaíso. Esto contribuirá significativamente al mejoramiento de la calidad de las aguas del estero.

Infraestructura hidráulica existente

Dada la escasa extensión agrícola en la cuenca, 615 ha, la red de canales de riego de la cuenca es muy reducida y de muy pequeña capacidad. Las obras de riego son precarias y operan a nivel predial. Además, existe un gran número de pequeños tranques (16) de regulación, de construcción muy antigua con una capacidad total de 3,5 millones de m³.

Administración del recurso hídrico

Por las específicas características hidrológicas de la cuenca, esto es, solo disponer de recursos de origen pluvial durante el invierno, con veranos muy secos, la operación de cada sector de aprovechamiento de agua se efectúa sobre la base de uno o más embalses pequeños, que constituyen unidades operativas independientes. Por otro lado, no se presentan mayores dificultades en la distribución del agua.

La actual administración, de hecho, de los recursos hídricos de la cuenca, parece adecuada a sus condiciones y características, y sólo podría ser conveniente la vigilancia y control de la ejecución y mantenimiento de las obras o instalaciones ubicadas dentro de los cauces.

Monitoreo de 105 recursos hídricos

La extensión de la red pluviométrica es aceptable, requiriéndose sólo la instalación de instrumentos inscriptores. En relación a la fluviometría, sólo se detecta la necesidad de asegurar un buen funcionamiento y operación de la estación existente. Dada la escasa importancia de los recursos de aguas subterráneas, no se estima necesario por el momento implementar un sistema de control de niveles. Y con respecto a la calidad de las aguas, como ya se planteó, no existe actualmente una red de monitoreo.

7) Aspectos Ambientales

En general, todos los cursos de agua de la V Región sufren severos problemas de **deterioro, ya que, desde que éstos entran en contacto con la actividad humana**, reciben descargas industriales, agrícolas o turísticas. En el cuadro siguiente se presenta una síntesis de los mismos.



Problemas ambientales de las cuencas del río Aconcagua y estero Marga-Marga.

	Causa	
Pérdida del <i>recurso</i> forestal	Introducción de plagas via camino internacional Mendoza-puertos de San Antonio y Valparaíso; hongos e insectos que atacan la estructura foliar, roedores y logomorfos	Cuenca Aconcagual Marga-Marga
Erosión hidrica y eólica; degradación físico-química y biológica del suelo	Sobreexplotación de la vegetación; <i>arrastre</i> hidrico; incendios <i>forestales</i>	Cuenca Aconcagual Marga-Marga
Reducción de poblaciones de especies de <i>mamíferos</i>	Caza; animales domésticos	Cuenca Aconcagual Marga-Marga
Destrucción de ecosistemas	Actividades mineras; extracción de leña; introducción de ganado	Parque Nacional La Campana
Inundaciones en zonas urbanas	Urbanizaciones establecidas dentro del cauce de inundación	San Felipe, La Calera, Quillota y desembocadura río Aconcagua
Inundaciones en zonas urbanas	Formación de la <i>barra</i> de arena en su desembocadura	Viña del Mar
Problemas de contaminación aguas	Formación de la barra de arena en su desembocadura	Esteros Marga-Marga (aguas arriba de la desembocadura)
Pérdida del <i>recurso</i> suelo	Extracción de áridos	Rio Aconcagua km 3 a 5,7; 7,5 a 8; 13 a 14; 74,S a 75; 100; 154,5 a 155. Estero Limache km Oa 27. Estero Marga-Marga km 8,2 a 15.
Limitado <i>desarrollo</i> del valle	Problemas de drenaje agrícola	2' Sección del <i>rio Aconcagua</i> , entre San Felipe y Llay-Llay ..
Limitado desarrollo del valle	Déficit de agua para <i>riego</i> , problemas de drenaje agrícola	3' Y 4' Secciones del <i>rio Aconcagua</i> (aguas abajo de Llay-Llay hasta la desembocadura)
Contaminación físico-química de los cursos de agua	Descargas de la planta <i>minera</i> de Codelco-Chile, división Andina (173,S lts.) a través de las aguas <i>sobrantes</i> de los tranques de relave	Río Blanco
Contaminación biológica de las aguas	Descargas de alcantarillado de Los Andes (56 <i>lis</i>) sin tratamiento	Rio Aconcagua
Contaminación biológica de las napas subterráneas y <i>recurso</i> suelo	Descargas de aguas industriales del matadero municipal San Esteban (0,05 <i>lis</i>)	Napa subterránea

Problema	Causa	Localización
Contaminación biológica de las napas subterráneas y recurso suelo	Infiltración de aguas industriales de la fábrica de cecinas Checana e hijos (0,15 lis)	Napa subterránea
Contaminación biológica de las aguas	Descargas del matadero de Rinconada (0,41 lis)	Esterio Pocuro
Contaminación biológica de las aguas	Descargas del matadero Santa Maria (0,22 lis)	Esterio Quilpué
Contaminación biológica de las aguas	Descargas de aguas servidas de la localidad de Putaendo (10 lis), sin tratamiento	Rio Putaendo
Contaminación físico-química de las aguas	Descargas de excedentes de aguas de la minera Bellavista (120 ton/día)	Rio Putaendo
Contaminación biológica de las napas subterráneas y del recurso suelo	Infiltración de las aguas industriales del matadero municipal de Putaendo (0,40 lis)	Napa subterránea
Contaminación biológica de las aguas	Descargas de alcantarillado de Catemu (5,2 lis), previo tratamiento en laguna de estabilización	Esterio Catemu
Contaminación físico-química de las aguas	Descargas de riles de la planta minera de la Cia. Minera Catemu Ltda. (700. ton/día)	Esterio Catemu
Contaminación biológica del recurso suelo	Descargas de aguas industriales del matadero municipal de Catemu (0,17 lis)	Pozos absorbentes
Contaminación física de las aguas.	Calentamiento de las aguas por la fundación Chagres	Aguas abajo del estero de Catemu
Contaminación biológica de las aguas	Descargas de alcantarillado de Llay-Llay (25 l/s), previo tratamiento en laguna de estabilización	Esterio de Los Loros
Contaminación físico-química de las aguas	Descargas de la conservera El Vergel (6.1 lis)	Canal Purutún
Contaminación biológica de las aguas	Descargas de alcantarillado de Hijuelas (6,4 lis), sin tratamiento	Entre la descarga del estero Los Loros y el río Aconcagua
Contaminación biológica de las aguas	Descargas de alcantarillado de Nogales (7,9 lis), previo tratamiento en laguna de estabilización	Esterio El Litre
Contaminación físico-química de las aguas	Descargas de riles de las plantas mineras de Veta de Agua (200 ton/día)	Esterio El Cobre

Causa

Contaminación físico-química de las aguas	Descargas de riles de las plantas mineras de El Cobre (1.200 toneladas)	Estero El Cobre
Contaminación biológica de las aguas	Descargas de alcantarillado de Quillota (74 l/s)	Ciudad de La Calera y desembocadura
Contaminación biológica de las aguas	Descargas de alcantarillado de La Cruz (9,5 l/s)	Ciudad de La Calera y desembocadura
Contaminación biológica de las aguas	Descargas de alcantarillado de La Calera (50 Ys) sin tratamiento	Ciudad de La Calera y desembocadura
Contaminación biológica de las aguas	Descargas de alcantarillado de Artificio (11 l/s)	Ciudad de La Calera y desembocadura
Contaminación biológica de las aguas	Descargas de alcantarillado de Con-Con (32 l/s), sin tratamiento	Ciudad de La Calera y desembocadura
Contaminación biológica de las aguas	Descargas de alcantarillado de San Pedro (4 l/s), sin tratamiento	Estero San Pedro
Contaminación biológica de las aguas	Descargas de alcantarillado de Limache (36 l/s), sin tratamiento	Estero Limache
Contaminación físico-química de las aguas	Descargas de riles de la Sociedad Industrial La Calera (10 l/s)	Ciudad de La Calera y desembocadura
Contaminación físico-química de las aguas	Descargas de riles de la empresa Algas Marinas S.A. (19 l/s)	Ciudad de La Calera y desembocadura
Contaminación físico-química de las aguas	Descargas de riles de Maltería Aconcagua (20 l/s)	Estero El Litre
Contaminación físico-química de las aguas	Descargas de riles de Conservera Centauro (17 l/s)	Canal Candelaria
Contaminación físico-química de las aguas	Descargas de riles de Industria Confitera Merello S.A. (0,02 l/s)	Canal Pangal
Contaminación físico-química de las aguas	Descargas de riles de la embotelladora CCU (22 l/s)	Estero Limache
Contaminación físico-química de las aguas	Descargas de riles de Textil Aconcagua Ltda.	Canal Calle Larga
Contaminación físico-química y biológica de las aguas	Descargas de alcantarillado y riles de Peñablanca, Villa Alemana y Quilpué	Estero Quilpué
Contaminación biológica de las aguas	Descargas de los excedentes de la red de alcantarillado y planta elevadora de aguas servidas de Viña del Mar	Estero Viña del Mar

Problema

Contaminación biológica de las aguas	Descargas de aguas servidas de San Felipe (51 lis). sin tratamiento	Río Aconcagua
Contaminación físico-química de las aguas	Arrastre de sales y agroquímicos por área de riego del valle de Aconcagua. (780 ha)	Río Aconcagua
Destrucción de la fauna	Incendios forestales	Toda la cuenca
Disminución de la vegetación nativa	Por uso de combustible	Toda la cuenca
Disminución de la vegetación nativa	Introducción de especies exóticas	Zona costera de la cuenca
Incremento de los procesos erosivos	Mal uso del suelo en actividades ganaderas y forestales.	Toda la cuenca
Degradación del suelo	Incendios forestales	Áreas periféricas a las ciudades
Pérdida de la productividad del suelo	Extracción de la capa vegetal	Toda la cuenca

Fuente: Estudio de Factibilidad. Programa de Manejo de Cuencas Hidrográficas. Cuenca río Aconcagua y estero Marga-Marga. Ministerios de Agricultura y Obras Públicas, y Programa de Preinversión MIDEPLAN-BIO. Diciembre de 1995.

8) Problemas y Áreas Críticas

Los problemas más importantes de las cuencas del río Aconcagua y el estero Marga-Marga se pueden resumir en:

- Escasez de agua para satisfacer las demandas actuales, y las previstas a futuro, para sustentar el desarrollo urbano, agrícola, industrial y minero de la cuenca. Este problema se presenta en ambas cuencas y se origina principalmente en su clima semiárido. Este se caracteriza por contar con un clima templado cálido, con lluvias invernales y una estación seca prolongada, siendo muy deficitario el recurso agua durante el verano, justamente cuando las demandas son mayores. Además, se presentan importantes variaciones interanuales en las precipitaciones, alternándose años de sequía y períodos cortos con fuertes precipitaciones.
- Inundaciones de áreas urbanas durante las crecidas. Este problema se presenta en ambas cuencas, siendo causado principalmente por la ocupación, sobre todo en usos urbanos, de terrenos de planicies inundables aledañas al cauce permanente del río, sin tomar las medidas necesarias para defender las riberas. Este problema afecta principalmente a las áreas urbanas, aunque también afecta a obras viales, establecimientos industriales y áreas agrícolas.
- Fuerte contaminación de las aguas por vertido de aguas servidas provenientes de las ciudades grandes; también se producen vertidos de basuras, derrames con plaguicidas y otras fuentes contaminantes en los canales locales. Este problema se presenta con particular gravedad en el estero Viña del Mar, como se denomina al sector bajo del estero Marga-Marga.

- En diversas áreas de la cuenca se presentan serios problemas de erosión producto de la deforestación y el uso del suelos por encima de su capacidad de uso. Esta situación se presenta generalmente asociada a la pequeña propiedad y a situaciones de pobreza rural, lo que obliga a estos a una sobreexplotación de los recursos, con lo cual se agrava el problema. Por las peculiaridades del clima, con una temporada seca prolongada, es muy difícil la regeneración natural de la capa arbórea, teniendo la reforestación un muy alto costo, todo lo cual agudiza el problema. La erosión, además, produce un aumento en el arrastre de sedimentos a los cauces, los que inciden en el embancamiento de los mismos, con lo cual disminuye su capacidad para evacuar los caudales de crecidas.
- Ocurrencia de incendios forestales, especialmente durante la época de verano -temporada seca-, lo cual, junto a las concentraciones urbanas, produce un aumento en los riesgos de incendio y un agravamiento de sus consecuencias. Estos, además, tienen en su totalidad causas antrópicas.
- Baja eficiencia en la operación de las redes de distribución del agua, en particular de los canales de riego. Esto es consecuencia de una inadecuada mantención y de la ausencia de elementos de regulación para los caudales nocturnos.
- Falta de información básica suficiente respecto a los recursos hídricos, en especial en lo referente a parámetros de calidad física, química y biológica. Como también de estudios sobre manejo del agua, que puedan guiar la toma de decisiones sobre su asignación y administración.
- Existencia de problemas en la administración del agua, sobre todo, carencias en las organizaciones de usuarios en lo relativo al mantenimiento y operación de los canales.
- Necesidad de coordinación entre los diferentes servicios que tiene atribuciones sobre la asignación y administración de los recursos y sobre los cauces; en especial por la cada vez mayor competencia por los mismos entre las diferentes actividades de la cuenca.

• Áreas críticas

En relación a las áreas críticas, esto es, sectores donde se presentan varios de los problemas detectados, interrelacionados por causas comunes o causa efecto, y donde por lo cuales es posible elaborar soluciones que involucren a varios componentes, son las siguientes:

- **Cuenca del Marga-Marga;**
Sus principales problemas son las inundaciones; deforestación, erosión y degradación de los suelos; incendios forestales y contaminación hídrica.
- **4ª Sección del Aconcagua y subcuenca del estero Limache.**
Esta sección abarca desde el puente Colmo, aguas abajo de Quillota, a la desembocadura del río, siendo sus principales problemas las inundaciones de áreas industriales; deforestación, erosión y degradación de suelos; incendios forestales frecuentes; escasez de agua de riego en sectores de la subcuenca del estero Limache; y contaminación salina del acuífero en la parte baja del Aconcagua.
- **2ª Y 3ª Sección del Aconcagua y subcuenca del río Putaendo**
Esta área tiene por límites la ciudad de San Felipe, puente del Rey, y el puente Colmo. Sus principales problemas son: escasez de agua de riego en

verano, relacionado con una deficiente operación de la red de canales; fuerte competencia por el uso del agua entre la agricultura y usos urbanos; inundaciones de áreas urbanas y rurales; deforestación y aumento de la erosión; contaminación de aguas superficiales por vertidos urbanos y vertidos de plaguicidas y basuras a la red de canales.

1ª Sección del Aconcagua y área andina

Esta sección cubre desde el nacimiento del río Aconcagua hasta el puente del Rey. También esta área comprende el área andina. Sus principales problemas son: deforestación, erosión y degradación de suelos; inundaciones en áreas urbanas de Los Andes y San Felipe; contaminación por vertidos urbanos.

Además de los problemas localizados en áreas específicas, también se presentan situaciones que involucran el manejo de los recursos naturales de la cuenca en forma global y cuyas soluciones deben ser programadas para toda la cuenca.

• Problemas que afectan a toda la cuenca

Estos son de dos tipos:

- De manejo de recursos naturales. Destacándose los problemas de incendios forestales, inadecuado manejo de este recurso e incumplimiento de los planes de manejo forestal acordados.
- Carencia de estudios e información básica. Entre los más importantes, están los indicadores de aprovechamiento de recursos hídricos, en especial la calidad biológica y química del agua y el arrastre de sedimentos; definir con exactitud los deslindes entre los cauces que son bienes nacionales y las propiedades particulares, para definir zonas de inundación y reglamentar su uso.

Resumen

Un número importante de los problemas detectados se refieren a situaciones que, necesariamente, deben ser abordadas a nivel de cuenca. Otros, se concentran en áreas críticas y en forma interrelacionada, estas son:

- La cuenca del estero Marga-Marga;
- La subcuenca del estero Limache y la 4ª Sección del Aconcagua,
- La subcuenca del río Putaendo y la 2ª y 3ª Sección del Aconcagua,
- La 1ª Sección del Aconcagua en el área andina.

El diagnóstico realizado como parte de la preparación del Programa, identificó una serie de problemas, que pueden agruparse como sigue:

- Escasez de agua para satisfacer las demandas actuales y las previstas a futuro para sustentar el desarrollo económico;
- Contaminación de las aguas por vertido de aguas servidas y diversas otras fuentes contaminantes;
- Deterioro de los recursos de suelos y vegetación por mal manejo, deforestación e incendios forestales;
- Inundaciones de áreas urbanas; como consecuencia de desbordes en época de crecidas;
- Inundaciones de poblaciones ubicadas en los cauces de los ríos.

La cuenca se sitúa en el límite meridional de la región semiárida, la cual se caracteriza por la escasez de recursos hídricos para sustentar al desarrollo agrícola, urbano, industrial y minero. Por otro lado, por la cercana ubicación de la cuenca a los centros urbanos, hay una presión permanente sobre los recursos naturales.

El clima es muy deficitario en recursos hídricos durante la época de mayor demanda -el verano-, presentándose además una extrema variación pluviométrica interanual, lo que ocasiona frecuentes periodos de intensa sequía. Los mayores caudales de la época de deshielo permiten solucionar las demandas agrícolas y frutícolas en el valle principal. No obstante, en los afluentes de regímenes pluviales provenientes de las subcuencas más bajas, se produce una aguda escasez. La solución a este problema debe estar basada en una mejor eficiencia en el uso del agua y en la utilización de los sobrantes temporales.

La contaminación de las aguas, originada principalmente en las aguas servidas de los centros urbanos, en el vertido de basuras y en los derrames de aguas de riego con plaguicidas y otras fuentes contaminantes, agrava la escasez de agua de calidad.

Debido a las condiciones climáticas, es particularmente difícil el manejo de la vegetación. La deforestación, los incendios forestales, el uso de las tierras por encima de su capacidad de uso y la erosión, son el origen de una fuerte degradación ambiental en extensas áreas. Esta situación se agrava por la sobreexplotación de los recursos de parte de la población rural, de la cual un sector importante se encuentra en condiciones de extrema pobreza.

Frecuentemente se presentan incendios forestales, que agravan las precarias condiciones de la cubierta vegetal, teniendo todos ellos origen humano.

Por último, la deforestación y degradación de los suelos favorece la ocurrencia de inundaciones, causando daños en obras viales, áreas agrícolas y zonas industriales. Estos problemas se agravan en los asentamientos urbanos por la carencia de una planificación adecuada para la ocupación de terrenos inundables.



Sector alto de la cuenca del río Maipo

Archivo SERNATUR

El/enea del Río Maipo, Región Metropolitana

❖ Caracterización de la Cuenca

1) Características físicas

La cuenca del río Maipo se encuentra ubicada entre las latitudes 33° y 34° Sur. Es una cuenca andina, distinguiéndose en ella tres sistemas geomorfológicos: cordillera de los Andes, depresión intermedia o Valle Central y cordillera de la Costa.

La cuenca tiene una superficie total de 15.157 km', de la cual el 33% corresponde a alta cordillera, el 45% a terrenos con aptitud forestal, el 15% a terrenos con aptitud agropecuaria, repartándose el 5% restante entre 524 km' de áreas urbanas, 206 km' de cauces y 32 km' de lagos y embalses.

El río Maipo nace al pie del volcán del mismo nombre, en el sector alto recibe los ríos Volcán, Yeso y Colorado, todos con subcuencas en la alta cordillera y sus fuentes en glaciares. Sus principales afluentes son los ríos Mapocho y Angostura.

El régimen de escurrimiento es nivoglacial en sus nacientes y a medida que va recibiendo afluentes de subcuencas más bajas, se va modificando por los aportes pluviales. Por ello, sus caudales varían dependiendo del sector del cauce que se trate y de la época del año. Con el régimen de escurrimiento del río Mapocho sucede algo similar. Las medias se muestran en el cuadro que sigue:

El/adro I I

Disponibilidades hídricas (m'/s) en los diferentes sectores de las cuencas de los ríos Maipo y Mapocho.

Sector	Nombre	Caudal Medio Subterráneo Anual	Caudales Superficiales			Año Hidrológico Tipo		
			50%	50%	85%	85%	95%	95%
			Medio anual	Medio mes mínimo	Medio anual	Medio mes mínimo	Medio anual	Medio mes mínimo
A	1ª Sección Maipo	6,35	101,54	54,74	70,18	40,33	5,48	41,20
B	2ª Sección Maipo	5,50	50,90		33,00		24,40	
C	3ª Sección Maipo	6,00	80,49	47,50	47,30	15,45	34,62	7,81
O	Mapocho Oriente	1,42	6,88	3,06	3,79	1,48	2,61	0,94
E	Mapocho Poniente	4,53	33,29	26,96	20,24	17,07	16,02	13,73
F	Angostura	0,25	9,48	6,04	6,05	3,64	4,78	2,72
	Estero	0,14	1,35	0,10	0,35	0,05	0,15	0,05
G	Puanguel							
H	Lampa	1,00	2,27	0,61	1,44	0,39	0,90	0,27

f uente: Estudio de Factibilidad. Programa de Manejo de Cuenas Hidrográficas. Cuenca ,ío Maipo. Ministerios de Agricultura y Obras Públicas, y Programa de Preinversión MIOPLAN-BID. Diciembre de 1995.

Otro afluente importante en el curso medio es el río Angostura, que posee régimen pluvial y drena el sector sur de la cuenca.

El valle central está formado principalmente por terrenos de aluvión con subsuelo formado en gran parte por materiales fluviales, lo cual permite la existencia de un importante acuífero.

El clima en el valle central es de tipo mediterráneo con veranos secos. La precipitación media anual en la cuenca es de 663 mm y en el valle central de 300 mm. En el valle, el 86% de las precipitaciones se producen de mayo a septiembre, en cambio de diciembre a marzo sólo precipita el 1,5% del total anual. La temperatura media es de 13°; el mes más caluroso es enero, con máximas medias de 20°, y el más frío, julio, con una mínima media de 2,8°C

Debido a estas condiciones climáticas, en el valle central la explotación agrícola de secano es riesgosa y de bajo rendimiento, por ello la actividad agrícola se concentra en las áreas de riego, las cuales abarcan 128.500 ha. Junto a lo anterior, y por las mismas razones, el recurso forestal es poco significativo, aunque existen algo más de 3.000 ha con plantaciones forestales.

2) Situación administrativa y condiciones socioeconómicas

La cuenca se localiza casi en su totalidad en la Región Metropolitana, abarcando también una parte de las comunas de Mostazal y Codegua en la VI Región, y de la comuna de San Antonio en la V Región. En total, cubre 24 comunas rurales o semi-rurales, y las 29 comunas urbanas de Santiago.

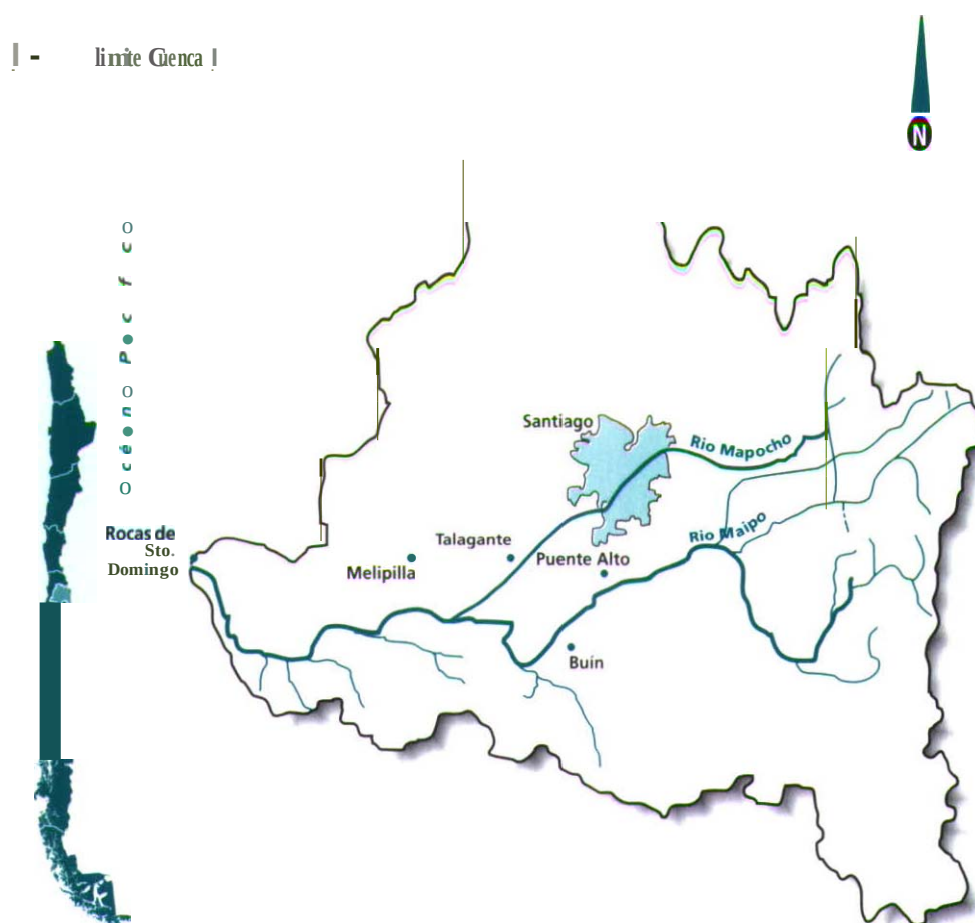
En la subcuenca del Mapocho se ubica la ciudad de Santiago, capital de la República, sede del gobierno nacional y de las direcciones centrales de todos los servicios públicos, educacionales, bancarios y comerciales, constituyendo el mayor centro de actividades culturales y económicas del país. En la Región Metropolitana habita aproximadamente el 40% de la población total del país.

La cuenca cuenta con una extensa red vial y ferroviaria que la comunica con todo el país y aeropuertos con tráfico nacional e internacional. De igual modo, aledaño a la desembocadura del río Maipo se encuentra el puerto de San Antonio.

La población total de la cuenca es de 5.360.000 hab., de los cuales el 180% se ubican dentro de la provincia de Santiago.

Para el análisis socioeconómico, se seleccionaron 16 comunas con un importante porcentaje de población rural y que por sus características y localización, pueden tener relación directa con proyectos o acciones que puedan ser consideradas en el manejo de la cuenca. Estas fueron: Mostazal, Lo Barnechea, Codegua, Huechuraba, San Antonio, Lampa, Colina, La Florida, Til-Til, Paíne, San José de Maipo, Santo Domingo, Curacaví, Melipilla, María Pinto y Pirque.

Mapa de la Cuenca Río Mapocho, Región Metropolitana



La población total de estas comunas alcanzaba a 815.000 hab. de acuerdo al censo de 1992, de ella el 84% era población urbana.

El 12% de la población de esas comunas está bajo el nivel de pobreza, cifra inferior al promedio nacional. La pobreza regional se concentra en forma preferente en algunas comunas urbanas. Por otro lado, las comunas con mayor pobreza rural de la cuenca son Mostazal, Lo Barnechea y Codegua, aunque también existe un alto porcentaje de pobreza rural en Til-Til, Santo Domingo y María Pinto.

Cabe destacar que la pobreza constituye una variable que necesariamente debe considerarse al diagnosticar y definir propuestas de desarrollo de cuenca, por cuanto es un fenómeno que condiciona cualquier proyecto y que, en muchos casos, aparece asociado a otras variables vinculadas a la gestión y manejo de la misma, por ejemplo, el nivel de ruralidad y la erosión de los suelos.

La Región Metropolitana aporta el 41,5% del PIS nacional y el 17,8% del PIS silvoagropecuario nacional. Del PIS regional, el 3,8% proviene del sector silvoagropecuario y el 24,8% del sector industrial, distribuyéndose el resto entre los demás sectores económicos. Dentro de PIS agropecuario regional el 0,1% proviene del sector forestal, el 54,3% del sector agrícola y el 45,6% del sector pecuario.

❖ Problemas globales y potencialidad de los recursos naturales en la cuenca

El desarrollo económico de la cuenca ha llegado a una etapa en que los recursos naturales están aprovechados en su totalidad.

Los recursos hídricos, dentro de su régimen natural, son aprovechados en agricultura y abastecimiento doméstico, industrial y minero en los sectores en que es posible aprovecharlos con captaciones gravitacionales. Sólo existen excedentes en el sector bajo del río, en el cual el aprovechamiento exige elevaciones mecánicas del agua.

Este aprovechamiento intenso ha llevado a serios problemas de dilución de contaminación de las aguas en los cauces, lo que a su vez significa disminución de las disponibilidades de agua de buena calidad.

En general, el balance entre demandas y disponibilidades de agua de buena calidad es deficitario. Esto implica hacia el futuro que las necesidades de recursos hídricos para el desarrollo económico de la cuenca, deberán estar basadas en el mejoramiento de la calidad de las aguas actualmente contaminadas y en la regulación de los excedentes. Además, la cuenca tiene un gran potencial en aguas subterráneas; sin embargo, su aprovechamiento se ha incrementado aceleradamente en la última década, hasta llegar a su sobreexplotación en algunos puntos.

Los terrenos con aptitud agropecuaria están utilizados en su totalidad en algún tipo de explotación, y por las características del clima, con temporada seca prolongada, necesitan ser regados para tener una productividad aceptable. Ello genera también una gran presión por el aprovechamiento de los recursos hídricos.

La gran pendiente de los ríos en la cuenca alta del Maipo, aguas arriba del valle central, permite aprovechamientos hidroeléctricos de interés, que también tienen la ventaja adicional de la cercanía a los mayores centros de consumo.

Esta utilización por su carácter de no consuntivos²⁶ no interfieren con los usos consuntivos que en su gran mayoría se ubican en el valle.

Debido a sus características climáticas, la mayor parte del territorio de la cuenca no es apropiado para el desarrollo forestal, salvo en algunos sectores de la cordillera de la Costa y en los cuales la forestación obedece más a medidas de control de la erosión y conservación de vegetación y suelos, que a razones de explotación económica.

El creciente desarrollo urbano y la concentración de la actividad económica en esta cuenca y en especial en la ciudad de Santiago, no están relacionados con la potencialidad de sus recursos; sin embargo, su dinámica requiere que su explotación se haga en forma tal que asegure su sustentabilidad y no afecte la calidad de vida de los habitantes.

²⁶ Uso no consuntivo, ver nota N° 20.

Principal es problemas por componente

1) Manejo Forestal y de Suelos

Definición de lonas críticas o de interés

Dado que este es uno de los objetivos del diagnóstico, se generó un modelo básico en el que se consideraron algunas variables físicas Y algunos elementos antrópicos para determinar estas zonas. En ellas se consideran las variables erosión, uso actual de los suelos y vegetación natural, y fueron las siguientes:

- Zona costera
- Zona central
- Zona andina
- Zonas no críticas

En cada una de ellas se definieron grados de erosión y aptitud para reforestación, ya sea extensa o parcial, protección y capacidad de regeneración de flora nativa, y posibilidades de incorporar nuevas zonas a agricultura con riego.

Potencialidad agrícola y erosión

En el cuadro que sigue se entregan datos resumidos de los grados de erosión existentes en las comunas estudiadas y de su potencialidad agrícola, comparando su superficie de ha de riego básico con su equivalente en ha de riego del Valle del Maipo, lo que permite evaluar su potencial teórico de producción agropecuaria.

Eladro 12

Hectáreas equivalentes y superficie erosionada.

Comuna	ha f,sicas	ha equivalentes	Superficie erosionada (ha)	Superficie erosionada (%)
Colina	114.640	13.196	31.528	27,5
Lampa	41.356	5.413	22.394	54,2
Til-Til	63.997	2.153	60.589	94,7
Curacavi	72.918	7.317	62.490	85,7
S Pedro	80.196	1.956	74.469	92,9
Melipilla	131.851	24.647	68.523	52,0
S Antonio	37.295	1.216	Sin determinar	Sin determinar
Paine	74.005	22.500	39.280	53,1
l. de Maipo	17.799	5.190	11.074	62,2
Pirque	44.949	6.878	31.894	71,0
SJ.de Maipo	478.635	1.354	90.219	18,9

Fuente: Estudio de Factibilidad. Programa de Manejo de Cuencas Hidrográficas. Cuenca ,fo Maipo. Ministerios de Agricultura y Obras Públicas, y Programa de Preinversión MIDEPI.AN-BJD. Diciembre de '995.

Como se puede observar, los sectores de la cuenca estudiados están gravemente afectados por la erosión. Con la excepción de San José de Maipo y Colina, todas las comunas tienen más de la mitad de su superficie afectada por la erosión, llegando a alcanzar al 85,7 %, 92,8 % y 94,6 % de los suelos en las comunas de Curacaví, San Pedro y Til-Til, respectivamente.

2) Áreas Silvestres Protegidas

En esta cuenca se encuentran tres áreas protegidas: El Parque Nacional El Morado, la Reserva Nacional Río Clarillo y el Santuario de la Naturaleza Yerba Loca.

Ninguna de estas cuenta con plan de manejo vigente, ya que el primero solo cuenta con una Guía de Manejo elaborada en 1985, el Plan de Manejo de Río Clarillo fue elaborado en 1982, con un horizonte proyectado de 10 años, y el Santuario de la Naturaleza es una categoría de manejo que no está considerada en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, 5NA5PE.

• Parque Nacional El Morado

Este parque fue creado en 1974. Sus límites actuales fueron definidos en esa fecha y tiene una superficie de 3.000 ha. Está ubicado en la zona cordillerana del Cajón del Maipo, sureste de Santiago, entre los 33° 47' latitud sur y 70° 04' longitud oeste, en la provincia de Cordillera, comuna de San José de Maipo. Específicamente se localiza inmediatamente al poniente de la localidad de Baños Morales.

Cuenta con una Guía de Manejo elaborada en 1985, que proponía programas en los siguientes aspectos: Protección y manejo del recurso; Manejo del uso público; Interpretación y educación ambiental; Investigación en ecología y recursos naturales renovables, geología y geomorfología del parque y recursos culturales; Protección del visitante. Estos programas no se han llevado a cabo.

Un factor común a la mayoría de las áreas silvestres del país, es la falta de presupuesto para llevar a cabo los planes de manejo y la falta de personal para cumplir los objetivos que en éstos se definen. El Parque Nacional El Morado no es una excepción a esta realidad.

Además, aún está pendiente un problema legal con sus límites. Esto ha impedido que se reclasifique en la categoría de Monumento Natural, que sería la que técnicamente le corresponde.

• Reserva Nacional Río Clarillo

Esta reserva fue creada en 1982 y tiene una superficie de 10.185 ha. Se localiza en la precordillera al sureste de Santiago, en los 33° 51' latitud sur y 70° 29' longitud oeste. También se encuentra en la Provincia Cordillera, aunque en la comuna de Pirque, a una altitud que va desde los 850 a los 3.000 m.

El Plan de Manejo de la Reserva Nacional Río Clarillo fue elaborado en 1982 y como todos estos documentos directrices, se ha proyectado a un horizonte de planificación de 10 años. Comprende programas en las siguientes áreas: Protección y recu-



peración de recursos; Educación ambiental e interpretación; Recreación; Investigación; Ordenación forestal, planeado para realizarlo en conjunto con el Programa de Manejo y Desarrollo Forestal de la Región Metropolitana; Producción de agua y Administración general. De todos ellos, solo se han cumplido algunos de 105 objetivos del programa de Ordenación forestal, en el sector de Garrizal, permitiendo obtener un mayor conocimiento de los recursos de la reserva.

Problemas existentes al interior de la unidad

En términos generales, esta Reserva no presenta problemas de límites, no hay ocupantes ilegales, ni entrada descontrolada de ganado. Este hecho puede estar vinculado a que es la única área silvestre protegida que es propiedad de la Corporación Nacional Forestal. Los problemas que se presentan en su mayor parte son derivados de la falta de presupuesto y de personal para enfrentar la gran demanda de visitantes que tiene la Reserva. En este contexto, un problema crítico es el relacionado con las aguas, que tiene que ver con los sistemas de captación y transporte del agua que usa el público y los sistemas de eliminación de aguas servidas. Aunque la calidad natural del agua de la Reserva es adecuada, los sistemas de captación y transporte aún no han sido regularizados ante el Servicio de Salud Ambiental. Otras dificultades que enfrenta son la carencia de luz eléctrica, el manejo de los residuos sólidos y la sobresaturación de visitantes en periodos estivales y de fines de semana durante igual época.

• Santuario de la Naturaleza Yerba Loca

Fue creado en 1973 y es propiedad de la Municipalidad de las Condes, la cual en 1983 lo entregó en comodato por 30 años a CONAF. Posee una superficie de 11.575 ha.

Se encuentra al oriente de Santiago, en la provincia del mismo nombre, a una altitud que va de los 900 a los 5.500 m.

Un Santuario de la Naturaleza es una categoría de manejo que no está considerada en el SNASPE, y de acuerdo al concepto internacionalmente aceptado, consiste en «un área donde la protección es esencial para la subsistencia de especies o poblaciones de fauna migratoria o residente, de significación regional, nacional o mundial. La extensión del área dependerá de los requerimientos de las especies y exigirá mayor o menor manipulación del hábitat de acuerdo a sus características propias».

Aplicación de su Plan de Manejo

Cuenta con programas de manejo definidos en 1980, los cuales están orientados a la recuperación e incremento del recurso flora y fauna y a la conservación de los suelos. De las actividades programadas solo se han realizado las que siguen: tratamiento de cárcavas²⁷ mediante un sistema mecánico (postes y ramas); tratamiento de los taludes en el camino, utilizando muros de contención con postes y piedras; construcción de un canal de regadío que abastece de agua al actual arboretum y plantaciones vecinas; tratamiento de cauces en el cajón La Leonera; construcción de un sistema evacuación de aguas en el acceso principal de Villa Paulina; programa de recuperación e incremento vegetal a través de plan de reforestación;

²⁷ Grietas en el suelo producto de la erosión.

forestación de 14 ha con especies introducidas; y manejo de la vegetación existente. Cabe señalar que las aguas del estero Yerba Loca están altamente contaminadas con sulfatos en forma natural, lo cual hace que sus aguas no sean aptas para bebida. En cuanto al manejo de uso público, este programa contempla tres subprogramas: Recreación, Interpretación y Educación ambiental, y un subprograma de investigación.

Al igual que en las demás áreas silvestres protegidas de la cuenca, los mayores obstáculos para aplicar el Plan de Manejo han sido la falta de presupuesto y de personal. Existe un Plan de Desarrollo elaborado para el período 1992-1996, más realista que el anterior, pero aún no evaluado.

Problemas existentes al interior de la unidad

No existen problemas de carácter legal o de límites en esta área; sin embargo, existe un grave problema de entrada ilegal de ganado, que llevan en camionadas para que pascen en el lugar. Dentro de este mismo contexto, existe una extracción ilegal de lagartijas. El control se dificulta por la falta de personal.

Un problema potencial, si no se toman las medidas necesarias de disminución del impacto ambiental, es el derecho de explotación minera que posee la empresa La Disputada de los terrenos que existen bajo el glaciar, aunque actualmente su explotación no es rentable.

Antecedentes de fauna para la cuenca Maipo-Mapocho

Esta cuenca se encuentra en la zona de más alta densidad poblacional del país, y como tal ha estado sujeta desde bastante tiempo a una presión antrópica importante. La transformación del paisaje producto de la actividad agrícola, industrial y de urbanización, imponen una serie de restricciones para el desarrollo de las poblaciones naturales de fauna, afectando notoriamente la composición de las distintas comunidades.

En relación a la existencia de datos demográficos sobre fauna, estos son prácticamente inexistentes y los únicos datos cuantitativos de que se dispone son algunos conteos de aves acuáticas que se realizan regularmente en algunos cuerpos de agua del país. Tampoco se dispone de información sobre la capacidad de carga del área, de las especies de mamíferos existentes.

Vegetación natural

Los ambientes presentes en la cuenca, de acuerdo a un estudio de 1983, son:

- *Región de las estepas alto-andinas;*
- *región de los matorrales y bosques esclerófilos;*
- *región de los bosques caducifolios; y*
- *bosque caducifolio de Santiago.*

Situación actual de la infraestructura, equipamiento y dotación del personal que presenta el SNASPE en la cuenca

En el Parque Nacional El Morado prácticamente no existe infraestructura de ningún tipo, el acceso se realiza por la ruta 25 que une Santiago con El Volcán, cuenta con áreas de campismo y algunos senderos de excursión. En la Reserva Nacional

Rio C1arillo existen dos instalaciones, una para administración y otra para fines educacionales y recreativos. Se accede por la ruta 5 y por el camino de Santiago a Pirque, este último está en bastante mal estado en el tramo más cercano a la reserva; cuenta con áreas de merenderos, centros de información, senderos interpretativos y un arboretum. En el Santuario de la Naturaleza Yerba Loca, se dispone de instalaciones de administración y bodega, y servicios higiénicos en muy malas condiciones, adecuada vía de acceso a través de la ruta Santiago a Farellones, áreas de merienda y un sendero de excursión.

Lo anterior muestra una importante carencia de infraestructura, personal y equipos en las tres áreas silvestres analizadas en la cuenca.

3) Control Forestal

*Estadísticas de control*²⁸

En la cuenca, a la fecha del estudio, se calificaron 65.580 ha como de aptitud preferentemente forestal, se desafectaron 8.493 ha y se acogieron a plan de manejo 180.522 ha. En cuanto a la forestación, ésta alcanza una superficie de 14.943 ha, concentrada en la zona de Melipilla y hacia la costa, una zona con problemas severos de erosión. Sin embargo, en las zonas más interiores, Til-Til, Chacabuco, Lampa, y precordillera, San José de Maipo, Pirque, Puente Alto, las superficies son mínimas, debido a las rigurosas condiciones del medio ambiente. Los antecedentes de los planes de manejo indican que las cifras de reforestación en la cuenca sobrepasan las 68.000 ha. Sin embargo, se debe tener presente que éstas corresponden a superficies sometidas a regeneración vegetativa del bosque natural, después de las cortas selectivas.

Se requiere reforzar la fiscalización. Esta tarea es de gran complejidad por el gran número de pequeñas extracciones, para leña y carbón vegetal, que se efectúan en la región, y por la falta de correspondencia que se presenta con frecuencia entre el plan de manejo aprobado y las acciones que posteriormente se realizan en los terrenos.

4) Manejo del Fuego

Antecedentes sobre incendios forestales

La información disponible para las cinco últimas temporadas de incendios, 1988-1989 a 1992-1993, indica que en el área de la cuenca, Región Metropolitana y provincia de San Antonio, en la V Región, ocurrieron 2.653 incendios forestales que afectaron una superficie de 38.404 ha.

Superficies afectadas

De los antecedentes de superficie afectada por incendios forestales para el periodo comprendido entre las temporadas 1989 a 1993, se tiene que del área total de 38.404 ha afectadas por incendios, 1.221 ha corresponden a plantaciones y 37.183 ha a vegetación natural, la que incide en cerca de un 97% del total de la vegeta-

²⁸ En este apartado se entregan las estadísticas de la aplicación del D.L. 101, esto es, superficies calificadas de aptitud preferentemente forestal, superficies acogidas a planes de manejo, superficies y montos bonificados por forestación, administración, podas y dunas, y las infracciones notificadas por incumplimientos relativos a este decreto.

do inundaciones importantes en sectores rurales y urbanos, como asimismo a la infraestructura vial. Especial atención merece el caso del estero Colina, en su paso por las localidades de Colina y Esmeralda, donde ha provocado graves problemas de inundación de poblaciones.

Por su parte, el río Maipo ocasiona daños de consideración en su desembocadura, el sector lo Gallardo y el tramo localizado entre el Puente Lonquén y la localidad de San Antonio de Maltahua, donde frecuentemente se producen inundaciones y problemas de erosión en sectores aledaños al cauce. En su tramo alto, se han presentado principalmente daños en la infraestructura vial que atraviesa algunos de sus tributarios.

De acuerdo al diagnóstico efectuado, la causa más importante de los problemas de inundaciones por crecidas de cauces naturales en la cuenca del río Maipo, se encuentra en la ocupación espontánea de las planicies bajas e inundables de los cauces por asentamientos urbanos, infraestructura de servicios y cultivos agrícolas. Una segunda causa, es la reducción de la capacidad de algunos cauces por embancamiento y presencia de vegetación en su interior, y la construcción de obras de encauzamiento, canalización o cruce, con capacidad insuficiente para evacuar las crecidas.

Como una forma de sintetizar la información de sectores críticos, se incluye a continuación el cuadro N° 13 en el cual se señala la localización de los sectores críticos.

Sectores criticos y principales problemas cuenca Maipo-Mapocho

	Cauce y sector	Problemas y consecuencias	Causas
	Quebrada de Macul, sectores urbanos de las comunas del sector oriente de Santiago (l: 1,5 km)	Inundación y destrucción de viviendas e infraestructura por sedimentos provenientes de la quebrada. Zonas más dañadas: poblaciones Nuevo Amanecer, El Progreso, las Perdices, la Higuera, El Esfuerzo, la Araucana y Vicente Domínguez. Infraestructura afectada: 13.000 m de infraestructura vial. Embanques de los canales San Carlos y las Perdices. Población afectada: 26.000 personas	Arrastre de sedimentos (aluviones) desde la parte alta de la cuenca. Ocupación de zonas de alto riesgo (cono de deyección) con asentamientos urbanos. Estrechamiento del cauce en el sector.
2	Quebrada De Ramón, sectores urbanos de la comuna de La Reina (L: 5km)	Inundación y embanca miento de sectores urbanos de las comunas de Nuñoa y La Reina. Area afectada: 2,5km': sectores densamente poblados, planta de agua potable de EMOS y Centro de Energía Nuclear. Infraestructura afectada: 4.000 m de infraestructura vial urbana dañada por inundaciones y embanca miento (Avs. Tobalaba, Ossa, Larraín, Príncipe de Gales, y otras calles de ambas comunas). Población afectada: 7.000 personas.	Canalización y obras de arte insuficientes . Embancamiento del cauce con sedimentos provenientes de la parte alta de la cuenca,
3	Estero Colina, sector urbano localidad de Colina (L: 10 km)	Desborde del estero provoca inundación en zona urbana. comuna de Colina. Zonas más dañadas: localidades de Colina y Esmeralda . Población Esmeralda, campo militar de Peldehue, población Gendarmería de Chile. Infraestructura afectada: 3.000 m de infraestructura vial. Población afectada: 15.000 personas.	Estrechamiento del cauce en el sector. Ocupación de la planicie de inundación.
4	Zanjón de la Aguada, sector urbano en puente lo Errázuriz (l: 1 km)	Socavación de riberas y desbordes que provocan inundaciones de zonas urbanas. Area afectada: 50 manzanas. Población afectada: 7.000 personas.	Insuficiente capacidad del cauce.

	Cauce y sector	Problemas y consecuencias	Causas
5	Zanjón de La Aguada. Sector canal San Carlos-entrada abovedamiento, calle Carmen. (L: 8,3 km)	Inundación de sectores urbanos aledaños al cauce. Área afectada: 150 manzanas. Zonas más dañadas: poblaciones aledaños al cauce, comuna de La Florida. Población afectada: 15.000 personas.	Canalización existente no tiene capacidad para evacuar el caudal generado en las crecidas mayores.
6	Estero Lampa. Sector agrícola y urbano cercano a la localidad de Lampa (L: 3 km)	Inundación de caminos, sectores agrícolas y periurbanos. Área afectada: 400 ha agrícolas. Infraestructura afectada: 4.000 m de caminos. Población afectada: 400 personas	Ocupación de la planicie de inundación. Insuficiente capacidad del cauce.
7	Río Maipo. Sector desembocadura (L: 3 km)	Inundaciones frecuentes. Área afectada: 13 manzanas. Zonas más afectadas: localidades de Boca del Maipo y Lo Gallardo. Población afectada: 2.000 personas.	Localización de asentamientos urbanos muy próximos al cauce.
8	Río Maipo. Sector aguas abajo puente de Lonquén (L: 3,5 km)	Inundaciones de terrenos agrícolas. Área afectada: 600 ha y 60 viviendas rurales aisladas. Infraestructura afectada: 2 bocatomas. Población afectada: 2.000 personas...	Ocupación de planicie de inundación (en cultivos agrícolas y viviendas).
9	Río Mapocho. Sector puente La Dehesa a puente San Enrique (L: 3 km)	Erosión e inundación de zonas ribereñas al cauce. Área afectada: 7 manzanas urbanas. Infraestructura afectada: 2.100 m red vial. Población afectada: 900 personas.	Ocupación de zonas inundables. Proximidad de instalaciones ribereñas al cauce.
10	Río Mapocho. Sector El Monte, aguas abajo del puente San Fco. del Monte (L: 2 km)	Inundación de terrenos agrícolas y periurbanos localizados aguas abajo del puente San Francisco del Monte, ribera derecha. Área afectada: 10 manzanas urbanas y 100 ha rurales. Infraestructura afectada: 2.500 m de red vial. Población afectada: 2.000 personas.	Ocupación planicie de inundación. Insuficiencia y mal de estado de conservación de obras fluviales.

	Cauce y sector	Problemas y consecuencias	Causas
11	Rlo Mapocho. Sector Talagante, ribera izquierda aguas arriba y abajo del puente FFCC (L: 2,3 km)	Erosión de riberas e Inundación de sectores poblacionales, localidad de Talagante. Area afectada: 6 manzanas urbanas y 30 ha rurales. Infraestructura afectada: 3.000 m de red vial , Instalaciones balneario Tegualda. Población afectada: 500 personas.	Estrechamiento del cauce en el sector. Instalación de viviendas e infraestructura en zonas próximas al cauce, con peligro de erosión. Ocupación planicie de inundación.
12	Rlo Mapocho. Sector Peñaflor, aguas arriba puente Pelvín (L: 4 km)	Inundación de sectores poblacionales y agrícolas de Peñaflor. Area afectada: 7 manzanas urbanas y 30 ha rurales. Infraestructura afectada: 1.000 m de red vial , Laboratorio Nacional de Hidráulica. Población afectada: 500 personas.	Ocupación planicie de inundación . Insuficiencia de obras fluviales.
13	Estero de Las Cruces . Sector Punta Verde a desembocadura de río Colina (L: 15 km)	Inundaciones periódicas del sector. Area afectada : 835 ha rurales. Población afectada: 800 personas.	Insuficiente capacidad por estrechamiento del cauce y presencia de vegetación arbustiva y escombros en el lecho.
14	Rlo Malpo. Sector Valdivia de Palne (L: 3,5 km)	Inundación de sectores poblacionales y agrícolas. Area afectada: 11 manzanas urbanas y 1.000 ha rurales. Zonas más dañadas: área urbana de Valdivia de Palne. Infraestructura afectada: 1.500 m de red vial rural. Población afectada: 1.000 personas .	Ocupación planicie de inundación . Insuficiencia de obras fluviales.
15	Rlo Mapocho, Area Metropolitana. sector comunas de Renca, Quinta Normal y Cerro Navla. Puente Bulnes a Puente Pudahuel (A. Vespuclo) (L: 11 km)	Erosión de taludes de encauzamiento existente , con peligro para Infraestructura y zonas urbanas aledañas. Area potencialmente afectada: 200 ha urbanas. Infraestructura afectada: 20 km de vías (costaneras). Población potencialmente afectada: 12.000 personas .	Encauzamiento existente no cuenta con protecciones suficientes .

Fuente: Estudio de Factibilidad. Programa de Manejo de Cuenas Hidrográficas. Cuenca río Maipo. Ministerios de Agricultura y Obras Públicas, y Programa de Preinversión MIDEPLAN-BID. Diciembre de '995.

Los problemas generados por las crecidas han sido abordados en la cuenca del río Maipo/Mapocho principalmente a través de la ejecución de medidas estructurales y secundariamente de medidas no estructurales. En cuanto a las primeras, las principales corresponden a la canalización del río Mapocho en el centro de Santiago y en su tramo alto, y el abovedamiento del Zanjón de La Aguada en parte de su trayecto. Otras obras relevantes son aquellas construidas por la municipalidad y particulares en el estero Las Hualtatas y sus afluentes, y la canalización de la prolongación urbana de la quebrada De Ramón. Estas obras han funcionado en general en forma adecuada, a excepción de la canalización de la quebrada De Ramón en el sector urbano de la comuna de La Reina, donde se presentan frecuentes desbordes debido a la insuficiencia hidráulica de la sección y en especial de sus obras de arte.

También se analizaron las longitudes de los sectores críticos y las obras de defensa fluvial existentes, para cada cauce analizado. Sus resultados fueron los que siguen: en la cuenca del río Maipo se analizó un total de 614 km de cauce, de los cuales fueron considerados críticos 208 km (33,88%) de la ribera izquierda y 255,4 km (41,60%) de la ribera derecha. Por otra parte, existe un total de 66,7 km de defensas fluviales en la ribera izquierda y 84,9 km en la ribera derecha, lo que representa un 32,04% y un 33,26% de los sectores críticos, respectivamente. Cabe señalar que los sectores críticos comprenden tanto aquellos que no se encuentran defendidos por obras, como aquellos que sí lo están. Las obras ejecutadas representan importantes porcentajes de los sectores considerados críticos, aun cuando continúan siendo insuficientes para la protección total de estos sectores. Por otra parte, las defensas construidas requieren ser complementadas, recargadas y mantenidas, puesto que varias de ellas no logran controlar las crecidas de los cauces, ya sea por presentar longitudes insuficientes o por encontrarse en mal estado.

En lo relativo a medidas no estructurales, la principal de ellas corresponde a la regulación de uso de las áreas con riesgo de inundación y/o erosión, lo que se logra normalmente a través de los instrumentos de planificación urbana definidos por la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.

En el siguiente cuadro se muestran las localidades más importantes afectadas por crecidas fluviales en la cuenca en estudio y se indica el tipo de instrumento de planificación urbana que poseen.

Cuadro 14

Localidades más importantes afectadas por crecidas fluviales, y tipo de instrumento de planificación urbana que poseen.

Localidad	Tipo de plan	Año
San Antonio	Límite urbano	1984
Rocas de Santo Domingo	Plan regulador comunal	1989
Area Metropolitana	Plan regulador intercomunal	1990
Colina	Sin plan	
Lampa	Sin plan	
Til-Til	Sin plan	
San José de Maipo	Sin plan	
Puente Alto	Plan regulador comunal	1984
Buín	Sin plan	
Paine	Plan regulador comunal	1993
Melipilla	Plan regulador comunal	1988
Maria Pinto	Sin plan	
Curacaví	Plan regulador comunal	1991
Talagante	Plan regulador comunal	1946'
El Monte	Sin plan	
Isla de Maipo	Sin plan	
Peñaflor	Límite urbano	1970

* Los límites urbanos se actualizaron en 1992.

Fuente: Estudio de Factibilidad. Programa de Manejo de Cuencas Hidrográficas. Cuenca río Maipo. Ministerios de Agricultura y Obras Públicas, y Programa de Preinversión MIDEPLAN-BID. Diciembre de 1995.

Analizando los diferentes instrumentos de planificación urbana existentes, se definen tres niveles de efectividad:

- En la localidad de Talagante, el plan regulador debido a su antigüedad no indica zonas con restricción. Dado que en esta localidad existen zonas inundables, sería conveniente actualizar el plan regulador, estableciendo zonas con restricción.
- En las localidades de Curacaví, Paine, Puente Alto y el Area Metropolitana, las zonas inundables corresponden a aquellas ubicadas como zonas con restricción. Sin embargo, éstas se han sobrepasado, llegando la inundación en algunos sectores hasta zonas definidas como de consolidación urbana. Sería aconsejable que las autoridades correspondientes actualizaran los planes reguladores. Se destaca el caso del Area Metropolitana, en donde no se han contemplado zonas con restricción en los terrenos aledaños a las quebradas donde se produjeron avalanchas en mayo de 1993.

- En las localidades de Melipilla y Rocas de Santo Domingo, los sectores inundados durante las crecidas corresponden a los indicados en los planes reguladores como zonas con restricción por inundación. Sin embargo, se considera conveniente revisar dichas zonas, considerando las nuevas tendencias de expansión urbana.

En relación a las localidades que no poseen plan regulador, o sólo tienen definido el límite urbano, se considera recomendable formular estos planes definiendo las zonas con restricción por inundación.

Finalmente, cabe hacer notar que la definición más precisa de las zonas de restricción por inundación, requiere de la realización de estudios técnicos específicos orientados a determinar las zonas de alto riesgo.

Otra medida de tipo no estructural son las medidas de alerta y prevención de crecidas. Actualmente, las cuencas de los ríos Maipo y Mapocho cuentan con un sistema de alerta muy básico y rudimentario, implementado por la Oficina Nacional de Emergencia después de los fenómenos climatológicos del año 1982. Este se basa en puntos de control en estaciones pluviográficas e hidrométricas ubicadas en El Manzano en el cajón del Maipo, y en Los Almendros en la cuenca alta del río Mapocho.

En estas estaciones se definieron niveles críticos, a partir de los cuales se controla con mayor detalle el aumento de caudal y se entra en una situación de preemergencia, adoptándose medidas a fin de aminorar los potenciales daños que pudieran ocurrir. En base a este sistema, la Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior, ONEMI, ha establecido ciertas pautas para actuar frente a emergencias, las cuales han dado resultados medianamente aceptables, dado que están orientadas sólo a actuar como medidas de pronóstico.

Por su parte, la Dirección General de Aguas, DGA, actúa también en la prevención de emergencias fluviales, asesorando a las autoridades con la información que dispone en sus estaciones de control. Este mismo servicio ha venido desarrollando, desde el año 1986, el estudio del Sistema Nacional de Alerta de Crecidas Pluviales, entre la V y la X Región. En la Región Metropolitana se ha tomado como área piloto el río Maipo, sector de Isla de Maipo y río Angostura, sector Valdivia de Paine.

Otras medidas no estructurales adoptadas son la regulación de uso del cauce, el control de bocatomas y la organización interinstitucional para situaciones de emergencia.

6) Gestión y conservación de los Recursos Hídricos

• Disponibilidades y demandas de agua

Para el análisis de disponibilidades de aguas superficiales y demandas, se han identificado ocho sectores al interior de la cuenca. Las disponibilidades de recursos hídricos superficiales en cada sector se estimaron sobre la base de los caudales medios mensuales en régimen natural, calculados según los registros de las estaciones fluviométricas pertinentes en cada área. También se consideró el efecto de trasvase de canales desde otros sectores o subcuencas, y las recuperaciones del río que correspondieran.

En el cuadro siguiente se resumen las disponibilidades hídricas de la cuenca.

Cuadro 35

Disponibilidades hídricas (m³/s) en sectores de la cuenca.

Sector	Nombre	Caudal medio subterráneo anual	Caudales Superficiales					
			Año Hidrológico Tipo					
			Medio anual	Medio me, mínimo,	Medio anual	Medio me, mínimo	Medio anual	Medio me, mínimo
A	1ª Sección Maipo	6,35	101,54	54,74	70,18	40,33	5,48	41,20
B	2ª Sección Maipo	5,50	50,90		33,00		24,40	
C	3ª Sección Maipo	6,00	80,49	47,50	47,30	15,45	34,62	7,81
D	Mapocho Oriente	1,42	6,88	3,06	3,79	1,48	2,61	0,94
E	Mapocho Poniente	4,53	33,29	26,96	20,24	17,07	16,02	13,73
F	Angostura Estero	0,25	9,48	6,04	6,05	3,64	4,78	2,72
G	Puangué	0,14	1,35	0,10	0,35	0,05	0,15	0,05
H	Lampa	1,00	2,27	0,61	1,44	0,39	0,90	0,27

Fuente: Estudio de Factibilidad. Programa de Manejo de Cuencas Hidrográficas. Cuenca Maipo. Ministerios de Agricultura y Obras Públicas, y Programa de Preinversión MIDEPLAN-BID. Diciembre de 1995.

Recursos de aguas subterráneas

A este respecto, también se ha clasificado la cuenca en ocho sectores de acuerdo a sus características hidrogeológicas. Estas son: 1) Til-Til/Lampa; 2) Chacabuco/Poipaico; 3) Colina/Batuco; 4) Maipo/Mapocho Superior; 5) Maipo/Mapocho Central; 6) Maipo Inferior; 7) río Angostura, y 8) estero Puangué.

La principal fuente de recarga de los acuíferos es la constituida por las percolaciones de las precipitaciones y de los caudales que escurren por los cauces naturales superficiales; en algunos sectores, también las percolaciones del agua de riego adquieren cierta importancia. Las napas presentan variaciones estacionales y, en algunos sectores, también interanuales. El principal uso de las aguas subterráneas es para regadío y agua potable en los grandes centros urbanos.

En cuanto a las posibilidades de mayores aprovechamientos del recurso de aguas subterráneas, solo es posible si se trata de sondajes individuales relativamente aislados; en caso contrario, se presentarán problemas de descenso de los niveles de las aguas subterráneas, como ocurre en el sector de Chacabuco/Poipaico, en el cual, desde 1982, los sondajes han aumentado en un 30%.

Demandas actuales y futuras

A continuación se exponen los cuadros en los cuales se resumen las demandas actuales y futuras para la cuenca:

Cuadro 16

Demandas actuales del recurso agua en la cuenca (m³/s)

Sector	Nombre	Regadio	Agua potable	
A	1ª Sección Maipo	36,60	16,08	1,94
B	2ª Sección Maipo	16,89		
C	3ª y 4ª Sección Maipo	26,41	0,67	0,01
D	Mapocho oriente	1,04	3,29	0,29
E	Mapocho poniente	27,49	0,30	0,07
F	Angostura	2,16		0,01
G	Estero Puangue	3,80		0,00
H	Lampa	12,95		0,30

Fuente: Estudio de Factibilidad. Programa de Manejo de Cuenas Hidrográficas. Cuenca río Maipo. Ministerios de Agricultura y Obras Públicas, y Programa de Preinversión MIDEPLAN-8/D. Diciembre de 1995.

Cuadro 17

Demandas futuras de recurso agua en la cuenca (m³/s)

Sector	Nombre	Regadio	Agua potable	Industrial y minera
A	1ª Sección Maipo	48,71	27,91	3,84
B	2ª Sección Maipo	31,32		0,00
C	3ª y 4ª Sección Maipo	21,71	0,90	0,01
D	Mapocho oriente	0,77	4,92	0,49
E	Mapocho poniente	20,41	0,55	0,10
F	Angostura	1,61		0,02
G	Estero Puangue	3,12		0,00
H	Lampa	5,27		0,45

Fuente: Estudio de Factibilidad. Programa de Manejo de Cuenas Hidrográficas. Cuenca río Maipo. Ministerios de Agricultura y Obras Públicas, y Programa de Preinversión MIDEPLAN-BID. Diciembre de 1995.

• Balances entre disponibilidades y demandas

Basándose en las disponibilidades hídricas en los diferentes sectores de la cuenca, de acuerdo a la síntesis presentada en el cuadro 15 y las demandas actuales y futuras, resumidas en los cuadros 16 y 17, se establecieron balances mensuales para años tipo, con probabilidades excedencia 20%, 50%, 85% y 95%. De este análisis

se concluye que en la situación actual sólo se detectan déficits para los años tipo 85% y más secos, en los sectores 3ª Sección Maipo (e); Mapocho Poniente (E); Estero Puangue (G) y Lampa (H). Estos déficits se producen en general durante los meses de noviembre y marzo. Sólo para años tipo 95% se generan actualmente déficits en los sectores 1ª Sección Maipo (A) y Mapocho Oriente (D). El sector con déficits relativos más significativos es el sector Estero Puangue (G).

En la situación futura, el único sector en que no se detectan déficits es el sector Angostura (F). En este escenario de demandas, el sector 1ª Sección del Maipo (A), pasa a ser el que presenta déficits más significativos dada su importancia económica, puesto que éstos se generan a partir de años tipo 85% y se extienden desde el mes de septiembre a abril. Los sectores Mapocho Poniente (E), 3ª Sección del Maipo (C), Estero Puangue (G) y Lampa (H), también presentan déficits a partir de los años tipo 85%.

• Calidad de las aguas superficiales

Físico-química

Las características más notables de la calidad química de las aguas, se relacionan con los yacimientos y explotaciones mineras y con las descargas de efluentes industriales o Riles.

➤ Río Mapocho

En la cuenca superior se presentan aguas superficiales de calidades muy diferentes, de acuerdo al tipo de explotación minera existente. Los afluentes superiores, río San Francisco y estero Yerba Loca, presentan altos contenidos de cobre, sulfatos y una condición ácida relacionada con los yacimientos y explotaciones mineras de la zona. A la altura de la entrada del río a Santiago, sector Los Almendros y El Arra-yán, la situación mejora debido a efectos de dilución por la afluencia de algunos tributarios cercanos. Las concentraciones de sulfatos vuelven luego a incrementarse a consecuencia de los aportes del canal San Carlos, estero Lampa y el Zanjón de la Aguada, observándose valores ocasionalmente altos hasta la localidad de El Monte. Estos tributarios también producen un aumento de cloruros y de conductividad eléctrica.

En estas aguas las concentraciones de hierro total y manganeso están sobre las normas para aguas de riego. Se observan también concentraciones notorias de cromo particulado y zinc, que aunque están bajo los límites de la norma, manifiestan su origen industrial. Por otro lado, se detectan concentraciones de cadmio que casi doblan la norma. Finalmente, las altas concentraciones de cloruros, sodio y ocasionalmente sulfatos, son concordantes con los altos valores de conductancia específica y de sólidos disueltos.

Aguas abajo de la confluencia del Zanjón de la Aguada con el río Mapocho, se ubican importantes bocatomas: canales Las Mercedes, Esperanza Alto y Bajo, y Castillo, que riegan una extensa zona que cubre aproximadamente unas 11.520 ha. aguas abajo se ubica la captación del canal Mallarauco que riega 6.600 ha.

A la altura de El Monte, el río Mapocho mejora significativamente su calidad físico-química como resultado de importantes recuperaciones y afloramientos de aguas subterráneas. No obstante, las concentraciones de cobre siguen excediendo la norma.

➤ Río Maipo

El río Maipo presenta condiciones mucho más uniformes a lo largo del cauce, que el río Mapocho. En sus cursos superiores cordilleranos se detectan concentraciones levemente altas de fierro, las cuales a la altura de El Manzano se han reducido significativamente. No se observan problemas de concentraciones de cobre, siendo las aguas de buena calidad química en general.

El río presenta una condición alcalina en toda su extensión, con un claro predominio y altas concentraciones de sulfatos, y una relativamente alta conductividad, asociado a los yacimientos yesíferos de algunos afluentes superiores cordilleranos.

La concentración de cloruros también es alta, pero solo en las zonas cordilleranas superiores del río, mejorando significativamente aguas abajo. De igual modo, la concentración de magnesio es baja en toda la cuenca, al igual que la de arsénico.

El régimen de arrastre de sedimentos en el río Maipo es esencialmente nival.

- Calidad bacteriológica y contaminación orgánica

➤ Río Mapocho

Entre el canal San Carlos y el aeropuerto Arturo Merino Benítez, el río recibe unos 23 descargas de aguas servidas que, en términos de caudal medio, totalizan aproximadamente unos 3.275 l/s. Como consecuencia, la calidad microbiológica del río se deteriora paulatina y significativamente entre ambas localizaciones, alcanzando niveles de coliformes fecales de 10^5 y 10^6 NMP/1100 ml. No obstante, en dicho tramo los niveles de Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO, y de Oxígeno Disuelto, DO, son totalmente aceptables.

El Zanjón de la Aguada recibe aproximadamente el 67% de las aguas servidas de Santiago y gran parte de los Riles del área, cerca de 9.800 l/seg., en consecuencia, el contenido metálico de sus aguas y las concentraciones de salmonela, parásitos y virus, son muy altas, produciendo problemas de contaminación microbiológica ambiental y por su utilización en regadío. Estas aguas presentan niveles de coliformes fecales de 10^7 NMP/100 ml, niveles de Demanda Biológica de Oxígeno, DBO, de 210 a 315 mg/l y nulas concentraciones de Oxígeno Disuelto, DO.

Aguas abajo de Maipú, el río recibe además otros colectores de aguas servidas; de la ciudad de San Bernardo, por ejemplo. Sin embargo, por las recuperaciones y afloramientos antes citados, sus aguas mejoran notablemente, alcanzando frente a la localidad de El Monte condiciones de calidad microbiológica aceptables. Pero, es posible afirmar que con estas aguas contaminadas se riegan aproximadamente 36.150 ha, a través de un sistema de canales que cubren los sectores de Conchalí, Renca, Quilicura, Noviciado, Maipú, Peñaflor, Talagante, El Monte y estero Puangue. El régimen sedimentométrico del río Mapocho es esencialmente nivopluvial, con concentraciones significativamente menores que las del río Maipo.

➤ Río Maipo

El río Maipo mantiene una calidad microbiológica relativamente adecuada hasta el sector de Las Vertientes. Aguas abajo de Puente Alto y por efecto de las descargas de aguas servidas de esta localidad, las concentraciones de coliformes fecales se elevan al orden de los 10^4 NMP/100 ml, lo que afecta el uso posterior de las aguas en el regadío de aproximadamente 83.000 ha. En el sector de Puente Alto también se detecta un aumento significativo de la Demanda Química de Oxígeno, DQO, producto de los Riles de la industria papelera.

Aguas abajo la calidad de las aguas tiende a mejorar; sin embargo, pasado la localidad de El Monte, recibe los aportes del río Mapocho, las descargas de aguas servidas tratadas y las descargas industriales de Melipilla. Finalmente tributa el estero Puangue, que a su vez ha recibido las descargas de aguas servidas de Curacaví. Por esto, a la altura de Naltahua y Chiñihue, la concentración de coliformes fecales vuelve a subir a órdenes de 10^4 NMP/100 ml, aunque las concentraciones de 080 y 00 son aceptables.

Hacia la desembocadura, la calidad bacteriológica es regular, siendo su uso hídrico principal el abastecimiento de agua potable de los balnearios del litoral central. No obstante, existen sistemas de tratamiento de las aguas captadas, obteniéndose índices adecuados de calidad, aunque no se tienen antecedentes concluyentes con respecto a la contaminación viral.

• Calidad de las aguas subterráneas

En los muestreos de calidad de aguas en pozos, y en estudios recientes, se han detectado en diversas captaciones concentraciones excesivas de nitrato, plomo, sulfatos, y más ocasionalmente de mercurio, hierro y arsénico. El contenido alto de nitratos está en general asociado a la contaminación por aguas servidas y de fertilizantes agrícolas, y ha sido detectado en el sector de Chiñihue, en algunas localidades a lo largo del río Maipo, y en la zona de Maipú. Esta distribución geográfica es acorde al posible origen de esta contaminación. La concentración de plomo excede la norma de agua potable y, aunque no presenta un patrón geográfico definido, tiende a presentarse en mayor proporción en torno a las zonas industriales de Maipú y Quilicura. En todo caso, las concentraciones no son significativamente muy altas.

Finalmente, en un alto porcentaje de los pozos muestrados (75%), se detecta exceso de sólidos disueltos y de sulfatos, con respecto a la norma para agua potable.

• Infraestructura existente para el aprovechamiento de los recursos hídricos

Infraestructura de riego

En los canales de riego existentes se presentan los siguientes problemas más importantes:

- Necesidad de unificación de bocatomas de canales Huidobro y Unidos de Buin en la 1ª Sección del Maipo.
- Déficit de capacidad del canal Arriaga y falta de obras de distribución 1ª Sección Maipo.

- *Significativa falta de obras de distribución en diversos canales de la 3ª Sección del Maipo.*
- *Mal estado de obras de arte importantes en algunos canales de la 3ª Sección del Maipo y en el canal de Mallarauco.*

Por otro lado, existen diversos embalses medianos y pequeños, alrededor de 180, en diferentes estados de conservación y seguridad.

Finalmente, como ya se ha señalado, gran parte del abastecimiento regular de agua de riego en la zona Chacabuco-Polpaico, proviene de captaciones de aguas subterráneas por pozos, los que están en buen estado y operan adecuadamente.

Uno de los problemas generales más significativos e importantes de la infraestructura de riego, es su interferencia con la infraestructura urbana, especialmente en Santiago y en otras localidades importantes de la zona Metropolitana. Estos problemas se derivan de la incorporación de basuras y escombros a los cauces y por el uso de los canales como cauces interceptores y conductores de aguas lluvias en los procesos de urbanización.

Infraestructura de agua potable

La Empresa Metropolitana de Obras Sanitarias, EMOS, abastece de agua potable prácticamente al 85% de la población del Gran Santiago y localidades circundantes. El saldo lo abastecen servicios particulares, de los cuales los más importantes son las empresas de Agua Potable de Lo Castillo y MANES que operan en el sector oriente de Santiago, con captaciones subterráneas.

Las fuentes de captación de EMOS son mayoritariamente superficiales y provienen de la Laguna Negra y del embalse El Yeso (200 x 10*6 m'), en la cuenca cordillerana del río Maipo. Complementariamente, la empresa también posee captaciones subterráneas, principalmente en el área de Maipú y Santiago Norte.

En general, la infraestructura existente es adecuada para dar una buena calidad de servicio en un alto porcentaje de los diferentes tipos de año. No obstante, EMOS no cuenta con fuentes alternativas de importancia para una situación de emergencia o de extrema sequía. Se detecta también la falta de derechos de agua a futuro, de capacidad de traslado a algunos sectores como Puente Alto, San Bernardo, Antonio Varas, Pedro de Valdivia Norte -impulsión- y una baja capacidad de almacenamiento en algunos establecimientos, entre ellos Peralillo, Trinidad, Lo Hermida y La Reina.

La red de distribución también presenta un porcentaje no despreciable de pérdidas, que pueden reducirse, y ciertas restricciones en sectores como Quilicura, La Reina alta, Lo Cañas y Pajaritos.

En todo caso, EMOS y las demás empresas de agua potable deben disponer, por requerimiento de la ley, de planes de desarrollo para implementar las obras y mejoramientos que requieran estos servicios a futuro.

Uso minero e industrial

La relativamente escasa actividad minera en la cuenca está fundamentalmente concentrada en el sector cordillerano de las cuencas Maipo y Mapocho. La de mayor

envergadura es la mina de cobre Disputada de Las Condes. Todas las explotaciones existentes tienen una infraestructura hidráulica adecuada, de acuerdo a sus necesidades y derechos de agua establecidos, y que no interfiere con otros sistemas y usos, con la excepción de los aspectos ambientales y de contaminación.

Uso hidroeléctrico

La infraestructura hidráulica de uso hidroeléctrico está en buen estado de operación y de seguridad, no presentándose limitaciones para el uso eficiente del recurso. No obstante, ocasionalmente ésta produce problemas y perjuicios de variable intensidad en las bocatomas de los canales de riego, por los golpes de agua.

• Administración del recurso hídrico

Situación general de derechos de aprovechamiento

El aprovechamiento y el ordenamiento legal de las aguas de la cuenca del Maipo es de antigua data, remontándose en muchos casos hasta el periodo de la Colonia.

Desde el punto de vista de los derechos consuntivos permanentes, los cauces pueden considerarse «agotados», aunque todavía es factible plantearse la disponibilidad de derechos consuntivos eventuales.

Por otro lado, están vigentes en la cuenca reservas de derechos de agua para el Estado, tales como 2S m^3/s de sobrantes en la 3ª Sección del Mapocho para un eventual destino de regadío de Curacaví y Casablanca; y los 2,7 millones de m^3 del río Til-Til para el embalse Rungue.

En relación a las demandas de agua del sistema EMOS, esta empresa ha establecido un poder comprador de derechos de agua del sector agrícola, a objeto de solucionar su problema de fuentes superficiales de abastecimiento.

Debido a la forma de expresar los derechos sobre aguas superficiales, ya sea como acciones, caudal, o partes alicuotas del río, no es fácil establecer a nivel del río, en forma homogénea, todos los derechos en la cuenca.

Respecto al uso creciente de las aguas subterráneas para el abastecimiento de agua potable en el Gran Santiago, se está produciendo una creciente presión de solicitudes de derechos de agua, cuya evolución puede provocar a corto o mediano plazo problemas de agotamiento de las fuentes existentes.

Organizaciones de usuarios

En la cuenca existen varias Juntas de Vigilancia organizadas legalmente: " Sección del Maipo; " Sección del Mapocho; estero El Arrayán; estero Agua Fría; río Paine; río Angostura; río Peuco.

En otros sectores y secciones de la cuenca, los canalistas y sus asociaciones se organizan de hecho para operar como Juntas de Vigilancia. En todas las secciones y subcuencas en las cuales hay escasez de aguas en períodos secos, los canales están organizados en Comunidades de Agua o Asociaciones de Canalistas, desde hace muchos años, y por lo tanto los derechos de los mismos se conocen y en general se respetan, sin generarse grandes problemas. La Dirección General de Aguas ha efectuado un catastro de todos los usuarios y sus asociaciones.

Finalmente, a pesar de los indicios de sobreexplotación de las aguas subterráneas en algunos sectores de la cuenca, no se ha declarado aún ninguna área de restricción para el uso de las mismas y, por lo tanto, tampoco se ha organizado ninguna comunidad.

En general, las Juntas de Vigilancia se organizan con un directorio ad-honorem y una pequeña planta de personal permanente, que incluye un Juez de Río. Para problemas específicos, se recurre a ingenieros y abogados en calidad de consultores. A veces, tanto el Juez de Río como los celadores solo son contratados en períodos críticos. La organización de las Asociaciones de Canalistas es muy similar, puesto que mantienen una planta técnica permanente con celadores y obreros.

En resumen, la organización de la administración de las aguas superficiales es adecuada a las necesidades y requerimientos operativos de cada sector dada la tradición existente al respecto. Un problema operativo que irá adquiriendo creciente importancia, y que actualmente no está solucionado, es la influencia que provocarán en las captaciones de varios canales los cambios en las descargas de aguas servidas de Santiago a causa de los programas de plantas de tratamiento de EMOS.

• Consideraciones sobre la eficiencia en el uso de los recursos hídricos e impacto de las sequías

Eficiencias en el uso del recurso hídrico

Los usos consuntivos³⁰ más significativos en la cuenca son el regadío y el sistema de agua potable de EMOS, por ello el análisis de la eficiencia se centró en estos aspectos.

De acuerdo a la información disponible, la eficiencia promedio actual para las aproximadamente 135.000 ha bajo riego en las cuencas Maipo-Mapocho, es del 36 %, esto es, las «pérdidas» a nivel de cada usuario directo serían de 64% de la demanda.

De igual manera, estos datos significan que existe un amplio margen de mejora de la misma hasta llegar a valores factibles, a nivel promedio en la cuenca, del 46%.

De este modo, considerando que el volumen anual de demanda de agua en regadío alcanza aproximadamente a 3.460 millones de m³, las mayores eficiencias posibles de riego podrían ahorrar cerca del 10% de la demanda actual en regadío. Esto significaría disponer de unos 346 millones de m³ al año, para la redistribución del recurso en toda la cuenca, o para otros usos. Es necesario considerar, sin embargo, que parte de los actuales niveles de pérdidas para un usuario, constituyen aportes aguas abajo para otros, a través del proceso de derrames y recuperación.

En relación al efecto de las eficiencias en el sistema de agua potable de EMOS, se ha estimado que el nivel actual promedio de pérdidas es aproximadamente de 44%, es decir, posee una eficiencia de uso del 56% entre el recurso captado y el entregado a cada usuario. El monto actual de estas pérdidas alcanzarían un caudal medio anual de 7,75 m³/s. De acuerdo a los programas de desarrollo de EMOS, estas pérdidas podrían reducirse al 30%, lo cual significaría una mayor disponibilidad del 14% del agua captada, es decir, un caudal medio anual de 2,5 m³/s.

³⁰ Los derechos consuntivos son aquellos que facultan a su titular a consumir totalmente las aguas. En cambio, los derechos no consuntivos son aquel/os que permiten emplear el agua sin consumirla y obligan a restituirla en la forma en que lo determine el acto de adquisición o de constitución del derecho.

Impacto de las sequías

Para analizar el impacto de futuras sequías extremas, se usó como referencia la situación de disponibilidad de aguas del año 1968-69, al cual le corresponde aproximadamente una probabilidad de excedencia del 95%. De los resultados de dicho balance, se concluye que frente a tal situación de sequía, se producirían significativos déficits de agua en todos los sectores de la cuenca. Estos déficits son especialmente significativos e importantes en el sector que incluye las 1ª Secciones de los ríos Maipo y Mapocho.

En la cuenca, los cultivos permanentes abarcan actualmente el 32% de la superficie regada, aprox. 14.250 ha, representando el 30% de las demandas de riego -9,73 m³/s de caudal medio anual. Si en un año de sequía se satisficieran, por ejemplo, sólo el 80% de demandas de agua potable, en un mes de octubre de un año de sequía se podría satisfacer sólo el 25% de la demanda de riego de dicho sector, y sólo un 40% de la del mes de diciembre. Además, es necesario considerar que respecto a ese período, la población del Gran Santiago ha crecido en un 45%.

De este modo, en una situación de sequía extrema se producirían serios problemas ambientales en los cauces ya contaminados actualmente, como también en otros que aún no presentan problemas. Ello se produciría por efecto de la significativa baja en las diluciones ante las descargas de aguas servidas y Riles, que alcanzarían en el río Mapocho, en la localidad de Maipú, niveles de 16 m³/s de caudal natural.

A ello habría que sumar los cambios ocurridos en la tenencia de la tierra y el deterioro y la persistencia de inadecuaciones en la infraestructura de canales. En una situación de sequía, ello generaría graves conflictos entre usuarios en la asignación y repartición de las aguas, y grandes daños en la producción agrícola de los pequeños propietarios.

A continuación, se presenta un cuadro resumen con los principales problemas en la gestión y conservación de los recursos hídricos de la cuenca, jerarquizados de acuerdo a su importancia relativa.

Identificación y jerarquización de problemas del recurso agua en las cuencas de los ríos Maipo y Mapocho.

	Problema	Causas	Consecuencias
1.	Contaminación biológica de las aguas superficiales en la cuenca del río Mapocho y en la 2ª y 3ª Sección del río Maipo	Descargas de aguas servidas sin tratamiento de las ciudades de Santiago, Curacaví, Talagante, El Monte, Peñaflor y Padre Hurtado	Problemas de salud pública; deterioro del ambiente y del recurso hídrico; y limitación del uso del agua en el riego de cultivos hortícolas
2.	Déficit actual y futuro de agua superficial en la 1ª Sección del río Maipo	Falta de regulación	Limitación a la satisfacción de demandas actuales y futuras
3.	Déficit actual y futuro de agua superficial en la 2ª Sección del río Mapocho	Naturaleza hidrológica de la cuenca; falta de fuentes	Limitación al desarrollo futuro de la zona para satisfacer las demandas
4.	Interferencias de las infraestructuras y población urbana con los canales de riego de Santiago y otras ciudades de la Región Metropolitana	Falta de un marco regulatorio al respecto, que norme y controle las interferencias de las urbanizaciones, con la infraestructura de canales y de sistemas de aguas lluvias	Contaminación de aguas de riego; problemas de mantención y reparación de canales; conflictos entre usuarios y pobladores; y problemas operativos de los canales
5.	Proyección de crecimiento de demandas hídricas sobre recursos subterráneos del acuífero del sector de Santiago Oriente	Potencial sobreexplotación del recurso con la generación de conflictos entre usuarios	Restricciones futuras a la explotación y desarrollo de aguas subterráneas; aumento de costos de explotación de los pozos
6.	Descensos significativos en los niveles de aguas subterráneas en el sector Chacabuco-Polpaico	Sobreexplotación persistente del acuífero para satisfacer demandas agrícolas del agua	Restricciones al desarrollo de aguas subterráneas; aumentos de costos de explotación de los pozos
7.	Contaminación del acuífero en el sector de Maipú, Rinconada y Renca Norte	Presencia de nitratos por percolaciones de aguas de riego y aguas servidas	Problemas de salud pública; limitaciones al uso de agua de regadío y agua potable sin tratamiento
8.	Contaminación salina del acuífero del sector de la desembocadura del río Maipo	Explotación intensiva del acuífero profundo por los pozos de la empresa Aguas Quinta para el abastecimiento de agua potable del sector central sur	Limitación de extracciones actuales y de nuevas extracciones superficiales para otros usos (conflictos con sector riego)

9.	Insuficiencia de la red de monitoreo de tipo fluviométrico, sedimentométrico, calidad de aguas, de aguas subterráneas y de las extracciones para el uso del recurso hídrico	Falta de recursos económicos para la instalación y operación de estaciones de control	Caracterización y evaluación incompleta e inadecuada de la cantidad, distribución, calidad y grado de contaminación de los recursos hídricos subterráneos y superficiales; insuficiencia de antecedentes para caracterizar y planificar adecuadamente el recurso hídrico
10.	Déficit actual y futuro de agua superficial en el sector regado con recursos de la 3ª Sección del río Mapocho (Rinconada de Maipú)	Naturaleza hidrológica de la cuenca; falta de fuentes	Limitación al desarrollo futuro de la zona para satisfacer demandas agrícolas
11.	Déficit actual y futuro de agua superficial en la cuenca del estero Puangue	Naturaleza hidrológica de la cuenca	Limitación a la satisfacción de demandas actuales y futuras

Fuente: Estudio de factibilidad. Programa de Manejo de Cuencas Hidrográficas. Cuenca río Maipo. Ministerio de Agricultura y Obras Públicas, Programa de Preinversión MIDEPLAN-BID. Diciembre de 1995.

7) Aspectos Ambientales

Recurso Suelo

En la zona alta de la *cuenca*, cordillera, los procesos erosivos son causados por la topografía y los fenómenos climáticos. En los sectores medio y bajo, en cambio, estos obedecen principalmente a intervenciones antrópicas. Entre ellas se destacan las inadecuadas prácticas agrícolas, la sobreexplotación de la vegetación para leña y carbón, el sobrepastoreo y la falta de reforestación.

En relación a este último aspecto, un estudio realizado por el Ministerio de Agricultura y FAO en 1993, señaló que algunas comunas periurbanas de Santiago presentan importantes porcentajes de erosión de sus suelos: Colina, 27,5%; Lampa, 54,15%; Curacaví, 85,7%; Til-Til, 94,67%; Paine, 53,08%; e Isla de Maipo, 62,22%.

Otro importante factor de pérdida de suelos en la cuenca es la sustitución de parte de los mejores suelos regados, 97.900 ha, por urbanizaciones". También se presentan pérdidas de suelo por extracción de arcillas y áridos no regulados, en las comunas de La Florida, Lampa, Maipú, Pomaire y Conchalí, y en el río Mapocho.

Recurso Agua

La calidad físico-química de las aguas es aceptable para la mayor parte de los usos en el curso medio y bajo de la cuenca. Al respecto, la cuenca del río Maipo presenta condiciones más uniformes que el río Mapocho.

La conductividad de las aguas del Mapocho, así como el contenido de cloruros, se ven influenciados por las descargas de aguas servidas que se realizan entre el canal San Carlos y el puente que va al aeropuerto Arturo Merino Benítez.

El problema de contaminación que afecta a los cursos de aguas del Mapocho, Maipo y otros afluentes, se ve agravado por la ausencia de tratamientos ya sean físicos, químicos o biológicos de las aguas servidas.

Cabe señalar, que en las actuales condiciones del desarrollo urbano metropolitano las industrias se concentran en la parte alta y media de la cuenca, descargando sus Riles en los cursos de aguas adyacentes, situándose en la parte baja de la misma los cultivos agrícolas que se alimentan de dichas aguas.

La calidad biológica de las aguas es muy dispar, tanto por sus condiciones naturales como, principalmente, por la concentración en la cuenca de casi el 50% de la población del país. Una de sus consecuencias son los altos índices de enfermedades de transmisión hídrica que se registran en la Región Metropolitana.

En relación al recurso vegetal, las principales amenazas son los incendios forestales, las necesidades de madera para combustible y la extracción de tierra de hoja. En relación al recurso aire, en los sectores periféricos de la Región Metropolitana, se ubican numerosas fuentes de contaminación industrial y minera.

8) Problemas y Areas Criticas

Los problemas de mayor relevancia presentes en la cuenca en relación con el manejo de los recursos naturales en los seis componente del Estudio, son:

- *Competencia por el uso de los recursos hídricos y de suelos entre los diversos sectores usuarios y muy especialmente entre los sectores urbanos y agrícolas.*

En el caso de los recursos hídricos, la competencia se produce tanto por los requerimientos para captar agua, como en relación al deterioro de la calidad de la misma, debido a la contaminación producida por las *descargas* de aguas servidas del área urbana y los Riles industriales y mineros. Esta competencia también se presenta en el manejo de los cauces, puesto que la expansión de las áreas urbanas invade los cauces naturales disminuyendo su capacidad para evacuar los caudales de crecidas, con lo cual los daños ocasionados por los desbordes que se producen son de mayor gravedad.

Otro problema surge al expandirse el área urbana hacia sectores de agricultura de riego; como consecuencia, la red de canales existentes no puede adaptarse a las necesidades urbanísticas y como van quedando sectores que mantienen sus derechos de agua para riego, esto obliga a mantener funcionando los canales que la conducen. Lo anterior provoca continuos problemas de inundaciones urbanas en la época de riego y a la vez, entorpecimiento en la distribución de las aguas a los usuarios de los canales.

También se ocasionan inundaciones urbanas a causa de la evacuación de las aguas lluvias. Esto se produce tanto porque al urbanizar se han eliminado los cauces naturales de evacuación, sin que se hayan previsto nuevos, o porque solo se han considerado cauces capaces de evacuar los caudales permanentes, sin considerar los caudales de crecidas de períodos de retorno¹³ relativamente largos.

Recursos forestales y de suelos

El principal problema es la deforestación, el sobretalajeo y el mal manejo de suelos con aptitud forestal, especialmente en la cordillera de la Costa. En la precordillera también se presenta este problema, pero con menor intensidad, especialmente porque la intervención antrópica es diferente.

Otros problemas existentes son:

- *El uso de terrenos con aptitud agrícola para fines urbanos, con la consiguiente disminución del potencial productivo del área agrícola y la modificación de toda la infraestructura existente de aprovechamiento de las aguas.*
- *Insatisfactorio cumplimiento de los objetivos de las áreas silvestres protegidas, por la carencia de infraestructura adecuada tanto en los aspectos estructurales como no estructurales.*
- *Incendios forestales; con las consecuentes pérdidas económicas por el recurso destruido y el posterior riesgo de erosión de los terrenos en que la cubierta vegetal ha sido destruida, lo que también afecta la capacidad de los cauces y el caudal máximo de las crecidas.*
- *Uso poco eficiente de los recursos hídricos y de algunas de las obras construidas para su aprovechamiento.*
- *Importante desconocimiento por parte de la población rural de un adecuado manejo de los recursos naturales y de prácticas agrícolas no perjudiciales para el medio ambiente.*
- *De igual modo, desconocimiento en la población rural del marco legal existente para el manejo de los recursos naturales y de interés económico para ellos.*
- *Falta de información básica completa sobre los recursos hídricos y en especial sobre algunos parámetros de calidad de aguas, sólidos en suspensión y arrastre de sedimentos; elementos imprescindibles para una buena elección de opciones de manejo y diseño de obras.*
- *Falta de planificación y control del uso de los recursos hídricos.*

Algunos de los problemas señalados son críticos porque afectan a un gran número de personas; en especial, si ellas están bajo el nivel de pobreza. Otros lo son por el valor económico de los daños, o del beneficio que podría obtenerse si se solucionara el problema; y otros por su carácter irreversible, como lo son los daños a la biodiversidad de la flora y fauna.

Áreas críticas

De igual modo, se presentan otros problemas que afectan a la cuenca en su totalidad, o que se presentan con especial relevancia en alguna localidad específica, o también de manera interrelacionada. Con ello, la solución de los mismos debe ser

¹³ **Periodo de retorno:** intervalo medio en años que tarda en presentarse un acontecimiento que iguale o excede a una magnitud dada. Así, un período de retorno de 95% significa que se repite una vez cada 20 años, 85% significa que se repite cada 7 años, y 50% significa que se repite cada 2 años.

abordada en conjunto. A estas zonas se las denomina áreas críticas. En estas cuenca son las siguientes:

- *Cuenca de la alta cordillera y precordillera del río Maipo, aguas arriba de la localidad de La Obra*

Abarca el territorio de la comuna de San José de Maipo. En ella se encuentran las centrales hidroeléctricas Volcán, Queltehues, Maitenes y Alfalfal, el embalse El Yeso, las lagunas Negra y Encañado -que forman parte del sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Santiago-, y el Parque Nacional El Morado.

Existen numerosas obras de aprovechamiento hidráulico y turístico sin grandes repercusiones en el medio ambiente, por el momento.

- *Subcuenca del estero Lampa, aguas arriba de la confluencia del río Colina*

Comprende la comuna de Til-Til Y gran parte de la comuna de Lampa, ambas situadas entre las más pobres de la Región Metropolitana. El principal problema es la escasez de recursos de agua, y la coordinación entre la explotación de los recursos superficiales -tanto en su régimen natural como los regulados en embalses- y los recursos de agua subterráneos, para evitar el agotamiento y la contaminación de los segundos.

De igual manera, se presenta un problema de deterioro de la cubierta vegetal, lo cual conlleva erosión y degradación de los suelos, e inundaciones en el pueblo de Til-Til.

- *Subcuenca del río Mapocho, zona afluente al Maipo aguas arriba del río Angostura, y sector medio y alto de la subcuenca del estero Puangue*

En esta área se localiza la ciudad de Santiago y gran parte del parque industrial nacional. También se encuentran las áreas silvestres protegidas Reserva Nacional Río Cofre de Perote y el Santuario de la Naturaleza Yerba Loca. Los principales problemas de esta área están relacionados con el manejo de los recursos hídricos y la competencia entre los usos urbanos y agrícolas, y con la contaminación biológica y química de las aguas superficiales; problemas relacionados todos con el sistema de abastecimiento de agua. Las dos áreas protegidas presentan problemas de infraestructura.

También se presentan problemas de inundaciones, contaminación por relaves mineros, deterioro y alteración de algunos ecosistemas naturales y deforestación.

- *Cordillera de la Costa -3' y 4' Sección del río Maipo- y subcuenca del río Angostura*

Abarca las comunas de Melipilla, San Pedro, María Pinto, Isla de Maipo, Paine, Mostazal, Codegua y parte de la comuna de San Antonio. Sus principales problemas son la deforestación y erosión en la cordillera de la Costa; escasez de recursos hídricos en la subcuenca del Puangue para abastecer el área bajo riego; inundaciones de sectores agrícolas en el río Angostura, en el sector de Paine, en la desembocadura del río Maipo, en sectores cercanos a Melipilla y

en el **curso** bajo del estero Puangue. Contaminación salina del acuífero en el sector de la desembocadura del río Maipo. Alta contaminación en la laguna de Aculeo, de la subcuenca del río Angostura.

- Problemas que afectan a toda la cuenca

Adicionalmente, también se presentan problemas que involucran a la cuenca en su totalidad. Se han agrupado en dos grandes grupos, éstos son:

- a. Problemas relativos a los recursos naturales, y
- b. Problemas derivados de la carencia de información básica de los mismos.

En el primer grupo se encuentran:

- Manejo de los recursos naturales; incendios forestales; problemas relacionados directamente con el manejo forestal y de suelos, el arrastre de sedimentos, el manejo de los cauces y el cumplimiento de los objetivos del 5NA5PE.
- Inadecuado manejo del recurso forestal e incumplimiento de los Planes de Manejo acordados.

y en el segundo:

- Falta de información suficiente en algunos parámetros que afectan el aprovechamiento de los recursos hídricos; en especial, de la calidad biológica y química de las aguas y del arrastre de sedimentos.

Si bien existe información suficiente respecto al registro de caudales y evaluación general del recurso, es necesario ampliar los datos disponibles para incluir nuevos parámetros, que incluyan además información sobre las aguas subterráneas.

También es necesario conocer los deslindes entre los cauces que son bienes nacionales y las propiedades particulares ribereñas, determinando con exactitud las áreas donde es posible que se produzcan inundaciones para reglamentar su uso. Se requiere asimismo contar con información sobre las especies nativas existentes y su representación dentro del SNA5PE; y una visión global del aprovechamiento de los recursos hídricos, de suelos y forestales, a objeto de evaluar su adecuación e introducir las modificaciones necesarias.



Desembocadura Río Maule

Archivo 5fRNATUR

Cuenca del río Maule, VII Región



❖ Caracterización de la cuenca

1) Características (físicas)

La cuenca se ubica entre los paralelos 35° y 36° de latitud sur; tiene sus nacientes en la cordillera de los Andes sobre los 3.800 m.s.n.m. En la cuenca se distinguen tres sectores orográficos: al este, la cordillera de los Andes; al centro, la depresión o valle central; y al oeste, la cordillera de la Costa, la cual es atravesada por el cauce principal por un estrecho valle, hasta su desembocadura en el Pacífico.

La superficie total de la cuenca es de 20.865 km², de los cuales el 142 % tiene aptitud forestal, el 24 % agropecuaria, el 133 % es alta cordillera y cauce del río, siendo lagos y áreas urbanas el 1 % restante.

El río Maule nace en la laguna del mismo nombre a 2.200 m. Su principal afluente en el sector cordillerano es el río Melado; en el valle central, recibe por el norte el aporte del río Claro y por el sur del río Loncomilla, representando la subcuenca del segundo el 49 % de la superficie total de la cuenca en estudio.

En cuanto al caudal, al entrar al valle central en el sector de Armerillo, el río tiene un caudal medio anual de 268 m³/s, variando entre caudales medios mensuales de 508 m³/s en noviembre, a 124 m³/s en abril. En el curso inferior, el caudal medio anual es de 544 m³/s.

El régimen del río es nival en la parte alta, tornándose nivopluvial a medida que va recibiendo afluentes de las subcuencas más bajas, hasta llegar a un régimen predominantemente pluvial aguas abajo de la confluencia con el río Loncomilla.

Clima

El clima predominante es el temperado cálido, con una estación seca media en el valle y la precordillera. Según la clasificación agroclimática, el clima predominante es el mediterráneo marino y mediterráneo temperado.

Precipitaciones

La precipitación media anual en la cuenca es de 1.471 mm, variando entre medias anuales de 700 mm en la costa, 800 mm en el valle y 2.500 mm en la cordillera.

En el valle central, el 83 % de la precipitación total anual se produce en los meses de mayo y septiembre; precipitando el 5 % en la época estival, de diciembre a marzo.

2) Situación administrativa y condiciones socioeconómicas

La cuenca del río Maule se localiza casi en su totalidad en la VII región del Maule, perteneciendo una pequeña zona a la VIII Región. Comprende 19 comunas, 17 de las cuales se encuentran en la VII y dos en la VIII Región: Quirihue y Ñiquén. Las comunas de la VII Región son Talca, Maule, Empedrado, Longavi, San Clemente,

Pencahue, Curepto, Yervas Buenas, Retiro, Colbún, Icañtén, San Javier, Villa Alegre, Cauquenes, Linares, Pelarco y Río Claro. En la cuenca se ubica la ciudad de Talca, sede del Gobierno Regional y de la Corte de Apelaciones; cuenta con una amplia cobertura educacional incluyendo universidades y toda clase de servicios bancarios, comerciales y de comunicaciones.

También cuenta con una amplia red vial y ferroviaria que la conecta con el resto del país, abarcando el 68% de la superficie de la VII Región.

La población total de las comunas que comprende la cuenca es de 612.000 habitantes (1992), de la cual el 61% es urbana. En la comuna de Talca habita el 28% de la población de la cuenca. El 13,4% de la población total de la región se encuentra en condiciones de extrema pobreza. Sin embargo, la condición socioeconómica de las diferentes comunas que la componen es muy heterogénea. Así, la situación de extrema pobreza es muy destacada en las siguientes comunas: Empedrado, 32,4%, (es una de las comunas más pobres del país); Longavi, 26,1%; Curepto, 21%; Yervas Buenas, 20,7%; Retiro, 20,2%; Colbún, 19,9%; y Icañtén, 17,3%.

La población económicamente activa alcanza el 28% de la población total. El sector silvoagropecuario genera el 41% del empleo. La VII Región aporta el 4,0% del PIS nacional total y el 14,2% del PIS nacional silvoagropecuario.

Del PIS regional, el 31% proviene del sector silvoagropecuario, el 13,8% del sector industrial y el 11% del sector electricidad. Distribuyéndose el resto entre los demás sectores económicos. Dentro del PIS silvoagropecuario regional, el 77% es agrícola, el 16% pecuario y el 7% forestal.

En la cuenca, la potencia instalada para generación hidroeléctrica es de gran relevancia, generándose 1.244 MW, que representan el 38% de la potencia hidroeléctrica instalada nacional, y el 25% de la potencia total instalada del país.

❖ Problemas globales y potencialidad de los recursos naturales de la cuenca

En esta cuenca, una de las más extensas de Chile, los recursos naturales han sido explotados intensamente. Por otro lado, tanto su producción agrícola como la generación de energía eléctrica, son significativas a nivel nacional. Además, los recursos naturales con que cuenta posibilitan ampliar ese desarrollo. Este crecimiento ha generado una fuerte competencia por el uso de los recursos hídricos.

El clima permite explotaciones agropecuarias de interés aún en condiciones de sequía. El contar con riego durante el período seco, noviembre a abril, permite una mayor diversificación de los cultivos y aumenta notablemente los rendimientos, respecto de aquellos que pueden realizarse en condiciones de sequía. De las 500.000 ha con aptitud agropecuaria existentes, están bajo riego actualmente 285.000 ha, quedando por lo tanto un amplio margen para nuevos desarrollos de proyectos de riego.

Los recursos hídricos son abundantes. Las precipitaciones anuales exceden en 75% a la evaporación real en igual período, superando las disponibilidades de agua superficiales las demandas actuales y las previstas para los próximos 20 años. En la

situación actual de la cuenca, no se detectan déficits de agua para los años con un 50% de probabilidad de excedencia hidrológica; en los años con un 85% de probabilidades de excedencia hidrológica, en cambio, se prevén déficits en algunos sectores. Para la situación de demandas futuras casi todos los sectores de la cuenca presentan déficits.

Este déficit se refiere a la actual situación de disponibilidades estacionales, en régimen natural, y considerando sólo las obras de regulación construidas. Esta situación es solucionable con una adecuada regulación de los caudales escurridos.

Los recursos de agua subterránea son abundantes en gran parte del área del valle central y sólo se ha realizado un incipiente uso de los mismos, especialmente para abastecimiento urbano.

En la parte alta de la cuenca, el cauce del río Maule presenta una fuerte pendiente: en sólo 68 km, desciende desde los 2.200 m de su nacimiento a los 600 m que presenta a la entrada al valle central. Esta diferencia de altura y su importante caudal, significan un gran potencial hidroeléctrico para el río Maule, el cual es aprovechado actualmente en 5 grandes centrales, existiendo además importantes posibilidades de nuevos desarrollos.

Las condiciones de clima son muy favorables para la explotación forestal, actualmente la VII Región ocupa el segundo lugar nacional en cuanto a número de plantaciones forestales en explotación. Las aproximadamente 800.000 ha de suelos de aptitud forestal proporcionan un amplio margen para el desarrollo de nuevas plantaciones, siendo una ventaja adicional la infraestructura existente para el procesamiento de los productos forestales.

◆ Principales problemas detectados por componentes

1) Manejo Forestal y de Suelos

Con objeto de priorizar los problemas relacionados con las comunidades y su medio ambiente, se han definido distintas áreas según tipo y grado de cobertura vegetal, niveles de fragilidad de los suelos y superficie, y de acuerdo a su uso actual y potencial. Conocida su distribución y establecidos los parámetros de las variables consideradas, se aplicó una metodología de superposición de tipo cartográfico, con apoyo del Sistema de Información Geográfica Computacional, SIG.

Recurso Suelo

Análisis e identificación de 105 principales problemas

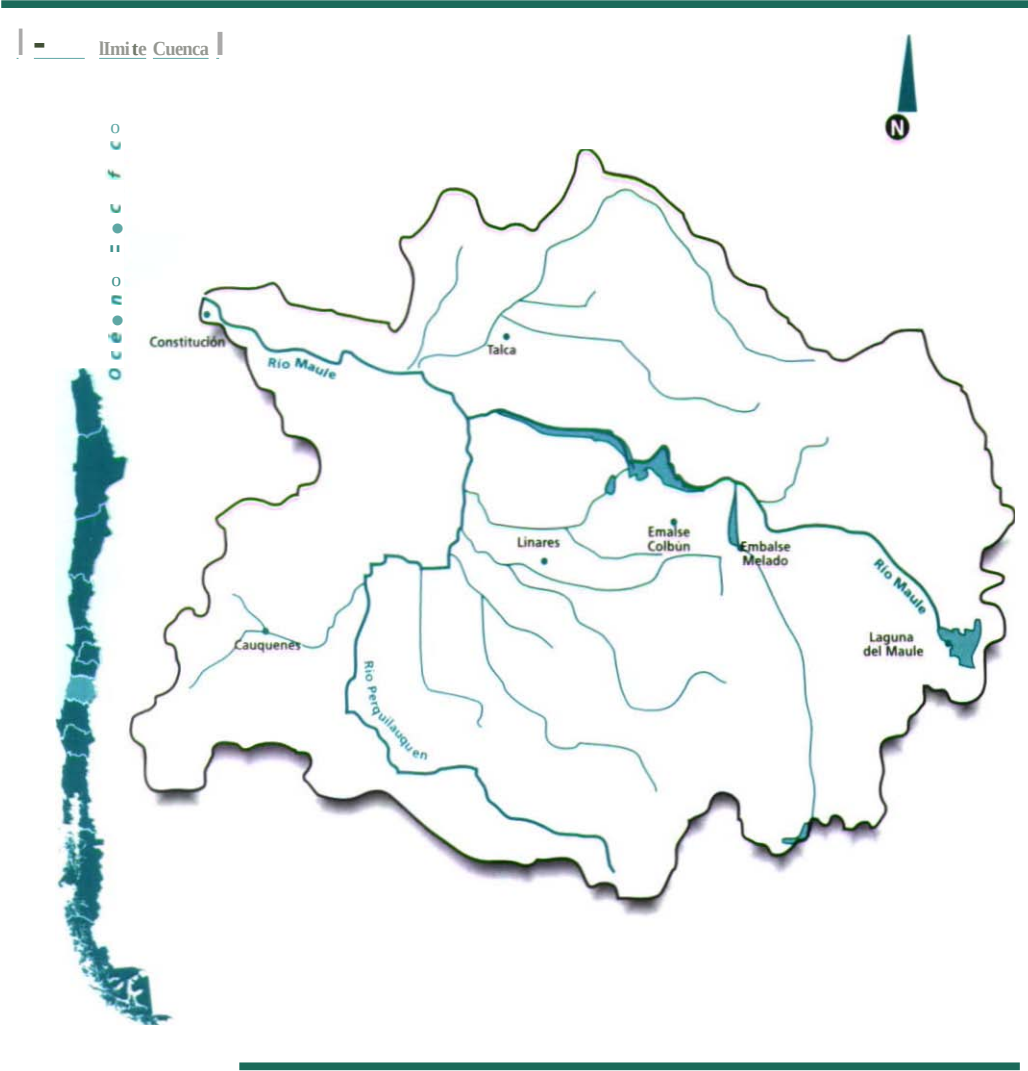
En el área de la cuenca, 105 problemas de suelo están relacionados con su uso actual y potencial y con las diferentes características geomorfológicas y geológicas de los mismos. Así, estas zonas se distinguen entre sí por su distinta capacidad de respuesta a las intervenciones por parte de las comunidades que las ocupan.

Los problemas de erosión existentes en las distintas zonas están asociados a prácticas deficientes en el uso de los recursos de vegetación. Los más importantes son la sobreexplotación para producción de leña, carbón y otros productos, y el silvopastoreo

de sustento con sobrecarga animal. Cuando se agrega a este diagnóstico la variable clima, se agravan las precarias condiciones de estabilidad del recurso suelo. Todo lo anterior repercute directamente en las opciones de sustento familiar de las comunidades de pequeños propietarios.

La cuenca del río Maule se caracteriza por poseer marcadas asociaciones vegetales, definidas por las condiciones de clima, relieve, exposición y altitud. De este modo, existen sectores del valle en los que predominan los cultivos agrícolas de secano, los cuales suelen ser de bajo rendimiento. En situaciones de bajas laderas, predominan algunos frutales con escaso riego. En altitud, se produce una mezcla entre cultivos anuales y praderas, dando lugar a diferentes formaciones arbustivas y arbóreas a medida que se asciende. En general, el tipo de intervención ejercida en los recursos, ha generado un gran fenómeno erosivo en toda la cuenca.

Cuenca río Maule, VII Región del Maule



En cuanto a las zonas, se presenta la siguiente situación:

Zona costera

Esta se divide en dos áreas claramente diferenciadas desde el punto de vista del clima, estas son las que favorecen la forestación y las que la dificultan.

La primera se presenta en las cimas y bordes occidentales de la cordillera de la Costa y son suelos con deforestación y erosión que va desde «muy extensa» a «extensa» -mayor a 50% o entre 30% y 50%-. Poseen cultivos anuales en pendientes excesivas y están sometidas a un sobrepastoreo. Esta presente en las comunas de Cauquenes, San Javier, parte de la comuna de Penco y un pequeño sector de la comuna de Empedrado.

La segunda corresponde a toda la zona de sombra de lluvia, donde se generan condiciones de altas temperaturas y sequedad. Abarca las comunas de San Javier, Maule y Villa Alegre. Es una zona de viñas y cultivos de secano en laderas.

Zona central

Son áreas utilizadas para la agricultura, con o sin riego, son sectores planos u ondulados con lomajes, y poseen moderados grados de erosión.

Zona andina

Aquí se distinguen claramente tres áreas. La primera son sectores con erosión y deforestación parcial, menos del 30%, con necesidades de protección y de pequeñas reforestaciones. La segunda son áreas sin problemas de deforestación y erosión aparente, pero con necesidades de protección de especies naturales para evitar el desbosque. La tercera son terrenos para protección hidrológica y con necesidades de resguardo de la vegetación natural.

Los problemas de erosión no son de carácter grave, aunque van en aumento en áreas localizadas. En diferentes sectores de la cuenca se aprecia un notable sobretalajeo de los montes y sobreexplotación del recurso para sustento de la población aledaña. Esta situación es similar en todas las áreas de la precordillera de la Costa y de los Andes.

Percepción comunitaria

A través de las opiniones e informaciones de dirigentes de organizaciones sociales y de actores relevantes de las comunas y comunidades locales definidas como áreas de interés, se ha intentado conocer la percepción que poseen respecto del manejo forestal y de suelos.

En términos generales, la situación forestal en la cuenca es percibida como problemática, tanto por las comunidades como por los técnicos. Para las primeras, se presenta una situación de pérdida de recursos, en la cual las actividades tradicionales -por ejemplo, el carboneo- que constituían importantes actividades suplementarias de ingresos, ya no son posibles por la extinción de los recursos. Para los segundos, la erosión de los suelos es sistemática, puesto que a los inadecuados sistemas tradicionales de explotación agrícola, se suman una serie de otras actividades que degradan los suelos, como la explotación de las especies nativas para leña y carbón.

El esquema productivo tradicional contempla tras la extracción de las especies para carbón la quema de los terrenos, la posterior siembra de trigo y finalmente el

pastoreo con especies caprinas. Así, cada etapa va reduciendo paulatinamente la productividad de los suelos, haciéndolos inadecuados finalmente para el pastoreo con especies bovinas.

Esta situación de deterioro es especialmente relevante en el sector de la cordillera de la Costa, y se expresa agudamente a la salida de la cuenca, en la cual, además, se presentan extensas y crecientes zonas de dunas.

En general, la relación de las comunidades con esta situación es de aceptación, e incluso, de «ignorancia cultural», puesto que, a pesar de manejar los antecedentes relativos al problema, se tiende a no valorar su importancia. Esto sucede básicamente porque para las comunidades, la producción de carbón y extracción de leña es una estrategia «tradicionalmente apta», tanto para incrementar ingresos familiares durante las temporadas de baja actividad agrícola como para servir de fuente de energía familiar.

Por otro lado, el principal agente de forestación en la cuenca lo constituyen las empresas forestales -CELCO, Forestal Chile, entre otras-, con lo cual, ésta se realiza primordialmente en base a coníferas.

2) Areas Silvestres Protegidas

Al interior de la cuenca existen dos áreas protegidas: el Área de Protección Radal Siete Tazas y Vilches. Otras dos áreas, la Reserva Nacional Federico Albert y la Reserva Nacional Los Riles, pertenecen a la VII Región, pero se encuentran en el sector costero de la cuenca.

El Área de Protección Radal Siete Tazas es la de incorporación más reciente al SNASPE. A Vilches CONAF le asigna personal, presupuesto e infraestructura. Por otro lado, también las Reservas Nacionales Federico Albert y Los Riles están incorporadas al SNASPE. Ninguna de estas áreas protegidas cuenta con un plan de manejo.

• Área de Protección Radal Siete Tazas

Fue creada en 1981 y tiene una superficie de 7.645 ha. Se encuentra en las comunas de Molina y San Clemente, variando su altitud entre los 600 y 2.156 m.Sn.m.

Los problemas más importantes existentes son:

- *Problemas de tuición; hasta el momento, 1996, ha sido bastante difícil poder ejercer una tuición real sobre el área. La mayor parte, 5.200 ha, pertenece a la Corfo, estando casi finalizados los trámites para su traspaso. Sin embargo, el resto del terreno está en manos privadas.*
- *Al no estar definida claramente la entidad administradora, no existe un plan de manejo. Presenta problemas de falta de personal y financiamiento, y una inadecuada infraestructura para los visitantes. Por lo anterior, además hay problemas de manejo de las basuras, contaminación de las aguas y aumento del peligro de incendios forestales.*

• Área de Protección de Vilches

Esta se creó en 1976 y cuenta con una superficie de 16.684 ha, situadas a una alti-

tud que varíade 600 a 2448 msn.m Se localiza en la comuna de San Clemente.

Los problemas existentes son:

- *La propiedad de la tierra; el terreno es de propiedad privada. Sin embargo, es una de los prioritarios para ser incorporado al SNASPE.*
- *Presiones endógenas y exógenas; las primeras se producen por la falta de infraestructura para manejar y orientar al creciente número de visitantes. Las segundas provienen, de un lado, de la presión de las comunidades más pobres del entorno sobre sus recursos boscosos, para producir madera y leña y transformar los terrenos en agrícolas; y por otro, de los propietarios de los fundos aledaños, que desearían explotar sus recursos.*
- *La creciente demanda por urbanizar los terrenos de Alto Vilches, provocando un proceso progresivo e irreversible de cambio de uso de la tierra.*

• Reserva Nacional Los Ruiles

Fue creada en 1982 y cuenta con una superficie de 45 ha. Está formada por dos sectores separados entre sí. Está situada en las comunas de Empedrado y Chanco.

Los problemas más importantes existentes son:

- *Por su pequeño tamaño, su condición de «isla» rodeada de propiedades privadas, algunas de las cuales cuentan con bosques nativos y otras con plantaciones de pinos.*
- *El gran número de visitantes durante el verano. Ambos factores aumentan el riesgo de incendios.*

• Reserva Nacional Federico Albert

Creada como Reserva Forestal en 1981. se localiza en la provincia de Cauquenes, comuna de Chanco. Tiene una superficie de 145 ha, y se encuentra a una altitud de 10 m.Sn.m. Su superficie está plantada prácticamente en su totalidad con especies introducidas del género Eucalyptus y coníferas, las cuales han sido muy efectivas en el control de dunas. Esta reserva no presenta problemas destacables.

Identificación de ambientes, comunidades de fauna y sus especies características

Esta cuenca, de una importante extensión, comprende una zona de gran tradición agrícola y forestal. con lo cual gran parte de su paisaje natural se encuentra modificado. Para la descripción de la fauna se ha dividido la cuenca en dos pisos altitudinales, caracterizado cada uno por diferentes grados de artificialización. Estos son:

• Zona cordillerana y precordillerana

Esta zona cuenta con una fauna de invertebrados rica y abundante, como también de peces, anfibios, reptiles y aves. Los mamíferos están representados por el artiodáctilo pudú (*Pudu pudu*), pudiéndose encontrar en las lagunas o zonas húmedas al coipo (*Myocastor coypus*). Entre los mamíferos carnívoros se encuentra al culpeo (*Canis culpaeus*), chilla (*Canis griseus*), chingue de la zona central (*Canis patus*)

chinga), puma (*Felis concolor*), güiña (*Felis guigna*), gato colocolo (*Felis colocola*) y quique (*Galetis cuja*). En cuanto a su conservación el pudu, el puma y el quique fueron declarados³³ en la categoría «vulnerable»; el culpeo y la chilla en la categoría «inadecuadamente conocida»; el chingue de la zona central y el coipo en la categoría «fuera peligro»; y a los restantes en la categoría «en peligro».

• Zona del valle central y cordillera de la Costa

Esta zona se encuentra altamente modificada por los monocultivos agrícolas y forestales. La fauna del sedar ha debido adaptarse a estos nuevos ambientes, o se ha limitado a los escasos ecosistemas relictos³⁴ que se han conservado.

Los invertebrados, las aves y los insectos son variados y diversos, existiendo muchos artrópodos -insectos sobre todo- o de estos últimos, muchos se han adaptado a los nuevos ambientes, pasando a constituir plagas en los cultivos agrícolas y forestales. Los mamíferos más abundantes son los roedores. También están presentes murciélagos y es posible encontrar al marsupial llaca (*Marmosa elegans*) y al ciervo pudú.

En cuanto a la localización de especies o poblaciones de fauna susceptibles de ser incorporadas al SNASPE, en general, al sistema se incorporan áreas o superficies representando ecosistemas. En la cuenca se seleccionaron la zona denominada «Robles de Maule», que contiene unas 100 especies de vertebrados silvestres. Identificados, entre los cuales habría unos 32 en estados de conservación precario; y la zona de Hornillos -río Ancoa- que contiene unas 127 especies de vertebrados silvestre, 18 de ellos endémicos, encontrándose 33 de ellos en estado precario de conservación. Otras propuestas son ampliar la Reserva Nacional Los Riles y crear otras áreas como la de «Tregualemu/ Ramadillas/ Río Reloca» y la de «Bullileo».

En cuanto a la existencia de datos demográficos sobre la fauna, y al igual que lo que sucede en casi todo el país, son muy escasos los datos poblacionales de las especies animales presentes en esta cuenca. No obstante, el Programa de Patrimonio Silvestre de la VII Región, cuenta con datos detallados de las colonias de loros trichahue presentes.

Vegetación natural

La vegetación potencial existente en el área se puede clasificar en las siguientes regiones ecológicas.

- Región de las estepas altoandinas
- Región de los matorrales y bosques esclerófilos
- Región de los bosques caducifolios

Programas actuales de extensión y difusión de las actividades de conservación de la cuenca.

Las actividades de conservación de la cuenca se canalizan básicamente a través de las acciones que CONAF realiza en Chanca, Vilches, y Radal Siete Tazas. Además, en la ciudad de Talca se imparten cursos a profesores de enseñanza básica y adicionalmente se dictan charlas a colegios en distintas comunas de la cuenca.

³³ Conclusiones Simposio «Estado de Conservación de la Fauna de Vertebrados Terrestres de Chile», CONAF.

³⁴ Un ecosistema relicto es aquel que en relación a la evolución de las especies es imposible de recrear y, por lo tanto, único.

Normalmente, también los guardas en la cuenca realizan charlas educativas a pedido de las escuelas. Sin embargo, debido a que estas acciones no están adscritas a un programa conocido, no fue posible su evaluación.

3) Control Forestal

Estadísticas de control

En esta componente, al igual que en las anteriores cuencas, se entregan las estadísticas de la aplicación del D. L. 701.

En la cuenca se calificaron 361.440 ha como de aptitud preferentemente forestal, se desafectaron 1.372 ha y se acogieron a plan de *manejo* 543.564 ha.

En cuanto a la forestación desarrollada en la cuenca, ésta alcanza una superficie sobre 222.000 ha, que se concentran fundamentalmente en la zona costera.

En cuanto a las actividades sujetas a control en sus planes de manejo de raleo y de poda son a la fecha de 80.537 ha y 83.928 ha, respectivamente.

Análisis crítico y priorizaciones sugeridas

A raíz de la detección de numerosos casos de falta de correspondencia entre el plan de manejo y su aplicación, dos de las actividades prioritarias debieran ser una mayor información a los propietarios y lograr mecanismos que aseguren la correcta aplicación de los planes de manejo a través de un seguimiento adecuado. El programa de reforestación para los pequeños propietarios, llevado a cabo por CONAF en la cuenca vía el Decreto Ley 701, ha tenido positivos resultados. Esta iniciativa debiera continuar fomentándose, de igual modo que el intercambio con otras regiones con experiencias de este tipo.

4) Manejo del Fuego

Antecedentes sobre incendios forestales

La información disponible para las cinco últimas temporadas de incendios, 1988-1989 a 1992-1993, indica que en el área del Estudio ocurrieron 1.707 incendios forestales, que afectaron una superficie forestal de 37.888 ha.

En cuanto a niveles de ocurrencia, la provincia de Laica es la que más incide, con 902 casos de incendios, lo que significa una participación de 52,8% de la ocurrencia en el área de estudio.

En lo que respecta a la densidad de incendios, es decir, el número de incendios en un año por cada 10.000 ha, también se destaca la provincia de Laica, con un índice de 1,82 incendios. La densidad menor corresponde a Linares con 0,69 incendios. A nivel regional la densidad se sitúa en un número de 1,13 incendios por cada 10.000 ha.

En cuanto al tipo de superficie afectada, para el periodo comprendido entre las temporadas 1989 a 1993, se tiene que del área total de 37.888 ha afectadas por incendios, un total 5.698 ha corresponden a plantaciones y 32.190 ha a vegetación natural.

Desafectar de acuerdo a este decreto significa que el terreno *deja* de considerarse como de aptitud preferentemente forestal, y por ende, susceptible de regirse por las disposiciones del decreto ley 701 y la bonificaciones que este contempla.

Evolución del problema durante las últimas temporadas

La evolución de este problema es irregular, con una cierta tendencia a la baja, registrándose cifras de 490 incendios para la temporada 1989 y de 280 para 1993.

Origen de los incendios forestales

Puede indicarse que la totalidad de los incendios tienen su inicio en una actividad humana, sin que se presenten incendios causados en forma natural. En cuanto a las causas generales de incendios ocurridos en las cinco temporadas del período 1989 a 1993, el principal motivo de inicio son las actividades de tránsito y transporte, acumulando el **48,2%** de los casos registrados. En segundo término, aparecen las faenas forestales y agropecuarias, que en conjunto participan con un 24%.

5) Control de Crecidas y Manejo del Cauce

En esta componente, la etapa de diagnóstico se orientó a la identificación y análisis cualitativo y cuantitativo de los problemas más relevantes que se presentan en el cauce matriz y sus principales tributarios. Esto es, los ríos Maule, Loncomilla, Melado, Perquillauquén, Claro, Putagán, Achibueno, Longaví, Ancoa y Cauquenes.

El cauce natural más importante de la cuenca del río Maule es el río del mismo nombre, que nace a su vez en la laguna de igual nombre. Morfológicamente, desde su nacimiento hasta el sector de Armerillo -a la entrada al valle central-, es de tipo recto; presentándose una alta pendiente y por ende una importante erosión. Desde este punto hasta la confluencia con el río Claro, el cauce presenta una configuración horizontal de tipo trenzada, que se desarrolla dentro de una caja muy amplia. Aguas abajo se produce un encajonamiento, para ingresar luego a la cordillera de la Costa, corriendo por un valle desfiladero, dejando márgenes de diversa extensión a ambos lados del río. Aquí nuevamente el río puede definirse como recto. En su parte final, el río escurre por una garganta de unos 300 m. de ancho, hasta desembocar al mar en la localidad de Constitución.

El afluente más importante del Maule es el río Loncomilla, formado a su vez por la unión de los ríos Perquillauquén y Longaví. Este, más adelante en su tramo medio, recibe como principal afluente al río Claro, el que drena prácticamente toda la zona norte de la cuenca.

El origen de las crecidas de la mayor parte de los cauces de la cuenca es fundamentalmente de tipo pluvial, y en consecuencia, ocurren durante el invierno. Cuando suceden ocasionan importantes problemas en las zonas ribereñas, afectando a sectores poblados, infraestructura vial y áreas agrícolas, causando daños de consideración por inundaciones y/o erosión de riberas.

Los sectores más dañados han sido poblaciones de las ciudades de Linares y Constitución, a causa de los desbordes de los ríos Ancoa y Maule, respectivamente.

De acuerdo al diagnóstico, la causa más importante de los problemas de inundaciones, radica en la ocupación de las planicies inundables de los cauces por asentamientos urbanos, infraestructura vial y cultivos agrícolas. Adicionalmente, dado el extenso desarrollo agrícola bajo riego existente en la cuenca, se presentan numerosas bocatomas que de alguna manera contribuyen a agravar el problema,

al ser muchas de ellas de tipo provisorio, careciendo de un control de regulación adecuado, especialmente en el río Achibueno y Ancoa.

Como una forma de sintetizar la información, se incluye a continuación el cuadro 19 en el cual se indica la localización de los sectores críticos.

Cltadro 19

Sectores críticos y problemas principales en cauces

	Cauce y sector	Problemas y consecuencias	Causas
	Rio Ancoa Yestero Batuco. Sector ciudad de Linares (L = 8 km)	Inundación de la zona urbana de la ciudad; area afectada: 60 manzanas/1.000 casas ; 400 ha agrícolas	Ocupación de la planicie de inundación; Localización de infraestructura urbana próxima al cauce; Manejo inadecuado de bocatomas
2	Rio Maule. Sector urbano localidad de Constitución (L = 1.5 km)	Erosión e inundación del sector urbano. Area afectada: 20 manzanas/200 casas	Efecto de la barra en la desembocadura; Localización de instalaciones dentro o próximas al cauce
3	Rio Maule. Infraestructura vial sector Paso Nevado y sector Los Castaños (Curillínque)(L=6 km)	Erosión de la ribera a lo largo de 1.000 m en el sector de Paso Nevado y 500 m en el sector Curillínque. Infraestructura amagada: ruta internacional lalea · Paso Pehuenche	Confinamiento del cauce Vías localizadas cercanas al cauce
4	Río Maule; sector agrícola desde Orilla de Maule hasta puente Pando (L=S km)	Inundación de terrenos agrícolas . Area afectada: ribera izquierda aprox. 1.000 ha; ribera derecha aprox. 60 ha.	Ocupación de la planicie de inundación con errenos agrícolas
5	Rio Achibueno; sector agrícola comprendido entre Sta. Ana de Guapi y Tapón de Quiñe (L=S km)	Erosión de ribera. Desborde por ambas riberas producen inundación de suelos agrícolas. Area afectada: aprox. 1.000 ha. Infraestructura dañada: 500 m de camino rural inundado	Ocupación de la planicie de inundación con cultivos agrícolas
6	Rio Claro; sector urbano ciudad de Talea (L=4 km)	Inundación del sector poniente de la ciudad de Talca. Area afectada: 500 ha, aprox. 100 viviendas. Infraestructura dañada: instalaciones privadas, calles y servicios básicos	Ocupación de la planicie de inundación Sedimentación producto del mal manejo agrícola de los suelos de la subcuenca

Nº	Cauce y sector	Problemas y consecuencias	Causas
7	Estero Parral; sector urbano ciudad de Parral (L=3 km)	inundación por desborde del estero. Area afectada: 60 manzanas/100 viviendas	ocupación de la planicie de inundación
B	Rio Longavi; sector agrícola de Paihuén, Paine y La Piedad (L=B km)	Desborde del rio Longavi provoca inundación de suelo agrícola y pérdidas de suelo. Area afectada: 400 ha	Ocupación de la planicie de inundación con cultivos agrícolas
9	Rio Claro; sectores agrícolas de Colín y Sta. Herminia (L=S km)	Erosión de riberas e inundaciones de terrenos agrícolas y poblaciones rurales. Area afectada: 100 ha/100 casas	Ocupación de la planicie de inundación
10	Rio Perquilauquén; sector agrícola ubicado en Bajos de Huenutil (L=IS km)	Desborde del rio provoca inundaciones de suelos agrícolas. Area afectada: aprox. 1.100ha	Ocupación de la planicie de inundación con cultivos agrícolas

Fuente: Estudio de Factibilidad. Programa de Manejo de Cuenas Hidrográficas. Cuenca río Maule. Ministerios de Agricultura y Obras Públicas, y Programa de Preinversión MIDEPLAN-BID. Diciembre de 1995.

Los problemas generados por las crecidas han sido abordados principalmente a través de la ejecución de medidas estructurales, y secundariamente de medidas no estructurales. En relación a las primeras, éstas corresponden sólo a obras de defensas fluviales, las que en su mayor parte son en base a enrocados.

En el diagnóstico de la cuenca del río Maule. se analizó una longitud de aproximadamente 670 km de cauce y se determinó que las longitudes de los sectores críticos alcanzan a 55,7 km para la ribera izquierda y 53,2 km para la ribera derecha, lo que corresponde a un 8,2% ya un 7,9%, respectivamente. del total analizado. Por otra parte, existen un total de 4,6 km de obras de defensas fluviales en la ribera izquierda y 3 km en la ribera derecha. De estas cifras se desprende que del total de sectores críticos sólo un 8,3% está defendido, para la ribera izquierda, y un 5,6% para la ribera derecha.

De acuerdo a lo anterior se concluye, por una parte, que las obras ejecutadas son insuficientes para la protección de los sectores considerados como críticos; y por otra, que las defensas ya construidas requieren ser complementadas, recargadas y mantenidas, puesto que varias de ellas no logran controlar las crecidas de los cauces, ya sea por presentar alturas o longitudes insuficientes o por encontrarse en mal estado.

En lo relativo a medidas no estructurales, la principal de ellas corresponde a la regulación de uso de las áreas con riesgo de inundación y/o erosión, lo que se logra normalmente a través de los planes reguladores.

En el siguiente cuadro se muestran las localidades más importantes dentro de la cuenca en estudio y se indica el tipo de plan oficial vigente a la fecha.

Plan de regulación urbana vigente

localidad	Tipo de Plano	Año
Iaica	P.R.	1990
San Clemente	P.R.	1970
Maule	LU.	1941
Constitución	P.R.	1988
Linares	P.R.	1990
Yerbas Buenas	L.U.	1937
Colbún-Machicura	P.I.	1989
Langavi	L.U.	1939
Parral	P.R.	1990
San Javier	P.R.	1990
Villa Alegre	L.U.	1964
Cauquenes	P.R.	1988

P.I.: Plan Regulador Intercomunal

P.R.: Plan Regulador Comunal

LU.: Limite Urbano

Fuente: Estudio de Factibilidad. Programa de Manejo de Cuencas Hidrográficas. Cuenca Río Maule. Ministerios de Agricultura y Obras Públicas, y Programa de Preinversión MIDEPLAN-8/D. Diciembre de 1995.

De un análisis preliminar de los planes reguladores, se definen tres niveles de efectividad:

- En la localidad de Linares no existen zonas con restricción por inundación. La superficie afectada aparece como zona urbana consolidada, lo cual requiere una revisión del plan regulador por parte de la autoridad competente.
- En la localidad de Cauquenes, en cambio, los sectores inundados durante las crecidas si corresponden a los indicados en el plan regulador como zonas con restricción por inundación.
- En las localidades de San Javier, Talca, Constitución y Parral, las zonas inundables corresponden a las ubicadas como zonas de restricción y protección de riberas. Sin embargo, éstas se han sobrepasado, llegando la inundación hasta zonas catalogadas como de consolidación urbana.

Además de lo anterior, existen otras medidas no estructurales; entre ellas las medidas de alerta y prevención, la regulación de uso del cauce -sobre todo en cuanto a la extracción de materiales áridos de los cauces naturales-, y el control de bocatomas.

6) Gestión y Conservación de los Recursos Hídricos

- Balance entre disponibilidades y demandas de agua

Para analizar este balance se han identificado en la cuenca 11 sectores. Estos son:

- Rio Claro noroeste
- Rio Maule norte
- Rio Maule sur

Fuente: Estudio de Factibilidad, Programa de Manejo de Cuencas Hidrográficas Cuenca río Maule, Ministerios de Agricultura y Obras Públicas, y Programa de Reinversión MIDEPLAN-BID. Diciembre de 1995.

Recursos de Aguas Subterráneas

En relación con las recargas de los sistemas acuíferos, principalmente provienen de las precipitaciones y también del agua utilizada en riego. En el río Maule son importantes, además, las recargas producidas por infiltraciones desde el cauce. La descarga por explotación de los acuíferos es escasa y está limitada al abastecimiento de agua potable de algunas localidades urbanas.

Demandas actuales y futuras de agua

En cuanto a las demandas anuales, en los cuadros siguientes se resumen respectivamente las demandas en la situación actual y futura.

Cuadro 22

Demandas actuales recurso hídrico

Sector	Nombre	Riego	Agua potable	Industrial	Total
		10 ⁶ m ³ /año	10 ⁶ m ³ /año	10 ⁶ m ³ /año	10 ⁶ m ³ /año
1	Claro Noroeste	19,92	1,261	0	21,18
2	Maule Norte	1.279,70	17,345	0,946	1.297,99
3	Maule Sur	405,08	0,946	0,000	406,03
4	Putagán/ Achibueno	454,71	7,253	1,167	463,13
5	Longaví Norte	233,01	0,315	0	233,33
6	Longaví Sur	239,03	1,892	0	240,92
7	Digua / Perquillauquén	262,27	0	0	262,27
8	Perquillauquén / Ñiquén	70,81	0	0	70,81
9	Melozal	86,07	0	0	86,08
10	Nirivilo	0	0	0	0,00
11	Cauquenes	21,57	2,208	0	23,78
Totales		3.072,17	21,220	2,113	3.105,51

Fuente: Estudio de Factibilidad. Programa de Manejo de Cuencas Hidrográficas, Cuenca río Maule. Ministerios de Agricultura y Obras Públicas, Programa de Pre-Inversión MIDEPLAN-BID. Diciembre de 1995.

Y en cuanto a las demandas futuras de recursos hídricos, se tiene la siguiente situación:

Cuadro 23

Demandas futuras recursos hídricos

Sector N°	Nombre	1990	1995	2000	2005
1	Claro Noroeste	47,32	2,31	0	49,63
2	Maule Norte	1.817,72	39,87	0,82	1.858,41
3	Maule Sur	704,81	3,28	0,00	708,09
4	Putagán / Achibueno	602,44	9,74	11,76	623,94
5	Longavi Norte	297,20	9,11	0	298,37
6	Longavi Sur	593,35	4,24	0	599,59
7	Digua / Perquilauquén	1.022,24	0	0	1.022,24
8	Perquilauquén / Ñiquén	335,61	0	0	335,61
9	Melozal	227,72	0	0	227,72
10	Nirivilo	39,12	0	0	39,12
11	Cauquenes	339,92	5,39	0	345,31
12	Pencahue	159,04	0	0	159,04
Totales		6.188,49	66,00	12,58	6.267,07

Fuente: Estudio de Factibilidad. Programa de Manejo de Cuenas Hidrográficas. Cuenca río Maule. Ministerios de Agricultura y Obras Públicas. y Programa de Preinversión MIDEPLAN-BID. Diciembre de 1995.

• Balance entre disponibilidades y demandas

Sobre la base de las disponibilidades hídricas en los diferentes sectores de la cuenca según se resumieron en el cuadro 21, y las demandas actuales y futuras resumidas en los cuadros 22 y 23 anteriores, se establecieron mes a mes, los balances entre disponibilidades y demandas para años tipo con probabilidades de excedencia 50% y 85%.

En la situación actual, no se detectan déficits de agua en la cuenca para años tipo 50%. En años tipo 85%, se detectan excedentes en los sectores 1, 2, 3, 4, 6 y 9 -ver cuadro 21-, y déficits de agua en los sectores 5, 7, 8 y 11.

Para la situación futura de demandas posibles, sólo los sectores 1 y 3 presentan excedentes para un año 50%. Durante un año 85%, a excepción de los sectores 1 y 4, todos los demás sectores presentan déficits.

• Calidad de las Aguas superficiales

Físico-química

Los antecedentes sobre calidad química están basados en los datos registrados por la Dirección General de Aguas en las estaciones de control de su red de monitoreo. Estos muestran que la variabilidad hidroquímica en la cuenca es escasa, con un pH prácticamente neutro y un bajo grado de mineralización. La calidad físico-química de las aguas de la cuenca está dentro de los niveles recomen-

dados por la NCh 1.333³⁶, tanto para su uso agua potable como para regadío. En relación a la concentración de sedimentos, la situación es muy variable, puesto que está asociada al régimen nivopluvial de la misma y al estado de la cubierta boscosa o vegetal.

Con respecto a la calidad bacteriológica, está relacionada con la contaminación antropogénica y en particular con la ubicación de las descargas de aguas servidas domésticas y de Riles de las concentraciones urbanas de la cuenca, especialmente en las ciudades de Parral, Cauquenes, Linares y Laica.

En cuanto a los Riles presentes, estos provienen básicamente de mataderos, estaciones de servicio, industrias específicas y procesadoras de vino. La contaminación producida afecta a las aguas captadas por los canales de regadío, generando así problemas de salubridad pública, en especial para el uso recreacional de las aguas en los balnearios ribereños.

En los canales de regadío también se producen problemas de contaminación secundaria, o «contaminación en camino», que derivan de su cercanía a criaderos y a viviendas rurales y urbanas, que los utilizan para verter basuras y desechos de jaulas y corrales, y evacuar letrinas.

• Calidad de las aguas subterráneas

Su principal uso es para agua potable y de acuerdo a antecedentes de la Empresa de Servicios Sanitarios del Maule, ESSAM y del Servicio Regional del Ambiente, ésta cuenta con estándares adecuados de calidad físico-química y bacteriológica. En la zona de Laica, no obstante, existen índices moderados de contaminación bacteriológica, fácilmente subsanables por simple desinfección.

• Infraestructura existente para el aprovechamiento de los recursos hídricos

Infraestructura de riego

En opinión de las autoridades consultadas, existe un deficiente manejo de las bocatomas de los canales. Por otra parte, en la zona de Maule norte y sur se presenta una cierta indeterminación en la distribución de las aguas, por la construcción de centrales hidroeléctricas. En general, se presentan problemas de capacidad, mantención, mejoramiento y modernización técnica y de gestión de los canales y bocatomas existentes.

Aprovechamientos en agua potable y uso industrial

La infraestructura de producción y distribución de agua potable está en relativas buenas condiciones de seguridad y de operación; sin embargo, las pérdidas de agua fluctúan en órdenes del 30 % al 45 %. ESSAM tiene planes de desarrollo e inversión para el mejoramiento y ampliación del servicio en los próximos años.

Uso hidroeléctrico

El desarrollo hidroeléctrico en la cuenca es muy significativo para el país. La infraestructura de uso hidroeléctrico está en buen estado de operación y de seguridad

³⁶ NCh 1.333 Of. 78: Norma específica que regula los requisitos de calidad de agua para diferentes usos: riego, recreación y estética. Es la norma de calidad ambiental al respecto más importante con que se cuenta. Fija criterios de calidad del agua en términos de parámetros físicos, químicos y bacteriológicos, con la finalidad de preservar los usos específicos a que se destina.

y no se presentan limitaciones para el uso eficiente y adecuado del recurso hídrico. Las principales centrales hidroeléctricas cuentan con una potencia instalada de 1.244.400 kw, siendo sus características más relevantes las siguientes:

Clladro 24

Centrales hidroeléctricas existentes en la cuenca del río Maule

Central	Potencia (Kw)	Caudal (m ³ /S)	Altura Neta (m)
Gpreses	101.400	36	358,5
Isla	68.000	84	92,0
Curillínque	85.000	84	113,0
Pehuenche	500.000	300	206,0
Colbún	400.000	280	168,0
Machicura	90.000	280	37,0

Fuente: Estudio de Factibilidad. Programa de Manejo de Cuenas Hidrográficas. Cuenca río Maule. Ministerios de Agricultura y Obras Públicas, Programa de Reinversión MIDERLAN-BID. Diciembre de 1995.

• Administración del recurso hídrico

Derechos de aprovechamiento

Gran parte de los derechos de aprovechamiento de la cuenca provienen de obras ejecutadas por el Estado y por lo tanto han sido inscritas al traspasarse estas obras a los usuarios. No obstante, al incorporarse también antiguos regantes sin sus derechos previamente regularizados, es frecuente que se produzcan litigios respecto a sus derechos.

En las subcuenas pequeñas sin obras de regulación, o en sectores de la cordillera de la Costa, la situación legal de los derechos es generalmente incierta. Actualmente, la Dirección General de Aguas está realizando un catastro de usuarios en toda la cuenca, como parte de un programa de regularización de derechos de agua. Esta última es requisito indispensable para organizar la administración de los recursos hídricos al interior de la cuenca.

Es especialmente conflictiva la competencia que se genera entre los derechos consuntivos y no consuntivos y las prácticas operativas que se han implementado a raíz de la Resolución Nº 105 de la DGA". Se trata más bien de un problema de administración, que de un problema de derechos de aprovechamiento del recurso. Por otro lado, también se producen conflictos de derechos entre usuarios no consuntivos, a raíz de la operación de las centrales hidroeléctricas de Pehuenche y Colbún.

Organizaciones de usuarios y su capacidad operativa

En la cuenca existen cuatro Juntas de Vigilancia: 1ª Sección del Maule; río Claro; río Longaví y río Achibueno, y aproximadamente unas 85 organizaciones de canalistas

3. Resolución Nº 105 de la Dirección General de Aguas: Regula la distribución del recurso agua en la cuenca alta del río Maule para fines agrícolas e hidráulicos, de acuerdo a las facultades legales con que cuenta la Dirección General de Aguas del MOP

- Déficit de aguas superficiales en los sectores de Longaví y Perquillá u Quén-Niquén durante la época de verano, limitando con ello su utilización en regadíos estivales. Sin embargo, existen una serie de obras de trasvase con fines hidroeléctrico que mejoran sustancialmente la situación. El estado actual de riego en la zona puede caracterizarse por un desarrollo agrícola limitado, frente a superficies potenciales de riego mucho mayores. De hecho, se han identificado 140.000 ha que pueden incorporarse rentablemente al riego. Actualmente, la Dirección de Riego del MOP tiene en desarrollo el proyecto del canal Linares con este fin.
- Inadecuado uso de las potencialidades de riego del agua del embalse de Tutuvén, provincia de Cauquenes, debido a la falta de capacitación e insuficiencias tecnológicas de los usuarios. Además, carencia de reparaciones y existencia de una zona de secano muy deprimida en la cuenca del río Purapel, en la misma provincia.
- Contaminación biológica de los cauces superficiales aledaños a las ciudades de Talca, Linares, Parral, Cauquenes, Constitución y San Javier. Principales

palmente por descargas de aguas servidas sin tratamiento, en especial domésticas.

➤ *Inadecuación de las redes de canales Maule norte y Maule sur.*

La construcción del complejo hidroeléctrico Colbún-Machicura cortó las redes de canales de los sectores Maule norte y sur en dos partes: las zonas de riego aguas arriba y aquellas aguas abajo de los canales San Clemente y Devolución, respectivamente. En ambos casos, los sectores aguas arriba quedaron con los canales antiguos ·dimensionados para caudales de conducción mucho mayores, y por tanto con múltiples problemas para materializar las entregas a los derivados y subderivados- más altos que el cauce, al manejarse caudales mucho más pequeños por los canales matrices. Las adecuaciones que se necesita introducir en ellos implican costosas modificaciones de infraestructura. Por otra parte, los canales que reciben agua directamente desde el canal San Clemente y el canal de Devolución, no tienen problemas, puesto que son entregas nuevas. Las consecuencias del problema se traducen en ineficiencias en el manejo de las aguas y mayores costos de operación por parte de los usuarios de los sectores afectados.

➤ *Insuficiencia e inadecuación de la red de medición y en los programas de monitoreo del recurso hídrico, especialmente en aquellos de conocimiento y monitoreo de la calidad del agua, particularmente en lo relacionado con la contaminación de origen antropogénico. Lo anterior impide el adecuado diagnóstico y control de los problemas de contaminación en los cauces superficiales.*

En cuanto a la red básica de medición de caudales empleada en los distintos sectores, se observa que es bastante completa, aunque se necesita incorporar estaciones permanentes de medición.

- *Conflicto entre el sector hidroeléctrico y el sector de regantes. Esta situación se produce -de acuerdo a la percepción de los agentes involucrados, principalmente los regantes- por la situación legal de los derechos de agua en la cuenca alta del río Maule, y por la modalidades que asume el manejo y distribución del agua en esa zona. El otro aspecto se refiere al manejo del agua en «tiempo real», que se efectúa en la cuenca alta del río Maule. Estas carencias podrían generar conflictos más agudos en caso de situaciones de sequías.*
- *Deterioro y precariedad de la infraestructura de riego de los canales derivados de los ríos Ancoa-Liguay y del sistema Melado-Longaví, como consecuencia de la antigüedad de la misma y de la falta de inversión en mantención y reparaciones.*
- *Baja eficiencia de uso de los recursos hídricos. Esto por la utilización de técnicas inadecuadas de riego, de distribución de aguas, y de aprovechamiento de derrames, como también por la carencia de tranques acumuladores.*

7) Aspectos Ambientales

Los principales problemas ambientales se refieren a los siguientes aspectos:

- *Contaminación química y biológica de las aguas. Especialmente en el río Claro, con 21 descargas de aguas servidas en Talca; el río Achibueno, con seis descargas en Linares; y el río Tutuvén, con cuatro descargas en Cauquenes. Junto con ello, todas las restantes localidades próximas a los*

cursos de aguas, no disponen de sistemas de depuración de sus efluentes. Con la excepción de las curtiembres y estaciones de servicio, que cuentan con sistemas de decantación primaria, el resto de las industrias carecen de cualquier sistema de depuración.

- *Recurso vegetal.* Se presentan importantes pérdidas del recurso forestal a causa de malas técnicas de manejo. En esta región, VII, la deforestación estimada entre los años 1978 y 1987, es de alrededor de 10.960 ha, concentradas básicamente en la cordillera de la Costa, 80%.
- *Deterioro de los suelos.* El principal problema de pérdida de este recurso se origina en el empleo de suelos no aptos para el cultivo, ya sea por su elevada pendiente o por otras características.

8) Problemas y Areas Criticas

Los problemas de mayor relevancia en el manejo de los recursos naturales renovables en la cuenca, en relación a las materias del estudio son:

- *Escasez de agua para satisfacer las demandas de los múltiples usos que se han desarrollado en la cuenca, tanto en la situación actual como en las demandas futuras previstas. Esto a nivel de balances mensuales y locales, puesto que a nivel general no se presentan deficiencias.*
- *Uso poco eficiente de los recursos hídricos y de las obras construidas para su aprovechamiento.*
- *Erosión y pérdida de suelos, como consecuencia de uso de terrenos con aptitud forestal en explotaciones agropecuarias y, en general, al uso de los suelos por encima de su capacidad.*
- *Manejo inadecuado del bosque nativo, principalmente en la precordillera, a causa de la explotación de este recurso con fines dendroenergéticos y al posterior pastoreo en las áreas raleadas.*
- *Inundaciones de áreas urbanas y terrenos agrícolas, como consecuencia de las crecidas de los ríos y la falta de capacidad de los cauces para evacuar los caudales máximos.*
- *Incendios forestales, en su mayoría de origen antrópico, con las consecuentes pérdidas económicas por el recurso destruido y el posterior riesgo de erosión de los terrenos en los cuales la cubierta vegetal ha sido destruida.*
- *Explotación de suelos en áreas que tienen capacidad de uso agropecuario extensivo por encima de su capacidad de uso, con la consiguiente degradación progresiva.*
- *Parcial cumplimiento de los objetivos de las Afeas Silvestres Protegidas, tanto en sus fines educativos como de aquellos de conservación de especies en peligro de extinción.*
- *Contaminación, especialmente biológica, de los ríos en los sectores que reciben descargas de aguas servidas y riles de las principales ciudades de la cuenca.*
- *Incompleta información básica sobre recursos hídricos. en especial sobre parámetros de calidad de aguas -tanto química como biológica- y de arrastre de sedimentos.*
- *Falta de planificación y control del aprovechamiento de los recursos hídricos, y de estudios suficientes para apoyar la toma de decisiones en el manejo de los recursos.*

• Áreas Críticas

En relación a las áreas críticas, esto es, aquellas unidades territoriales donde se presentan dos o más de los problemas detectados en forma interrelacionada, ya sea por obedecer a causas comunes, o porque uno es causa de otro, y donde es necesario elaborar soluciones integrales; en la cuenca son:

■ Alta cordillera y cuenca preandina afluyente al río Maule, aguas arriba del embalse Colbún

Incluye las comunas de Colbún y un sector de la comuna de San Clemente.

En esta área se encuentran todas las grandes centrales hidroeléctricas de la cuenca: Cipreses, Isla, Pehuenche y Colbún -Machicura. Por ello, el manejo de la cuenca está vinculado directamente a su operación, puesto que el arrastre de sedimentos afecta la capacidad de los embalses, las obras de captación y la vida útil de las turbinas. Por esta razón, el manejo de la cuenca es una preocupación constante para las empresas que explotan estas centrales, del mismo modo que algunos efectos sobre el medio ambiente de este aprovechamiento hidroeléctrico.

■ Sector de precordillera en subcuencas afluentes al río Maule, aguas abajo de Colbún y el valle central

Abarca parte de la comuna de Malina y las comunas de Río Claro, Pelarco, San Clemente, Talca, Maule, Yervas Buenas, Villa Alegre, Linares, Parral, Longaví, Retiro, y parte de la comuna de Ñiquén en la VIII Región.

Sus principales problemas se refieren al uso de los suelos por encima de su capacidad y a la sobreexplotación del bosque nativo. Ello aumenta la erosión y el arrastre de sedimentos hacia los cauces, lo cual afecta la operación de los canales que aprovechan las aguas de esos ríos. En el valle central hay escasez de agua, por lo que se presentan dificultades para incorporar nuevas tierras a regadío y ocasionalmente abastecer a las zonas actualmente con regadío. En ellas, la escasez se relaciona principalmente con una deficiente operación y mantenimiento de la red de canales y una baja eficiencia de los métodos de riego. Teniendo como causa adicional, la falta de coordinación entre los usos del agua para riego y para generación eléctrica. Específicamente, en el sistema Colbún-Machicura la ejecución de las obras, tanto de las represas como del canal de descarga, ha interferido con las redes de canales, sin que haya finalizado su readecuación a las nuevas circunstancias.

También se presentan problemas de inundaciones, especialmente en las subcuencas de los ríos Claro y Loncomilla, en las zonas de Linares, Talca, Huapi, Parral, Paihuén y Huenutil.

Existen además focos de contaminación de aguas servidas en las ciudades de Parral, Cauquenes, Linares y Talca; y de Riles en el estero Apestado en Linares, y en el estero Piduco y el río Claro en la ciudad de Talca.

En esta área se localizan las Áreas de Protección de Alto Vilches y de Radal Siete Tazas, entre cuyos problemas se encuentran las formas de dominio, la presión de las comunidades vecinas para aprovechar sus recursos, y las dificultades de cumplimiento de los objetivos definidos para las áreas de protección.

Area cordillera de la Costa

Cubre las comunas de Péncahue, Constitución, San Javier, Empedrado, Cauquenes, Quirihue y un sector de la comuna de Chanco. Su principal problema es la erosión y pérdida de suelos, como consecuencia del uso de terrenos con aptitud forestal en explotaciones agropecuarias, especialmente por la subdivisión de las tierras. Lo anterior trae como resultado erosión y aumento del arrastre de sedimentos a los cauces. También se presentan problemas de inundaciones en la desembocadura del río Maule, en la ciudad de Constitución.

Al igual que en los restantes casos analizados, en la cuenca del Maule también se presentan problemas que afectan al cauce en su totalidad.

9) Problemas que Involucran a toda la Cuenca

Estos son de dos tipos:

➤ Relacionados con el manejo de los recursos naturales

Entre ellos se destacan los incendios forestales, el inadecuado manejo de los recursos forestales y el incumplimiento de los planes de manejo forestal acordados.

➤ Falta de estudios e información básica

Especialmente en lo relativo a algunos parámetros que afectan al aprovechamiento de los recursos hídricos, en especial a la calidad biológica y química de las aguas y al arrastre de sedimentos. Además, al igual que en las restantes cuencas analizadas, se requiere determinar con rigurosidad los deslindes entre los cauces que son bienes nacionales y las propiedades privadas de las riberas, a objeto de definir las áreas posibles de inundaciones y reglamentar su uso.

Del mismo modo, se necesita realizar un diagnóstico de las especies nativas existentes. Finalmente, se requiere contar con una visión global del aprovechamiento de los recursos hídricos, forestal y de suelos que permita determinar si el sistema actual es el adecuado o necesita ser modificado, y que sirva de base para la toma de decisiones futuras al respecto.



Cuenca río Imperial

Archivo **SERNATUR**

Cuenca del Río Imperial, IX Región

❖ Caracterización de la Cuenca

1) Características físicas de la cuenca

La cuenca del río Imperial se ubica entre los paralelos 38' y 39' de latitud sur.

Al igual que las anteriormente analizadas se trata de una cuenca preandina y sus nacientes se localizan en los cordones cordilleranos. De igual modo, en ella se distinguen tres secciones: precordillera de los Andes, planicie central y cordillera de la Costa o de Nahuelbuta.

Cuenta con una superficie total de 12.085 km², de ellos el 71 % corresponde a terrenos de aptitud forestal, el 25% a aptitud agrícola, el 1% a alta cordillera, y el restante 3% a cauces de ríos y cuerpos de agua. Posee 5.000 km² de bosque nativo y 1.200 km² de terrenos reforestados. De la superficie en explotación agrícola, sólo un 5% está bajo riego.

El río Imperial está formado por la confluencia del río Cautín, que drena la mayor parte de la precordillera de los Andes; y el río Chol-Chol, que drena la vertiente oriental de la cordillera de la Costa y el sector norte de la planicie central y de la precordillera andina. El principal afluente al río Cautín es el río Quepe. En cuanto a los caudales se presenta la siguiente situación:

cuadro 25

Caudales de los ríos Cautín y Cholchol

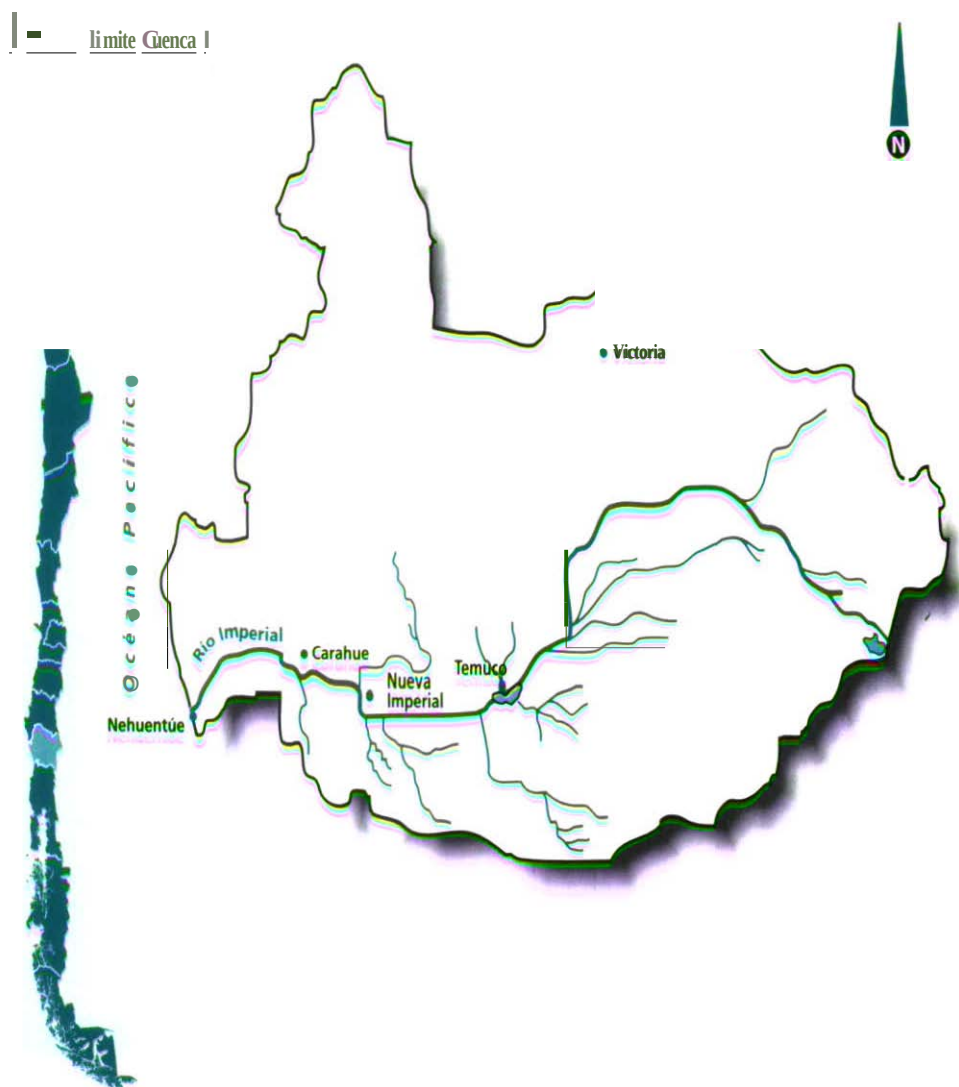
Río / Localización	Caudal, medio (m ³ /s)	Caudal Julio	Caudal Marzo
Cautín / precordillera	277,0	592	79,0
Cautín / valle	101,3	160	46,6
Chol-Chol / curso bajo	145,0	385	22,0

Fuente: Estudio de Factibilidad. Programa de Manejo de Cuenas Hidrográficas. Cuenca, río Imperial. Ministerios de Agricultura y Obras Públicas, y Programa de Preinversión MIDEPLAN-BID. Diciembre de '995.

El clima es mediterráneo-frío. La temperatura media anual varía de 12° C en la costa y en la planicie central, a 10° C en la precordillera.

La cuenca cuenta con una precipitación media de 1.638 mm anuales y una evaporación real de 579 mm anuales. El 81 % de las lluvias se producen entre los meses de abril a octubre. El período más seco abarca de enero a marzo, en el cual solo precipita el 9% del total anual.

Cuenca Río Imperial, IX Región de la Araucanía



2) Situación administrativa y condiciones socioeconómicas

La cuenca se localiza en la IX Región, o región de la Araucanía. Abarca 5 comunas en la provincia de Malleco y 9 en la provincia de Cautín. En ella se encuentra la ciudad de Temuco, sede del Gobierno Regional y de la Corte de Apelaciones, que cuenta con una amplia cobertura educacional, incluyendo universidades y toda clase de servicios bancarios, comerciales y de comunicaciones. Además, posee una amplia red vial y ferroviaria, y un aeropuerto comercial con servicio diario nacional. La cuenca cubre el 33% de la superficie de la región.

La población total de las 14 comunas que comprende la cuenca es de 515.000 hab., de acuerdo al censo de 1992. De ellos, el 65% habita en zonas urbanas y el resto, 35%, en áreas rurales. En la comuna de Temuco reside el 40% de la población total de la cuenca.

El 25.6% de la población está en condición de pobreza; sin embargo, las condiciones socioeconómicas de la población en las diferentes comunas es muy heterogénea. Las situaciones de extrema pobreza rural son particularmente extremas en las comunas del sector de la cordillera de la Costa: Galvarino, Saavedra, Nueva Imperial,

Carahue, Lumaco y Purén. Adicionalmente, las comunas de Galvarino, Saavedra y Nueva Imperial -con más del 50% de la población de etnia mapuche-, son las que presentan además los mayores índices de extrema pobreza del país¹⁸.

La población económicamente activa alcanza al 26% de la población total, alcanzando la desocupación una tasa de 14%, superior al promedio nacional. En cuanto al empleo por sectores, el 66% del mismo es generado por la agricultura (1991).

La IX Región posee el 5,8% de la población total del país, aporta el 32% del PIS nacional y el 10,7% del PIS silvoagropecuario nacional. Del PIB regional, el 30% proviene del sector silvoagropecuario, el 16% del sector industrial, distribuyéndose el resto entre los demás sectores.

En relación a la composición del PIS silvoagropecuario regional, el 46% es agrícola, el 42% pecuario y el 12,4% forestal.

❖ Potencialidad de los Recursos Naturales de la Cuenca

La explotación económica de los recursos naturales renovables de la cuenca está en etapa de desarrollo. En general, la disponibilidad de agua, suelos y recursos forestales es amplia, lo que posibilita un importante desarrollo económico.

Los recursos hídricos son abundantes, superando la disponibilidad de aguas superficiales las actuales demandas, aun en años extremadamente secos, y en general también exceden las demandas previstas para un horizonte de 20 años.

El clima permite explotaciones agropecuarias de interés aún en condiciones de secano. Además, el riego en el período seco (enero a marzo), permite una mayor diversificación de los cultivos a futuro y un aumento de los rendimientos. Una gran parte de las aproximadamente 300.000 ha con aptitud agropecuaria existentes podría ser regada, pero, el incremento relativamente bajo de los beneficios de las explotaciones de riego, en comparación con las de secano, es una importante limitante. Las condiciones de clima son muy favorables para el desarrollo forestal; actualmente, la IX Región ocupa el 3^{er} lugar nacional en plantaciones forestales en explotación. El bosque nativo, que ocupa grandes extensiones, en especial en la precordillera de los Andes, por las condiciones de clima y suelo, puede ser manejado en forma económicamente favorable y sustentable en sus características.

Las pendientes de los cauces, en general moderadas, no son favorables para desarrollos hidroeléctricos de importancia, aprovechándose la abundancia del recurso agua en generación eléctrica solo para satisfacer necesidades locales.

❖ Principales problemas detectados por Componentes

1) Manejo Forestal y de Suelos

En esta componente, interesó evaluar los recursos naturales de suelo y vegetación disponibles en la cuenca y reconocer los problemas de las comunidades rurales existentes, en términos de su interacción con el medio ambiente y estos recursos.

¹⁸ Fuente: Encuesta Casen, 1994. Ministerio de Planificación y Cooperación, MIDPLAN.

La atención se centró en especial en las poblaciones de zonas particularmente degradadas y en aquellas ligadas al bosque nativo. Así, en la zona costera se establecieron tres áreas de interés, seis en la zona de la cordillera de la Costa y cuatro en la precordillera andina.

Cabe agregar que la IX Región ha enfrentado en la década de los noventa un profundo proceso de transformación productiva y de modernización, en los sectores ligados al modelo agroexportador. Sin embargo, este cambio ha sido desigual y ha generado nuevos tipos de desequilibrios e impactos ambientales negativos, de características y magnitudes diversas. En esta región, la pobreza presenta una particular distribución territorial y étnica, al concentrarse en comunas rurales y con una alta concentración de población campesina mapuche.

Particularmente aguda es la situación de degradación de los recursos suelo y vegetación en el caso de la pequeña propiedad, la cual está vinculada a un cierto tipo de explotación y principalmente a un modo de vida. Al respecto, el Estudio planteó una clasificación en «zonas de interés», considerando diferentes opciones para efectuar proyectos integrales relativos a la solución de los problemas de erosión, forestación y de introducción de especies.

Las zonas definidas fueron las siguientes:

- *Áreas de aptitud forestal con especies exóticas; comprende las comunas de Purén, Los Sauces, Lumaco, Carahue y parte de la comuna de Imperial, el sector sur principalmente. En ellas se presentan situaciones de erosión de un orden superior al 30%, como producto de cultivos anuales de trigo en pendientes excesivas, próximas a cursos de agua y quebradas.*
- *Áreas de aptitud si/vopastoral; ubicadas principalmente en las zonas pertenecientes a las comunidades mapuches. Por tratarse de áreas muy atomizadas en lo relativo a su propiedad, se plantea desarrollar en ellas proyectos que permitan la integración de actividades si/vopastorales, con las técnicas productivas tradicionales de estas comunidades. Comprende las comunas de Saavedra, Nueva Imperial, Temuco y Galvarino.*
- *Áreas de aptitud si/vicola; para manejo productivo de reñovales y bosques nativos agregados al manejo silvopastoral. Comprende principalmente la comuna de Curacautín, en la cual están presentes los principales recursos forestales nativos de la región, los cuales constituyen la principal fuente de ingreso y sustento de las comunidades.*

La superficie total afectada por problemas de erosión alcanza aproximadamente a 1.260.000 ha.

En las comunidades residentes en las principales áreas en estudio, se detectó un gran interés para participar en proyectos y programas forestales, así como la forestación con especies nativas o autóctonas, y también el apoyo a ensayos especiales de introducción de especies. A la vez, se pedía una mayor participación en los procesos y etapas de decisión de los mismos.

En general se aprecia en diferentes sectores de la cuenca un notable sobretalajeo de los montes y una sobreexplotación del recurso, para sustento de la población

aledaña. Esta práctica es similar en todas las áreas de precordillera de la Costa y de los Andes, variando sólo el tipo de vegetación afectada, dependiendo la intensidad de corta del número de habitantes comprometidos en el área de distribución.

La falta de apoyo económico y de asistencia técnica oportuna a las comunidades rurales es, a grandes rasgos, la principal causa del deterioro y degradación de los recursos naturales vegetacionales existentes en la cuenca.

2) Áreas Silvestres Protegidas

En la cuenca existen cuatro áreas protegidas: Parque Nacional Conguillío, Reserva Nacional Malalcahuello, Monumento Natural Cerro Nielol y Monumento Natural Contulmo, localizado este último en su límite noroeste. Sus características son:

Parque Nacional Conguillío

Fue creado en 1950 y cuenta con una superficie de 60.832 ha. Se localiza en las provincias de Cautín -comunas de Melipeuco y Vilcún-, y Malleco -comuna de Curacautín-. Su altitud oscila de los 900 m a los 3.125 m. Dispone de un Plan de Manejo, que incluye programas de protección, interpretación y educación ambiental, recreación, investigación y administración. A este respecto, solo se han cumplido en parte las actividades de protección, educación ambiental de visitantes y la estructura administrativa propuesta. En relación a las causas de esta situación, se destacan la falta de presupuesto, con la consiguiente falta de personal, y lo inadecuado de los lugares propuestos para desarrollar infraestructura.

En cuanto a los problemas existentes, se pueden señalar entre los más importantes:

- *Carencia de soberanía en las áreas protegidas; lo que se traduce en indefinición y falta de marcación de los deslindes, ocupaciones de terreno y ausencia de poder real de parte de CONAF para tutelar estas áreas.*
- *Falta de infraestructura adecuada.*
- *Déficit de equipamiento en general; desde animales de trabajo y aperos, hasta esquís e instrumentos meteorológicos.*
- *Pastoreo ilegal de los propietarios colindantes.*

Todos estos problemas son comunes a las demás áreas silvestres de la región:

• Reserva Nacional Malalcahuello

Está localizada en la provincia de Malleco, en las comunas de Curacautín y Lonquimay, y cuenta con una superficie de 17.530 ha. Actualmente, su Plan de Manejo se encuentra en edición, con lo cual aún no es posible evaluar su cumplimiento. En relación a los problemas existentes en su interior, se *agrega* a los *arriba* mencionados la degradación de suelos y la vegetación introducida.

• Monumento Natural Nielol

Este se encuentra en la comuna y ciudad de Temuco, y posee una superficie de 89,5 ha. Al igual que el caso anterior, su Plan de Manejo está en proceso de edición. En

lo relativo a los problemas existentes al interior de la unidad, estos se derivan básicamente de las presiones de uso, por estar situado al interior de la ciudad y recibir un importante número de visitantes cada año: 66.882 personas en 1995.

- Monumento Natural Contulmo

Está situado en la Cordillera de Nahuelbuta, en el límite noroeste de la cuenca, y dispone de una superficie de 82 ha. Constituye un caso especial entre las áreas protegidas debido a que, por la pendiente de los terrenos y las condiciones de su vegetación, es de difícil acceso para recibir visitantes. No obstante, es de una particular belleza.

Antecedentes de fauna en la cuenca

Identificación de ambientes, comunidades de fauna y sus especies características

Para la descripción de la fauna de la cuenca, se efectuó una división en dos ambientes: zona cordillerana y precordillerana, y depresión intermedia y cordillera de la Costa.

El primero comprende formaciones vegetales de estepa y matorral de altura, bosques de *Araucaria* y de *Nothofagus*, las cuales han sido explotadas durante muchos años por la ganadería y la industria forestal. No obstante, existe en este ambiente una rica fauna que subsiste en los relictos" de vegetación nativa, o se ha adaptado a las situaciones alteradas. El segundo presenta un grado mayor de intervención humana, que ha significado la eliminación de gran parte del hábitat natural de la fauna nativa.

Identificación y localización de especies o poblaciones animales susceptibles de ser incorporadas al SNASPE

Esta cuenca presenta importantes comunidades no protegidas en los Parques Nacionales Tolhuaca y Conguillío. Entre las especies que sería necesario proteger se encuentran la güiña (*Felis guignal*), puma (*Felis concolor*), ratón topo valdiviano (*Geoxus vaudianus*), pudú (*Pudu pudu*), pájaro carpintero (*Campephilus magellanicus*) y choroy (*Enicognathus leptorhynchus*). Además, el estuario de la desembocadura del río Imperial forma un sistema de gran importancia para las aves acuáticas y de humedales.

Existen dos sitios propuestos para ser incorporados al SNASPE: Rucamanque y el fundo María Ester -cerro Adencul-, que presentan comunidades vegetales de bosque caducifolio casi desaparecidas del resto de la cuenca. Cabe agregar, sin embargo, que estas comunidades son superficies de terreno de gran tamaño, y de propiedad privada.

En cuanto a los datos demográficos sobre fauna, al igual que en casi todo el país, son muy escasos. Aparte de algunos estudios puntuales sin relevancia regional, los únicos datos cuantitativos disponibles son algunos conteos de aves acuáticas que se realizan regularmente en algunos cuerpos de agua del país, especialmente del Cisne de cuello negro (*Cygnus melancoryphus*) en el lago Budi, desde 1989.

³⁹ Ecosistema «relictos»: ver nota N° 34.



3) Control Forestal

Estadísticas de control

En la cuenca se calificaron 209.097 ha como de aptitud preferentemente forestal, se desafectaron 1.674 ha y se acogieron a plan de manejo 313.445 ha.

En cuanto a la forestación desarrollada en la cuenca, ésta alcanzó una superficie sobre las 131.000 ha, en una similar proporción en ambas provincias. En relación a las actividades de control en planes de manejo de raleo y poda, las superficies registradas a la fecha son de 45.561 ha y 56.839 ha, respectivamente. La superficie explotada por plan de manejo es de 35.738 ha, con mayor presencia en la zona de Curacautín.

Del diagnóstico recogido y de los antecedentes analizados se concluye que:

- CONAF ha dado mayor énfasis a las labores de control en el bosque nativo, que en las plantaciones. Esta acción se considera muy positiva.
- Este organismo también ha desarrollado una importante labor de difusión y apoyo a los pequeños propietarios, que sería necesario extender.
- Al igual que en otras cuencas analizadas, se han detectado casos de falta de aplicación adecuada de las técnicas estipuladas en los planes de manejo aprobados. Por ello, se requiere ampliar la difusión de las mismas a un mayor número de propietarios pequeños y medianos y desarrollar mecanismos de seguimiento.

4) Manejo del Fuego

Antecedentes sobre incendios forestales

En las últimas cinco temporadas que van desde 1988 a 1993, se han producido en la cuenca 2.921 incendios, que afectaron a una superficie de 14.817 ha.

De estas, 4.941 ha correspondieron a plantaciones y 9.877 ha a vegetación natural. Este problema presenta una evolución irregular, puesto que se han registrado cifras de 700 incendios para 1989 y de 384 para 1990, que se producen principalmente entre los meses de octubre a mayo. En cuanto al origen de los mismos, en su totalidad tienen inicio en la actividad humana.

5) Control de Crecidas y Manejo del Cauce

En relación a esta componente, la etapa de diagnóstico se orientó, fundamentalmente, a la identificación y análisis cualitativo y cuantitativo de los problemas más relevantes que se presentan en el cauce matriz y sus principales tributarios: ríos Imperial, Cautín, Chal-Chal, Quillem, Traiguén, Lumaco, Purén, Quepe y estero Botrolhue.

El cauce natural más importante de la cuenca, desde el punto de vista de la infraestructura y de los sectores poblados localizados en sus márgenes, es el río Cautín. Este nace en las faldas del volcán Lonquimay y se caracteriza por su desarrollo

trenzado a partir de su entrada al valle y hasta su desembocadura en el río Imperial; recibe numerosos aportes, entre los que destacan el estero Botrollhue y su tributario más grande, el río Quepe.

El segundo tributario más importante es el río Chal-Chal, que nace con el nombre de Purén en la cordillera de Nahuelbuta y se origina de la confluencia de los ríos Lumaco y Quillem.

Finalmente, el río Imperial nace de la unión de los dos ríos anteriores, presentando un trazado recto con amplias planicies de inundación hasta su desembocadura en el mar. Previo a ello, el río Imperial enfrenta una barra de arena cerca de la localidad de Nehuentúe, que lo obliga a cambiar su trayectoria hacia el sur.

El origen de las crecidas de la mayor parte de los cauces de la cuenca del río Imperial, es fundamentalmente de tipo pluvial y de ocurrencia invernal. Cuando estas se producen, suelen ocasionar importantes problemas en las zonas colindantes, afectando sectores poblados y áreas agrícolas y causando daños de consideración por inundaciones y/o erosión de riberas. Los sectores más amagados son algunas poblaciones de las ciudades de Temuco y Lautaro, afectadas por los desbordes del río Cautín; el sector Carahue-Nehuentúe-Puerto Saavedra, comprometidos por el río Imperial; la localidad de Galvarino, inundada por desbordes del río Quillem; y algunos sectores urbanos de Nueva Imperial, amenazados por crecidas del río Chol-Chol.

Además se presentan otros problemas generalizados durante las crecidas mayores. Entre ellos, la inundación de amplias zonas agrícolas y el aislamiento de diversas localidades por las crecidas y los daños en los caminos y puentes.

El origen más importante de los problemas de inundaciones por crecidas de los cauces naturales, se encuentra en la ocupación -por asentamientos urbanos, infraestructura vial y cultivos agrícolas-, de las planicies inundables de los mismos. Una segunda causa es la reducción de la capacidad de algunos cauces por embancamiento y presencia de vegetación en su interior. Finalmente, en el río Imperial se presenta el efecto de la barra en la desembocadura y la variación de nivel provocada por las mareas.

En el cuadro a continuación se indica la localización de los sectores críticos.

Sectores críticos y principales problemas de la cuenca del río Imperial

Nº	Cauce y sector	Problemas y consecuencias	Causas
2	Río Cautín. Sector urbano de Temuco (L: 14 km)	Inundación de zonas urbanas de Temuco. Area afectada: aprox. 140 manzanas/ 3.340 casas. Zona más dañada: Villa Austral, Los Boldos, Langdon, Alameda y Amanecer.	Ocupación de la planicie de inundación. (sectores con restricción)
2	Rio Imperial. Sector Carahue-Nehuentúe. Sector desembocadura (Puerto Saavedra) (L: 14 km)	Inundación de amplios sectores agrícolas con reducciones indígenas, viviendas rurales y localidades urbanas. - Ribera derecha: área afectada: 20 manzanas inundadas en Nehuentúe. Infraestructura danada: camino S-36 cortado en aproximadamente 7 km. - Ribera izquierda: área afectada: 10 manzanas en Puerto Saavedra, 2.000 ha agrícolas. Infraestructura danada: camino S-40 cortado en aprox. 8 km.	Ocupación de la planicie de inundación. Efecto de la barra en la desembocadura.
3	Río Cautín. Sector urbano de Lautaro (L: 0,9 km)	Inundación zonas urbanas. Area afectada: aproximadamente 8 manzanas! 200 casas. Zona más danada: población Guacolda	
4	Rio Quilén. Ribera izquierda, sector urbano de Galvarino (L: 2 km)	Inundación zonas urbanas. Area afectada: aproximadamente 6 manzanas! 160 casas.	Ocupación de la planicie de inundación.
5	Rio Chal-Chal. Sector Nueva Imperial (L: 0,8 km)	Inundación zonas urbanas. Area afectada: aproximadamente 2 manzanas/ 40 casas.	Ocupación de la planicie de inundación.
6	Rio Imperial. Sector Lisahue (L: 1 km)	Inundación 1.000 m en la ruta S-40, zona agrícolas y zonas rurales hasta 7 km aguas abajo. Area afectada: aproximadamente 200 ha.	Desborde en sector Lisahue por riberas bajas.
7	Rio Cautín. Sector El Rulo (L: 0,8 km)	Inundación de sectores agrícolas. Area afectada: aprox. 150 ha 135 casas.	Desborde local por sector El Rulo por riberas bajas.



Nº	Cauce y sector	Problemas y consecuencias	Causas
8	Estero 8otro lhue. Sector Labranza (L: 3 km)	Inundación sector urbano de Labranza. Área afectada: aprox. 30 ha / 20 casas.	Insuficiencia del cauce por embancamiento y vegetación.
9	Río Purén (L: 5 km)	Inundación de terrenos agrícolas. Área afectada: aprox. 30 ha / 20 casas.	Ocupación de la planicie de inundación.
10	Río Quilén. Ribera derecha, sector Galvarino (L: 1 km)	Inundación de terrenos agrícolas, viviendas rurales y 500 m de la ruta Galvarino-Rucatraro. Área afectada: aprox. 20 ha / 20 casas.	Ocupación de la planicie de inundación.

Fuente: Estudio de Factibilidad del Programa de Manejo de Cuencas Hidrográficas Cuenca río Imperial. Ministerio de Agricultura y Obras Públicas. y Programa de Reversión MIDEPLAN BID. Diciembre de 1995.

Los problemas generados por las crecidas han sido abordados principalmente a través de la ejecución de medidas estructurales, y luego por medio de medidas no estructurales. Las primeras han consistido sólo en obras de defensas fluviales. El diagnóstico incluyó un análisis de las longitudes de sectores críticos y de defensa fluvial existente; se estudió una longitud de aproximadamente 530 km de cauce y se determinó que las longitudes de los sectores críticos alcanzan a 53,6 km para la ribera izquierda y 62,8 km para la ribera derecha, lo que corresponde a un 10,1 % y a un 11,8% respectivamente, del total de cauce analizado.

Por otra parte, se tiene que existe un total de 0,65 km de obras de defensas fluviales construidas en la ribera izquierda y 12,9 km en la ribera derecha. De ello se concluye que del total de sectores críticos, sólo un 1,2% está defendido, para la ribera izquierda, y un 20,5% para la ribera derecha. Cabe señalar que los sectores críticos contemplan tanto aquellos sectores defendidos como aquellos que no lo están.

De acuerdo a lo anterior se concluye, por una parte, que las obras ejecutadas son insuficientes para la protección de los sectores considerados como críticos; y, por otra, que las defensas ya construidas requieren ser complementadas, recargadas y mantenidas, puesto que varias de ellas no logran controlar las crecidas de los cauces.

En relación a las medidas no estructurales, la principal de ellas corresponde a la regulación del uso de las áreas con riesgo de inundación y/o erosión. Esto se logra normalmente a través de los instrumentos de planificación urbana definidos por la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. Dicha ordenanza en su Art. 2.1.5, establece que los planes reguladores comunales e intercomunales deben incluir, cuando proceda y previo estudio realizado por profesionales especialistas, zonas no edificables o de edificación restringida, con peligro potencial para los asentamientos humanos, dentro de las cuales se encuentran las zonas inundables o potencialmente inundables, que se emplazan próximas a lagos, ríos, esteros, quebradas naturales, entre otros.

En el siguiente cuadro se muestran las localidades más importantes dentro de la cuenca en estudio y se indica el tipo de instrumento de planificación urbana que poseen,

Cuadro 27

Instrumentos de planificación urbana existentes en las ciudades de la cuenca,

Localidad	Tipo de Plan	Año
Puerto Saavedra	PR	1963
Nehuentúe	L.U.	1978
Carahue	P.R.	1983
Nueva Imperial	P.R.	1987
Almagro	L.U.	1991
Labranza	P.R.	1966
Temuco	P.R.	1982
Lautaro	P.R.	1987
Chal-Chal	L.U.	1992
Galvarino	*	1979
Traiguén	P.R.	1990
Victoria	P.R.	1992
Lumaco	*	1982
Purén	L.U.	1934

Nomenclatura:

PR = Plan Regulador Comunal

LU = Limite Urbano

* = Localidades que sólo posee plano base

Fuente: Estudio de Factibilidad. Programa de Manejo de Cuenas Hidrográficas. Cuenca río Imperial. Ministerios de Agricultura y Obras Públicas, y Programa de Preinversión MIDEPLAN-BID. Diciembre de '995.

Analizando lo anterior se concluye que existen niveles diferentes de efectividad de los distintos instrumentos normativos existentes. Así, en Lautaro, Labranza y Victoria las zonas con restricción por inundación se reducen sólo al lecho de los cauces, figurando la superficie realmente afectada como zona urbana consolidada. En Temuco y Nueva Imperial, las zonas inundables corresponden a aquellas definidas como zonas con restricción; sin embargo, éstas se han sobrepasado, llegando las inundaciones en algunos sectores hasta las zonas catalogadas como de consolidación urbana. Por otro lado, en las localidades de Puerto Saavedra, Carahue y Traiguén los sectores inundados durante crecidas corresponden efectivamente a los indicados en los planes reguladores como zonas con restricción por inundación. En general, se recomienda una actualización de los planes existentes.

Otras medidas no estructurales son las medidas de alerta y protección y la regulación del uso del cauce, sobre todo en lo relativo a la extracción de áridos de los cauces naturales. En cuanto a las primeras, sólo en el río Cautín esta operando, a través de la Dirección General de Aguas, un procedimiento de alerta de crecidas

artesanal, que ha funcionado satisfactoriamente. En relación a las segundas, se encuentra regulado y con los permisos correspondientes sólo aproximadamente el 50% de los sectores del río Cautín; en los demás cauces la actividad se realiza sin los permisos necesarios. Finalmente, en la ciudad de Victoria existe un sistema de rindas nocturnas de invierno, que sirve para activar las acciones necesarias para mitigar el efecto de las crecidas.

6) Gestión y Conservación de los Recursos Hídricos

• Balance entre disponibilidades y demandas de agua

Este balance sólo pudo realizarse en dos grandes áreas de la cuenca;

- *Sector norte*: en la provincia de Malleco, zonas hacia el norte de la ciudad de Lautaro y alrededores de Victoria y Traiguén.
- *Sector sur*: en la provincia de Cautín, zonas al sur de Lautaro y al norte y sur de la ciudad de Temuco.

Al efectuar los balances hídricos globales entre las disponibilidades y demandas, se concluye que para ambos sectores no se generan déficits de agua para ningún año hidrológico tipo.

• Calidad de las aguas superficiales

En relación a la calidad química de las aguas, sólo se dispone de los antecedentes registrados por la Dirección General de Aguas en sus estaciones de control de la red actual de monitoreo, que están orientados a establecer sólo un balance macroiónico del agua. Con la excepción del Boro que presenta esporádicos índices algo elevados, las aguas superficiales en la cuenca son sistemáticamente de excelente calidad química.

En cuanto a la calidad bacteriológica y a la contaminación biológica, de acuerdo a muestreos aislados, se detectan valores relativamente altos de coliformes totales y fecales aguas abajo de la ciudad de Temuco, ocasionados por las descargas de aguas servidas de la ciudad. No obstante, debido a las favorables condiciones de autodepuración del río, dichas concentraciones decrecen rápidamente aguas abajo. Por otro lado, un gran número de descargas del alcantarillado de la ciudad de Temuco, se evacúan directamente, sin tratamiento, al canal Gibbs, que cruza todo el sector poniente del área urbana, tributando finalmente al estero Botrollhue y éste al río Cautín. Esta situación produce condiciones de alta contaminación y de significativa insalubridad a la ciudad misma, especialmente cuando dicho canal se desborda por efecto de lluvias intensas.

Las concentraciones de coliformes totales y fecales aguas abajo de Nueva Imperial y de Cholchol, también se presentan altas y fuera de norma (3×10^3 y 16×10^3 para coliformes totales, respectivamente).

Para las condiciones actuales y futuras, sin tratamiento de aguas servidas, no se producirían problemas serios de contaminación relacionados con la Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO, y con los niveles de Oxígeno Disuelto, OD.

En la cuenca existen pocas industrias que generen una gran cantidad de residuos.

La mayoría de ellas están concentrados en el área de la ciudad de Temuco y se relacionan con la producción agropecuaria. En general, este tipo de industrias se caracteriza por generar altos valores de materia orgánica degradable, lo que se refleja en los altos contenidos de OSO y Sólidos Suspendidos en sus Riles no tratados. Por otro lado, de acuerdo a la información actualmente disponible, no se han detectado problemas relacionados con la presencia de niveles excesivos de aceites, grasas, hidrocarburos, nutrientes y metales.

A futuro pueden presentarse mayores problemas con las nuevas extracciones de agua consuntivas para el río Cautín, como las previstas para el eventual canal de regadío Victoria-Traiguén-Lautaro, con lo cual disminuirían las condiciones de dilución de las descargas.

• Infraestructura existente para el aprovechamiento de los recursos hídricos

En este aspecto, si bien se dispone de información sobre sus aspectos más importantes, aún no se cuenta con un catastro exhaustivo de las obras de infraestructura de riego existentes que permita realizar un diagnóstico más acabado de las mismas.

En relación a las instalaciones para el uso de los recursos hídricos en agua potable, a pesar que en general las obras de captación de aguas superficiales se encuentran en regular estado, ello no constituye un problema crítico, dado el apoyo de las captaciones desde fuentes de aguas subterráneas.

Con respecto a la infraestructura de uso industrial, minero e hidroeléctrico, las obras respectivas resultan ser de escasa importancia relativa y en términos generales son adecuadas y suficientes para los fines y usos actuales.

En relación a la eficiencia en el uso de los recursos hídricos en el sector riego -el uso más significativo en la cuenca-, los niveles de eficiencia significan pérdidas directas comprendidas entre el 55 y el 60 %. Además, técnicamente estas no podrían reducirse a menos del 50 %. En el sector agua potable, el nivel de pérdidas actuales es del orden del 65%, pudiendo técnicamente reducirse a un 25% sobre esta cifra.

• Administración del recurso hídrico

Actualmente, la administración de los recursos hídricos no presenta problemas graves, principalmente porque los recursos disponibles son superiores a las demandas efectivas actuales. De hecho, no se han presentado hasta la fecha conflictos serios por el uso del recurso entre los distintos usuarios.

Hasta ahora, no se ha efectuado en la cuenca una labor sistemática y generalizada para obtener un catastro de usuarios e información sobre derechos de aprovechamientos concedidos y en situación de ser legalizados o caducados. La excepción a estas situaciones son los sectores de influencia que surgen del proyecto de regadío Victoria-Traiguén y de la construcción, por la Dirección de Riego, de los canales Pillanlelbún e Imperial.

Actualmente no existe ninguna Junta de Vigilancia en actividad en la cuenca. Tampoco hay interés en organizar la administración de las obras y canales construidos por el Estado y que fueron entregados en alguna época a los usuarios particulares.

El canal Chufquén, proyectado y construido por sus usuarios, es una excepción de una adecuada administración y mantenimiento.

No hay seccionamiento legal en ningún río de la cuenca, aunque se presenta una división de hecho entre los sectores altos, en los cuales los recursos están asignados y no se conceden nuevos derechos consuntivos permanentes, y los sectores bajos, en los cuales se presenta un superávit de recursos.

Monitoreo de los recursos hídricos superficiales

La red de monitoreo del río Imperial presenta diversas necesidades de readecuación y mejoramiento. Existe carencia de estaciones de impacto en varios lugares claves y en las estaciones existentes se requiere un replanteamiento de los parámetros a registrar y de su frecuencia de observación. La red fluviométrica actual necesita de diversas reparaciones y mejoramientos en la infraestructura, cambio de ubicación y supresión de algunas de las estaciones existentes.

Las consecuencias de los problemas de monitoreo señalados son: insuficiencia en la caracterización y control de la calidad del agua en los cauces y en la identificación y caracterización de los problemas actuales y potenciales de contaminación hídrica.

7) Aspectos Ambientales

Los problemas ambientales analizados se centraron en aquellos relacionados con los recursos agua, suelo y bosques. De ellos, el 76% se relacionan con los recursos hídricos, y la mayoría están referidos a la contaminación provocada por los vertidos de aguas servidas de diferentes orígenes.

Entre los vertidos se destacan por el número de descargas, los Riles de las industrias elaboradoras de cecinas (22%), de bebidas (18,6%), y las aguas servidas de los centros poblados (16,9%).

En cuanto al recurso forestal de la zona, este se ha venido deteriorando en forma sistemática a través del tiempo, y en los últimos años se ha llegado a situaciones de gran deterioro ambiental y de degradación de las masas boscosas. Un aspecto adicional que ha contribuido a este fenómeno, es la utilización de bosques nativos en la producción de astillas, que ha crecido a tasas insostenibles. Los planes de manejo que aprueba la CONAF para la producción de astillas que no plantean sustitución son por lo general mal ejecutados y no se aplican criterios de manejo, sino más bien criterios extractivos, ocasionando un grave deterioro al medio que aún no ha sido cuantificado.

En aquellos casos en que hay sustitución del bosque nativo, también se generan deterioros ambientales, desconociéndose la magnitud y el grado de reversibilidad de los impactos. Otro de los factores de pérdida de la biodiversidad ha sido el sobrepastoreo.

8) Problemas y Areas Críticas

Problemas críticos

Los problemas de mayor relevancia presentes en la cuenca son:

- *Extrema pobreza rural, que afecta mayoritariamente a la población mapuche, la cual cultiva terrenos de baja productividad por encima de su capacidad de uso y usando técnicas inadecuadas, lo que resulta a su vez en degradación de los bosques y suelos.*
- *Erosión y pérdida de suelos; como consecuencia de inadecuado manejo de los recursos forestales y en especial del bosque nativo y de los suelos con aptitud forestal. Esta erosión también tiene como resultado el aumento de la sedimentación de los cauces, disminuyendo con ello su capacidad de evacuación.*
- *Frecuentes inundaciones provocadas por las crecidas de los ríos.*
- *Insatisfactorio cumplimiento de los objetivos de las áreas silvestres protegidas.*
- *Ocurrencia de incendios forestales de origen antrópico; con las consiguientes pérdidas económicas por el recurso destruido y el posterior riesgo de erosión de los terrenos.*
- *Contaminación, especialmente biológica, del agua en los sectores en que se descargan las aguas servidas y Riles de las principales ciudades de la cuenca, con disminución de las alternativas de uso de las aguas contaminadas antes que se autopurifiquen.*
- *Uso poco eficiente de los abundantes recursos hídricos existentes y de algunas de las obras construidas para su aprovechamiento.*
- *Insuficiente conocimiento por parte de la población rural de los beneficios que se derivan del buen uso de los recursos naturales, de las prácticas agrícolas que pueden ser riesgosas para la mantención de los recursos y de las disposiciones legales que pueden ser beneficiosas para la conservación de los mismos.*
- *Insuficiente información básica sobre los recursos hídricos y en especial sobre algunos parámetros de calidad de las aguas, de sólidos en suspensión y de arrastre de sedimentos, necesarios para una buena elección de opciones de manejo y diseño de obras.*
- *Falta de planificación y control del uso de los recursos hídricos.*
- *Falta de estudios suficientes para apoyar la toma de decisiones en el manejo de los recursos y en la elección de alternativas de obras.*

Algunos de los problemas anteriormente indicados son críticos porque afectan a un gran número de personas y en especial si están bajo el nivel de pobreza, otros por el valor económico de los daños o del beneficio que podría obtenerse si se solucionan. Los daños a la biosfera en ocasiones son irreversibles, por ello también se los considera en esta categoría. Finalmente, otros son prerrequisitos para poder llegar a soluciones adecuadas en problemas que son críticos.

Areas críticas

Algunos de los problemas detectados actúan sobre la cuenca en general, o se refieren a materias que necesariamente deben ser abordadas tomando a la cuenca en su globalidad. En cambio, en ocasiones, los problemas se presentan con particular relevancia en zonas acotadas de la misma, en la cual se presentan varias situacio-



nes a resolver, o cuya solución es multisectorial. A estas situaciones se las denomina áreas críticas.

Estas áreas son:

- **Sector oeste de la subcuenca del río Chol-Chol y cuenca vertiente directa al río Imperial**

Esta área cubre la vertiente oriental de la cordillera de la Costa -cordillera de Nahuelbuta- y la cuenca vertiente al río Imperial. Abarca las comunas de Purén, Lumaco, parte oeste de Los Sauces, Galvarino, Nueva Imperial, Carahue y Saavedra. La población total de estas comunas alcanza a 117.000 hab. Las comunas de Galvarino, Saavedra y Nueva Imperial cuentan con los mayores porcentajes de pobreza rural de la cuenca y también del país.

Sus principales problemas son la gran extensión de suelos fuertemente erosionados, de muy baja productividad y que son trabajados por encima de su capacidad de uso; y las frecuentes inundaciones en todo el curso del río Imperial, y en especial en los sectores de Carahue-Nehuentúe y en el sector desembocadura, como también en algunos sectores de los ríos Chal-Chal y Purén.

También se presentan problemas de incendios forestales y contaminación biológica de algunos cauces, sobre todo en el río Chal-Chal, en los sectores en que se descargan las aguas servidas de las ciudades de Nueva Imperial y Chol-Chol.

En esta zona se ubica el Monumento Natural Contu/mo.

- **Sector medio de la subcuenca del río Cautín**

Esta área abarca la cuenca vertiente al río Cautín, desde la salida del cajón cordillerano hasta la ciudad de Temuco, y el sector aledaño al río Cautín entre Temuco y la confluencia con el río Chal-Chal. Comprende la comuna de Temuco y la parte oeste de la comuna de Lautaro, ninguna de las cuales presenta índices altos de pobreza rural. Su población total es de 270.000 habitantes. La ciudad de Temuco concentra el 40% de la población de la cuenca y la mayor parte de la actividad económica de la región.

Los principales problemas se relacionan con el uso del agua, y con los efectos que la alta concentración urbana tiene sobre el manejo de los cauces y de los recursos hídricos en general. En especial se destacan los siguientes:

- *Inundaciones en el sector urbano de Temuco y en la ciudad de Lautaro, También se presentan inundaciones que afectan terrenos agrícolas y viviendas rurales en sectores aledaños al río Cautín.*
- *Contaminación, principalmente biológica, de las aguas del río Cautín en el sector en que se ubica la descarga de las aguas servidas de Temuco,*
- *Mantenimiento y operación poco eficiente de los canales de riego existentes, con la consiguiente pérdida de capacidad de las obras y mal aprovechamiento de los recursos hídricos captados y de la inversión efectuada.*
- *Insatisfactorio aprovechamiento del potencial hídrico para el desarrollo de agricultura de riego.*

En esta área se ubica el Monumento Natural cerro Ñielol.

- **Precordillera**

Esta área cubre la parte alta de la cuenca ubicada en la vertiente oeste de los cordones cordilleranos preandinos. Abarca las comunas de Curacautín, Vilcún y parte oriente de la comuna de Lautaro. De ellas sólo la comuna de Vilcún tiene un alto índice de pobreza rural. La población total del área alcanza los 40.000 hab.

Su problema principal es la incipiente degradación del bosque nativo y de la cubierta vegetal debido a su explotación no controlada. El origen de la explotación del bosque nativo por sobre su capacidad se encuentra en las necesidades de la población rural, y de algunos empresarios, de obtener ingresos sin disponer de suficientes conocimientos técnicos que les permitan asegurar la conservación de los recursos naturales.

Aquí se localizan las áreas silvestres protegidas Parque Nacional Conguillío y Reserva Nacional Malalcahuello.

9) Problemas que Involucran a la Cuenca en su Totalidad

Hay otros problemas que afectan el manejo de los recursos naturales de la cuenca en forma global. Estos son:

- **Manejo de los recursos naturales**

Sobre todo en lo relativo a:

- *Incendios forestales; afectan a toda la cuenca y están directamente relacionados con el manejo forestal y de suelos, y en una segunda etapa, con el arrastre de sedimentos, el manejo de los cauces y el cumplimiento de los objetivos de SNASPE. Las comunas donde este problema tiene mayor relevancia son Purén, Temuco, Lumaco, Victoria, Galvarino, Traiguén, Nueva Imperial, Carahue, Viñún y Lautaro.*
- *Inadecuado manejo del recurso forestal e incumplimiento de los planes de manejo forestal acordados. Sus consecuencias son la degradación del recurso forestal y de la biodiversidad del bosque nativo, y posteriormente, el arrastre de sedimentos que afecta a los cauces.*

- **Estudios e información básica**

Los principales problemas de este tipo se refieren a la falta de información suficiente sobre algunos parámetros que afectan al aprovechamiento de los recursos hídricos, en especial sobre la calidad biológica y química del agua y el arrastre de sedimentos. La red hidrométrica de la cuenca es básicamente suficiente para el registro de caudales y evaluación general de los recursos hídricos y los principales datos de calidad química de las aguas, pero necesita ser adecuada para abarcar todos los parámetros de interés para el mejor uso del recurso.

Además, se requiere conocer los deslindes entre los cauces que son bienes naciona-

les y las propiedades particulares ribereñas; determinar con exactitud las áreas en que es posible que se produzcan inundaciones, y la distribución geográfica de los bosques nativos existentes en la cuenca, su estado de conservación y sus limitaciones. Esta última carencia será en gran parte resuelta con el aporte del Catastro Nacional de las Formaciones Vegetales Naturales y de las Plantaciones Forestales que realiza la CONAF en conjunto con la CONAMA.

Finalmente, es necesario tener una visión global del aprovechamiento de los recursos hídricos, de suelos y forestales, que permita evaluar si el sistema actual es adecuado o necesita ser modificado y, a la vez, contar con una base para la toma de futuras decisiones, considerando la eficiencia, equidad y la sustentabilidad en la asignación de recursos.





Cuenca del río Las Minas, XII Región

Archivo SERNATUR

Cuenca del río Las Minas, XII Región

❖ Caracterización de la cuenca

1) Características físicas

La cuenca se ubica en la latitud 53° Sur y desemboca en el estrecho de Magallanes, que une los océanos Pacífico y Atlántico.

Su sector superior es suavemente ondulado y constituido principalmente por turberas⁴⁰, no superando una altitud sobre los 620 m. El sector medio se presenta disectado con colinas de pendientes medianas, para estrecharse en su parte inferior; los terrenos son inestables en general.

La cuenca posee una superficie de 51,4 km², de los cuales el 37% corresponde a suelos con aptitud forestal, el 36% a turberas, el 13% a terrenos planos o de poca pendiente, un 9% son terrenos de cauces y un 3% son áreas urbanas.

En el Estudio, para el análisis de los problemas de la cuenca, se incluyó también un pequeño sector del río Los Ciervos cuyos recursos de agua le son trasvasados, y el sector de la parte baja de la cuenca del estero L1au-L1au que afecta al sector urbano de Punta Arenas.

El río Las Minas en su parte media escurre por un cañón de laderas con pendientes pronunciadas. Existen en la cuenca yacimientos carboníferos, y en el río, arenas auríferas; aunque actualmente no existen faenas mineras, su anterior explotación provocó alteraciones en el cauce, laderas, y en gran parte de la cuenca, volviendo aun más inestable los terrenos que la conforman.

Caudal

El caudal medía del río Las Minas es de 1,2 m³/s en la desembocadura. En la bocatoma de la Empresa de Agua Potable de Magallanes, ESMAG, el caudal medio anual es de 0,9 m³/s, variando entre caudales medios mensuales de 1,3 m³/s en julio a 0,3 m³/s en marzo. En la cuenca existe un pequeño embalse que regula las aguas de la subcuenca del estero Lynch y al cual se trasvasa un aporte medio de 0,2 m³/s desde la cuenca del río Los Ciervos. En crecidas, el caudal alcanza a 30 m³/s y aun se han estimado caudales superiores a los 100 m³/s.

La pequeña extensión de la cuenca, y los cortos recorridos del cauce principal -no superan los 20 km-, determinan que el período de retardo de los escurrimientos sea muy pequeño, lo que provoca que se presenten crecidas de gran magnitud y corto período, capaces de arrastrar gran cantidad de materiales.

Clima

El clima de la cuenca es continental trasandino, frío y semiárido.

En la ciudad de Punta Arenas se produce una precipitación media anual de 416 mm,

⁴⁰ **Capa** vegetal compuesta por fagnun, suelo que se caracteriza por retener un alto contenido de humedad. Se compone de un 60% de carbono y un 30% de oxígeno.

que se distribuyen en forma relativamente homogénea durante todo el año, con una disminución apreciable en verano. Posee una temperatura media anual de 4,6°C, con una máxima media de 15,3°C en enero, y una mínima media de -0,3°C en julio. Una característica propia del clima de la cuenca es la alta frecuencia con que se presentan fuertes vientos, que pueden llegar a superar los 100 km/h.

La cuenca presenta una cubierta vegetal constituida principalmente por bosques de lenga, predominando las herbáceas en las turberas.

2) Situación administrativa y condiciones socioeconómicas

La cuenca se localiza en la XII Región, de Magallanes, y en la comuna del mismo nombre. Prácticamente en su totalidad está incluida en la Reserva Nacional Magallanes, con excepción de un pequeño sector privado en la subcuenca del estero Lynch y del sector incluido en el área urbana de Punta Arenas, en el tramo de la desembocadura.

No existe población residente en la cuenca vertiente, siendo sus habitantes personal de CONAF y de la Empresa de Servicios Sanitarios de Magallanes, ESMAG. Tampoco cuenta con producción económica. Como existe una relación muy estrecha entre el manejo de la cuenca y la ciudad de Punta Arenas, se consideró a toda el área urbana como parte integrante de la misma, incluyendo además la parte urbana de la cuenca del estero L1au-L1au.

La población de la comuna de Punta Arenas es de 114.269 hab. El 2,1 % de ella vive en situación de indigencia y el 11,3% en condiciones de pobreza⁴¹, el analfabetismo alcanza al 3% de la población. La XII Región aporta un 2,8% del P.I.B. nacional, y cuenta con el 1,3% de la población nacional, Punta Arenas es la capital regional y cultural de la región. En la comuna habita casi el 80% de la población total de la XII Región, de la cual aproximadamente el 95% es urbana.

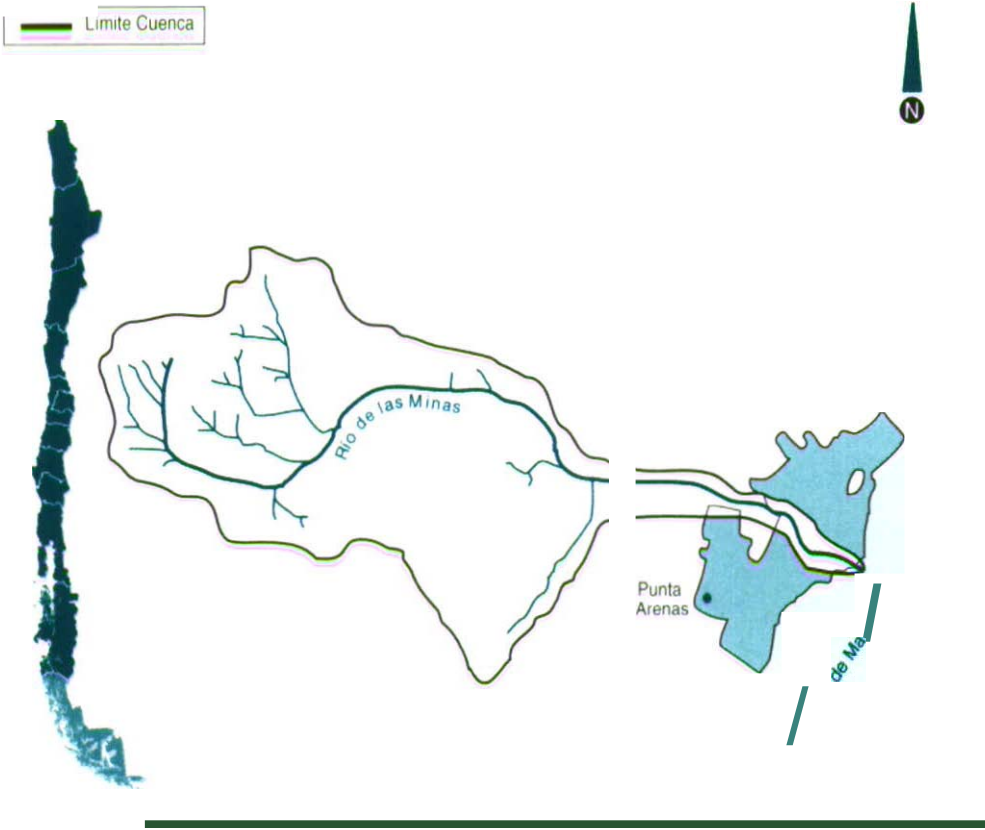
❖ Problemas globales y potencialidad de los recursos naturales de la cuenca

Al estar incluida casi en su totalidad en la Reserva Nacional Magallanes, su manejo está orientado a cumplir los objetivos del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas, por lo cual la explotación que se pueda hacer de sus recursos forestales considera en primer lugar al manejo de especies protegidas.

El abastecimiento de agua de Punta Arenas absorbe la totalidad de los recursos de agua de la cuenca, siendo necesario en la actualidad suplementar esos recursos con captaciones en cuencas más alejadas.

Por otra parte, el problema más importante es las inundaciones en la ciudad de Punta Arenas, como consecuencia de las grandes crecidas. Por esta razón, el manejo de la cuenca está directamente relacionado con el abastecimiento de agua y la prevención del riesgo de inundaciones en la ciudad, objetivos que pueden combinarse con el cumplimiento de los fines de las Áreas Silvestres Protegidas.

⁴¹Encuesta CASEN 1994. Ministerio de Planificación y Cooperación, MIDEPLAN



◆ Principales problemas detectados en cada componente

1) Manejo Forestal y de Suelos

Los procesos erosivos presentes se circunscriben a la red de drenaje superficial, alcanzando las mayores disecciones en la parte media baja del curso principal.

En cuanto a las áreas que no se encuentran inmediatamente aledañas a cursos de la red de drenaje superficial, los procesos erosivos no son importantes. La parte alta -la cuenca de cabecera- se presenta bastante bien protegida con una cubierta de turberas, vegetación herbácea que se caracteriza por la presencia de grandes cojines de musgo sobre un sustrato impermeable, con un relieve de topografía suave y ondulada. Esta área presenta severas limitaciones de drenaje y se observa una permanente acumulación de agua.

La parte media de la cuenca presenta una buena cubierta vegetal, compuesta principalmente por renovals de *Nothofagus pumilio*, especie de la cual se dispone de abundante experiencia en lo referente a su silvicultura. Sin embargo, esta se ha visto afectada últimamente por algunos problemas fitosanitarios que han actuado de manera cíclica.

Por su parte, el tramo bajo de la cuenca ha perdido su cubierta arbórea, siendo reemplazada por algunos arbustos y una cubierta de especies herbáceas de escaso desarrollo, producto principalmente de las extremas condiciones de aridez, ori-

nadas en una escasa precipitación y una alta tasa de evaporación por efecto de los vientos. En este sector existen tan sólo algunas pequeñas propiedades pertenecientes a pequeños propietarios que mantienen un uso agrícola-pecuario, que dada su extensión y sus características no ofrece mayores problemas a la reserva. La superficie que ocupan las diferentes propiedades particulares es de aproximadamente 800 hectáreas, y cerca del 80% presenta un avanzado grado de deterioro producto del sobrepastoreo.

Las zonas de turberas corresponden a un área crítica, que deben ser conservadas como un sistema de soporte de toda la superficie inestable a la cual pertenecen. Aún cuando es una zona de mal drenaje y de acumulación de agua, el aporte de sedimentos durante las precipitaciones es mínimo.

Actualmente existiría una cierta presión por subdividir propiedades cercanas a la ciudad, debido a la fuerte expansión urbana de Punta Arenas. Esta situación, sumada a la demanda por material de construcción -ripio- de buena calidad existente en esos sectores, hace que la necesidad de incorporar dicho terrenos a la reserva forestal sea una tarea prioritaria para su adecuado manejo.

2) Áreas Silvestres Protegidas

Como se exponía, la cuenca está inmersa en su totalidad en una zona protegida:

■ Reserva Nacional Magallanes

Esta reserva cuenta con un plan de manejo elaborado en 1982, con un horizonte de planificación de 10 años, por lo cual ya no se encuentra vigente. El nuevo plan de manejo se encuentra en estado de borrador.

Esta unidad fue creada en 1932. Actualmente, posee una superficie de 20.898 ha y se localiza en la península de Brunswick, a 7,5 km al oeste de Punta Arenas, en la provincia de Magallanes, comuna de Punta Arenas. Su altitud varía entre los 100 y 600 m.s.n.m.

Aplicación del plan de manejo

Los objetivos de este plan de manejo son:

- *Conservar y mejorar los recursos de la reserva y su entorno.*
- *Producir agua en cantidad y calidad adecuada para la ciudad de Punta Arenas.*
- *Proporcionar el ambiente y los medios para la recreación de la comunidad.*
- *Establecer un programa de investigaciones que proporcione información para el manejo y utilización de los recursos naturales constitutivos de la reserva.*

Problemas existentes al interior de la reserva

Entre los principales problemas existentes se pueden señalar la falta de delimitación física en una extensión de 48,9 km., con la consiguiente entrada de ganado; el uso ilegal de los recursos, sobre todo mineros, por parte de pirquineros locales; y falta de presupuesto para cumplir los programas contemplados en el plan de manejo.

Antecedentes de fauna presentes en la cuenca

No existen registros de anfibios en la zona y por las frías condiciones de clima los reptiles son escasos. Existen abundantes y diversos tipos de aves, estando los mamíferos representados principalmente por roedores.

No se identificaron otros sitios de interés para la conservación por estar representada en la reserva gran parte de la cuenca. Por otro lado, no se dispone de datos poblacionales sobre las especies de fauna presentes.

La vegetación del área está comprendida en la región de los bosques andino-patagónicos, subregión de las cordilleras patagónicas, y en la formación vegetal de bosques caducifolios de Magallanes.

3) Control Forestal

Debido a que la cuenca está incluida casi íntegramente en la Reserva Nacional Magallanes, se excluyó el análisis de los problemas de este componente.

4) Manejo del Fuego

Por igual motivo que en el caso anterior, el análisis se limitó a los antecedentes relativos a la Reserva Nacional Magallanes.

El análisis histórico regional revela que la mayor incidencia de siniestros se presenta durante los meses de enero, febrero y marzo, con más del 75% de ocurrencia, incorporándose diciembre en la última temporada. A nivel regional, y en las últimas cinco temporadas, se produjo un total de 90 incendios forestales, de los cuales 24 fueron en el área de la cuenca y sus alrededores. La principal causa de los incendios en la reserva está asociada a la población visitante, que llega hasta esta unidad con fines de recreación. El mayor flujo se produce coincidentemente con el periodo de mayor riesgo de incendios, esto es, de diciembre a marzo.

En la reserva no existen instalaciones de detección fija -torres-, como tampoco ningún sistema de detección aérea. Con lo cual, ésta se basa en los patrullajes terrestres que realiza el personal y por los avisos que puedan realizar los propios visitantes. En cuanto al combate del fuego, se realiza únicamente con el sistema terrestre y se cuenta con una brigada de 19 personas, localizada en la ciudad de Punta Arenas.

5) Control de Crecidas y Manejo del Cauce

El cauce más importante, desde el punto de vista de su infraestructura y de los sectores poblados que se localizan en sus márgenes, corresponde al río Las Minas. Nace al poniente de la ciudad de Punta Arenas, en el sector conocido como «Las Minas» y se desarrolla con sentido oeste-este, en un cauce de tipo recto hasta aproximadamente 1 km aguas abajo de la confluencia con el estero Lynch. Una vez que se abre al valle, la pendiente disminuye y su cauce se ensancha, manteniendo su condición de recto hasta aproximadamente el km 3, donde se inicia su canalización con gaviones hasta desembocar en el Estrecho de Magallanes.

Respecto al estero Llau-Llau, éste se encuentra al norte de la ciudad de Punta Arenas y su sentido de escurrimiento es oeste-este hasta el tramo final de 1 km, donde escurre en sentido sur-norte. Su nacimiento, encajonado, se encuentra en un cordón montañoso de baja altura ubicado a 8 km de su desembocadura en el Estrecho de Magallanes; al salir al valle el cauce ha sido fuertemente intervenido, para dejar paso a sectores de futura urbanización, alterando su trazado y disminuyendo su pendiente. Sólo presenta canalizaciones de poca longitud en su paso por la ciudad.

El régimen de escurrimiento es netamente pluvial, presentando pequeños aportes de tipo nival en los chorrillos afluentes de la cuenca alta. Al depender de las precipitaciones, los escurrimientos máximos suceden principalmente en los meses de otoño-invierno y por lo general presentan un alto grado de turbiedad debido al arrastre de sedimentos proveniente de las cuencas alta y media.

Las crecidas de los cauces naturales de las cuencas del río Las Minas y estero Llau-Llau, han ocasionado importantes problemas en zonas ribereñas de la ciudad de Punta Arenas, afectando principalmente sectores poblados y áreas hortícolas, causando daños de consideración por inundaciones y embancamiento.

En el sector céntrico de la ciudad de Punta Arenas, el paso del río Las Minas se encuentra totalmente canalizado con tablaestacado, pero presenta en algunos tramos pendientes relativamente bajas y varios puentes que disminuyen la sección de escurrimiento. Lo anterior hace que los sedimentos arrastrados por el río se depositen en este lugar a través del tiempo y principalmente durante las crecidas, lo cual provoca la disminución de la capacidad del cauce, generando desbordes e inundaciones.

El sector históricamente más afectado corresponde al centro de la ciudad de Punta Arenas; por esta razón, se lo ha definido como crítico en su totalidad, con un tramo altamente crítico: entre los puentes Magallanes y Bories, en él los estribos de dichos puentes, por estar dentro de la zona canalizada, disminuyen la sección de escurrimiento en aproximadamente un 30%.

Cabe señalar que la capacidad de conducción del río Las Minas, suponiendo escurrimiento normal y no considerando la reducción de capacidad debido a la sedimentación del material proveniente de la parte alta de la cuenca, se estima en $143 \text{ m}^3/\text{s}$, cifra superior a los $130 \text{ m}^3/\text{s}$ que se estiman para el máximo de la crecida de mayo de 1990, el cual incluye el caudal de agua y lodo. Esta capacidad corresponde a la sección libre del canal, sin considerar la disminución que genera la presencia de los puentes, en especial los ya mencionados Bories y Magallanes, que se estima inferior a los $100 \text{ m}^3/\text{s}$.

Otro de los problemas que se presentan en este cauce lo constituye la existencia de singularidades que se producen en la canalización, siendo la más notable la entrada al puente Zenteno, en donde el cauce es obligado a desviarse en prácticamente 90° , para conectarse a la canalización de tablaestacado aguas abajo.

Aguas arriba del puente Zenteno existe un sector canalizado con gaviones, el cual representa un tramo crítico por el deterioro que presenta en su base la totalidad de la defensa. Es un sector de riesgo, puesto que su colapso es altamente probable en crecidas de magnitud, afectando en tal situación a un vasto sector poblacional.

Finalmente, en el sector cuenca media, se destaca una zona de gran actividad erosiva, con movimiento de material en masa producto de derrumbes o deslizamiento de laderas, debido a la inestabilidad de los taludes del cauce. Además, en esta zona existe un total de 13 diques transversales colapsados, que representan un serio riesgo ante la nueva ocurrencia de una crecida del río, puesto que obstruyen el escurrimiento y el transporte natural de sedimentos, lo cual provocaría que funcionasen eventualmente como trampas retenedoras de material sólido, con un comportamiento desconocido.

En lo que respecta al estero L1au-L1au, es importante mencionar que se han realizado numerosas obras de encauzamiento sin lograr resultados positivos, debido a que se ha considerado un caudal de diseño inferior al que experimenta el estero en crecidas. A esto se suma la existencia de numerosas obras de atravesio que obstruyen el cauce, restando sección de escurrimiento. Como consecuencia se tiene que, en crecidas, este estero experimenta numerosos desbordes que inundan importantes centros poblacionales. Sin embargo, este problema está en vías de solución a través del proyecto de trasvase y canalización de las aguas desviadas desde el estero L1au-L1au hacia el estero Bitsch. Cabe señalar que de este proyecto se está construyendo en la actualidad sólo la parte correspondiente al estero Bitsch, en tanto que el desvío propiamente tal no está actualmente en ejecución ni tiene financiamiento programado.

Como una forma de sintetizar la información de sectores críticos detallados en el diagnóstico, se incluye a continuación el cuadro 28, en el cual se entrega una descripción resumida de los principales problemas fluviales de la cuenca.

Cuadro 28

Sectores críticos y problemas principales en la cuenca del río Las Minas 1 estero L1au-L1au

			Causas
	Río Las Minas. Sector urbano de Punta Arenas (L = 4,7km)	Inundación y embancamiento del sector urbano de Punta Arenas. Area afectada: 130 manzanas 13.250 casas Zonas más dañadas: centro de Punta Arenas y poblaciones aledañas al cauce. Infraestructura afectada: 9 puentes dañados y más de 4.000 m de infraestructura vial urbana dañada por inundaciones y embancamiento. Población afectada: aproximadamente 16.200 personas	Embancamiento del cauce urbano originado por material aluvial arrastrado desde la cuenca media, producto del derrumbe sobre él desde laderas inestables
2	Esteros L1au-L1au. Sector urbano periférico de Punta Arenas y sector rural (L = 18m)	Inundación en sector urbano periférico de Punta Arenas y sector rural. Area afectada: 25 manzanas 1625 casas urbanas; 40 ha 140 viviendas rurales Zonas más dañadas: poblaciones aledañas al cauce (Villa Las Nieves, etc) Infraestructura afectada: 2 puentes y 1 alcantarilla destruidos. Numerosos caminos no pavimentados dañados (aproximadamente 2.000 m) Población afectada: aproximadamente 3.300 personas	Insuficiente capacidad del cauce Modificación del trazado debido a

Fuente: Estudio de Factibilidad. Programa de Manejo de Cuenas Hidrográficas. Cuenca Río Las Minas. Ministerios de Agricultura y Obras Públicas, y Programa de Preinversión MIDEPLAN-8ID. Diciembre de 1995.

Los problemas existentes han sido abordados a través de la ejecución de medidas estructurales y no estructurales.

Las medidas estructurales corresponden principalmente a la canalización del río Las Minas en la zona urbana de Punta Arenas. Otras obras relevantes las constituyen los diques construidos por CONAF en la cuenca media, los cuales se encuentran colapsados debido a distintos tipos de fallas.

En cuanto a las zonas críticas existentes, se analizó un total de 20,5 km de cauce, de los cuales 13,48 (66%) fueron calificados como críticos. Por otra parte, existe un total de cerca de 3,9 km de defensas fluviales en ambas riberas, lo que representa un 19% de los sectores críticos. Cabe señalar que los sectores críticos comprenden tanto a aquellos que se encuentran defendidos por obras, como a aquellos que no lo están. De esto se concluye que las obras ejecutadas representan importantes porcentajes de los sectores críticos, en relación a otras zonas del país. No obstante, por las razones expuestas anteriormente, continúan siendo insuficientes para la protección total de los sectores considerados como críticos. Además, las defensas construidas requieren, en muchos casos, ser complementadas y mantenidas, puesto que varias de ellas no logran controlar las crecidas de los cauces, ya sea por presentar longitudes insuficientes o por encontrarse en mal estado.

En relación con las medidas no estructurales adoptadas, la principal de ellas corresponde a la regulación de uso de las áreas con riesgo de inundación y/o erosión, lo que se logra normalmente a través de los instrumentos de planificación urbana definidos por la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.

El plan regional regulador comunal de Punta Arenas, del año 1988, establece zonas de restricción de uso como pertenecientes al lecho del cauce, o como fajas de protección de obras fluviales y cauces naturales, en las cuales no se permiten o restringen las construcciones. Por otra parte, cabe reiterar que la totalidad de la parte alta del cauce del río Las Minas, se encuentra en la Reserva Forestal Magallanes controlada por CONAF.

En un análisis técnico preliminar, se estima que las restricciones existentes son insuficientes, debido a que quedan sectores urbanos no cubiertos. Además, existe en el río Las Minas un amplio sector entre el límite urbano y el límite de la reserva, que no está afecto a restricciones, donde se observan construcciones de viviendas cerca de las riberas del río. Cabe hacer notar que la definición más precisa de las zonas de restricción por inundación requiere de la realización de estudios técnicos específicos, orientados a determinar las zonas de alto riesgo.

Otras medidas no estructurales son las medidas de alerta y prevención, existiendo un procedimiento que opera en la práctica sobre la base de información pluviométrica registrada en la estación meteorológica operada por CONAF. Este, dada su simplicidad, solo permite tomar decisiones de carácter preventivo.

En lo relativo a la regulación de uso del cauce para la extracción de áridos, de acuerdo a la información recopilada, todas las zonas de explotación de áridos se encuentran con sus permisos correspondientes. Sin embargo, se estima recomendable regularla en algunos sectores no abordados anteriormente, a objeto

de impedir la generación de problemas a futuro, así como favorecer por esta vía el desembancamiento de los cauces. Otras medidas de este tipo son las acciones de emergencia que, de acuerdo al análisis efectuado, operarían en forma adecuada.

6) Gestión y Conservación de los Recursos Hídricos

En relación a este componente, en la hoya del río Las Minas sólo se consideró el monitoreo y la conservación de la calidad de las aguas superficiales. Con respecto a las aguas subterráneas, de acuerdo a la información recopilada, éstas se consideran irrelevantes como recurso, lo que permite presumir que la cuenca carece de las características hidrogeológicas típicas que induzcan al almacenamiento del agua.

Disponibilidades de aguas superficiales

Se consideraron diferentes subcuencas, destacando como las principales aquella del río Las Minas propiamente tal -antes de la confluencia con el estero Lynch-, y la subcuenca del estero Lynch -antes de la confluencia con el río Las Minas-. Esta última cuenta con un embalse en su cabecera: la laguna Lynch. Esta laguna, cuya capacidad fue aumentada artificialmente, recibe además los recursos captados en la cuenca del río Los Ciervos, aunque son de cuantía poco significativa.

Con la estadística ampliada de caudales medios anuales de la estación río Las Minas en la bocatoma Sendos, y utilizando el hidrograma adimensional adoptado, se generó la serie de caudales medios mensuales para todo el período 1972-1992.

Calidad de las aguas superficiales

El único antecedente disponible sobre la calidad de las aguas de la cuenca, corresponde a la estadística de muestreos realizados por la Dirección General de Aguas en la estación río Las Minas. La calidad química de las aguas es apta para ser usada tanto en agua potable como en riego. El único parámetro que aparece excediendo los límites máximos de las normas es el fierro, elemento que no es difícil de remover con un tratamiento adecuado.

No se dispone de análisis sobre la calidad bacteriológica de las aguas, pero las mediciones de Oxígeno Dísuelto OD_5 , y la inexistencia de fuentes de contaminación antropogénica, aguas arriba del sector poblacional, hacen suponer que tampoco existe impedimento en tal sentido para que ésta sea utilizada como agua potable.

No obstante lo anterior, el agua de la cuenca presenta problemas de turbiedad y color; se aprecia que las aguas acarrean gran cantidad de sedimentos, especialmente cuando llueve. Este hecho, que se suma al problema del fierro, justifica la planta de tratamiento que opera ESMAG. para adecuar estas aguas como agua potable para la ciudad.

Contaminación de las aguas superficiales

Entre las descargas identificadas se encuentra la de la planta de tratamiento de agua potable de ESMAG, correspondiente a los residuos del lavado de filtros, cuyo volumen total se desconoce pero se estima que no es de gran importancia; y las del alcantarillado de aguas servidas de la ciudad de Punta Arenas, aunque tampoco

fue posible determinar su magnitud. Se conocen un total de tres descargas, todas ubicadas sobre la ribera sur del río Las Minas y que han sido construidas con el objeto de aliviar el sistema correspondiente al colector Carlos Ibáñez, el cual presenta problemas de capacidad hacia aguas abajo, correspondiendo estas descargas a rebalses eventuales que alivian esta situación. No existen antecedentes, como muestreos y análisis de calidad de agua, que permitan cuantificar la magnitud de la contaminación producto de las descargas. Por ello, el problema pasa desapercibido gran parte del año, agudizándose por los malos olores en periodos de verano, cuando el caudal base del río es mínimo debido a las extracciones para agua potable que se efectúan aguas arriba.

Con respecto a los residuos industriales líquidos, Riles, de un total de 34 industrias catastradas en la ciudad de Punta Arenas con Riles que producen contaminación orgánica, sólo una de ellas tendría una descarga en la parte final del cauce del río. Es una empresa pesquera, sin embargo, no se conoce ni la magnitud ni la naturaleza de esta descarga.

Evaluación de la contaminación

En definitiva, el diagnóstico de la situación actual y potencial de la contaminación del río Las Minas, en general, puede considerarse como relativamente buena. En efecto, a pesar de no existir mediciones que permitan calificar total y cuantitativamente la situación, se estima que los niveles de contaminación sólo tendrían algún nivel de significación en el período de estiaje y exclusivamente en el tramo final del cauce antes de su desembocadura al mar, y ello principalmente debido a las descargas de emergencia de parte de las aguas servidas del colector Carlos Ibáñez, situación que está en vías de ser solucionada por parte de ESMAG.

Como ya se indicó, la solución definitiva a los problemas señalados consiste en la ejecución de los trabajos en la red de alcantarillado de aguas servidas de ESMAG y en la fiscalización de las descargas de Riles.

7) Problemas Ambientales

Estos problemas se resumen en el cuadro 29 a continuación:

Clladro 29

Problemas ambientales de la cuenca del río Las Minas.		
Problema Ambiental	Causa	lugar
Contaminación biológica de las aguas	Descargas de aguas servidas de la ciudad de Punta Arenas.	Rio las Minas, ribera sur. Sector próximo a desembocadura al mar
Contaminación físico - química de las aguas	Descargas de aguas residuales de Cervecería y Embotelladora Polar SA.	Rio Las Minas
Erosión	Sobreexplotación ganadera y forestal, incendios forestales, vientos.	Cuenca rio Las Minas

Problema Ambiental	Causa	Lugar
Disminución del recurso faunístico	Uso intensivo de sectores aledaños a la Reserva.	Reserva Nacional Magallanes
Contaminación de aguas con mercurio	Inadecuada técnica de extracción de oro (challa) en períodos con altos niveles de desocupación.	Río Las Minas
Pérdidas de terrenos pastoriles	Sobretalajeo del recurso.	Cuenca río Las Minas
Pérdida del recurso faunístico	Caza clandestina y desmedida de fauna silvestre.	Cuenca río Las Minas
Desplazamiento de la fauna nativa (pudú y huemul)	Introducción de ciervo rojo y ciervo dama.	Cuenca río Las Minas
Destrucción de renovales	Introducción de ciervo rojo y ciervo dama.	Cuenca río Las Minas
Corta ilegal de bosque nativo	Limites poco claros de la Reserva.	Reserva Nacional Magallanes
Erosión de las riberas del río	Inestabilidad de los taludes de encauzamiento.	Sector cuenca media del río Las Minas. Km 7 a 11.
Inundaciones en zonas urbanas y rurales	Insuficiente capacidad del cauce, modificación de trazado por construcciones	Estero Llau-Llau
Contaminación física de las aguas	Planta de tratamiento de agua potable de EMAG.	Cuenca río Las Minas
Embankamiento del cauce y zonas cercanas a desembocadura	Deslizamiento y erosión de laderas, actividades mineras en el cauce.	Río Las Minas, sección baja

Fuente: Estudio de Factibilidad. Programa de Manejo de Cuenas Hidrográficas. Cuencario Las Minas. Ministerios de Agricultura y Obras Públicas, y Programa de Preinversión MIDEPLAN-BD Diciembre de 1995.

8) Aspectos Legales

Existen varias disposiciones legales especiales referentes al uso y aprovechamiento de los recursos naturales en la XII Región, entre las que se pueden mencionar:

- Para promover el desarrollo de la XII Región, la legislación vigente dispone de bonificación a la inversión y reinversión productiva, a través del Fondo de Fomento y Desarrollo de las Regiones Extremas. Asimismo, está vigente hasta 1999 una bonificación por contratación de mano de obra para empresas medianas del sector privado.
- En el caso de la tabla de costos especiales de forestación que publica anualmente la Corporación Nacional Forestal, de acuerdo al DL 701 de 1974, se establecen costos base más elevados para las plantaciones forestales de 830 y 1.250 plantas por hectárea en la XII Región, como una forma de dar mayor incentivo a los propietarios que foresten pequeñas superficies de hasta 5 ha anuales.

- Por otra parte, toda la XII Región se encuentra declarada zona fronteriza. En ella, toda concesión, permiso, autorización o contrato que otorguen los ministerios y servicios de la administración pública, fiscal, semifiscal, empresas autónomas del Estado y las municipalidades, sobre bienes nacionales de uso público o fiscal, o que formen parte de su respectivo patrimonio, deberá ser autorizada previamente por la Dirección de fronteras y Límites del Ministerio de Relaciones Exteriores.

9) Problemas y Areas Criticas

El problema de mayor relevancia que se presenta en esta cuenca, son las inundaciones de áreas urbanas de la ciudad de Punta Arenas como consecuencia de los desbordes del río Las Minas y del estero L1au-L1au. Esta cuenca tiene la particularidad que, por un lado, sus recursos hídricos sólo se emplean para el abastecimiento de agua potable de Punta Arenas, y por otro, que la cuenca casi en su totalidad forma parte de una Area Silvestre Protegida, con lo cual no hay intereses privados en juego.

También se presentan incendios forestales, que contribuyen a destruir su frágil capa vegetal y al arrastre de sedimentos al cauce.

Otro problema es la contaminación orgánica y biológica de las aguas del río Las Minas a su paso por Punta Arenas, debido al vertido de aguas servidas por la insuficiencia de las redes de alcantarillado actuales.

Debido a que los problemas de inundaciones y de abastecimiento sustentable de agua para Punta Arenas están directamente relacionados con el manejo de la cuenca en su totalidad, se considera a la cuenca en su conjunto como un área crítica.

Finalmente, al igual que en las restantes cuencas analizadas, es necesario contar con información básica sobre los recursos hídricos que incluya parámetros como arrastre de sedimentos y caudales de crecidas, entre otros, para diseñar adecuadamente las obras que contribuyan a solucionar los problemas detectados y evaluar sus resultados.

B. Etapa de Prefactibilidad. Plan de Ordenamiento por Cuenca

El diagnóstico para cada cuenca permitió identificar un conjunto de problemas, definiendo asimismo áreas críticas en las cuales éstos alcanzaban mayor relevancia. Para resolver estos problemas se analizaron opciones técnicas que fueron evaluadas por su viabilidad técnica, económica, ambiental e institucional, en forma independiente y en conjunto. Esto permitió la formulación de un Plan de Ordenamiento a nivel de prefactibilidad, que incluyó todas las componentes que conforman el Estudio-Diagnóstico.

Estrategia del Plan de Ordenamiento para cada uno de los componentes

La estrategia del Plan de Ordenamiento consiste en desarrollar actividades tendientes a mejorar el uso y el aprovechamiento de los recursos hídricos, forestales y de suelos existentes en las cuencas.

Paralelamente, se priorizaron actividades de difusión y extensión en el tema del uso racional y sustentable de los recursos forestales y de suelos, con el fin de educar a la población respecto a la importancia que tienen estos recursos sobre el régimen hidrológico, y las actividades económicas en general.

• Subárea Recursos Hídricos

La estrategia general de la Subárea de Recursos Hídricos consistió en obtener información oportuna y adecuada sobre la disponibilidad y calidad de los recursos hídricos en las cuencas seleccionadas. Esta información permitirá formular propuestas de Planes Directores del recurso hídrico de cada cuenca, con el fin de mejorar los procesos de planificación, administración y gestión, para aumentar la eficiencia del uso del agua.

Al mismo tiempo, la estrategia consultó acciones posibles para prevenir y mitigar los efectos de las crecidas, a través de sistemas de alerta, la racionalización del uso del cauce y la construcción de obras de defensas fluviales en los sectores más críticos.

Control y Conservación del Recurso Hídrico

La estrategia para este componente consistió en la ejecución de proyectos para mejorar las redes de monitoreo; teniendo como objetivo entregar información confiable y oportuna sobre la cantidad y calidad del recurso hídrico, tanto superficial como subterráneo. La información obtenida, debidamente sistematizada, permitirá desarrollar modelos de simulación adecuados y efectivos en cada cuenca seleccionada.

En forma paralela se elaborarán los Planes Directores que utilizarán estos sistemas de información, y los Modelos de Simulación que se emplearán como herramienta básica. Estos planes se constituirán en las instancias superiores para la toma de decisiones en la planificación, administración y gestión de los recursos hídricos de las cuencas, en el marco del Código de Aguas vigente y las atribuciones de la Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas.

Control de Crecidas y Manejo del Cauce

La estrategia utilizada consistió en la ejecución de proyectos de Sistemas de Alerta Temprana. Estos deben posibilitar prevenir a la población rural y urbana, mediante un sistema de recolección y transmisión de datos en tiempo real a una central de procesamiento, donde se pronostique la ocurrencia de una crecida peligrosa y de aviso a las autoridades competentes. Además, se contempla la realización de estudios de Fijación de deslindes y de Regulación del uso del cauce y de los sectores aledaños con posibilidades de inundación.

- Subárea Forestal

Su estrategia estuvo basada en la ejecución de proyectos de Educación Ambiental, y de concientización de la población rural y urbana sobre los beneficios del uso racional y sustentable de los recursos de suelo y bosque, como de su interrelación con el ciclo hidrológico y la disponibilidad de agua, tanto para uso doméstico como para riego y generación de energía eléctrica.

Las actividades de difusión y extensión se orientan a dar a conocer la legislación forestal vigente, con énfasis en las disposiciones legales que regulan el uso y aprovechamiento del bosque; las medidas de fomento a la forestación; y el uso del fuego como herramienta de producción agropecuaria y forestal. Además de dar a conocer la existencia y facilidades disponibles en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Estado, SNASPE.

De igual modo, se identificaron proyectos para facilitar la incorporación de productores rurales en actividades de Forestación y de Manejo de Bosque Nativo, mediante sistemas de cofinanciación; de mejora de la infraestructura en áreas silvestres prioritarias, de modo de facilitar el acceso y estadía de los visitantes; robustecimiento de los sistemas de control y fiscalización de la legislación forestal vigente; y de fortalecimiento de la infraestructura de prevención y combate de incendios forestales.

Manejo Forestal y de Suelos

La estrategia estuvo centrada en la ejecución de proyectos de Extensión y Difusión sobre el uso racional y sustentable de los recursos forestales y de suelos, con objeto de concientizar a la población y motivarla a participar en las actividades de Forestación y Manejo del Bosque, haciendo uso de las disposiciones legales vigentes.

Junto con los proyectos de extensión, se identificaron Áreas Críticas con suelos degradados y población rural en condiciones de extrema pobreza, en las cuales se ejecutarán proyectos de forestación para la recuperación de suelos, aumentar el ingreso familiar y mejorar el régimen hidrológico.

En el caso de los pequeños productores rurales que no tienen regularizada la propiedad de sus tierras, lo cual les impide acceder a la ley de Fomento a la Forestación, se propondrá un sistema de cofinanciación. Mediante éste, el productor rural aportará su trabajo personal y familiar, y el Estado aportará los insumos para la forestación y la asistencia técnica, a través de empresas especializadas, para capacitar a los productores en la selección de especies, sistemas de preparación del terreno, plantación y protección, y nociones de manejo forestal y conservación de suelos. Del mismo modo, se diseñarán proyectos de Manejo del Bosque Nativo

existente en las pequeñas propiedades, en los cuales el productor contribuirá con el trabajo y el Estado con la asistencia técnica.

Áreas Silvestres Protegidas

En este componente, la estrategia estuvo basada en el desarrollo de proyectos de educación ambiental en el tema de la importancia de la flora y fauna y su relación con las actividades humanas. En este sentido, el Estudio incluyó proyectos de Fortalecimiento de la Infraestructura en Áreas Silvestres Protegidas, para facilitar el acceso, estadía y desplazamiento interno de los visitantes. Para mejorar el conocimiento de los ecosistemas protegidos y divulgar sus resultados, se incluyó estudios sobre las características de los mismos. También se consideraron estudios para incorporar ecosistemas que no están representados en el SNASPE.

Control Forestal

En esta área, la estrategia elegida fue el desarrollo de proyectos de Difusión y Extensión sobre las disposiciones legales que regulan el uso y aprovechamiento de los recursos forestales, con el objeto de prevenir las cortas ilegales, controlar el cumplimiento de los planes de aprovechamiento forestal y la administración de la Ley de Fomento Forestal, y supervigilar el uso del fuego en las actividades agropecuarias y forestales.

De igual forma, la estrategia contempló proyectos de Fortalecimiento de la Infraestructura y Procedimientos de las Actividades de Fiscalización y Control de la Legislación Forestal, y una actualización, capacitación y perfeccionamiento del personal responsable.

Manejo del Fuego

La estrategia de este componente fue desarrollar proyectos de Educación y Difusión sobre la Prevención de Incendios Forestales, dirigidos a la población de las cuencas, con el fin de concientizarla sobre los daños económicos, ecológicos y paisajísticos que estos producen.

Paralelamente, se contempló un estudio que evalúe el reemplazo del fuego como herramienta de trabajo agropecuario y forestal, por una alternativa viable en los aspectos técnicos, económicos y ambientales.

Formulación del Plan de Ordenamiento de las Cuencas

El Plan de Ordenamiento contiene las actividades a desarrollar en las áreas definidas como críticas, con objeto de lograr el aprovechamiento óptimo de los recursos y dar solución a los problemas más urgentes detectados. Como se expuso más adelante, estas actividades se clasificaron en cuantificables y no cuantificables, según su naturaleza. Más adelante, los proyectos se priorizaron en forma separada, de acuerdo a metodologías de evaluación técnica, económica, social, ambiental, legal e institucional. Las actividades propuestas, para los fines de organización y descripción, se estructuraron en proyectos por componente y por cuenca.

En los cuadros 30.1 al 30.6 se detallan todos los proyectos que integran el Plan de Ordenamiento para cada cuenca, señalando su nombre y presupuesto.

Estudios y proyectos Plan de Ordenamiento cuenca río San José (1 Región).

Componente	Nombre del Proyecto	Costo (en MUSS)
Gestión y Conservación del Recurso Hidrico.	1. Modelo de simulación hidrológica operacional de la cuenca del rio San José.	170,45
	2. Elaboración de un Plan Director para el ordenamiento y manejo de los recursos hídricos.	86,00
	3. Proposición de un sistema de información sobre el uso de los recursos hídricos.	841,26
	4. Programa de investigación en parcelas experimentales.	448,02
	5. Mejoramiento redes de monitoreo.	455,22
	6. Desarrollo de la Corporación de Usuarios de Aguas de la cuenca del río San José.	210,00
	7. Proyecto de mejoramiento y reparaciones canal de Azapa.	483,89
Control de Crecidas y Manejo del Cauce.	8. Protección de la zona urbana de Arica rio San José, sector puente Saucache-Desembocadura.	522,34
	9. Desvío quebrada de Acha.	120,24
	10. Defensa camino A-27 sector Alto Ramírez y Puntilla de Cabuza.	240,08
	11. Reparación obras fluviales y encauzamiento río San José, sector Alto Ramírez-Las Maitas.	309,49
	12. Encauzamiento río San José, sector Puntilla de Cabuza.	462,00
	13. Encauzamiento río San José, sector Sobraya.	164,31
	14. Estudio regulación uso del cauce, fijación de deslindes y catastro de zonas de alto riesgo, río San José y quebrada de Acha.	190,78
Manejo Forestal y de Suelos	15. Sistema de alerta de crecidas río San José en Arica.	62,80
	16. Proyecto de investigación y demostración para el desarrollo agroforestal en la precordillera de la cuenca del río San José.	396,28
Areas Silvestres Protegidas	17. Construcción y habiitación de infraestructura educativa, recreativa y equipamiento del Parque Nacional Lauca.	550,65
	18. Reparación y habilitación del local de guardia y equipamiento de la Reserva Nacional Las Vicuñas.	53,78
	19. Extensión y difusión de características ambientales y educación orientada a la conservación de los recursos de las Areas Silvestres Protegidas.	111,66
	20. Investigación ecológica del recurso agua del lago Chungará.	516,50
	21. Investigación y manejo del recurso fauna.	551,38
	22. Investigación y manejo del recurso flora.	503,83
	23. Investigación sobre potencialidades para el uso publico de zonas protegidas.	453,85
	24. Alternativas de desarrollo socio-económico para comunidades locales y del entorno a las Areas Silvestres Protegidas.	329,79

Componente	Nombre del Proyecto	
Control Forestal	25. Proyecto de Desarrollo e implementación de un sistema de información administrativa.	546,77
	26. Proyecto de desarrollo e implementación de un sistema de información cartográfico.	672,20
	27. Proyecto de extensión de la legislación forestal.	444,61
	28. Desarrollo de investigación para la formulación de normas de manejo del recurso forestal nativo.	197,00
	29. Proyecto de reforzamiento de las actividades de fiscalización y control de la legislación forestal.	52,00
Total Inversión Cuenca en Miles de US\$		10.147,18

Fuente: Estudio de Factibilidad. Programa de Manejo de Cuencas Hidrográficas. Ministerios de Agricultura y Obras Públicas. y Programa de **Preinversión** MIDEPLAN-BID. Diciembre de 1995.

CI/Idro 30.2

Estudios y proyectos Plan de Ordenamiento cuencas río Aconcagua y estero Marga-Marga (V Región).

Componente	Nombre del Proyecto	
Gestión y (onservación del Recurso Hídrico.	1. Construcción de tranques en la 3' Sección del río Aconcagua.	3.895,34
	2. Estudio y modelación hidrogeológica en la zona de la desembocadura del río Aconcagua.	127,00
	3. Modelo de simulación hidrogeológico operacional de la cuenca del río Aconcagua / Marga-Marga.	209,95
	4. Elaboración de un Plan Director para el ordenamiento y manejo de los recursos hídricos.	125,00
	5. Proposición de un sistema de información integrado sobre el uso de los recursos hidricos.	841,26
	6. Mejoramiento de redes de monitoreo.	396,60
Control de Crecidas y Manejo del Cauce.	7. Revestimiento con enrocado del río Aconcagua, ribera izquierda, aguas arriba bocatoma Esval, (ancón.	350,77
	8. Encauzamiento y peraltamiento ribera izquierda río Aconcagua, sector Lo Venecia-San Pedro.	862,41
	9. Defensas fluviales con enrocado río Aconcagua, ambas riberas, sectores de Quillota.	995,74
	10. Revestimiento de riberas y espigones río Aconcagua, ambas riberas, aguas arriba pasarela Lo Rojas y ribera izquierda aguas abajo sector La Cruz.	946,97
	11. Defensas fluviales con enrocado río Aconcagua, ambas riberas, varios sectores de La Calera.	1.613,71
	12. Revestimientos de riberas y espigones río Aconcagua, ambas riberas, sector puente Aconcagua-puente Ocoa.	1.776,73

Componente

Nombre del Proyecto

Control de Crecidas y Manejo del Cauce.	13. Revestimientos con enrocado Yespígones río Aconcagua, ribera derecha, sectores Purehue, La Sombra y Las Vegas.	607,37
	14. Peraltamiento de riberas y revestimiento con enrocado río Aconcagua, ribera derecha, población La Copa, San Felipe.	329,80
	15. Encauzamiento y peraltamiento de riberas río Aconcagua, sector Tres Esquinas-San Rafael.	517,45
	16. Peraltamiento de riberas y revestimiento con enrocado río Aconcagua, sector puente David García, Los Andes.	425,39
	17. Encauzamiento y peraltamiento de riberas río Putaendo, sector desembocadura a localidad de Putaendo.	591,37
	18. Encauzamiento y complementación de defensas con enrocado río Putaendo, sector puente Lo Vicuña.	613,95
	19. Encauzamiento estero El Melón, sector desembocadura-km 15.	295,68
	20. Peraltamiento de riberas y revestimiento con enrocado, estero Limache, ribera izquierda sector población Isla Lenox.	407,19
	21. Peraltamiento muros canalización y mejoramiento puentes estero Marga-Marga, sector puente Limonares-desembocadura.	2.692,32
	22. Estudio regulación uso del cauce, fijación de deslindes y catastro de zonas de alto riesgo. río Aconcagua y Tributarios.	279,50
	23. Estudio y regulación uso del cauce, fijación de deslindes y catastro de zonas de alto riesgo. esteros Marga-Marga y Quilpué.	85,48
	24. Sistema de alerta de crecidas río Aconcagua. localidades de San Felipe, La Calera y Quillota.	130,78
	25. Proyecto de restauración microcuenca del lago Peñuelas.	47,79
	26. Programa de recuperación de áreas degradadas.	26,00
	27. Proyecto de forestación.	1.107,05
	28. Proyecto de forestación de riberas.	120,73
	29. Programa de extensión conservacionista.	153,70
	30. Instalación de unidades experimentales de investigación y demostración.	54,17
	31. Proyecto de desarrollo e implementación de un sistema de información administrativo.	720,05
	32. Desarrollo e implementación de un sistema de información cartográfico.	888,41
	33. Proyecto de extensión de la legislación forestal.	420,00
	34. Formulación de normas en bosque nativo.	285,00
	35. Reforzamiento de las actividades de fiscalización y control de la legislación forestal.	85,00
Manejo y Control Forestal y de Suelos		



Componente	Nombre del Proyecto	
Áreas Silvestres Protegidas	36. Construcción y habilitación de subsede administrativa, local de guardia, centros de información ambiental, infraestructura recreativa-educativa y equipamiento del Parque Nacional La Campana y de su personal.	1.311,58
	37. Proyecto diseño y construcción de subsede administrativa, local de guardia, centro de información ambiental, infraestructura recreativa-educativa, y equipamiento de la Reserva Nacional Lago Peñuelas y de su personal.	733,51
	38. Extensión y difusión de las principales características del medio ambiente relacionado con las unidades de Áreas Silvestres Protegidas, y educación dirigida a fomentar la conservación de los recursos renovables de la cuenca.	285,03
	39. Investigación integral del desarrollo y manejo de <i>Jubaea chilensis</i> o palma chilena.	406,23
	40. Análisis de la dinámica natural del ecosistema del bosque de Acacia <i>Caven</i> o espino.	295,29
	41. Investigación ecológica del lago Peñuelas.	456,28
	42. Estudio sobre el control de especies introducidas que se convierten en plagas.	289,86
	43. Capacidad de uso recreativo-educativo para Reserva Nacional Lago Peñuelas.	181,84
	44. Incorporación de áreas deficitarias al SNASPE	497,43
Manejo del Fuego	45. Campaña de prevención de incendios forestales y de extensión en protección de los recursos naturales renovables.	1.667,70
	46. Cortafuegos y reducción de combustibles en áreas periféricas a sectores urbanos.	225,84
	47. Cortafuegos y reducción de combustibles en SNASPE y otras áreas.	132,85
	48. Proyecto de presupresión y supresión de incendios forestales.	4.073,21
Total Inversiones Cuenca en Miles de US \$		33.582,32

Fuente: Estudio de Factibilidad. Programa de Manejo de Cuencas Hidrográficas. Informe Final. Ministerios de Agricultura y Obras Públicas, y Programa de Preinversión MIDEPLAN-BIO. Diciembre de 1995.

Estudios y proyectos Plan de Ordenamiento cuencas ríos Maipo y Mapocho (Región Metropolitana).

Componente			
Gestión y Conservación del Recurso Hidrico	1. Estudio de factibilidad de mayor regulación de los recursos hídricos superficiales de la cuencas Maipo y Mapocho.	300,00	
	2. Realización de modelo de simulación hidrológica operacional de la cuenca de los ríos Maipo-Mapocho.	231,45	
	3. Estudio de las causas y eventuales soluciones al problema de contaminación por nitratos en el acuífero de Maipú.	127,91	
	4. Estudio y modelo hidrogeológico del acuífero en la zona de la desembocadura del río Maipo.	193,01	
	5. Elaboración de un Plan Director para el ordenamiento y manejo de los recursos hídricos de la cuenca de los ríos Maipo-Mapocho.	151,50	
	6. Proposición de un sistema de información sobre el uso de los recursos hídricos.	841,26	
	7. Cuenca experimental representativa en la cuenca del río Maipo-Mapocho.	1.870,18	
	8. Mejoramiento de las redes de monitoreo de los recursos hidricos de la cuenca del río Maipo-Mapocho.	898,88	
	9. Creación de una corporación de usuarios del agua subterránea en el sector de Chacabuco-Polpaico.	80,00	
	10. Estudio de las interferencias y problemas de la red de canales de riego en la ciudad de Santiago.	248,00	
	11. Programa de capacitación y perfeccionamiento.	189,21	
Control de Crecidas y Manejo del Cauce.	12. Construcción de revestimiento con enrocado y peraltamiento de ribera río Maipo, ribera derecha, sector Lo Gallardo.	769,88	
	13. Construcción de revestimiento con enrocado y peraltamiento de ribera izquierda río Maipo, sector Valdivia de Paine.	1.164,39	
	14. Construcción de revestimiento con enrocado, peraltamiento y botaderos río Maipo, ribera derecha, sector aguas abajo puente de Lonquén.	2.532,63	
	15. Construcción de revestimiento con enrocado ambas riberas río Mapocho, sector puente Resbalón- puente Bulnes.	7.946,51	
	16. Construcción de defensa fluvial de gaviones, río Mapocho, ambas riberas, sector calle Tabancura a puente San Enrique.	4.418,46	
	17. Construcción de revestimiento con enrocado y peraltamiento de riberas, estero Colina, ribera derecha, sector Puente San Martín a Esmeralda.	2.175,83	
	18. Construcción de peraltamiento de riberas, estero Colina, ribera derecha, estero Lampa, sector Lampa.	216,84	
	19. Limpieza y habilitación del cauce, estero Las Cruces, sector Puente Verde a desembocadura río Colina.	1.794,78	

Componente	Nombre del Proyecto	
Control de Crecidas y Manejo del Cauce .	20. Construcción de revestimiento, canalización y peraltamiento de riberas, zanjón de la Aguada, diversos sectores.	9.772,08
	21. Estudio de regulación de uso del cauce, fijación de deslindes, catastro de zonas de alto riesgo, rios Maipo, Mapocho y tributarios.	1.061,72
	22. Sistema de alerta de crecidas rio Mapocho en la ciudad de Santiago y las localidades de Peñaflor, Talagante y El Monte.	155,01
	23. Sistema de alerta de crecidas río Maipo en las localidades de Isla de Maipo y Angostura en Valdivia de Paine.	144,68
	24. Sistema de regulación de crecidas quebrada de San Ramón.	5.206,09
Manejo Forestal y de Suelos	25. Proyecto de desarrollo e implementación de un sistema de información administrativo.	719,84
	26. Proyecto de desarrollo e implementación de un sistema de información cartográfico.	888,41
	27. Proyecto de extensión de legislación forestal.	752,00
	28. Desarrollo de investigación dirigida a la formulación de normas de manejo sobre el recurso forestal.	296,86
	29. Proyecto de reforzamiento de las actividades de fiscalización y control de la legislación forestal.	110,00
	30. Implementación de vivero para programas de forestación periurbana del Gran Santiago y el Area Metropolitana.	962,51
	31. Instalación de módulos agroforestales de investigación y demostración para pequeños propietarios.	854,67
	32. Implementación de medidas de control de torrentes en microcuenca piloto con fines de investigación y demostración.	55,08
	33. Desarrollo de estudios y actividades de reforzamiento y protección de recursos forestales y de suelos en las subcuencas de las quebradas de San Ramón y Macul.	366,91
		
Areas Silvestres Protegidas	34. Construcción y reparación de infraestructura y equipamiento de la unidad y personal en la Reserva Nacional del Rio (Iarillo).	439,17
	35. Construcción y reparación de infraestructura y equipamiento de la unidad y personal en el Parque Nacional El Morado.	233,55
	36. Construcción y reparación de infraestructura y equipamiento de la unidad y personal en el Santuario de la Naturaleza Yerba Loca.	285,77
	37. Extensión y difusión de las principales características del medio ambiente relacionadas con las unidades de Areas Silvestres Protegidas y educación dirigida a fomentar la conservación de los recursos renovables de la cuenca.	246,55
	38. Investigación sobre recursos naturales y culturales en zonas de interés ecológico.	1.884,53
	39. Incorporación de áreas deficitarias al SNA5PE.	649,53

Componente	Nombre del Proyecto	Costo en MUSS
Manejo Del Fuego	40. Campaña de prevención de incendios forestales y extensión en protección de recursos naturales.	1.012,06
	41. El fuego como herramienta silvoagropecuaria: capacitación en un uso tendiente a su sustitución.	150,63
	42. Programa de presupresión y supresión de incendios forestales.	2.804,58
Total en miles de US\$		55.202,95

Fuente: Estudio de factibilidad. Programa de Manejo de Cuenas Hidrográficas. Informe final. Ministerios de Agricultura y Obras Públicas, y Programa de Preinversión MIDEPLAN - BID. Diciembre de 1995.

Eladro 30,4

Estudios y proyectos Plan de Ordenamiento cuenca río Maule (VII Región)

	Nombre del Proyecto	
Gestión y Conservación del Recurso Hidrico	1. Modelo de simulación hidrológico operacional cuenca río Maule.	236,45
	2. Elaboración de un Plan Director para el ordenamiento y manejo de los recursos hídricos en la cuenca del río Maule.	151,50
	3. Proposición de un sistema de información sobre el uso de los recursos hídricos.	841,26
	4. Cuenca experimental representativa en la cuenca del río Maule.	873,07
	5. Monitoreo de recursos hídricos de la cuenca del río Maule.	304,00
	6. Readecuación y mejoramiento de red de canales Maule Norte y Maule Sur	8.003,30
	7. Creación de una corporación de recursos hídricos de la cuenca.	300,00
	8. Programa de capacitación y perfeccionamiento.	189,21
Control de Crecidas y Manejo del Cauce	9. Peraltamiento de riberas varios sectores y prolongación de diques existentes, ribera izquierda, río Maule, en orilla del Maule.	2.982,49
	10. Revestimiento de riberas y construcción de espigones, río Maule, sector Paso Nevado, ribera derecha y Curillínque, ribera izquierda.	1.077,10
	11. Revestimiento y peraltamiento de ribera izquierda con enrocado río Claro, en sector Colin.	286,16
	12. Revestimiento y peraltamiento de ribera izquierda con enrocado río Claro, en ciudad de laica.	324,27
	13. Encauzamiento del estero Parral y revestimiento de ambas riberas en enrocado, desde puente ruta 5 hasta puente FFCC.	1.359,52
	14. Construcción de obras de protección de riberas y encauzamiento río Ancoa, Achibueno y estero Batuco, en sector puente Arcos a Ruta 5.	106,50
	15. Encauzamiento río Longavi, sectores Pañhuén, Paine y La Piedad.	616,01
	16. Encauzamiento del río Perquilauquén, sector bajos de Huenutil.	739,21

Componente	Nombre del Proyecto	Costo (en MU\$S)
Control de Crecidas y Manejo del Cauce	17. Estudio de regulación del uso del cauce, fijación de deslindes y catastro zona de alto riesgo, río Maule y sus tributarios.	671,11
	18. Sistema de alerta de crecidas río Maule, Ancoa y Claro en las localidades de Constitución, Talca y Linares.	282,15
	19. Desarrollo forestal de campesinos del secano interior.	4.911,34
	20. Desarrollo Forestal de terrenos agrícolas marginales.	2.873,81
	21. Proyecto de extensión conservacionista.	1.041,10
	22. Proyecto de complementación del centro de educación ambiental con propósitos de capacitación campesina.	148,23
	23. Desarrollo e implementación de un sistema de información administrativo.	719,84
	24. Desarrollo e implementación de un sistema de información cartográfico.	888,41
	25. Proyecto de extensión de la legislación forestal.	768,68
	26. Formulación de normas de manejo del bosque nativo.	253,00
	27. Proyecto de reforzamiento de las actividades de fiscalización y control de la legislación forestal.	105,00
	28. Construcción y reparación de infraestructura y equipamiento de la unidad y personal en el Área de Protección Rada1 Siete Tazas.	335,58
	29. Reparación y remodelación de infraestructura y equipamiento de la unidad y del personal en el Área de Protección Alto Vilches.	140,90
	30. Construcción y reparación de infraestructura y equipamiento de la unidad y personal en la Reserva Nacional Los Riles y Federico Albert.	157,01
	31. Extensión y difusión de las principales características del medio ambiente relacionadas con las unidades de Areas Silvestres Protegidas, y educación dirigida a fomentar la conservación de los recursos renovables de la cuenca.	297,79
	32. Investigación de ecosistemas y especies amenazadas en la cuenca del río Maule.	1.802,85
	33. Incorporación de áreas deficitarias al SNASPE.	763,73
Areas Silvestres Protegidas	34. Campaña de prevención de incendios forestales y extensión en protección de recursos naturales.	1.007,95
	35. El fuego como herramienta silvoagropecuaria: capacitación en un uso tendiente a su sustitución.	150,64
	36. Programa de presupresión y supresión de incendios forestales.	1.725,60
Manejo del Fuego		
Total en miles de US\$		37.435,25

Fuente: Estudio de Factibilidad. Programa de Manejo de Cuencas Hidrográficas. Informe Final. Ministerios de Agricultura y Obras Públicas, y Programa de Preinversión MIDEPLAN-BID. Diciembre de 1995.

Estudios y proyectos Plan de Ordenamiento cuenca río Imperial (IX Región)

Componente	Nombre del Proyecto	Costo (en MUSS)
Gestión y Conservación del Recurso Hídrico.	1. Modelo de simulación hidrológico-operacional cuenca río Imperial.	155,72
	2. Elaboración de un Plan Director para el ordenamiento y manejo de los recursos hídricos en la cuenca del río Imperial.	99,30
	3. Proposición de un sistema de información sobre el uso de los recursos hídricos.	840,65
	4. Cuenca experimental representativa en la cuenca del río Imperial.	1.022,40
	5. Redes de estaciones permanentes y programas especiales de monitoreo.	304,21
	6. Mejoramiento de canales Imperial, Sandoval y La Victoria.	5.100,59
Control de Crecidas y Manejo del Cauce	7. Construcción de revestimiento con enrocado y peraltamiento de riberas, río Cautín sector Lautaro.	534,56
	8. Construcción de encauzamiento y peraltamiento de ribera, río Quillem, ribera izquierda, sector aguas arriba puente Quillem en Galvarina.	193,03
	9. Construcción y peraltamiento de ribera y dragado río Chol-Chol, ribera izquierda, sector Nueva Imperial.	132,39
	10. Construcción de revestimiento con enrocado y peraltamiento de ribera, río Imperial, ribera derecha, sector reducción Ísahue.	624,20
	11. Construcción de encauzamiento y botadores de enrocado, río Cautín, ribera izquierda, sector El Rulo.	480,81
	12. Construcción de encauzamiento y peraltamiento de riberas, estero Botrolhue, ambas riberas, sector Labranza.	141,68
	13. Construcción de encauzamiento y peraltamiento de riberas, río Purén, ambas riberas, sector Tranamán.	657,08
	14. Construcción de encauzamiento y peraltamiento de riberas, río Quillem, ribera derecha, sector aguas abajo de puente Quillem en Galvarino.	96,52
	15. Estudio regulación uso del cauce, fijación de deslindes y catastro zonas de alto riesgo, río Imperial y sus tributarios.	185,25
	16. Sistema de alerta de crecidas ríos Cautín, Imperial y Chol-Chol, en las localidades de Lautaro, Temuco, Carahue, Nehuentúe, Puerto Saavedra y Nueva Imperial.	195,20

Componente	Nombre del Proyecto	Costo (en MUSS)
Manejo de Suelos y Control Forestal	17. Manejo de renovales de bosque nativo.	5.330,49
	18. Proyecto de Desarrollo Forestal de campesinos mapuches en la cordillera de la Costa.	16.469,77
	19. Extensión conservacionista.	1.173,63
	20. Proyecto de Capacitación en la Reserva Forestal de Malalcahuello.	6.724,19
	21. Proyecto de Protección de la quebrada de Puntum.	296,95
	22. Desarrollo e implementación de un sistema de información administrativo.	719,84
	23. Desarrollo e implementación de un sistema de información cartográfico.	888,41
	24. Proyecto de extensión de la legislación forestal.	728,49
	25. Formulación de normas de manejo del bosque nativo.	283,00
	26. Proyecto de reforzamiento de las actividades de fiscalización y control de la legislación.	130,00
Areas Silvestres Protegidas.	27. Proyecto de construcción y reparación de infraestructura y equipamiento de la unidad y del personal en el Parque Nacional Conguillío.	1.040,88
	28. Proyecto de Construcción y reparación de infraestructura y equipamiento de la unidad y del personal en el Reserva Nacional Malalcahuello.	1.258,56
	29. Proyecto de construcción y reparación de infraestructura y equipamiento de la unidad y del personal en los Monumentos Naturales cerro Nielol y Contulmo.	266,87
	30. Extensión y difusión de las principales características del medio ambiente relacionado con las unidades de Areas Silvestres. Protegidas Yeducación dirigida a fomentar la conservación de los recursos renovables de la cuenca.	287,13
	31. Investigación de recursos naturales e histórico-culturales en la cuenca del río Imperial.	1.734,23
	32. Incorporación de áreas deficitarias al 5NA5PE.	791,99
	33. Extensión en Protección de Recursos Naturales.	1.007,95
Manejo del Fuego	34. El Fue90 como Herramienta Silvoagropecuaria: capacitación en su uso tendiente a su sustitución.	88,41
	35. Programa de Presupresión YSupresión de Incendios Forestales.	2.350,77
Total Cuenca en miles de USS		52.335,15

Fuente: Estudio de Factibilidad Programa de Manejo de Cuenas Hidrográficas. Informe Final. Ministerios de Agricultura y Obras Públicas, y Programa de Preinversión MIDEPLAN-BID Diciembre de '995.

Estudios y proyectos Plan de Ordenamiento cuenca rio Las Minas (XII Región).

Componente	Nombre del Proyecto	Costo (en MUSS)
Gestión y Conservación del Recurso Hidrico.	1. Elaboración de un Plan Director para el ordenamiento y manejo de los recursos hidricos de la cuenca del río Las Minas.	45,00
	2. Proposición de un sistema de información sobre el uso de los recursos hidricos.	841,27
	3. Mejoramiento de las redes de monitoreo.	22,04
Control de Crecidas y Manejo del Cauce	4. Protección zona urbana de Punta Arenas. rio Las Minas, sector desembocadura a Reserva Forestal Magallanes.	9.962,80
	5. Trasvase y canalización de las aguas del estero L1au-L1au hacia el estero Bitsch.	3.494,80
Manejo de Suelos y Control Forestal	6. Estudio de regulación uso del cauce. fijación de deslindes y catastro de zonas de alto riesgo, río Las Minas y estero L1au-L1au.	139,50
	7. Sistema de alerta de crecidas rio Las Minas en la ciudad de Punta Arenas.	62,80
	8. Manejo de renovales de lenga.	240,50
	9. Restauración de áreas degradadas.	458,20
	10. Proyecto de reforestación.	58,50
	11. Monitoreo de parcelas permanentes de raleas.	52,94
	12. Prospección y evaluación fitosanitaria.	55,03
	13. Desarrollo e implementación de un sistema de información administrativo. para el control y seguimiento de los planes de manejo forestal de la cuenca del rio Las Minas.	560,38
	14. Implementación de un sistema cartográfico para el control y seguimiento de los planes de manejo forestal en la cuenca del rio Las Minas.	672,20
	15. Extensión de la legislación forestal en la cuenca del río Las Minas.	197,36
	16. Proyecto de reforzamiento de las actividades de fiscalización y control de la legislación forestal, para la cuenca del río Las Minas.	46,00
Areas Sivestres Protegidas	17. Proyecto de construcción de complejo recreativo-educativo, recinto de guardaparques, cerco limitrofe, reparación y mantención de infraestructura y equipamiento de la Reserva Nacional Magallanes y su personal.	979,09
	18. Elaboración de material gráfico y audiovisual para la extensión, difusión y educación de características ambientales en la cuenca del río Las Minas.	334,92
Manejo del Fuego	19. Manejo de fauna silvestre asociada a la cuenca	68,01
	20. Proyecto de Supresión de Incendios Forestales	424,90
Total Cuenca en miles de US\$		18.716,24

Fuente: Estudio de Factibilidad. Programa de Manejo de Cuenas Hidrográficas. Informe Final. Ministerios de Agricultura r Obras Publicas, r Programa de Preinversión MIDEPLAN-810. Diciembre de 1995.

Los Planes de Ordenamiento consideran la ejecución de obras, estudios básicos, actividades de investigación y extensión, planes de manejo y prevención, y en general todas las acciones tendientes a solucionar los problemas detectados en los respectivos diagnósticos y que parecen viables. En total, se propusieron 210 proyectos. Estos conforman el Plan de Ordenamiento General de Cuencas.

Costos

El costo total de los programas de ejecución de obras y otras actividades contempladas en el Plan de Ordenamiento de las cuencas alcanzaron un total de MUS\$207.419,09.

Exposición 31

Total Costo Planes de Ordenamiento de las 6 cuencas comprendidas en el Estudio-Diagnóstico.

Nombre de la cuenca	Costo en miles
Río San José, I Región .	US\$ 10.147,18
Río Aconcagua y estero Marga-Marga, V Región	US\$ 33.582,32
Ríos Maipo Mapocho, Región Metropolitana	US\$ 55.202,95
Río Maule, VII Región	US\$ 37.435,25
Río Nueva Imperial, IX Región	US\$ 52.335,15
Río Las Minas, XII Región	US\$ 18.716,24
Total costo proyectos seis cuencas	M de US\$ 207.419,09

Fuente: Estudio de Factibilidad. Programa de Manejo de Cuencas Hidrográficas. Informe Final. Ministerios de Agricultura y Obras Públicas, y Programa de Preinversión MIDEPLAN-SIO. Diciembre de '995.

C. Etapa de Factibilidad

Programa de Manejo y Plan de Inversión

Actividades y obras incluidas

Teniendo en cuenta tanto las limitaciones existentes en los montos totales de inversión fijados por el Supremo Gobierno, como las posibilidades actuales de gestión de las instituciones involucradas, se estimó conveniente concentrar las actividades, en aquellas cuencas donde se contribuyera de manera más significativa a la solución de los problemas detectados, evitando la atomización de las actividades y de los proyectos de obras.

De acuerdo a este criterio, la inversión se concentró en las cuencas de los ríos San José, Aconcagua, Imperial y Las Minas. En las restantes, solo se consideraron actividades para mejorar la información disponible y contribuir así a la mejor solución de los problemas, cuando sea posible realizar las inversiones necesarias.

De este modo, un total de 103 Proyectos y Estudios pasaron a la etapa de Factibilidad, conformando el Programa de Manejo de Cuencas, el cual se adjunta como anexo al final de esta publicación.

Cabe destacar que con la mayor información disponible en Factibilidad, se reorientaron y reagruparon proyectos, de modo que fueran a solucionar las principales necesidades manifestadas por los usuarios de las cuencas. Esto se tradujo necesariamente en un ajuste de los costos finales.

Nuevamente hubo que pasar a las instituciones mandantes los 103 proyectos analizados en Factibilidad, para ajustarse a una inversión máxima de US\$ 52 millones, que fue la autorizada por el Gobierno.

De esta manera, se seleccionaron un conjunto de 43 Estudios y 42 Proyectos de obras, los cuales conformaron el Plan de Inversiones propuesto por cuenca. Esta selección estuvo basada en aquellos estudios y proyectos que:

- *Presentaran una mayor prioridad de ejecución;*
- *Solucionaran los problemas de mayor importancia considerados, y,*
- *Fueran posibles de ejecutar dentro de las posibilidades técnicas y financieras de las instituciones mandantes.*

En la etapa de Factibilidad, se debió excluir a las cuencas de los ríos Maipo-Mapocho (Región Metropolitana) y Maule (VII Región), considerando los siguientes antecedentes.

- *Las inversiones identificadas en ambas cuencas alcanzaban aproximadamente a US\$ 100 millones.*
- *El impacto de las acciones que pudieran desarrollarse en el marco actual del proyecto sería marginal, dadas la magnitud y complejidad de los problemas existentes en dichas cuencas.*

..

No obstante, se propuso desarrollar en ambas cuencas algunos programas de acción mínimos, relacionados con estudios que permitieran orientar y respaldar trabajos futuros.

Las cuatro cuencas restantes: San José, Aconcagua, Imperial y Las Minas, por su tamaño y características, permiten tener una amplia gama de situaciones, y la definición de proyectos con un impacto significativo sobre los problemas principales de las cuencas.

- Cuenca río San José

Para la cuenca del río San José se diseñaron sólo los programas y proyectos relativos a la componente de Gestión y Conservación de los Recursos Hídricos en el Valle de Azapa, considerando la importancia de abordar el problema de las fuentes de abastecimiento de agua para la ciudad de Arica.

- Cuenca río Aconcagua

En la cuenca del río Aconcagua el estudio de Factibilidad abordó la cuenca completa, priorizando para la etapa de Inversión el área media y baja del río Aconcagua, donde se concentran los proyectos del más alto interés en relación a la protección del suelo, áreas silvestres protegidas, control forestal, manejo del fuego, control de inundaciones, y gestión y conservación del recurso hídrico. Es necesario destacar que estos proyectos tienen impacto sobre una numerosa población, permitiendo además la aplicación de nuevas metodologías y formas de gestión con un efecto demostrativo de importancia.

- Cuenca río Imperial

En la cuenca del río Imperial, el estudio de Factibilidad aborda la cuenca completa, priorizando para la etapa de Inversión las acciones en el sector medio y bajo, donde se concentran agudos problemas de manejo forestal, de suelos y de control de inundaciones. Los programas en estas áreas tienen un fuerte impacto social, puesto que forman parte de la cuenca comunas como Lumaco y Galvarino, que poseen algunos de los más altos índices de pobreza del país.

- Cuenca río Las Minas

En la cuenca del río Las Minas, el estudio de Factibilidad y la etapa de Inversión aborda el área completa de la cuenca -principalmente para proteger la ciudad de Punta Arenas de las inundaciones-, a través de programas de control de erosión, manejo forestal y proyectos de defensas fluviales.

Cabe agregar que algunas de las actividades seleccionadas necesariamente deben realizarse en más de una cuenca, porque su objetivo es nacional. En esta categoría se incluyen los siguientes proyectos:

- Sistema de Información sobre el uso de los Recursos Hídricos.
- Implementación de un Sistema de Información Cartográfico.
- Proyecto de Fortalecimiento de las Actividades de Fiscalización y Control de la Legislación Forestal para las cuencas de los ríos Imperial, Las Minas y Aconcagua

A este subconjunto de proyectos, seleccionados en esta fase del Programa, se le denomina Plan de Inversión del Programa.

IV. METODOLOGIAS DE EVALUACION y PRIORIZACION DE PROYECTOS

Este apartado contiene la descripción de las metodologías aplicadas para evaluar y priorizar los proyectos propuestos, para sus seis componentes. Su inclusión tiene por objeto contribuir a la aplicación de esta experiencia a futuros Programas de Manejo en otras cuencas en el país.

El Diagnóstico de cada cuenca, ha generado un listado de problemas, tanto puntuales como de manejo de la cuenca. Para cada uno de éstos se plantea una solución potencial a través del desarrollo de uno o más proyectos. Para analizar el conjunto de proyectos presentados, es necesario evaluarlos objetivamente, empleando de preferencia métodos cuantitativos.

A. Metodologías de Evaluación Económica

✧ Metodología de evaluación para etapa de Prefactibilidad

a) *Valoración de inversión y costo*

Para la evaluación social de los proyectos se desglosaron la inversión y los costos privados en los siguientes ítems:

- *Mano de obra semicalificada;*
- *Mano de obra no-calificada;*
- *Insumas transables;*
- *Otros: incluye mano de obra calificada y los insumas no transables.*

La mano de obra calificada corresponde a aquellos trabajadores que desempeñan actividades cuya ejecución requiere estudios previos o vasta experiencia, por ejemplo: profesionales, técnicos y obreros especializados.

La mano de obra semicalificada corresponde a aquellos trabajadores que desempeñan actividades para las cuales no se requieren estudios previos y que teniendo experiencia, esta no es suficiente para ser clasificados como maestros de primera. Análogamente, se les denomina maestros de segunda.

La mano de obra no-calificada se define como aquellos trabajadores que desempeñan actividades cuya ejecución no requiere de estudios ni experiencia previa, por ejemplo: jornaleros, cargadores y personas sin oficio definido.

Cada categoría de mano de obra tiene un factor de ajuste predefinido.

Los insumas transables corresponden a aquellos insumas que pueden participar en el comercio internacional, es decir, que tienen posibilidad de ser importados o exportados, o bien que son elaborados con materias primas importadas. El factor de ajuste para estos insumas es de 1,06.

En la evaluación de los proyectos durante la etapa de Prefactibilidad se utilizaron aproximaciones para cada tipo de proyecto, empleando estándares en la estimación de los tipos de mano de obra y la proporción de insumos transables.

Los estándares utilizados para los distintos componentes se detallan en la introducción de cada componente o en cada uno de los perfiles, en los casos que sea necesario.

El costo privado anual equivalente, se calculó de acuerdo a la ecuación (II.E3-1) considerando precios privados y una tasa de descuento privada del 0%

Formalmente,
1 (II.E-3-1)

$$CPAE = \frac{VPCP \left(1 - \frac{1}{(1+i)^n} \right)}{i}$$

Donde CPAE representa el costo privado anual equivalente, VPCP es el valor presente de los costos privados totales, n es la duración del proyecto e i es la tasa de descuento privada.

El costo social anual equivalente corresponde al ajuste de los costos privados anuales equivalentes, al considerar precios sociales, tasa de cambio social y una tasa de descuento social del 12%. Para el caso en el cual el proyecto no presenta un costo social anual constante en términos nominales, se presenta el costo social anual que equivale al valor presente de los costos totales; formalmente, se tiene que

2 (II.E-3-2)

$$CSAE = \frac{VPCS \left(1 - \frac{1}{(1+r)^n} \right)}{r}$$

Donde CSAE es el costo presente de los costos sociales totales, r representa la tasa de descuento social y n es la duración del proyecto.

La duración del proyecto corresponde al horizonte de evaluación del proyecto. Si el horizonte de evaluación es mayor a la vida útil técnica del proyecto, se considera una reinversión en el periodo que corresponde y el costo de mantención necesario.

b) Valoración de beneficios

Debido a la diversidad de proyectos presentados, se detallan las metodologías generales de valoración de beneficios para cada componente:

Control de Crecidas y Manejo del Cauze (CC)

Se utiliza la metodología del valor esperado de los daños evitados, determinado por la diferencia entre el daño esperado, con y sin proyecto. Cuando la situación con proyecto implique un cambio de uso en el recurso suelo, se considerará, además, la plusvalía del terreno recuperado.

Gestión y Control del Recurso Hídrico (GC)

Para los proyectos que presentan como beneficio una mayor disponibilidad de agua para riego, la valoración se realiza calculando el valor del agua cruda para la agricultura, por medio de la metodología del precio implícito del agua. Esta consiste en estimar el valor presente de las unidades adicionales del recurso agua a través de un mercado indirecto, como el mercado de las propiedades agrícolas.

Manejo Forestal y de Suelos (MS)

Los proyectos de esta componente se evaluaron estimando los flujos de costos y beneficios de las actividades forestales y/o agroforestales, con y sin proyecto. Es importante destacar que esta metodología captura el beneficio diferencial de reducir el grado de erosión,

Manejo del Fuego (MF)

Los beneficios de un programa de manejo del fuego se evalúan por la metodología del valor esperado del daño evitado, el cual se determina por la diferencia entre los daños con y sin proyecto. La valoración del daño evitado se basa en estudios realizados por CONAF e investigadores extranjeros.

Control Forestal (CF)

Los beneficios de esta componente no son cuantificables en esta etapa.

Áreas Silvestres Protegidas (AS)

De los métodos sugeridos por los términos de referencia para evaluar los beneficios de esta componente, se utilizaron los métodos directos e indirectos. Entre los métodos indirectos se consideraron los métodos de «Costo viaje», de «Precios hedónicos», y de «Costo viaje hedónico». El primero de ellos se utiliza para evaluar el beneficio económico de los servicios recreativos, y se fundamenta en una extensión de la teoría de la demanda, en la cual se le otorga una especial importancia al valor del tiempo y a la elección del lugar a visitar; busca determinar la demanda por los servicios recreativos de cada lugar. El segundo método considera que algunos bienes ambientales pueden ser tomados como atributos de otros bienes que son transados en el mercado, y a través de ellos se pretende conocer aquella parte del precio que se debe a los atributos del bien propiamente tal. La estimación del efecto del bien ambiental se realiza por medio de una estimación econométrica usando una regresión simple.

Una desventaja en la aplicación de este método es que sólo puede aplicarse cuando los consumidores están conscientes de los beneficios o costos ambientales.

Por último, el tercer método se puede aplicar si se desea medir el valor de las características del parque, tal como la presencia de zonas de pic-nic, la belleza escénica, zonas de camping y otros, y se determina a través de los «precios sombra» de las características del parque que se desea conocer. El método se basa en la Teoría de las Preferencias Reveladas.

Entre los métodos directos se analizó el de «Valoración contingente», que busca encontrar las preferencias de las personas por los bienes ambientales, mediante el uso de encuestas en las cuales se les pregunta por su disposición a pagar por un determinado cambio en la cantidad ofrecida por este bien. Se busca conocer la máxima disposición a pagar por un incremento en el bien ambiental, o alternativa-

mente, la mínima cantidad que están dispuestos a recibir en compensación por una disminución en el bien ambiental. Con esto se obtiene información de los volúmenes y precios necesarios para estimar el valor económico del recurso ambiental.

De los métodos analizados, directos e indirectos, y por las características de los proyectos seleccionados en las áreas silvestres de las cuencas en estudio, se llegó a la conclusión que no era posible cuantificar los beneficios de esta componente con las metodologías vigentes.

Proyectos de Estudios e Investigación

Este tipo de proyectos, presentes en las distintas componentes, no son cuantificables.

Beneficio Privado Anual

El Beneficio Privado Anual Equivalente, es el beneficio anual que es igual al valor presente de los Beneficios Privados, calculado según la ecuación II.E-3-1, reemplazando CPAE por BPAE, que representa el Beneficio Privado Anual Equivalente, y VPCP por VPBP, que corresponde al Valor Presente de los Beneficios Privados Totales.

Beneficio Social Anual

El Beneficio Social Anual Equivalente es el Beneficio Anual que equivale al valor presente de los beneficios sociales. Este cálculo se realiza de acuerdo a la fórmula establecida en la ecuación II.E-3-2 al reemplazar CSAE por BSAE, que representa el Beneficio Social Anual Equivalente, y VPCS por VPBS, que corresponde al Valor Presente de los Beneficios Sociales Totales.

e) Indicadores de rentabilidad para proyectos cuantificables

Para los proyectos cuantificables, se calculará el valor actual neto privado y social, VAN, y el índice de rentabilidad correspondiente, representado por el IVAN.

El VAN privado corresponde a la diferencia entre el valor presente de los beneficios netos privados (el valor presente de la diferencia entre BPAE y CPAE) y la inversión privada. El IVAN Privado es un índice de rentabilidad que se calcula según la fórmula que sigue:

3 (II.E-3-3)

$$IVAN = \left\{ 0, \frac{(VAN + I)}{I} \right\} \cdot 100 = 100 \cdot \frac{VAN}{I}$$

El VAN Social corresponde a la diferencia entre el valor presente de los beneficios netos sociales -el valor presente de la diferencia entre BSAE y CSAE- y la inversión social. El IVAN Social es un índice de rentabilidad social que se calcula del siguiente modo:

4 (II.E-3-4)

$$IVANS = \left\{ 0, \frac{(VANS + Is)}{Is} \right\} \cdot 100$$

Donde IVANs es el índice porcentual de rentabilidad social, VANs es el valor actual neto social, e 15 es la inversión social.

Es importante destacar que existen algunos aspectos sociales que no son capturados por el VAN Social. Por lo tanto, para evitar sesgos innecesarios, se presentará información adicional para ser utilizada en la selección de proyectos a factibilidad; esta es: número de beneficiarios e índice de extrema pobreza de la comuna donde se realiza el proyecto.

Los proyectos cuantificables no se evaluarán a través del cálculo de la tasa interna de retorno, TIR, puesto que este indicador presenta problemas como:

- *No se pueden comparar proyectos mutuamente excluyentes;*
- *Es poco confiable para realizar ordenaciones de proyectos que ofrecen diferentes perfiles de flujos a lo largo del tiempo⁴².*
- *Un proyecto puede generar múltiples valores para la TIR, incluso valores negativos que no tienen ninguna lógica.*
- *Un proyecto con un alto TIR no es necesariamente el proyecto de mayor VAN.*

d) Indicadores de rentabilidad de proyectos no cuantificables

Los proyectos no cuantificables fueron evaluados aplicando el *Juicio de Especialista*, el cual consistió en la asignación de puntajes por importancia y posibilidades de control, de parte de los expertos en el tema. El juicio de especialista se desarrolló en base a un método Delphi modificado. Para ello se realizó una sesión de evaluación de larga duración en la cual se reunieron nueve expertos. El grupo estuvo compuesto por los especialistas de cada una de las componentes incluidas en el proyecto -seis-, un representante de la Unidad de Manejo de Cuenca, el coordinador del proyecto por parte de la consultora y un representante del equipo económico.

El método se aplicó de la siguiente manera:

- ❖ *Cada especialista calificó con dos notas cada uno de los proyectos no cuantificables. Una nota correspondió a la importancia del problema y la otra al grado de control del proyecto sobre él.*

- **Importancia:**

Para asignar la nota de importancia, cada especialista consideró los siguientes criterios para los distintos tipos de proyectos:

- 🌍 *Magnitud del problema en relación a la cuenca.*
- 🌍 *Superficie comprometida.*
- 🌍 *Número de personas involucradas.*
- 🌍 *Índice de pobreza de la comuna afectada.*
- 🌍 *Relación de causalidad con otros problemas de la cuenca, sea del mismo o de otro componente. Es decir, si el problema además repercute en algún otro proyecto de la cuenca.*

⁴² ver Brealy y Myers, Principios de Finanzas Corporativas, 1990.

La escala de notas fue:

- 1: *Problema de mínima importancia*
- 2: *Problema de baja importancia*
- 3: *Problema de moderada importancia*
- 4: *Problema de mucha importancia*
- 5: *Problema de máxima importancia*

• **Control:**

Esta calificación se relacionó con la eficiencia y efectividad del proyecto en la solución del problema. También se consideró la inversión requerida para lograr la solución parcial o total del problema.

La escala de notas fue:

- 1: *Problema de bajo control*
- 2: *Problema de mediano control*
- 3: *Problema de alto control*
- 4: *Problema de pleno control*

- .. *Las notas de importancia y control fueron promediadas con un promedio lineal simple, con lo cual se obtiene un Índice de Juicio de Especialista.*
- .. *Los proyectos se ordenaron según este índice de mayor a menor.*
- .. *Luego, cada uno de los especialistas tuvo la posibilidad de recalificar el proyecto al revisar su votación previa, comparándola con el promedio obtenido por el conjunto.*
- .. *Finalmente, después de una segunda calificación, se obtuvo una nota promedio del grupo de especialistas, la cual se utilizó en la priorización.*

Al igual que para los proyectos cuantificables, se presentó información adicional para ser utilizada en la etapa de selección de proyectos a Factibilidad, como el número de beneficiarios y el índice de extrema pobreza de la comuna donde se realiza el proyecto.

❖ **Metodología de evaluación para etapa de Factibilidad**

Subárea Recursos Hídricos

• **Control de Crecidas y Manejo del Cauce**

La evaluación económica se realizó considerando, por una parte, la inversión requerida para la ejecución de las obras y el costo anual de mantención de las mismas, y por otro lado, los beneficios por concepto del daño evitado en la situación con proyecto, respecto de aquella sin proyecto. Los beneficios consisten en que, a causa de la construcción de la obra, se evitan los daños provocados por una crecida cuya magnitud está asociada a un período de retorno dado".

⁴³ Específicamente los períodos de retorno considerados, para estimar la relación entre daño evitado y período de retorno, fueron 5, 10, 25, 50 Y 100 años. Una vez estimada dicha relación se consideraron en la evaluación todos los períodos de retorno.

Otros beneficios generados con este tipo de proyecto son el aumento de productividad o el mejor uso de los suelos existentes y la incorporación de nuevos terrenos a la actividad productiva, entre otros -CIAPEP, 1992-. No obstante, para todos los proyectos se consideró que el beneficio es el daño evitado, pues en la mayoría de ellos la zona a defender correspondía a sectores urbanos, bien delimitados y bastante homogéneos. En los casos que existían terrenos agrícolas protegidos se consideró que el beneficio correspondía al daño evitado por la pérdida en producción de ese año. Sólo en un caso se consideró recuperación de terreno -Proyecto Con-Cono, pues se defendía terreno sin uso actual.

Situación sin proyecto

La situación sin proyecto corresponde a la existente en la actualidad, es decir, existe una pérdida económica al producirse inundaciones con una determinada frecuencia. Esa pérdida económica corresponde, en parte, al daño y/o pérdida en enseres y estructura de la vivienda, la pérdida de ingreso por días no trabajados, y otros.

Situación con proyecto

En la situación con proyecto, la construcción de las obras permite proteger el sector poblacional urbano o rural y/o agrícola de las crecidas, evitando parte o la totalidad de los daños que se producen en la situación sin proyecto; dependiendo de los objetivos del mismo.

La comparación de la situación con proyecto, respecto a la sin él, permitió obtener los flujos de costos y beneficios.

Identificación y valoración de beneficios

La valoración de los daños provocados por las inundaciones se realizó mediante la metodología del Costo de Reposición".

Con el objeto de obtener la información necesaria para evaluar el proyecto, se realizaron encuestas en las áreas afectadas por las inundaciones. Esta se orientó a caracterizar las viviendas y los enseres, y a determinar el daño sufrido en las últimas inundaciones y el nivel alcanzado por el agua. Para ello se consideraron variables tales como tipo de daño, cantidad y tipo de enseres actuales y los que existían en la última inundación, altura del nivel de agua en la misma y características estructurales de la vivienda, días no trabajados, y otras.

La información obtenida por la encuesta permitió apreciar que el principal ítem, en algunos casos, era el daño que corresponde a la pérdida de enseres, mientras que en otros era el daño en la estructura de la vivienda.

Una vez estimado el número de enseres potencialmente dañados, el deterioro en la estructura de la vivienda y las horas no trabajadas para 105 distintos períodos de retorno, se procedió a valorarlos a precios de mercado, y a definir el valor de la pérdida económica total para cada vivienda. Con esto se obtuvo, mediante una regresión, la relación entre el nivel que alcanza el agua y el valor del daño total que causaría una inundación. Como el daño aumenta con el nivel de profundidad, se modeló con la forma que presenta el mejor ajuste, tal fue la semilogarítmica.

⁴⁴ Esta se basa en estimar el desembolso requerido para recuperar el estado anterior al de la inundación,

Teniendo en cuenta que el estudio hidráulico determinó las áreas de inundación para los distintos periodos de retorno, en base a distintos caudales, y que para cada uno se trazaron curvas de isoprofundidad con intervalos de profundidad que permitían definir unidades relativamente homogéneas de inundación, se utilizó la función generada por la regresión para calcular el daño por casa, para cada intervalo de isoprofundidad -utilizando la profundidad promedio de cada intervalo-. Este se multiplicó por el número de casas, que fue calculado usando las superficies entre las curvas de isoprofundidad y la información obtenida en el Instituto Nacional de Estadística, INE. Así, se obtuvo el daño total para cada intervalo de isoprofundidad, en cada una de las probabilidades de excedencia.

Con esta información fue posible definir la relación entre la probabilidad de excedencia y el daño total. A partir de ésta, se estimó el Beneficio Anual Esperado, BAE, Privado, que corresponde al área bajo dicha línea, entre la probabilidad de excedencia QOI^{45} y aquella probabilidad de excedencia que no genera daño".

Para la estimación del beneficio social, se ajustó el valor del daño por casa según los factores correspondientes y se estimó la curva que relaciona probabilidad de excedencia y daño social total.

Debido a que la estimación no incluye el daño total producido por la inundación, por ejemplo, en los enseres menores como ropa y vajilla, y que además existen daños indirectos que no fue posible cuantificar, se consideró un 20% adicional sobre el beneficio anual privado Y_{social} , calculado anteriormente.

Los beneficios indirectos e intangibles son los siguientes:

Beneficios indirectos":

• Privados:

Enfermedades

Gastos temporales por ocupación de otro lugar de habitación

Mayores gastos por la interrupción de servicios

• Públicos:

Lucro cesante de empresas de servicios públicos

Actividades del personal estatal

Asistentes sociales

Médicos y otros profesionales de la salud

Carabineros

Bomberos

Personal municipal

Beneficios intangibles:

Posibilidad de pérdida de vidas humanas

Ausentismo escolar

Efecto psicológico sobre la población

⁴⁵ Período de retorno de 100 años.

⁴⁶ La curva estimada entrega el daño total asociado a cada periodo de retorno o probabilidad de excedencia. por ello al integrar la función entre la probabilidad de excedencia QOI y aquella que no causa daño. se obtiene el daño que es posible evitar con la construcción de las obras.

⁴⁷ Los daños indirectos corresponden a aquellos que no se originan necesariamente por el contacto físico del agua.

Respecto a la valoración de los daños indirectos, no fue posible acceder a la información de gastos incurridos por los municipios durante las últimas crecidas -sólo la Municipalidad de Galvarino entregó información sobre gastos incurridos en la última inundación. Por ello, en la evaluación sólo se consideró el BAE determinado anteriormente.

En relación a los daños intangibles, no existe una metodología definida que permita valorizarlos, por ello sólo se identificaron.

Identificación de los beneficiarios

Los beneficiarios de estos proyectos corresponden básicamente a los ocupantes de las viviendas, que ven disminuidos los daños en sus viviendas, mejoran sus condiciones de accesibilidad y ven reducidas las molestias provocadas por las inundaciones. Se los identificó a través de estadísticas precensales del INE.

Además, se benefician los municipios y empresas de servicio público, los cuales disminuyen la cantidad de recursos destinados a la limpieza y reparación de los activos dañados por las inundaciones.

Identificación y valoración de la inversión y costos

La inversión, que se refiere específicamente a los recursos necesarios para llevar a cabo las distintas actividades que se requieren para la construcción de la obra: excavación de fundación, construcción de pretil, revestimiento con enrocado, ubicación de filtro geotextil, relleno y esparcimiento, y otros, se valoró tanto a precios privados como sociales.

Se consideró un costo anual de mantención, cuyo monto está en función de la inversión inicial, y que varía entre los diferentes proyectos.

Criterio de decisión de inversión

Una vez estimada y valorada la inversión inicial, los costos y los beneficios, tanto en valores privados como sociales, se estimó la rentabilidad del proyecto. Ello, a través del criterio VAN, considerando una tasa de descuento privada y social de 10% y 12%, respectivamente, y un horizonte de evaluación de 100 años.

• Gestión y Control del Recurso Hídrico

Metodología de evaluación económica de proyectos de tranques nocturnos

La metodología empleada en esta evaluación fue básicamente el uso del análisis de costo-beneficio, comparado mediante el valor actual de la diferencia entre beneficios anuales, menos los costos anuales e inversión expresados como flujos netos (VAN). Esta metodología fue aplicada para evaluar la rentabilidad económica privada de tranques de acumulación nocturna, en 5 canales de la 3ª Sección del río Aconcagua, descontando los flujos netos a la tasa de descuento privada de 10% sugerida por MIDEPLAN. Además, se realizaron los ajustes necesarios para realizar la evaluación social por corrección de distorsiones en el tipo de cambio, y por las externalidades sociales en el mercado de la mano de obra.

Para ello los flujos de costos de la evaluación económica privada fueron ajustados en base a la proporción de mano de obra no calificada, semicalificada y calificada.

y también en base a la proporción de insumos transables y no transables. Aplicándose factores de corrección de 0,66 para mano de obra no calificada, 0,73 para mano de obra semicalificada, 1,00 para mano de obra calificada, 1,06 para insumos transables y 1,00 para insumos no transables. Finalmente, los flujos netos anuales fueron descontados a la tasa social del 12%. Los valores enunciados corresponden a los determinados por MIDEPLAN.

El diseño y dimensionamiento de las obras fue realizado por el equipo técnico, a partir de ello el equipo económico estimó la inversión y costos de mantenimiento requeridos en base a estándares técnicos. Por otra parte, para la estimación de los beneficios, se realizó una encuesta con el fin de obtener información sobre la situación agrícola, y antecedentes sobre el uso del agua, puesto que no existía información disponible.

La demanda de agua fue estimada con el modelo computacional CROPWAT en base a la superficie, la composición de cultivos y la eficiencia técnica de riego de cada zona. La oferta de agua fue calculada en base a estadísticas hídricas de cada canal, obteniéndose una curva probabilística de dotación de agua. La oferta de agua de las zonas beneficiarias fue estimada en base a la proporción de superficie de la zona beneficiaria, versus el total de superficie regada por cada canal. Esto supone igualdad de derechos de agua por ha entre las zonas beneficiarias y el resto de la superficie del canal. Se adoptó este supuesto por no disponerse de información precisa sobre los derechos de aprovechamiento y por no existir razones a priori para suponer que las zonas beneficiarias tuvieran distintas dotaciones que las zonas no beneficiarias.

Los beneficios esperados de este proyecto son de dos tipos:

- 1) *Regar de día en vez de regar de noche produce una disminución en los costos de riego, debido a que el jornal de noche es aproximadamente el doble que el de día;*
- 2) *El regar de día permite una mayor eficiencia; por lo tanto, con la misma cantidad de agua se puede regar una mayor superficie. Entonces el beneficio se compone del número de hectáreas que normalmente se riegan de noche por el ahorro de costo de regar de día · diferencia de jornal de día y el jornal de noche · y la mayor superficie que se puede regar a causa de la mayor eficiencia de regar de día, valorada por los ingresos netos promedios de la zona analizada; y*
- 3) *Efecto seguridad de riego: el porcentaje de seguridad de riego se entiende como el número de años, de un total de cien, en los que no habrá déficit hídrico; por ejemplo, un 80% de seguridad de riego implica que en un año de cada cinco habrá déficit hídrico. La seguridad de riego es uno de los aspectos más relevantes en la decisión de establecimiento de cultivos agrícolas, tanto perennes como anuales. En los proyectos de tranques de riego nocturno, TRN, debido al aumento de eficiencia de riego por la mayor disponibilidad de agua, se puede proponer que existe un leve efecto seguridad de riego, vía cambio del nivel de déficit para cada probabilidad de excedencia. Sin embargo, esto es marginal debido a que no hay almacenamiento interanual, pero se podría dar un cambio paulatino de los cultivos por otros más rentables, de no existir restricciones al cambio tecnológico. Sin embargo, es importante destacar que los pro-*

yectos de TRN solo afectan el valor promedio de la disponibilidad efectiva de recursos hídricos, pero no afectan la variabilidad de ella. El TRN mejora el aprovechamiento de los recursos pero no permite almacenamiento intertemporadas. Debido a lo anterior, el efecto ((cambio de cultivo)) de estos proyectos es más modesto que el de tranques interanuales. Por otra parte, el proyecto de TRN debe estar acompañado por un subproyecto de desarrollo agrícola y transferencia tecnológica, puesto que la existencia de mayor disponibilidad de agua no asegura el cambio tecnológico, por falta de conocimientos que inciden en el nivel de riesgo.

Subárea Recursos Forestales

• Manejo Forestal y de Suelos

La metodología empleada en la evaluación de los proyectos de Diseño de Manejo Forestal y de Suelos fue, al igual que en el caso anterior, el uso del **Análisis de costo-beneficio**, comparados mediante el Valor Actual de la diferencia entre beneficios anuales, menos Costos Anuales e Inversión expresados como flujos netos, VAN.

Esta metodología fue aplicada para evaluar la rentabilidad económica privada de distintas alternativas de forestación y manejo de bosques nativos a nivel de hectárea, descontando los flujos netos a la tasa de descuento privada de 10% sugerida por MIDEPLAN. Además, se realizaron los ajustes necesarios para realizar la evaluación social por corrección de distorsiones en el tipo de cambio, y por las externalidades sociales en el mercado de la mano de obra. Para ello fueron ajustados los flujos de costos de la evaluación económica privada, en base a la proporción de mano de obra no calificada, semicalificada y calificada. Además, en base a la proporción de insumos transables y no transables. Aplicándose factores de corrección de 0,66 para mano de obra no calificada, 0,73 para mano de obra semicalificada, 1,00 para mano de obra calificada, 1,06 para insumos transables y de 1,00 para insumos no transables. Finalmente, los flujos netos anuales fueron descontados a la tasa social del 12%. Los valores enunciados corresponden a los determinados por MIDEPLAN.

Los costos de forestación, de manejo y de explotación del bosque, y las tasas de crecimiento de las distintas especies forestales, fueron obtenidos de estándares técnicos publicados por instituciones como el Instituto Nacional Forestal, INFOR, y universidades. Además, se realizaron averiguaciones con funcionarios de CONAF y empresas del sector forestal para confirmar la aplicabilidad de esos estándares a las situaciones específicas del proyecto.

Los beneficios corresponden a los distintos productos maderables obtenidos al momento de corta de las plantaciones, valorados a los precios de los mercados relevantes. Los otros beneficios atribuibles a la forestación y al manejo de bosques nativos, tales como valores de productos no maderables o de servicios ambientales que no tienen mercado, no fueron valorados ni cuantificados, pero si considerados dentro de la justificación de los proyectos. La razón de lo anterior es que el alto costo de valoración de estos beneficios escapa al presupuesto y finalidad de este

proyecto. Sin embargo, en el caso de la plantación de roble-rauli, se hizo el ejercicio de calcular el valor mínimo de los beneficios adicionales descritos, que determinaría que esta alternativa cumpliera con el criterio de rentabilidad mínima exigida al proyecto.

En los proyectos de Forestación de la Cuenca del río Imperial, se realizaron evaluaciones económicas privadas, desde tres puntos de vista: primero, desde lo global, esto es, todos los costos y todos los beneficios; segundo, desde la mirada del pequeño propietario o beneficiario que, a diferencia del anterior, sólo considera los costos de mano de obra de las labores que éste ejecuta y considera el total de los beneficios; y tercero, desde el punto de vista del Estado-BID, que no considera ingresos, debido a la definición de no recuperabilidad de los fondos entregados a los beneficiarios, y define los costos de los insumos aportados, de la transferencia tecnológica y de la supervisión del proyecto por parte de CONAF.

En el proyecto de Desarrollo Forestal de Campesinos en la cuenca del río Imperial, se realizó un análisis de sensibilidad comparativo de la rentabilidad privada entre especies, desde el punto de vista global; sensibilizándose por los parámetros en los cuales se esperaba mayor variabilidad en las condiciones reales de implementación del proyecto. El ítem de costo elegido para sensibilizar fue el costo de cercado, parámetro que en la práctica está determinado por la cantidad de superficie a forestar y por la forma de esta superficie. Este ítem representa uno de los costos más importantes de forestación. Se usó un rango de fluctuación definido en base a los tamaños prediales de la zona beneficiaria, y en base a supuestos sobre la disposición a entregar una proporción del predio para forestación. El otro parámetro elegido para sensibilizar fue el crecimiento volumétrico anual promedio, parámetro que en la práctica depende de las condiciones de suelo y clima de la superficie a forestar y de las variables de decisión sobre elección de beneficiarios. Los rangos de fluctuación se determinaron en base a juicios técnicos, dadas las características de las zonas beneficiarias.

Además, se realizó el cálculo de la tasa crítica de crecimiento que hace cero al VAN privado global, comparándose este valor con los valores del rango de fluctuación esperado. De esta manera se visualiza el riesgo de obtener una menor rentabilidad esperada por malas condiciones de crecimiento.

• Manejo del Fuego

Los proyectos de Presupresión y Supresión de Incendios, han sido diseñados con el objetivo principal de mejorar la respuesta y acción de CONAF en combatir los incendios y disminuir el daño provocado; específicamente, disminuir el número de hectáreas quemadas por incendio.

Debido a que estos proyectos no tienen incidencia en el número de incendios que se producen, se aborda la estimación de los beneficios de estos proyectos, estimando el cambio en el daño esperado por el incendio a causa de la implementación del proyecto. Para estimar el cambio en el daño esperado, es necesario realizar un modelo probabilístico Poisson truncado. Este calcula el cambio en la probabilidad de que se queme una hectárea, dadas ciertas condiciones. Este modelo se explica con mayor detalle más adelante.

Para poder estimar los coeficientes de la regresión Poisson, se puede utilizar la base de datos de incendios de CONAF, con más de 11.000 registros; los cuales contienen información sobre el daño que se produjo en cada incendio, el número de combatientes que participaron, cómo fue detectado, el equipo que se utilizó, las condiciones meteorológicas que imperaban (temperatura, humedad, velocidad del viento y precipitación), la topografía del lugar, el tipo de combustible que lo inició, y otros. Una vez estimados los coeficientes del modelo se calcula el número esperado de hectáreas que se quemarán (ex ante), dadas las condiciones específicas que imperan en la región en donde se espera implementar el proyecto. Luego se simula el cambio en las condiciones que imperarán en esa región debido a la implementación del proyecto.

De esta forma, se vuelven a estimar el número esperado de hectáreas quemadas por incendio dadas las nuevas condiciones. El beneficio físico se calcula a partir de la diferencia del número esperado de hectáreas quemadas por incendio con y sin proyecto, multiplicado por el número de incendios promedio anual de la región.

Para obtener el beneficio económico anual, se debe multiplicar el número de hectáreas salvadas de quemarse anualmente por el valor de las hectáreas comprometidas. Este valor se puede obtener mediante tasaciones de los distintos tipos de hectáreas afectadas, ponderándolas por el número histórico en que éstas han sido quemadas. Para obtener el valor presente de los beneficios, se debe considerar el número de años en que se percibirán los beneficios descontados a una tasa pertinente.

• El Modelo de Regresión de Poisson

La regresión de Poisson está diseñada para el análisis de datos de conteo; es decir, valores discretos, no negativos, que no corresponden a categorías. Ejemplos de datos de conteo son el número de accidentes en una carretera, el número de hectáreas quemadas en un incendio, el número de artículos fallados en una línea de producción. En principio, estos datos podrían ser analizados usando regresiones lineales múltiples, pero la preponderancia de ceros y valores pequeños y la naturaleza discreta de la variable dependiente, sugiere mejorar la metodología de mínimos cuadrados por un modelo que considere estas características. Greene, 1993 y Creely y Loomis, 1990, señalan "Una determinada distribución de datos de conteo puede ser la verdadera, dado el proceso generador de datos, pero cualquier distribución continua se conoce a priori que es incorrecta». Es decir, puede ser que una distribución de variables de conteo tenga distintas formas, y se deberá determinar a cuál se asemeja más. Pero, si es tratada como variable continua, se estará cometiendo un error en la estimación. La regresión de Poisson no presenta estos problemas y es fácil de estimar, ésta ha sido ampliamente utilizada⁴⁸.

Consideremos el número de hectáreas quemadas en un incendio; para realizar una regresión de Poisson se deben considerar dos supuestos:

- a. El número de hectáreas quemadas en un incendio ocurre en forma aleatoria.
- b. Las hectáreas quemadas en cualquier incendio son independientes de las quemadas en otro incendio.

⁴⁸ Ejemplos de esto son: . Theoretical and Empirical Advantages of truncated count data estimators for analysis of deer hunting in California... . Evaluation of a fishing site choice in a random utility context when quality attributes are uncertain. It y . Using count data models in travel cost analysis with aggregate data».

El término aleatorio del primer supuesto. indica que la probabilidad que se queme un número de hectáreas cualquiera en un incendio cualquiera es la misma. El segundo supuesto significa que los sucesos -número de hectáreas quemadas/incendio- anteriores o futuros, no tienen efecto sobre un suceso que ocurra en un intervalo de tiempo dado.

Lo que se desea ahora es encontrar la distribución de estos puntos aleatorios o la densidad de estos puntos -distribución de los puntos por unidad de intervalo-. Con los supuestos de aleatoriedad e independencia, una situación aparentemente al azar se transforma en un proceso de Poisson, lo cual nos llevará a una distribución de Poisson. Entonces, se establece que la probabilidad de hallar exactamente k puntos -número de hectáreas quemadas- en un incendio es:

$$p(k, i) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^k}{k!}$$

La interpretación de λ es: el número esperado de hectáreas quemadas por incendio. A mayor λ mayor número de hectáreas quemadas por incendio.

La estimación de λ es. a su vez. una función de las condiciones que predisponen la ocurrencia de un suceso. Es decir. λ se estima a partir de un vector de variables explicatorias. En este ejemplo. algunas de las variables exógenas e independientes ($X_1, X_2, \dots, X_m$) que explican la cantidad de hectáreas que se quemarían en un incendio son: las condiciones climáticas -temperatura, precipitaciones, velocidad del viento, entre otras- o el tiempo que demoró en ser detectado el incendio, el número de personas que lo combatieron, el equipo utilizado en el combate, y otras. En la estimación del vector de variables exógenas, se contenían alrededor de 45 variables.

En el caso expuesto de número de hectáreas quemadas por incendios y dado que se utiliza la base de datos que registra CONAF de los incendios detectados, se utiliza el modelo Poisson-truncado. Esto se debe a que la base de datos no registra valores ceros para la variable dependiente, puesto que sólo considera incendios ocurridos.

B. Metodología de Priorización de Proyectos

La metodología que se presenta a continuación se empleó para priorizar los proyectos del Plan General. Esta metodología tuvo que cumplir con las siguientes dos condiciones básicas:

- Ser capaz de captar los aspectos más importantes que diferencian proyectos relevantes al momento de priorizarlos en etapa de prefactibilidad.
- Ser capaz de priorizar los proyectos en forma independiente o en conjunto.

❖ Metodología de priorización

En el árbol de clasificación presentado en la figura N° 2, aparece que el primer filtro que se aplicó al universo de proyectos fue la factibilidad legal. Cualquier proyecto cuya implementación no estuviese acorde con la legislación actual y con el marco institucional vigente, se eliminó en la etapa de Prefactibilidad.

El segundo filtro de los proyectos fue la eliminación de aquellos que pertenecieran a otra dinámica o que ya estuvieran en ejecución. Se consideraron de otra dinámica todos aquellos proyectos cuya toma de decisiones o financiamiento correspondía a instituciones que no participaban en el Estudio o se referían a materias que no estuvieran cubiertas en las seis componentes definidas. Como se especificó en los antecedentes, antes de comenzar el Estudio se predefinió que los proyectos debían contribuir a la solución de los problemas de las cuencas hidrográficas mediante seis componentes:

- Manejo Forestal y de Suelos (MS)
- Áreas Silvestres Protegidas (AS)
- Manejo del Fuego (MF)
- Control Forestal (CF)
- Gestión y Conservación del Recurso Hídrico (GC)
- Control de Crecidas y de Manejo del Cauce (CC).

En esta preselección quedaron fuera otras actividades socioeconómicas de recursos naturales que también son importantes en los problemas de cuencas, entre las que se encuentran los aspectos:

- Sanitario;
- agropecuario;
- hidroeléctrico;
- de patrimonio cultural; entre otros.

El tercer filtro correspondió a la evaluación ambiental cualitativa. En esta etapa, se eliminaron del análisis posterior los proyectos que tuvieran un impacto ambiental negativo y que no tuvieran mitigación potencial.

De este modo, el Plan General se formó con los proyectos que superaron estos tres filtros. Estos incluyeron proyectos cuyos beneficios fueron directamente valorables con los métodos de evaluación tradicionales, y proyectos cuyos efectos eran difícilmente cuantificables en Prefactibilidad. Con el desarrollo de nuevas metodologías

se hace posible cuantificar los beneficios de algunos de estos últimos, pero esto se efectuará en la etapa de Factibilidad, debido a que se requería información más detallada de los proyectos y no se justificaba hacerlo en esa etapa.

Por lo anterior, los proyectos del Plan General se clasificaron, según la posibilidad de cuantificar sus beneficios, en:

- 1) *Proyectos cuantificables*
- 2) *Proyectos no cuantificables*

La metodología de priorización aplicada a los proyectos cuantificables y a los no cuantificables, fue distinta. Los proyectos cuantificables fueron priorizados tanto por su Valor Actual Neto, VAN, privado y social, como por su índice de Rentabilidad Privado y Social, dado por el IVAN privado y social. Los proyectos no cuantificables, en cambio, fueron priorizados por Juicio de Especialista.

Los proyectos que tuvieron un VAN social negativo no se incluyeron en el Plan de Ordenamiento.

En una segunda clasificación, tanto los proyectos cuantificables como los no cuantificables fueron subdivididos según el tipo de influencia que tuvieran en la cuenca -puntual o general-, y según sus interrelaciones -positivas o negativas. Partiendo de la base que no existían proyectos de influencia general negativa, se crearon las siguientes categorías:

- *Agrupables: son proyectos que pueden ser implementados en forma conjunta para solucionar el, o los problemas de un área crítica predeterminada. Estos se caracterizan por tener interrelaciones positivas, sinérgicas, producto de su realización conjunta.*
- *Independientes: son proyectos que intentan solucionar un problema aislado de la cuenca y que no tienen interrelaciones.*
- *Cuenca: son proyectos que intentan solucionar problemas generales de la cuenca y se implementan en forma independiente a nivel de la misma.*

Esta clasificación de los proyectos, surgió de la necesidad de considerar la integralidad de los proyectos y sus interrelaciones. Si bien el efecto cuantitativo de las interrelaciones no fue determinado en este Estudio, se consideraron las influencias esperadas.

Como se señaló anteriormente, los proyectos cuantificables se priorizaron por VAN social y por IVAN, dentro de cada subdivisión. En cambio, los proyectos no-cuantificables se priorizaron por juicio de especialista. Las agrupaciones de proyectos presentaron las sumas de los VAN social o de los Juicios de Especialistas individuales, según correspondiera. Es importante destacar que el verdadero VAN social o Juicio de Especialista de la agrupación, fue mayor o igual a esta suma por efecto de la interacción positiva, que no fue posible cuantificar por falta de información. Es decir, la suma de VAN social individual representa el valor mínimo de la agrupación.

Una vez priorizados los distintos tipos de proyectos cuantificables y no-cuantificables, se realizó un Plan de Ordenamiento para cada cuenca. Este consistió en listas priorizadas de los proyectos cuantificables y no-cuantificables. La priorización se

realizó en base al cálculo de un Índice de Prioridad. Este índice es un porcentaje que indica la importancia del proyecto en relación al VAN social, IVAN o juicio especialista máximo. Por ejemplo, si el VAN social máximo de todos los subgrupos es US\$X y el VAN social de un proyecto en particular es US\$Y, su índice de prioridad es:

$$IP = (US\$ Y / US\$ X) * 100$$

Es importante advertir que, no obstante el índice de priorización para los proyectos cuantificables y no cuantificables es porcentual, estos no son comparables. El Índice sólo representa la importancia relativa del proyecto respecto a los demás, dentro de la clasificación preestablecida.

❖ Priorización y elección de proyectos para la etapa de factibilidad

La decisión de cuáles proyectos pasaron a la etapa de factibilidad fue de responsabilidad de los mandantes, y se efectuó mediante el método de Programación Lineal Entera -metodología sugerida por el BID-, debido al gran número de proyectos que se debió analizar. Con ella se maximizó el VAN social sujeto a la restricción del valor total del crédito. Cada proyecto elegido aportó un VAN social, descontando su inversión del total de crédito disponible. Aunque la función objetivo es maximizar el VAN social, es factible desarrollar otro índice que puede utilizarse como función objetivo.

Esta etapa se realizó en forma conjunta entre los mandantes y el equipo de la consultora.

❖ Agrupación de proyectos **por** interacciones positivas en la solución de problemas

Las interacciones de implementación de los proyectos fueron consideradas en la decisión de los mandantes respecto a cuáles proyectos pasarían a la etapa de factibilidad. Sin embargo, a nivel de prefactibilidad sólo se consideraron las interacciones desde el punto de vista del manejo de cuencas.

Ciertos proyectos agrupables debieron ser analizados de manera incremental -VAN incremental-. Esto se aplicó a algunos casos particulares dentro del universo de proyectos, por lo que no fue incluido como tema en la metodología.

C. Evaluación de Impacto Ambiental

❖ Alcances de la Evaluación Ambiental

Este apartado contiene la Evaluación Ambiental Preliminar, EIAP, de los proyectos que fueron seleccionados para ser desarrollados en la etapa de factibilidad del Estudio de Manejo de Cuencas Hidrográficas.

Para los proyectos de las componentes hídricas tales como Gestión de Recursos Hídricos y Control de Crecidas y Manejo del Cauce, se utilizó la guía «Pautas y Metodologías para la Evaluación Ambiental de Proyectos», elaborada por el Ministerio de Obras Públicas.

En el caso de los proyectos de las componentes forestales, se aplicó una pauta adaptada específicamente para este Estudio, la cual fue aprobada previamente por la inspección fiscal de la CONAF.

La metodología comprendía los siguientes temas:

- *Cuestionario. Identificación de 105 impactos generados por la ejecución del proyecto.*
- *Ficha ambiental. Breve descripción del proyecto y del área donde se inserta. En cada proyecto se identifica el personal técnico que ha participado.*
- *Lista de verificación. Matriz que refleja la calificación de 105 factores afectados.*
- *Matriz de calificación. Resumen de 105 puntajes asignados a cada uno de 105 factores.*
- *Criterios de clasificación. Señala la clasificación del proyecto dentro de una categoría.*
- *Acta de calificación. Resumen de todo el proceso de Evaluación Ambiental Preliminar.*
- *Términos de referencia. En el caso que el proyecto los requiera, según su clasificación.*

❖ Metodología de Evaluación Aplicada

La Evaluación de Impacto Ambiental Preliminar, EIAP, es el procedimiento mediante el cual se identifica, describe, clasifica y califica los impactos ambientales detectados en el cuestionario y en la ficha ambiental de un proyecto específico, de acuerdo a los antecedentes existentes disponibles.

Esta evaluación permite realizar una Declaración de Impacto Ambiental, si la información reunida es suficiente para asegurar que no se requieren estudios ambientales específicos en los términos que establece la Ley de Bases del Medio Ambiente. De este modo, la Evaluación de Impacto Ambiental Preliminar, apoyada en la ficha ambiental y en los cuadros globales, se constituye en la citada Declaración Ambiental.

Si la EIAP indica que son necesarios estudios ambientales de mayor profundización, locales o globales, en cualquiera de las componentes o factores ambientales que pueden ser afectados al realizarse algún proyecto, entonces se procede a elaborar los Términos de Referencia Ambientales, incorporando los antecedentes necesarios que permitan efectuar dichos estudios ambientales. EIA, ya sean complementarios o detallados.

• Antecedentes básicos

Cuestionario

El cuestionario permitió identificar los factores afectados por las actividades que involucraba el proyecto, a través de una serie de preguntas previamente elaboradas, separadas por componentes. Existió un cuestionario tipo para cada una de las componentes. Este fue contestado por el personal que tuvo a su cargo el diseño de cada uno de los proyectos específicos, y luego fue discutido en su conjunto por el equipo multidisciplinario que realizó la EIAP.

Ficha Ambiental, FA

La FA constituye un instrumento de identificación y análisis de información técnica, económica y ambiental de un proyecto. Se origina en la fase de inicio del proyecto -fase de perfil-, y se complementa en las fases posteriores. Las fichas constituyen una base de información que permite disponer de un apoyo para las etapas posteriores de evaluación.

La FA fue preparada por especialistas que integraron un equipo multidisciplinario y se orientó a la identificación de los posibles impactos sobre factores ambientales causados por las actividades del proyecto. Los principales factores ambientales considerados fueron aire, agua, suelo, vegetación, fauna, paisaje, patrimonio histórico-cultural y socioeconómico. Las fichas ambientales fueron elaboradas para cada proyecto *en particular*, sobre la base de las fichas ambientales específicas.

Listas de Verificación

Las listas de verificación permiten efectuar la EIAP propiamente tal, puesto que sistematizan el análisis ambiental detallado de las actividades del proyecto, con respecto a cada factor considerado.

• Procedimiento para la EIAP

Confección de la ficha ambiental del proyecto

La FA fue elaborada para cada proyecto específico, tomando como base los diferentes modelos disponibles para cada tipo de proyecto. Luego, un grupo multidisciplinario de especialistas -asesores, consultores y/o personal propio- procedió a completar cada ficha.

Calificación ambiental

A partir del cuestionario, que está dividido en factores -componentes- ambientales, se procedió a calificar los impactos sobre cada factor ambiental. La calificación fue numérica, en un rango de 1 a 10, siendo 10 el valor que refleja la peor situación esperada. Cada especialista calificó el impacto total, directo e indirecto, sobre el factor estudiado.

La calificación se hizo mediante la Técnica Delphi, en la cual un grupo de especialistas de distintas disciplinas técnicas, y con competencia sobre el factor ambiental a calificar, interactuaron a fin de encontrar un consenso sobre la calificación buscada. En este procedimiento, la calificación asignada a los distintos factores quedó expresamente fundamentada a través de un Acta de Calificación, suscrita por los integrantes de dicho grupo. En esta acta se agregaron recomendaciones respecto de la clasificación del proyecto.

Clasificación ambiental

La evaluación ambiental explicada hasta aquí determinó la categoría a la cual pertenecía el proyecto. Ello a su vez determinó el nivel de profundidad de las materias y estudios ambientales que se debían incluir en los términos de referencia ambientales.

En la clasificación se consideraron las categorizaciones realizadas por el Banco Interamericano de Desarrollo, el Banco Mundial y MIDEPLAN, y son las siguientes:

Categoría I

Proyectos que se conceptualizan y diseñan expresamente para mejorar la calidad ambiental. No requieren estudios ambientales.

Categoría II

Proyectos que no requieren análisis ambientales ulteriores a los ya elaborados por la Ficha Ambiental; es decir, no es necesario el desarrollo de estudios ambientales específicos.

Categoría III

Proyectos que requieren el desarrollo de estudios de impacto ambiental complementarios, que ameritan el análisis exhaustivo que se deriva de la actividad o proyecto.

Categoría IV

Proyectos que requieren del desarrollo de estudios de impacto ambiental detallados de carácter global, analizando además los impactos inducidos por la actividad social y económica del proyecto.

La calificación numérica de los factores ambientales, obtenida a partir de la lista de verificación, permitió clasificar el proyecto en una de las categorías descritas.

La evaluación de los potenciales impactos ambientales cualitativos se clasificaron en positivo, neutro, negativo mitigable y negativo no mitigable, según la siguiente matriz:

Cuadro 32

Calificación Impacto Ambiental

Factores Ambientales	Calificación de Impacto				Total
	Positivo	Neutro	Negativo mitigable	Negativo no mitigable	
Aire					
Agua					
Suelo					
Flora					
Fauna					
Patrimonio histórico-cultural					
Calificación Final					

Fuente: Estudio de Factibilidad. Programa de Manejo de Cuencas Hidrográficas. Informe Final. Ministerios de Agricultura y Obras Públicas, y Programa de Preinversión MIDEPLAN-BID. Diciembre de 1995.

Los impactos se calificaron en forma simple: los positivos fueron de 1 a 3, siendo 1 el valor más bajo y 3 el más alto; los negativos fueron de -1 a -3, siendo -1 el valor más bajo y -3 el más alto. Los impactos positivos, neutros y negativo mitigables, se sumaron en la columna Total, dando un valor de calificación final cuyos rangos son:

- 10 a 18: proyecto ambientalmente muy positivo
- 1 a 9: proyecto ambientalmente positivo
- 0 : proyecto ambientalmente neutro
- 1 a -9: proyecto ambientalmente negativo
- 10 a -18: proyecto ambientalmente muy negativo

La calificación ambiental entregó como resultado dos calificaciones por componente ambiental. Estos puntajes fueron únicos y reflejaron la condición y significación de los impactos directos e indirectos. Además, se entregó una recomendación referencial para su clasificación ambiental:

- Si las notas son menores o iguales a 3, entonces el proyecto fue clasificado en categoría II.
- Si las calificaciones acusan valores superiores a 3, entonces el proyecto fue clasificado en categoría III o IV, dependiendo del alcance y profundidad de los estudios ambientales requeridos.
- Si el rango de calificaciones varió entre 4 a 6, ó de 7 a 10, entonces el nivel de detalle fue dado por los tipos de estudios ambientales que se requirieran, es decir, estudios de impacto ambiental complementarios o detallados, respectivamente.

Por lo tanto, y de acuerdo a la información reunida en la Ficha Ambiental, se propuso una clasificación ambiental considerando los siguientes criterios generales, tomando en cuenta las recomendaciones efectuadas en la etapa anterior.

- Si el 60% de los puntajes asignados a impactos directos son inferiores a 3, y el 50% de los puntajes asignados a impactos indirectos es inferior a 3, y ningún puntaje es superior a 7, el proyecto se clasificó en categoría II.
- Si el 60% de los puntajes asignados a impactos directos es superior a 4, y el 50% de los otros puntajes asignados a impactos indirectos es superior a 4, y existe más de un puntaje sobre 7 en impactos directos, el proyecto se clasificó en categoría IV.
- Los proyectos que no entran en los criterios a) o b), se clasificaron en categoría III.

Cuadro 33

Tabla de calificación ambiental sin estudios complementarios

Calificación	Clasificación	Observación
<3	II	No requiere estudios ambientales
>4	III	Los estudios ambientales que se requieren son de carácter local (área de influencia inmediata)
rangos de 4 a 6, ó 7 a la	IV	Los estudios ambientales que se requieren son de carácter global (área de influencia ampliada)

Fuente: Estudio de Factibilidad. Programa de Manejo de Cuencas Hidrográficas. Informe Final. Ministerios de Agricultura y Obras Públicas, y Programa de Preinversión MIDEPLAN-BID. Diciembre de 1995.

Cuadro 34

Tabla de calificación ambiental que requiere estudios complementarios.

Calificación	Tipo estudio ambiental	Observación
4 < N < 6	EAC	Estudios ambientales
N > 7	EAD	Estudios ambientales detallados

Fuente: Estudio de Factibilidad. Programa de Manejo de Cuencas Hidrográficas. Informe Final. Ministerios de Agricultura y Obras Públicas, y Programa de Preinversión MIDEPLAN-BID. Diciembre de 1995.

Elaboración de términos de referencia ambiental

De acuerdo con la calificación obtenida por los proyectos, se recomienda o no la realización de estudios ambientales posteriores. En los casos en que los proyectos requieren de dichos estudios, se prepararon términos de referencia de los mismos. En esos términos de referencia se hizo hincapié en evaluar los impactos ambientales identificados como más importantes en la EIAP. Posteriormente, si el mandante lo estima conveniente, se llevará a cabo los estudios ambientales detallados, especificados en los términos de referencia.

❖ Viabilidad Ambiental

Esta se realizó considerando los pasos del apartado "Alcances de la evaluación ambiental".

Subárea Recursos Hídricos

El Ministerio de Obras Públicas y los servicios considerados en el Estudio, como son la Dirección General de Aguas, la Dirección de Riego y la Dirección de Vialidad, cuentan con la organización y los procedimientos para realizar la evaluación preliminar de los impactos ambientales.

Los proyectos relacionados con Investigación y o Extensión no fueron evaluados a través de la pauta, debido a que su efecto se considera neutro.

Para la etapa de factibilidad del Estudio se efectuó la Evaluación de Impacto Preliminar, EIAP.

En la componente de Gestión de Recursos Hídricos sólo el proyecto de tranques de regulación nocturna ha quedado clasificado en categoría III; por lo tanto, requiere el desarrollo de estudios de impacto ambiental complementarios.

En la componente de Control de Crecidas, todos los proyectos de defensas fluviales se clasificaron en categoría II, lo cual implica que éstos no requieren análisis ambientales ulteriores a los ya elaborados por la Ficha Ambiental: esto es, no es necesaria la elaboración de estudios ambientales específicos.

Todos los proyectos propuestos y analizados para las componentes de este subprograma son ambientalmente factibles.

Subárea Recursos Forestales

La Corporación Nacional Forestal, CONAF, al momento del desarrollo del Estudio no contaba con una pauta para evaluar los proyectos forestales, razón por la cual se elaboró una pauta específica. El documento es semejante al utilizado para las componentes hídricas.

Los proyectos relacionados con Investigación y o Extensión no fueron evaluados a través de la pauta, debido a que su efecto se considera neutro.

En la componente de Manejo Forestal y de Suelos, los proyectos de instalación de módulos agroforestales, manejo de renovales de lenga, forestación en terrenos descubiertos y evaluación de raleas, fueron clasificados en categoría I, es decir son proyectos que se conceptualizan y diseñan expresamente para mejorar la calidad ambiental, por lo que no requieren estudios ambientales. Los proyectos de desarrollo de campesinos forestales en la precordillera y de desarrollo forestal de campesinos en la cordillera de la Costa, fueron clasificados en categoría II, es decir proyectos que no requieren análisis ambiental posterior a los ya elaborados por la ficha ambiental. En consecuencia, no es necesario el desarrollo de estudios ambientales específicos.

En la componente de Áreas Silvestres Protegidas, los proyectos de diseño construcción y habilitación de infraestructura, fueron clasificados en categoría I; también son proyectos que se conceptualizan y diseñan expresamente para mejorar la calidad ambiental, por lo que no requieren estudios ambientales.

En la componente de Manejo de Fuego, los proyectos de torres de observación y de brigadas de combate, se clasificaron en categoría I, vale decir son proyectos que se conceptualizan y diseñan expresamente para mejorar la calidad ambiental, por lo que tampoco requieren estudios de impactos ambientales.

Todos los proyectos propuestos y analizados para las componentes de este subprograma, son ambientalmente factibles.

..

ANEXO

«Proyectos del Programa de Manejo de Cuencas»

1. Estudios y Proyectos Etapa de Factibilidad cuenca Río San José

		Costo (en US\$)
	1. Investigación ecológica del recurso agua del Lago Chungará	430.795
	2. Investigación y Manejo del recurso fauna	615.100
	3. Investigación y Manejo del recurso flora	342.473
	4. Investigación sobre potencialidades para uso público en las Areas Silvestres Protegidas	448.400
	5. Alternativas de desarrollo socioeconómico para comunidades locales y del entorno a las Areas Silvestres Protegidas	115.000
	6. Desarrollo de investigación dirigida a la formulación de normas de manejo sobre el recurso forestal nativo existente	180.100
	7. Regulación del uso del cauce	173.603
	8. Embalse regulador de crecidas y recarga del acuífero de Azapa	294.367
	9. Modelo de simulación hidrológico operacional	232.401
	10. Elaboración de un Plan Director para el ordenamiento y manejo de los recursos hidricos	272.032
	11. Programa de investigación en parcelas experimentales	891.225
	12. Mejoramiento redes de monitoreo	175.717
	13. Corporación de usuarios de aguas	411.023
	Total Cuenca	4.582.236

2. Estudios y Proyectos Etapa de Factibilidad cuenca Río Aconcagua

Componente	Nombre del Proyecto	Costo (en US\$)
Manejo de Suelos	1. Extensión conservacionista cuenca del rio Aconcagua	1.313.730
	2. Instalación de unidades experimentales de investigación y demostración	215.382
Areas Silvestres Protegidas	3. Proyecto construcción y habilitación de subsede administrativa, guarderías, centros de información ambiental, infraestructura recreativa-educativa, y equipamiento del Parque Nacional La Campana y de su personal	804.642
	4. Proyecto diseño, construcción de subsede administrativa, guarderla, centro de información ambiental, infraestructura recreativa, educativa y equipamiento de la Reserva Nacional Lago Peñuelas y su personal	325.104
	5. Investigación integral del desarrollo y manejo de Jubaea <i>Chilensis</i>	588.273
	6. Análisis de la dinámica natural del ecosistema del bosque de Acacia (aven	232.727
	7. Investigación ecológica del Lago Peñuelas	470.227
	8. Control de especies introducidas que se convierten en plagas	207.273
	9. Capacidad de uso recreativo-educativo para la Reserva Nacional Lago Peñuelas	231.993
	10. Incorporación de áreas deficitarias al SNA5PE	141.304
	11. Reparación caminos unidades A.S.P. Aconcagua	141.243
Control Forestal	12. Formulación de normas de manejo en bosque nativo	495.500
	13. Difusión de características medio ambientales	545.139
Manejo del Fuego	14. Campaña de prevención de incendios forestales	871.432
	15. Torres de observación de incendios forestales	392.451
	16. Brigadas de combate de incendios forestales	2.936.008
	17. Móvil de mantención de herramientas y equipos de combate	172.596
	18. Central de coordinación móvil	148.905

		Costo (en US\$)
Control de Crecidas y Manejo del Cauce	19. Revestimiento con enrocado río Aconcagua, ribera izquierda, aguas arriba bocatoma ESVAL, Concón	184.785
	20. Defensas fluviales con enrocado río Aconcagua, ambas riveras, varios sectores en Quillota	976.416
	21. Defensas fluviales con enrocado río Aconcagua, ambas riveras, varios sectores en La Calera	972.340
	22. Peraltamiento de riveras y revestimiento con enrocado río Aconcagua, ribera derecha, población La Copa, San Felipe	107.091
	23. Peraltamiento de riveras y revestimiento con enrocado, estero Limache, ribera izquierda, sector población Isla Lenox	402.490
	24. Estudio regulación uso del cauce, fijación de deslindes y catastro zonas de alto riesgo, río Aconcagua y tributarios	570.822
	25. Estudio regulación uso del cauce, fijación de deslindes y catastro zonas de alto riesgo, esteros Marga Marga y Quilpué	177.086
	26. Sistema de alerta de crecidas río Aconcagua, localidades de San Felipe, La Calera y Quillota	83.495
Gestión y Conservación del Recurso Hídrico	27. Construcción de tranques de noche en 3ª Sección	1.842.067
	28. Estudio y modelación hidrogeológica en la zona de desembocadura del río Aconcagua	293.650
	29. Modelo de simulación hidrológico operacional de la cuenca del río Aconcagua-Marga Marga	259.448
	30. Elaboración de un Plan Director para el ordenamiento y manejo de los recursos hídricos	339.398
	31. Mejoramiento redes de monitoreo	659.071
Total Cuenca		17.102.088

3. Estudios y Proyectos Etapa de Factibilidad cuenca Rio Maipo

Componente		
Areas Silvestres Protegidas	1. Investigación sobre recursos naturales en las zonas de interés ecológico	1.043.455
	2. Incorporación de áreas deficitarias al SNASPE	187.226
Control Forestal	3. Desarrollo de investigación dirigida a la formulación de normas de manejo sobre el recurso forestal nativo existente	244.800
Manejo del Fuego	4. El fuego como herramienta silvoagropecuaria: capacitación en un uso tendiente a su sustitución	135.954
Control de Crecidas y Manejo del Cauce	5. Estudio de regulación de uso del cauce, fijación de deslindes y catastro zonas de alto riesgo, rios Maipo, Mapocho y tributarios a ambos	969.273
Gestión y Conservación del Recurso Hidrico	6. Modelo de simulación hidrológico operacional de la cuenca del rio Maipo-Mapocho	350.762
	7. Elaboración de un Plan Director para el ordenamiento y manejo de los recursos hidricos de la cuenca del rio Maipo-Mapocho	339.398
Total Cuenca		3.270.868

4. Estudios y Proyectos Etapa de Factibilidad Cuenca Rio Maule

Costo (en US\$)		
Areas Silvestres Protegidas	1. Investigación de ecosistemas y especies amenazadas	1.138.227
	2. Incorporación de areas deficitarias al 5NASPE	186.742
Control Forestal	3. Formulación de normas de manejo del bosque nativo	319.500
Manejo del Fuego	4. Sustitución del fuego como herramienta silvoagropecuaria	136.240
Control de Crecidas y Manejo del Cauce	5. Estudio de regulación del uso del cauce, fijación de deslindes y catastro zonas de alto riesgo. río Maule y sus tributarios	463.891
Gestión y Conservación del Recurso Hídrico	6. Modelo de simulación hidrológico-operacional	350.915
	7. Elaboración de un plan director para el ordenamiento y manejo de los recursos hídricos	348.393
Total Cuenca		2.943.908

Cuenca Hidrográfica de la zona de estudio
bzzz .".

5. Estudios y Proyectos Etapa de Factibilidad cuenca Rio Imperial

		Costo (en US\$)
Manejo de Suelos	1. Manejo de renovales de bosque nativo	305.628
	2. Desarrollo forestal de campesinos en la cuenca del rio Imperial	8.171.822
	3. Extensión conservacionista	1.463.901
	4. Proyecto de capacitación en la Reserva Forestal de Malalcahuello	1.384.513
Areas Silvestres Protegidas	5. Proyecto construcción y reparación de infraestructura y equipamiento de la unidad y del personal en el Parque Nacional Conguillio	530.160
	6. Proyecto construcción y reparación de infraestructura y equipamiento de la unidad y del personal en la Reserva Nacional Malaleahuello	674.903
	7. Proyecto construcción y reparación de infraestructura y equipamiento de la unidad y personal en los Monumentos Naturales Cerro Ñielol y Contulmo	284.370
	8. Investigación de recursos naturales e histórico-culturales	1.224.818
	9. Incorporación de areas deficitarias al SNASPE	302.782
	10. Proyecto de reparación de caminos	282.486
Control Forestal	11. Formulación de normas de manejo del bosque nativo	238.400
Manejo del Fuego	12. Difusión de características medio ambientales	451.394
	13. Campaña de provención de incendios forestales	777.338
	14. Sustitución del fuego como herramienta silvoagropecuaria: capacitación en un uso tendiente a su sustitución	140.519
	15. Torres de observación de incendios forestales	192.892
	16. Sistemas de vigilancia móvil	147.422
	17. Brigadas de combate de incendios forestales	1.144.737

		Costo (en US\$)
Control de Crecidas y Manejo del Cauce	18. Construcción de revestimiento con enrocado y peraltamiento de riberas, río Cautín, ambas riberas, sector Lautaro	383.563
	19. Construcción de encauzamiento y peraltamiento de ribera, río Quíllém, ribera izquierda. sector aguas arriba puente Quíllém en Galvarino	334.978
	20. Construcción y peraltamiento de ribera y dragado río Chol-Chol, ribera izquierda, sector Nueva Imperial	343.949
	21. Construcción de revestimiento con enrocado y peraltamiento de ribera, río Imperial, ribera derecha, sector Reducción Lisahue	375.568
	22. Construcción de encauzamiento y botadores de enrocado, río Cautín, ribera izquierda, sector El Rulo	468.745
	23. Estudio regulación uso del cauce, fijación de deslindes y catastro zonas de alto riesgo, río Imperial y sus tributarios	372.070
	24. Sistema de alerta de crecidas ríos Cautín, Imperial y Chol-Chol, en las localidades de Lautaro, Temuco, Carahue, Nehuentúe, Puerto Saavedra y Nueva Imperial	132.462
Gestión y Conservación del Recurso Hídrico	25. Modelo de simulación hidrológico-operacional cuenca río Imperial	205.210
	26. Elaboración de un Plan Director para el ordenamiento y manejo de los recursos hídricos en la cuenca del río Imperial	266.085
	27. Cuenca experimental representativa en la cuenca del río Imperial	394.105
	28. Redes de estaciones permanentes y programas especiales de monitoreo	363.825
Total Cuenca		21.358.645

6. Estudios y Proyectos Etapa de Factibilidad cuenca Rio Las Minas

		Costo (en US\$)
Manejo de Suelos	1. Manejo de renovales de lenga	50.702
	2. Restauración de áreas degradadas	399.986
	3. Proyecto de reforestación	132.914
	4. Monitoreo de parcelas permanentes de raleo	70.747
	5. Prospección y evaluación fitosanitaria	134.116
Areas Silvestres Protegidas	6. Proyecto construcción de complejo recreativo- educativo, guarderías, cerco límite, reparación y mantención de infraestructura y equipamiento de la Reserva Nacional Magallanes y su personal	956.512
	7. Catastro de la fauna silvestre asociada a la cuenca del río Las Minas	109.313
Control Forestal	8. Difusión de características medio ambientales	245.447
Manejo del Fuego	9. Torre de observación de incendios forestales	31.164
	10. Brigada de combate de incendios forestales	129.131
Control de Crecidas y Manejo del Cauce	11. Protección zona urbana de Punta Arenas, río Las Minas, sector desembocadura-Reserva Forestal Magallanes	6.991.669
	12. Trasvase y canalización de las aguas del estero Uau Uau hacia el estero Bitsch	2.513.818
	13. Estudio de regulación, uso del cauce, fijación de deslindes y catastro de zonas de alto riesgo. río Las Minas y estero L1au L1au	126.307
Gestión y Conservación del Recurso Hídrico	14. Mejoramiento de las redes de monitoreo	143.752
Total Cuenca		12.035.578

"C"ellas Hidrográficas ell Chile: Diagllósticos y Proyectos"

© *Ministerio* de Plamficación y *Cooperación*

tB5N 956-7463-33-6

Inscripción ¹ 103.342

Coordinadora de los Estudios

Marcia Varela A.

Edición

Gonzalo Fernández T

Secretaría Ejecutiva Programa Pre-Inversión

Mideplan BID

Redacción

Gonzalo Fernández T

Dot;;o) Producción

Lolamundo

Impresión

Andros

7. Estudios y Proyectos Etapa de Factibilidad Proyectos de Caracter Nacional

		Costo (en US\$)
Control Forestal Nacional	1. Implementación de un sistema de información cartografico	575.144
Control Forestal	2. Proyecto de fortalecimiento de las actividades de fiscalización y control de la legislación forestal para las cuencas de los rios Imperial, Las Minas y Aconcagua	179.440
Gestión y Conservación del Recurso Hidrico Nacional	3. Sistema de información sobre el uso de los recursos hidricos	241.120
Total Cuenca		995.704

**PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA
OFICINA DE PLANIFICACION NACIONAL
ODEPLAN**

**ESTE LIBRO DEBE SER DEVUELTO
EN LA ULTIMA FECHA TIMBRADA**

[illegible]

17427

Möbch
1998

MIDEPLAN
BIBLIOTECA

