MINISTERO DEGLI AFFARI ESTERI
DELLA REPUBBLICA ITALIANA.
DIREZIONE GENERALE PER
LA COOPERAZIONE ALLO SVILUPPO

MINISTERIO
DE PLANIFICACION Y COOPERACION
DE LA REPUBLICA DE CHILE.
AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL

EULA

**PROGRAMA INTERUNIVERSITARIO
DE INVESTIGACION CIENTIFICA APLICADA Y FORMACION**

**GESTION DE LOS RECURSOS HIDRICOS DE LA CUENCA DEL RIO BIOBIO
Y DEL AREA MARINA COSTERA ADYACENTE**

ANALISIS TERRITORIAL Y PROPUESTA DE ORDENAMIENTO
PARA LA GESTION INTEGRADA DEL DESARROLLO SUSTENTABLE



SERIE: PROPUESTAS DE ORDENAMIENTO

SANEAMIENTO DE LA CUENCA HIDROGRAFICA DEL RIO BIO BIO Y DEL AREA COSTERA ADYACENTE

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD

E. de FRAJA FRANGIPANE - S. MUNARI - R. VISMARA - D. ZAMPAGLIONE
H. BLANCO - A. LOPEZ - F.MALPEI - M. RAGAZZI

EDITORES: FRANCESCO FARANDA - OSCAR PARRA

MINISTERO DEGLI AFFARI ESTERI
DELLA REPUBBLICA ITALIANA.
DIREZIONE GENERALE PER
LA COOPERAZIONE ALLO SVILUPPO

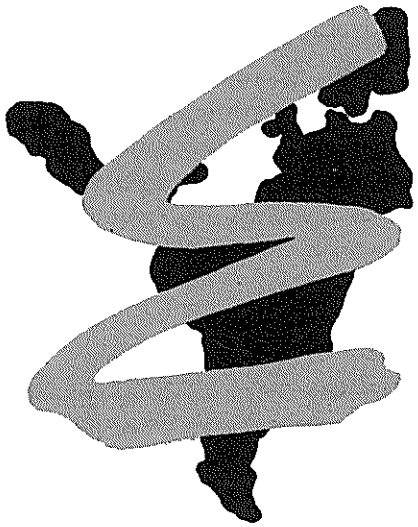
MINISTERIO
DE PLANIFICACION Y COOPERACION
DE LA REPUBLICA DE CHILE.
AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL

EULA

**PROGRAMMA INTERUNIVERSITARIO
DI RICERCA SCIENTIFICA APPLICATA E FORMAZIONE**

**GESTIONE DELLE RISORSE IDRICHE DEL BACINO
DEL FIUME BIO BIO E DELL 'AREA MARINA COSTIERA ADIACENTE**

ANALISI TERRITORIALE E PROPOSTA DI ASSETTO
PER LA GESTIONE INTEGRATA DELLO SVILUPPO SOSTENIBILE



SERIE: PROPOSTE DI ORDINAMENTO

RISANAMENTO DEL BACINO IDROGRAFICO DEL FIUME BIO BIO E DELL 'AREA COSTIERA ADIACENTE

STUDIO DI PREFATTIBILITA'

E. de FRAJA FRANGIPANE - S. MUNARI - R. VISMARA - D. ZAMPAGLIONE
H. BLANCO - A. LOPEZ - F.MALPEI - M. RAGAZZI

EDITORI: FRANCESCO FARANDA - OSCAR PARRA

EJECUTORES DEL PROGRAMMA

Direzione Generale per la Cooperazione allo Sviluppo
D.G.C.S.

Università di Genova - Centro Interuniversitario per la Cooperazione Scientifica Europa - América Latina
C.I.C.S. EULA - Italia

Istituto per la Cooperazione Universitaria - Italia

Universidad de Concepción - Centro Universitario Internacional Europa - América Latina de Investigación y Formación de Ciencias Ambientales
Centro EULA - Chile

INSTITUCIONES FINANCIADORAS DEL PROGRAMMA

Direzione Generale per la Cooperazione allo Sviluppo.
D.G.C.S. Ministerio Degli Affari Esteri - Italia

Universidad de Concepción, Concepción, Chile

PROYECTO EULA - CHILE

Saneamiento de la cuenca hidrográfica del río Bío Bío y del área costera adyacente. Estudio de prefactibilidad

© 1993, Universidad de Concepción

Inscripción Nº 85.767
I.S.B.N. 956-227-070-X

Editores
Oscar Parra - Francesco Faranda

Grupo Editor EULA
Fernando Torrejón G.
Ramón Muñoz C.
Begoña Gaete S.M.
Marcela Ibacache S.
Deysi Olmos P.

Primera Edición
600 ejemplares
Febrero de 1993

Producción e impresión
GRAFICA ANDES Ltda.
Sto. Domingo 4593 Santiago
Tel: 7733665
Fax: 7736687

HECHO EN CHILE / PRINTED IN CHILE

SANEAMIENTO DE LA CUENCA HIDROGRAFICA DEL RIO BIO BIO Y DEL AREA COSTERA ADYACENTE ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD

Eugenio de Fraja Frangipane	*Profesor Ordinario de Ingeniería Sanitaria-Ambiental, Politécnico de Milán*
Stelio Munari	*Profesor Ordinario Plantas Industriales Químicas, Universidad de Estudios de Génova*
Renasto Vismara	*Profesor Asociado de Ecología aplicada a la Ingeniería, Politécnico de Milán*
Domenico Zampaglione	*Profesor Ordinario de Hidráulica, Politécnico de Milán*

con la colaboración de:

Hernán Blanco	*Ingeniero Civil, Centro EULA Chile, Universidad de Concepción.*
Andrés López	*Ingeniero Civil,Magister en Ciencias, Centro EULA Chile, Universidad de Concepción.*
Francesca Malpei	*Doctor en Investigación en Ingeniería Sanitaria-Ambiental, Politécnico Milán.*
Marco Ragazzi	*Doctor en Investigación en Ingeniería Sanitaria-Ambiental, Politécnico Milán.*

Estudio llevado a cabo en los meses de Mayo - Junio - Julio - Agosto de 1992 en el centro EULA; Concepción Chile y en los meses de Abril - Septiembre - Octubre - Noviembre de 1992 en el C.I.P.A. Centro de Ingeniería para la Protección del Ambiente, Milán, Italia.

Publicaciones del Programa

En base a lo programado se ha dado vida a las siguientes seis series de Publicaciones editadas directamente con fondos del Programa de Cooperación Italo-Chilena y de la Universidad de Concepción:

Monografías Científicas	***Análisis territorial***
Actas de Seminarios Científicos	***Propuestas de Ordenamiento***
Publicaciones de Divulgación	***Tesis de Primer ciclo del Doctorado en ciencias Ambientales***

La serie "Monografías Científicas" consiste en publicaciones de trabajos científicos desarrollados en el contexto del programa de Cooperación. Los trabajos presentados en esta serie son evaluados por un Comité de Pares.

La serie "Actas de Seminarios Científicos" contiene las conferencias y comunicaciones científicas presentadas en los "Seminarios" seleccionados entre los eventos que hayan sido promovidos y organizados en el marco de las actividades del programa EULA.

La serie "Publicaciones de divulgación Científica" consiste en monografías de carácter divulgativo sobre temas escogidos de la realidad ambiental de la Región del Biobío, cuya difusión a la comunidad se considera útil para incrementar la conciencia sobre las características y valor del territorio en el cual se vive.

Las series "Análisis Territorial" y "propuestas de Ordenamiento" contiene la elaboración conclusiva del programa en materia de uso y gestión del territorio, considerando su diversidad, articulación y desarrollo futuro.

Además se incluye en la actividad editorial del Programa EULA la publicación interna de "Data Report" periódicos que contienen todos los datos asignados, no elaborados o parcialmente elaborados. También se publicarán los trabajos de investigadores del Programa que hayan enviado éstos a revistas nacionales e internacionales de su especialidad, en una serie de "Recolección de Trabajos Científicos".

Toda la producción científica generada en el Programa EULA es de propiedad exclusiva del mismo y como tal sujeta a una autorización para su uso y publicación, considerando, sin embargo, el derecho de propiedad intelectual de los autores.

PROLOGO

Casi todos los estudios realizados en la Región del Biobío sobre el estado o situación del medio ambiente concluyen que la contaminación de los recursos hídricos es el principal problema ambiental que afecta a la Región.

Siendo el agua un elemento esencial a casi todas nuestras actividades productivas, éste se ve severamente afectado por la industria, la agricultura, el transporte, la producción de energía y muchas otras actividades que utilizan el agua como un recurso barato que luego es retornado a sus cursos naturales degradado.

Al mismo tiempo, en su rol ecológico vital, el agua atraviesa y conecta en su ciclo todos los demás factores ambientales como el aire, el suelo, la flora y la fauna, transportando entre cada uno materia y energía a través de sucesivos procesos físicos, químicos y biológicos.

En algún punto de este ciclo captamos las aguas destinadas al consumo y es, en general, en los mismos cursos donde depositamos la mayor parte de las aguas servidas, sean estas domiciliarias o industriales.

Se plantea así un conflicto de usos que el mundo moderno ha comenzado necesariamente a asumir.

Para ESSBIO S.A., cuyo objetivo principal y razón de su existencia es la gestión de los recursos hídricos para consumo humano, la elaboración de una política ambiental se ha revelado como un necesidad imperiosa.

Durante largo tiempo la única línea de demarcación entre el agua potable y el agua no potable fue la presencia o ausencia de coliformes. Sin embargo, la presencia cada vez más generalizada de plomo, cadmio, mercurio, pesticidas y otros elementos tóxicos en las aguas destinadas al consumo ha modificado sensiblemente la noción de potabilidad.

De aquí que ESSBIO S.A. ha debido plantearse como objetivo central de su política ambiental "la conservación de los ecosistemas naturales en la Región del Biobío, como la forma más razonable y eficaz de garantizar -en el corto y en el largo plazo- el suministro de un agua sana a la población de la Región".

Es a partir de este punto que convergen los esfuerzos de ESSBIO y EULA para dar origen al Convenio "Estudio de Pre-factibilidad para el Saneamiento y la Protección Ambiental de la Cuenca del río Biobío ", cuyos resultados se expresan en este texto.

Es claro que la protección del medio ambiente regional y la preservación de la calidad del agua es un asunto que supera en mucha la responsabilidad y la capacidad de una Empresa y un Centro de Investigación, aún de la jerarquía de quienes respaldan este estudio.

El Estado, las empresas, los centro académicos y los ciudadanos comunes tiene todos una responsabilidad ineludible frente a la problemática ambiental.

En este sentido, los esfuerzos multi-sectoriales parecen encaminados a producir los mejores frutos para la comunidad regional.

La participación de ESSBIO en este estudio, por ejemplo, contribuye a aportar la necesaria base de antecedentes empíricos que conectan el estudio con la realidad dinámica de la población regional. Al mismo tiempo, -y sobre todo- permite dar a este estudio un carácter de propuesta, en la medida en que sus conclusiones pueden ser recogidas por los planes y programas de la Empresa, de acuerdo a su estrategia general de desarrollo.

Innecesario parece describir el aporte de EULA a este estudio. El lector reconocerá en sus páginas la expresión del trabajo de investigación de tres años realizado por el Centro, aplicado a la gestión de uno de nuestros recursos esenciales.

Desde los antecedentes hidrográficos e hidrológicos, pasando por aspectos demo-gráficos y económicos; las características de los sistemas actuales de agua potable, como la recolección y disposición de las aguas servidas; las aguas superficiales como las subterráneas. Todo ha sido considerado y estudiado antes de proponer soluciones para el saneamiento de la Cuenca.

Ciertamente, cualquiera sea la profundidad y calidad de este trabajo, ésto no basta para lograr los objetivos planteados. Ello depende de la voluntad de actuar de la comunidad involucrada.

El presente estudio constituye, sin embargo, un aporte mayor de dos entidades con clara identidad regional a la búsqueda de caminos que hagan realidad, al menos en la Región del Biobío, la aspiración ciudadana de lograr un desarrollo sustentable.

JUAN ALBERTO DARRAS MARTI
GERENTE GENERAL
ESSBIO S.A.

INDICE

RESUMEN Y CONCLUSIONES *XV*

1 INTRODUCCION - FINALIDAD DEL ESTUDIO *1*

2 CUENCA HIDROGRAFICA DEL RIO BIOBIO Y ZONA COSTERA ADYACENTE *3*
2.1 El territorio *3*
2.1.1 Aspectos administrativos *4*
2.1.2 Aspectos socio-sanitarios *7*
2.1.3 Aspectos económicos *10*
2.2 Antecedentes geomorfológicos *15*

3 ANTECEDENTES DE HIDROGRAFIA, HIDROLOGIA E HIDRODINAMICA DEL MAR *17*
3.1 Hidrografía General *17*
3.2 Pluviometría *19*
3.2.1 Introducción *19*
3.2.2 Información pluviométrica disponible *19*
3.2.3 Distribución espacial de la pluviometría *19*
3.2.4 Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) *21*
3.2.4.1 Curvas IDF para la intercomuna Concepción-Talcahuano *23*
3.2.4.2 Curvas IDF para otras ciudades de la cuenca *23*
3.3 Hidrología *26*
3.3.1 Río Biobío y sus afluentes *26*
3.3.1.1 Información hidrológica disponible *29*
3.3.1.2 Eventos hidrológicos extremos *31*
3.3.2 Lagos *37*
3.3.2.1 Lagos Icalma, Galletué y Laja *37*
3.3.2.2 Lagunas de Concepción urbano y de San Pedro *39*
3.3.3 Aguas subterráneas *42*
3.4 Hidrodinámica del mar *49*
3.4.1 Vientos *50*
3.4.2 Batimetría *60*
3.4.3 Correntometría *63*
3.4.4 Mareas *74*

4 ASENTAMIENTOS HUMANOS *75*
4.1 Aspectos demográficos *75*
4.1.1 Comunas y centros urbanos *75*
4.1.2 Demografía *75*
4.2 Sector Industrial *85*
4.2.1 Tipología industrial *85*
4.2.2 Localización actual de las industrias *86*
4.2.3 Dimensión del sector industrial *88*
4.2.3.1 Sector forestal y del papel *88*
4.2.3.2 Sector pesquero *89*
4.2.3.3 Otros sectores *92*
4.2.4 Parque industrial Escuadrón y sector adyacente *92*

4.3 Centrales hidroeléctricas 94
4.3.1 Centrales existentes 94
4.3.2 Centrales proyectadas 94
4.4 Uso del suelo 96
4.4.1 Generalidades 96
4.4.2 El sector agrícola 96
4.4.2.1 La agricultura de riego 98
4.4.2.2 La agricultura de secano 98
4.4.3 El sector forestal 100
4.4.3.1 Plantaciones forestales 100
4.4.3.2 Bosque nativo 101
4.4.4 Sector pecuario 101
4.4.5 *Erosión en la cuenca del Biobío* 102

5 ABASTECIMIENTO HIDRICO 103
5.1 Características de los sistemas de abastecimiento de agua potable 103
5.1.1 Sistemas de abastecimiento rural 103
5.1.2 Sistemas de abastecimiento urbano 110
5.1.3 Calidad del agua distribuida 117
5.2 Características del abastecimiento de agua industrial 123

6 DISPOSICION DE LAS AGUAS RESIDUALES 129
6.1 Alcantarillado urbano 129
6.1.1 Situación y características de la red de alcantarillado 129
6.1.2 Localización de los puntos de descarga 134
6.1.3 Estimación de los caudales de descarga 134
6.1.4 Características cualitativas de las aguas residuales domésticas descargadas 142
6.1.5 Situación y características de las plantas de tratamiento existente 143
6.1.6 Aspectos normativos actuales 143
6.2 Descargas industriales 144
6.2.1 Cuantificación y localización de las descargas industriales 144
6.2.2 Características cualitativas de las descargas industriales 146
6.2.3 Situación y características de las plantas de tratamiento existentes 147
6.2.4 Aspectos normativos actuales 147
6.2.5 Situación actual de las industrias frente a la problemática ambiental 148
6.3 Comparación entre el aporte contaminante de origen civil y el aporte contaminante de origen industrial 150

7 PRODUCCION Y DISPOSICION DE LOS RESIDUOS SOLIDOS 151
7.1 Residuos sólidos urbanos 151
7.1.1 Almacenamiento en origen 152
7.1.2 Sistema de recolección 152
7.1.3 Características cualitativas 152
7.1.4 Cantidad producida 158
7.1.5 Modalidad de disposición 159
7.1.6 Legislación relativa a los RSU 160
7.2 Residuos sólidos de origen industrial 161
7.2.1 Residuos sólidos de la industria no forestal 161
7.2.2 Residuos sólidos forestales y de la industria maderera 163
7.2.2.1 Residuos del bosque 163
7.2.2.2 Residuos de aserraderos 164

7.2.3 Legislación acerca de los residuos sólidos industriales 164
7.3 Residuos sólidos de origen agrícola 165

8 ESTADO CUALITATIVO DE LOS RECURSOS HIDRICOS 167
8.1 Estado cualitativo del río Biobío y de sus afluentes 167
8.1.1 Criterios para una clasificación de las aguas del río Biobío y de sus afluentes 167
8.1.2 Metodología experimental utilizada 168
8.1.3 Resultados obtenidos y conclusiones 172
8.2 Estado cualitativo de los lagos 175
8.2.1 Lagos Galletué, Icalma y Laja 175
8.2.2 Lagunas de Concepción-San Pedro 175
8.3 Estado cualitativo de la zona marina 178
8.3.1 Características físico-químicas 180
8.3.2 Parámetros cualitativos 184
8.4 Estado cualitativo de las aguas subterráneas 196

9 OBJETIVOS Y EXIGENCIAS DEL SANEAMIENTO CUALITATIVO DE LOS RECURSOS HIDRICOS 201
9.1 Aguas superficiales 201
9.1.1 Ríos 201
9.1.2 Lagos 203
9.2 Aguas subterráneas 204
9.3 Mar 205

10 SOLUCIONES PROPUESTAS PARA EL SANEAMIENTO 211
10.1 Escenario 211
10.2 Abastecimiento hídrico para uso potable 213
10.2.1 Evaluación de las necesidades futuras de producción de agua potable 213
10.2.1.1 Localidades urbanas de la zona 214
10.2.1.2 Localidades rurales 217
10.2.2 Evaluación de las necesidades futuras de redes de agua potable 217
10.2.2.1 Análisis de los materiales utilizables en las redes de distribución de agua potable 217
10.2.2.2 Necesidades futuras de redes de agua potable 221
10.2.3 Requisitos de calidad del agua potable 221
10.2.4 Descripción de la tecnología de potabilización disponible 227
10.2.5 Soluciones propuestas a los problemas de abastecimiento potable 229
10.2.5.1 Generalidades 229
10.2.5.2 Conglomerado Concepción-Talcahuano-San Pedro-Chiguayante y Hualqui 230
10.2.5.3 Otras ciudades con problemas primarios 240
10.2.5.4 Localidades con problemas secundarios 244
10.3 Recolección, tratamiento y disposición del agua residual doméstica 245
10.3.1 Directrices para las soluciones propuestas 245
10.3.2 Consideraciones sobre la situación actual y prioridades generales 247
10.3.3 Evaluación global de las proyecciones de desarrollo de las redes de alcantarillado 248
10.3.3.1 Consideraciones sobre los materiales utilizables para las redes de alcantarillado 248
10.3.3.2 Consideraciones sobre la elección del tipo de red de alcantarillado 251
10.3.3.3 Necesidades futuras de redes de alcantarillado 254
10.3.3.4 Estimación de los costos de las obras de alcantarillado 261

10.3.4 Evaluación de las necesidades de tratamiento y soluciones propuestas 261
10.3.4.1 Descripción de las diversas tecnologías de depuración 261
10.3.4.2 Criterios para seleccionar las plantas de tratamiento en la zona 266
10.3.4.3 Criterios para seleccionar el tratamiento y disposición de los lodos producidos 275
10.3.4.4 Descripción de las soluciones específicas 282
10.3.4.4.1 Ciudades que descargan en el mar 285
10.3.4.4.2 Ciudades que descargan en cursos de agua superficial 289
10.3.4.5 Costos de construcción de las plantas de tratamiento 294
10.3.4.6 Costos de ejercicio de las plantas de tratamiento 304
10.4 Abastecimiento hídrico para uso industrial 308
10.5 Tratamiento y disposición de los residuos industriales líquidos 308
10.5.1 Propuesta de estándares cualitativos para las descargas líquidas industriales 309
10.5.2 Soluciones para la contaminación de cada tipología industrial 310
10.5.2.1 Industria de la celulosa y del papel 310
10.5.2.2 Industria pesquera 313
10.5.2.3 Industria agroalimentaria 316
10.5.2.4 Industria petroquímica y química 317
10.5.2.5 Sector siderúrgico 318
10.5.2.6 Otras industrias 319
10.6 Tratamiento y disposición de los residuos sólidos 320
10.6.1 Exigencias de un marco legal 320
10.6.2 Saneamiento de los vertederos de residuos sólidos 325
10.6.3 Recolección diferenciada 329
10.6.4 Reciclaje 332
10.6.5 Cuantificación de la producción de los residuos sólidos industriales 334
10.6.6 Principios de disposición de los residuos sólidos industriales de la cuenca y el área costera adyacente 335
10.7 Uso recreativo de los recursos hídricos 336

11 PRIORIDAD DE LAS SOLUCIONES PROPUESTAS A LOS PROBLEMAS MAS URGENTES 341
11.1 Criterios para definir la prioridad de las soluciones propuestas 341
11.2 Prioridad de las soluciones propuestas 341

12 CRITERIOS DE CONTROL Y GESTION DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO, DISTRIBUCION Y DISPOSICION 345
12.1 Abastecimiento potable 345
12.1.1 Criterios de control y gestión 345
12.1.2 Organización y estructura necesarias 346
12.2 Redes de alcantarillado 347
12.3 Plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas 349
12.4 Disposición de residuos sólidos 355
12.4.1 Control del residuo sólido al ingreso 355
12.4.2 Control del impacto ambiental 356

13 CRITERIOS DE CONTROL DE LA CALIDAD AMBIENTAL 359

14 INDICACIONES RELATIVAS A LA NECESIDAD DE ESTUDIOS ULTERIORES 361

15 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO 363

AGRADECIMIENTOS 365

BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS 367

ANEXOS		*373*
ANEXO 5.1.A	*Esquemas de producción de los servicios de agua potable*	*375*
ANEXO 5.1.B	*Requisitos según la normativa NCh777.Of71 y NCh.409.84*	*405*
ANEXO 6.1	*Esquemas de las redes de alcantarillado*	*409*
ANEXO 9.1	*Norma CEE 440/75 Clasificación de la calidad del agua superficial destinada a uso potable*	*429*
ANEXO 10.2.A	*Constituyentes y características no deseadas de las aguas y tratamientos disponibles*	*433*
ANEXO 10.2.B	*Características del abastecimiento potable de localidades con problemas secundarios*	*439*
ANEXO 10.3	*Hipótesis de ubicación de las plantas de tratamiento para las aguas residuales domésticas*	*443*
ANEXO 12.2	*Reglamento tipo para alcantarillado [de Di Fidio, 1989 y WHO, 1975]*	*467*

RESUMEN Y CONCLUSIONES

I. INTRODUCCION - FINALIDAD DEL ESTUDIO

La cuenca del Biobío y el área costera adyacente ha sido objeto de tres años de investigación ambiental (1990-1992) desarrollada en el Centro EULA de Concepción (Chile). El Centro nace en el ámbito del Proyecto de Cooperación Interuniversitario Europa y Latinoamérica financiado por el Gobierno de Italia. Este estudio afronta los problemas relativos al abastecimiento hídrico potable y la contaminación del agua y del suelo provocada por las descargas de residuos líquidos o sólidos de los asentamientos urbanos, industriales y de la actividad agrícola. Las propuestas de saneamiento han estado inspiradas en la necesidad de tutelar la salud pública y de salvaguardar el ambiente y el paisaje, persiguiendo los siguientes objetivos principales:

1) garantizar un abastecimiento hídrico adecuado de agua potable desde un punto de vista cualitativo y cuantitativo en todas las localidades;
2) asegurar los usos actuales y futuros de los cuerpos hídricos superficiales (mar, ríos, lagos y lagunas) y subterráneos;
3) mejorar la calidad de los ambientes naturales (agua superficial, agua subterránea, suelo y aire) y preservar la calidad de aquéllos que actualmente presentan condiciones no degradadas.

Para individualizar los objetivos del saneamiento y para realizar la fase propositiva, ha sido necesaria una recolección de los datos y de la información relativa a:

- territorio y asentamientos humanos;
- estado cualitativo y cuantitativo de los diversos recursos hídricos de la cuenca y el área costera adyacente;
- infraestructura destinada al abastecimiento hídrico de los sectores civiles e industriales;
- infraestructura destinada a la disposición de los residuos líquidos y sólidos de los sectores civiles e industriales;
- normativa ambiental vigente.

Esta recolección de información se ha dirigido a los estudios efectuados por el Centro EULA, a los efectuados por otros entes y a la bibliografía existente.

Lo anterior ha permitido individualizar la información que falta, a la luz de los objetivos ya mencionados, y las necesidades de infraestructura que garanticen conseguirlos.

Una vez individualizados los problemas de la zona, se ha llegado a la formulación de las intervenciones que, mediante la comparación de diversas hipótesis, entregan un cuadro de soluciones para el saneamiento y la protección ambiental de la cuenca del río Biobío y del área costera adyacente.

Por intervenciones se entienden no sólo las de tipo tecnológico, sino que también la definición de: normativas apropiadas; criterios de gestión y criterios de recolección, tratamiento y disposición de residuos (líquidos y sólidos), que garanticen el respeto de precisos estándares higiénicos.

Las propuestas de este estudio se basan en la información disponible hasta 1992; en el futuro algunas de las indicaciones aquí contenidas podrían cambiar en virtud de los nuevos datos que se obtengan.

En el desarrollo de las propuestas de solución, se han analizado:

- las características más notables, con la indicación de las tipologías más adecuadas, en función de las necesidades y de las características económico-territoriales de la cuenca;
- los criterios de elección entre todas las alternativas posibles;
- una primera estimación de los costos de algunas de las soluciones propuestas y de su gestión;
- una hipótesis tentativa de ubicación de las obras propuestas;

- la carencia de información útil para pasar a una fase propositiva de mayor detalle;
- la idoneidad de los estándares cualitativos y técnicos actualmente vigentes en la normativa; en base a éstos y a los objetivos individualizados para el saneamiento, se han formulado propuestas para actualizar y completar la normativa.

Una vez completo el cuadro de las soluciones necesarias, se han definido las prioridades de realización de éstas considerando los problemas más urgentes existentes.

II. CUENCA HIDROGRAFICA DEL RIO BIOBIO Y ZONA COSTERA ADYACENTE

La cuenca hidrográfica del río Biobío (Fig.1) se sitúa entre el 36° 45' S y el 39° S de latitud y ocupa una faja de territorio, en forma aproximadamente romboidal, que desde una cota superior a los 2.500 msnm. (Cordillera de los Andes) llega hasta el Océano Pacífico. La superficie total es de 24.220 km^2. El río Biobío, cuyo eje pricipal tiene una longitud de cerca de 380 km, nace en la cordillera,

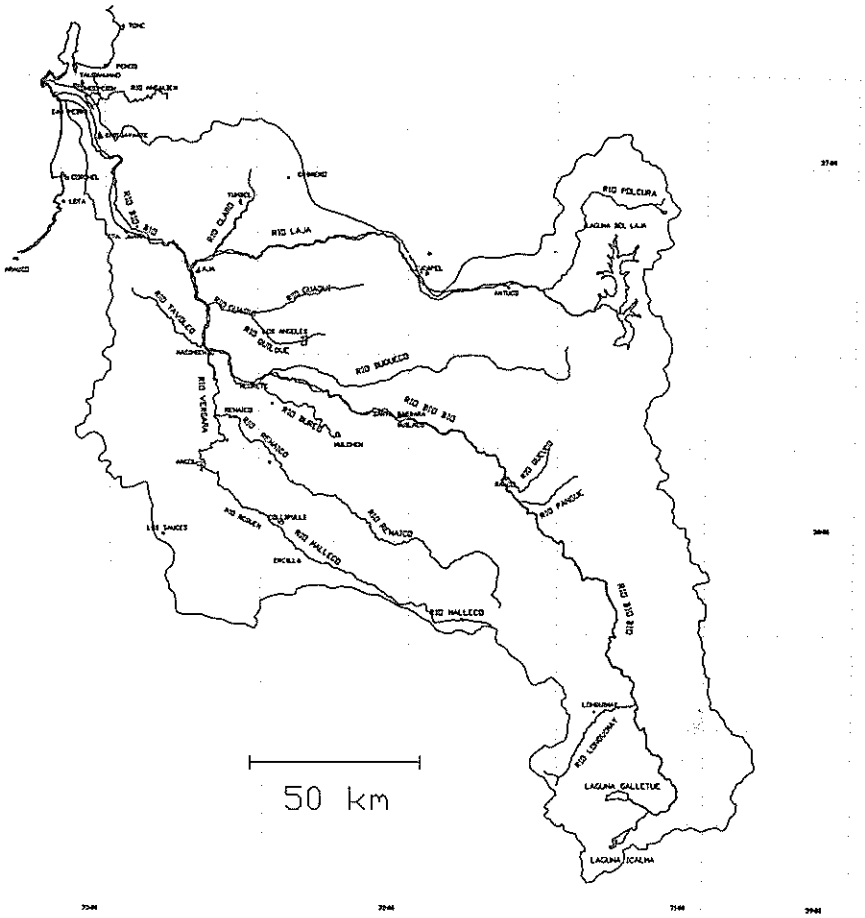


Fig.1 - Cuenca hidrográfica del río Biobío

en los lagos Icalma y Galletué y en su recorrido recibe numerosos afluentes, entre los más importantes se encuentran el Vergara y el Laja. El área estudiada puede ser dividida (de aguas arriba hacia aguas abajo) en: la subcuenca del río Biobío, del Duqueco, del Bureo, del Vergara y del Laja. Morfológicamente se pueden identificar en la cuenca tres diversas zonas, dispuestas paralelamente respecto a la costa: la cordillera andina, que ocupa cerca de 14.000 km^2; la zona de llanura de la depresión central (5.300 km^2) y la zona de la cordillera de la costa (4.700 km^2), constituida de relieves de modesto tamaño y de zonas planas en las proximidades de la costa.

El área de estudio del Proyecto EULA se extiende también a la zona costera adyacente a la desembocadura del Biobío, en el tramo comprendido entre la ciudad de Arauco (al sur) y la ciudad de Tomé (al norte). Desde el punto de vista administrativo, la cuenca hidrográfica del río Biobío comprende, entera o parcialmente, el territorio de 31 Comunas, distribuidas entre 4 Provincias de la VIII y IX Región de Chile. La mayor parte del territorio, cerca del 80%, se encuentra en la VIII Región.

Desde el punto vista de la legislación en el campo ambiental, se observa que en Chile, en general, existe una carencia de este tipo de normas y que, salvo algunas excepciones, no se hacen respetar, lo que lleva a una pérdida de credibilidad de la autoridad pública en este campo.

En particular:

- no existe una norma cuadro relativa a la descarga de las aguas residuales civiles y urbanas, que indique límites y estándares cualitativos a respetar. Las disposiciones legales existentes son, en general, emitidas por diversas autoridades y, por lo tanto, resultan repetitivas e ineficaces; además, en general, no son acompañadas de reglamentos técnicos de aplicación;
- no existen normas adecuadas que regulen la disposición de residuos sólidos, tanto urbanos como industriales;
- la normativa que regula las fuentes de abastecimiento potable y las características del agua distribuida debería ser actualizada considerando las regulaciones internacionales;
- según la normativa vigente respecto al uso de agua con fines industriales, es decir el Código de Aguas, el mecanismo legal para obtener agua de una fuente superficial o subterránea es una concesión que, en general, se traduce en un costo mínimo y sólo inicial por el uso del recurso hídrico.

De todos modos, se retiene que en Chile actualmente está en estudio un proyecto de ley relativo a la cuestión ambiental.

III. HIDROGRAFIA, HIDROLOGIA E HIDRODINAMICA DEL MAR

A. Pluviometría e hidrología

En toda la latitud que comprende la cuenca del río Biobío se presenta una gran inestabilidad meteorológica.

La pluviometría del área se puede describir con un operador espacial, que, parametrizado sobre la precipitación media mensual normalizada de la costa, representa las isoyetas de igual intensidad de precipitación en toda el área de la cuenca y del área costera adyacente. El promedio de este operador sobre toda la cuenca resulta igual a 2,01, de lo cual resulta un valor de precipitación media anual estimada igual a 2.470 mm. En la zona de la Cordillera de Los Andes, la precipitación anual llega a valores de 5.600 mm/año.

Pocas localidades de la cuenca disponen de las curvas IDF (Intensidad-Duración-Frecuencia) o de registros pluviográficos que permitan su elaboración, dado que la mayor parte de las estaciones de medición está dotada de pluviómetros, pero no de pluviógrafos. Para el área de Concepción-Talcahuano, la curva IDF elaborada por varios autores entrega valores de intensidad de precipitación variables entre 23 y 39 mm/h, para duraciones de precipitación de una hora y períodos de retorno de 10 años.

La combinación de la hidrología de todos los

afluentes se refleja en la hidrología del río Biobío en el punto en el cual desemboca al mar. Considerando el caudal medio mensual medido en la estación fluviométrica de la desembocadura del Biobío, se observa que el régimen del río es del tipo pluvio-nival, con un caudal máximo medio mensual de aproximadamente 2200 m^3/s en los meses de junio-julio, que corresponde a los meses de máximas precipitaciones en la cuenca. Los caudales mínimos medio mensuales se ubican en los meses de marzo-abril con valores cercanos a los 220 m^3/s, cuando se termina el verano y aún no se registran las primeras precipitaciones. Este caudal mínimo se mantiene gracias a algunos aportes nivales remanentes y de la napa subterránea, fundamentalmente. En Par.3.3 se presentan los datos disponibles respecto de los caudales mínimos y máximos del río Biobío y de sus afluentes, incluyendo el número de días totales y consecutivos en los cuales el caudal es inferior a un cierto valor.

Las lagunas consideradas en este estudio son distinguidas entre las que dan origen directa o indirectamente al río Biobío y las de Concepción. En el primer grupo están las lagunas Icalma, Galletué y Laja.

Las lagunas del segundo grupo pueden clasificarse en las de Concepción urbano y las del área de San Pedro.

En cuanto a los datos hidrológicos de las lagunas, se encuentra una notable carencia. La información disponible es casi exclusivamente de tipo hidrográfico.

B. Hidrogeología

El agua subterránea es de gran importancia en la cuenca del río Biobío, la gran mayoría de los centros urbanos ubicados en la Depresión Central son abastecidos exclusivamente por ella.

La estructura hidrogeológica de la cuenca del río Biobío puede ser subdividida en tres fajas. La faja oriental representada por la Cordillera de Los Andes, constituida principalmente por lavas, presenta una permeabilidad dependiente de su fisuración. La faja central correspondiente a la Depresión Central, está compuesta por unidades geológicas sedimentarias, en las cuales se encuentra una matriz arcillosa bastante variable. Esta última, es responsable de la variabilidad en la permeabilidad de los terrenos prevalentemente porosos. La faja occidental (a lo largo de la costa del Pacífico), delimitada por la Cordillera de Nahuelbuta, está constituida por rocas metamórficas e intrusivas, y caracterizada por una permeabilidad por fisuración relativamente baja.

Los datos disponibles para los pozos de cada localidad urbana de la cuenca son: caudal de explotación, nivel estático y nivel dinámico. Esta información se estudió para septiembre de 1991 y para abril de 1992, de esta manera se ha podido realizar un análisis temporal y espacial de estos parámetros. En cuanto a los caudales de explotación de los pozos, se puede ver que los valores más altos se presentan en Los Angeles, Nacimiento y Mulchén, llegando a cerca de 50 l/s. Santa Bárbara, Cabrero y Laja tienen caudales cercanos a los 30 l/s. Las demás localidades presentan caudales que varían entre los 10 y los 20 l/s. De acuerdo a ESSBIO el agua subterránea captada para fines de consumo, en las localidades urbanas, alcanza a 0,5 m^3/s (1991, excluyendo las localidades de San Pedro y Chiguayante). En las localidades rurales, el mismo consumo alcanzaba en 1989 a 0,02 m^3/s. En cuanto a las depresiones registradas en los pozos de las localidades examinadas, se encuentran valores altos en Los Angeles y Mulchén (sobre los 30 m). Los análisis de los datos del nivel estático medido en 45 pozos, indica valores generalmente comprendidos entre 0,5 y 40 m.

C. Hidrodinámica del mar

El comportamiento hidrodinámico de las tres ensenadas presentes en el área adyacente a la cuenca (Golfo de Arauco, Bahía de Concepción y Bahía de San Vicente) difiere de modo significativo en las dimensiones, la batimetría y la orientación de la ensenada en relación a los vientos dominantes. En Figs.2 y 3 se presentan sus batimetrías. En el

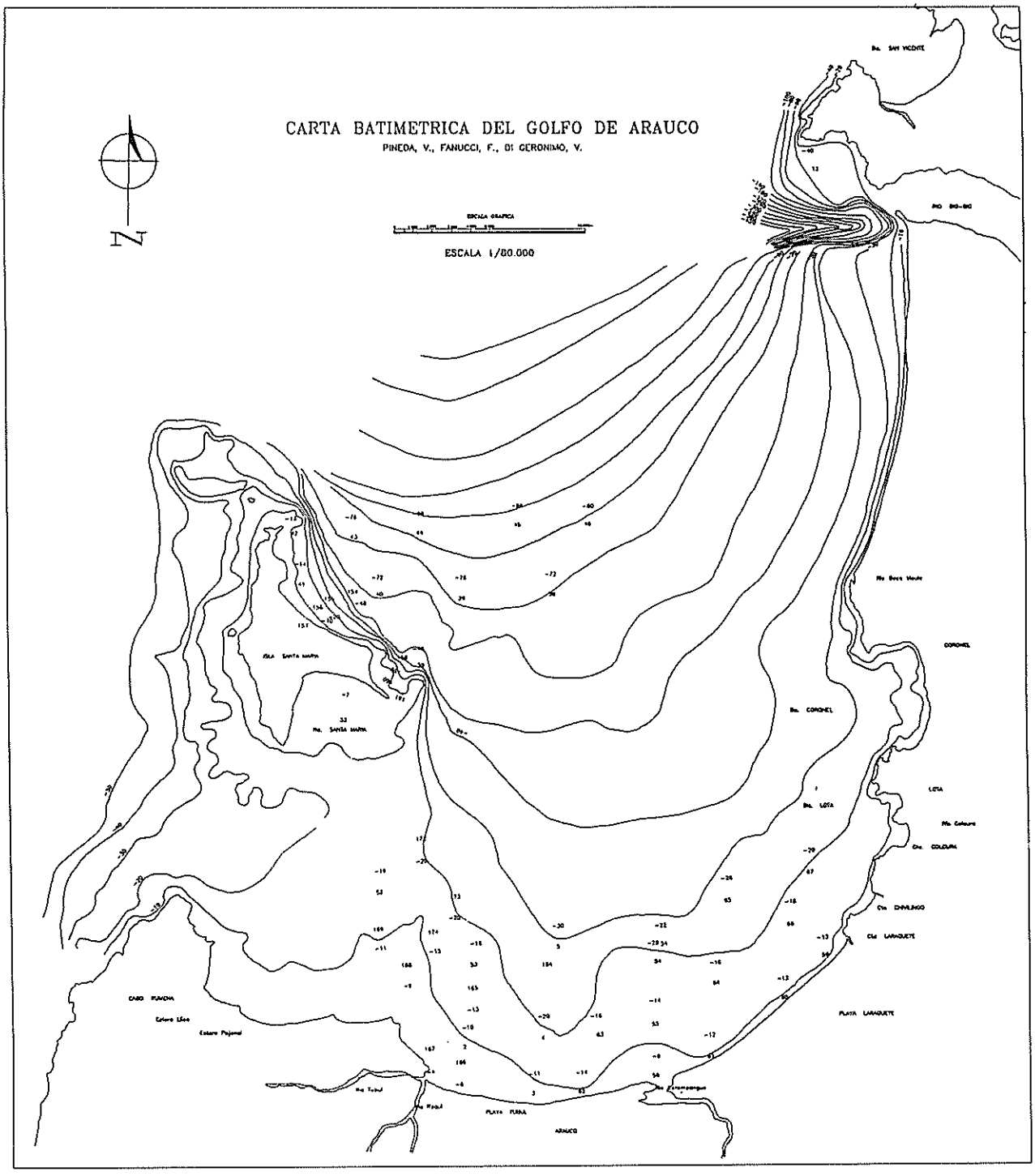


Fig.2 - Batimetría del Golfo de Arauco

golfo de Arauco, próximo a la desembocadura del Biobío, se observa un cañón submarino con pendientes muy fuertes y una profundidad de hasta 300 metros (a 3 km de la costa). Este cañón presenta fenómenos dinámicos de erosión y depositación. La Bahía de Concepción tiene una profundidad media de 18.5 metros y una batimetría bastante regular con pendientes de fondo no muy elevadas. A lo largo de la ribera sur desembocan el Canal El Morro y el río Andalién. La Bahía de San Vicente presenta pendientes de fondo más elevadas. En el punto más meridional de esta Bahía desemboca el río Lenga.

El régimen hidrodinámico de esta bahía muestra que se encuentra influenciada por las corrientes de macro y meso-escala que se encuentran frente a la costa de Chile, en particular por la corriente de Humboldt (corriente superficial de origen subantártica) y por la corriente de Gunther o contracorriente del Perú, de origen ecuatorial,

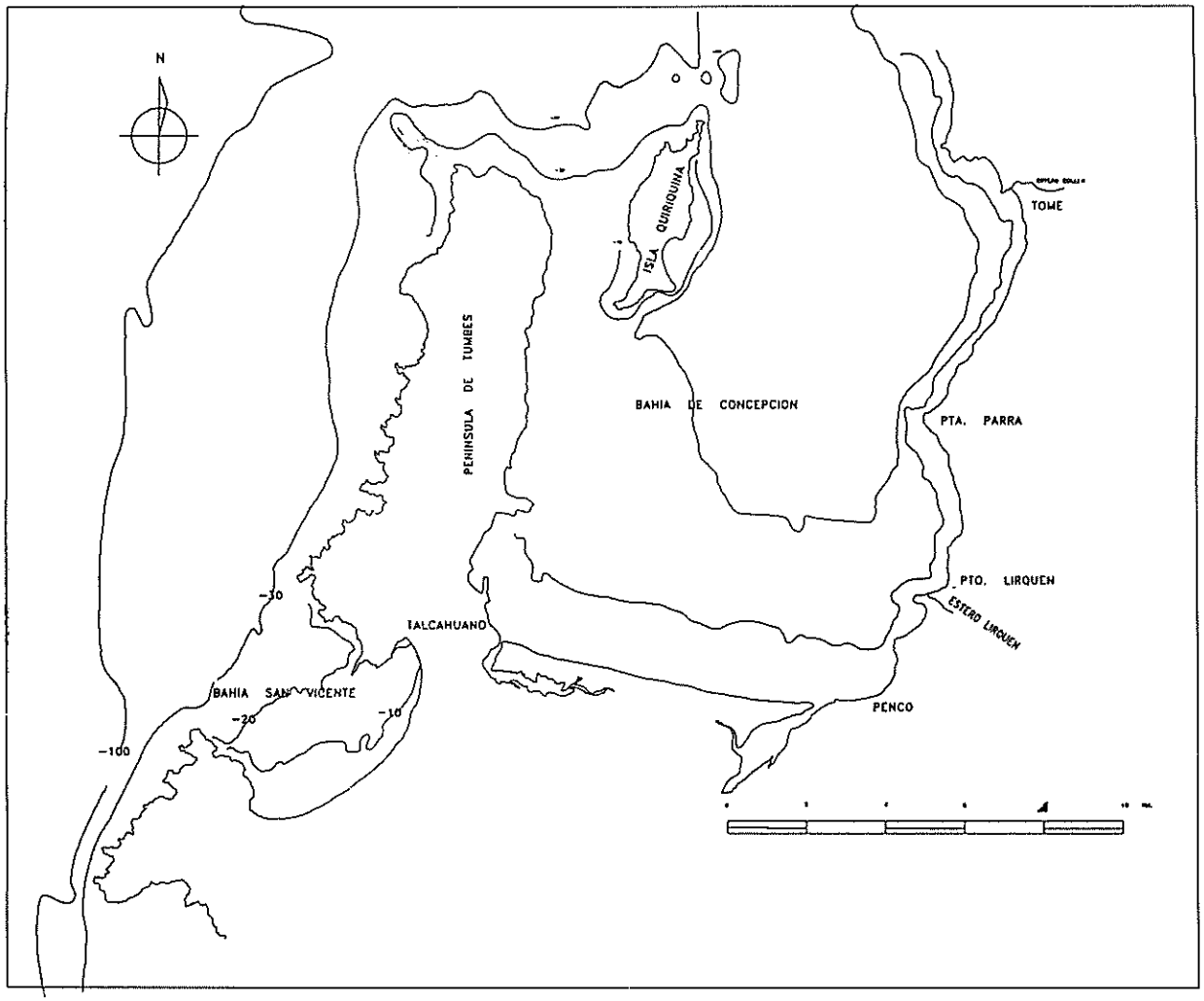


Fig.3 - Batimetría de la Bahía de Concepción y de la Bahía de San Vicente

caracterizada por una salinidad bastante elevada y por una muy escasa oxigenación, debida a la descomposición de materia orgánica y al escaso recambio de tales aguas.
Cerca de la costa, se han observado importantes fenómenos de surgencia costera. Estas se verifican en presencia de particulares condiciones dinámicas de viento y consisten en el ascenso y afloramiento de aguas de origen ecuatorial, las cuales reemplazan, por compensación, las masas de agua de origen superficial (corriente de Humboldt), que son transportadas lejos de la costa debido al predominio de vientos S-SO.
En la Bahía de Concepción se verifica estacionalmente un proceso de surgencia costera (desde septiembre-octubre hasta abril), junto al predominio de vientos SO. El modelo de circulación resulta ser a dos capas: una profunda, debida al ingreso de aguas subecuatoriales y una superficial, debida al transporte fuera de la bahía de las aguas superficiales.
Durante los otros meses, dada la falta de viento en dirección SO y la presencia en dirección N-NE, la circulación se invierte y se verifica un flujo de agua hacia el interior de la bahía en el estrato superficial y una salida en el estrato intermedio.
Las mediciones de corrientes efectuadas en la Bahía de San Vicente por varios autores, parecen indicar para esta bahía un modelo de circulación antihorario, con entrada del agua por el lado sur y salida por el lado norte. No parece que en esta bahía se verifiquen fenómenos de surgencia significativos y de la importancia de los encontrados en la Bahía de Concepción.
El modelo de circulación, en la zona del Golfo de Arauco cercano a la desembocadura, no está todavía bien claro: mediciones efectuadas por el Centro EULA indican, de hecho, una alta variabilidad de la corriente con una tendencia media en dirección S-SO. Esta tendencia estaría, en general, confirmada incluso por la pluma superficial debida al Biobío (y la distribución superficial de parámetros como salinidad, temperatura, nutrientes, coliformes) que se orienta en dirección S-SO.

IV. ASENTAMIENTOS HUMANOS

A. Demografía

Los datos demográficos más actualizados, presentados en Tab.1, son los incluidos en el censo efectuado en 1992. Estos datos se refieren a población comunal y, por lo tanto, puede comprender más de un centro urbano.
Respecto al censo anterior (1982), se confirma la tendencia general hacia un mayor crecimiento urbano respecto al total, mientras ésta última muestra una tasa de crecimiento menor al período anterior (1982-1970).
Dado que la población de la Comuna puede alejarse bastante de la del centro urbano, (que se requiere conocer para evaluar correctamente la situación de los servicios de abastecimiento potable, alcantarillado, etc.), se ha hecho la estimación de la población residente en los centros urbanos (Tab.1) de acuerdo a los criterios descritos en Par.4.2.

B. Industria

Una de las características más relevantes del sector industrial en la cuenca del Biobío y el área costera adyacente es su alta concentración de actividades, ya que el 83% del valor de la producción regional se concentra sólo en 6 agrupaciones.
Los sectores más importantes son los de la industria de la celulosa y del papel (y sectores relacionados) y de la industria pesquera.
El desarrollo del sector industrial de la región se basa fundamentalmente en el uso intensivo de algunos recursos naturales como el forestal.
En el área de la VIII Región existen aproximadamente 1500 industrias; el número de industrias con más de 50 trabajadores (industrias mediograndes) supera las 250. Considerando el número de industrias medias y grandes que se encuentran en las diversas localidades, se observa que éstas están concentradas en las proximidades a la desembocadura del Biobío, donde existe una infraestructura adecuada, lo que no se verifica en la parte

Tab.1 - Población total comunal en 1992 y estimación de la población de los centros urbanos

	POBLACION COMUNAL	POBLACION[1] CENTRO URBANO	Tasa crec. anual medio1982-1992
Angol	46.003	36.019	1,62
Arauco	28.896	18.675	1,70
Antuco	4.236	1.618	-6
Cabrero	21.684	8.301	1,9
Collipulli	22.661	11.913	1,7
Concepción	329.304	222.966	1,7
Chiguayante	-	52.706	2,1
Coronel	83.398	79.478	1,9
El Progreso	-	-	3.557
Ercilla	8.712	1.674	-,2
Hualqui	16.177	9.579	1,4
Huepil	-	5156	,4
Laja	24.261	17.589	1,0
Lonquimay	9.118	2.466	-,6
Los Angeles	142.136	94.041	2,7
Los Sauces	8.978	1.455	-,4
Lota	50.173	49.972	,3
Mininco	-	1.302	1,7
Monte Aguila	-	5.946	1,9
Mulchén	30.524	19.719	1,2
Nacimiento	25.171	14.767	3,5
Negrete	8.264	3.892	,3
Penco	40.383	39.333	2
Pobl. Canteras	--	1.664	,5
Quilaco	4.474	1.467	-1
Quilleco	10828	2.139	,5
Renaico	9182	4.729	,5
San Pedro	-	49.351	2,1
Sta. Bárbara	17.707	5.861	,8
San Rosendo	4.364	3.338	,2
Santa Fé	-	2.043	2,4
Santa Juana	11.859	5.337	3
Talcahuano	246.566	244.840	1,9
Tomé	49140	40.983	,3
Tucapel	12097	1674	,4
Villa Mercedes	-	1.719	,5
Villa Tijeral	-	1.239	,5
Yumbel P.	20.632	6.802	-,8
Yumbel Est.	-	2.771	-,8

(1) El valor de población del centro urbano en 1992 se obtuvo multiplicando la población de la comuna al censo 1992, por el porcentaje urbano

alta de la cuenca.
La producción actual de celulosa es de 1.600.000 t/año y la producción de distintos tipos de papel es de 165.000 t/año. Esta producción ha aumentado en los últimos años, principalmente por la incorporación de Celulosa Pacífico y de Arauco II.
El sector de la pesca y de la industria pesquera, que producen fundamentalmente harina de pescado, es el que ha mostrado mayor dinamismo en la región. El crecimiento de la extracción de peces pelágicos, demersales y algas ha tenido, en los últimos años, una variación exponencial.
El total de peces capturados es igual a 2-2,2 millones de toneladas anuales.
Ligadas al sector de la pesca se encuentran las industrias procesadoras de pescado, para fabricar harina de pescado y, en menor cantidad, aceite o conservas. Estas industrias se encuentran localizadas en los puertos de la región (a excepción de una planta en Chiguayante), es decir, en Talcahuano y Coronel.

C. Centrales hidroeléctricas

Parte importante de la cuenca del río Biobío se encuentra en la región andina, donde las pendientes del cauce y de sus afluentes son comparativamente fuertes.
Debido a que el río posee un régimen hidrológico pluvio-nival, al ser alimentado tanto por las aguas lluvias en invierno como por las provenientes del derretimiento de nieves en primavera y verano, su caudal es comparativamente poco variable, mostrando un período de estiaje sólo entre el término del verano y el inicio del otoño, característica que lo hace particularmente interesante como fuente de energía hidroeléctrica.
Hasta la fecha (1992) la explotación del recurso hidroeléctrico de la cuenca se ha realizado únicamente en la cuenca del río Laja, donde se ubica el complejo de tres centrales hidroeléctricas pertenecientes en la actualidad a la empresa privada ENDESA.
En cuanto a las centrales proyectadas, el plan elaborado por ENDESA contempla la construcción de seis centrales que se ubican en el tramo del Biobío comprendido entre su confuencia con el río Ranquil y la angostura de Quitramán.
Con estas centrales se aprovecharía una caída total de 628 m del desnivel total disponible de 768 m.
Será necesario desarrollar estudios que profundicen en los impactos ambientales que puede ocasionar la construcción de estas centrales (en particular sobre la regulación artificial del río Biobío) para, de esta manera, tomar las medidas necesarias que minimicen, tanto los impactos ambientales como los conflictos entre los diferentes usuarios. A modo de ejemplo, en la actualidad (1992) se ha visto que el proyecto Pangue, tal como ha sido planteado por ENDESA, tiene una influencia importante en la escorrentía del río Biobío; según la misma empresa 16 días al año, durante 14 horas (cada día) el caudal aguas abajo de Pangue será cero. Esto significaría secar el río Biobío hasta su siguiente afluente, el río Queuco (aproximadamente a 13 km de distancia).

D. Uso del suelo

El área plantada con Pino radiata en la VIII Región ha crecido en forma extraordinaria en los últimos 19 años: en 1970 existían 151.877 há y en 1990 totalizaban 571.915 há, superficie que representa casi el 50% del total existente en el país. Este notable incremento se ha desarrollado a expensas de la utilización de suelos que tenían renovales de bosque nativo, praderas naturales y áreas en las que se cultivaban viñas y cereales.
El fenómeno mencionado es la consecuencia de numerosas causas, entre las que se pueden señalar: la notable adaptación del Pino radiata a las condiciones edafoclimáticas de esta región, los importantes beneficios que han otorgado a los forestadores el Decreto Ley 701/74 y el Decreto Ley 2565/79, y a la disminución de la rentabilidad de los cultivos de secano, producto de la erosión de los suelos que ha hecho insostenible esta acti-

vidad desde un punto de vista económico.
Existe una íntima relación entre la intensificación de los problemas de torrencialidad y transporte de sedimentos de un río, con el uso y manejo inadecuado que se hace de los suelos y coberturas vegetales en las subcuencas. No escapan a esta regla las características del flujo de los cauces del sistema del río Biobío.
En el sector costero de la cuenca, se encuentran 359.151 há de suelos de origen granítico, en su mayor parte, y metamórficos.
Su característica común es el relieve de lomajes y cerros, muy severamente afectados por erosión hídrica, debido al monocultivo de cereales.
En la depresión intermedia hay un total de 143.919 há de suelos rojos arcillosos, principalmente de las series de "Collipulli", "Mininco" y "Mirador". La mayor parte de las superficies de las dos primeras, exhiben desde daños moderados a severos por erosión hídrica.
En el sector de precordillera, se ubican suelos de la serie "Santa Bárbara", compuestos por cenizas volcánicas modernas y con una superficie total de 258.648 há. La erosión no ha sido tan intensa como en las unidades ya mencionadas, especialmente en los lomajes más suaves donde el daño es ligero.

V. ABASTECIMIENTO HIDRICO

A. Características de los sistemas de abastecimiento potable

Se han analizado por separado los sistemas de abastecimiento de agua potable para zonas rurales y urbanas, esto debido a sus diferencias en cuanto a la magnitud de las obras y a la tecnología utilizada.
Los sistemas urbanos abastecen un 80% de la población total de la cuenca y área costera, mientras los rurales un 3%; los demás habitantes se autoabastecen de distintas maneras.
En Tab.2 se resumen las características de los sistemas de abastecimiento de agua potable en la cuenca y en el área costera.
Se consideran localidades rurales concentradas a aquellas comunidades ubicadas fuera de un área urbana mayor, de población comprendida entre 150 y 3.000 habitantes y con un mínimo de 15 viviendas por kilómetro de calle.
En la actualidad (1992) existen 32 servicios de agua potable rural, 24 de los cuales corresponden a la VIII Región y los restantes a la IX. Con dichos servicios se abastece a una población aproximada de 30.000 habitantes.
La población rural es abastecida principalmente a través de pozos y vertientes.
Todos los servicios de abastecimiento en la cuenca poseen un tratamiento de desinfección; en cuatro casos se encuentra además un tratamiento diferente (remoción de hierro y manganeso y abatimiento de la turbiedad).
Los proyectos de abastecimiento urbano benefician, en general, a poblaciones superiores a los 3.000 habitantes.
En las localidades ubicadas en la cuenca y en la Provincia de Concepción, VIII Región, un 84% (1,6 m^3/s) del agua potable producida proviene de fuentes superficiales y un 16% (0,3 m^3/s) corresponde a captaciones subterráneas. De la totalidad del agua superficial captada, casi el 100% proviene del río Biobío para abastecer al conglomerado Concepción-Talcahuano y sólo una mínima parte corresponde a esteros de muy pequeña magnitud. Por otro lado, toda el agua subterránea proviene de punteras instaladas en el lecho del río, por lo tanto, el río Biobío proporciona directa o indirectamente la casi totalidad del abastecimiento a las localidades ribereñas de esta zona, caracterizada por 1,9 m^3/s de producción y 1,2 m^3/s de consumo. En esta área la cobertura alcanza el 96% con una dotación de 190 l/hab/d.
En cuanto al área costera (VIII Región), un 81% del abastecimiento tiene origen superficial; la cobertura alcanza 92% con una dotación de 129 l/hab/d; cabe señalar que el porcentaje de agua no facturada alcanza en esta zona a 49% .

Tab.2 - Resumen de las características de los servicios de abastecimiento en la cuenca y en el área costera (1990/1991)

SERVICIOS	POBLACION		COBERTURA %	DOTACION VOLUMEN (m^3/s)	
	TOTAL	ABASTECIDA		l/hab.d	PRODUCIDO
Urbanos cuenca	814.210	780.983	96	178	2,47
Urbanos área costera	175.015	160.984	92	129	,50
Rurales cuenca	s.i.	30.563	90	75	,02
Rurales área costera	s.i.	2.142	s.i.	s.i.	s.i.
Valor total o medio	**989.225**	**974.672**	**95**	**167**	**aprox.2,99**

Nota: s.i.: sin información

En la Provincia del Biobío, VIII Región, el abastecimiento se realiza casi exclusivamente de fuentes subterráneas (98% y 0,4 m^3/s), garantizando una dotación de 152 l/hab/d; la cobertura es de 95% . Esta provincia está ubicada en el Valle Central de Chile, que presenta características hidrogeológicas muy favorables para la explotación del recurso subterráneo (ver Par.3.3.3).
En las localidades que pertenecen a la cuenca y que están ubicadas en la Provincia de Malleco, IX Región, el abastecimiento es fundamentalmente de tipo superficial. A diferencia de la Provincia de Concepción, donde las localidades son ribereñas y se abastecen principalmente del río Biobío, no existe en esta zona un curso de agua de esa importancia y además las localidades están espacialmente más dispersas. Como, en general, las condiciones hidrogeológicas no son favorables, se debe recurrir a captaciones superficiales desde diversos ríos, esteros o vertientes de variable magnitud, lo que obliga a realizar, en algunos casos, un mayor grado de tratamiento para que el agua sea apta para el consumo. Un 89% (0,1 m^3/s) corresponde a este tipo de fuentes y sólo un 11% del total se capta desde fuentes subterráneas, principalmente en las cercanías de ríos como el Huequén o el Mininco. La dotación en esta área alcanza 144 l/hab/d con una cobertura de 98% .

A continuación, se presentan más en detalle los problemas de abastecimiento de las localidades de la zona.

CONCEPCION-TALCAHUANO - Actualmente la intercomuna Concepción-Talcahuano cuenta con dos sistemas de producción: la planta La Mochita (capta superficialmente las aguas del río Biobío) y el sistema Nonguén (que capta sus aguas del estero del mismo nombre). El agua de red presenta ocasionalmente problemas de turbiedad, hierro y fenoles.

SAN PEDRO - Su fuente de abastecimiento es subterránea, consiste en una malla de punteras en el río Biobío. Ocasionalmente tiene problemas con los contenidos de fenoles, que sobrepasan la norma chilena de agua potable NCh409/1.Of84. Según los datos disponibles, no presenta problemas bacteriológicos.

CHIGUAYANTE - Se abastece principalmente de manera subterránea, a través de punteras en el Biobío (99%), el 1% restante proviene del estero Ceballos. El estero Ceballos presenta ocasionalmente problemas de color. Las punteras en el río Biobío tienen, también ocasionalmente, problemas de color, altos contenidos de detergentes, fenoles

y hierro. En cuanto a la calidad bacteriológica, el estero Ceballos presenta en forma permanente problemas en su contenido de coliformes.

HUALQUI - Se abastece superficialmente a través del estero El Chivato (o Hualqui). Presenta frecuentemente problemas de color, turbiedad y fenoles. Además se ha detectado, irregularmente, la presencia de contaminación bacteriológica.

LOS ANGELES - Se abastece en un 100% a través de recursos subterráneos: sondajes profundos y un dren denominado San Antonio. El agua captada y distribuida, en general, no presenta problemas de calidad.

MULCHEN - Se abastece de agua potable a través de un pozo hincado en el río Bureo y de pozos profundos ubicados en la ribera de dicho curso de agua. Se detectan frecuentemente problemas de turbiedad y ocasionalmente de fenoles que sobrepasan la norma NCh409/1.Of84 (pozo hincado en el río Bureo). Según los datos disponibles, no hay problemas bacteriológicos.

NACIMIENTO - El abastecimiento se realiza casi exclusivamente de fuentes subterráneas (sondajes cercanos al río Vergara) y sólo en época de verano entra en funcionamiento la fuente superficial (vertiente Los Pellines). Ocasionalmente presenta problemas de color, turbiedad, contenidos de hierro, amonio, manganeso, fenoles y nitritos. El manganeso estaría asociado a suelos limosos intercalados en el relleno reciente, y los nitritos se podrían asociar a condiciones reductoras de estos mismos suelos o a una expresión de materia orgánica contaminante. No presenta problemas bacteriológicos según los datos disponibles.

YUMBEL - Su fuente de abastecimiento es subterránea; la constituyen sondajes ubicados en la ribera del río Claro. En ocasiones presenta contenidos elevados de amonio y fenoles. No presenta problemas bacteriológicos según los datos disponibles.

SANTA BARBARA - Se abastece subterráneamente a través de un pozo hincado en el río Biobío. Presenta ocasionalmente problemas de color y de fenoles que sobrepasan la norma NCh409/1.Of84. Según los datos disponibles, no presenta problemas bacteriológicos.

CABRERO - Cuenta con abastecimiento subterráneo, constituido por dos sondajes. Presenta frecuentemente los siguientes problemas en la calidad de sus aguas: color, olor , sabor, elevados contenidos de hierro, manganeso, amonio y, ocasionalmente, de fenoles. No se detectan problemas bacteriológicos.

MONTE AGUILA - Se abastece subterráneamente por medio de sondajes. Presenta frecuentemente problemas en sus contenidos de: fierro, manganeso, amonio y, ocasionalemente, de fenoles. También, el color y la turbiedad sobrepasan frecuentemente los límites de la norma vigente. No se detectan problemas bacteriológicos.

CORONEL - La fuente de abastecimiento es superficial y subterránea. Está conformada por los siguientes sistemas: esteros Calabozo y los Maquis; laguna Quiñenco; punteras Lagunillas (captan sus aguas del subsuelo situado al norte de la confluencia de los esteros Calabozo y La Mora) y recientemente la captación particular denominada AGUACOR S.A. (captación de pozos hincados que vende sus aguas previamente cloradas a ESSBIO). El agua distribuida presenta frecuentemente elevados contenidos de fierro y manganeso, turbiedad elevada y, ocasionalmente, fenoles. No se cuenta con datos bacteriológicos del agua distribuida.

LOTA - Los usuarios son abastecidos por dos empresas diferentes y totalmente independientes una de la otra. ESSBIO, que cubre aproximadamente el 75% de la ciudad, y ENACAR que cubre el 25% restante. El sistema de ESSBIO capta sus aguas de los siguientes esteros: Agua Cascada, Lunas, afluente sur del Chivilingo, Colcura (en su parte baja), Colcura alto, Quebrada Mayor y estero

el Limbo. El agua distribuida presenta buena calidad, salvo problemas ocasionales en sus contenidos de detergentes y amonio. No se cuenta con datos bacteriológicos.

TOME - Se abastece superficialmente por medio de los esteros: Collén, Las Quilas y Nachur o Bellavista. Cuenta con una planta de tratamiento convencional con decantadores de alta tasa y ocho filtros mixtos (arena-carbón). El agua distribuida presenta ocasionalmente problemas de color, turbiedad y fenoles. No se cuenta con datos bacteriológicos.

PENCO-LIRQUEN - Se abastecen a través de tres sistemas: sistema Nonguén (capta sus aguas en los cinco afluentes del estero Nonguén), sistema El Cabrito (capta sus aguas en el estero El Cabrito, afluente al estero Lirquén) y el sistema Lirquén (capta desde el estero La Higuera, afluente al estero Lirquén). El agua distribuida, ocasionalmente, tiene problemas de color , turbiedad, hierro y fenoles. No se dispone de datos bacteriológicos.

ANGOL - Se abastece superficialmente a través de: el estero Pellomenco, la quebrada Elvira y el río Picoiquén. El agua distribuida no presenta problemas.

COLLIPULLI - Su fuente de abastecimiento actual es superficial (vertiente Curaco y canal El Globo). El agua distribuida es de buena calidad. Las localidades rurales se abastecen principalmente de agua subterránea (83%) (ver Par.5.1.1). En general, no cuentan con sistemas de tratamiento, salvo la desinfección antes de la distribución. Se puede decir que no presentan serios problemas en la calidad de las aguas distribuidas, con la excepción de algunas localidades (no se dispone de datos bacteriológicos).

B. Características de los sistemas de abastecimiento de agua industrial

Las industrias ubicadas en la cuenca del río Biobío pueden clasificarse según su producción y sus diversos usos del agua en los siguientes tipos: celulosa y papel, siderúrgica, cervecera y embotelladora, químicas y petroquímicas, agroalimentarias, pesqueras y otras.

La industria de la celulosa y el papel se caracteriza por ser intensiva en el uso de agua. El agua se utiliza en el transporte de materias primas, reactivos y productos del proceso. En la región, cuatro de estas industrias extraen agua desde el río Biobío, dos están ubicadas en el Golfo de Arauco y extraen agua del río Carampangue, y finalmente Celpac (Celulosa del Pacífico) capta agua del río Renaico. Los consumos específicos (por unidad de producción) presentan grandes variaciones debido al tipo de proceso involucrado, a la antiguedad de la planta, a los productos finales y al nivel de producción. Debido a la alta producción de celulosa y papel en la región, los consumos de agua son elevados, alcanzando aproximadamente a 13.475.808 m^3/mes el consumo del sector.

La Compañía Siderúrgica de Huachipato es la empresa con mayor número de trabajadores de la región, alcanza producciones elevadas, que se traducen en altos consumos de agua. Actualmente esta compañía capta sus aguas desde el río Biobío, su consumo específico es de 99 m^3/ton acero y su consumo mensual alcanza 3.750.000 m^3.

La cervecería CCU y las embotelladoras del Sur y Williamson Balfour, están ubicadas en Concepción, captan sus aguas desde la red urbana (CCU y embotelladora del Sur) y del río Biobío (embotelladora Williamson Balfour). Su consumo total mensual es de 62.208 m^3.

En el rubro de las petroquímicas, la principal industria es la refinería de petróleo PETROX S.A., que capta sus aguas del río Biobío y las utiliza tanto en su proceso como para proveer de agua industrial a las plantas DOW, EKA NOBEL y OXY. PETROX ocupa el agua principalmente para refrigeración. El consumo total de agua de las industrias químicas y petroquímicas alcanza 9.605.450 m^3/mes.

Dentro de las industrias alimentarias, se han considerado como las principales a IANSA, Soprole,

Nestlé. Están ubicadas dentro de los centros urbanos de Los Angeles y Concepción. Captan sus aguas de ríos, pozos y de la red pública de agua potable. Estas presentan consumos muy diversos debido a sus distintos procesos productivos, rubros alimenticios, niveles de producción, etc. El consumo total de este tipo de industrias alcanza a 1.337.472 m^3/mes. Cabe señalar que algunas de estas industrias tienen una producción estacional.
Las industrias pesqueras, ubicadas principalmente en las bahías de San Vicente y Coronel, utilizan agua de mar para el desembarque del pescado y para producir vacío en la estación evaporadora del proceso de producción de harina de pescado. Durante el año 1991, año en que se desembarcaron 2,5 millones de toneladas, se utilizaron 12,5 millones de metros cúbicos de agua de mar. El proceso de captura y producción es estacional y se estima que este sector productivo trabaja entre 100 y 150 días al año.
Las industrias clasificadas como otras, por sí solas no tienen un consumo importante de agua, además han sido clasificadas de esta manera porque generalmente se tiene una industria de cada tipo, éstos son: curtiembre, textil, cemento y una productora de gas. En conjunto estas industrias tienen un consumo que alcanza a 241.056 m^3/mes.
Las industrias forestales (aserraderos, cajoneras, fábricas de tableros, etc.) se caracterizan por presentar bajos consumos de agua, ya que sus procesos son principalmente de tipo mecánico. Sus consumos están orientados principalmente a los servicios sanitarios del personal; por lo general, captan sus aguas desde la red pública de agua potable o de pozos cuando no existe red, por lo que no tienen gran importancia desde el punto de vista de suministro de agua industrial.

VI. SITUACION ACTUAL DE LA DISPOSICION DE LAS AGUAS RESIDUALES URBANAS E INDUSTRIALES

A. Urbana

El sistema de redes de alcantarillado existente en la cuenca del río Biobío es del tipo separado, es decir, una red para las aguas servidas domésticas y otra para las aguas lluvia.
Las redes de alcantarillado de aguas servidas son construidas y administradas por ESSBIO en la VIII Región y por ESSAR en la IX Región. La información disponible respecto a los esquemas, extensiones y el estado de estas redes es bastante detallada y precisa. En general, el alcantarillado no recoge aportes industriales significativos. Sólo en Concepción, Talcahuano y Los Angeles algunas industrias están conectadas a la red de alcantarillado urbana.
La realización de las redes de aguas lluvia, en cambio, está a cargo de cada municipalidad. En relación a estas redes, la documentación es muy escasa y fragmentaria. De todos modos, la extensión y/o la capacidad de las redes de aguas lluvia parece insuficiente, lo que se demuestra por los serios problemas de anegamiento que se registran en los centros urbanos durante lluvias o temporales.
En relación a las redes de aguas servidas, un cuadro general de la situación y extensión del alcantarillado en la cuenca, se entrega en Tab.3, donde se han incluido los centros urbanos con o sin alcantarillado, el porcentaje de población servida y el número de fosas sépticas presentes. Todos los datos anteriores, a excepción de la población total, han sido entregados por ESSBIO y por ESSAR y representan los datos más actualizados (período junio-julio de 1992).
En cuanto al material y a las características de la red de alcantarillado, se puede observar que las tuberías de acero o fierro fundido son las más antiguas y de menor difusión, mientras el material más utilizado es el asbesto-cemento y el PVC. Estos últimos dos son los materiales utilizados en el último tiempo.
En cuanto al diámetro de las tuberías, el diámetro más común es 175 o 200 mm, el diámetro mínimo es de 150 mm y el máximo, presente sólo en los centros urbanos mayores, es de 600 o 700 mm. En la mayor parte de los centros las redes de alcantarillado son bastante viejas, mientras sólo los centros de Chiguayante, Negrete, Quilaco, San

Tab.3 - Estado de la cobertura de las redes de alcantarillado de los centros de la cuenca y del área costera adyacente

Reg.	Ciudad	Con alcanta-rillado	N° de susc. A	Densidad estimada B	Pobla. servida AxB	Pobla. resid. 1992	Pobla. servida %	Fosas sépticas
IX	ANGOL	si	7.431	4,16	30.913	41.600	74,3	-
VIII	ANTUCO	no	0		0	1.618	0	-
VIII	ARAUCO	si	1.363	5,05	6.883	18.675	36,9	50
VIII	CABRERO	en constr.	280	5,30	1.484	8.301	17,9	51
IX	COLLIPULLI	si	2.005	4,35	8.722	11.913	73,2	-
VIII	CONCEPCION	si	29.895	5,70	170.402	222.966	76,4	1.364
VIII	CHIGUAYANTE	si	3.919	4,75	18.615	52.706	35,3	737
VIII	CORONEL	si	10.862	4,94	53.658	83.406	64,3	152
IX	ERCILLA	si	264	3,75	990	1.674	59,1	-
VIII	HUALQUI	no	0	4,43	0	9.579	0	356
VIII	LAJA	si	1.722	5,50	9.471	17.589	53,8	52
IX	LONQUIMAY	si	569	3,69	2.100	2.925	71,8	-
VIII	LOS ANGELES	si	16.610	4,95	82.220	94.041	87,4	325
IX	LOS SAUCES	si	663	4,06	2.692	1.455	185	-
VIII	LOTA	si	4.400	4	17.600	49.972	35,2	21
IX	MININCO	no	0			1.302	0	-
VIII	MONTE AGUILA	no	0	4,65	0	5.946	0	13
VIII	MULCHEN	si	1.151	5,50	6.331	19.719	32,1	551
VIII	NACIMIENTO	si	1.445	5,15	7.442	18.324	40,6	310
VIII	NEGRETE	si	660	3,50	2.310	3.892	59,4	64
VIII	PENCO	si	2.935	5,20	15.262	39.333	38,8	107
VIII	QUILACO	en constr.	59	4	236	1.467	16,1	14
VIII	QUILLECO	no	0	4,30	0	2.139	0	94
IX	RENAICO	si	885	4,14	3.664	4.729	77,5	
VIII	SAN PEDRO	si	11.096	4	44.384	49.351	89,9	125
VIII	STA. BARBARA	si	758	4,47	3.388	5.861	57,8	17
VIII	SAN ROSENDO	no	0	3,90	0	3.338	0	14
VIII	SANTA JUANA	no	0	3,35	0	5.337	0	280
VIII	TALCAHUANO	si	41.513	5,45	226.246	244.840	92,4	828
VIII	TOME	si	2.375	4,59	10.901	40.983	26,6	794
VIII	TUCAPEL	no	0	3,70	0	1.674	0	118
VIII	YUMBEL	si	949	4,30	4.081	9.573	42,6	45
Total					729.995	1.076.228	67,8	6.482

Pedro y Santa Bárbara tienen alcantarillado de construcción reciente.

Actualmente, la situación de las redes de alcantarillado en la cuenca, prescindiendo de la situación de las redes de aguas lluvia, es bastante satisfactoria, si se compara con el nivel de otras infraestructuras urbanas (caminos, casas, transportes, etc.).De hecho, al interior de la cuenca, considerando sólo los centros urbanos de más de 1.000 habitantes, el porcentaje de población servida de alcantarillado es de un 67.9%.

En algunas situaciones (Los Angeles, San Pedro y Talcahuano), la cobertura de alcantarillado es óptima, superando el 80% de los habitantes. El porcentaje de cobertura en los restantes centros con más de 10.000 habitantes, varía de un 30% (Tomé, Arauco, Chiguayante, Lota) un 75 % (Concepción, Angol). El más importante centro urbano desprovisto de red de alcantarillado es Hualqui, que tiene cerca de 10.000 habitantes.
A parte de pocas excepciones, no se dispone de análisis de las características de las aguas residuales ni de mediciones del caudal.

En el tramo terminal del Biobío, aguas abajo de la planta de potabilización de La Mochita, se encuentran las descargas del alcantarillado de Concepción, Chiguayante, Talcahuano (60% de la ciudad) y San Pedro (parte importante de la ciudad).

Algunas localidades de la cuenca de dimensiones medio-pequeñas descargan en cursos de agua que cuentan con un caudal suficiente para garantizar la autodepuración de las descargas (sin considerar otros aportes contaminantes y los organismos patógenos). En cambio, la ciudad de Los Angeles, la tercera de la cuenca en número de habitantes, descarga en los esteros Quilque y Rehue que tienen caudales insuficientes para garantizar una autodepuración de la descarga sin daño a la vida acuática.

Casi ninguno de los centros dotados de alcantarillado dispone de plantas de tratamiento. En Cabrero existe una laguna de tipo aeróbico, pero ésta no se encuentra en funcionamiento. Quilaco posee una fosa séptica ubicada en las proximidades de un brazo secundario del Biobío, a la cual se envían todas las aguas del alcantarillado; Santa Bárbara posee una fosa séptica cercana al río Biobío, que recibe cerca del 40% de las aguas de esta localidad.

Se puede ver como la infraestructura de depuración y tratamiento es absolutamente insuficiente y, en la práctica, inexistentes para las descargas de alcantarillado. Los aspectos negativos ligados a esta situación, se acentúan por el hecho que la cobertura de alcantarillado es bastante alta (cubre el 68% de la población) y, por lo tanto, se crean puntos de contaminación localizados y concentrados, cuyo impacto total sobre el ambiente es mayor que en el caso que las descargas fuesen difusas y diluidas.

B. Industrias

En general, no se cuenta con la información de los caudales descargados por las industrias, excepto para la industria pesquera, pero se dispone de los caudales de consumo de agua para cada una de ellas. Con estos valores se puede hacer una estimación del caudal de descarga, en base al tipo de industria y de los procesos utilizados, considerando un porcentaje del agua de consumo. Esta estimación, para cada sector industrial, se puede observar en Tab.4. Se aprecia que, de un total de aproximadamente 930.000 m^3/día, la industria de la celulosa descarga 389.000 m^3/día (42%), la industria petroquímica descarga 288.000 m^3/día (31%), la industria siderúrgica, 110.000 m^3/día (12%), la industria pesquera descarga 57.200 m^3/día (6%), la industria alimentaria descarga 36.000 m^3/día (4%) y otras industrias 47.800 m^3/día (5%). Las descargas de las industrias generalmente se localizan en los cuerpos de aguas más cercanos,

ya sea río o mar, a excepción de la Celulosa Pacífico que cuenta con un canal que lleva las aguas hasta el río Biobío cerca de Negrete. Por lo tanto, la ubicación de las industrias corresponde, en general, a la ubicación de sus descargas. Sobre la base de la información disponible, se observa que un 64% descarga en los ríos (Biobío o afluentes), un 16% en el Golfo de Arauco, un 14% en la Bahía de San Vicente, un 5% en la Bahía de Concepción y menos de 1% en el alcantarillado.

En estos últimos años las distintas industrias han implementado algunos sistemas de tratamiento de los RILES o han modificado sus procesos de producción, con la intención de recuperar sustancias disueltas en las aguas de descarga. La situación de las plantas de tratamiento de cada industria se presenta en Par.6.2. No se tiene información respecto al funcionamiento de las estructuras de tratamiento, ni tampoco respecto a su eficiencia.

Tab.4 Caudales descargados y localización de los puntos de descarga industrial según cuerpo receptor.

Empresa	**Cuerpo Receptor**	**Nombre**	**Ubicación**	**Caudal (m^3/d)**	
Celulosa Pacífico	Río	Biobío	Negrete	60.000	
Celulosa Laja	Río	Biobío	Laja	120.000	
Inforsa	Río	Vergara	Nacimiento	26.000	
Forestal Sta. Fé	Río	Biobío	Nacimiento	60.000	
Papeles Biobío	Río	Biobío	Concepción	18.000	
Petrox	Río	Biobío	Desembocadura	250.000	
Curtiembre Gacel	Río	Biobío	Concepción	400	
Iansa	Estero	Quilque, Paillihue	Los Angeles	30.000	
Soprole	Estero	Quilque	Los Angeles	1.000	
				Subtotal	565.400
Com.Cervecerías Unidas	Alcantarillado		Talcahuano	1.000	
Embote. del Sur	Alcantarillado		Talcahuano	700	
Gasco	Alcantarillado		Talcahuano	450	
Machasa	Alcantarillado		Chiguayante	1.370	
				Subtotal	3.520
Arauco I	Mar	Golfo de Arauco Arauco		65.000	
Arauco II	Mar	Golfo de Arauco Arauco		100.000	
Oxyquim	Mar	Golfo de Arauco		500	
				Subtotal	165.500
Compañía de Acero del Pacífico (CAP)	Mar	B. San Vicente		125.000	
Oxy	Mar	B. San Vicente vía Canal Lenga		5.000	
Petrodow	Mar	B. San Vicente vía Canal Lenga		7.000	
Pesquera Alimar	Mar	B. San Vicente		9.600	
				Subtotal	146.600
Pesqueras	Mar	B. de Concepción		47.300	
				Subtotal	47.300
				Subtotal mar	359.400
				Total	930.000

VII. PRODUCCION Y DISPOSICION DE LOS RESIDUOS SOLIDOS

A. Residuos sólidos urbanos

En el ámbito del proyecto EULA se cuantificaron y caracterizaron los RSU de 11 localidades representativas de la cuenca hidrográfica del río Biobío y el área costera adyacente. Estas fueron seleccionadas de acuerdo a criterios geográficos y demográficos, se eligieron localidades ribereñas al río Biobío y a sus principales afluentes y costeras al Golfo de Arauco. Dentro de las localidades ribereñas al río Biobío se eligió una de alta población (mayor de 200.000 hab.), una de población media (mayor de 10.000 hab.) y una de baja población (menor de 10.000 hab.). Se realizaron dos muestreos estacionales, correspondientes al período de invierno (Agosto 90) y de verano (Enero 91) en todas las localidades consideradas.
El método de almacenamiento en origen, en general, no varía entre las distintas localidades consideradas dentro de la cuenca, éste consiste en la acumulación de los desechos generados dentro de variadas formas de receptáculos: desde tambores metálicos de 200 lt. de capacidad, hasta simples bolsas plásticas y de papel.
Los sistemas de recolección en las distintas localidades estudiadas, están compuestos por diferentes tipos y modelos de equipos: desde camiones compactadores de alta capacidad hasta camiones abiertos de pequeño volumen.
En cuanto a la frecuencia de recolección, en las localidades de mayor población (Concepción, Talcahuano, Los Angeles, Coronel, Lota, Angol, Arauco) se realiza dos-tres veces por semana. En las localidades de baja población (Mulchén, Laja, Santa Bárbara, Lonquimay) la recolección se realiza dos veces por semana.
En Concepción el porcentaje de cobertura del sistema de recolección es cercano al 100%, existiendo dificultades de acceso en algunas poblaciones periféricas o ubicadas en cerros.
En Talcahuano la cobertura, en el sector urbano, es de un 98%, el sistema de recolección funciona de lunes a sábado, con una frecuencia de al menos 2 veces por semana.
Los altos contenidos de agua encontrados, hacen pensar que se requeriría de combustible adicional para la incineración de los RSU. Para lograr recuperar energía de la incineración de los RSU estos deben tener menos de un 50% en peso de humedad y sobre un 40% en peso seco de restos vegetales y comestibles, y papeles y cartones, estas condiciones no son completamente cumplidas por los RSU analizados.
En cuanto a la estimación de la cantidad de RSU producidos en la cuenca, el mayor inconveniente que se encuentra actualmente es la casi total falta de equipos de pesaje en los lugares de vertimiento.
La generación total y per cápita de RSU en las localidades analizadas se presenta en Tab.5.
En la cuenca del río Biobío la única modalidad de disposición utilizada es la del vertimiento.
No existe un estudio completo de las características de los terrenos utilizados hoy como depósitos de RSU, como tampoco una investigación respecto de los efectos causados sobre la napa subterránea.
La operación de los basurales de la cuenca debe ceñirse a la Resolución n.02444 (31/7/80) del Ministerio de Salud. Según la norma, sólo el Servicio Nacional de Salud puede autorizar el funcionamiento de un basural y, en el caso de que éste no se ajuste en su totalidad a lo prescrito en la resolución, sólo el Director General de Salud podrá aprobar un manejo diferente.

B. Residuos sólidos industriales

Se consideran como residuos sólidos industriales (no forestales), tanto aquéllos generados en el proceso principal de la industria, como aquéllos producidos por el tratamiento del agua de suministro, del agua residual y por el tratamiento de los efluentes gaseosos.

Tab.5 - Producción de RSU (diaria y per cápita)

LOCALIDAD	POBL URBANA (habitantes)	ProducciónPPC (Ton/ día)	(kg/hab/ día)
CONCEPCION	329.304	172	0.52
TALCAHUANO	246.566	111	0.45
LOS ANGELES	93.262	22.8	0.25
CORONEL	83.406	41.7	0.50
LOTA	50.083	26,0	0.52
ANGOL	41.600	10.4	0.25
MULCHEN	19.851	11.7	0.59
LAJA	17.482	14.3	0.82
ARAUCO	17.000	7.6	0.45
STA.BARBARA	5.690	1.75	0.31
LONQUIMAY	2.925	1.5	0.51
TOTAL	906.899	420.75	
PROMEDIO			0.47

El catastro industrial realizado por EULA ha permitido identificar las industrias más importantes que generan residuos sólidos dentro de la cuenca (aquéllas que significan la mayor carga contaminante); la información requerida fue la siguiente: cantidad producida por proceso principal, descripción y caracterización de este residuo, destino de los residuos generados por el tratamiento del agua de suministro, del agua residual y de los efluentes gaseosos. Sin embargo, es necesario mencionar que las respuestas entregadas a las encuestas no fueron lo suficientemente claras y en algunos casos son incompletas.

En Tab.6 se resumen las cantidades anuales de residuos sólidos generados por el proceso principal para cada tipo de industria.

El crecimiento sostenido de la actividad industrial forestal-maderera en Chile, en particular en la Octava región y la Cuenca hidrógrafica del rio Biobío, ha obligado a preocuparse de la conservación del medio ambiente no sólo con medidas eficientes de protección de los recursos forestales, sino tambien con medidas que permitan un mejor y mayor aprovechamiento de los residuos generados en las diferentes etapas de los procesos productivos.

Se considera residuo forestal sólido a todo producto secundario no utilizado industrialmente, que se produce como consecuencia ineludible del proceso o actividad principal y para el cual no existe un mercado que permita su comercialización, puesto que virtualmente carece de valor económico.

En la industria del aserrío es donde se produce la mayor cantidad de residuos, como el aserrín y la corteza, los cuales sólo han sido acumulados, utilizándose en un mínimo porcentaje.

Se están investigando diversos usos para estos desechos, pues es un problema que crece día a día en dimensión; de tal magnitud, que unas estimaciones mostraron que en 1991 en Chile habían entre 12 y 15 millones de metros cúbicos de desechos formados por corteza, aserrín y despuntes; si esto ahora se proyecta al año 2000, para cuando se espera que la producción maderera se cuadruplicará, existirán entre 48 y 90 millones de metros cúbicos de desechos.

El problema de la acumulación de aserrín es tal, que hoy donde existe un aserradero con una alta producción, existe un cerro de desechos, que crece día a día, hasta tal punto que se requiere disponerlos en otros lugares, incluso en forma clandestina. Estos contaminan suelos, ríos y esteros, pues no son un desecho aceptado por los municipios en vertederos municipales.

La corteza es otro de los residuos que se acumula y que se utiliza en una mínima proporción. Para el uso eficiente de la corteza de pino es necesario que exista una empresa que trabaje con los principales subproductos de ésta, entre ellos los taninos y la suberina; ésta última es usada en la industria frutícola y en este momento se importa.

En la investigación realizada por EULA la cuantificación de los residuos generados se hizo en base a encuestas destinadas a aserraderos de

Tab.6 - Residuos sólidos generados por el proceso principal de las industrias de la cuenca

INDUSTRIA	UBICACION PROD.	CANT. (ton/año).	DESCRIPCION RESIDUOS SOL	LUGAR DE DESCARGA
Comp. Cerv. Unidas	Concepción	90	s/i	material de relleno
Embot. del Sur	Talcahuano	s/i	s/i	basura municipal
Embot.Will.Balfour	Talcahuano	s/i	cenizas	basura municipal
IANSA	Los Angeles	s/i	s/i	una parte es usada como alimento
Nestlé	Los Angeles	1000	escorias de carboncillo, cajas, etiquetas, tarros y papel	basurero municipal
Cel. Arauco I	Arauco	27818		
Cel. Pacífico	Mininco	4900	residuos biológicos, orgánicos, carbonatos y sólidos por lavado de pisos	relleno sanitario interior fábrica reutilización
Celulosa Laja	Laja	3550	rechazo de apagadores en caustificación, rechazo de filtro de borras de lejía verde	recinto de la empresa
Papeles Biobío	San Pedro	4970	fibras y finos de pulpa mecánica, residuos de corteza y cenizas	s/i
Inforsa	Nacimiento	5840	finos de fibra pulpa mecánica y química, finos de carboncillo	basural propio
Oxy (Occ.Chemical)	Talcahuano	6278	desechos inorgánicos contaminados con Hg y sólidos inertes	recintos de la empresa
Petrodow	Talcahuano	252	granallas, bidones plásticos y cartones	
Petrox	Talcahuano	200	s/i	s/i
Comp.Sider.Huachipato	Talcahuano	14000	finos de caliza laminilla de hierro de horno de recalentamiento	canchas especialmente dispuestas
Machasa	Chiguayante	343	desechos textiles	
Cementos Biobío	Talcahuano	14000	material de rechazo por cribado y/o separación magnética	material de relleno
Inchalam	Talcahuano	1130	s/i	s/i
TOTAL		**84371**		

s/i: sin información

mediana y gran capacidad de producción (29 en total, con una producción mayor a 10.000 m^3).

C. Residuos sólidos de origen agrícola

En cuanto a los residuos sólidos generados por la actividad agrícola no se han detectado problemas, ya que, por lo general, son reutilizados en los propios terrenos de cultivo. Además, la agroindustria de la cuenca, no tiene un volumen importante como para considerar una evaluación de los desechos generados por ella.

VIII ESTADO CUALITATIVO DE LOS RECURSOS HIDRICOS Y OBJETIVOS DEL SANEAMIENTO

A. Ríos

A continuación se resume, para cada zona del río Biobío, la situación de calidad encontrada a la luz de los estándares de Tab.7.

SECTOR A (nacimiento Biobío - Santa Bárbara)

- La mayor parte de los parámetros resultan en la clase A-B.
- SECTOR B (Santa Bárbara - Negrete):
  pH, valores ligeramente elevados.
  Níquel, no se evidencia una concentración creciente a lo largo del río, en todo caso se encuentran valores de la clase E.
  Organoclorurados, a pesar de no contar con una secuencia temporal y espacial de estos parámetros, se han encontrado valores altos de fenoles totales, pentaclorofenol, lindano, aldrín, DDT atribuibles a la clase E. Esto se confirma a través de los análisis físico-químicos realizados por ESSBIO.
  Parámetros microbiológicos, los coliformes totales y fecales se encuentran en la clase C.
- SECTOR C (Negrete - desembocadura):
  pH, valores muy bajos (clase E).
  Nitritos, valores de las clases C y D.
  DBO, ocasionalmente valores en la clase C.
  Metales Pesados, para el cobre y el níquel se encuentran concentraciones correspondientes a la clase E.
  Organoclorurados, misma situación que la del sector B.
  Parámetros microbiológicos, los coliformes totales y fecales se encuentran en las clases: C entre Negrete y Nacimiento; D entre Nacimiento y el Puente Nuevo en Concepción y E entre el Puente Nuevo y la desembocadura.

En cuanto a los principales afluentes del río Biobío, los ríos Pangue, Queuco, Huequecura, Duqueco y Bureo presentan, para la mayoría de los parámetros, una calidad óptima. La situación del río Vergara es la más preocupante: se encuentran valores de pH, amoniaco, DBO y cobre típicos de la clase E.

En cuanto a los usos actuales y potenciales del río Biobío y de sus principales afluentes se puede mencionar:

- el sector A del Biobío junto a sus afluentes presenta básicamente un uso recreativo-paisajístico (pesca, balneario, etc.). Esta situación podría ser alterada con la construcción de las centrales hidroeléctricas en el Biobío (ver Par.4.3.2);
- el sector B del Biobío junto a sus afluentes permite actualmente los siguientes usos: riego, fuente de agua potable, fuente de agua industrial, receptor de desechos urbanos e industriales y recreativo-paisajístico durante la temporada de verano;
- el sector C del Biobío junto a sus afluentes presenta: un intenso uso como fuente de agua potable de los centros urbanos más importantes de la zona, un intenso uso como fuente de agua para las industrias más importantes de la zona (en términos de producción), una gran cantidad de descargas de desechos urbanos e industriales, un uso de riego (principalmente en la zona cercana a Los Angeles), un uso recreativo en ciertas zonas durante la temporada de verano y lugares de atractivo paisajístico importante como el Salto del Laja (la inminente materialización del canal Laja-Diguillín podría tener alguna influencia sobre estos usos).

Actualmente en Chile la norma que impone exi-

Tab.7 - Objetivos de calidad para el uso múltiple del recurso hídrico superficial en función de su clasificación.(Modificado de:Regione Lombardia, Piano di Risanamento delle Acque) (Vighi et al, 1992)

	Unidades	Clase A	Clase B	Clase C	Clase D
dT Temperatura	°C	1.5 (1)	1.5(1)	3 (1)	3(1)
Oxígeno disuelto	mg/l	50% ≥ 9 (2) 100% ≥ 7 (3)	50% ≥ 9 (2) 100% ≥ 7 (3)	50% ≥ 8 (2) 100% ≥ 5 (2)	50% ≥ 7 (2) 100% ≥ 4 (2)
Oxígeno disuelto	sat. %	50% ≥ 100(2) 100% ≥ 75(3)	50% ≥ 100(2) 100% ≥ 75(3)	50% ≥ 100(2) 100% ≥ 60(3)	100% ≥ 45(3)
pH		6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6 - 9	6 - 9
Alcalinidad		20%(4)	25%(4)	25%(4)	25%(4)
Color escala Pt	mg/l	10	50	50	100
Olor (fact. dil. a 25°C	3	10	20	20	
Transparencia	m	1	1	1	0.5
Conductividad	µS	1000	1000	1000	1000
Sólidos suspend.	mg/l	25(5)	25(5)	25(5)	80(5)
DBO_5	mg/l	3	5	7	10
DQO	mg/l	10	15	20	30
Cloruro	mg/l	150	150	150	150
Cloro resid.	µg/l	5	5	5	5
Sulfato	mg/l	150	150	150	250
Fósforo tot.	µg	50(6)	50(6)	50- 100(6)	50 - 100(6)
Amonio indisociad.	µg/l N	4	10	20	20
Amonio tot.	µg/l N	40	200	400	800
Nitrito	µg/l N	5	10	30	60
Nitrato	mg/l N	5	10	10	20
Fluoruro	µg/l F	1	1.5	1.5	1.5
Plata	µg/l Ag	0.1	0.1	0.1	0.4
Aluminio	µg/l Al	100	100	100	100
Arsénico	µg/l As	10	25	50	50
Boro	µg/l B	100	200	200	200
Bario	µg/l Ba	50	100	100	100
Berilio	µg/l Be	10	10	10	10
Cadmio	µg/l Cd	0.5	1	2	5
Cobalto	µg/l Co	0.5	2	2	2
Cromo	µg/l Cr	10	50	50	100
Cobre	µg/l Cu	5	10	10	20
Fierro	µg/l Fe	100	300	1000	1000
Mercurio	µg/l Hg	0.1	0.5	0.5	1
Silicato	mg/l Si	10	10	20	20
Manganeso	µg/l Mn	50	100	100	200

(Continúa)

Tab.7 - *(Continuación)*

	Unidades	Clase A	Clase B	Clase C	Clase D
Niquel	µg/l Ni	5	10	25	25
Plomo	µg/l Pb	5	10	25	25
Selenio	µg/l Se	5	5	5	10
Estaño	µg/l Sn	5 (7)	5(7)	25 (7)	25(7)
Zinc tot.	µg/l Zn	50	50	100	100
Cianuro	µg/l Cn	5	5	10	10
Fenoles totales	µg/l	1 (8)	1(8)	5(8)	10(8)
Aceite miner.	µg/l	20 (9)	20(9)	50(9)	100(9)
Detergentes tot.	µg/l	200	200	200	500
Pesticidas organoclorados individuales	µg/l	0.1	0.1	0.2	0.4
Pesticidas organoclorados totales.	µg/l	0.5	0.5	1	2
Pesticidas organofosforados individuales	µg/l	0.05	0.05	0.1	0.2
Pesticidas organofosforados totales	µg/l	0.2	0.2	0.5	0.5
Pesticidas totales	µg/l	1	1	2.5	5
Hidrocarburos totales disueltos o emulsionados (estracción con eter de Petroleo)	µg/l	50	50	200	1000
Hidrocarburos aromáticos policíclicos	µg/l	0.2	0.2	0.2	1.0
Coliformes totales		50	200	5000	50000
Coliformes fecales	1000ml	20	100	2000	20000
Streptococcos fecales	/ml	20	100	1000	10000
Salmonella		ausencia en 5lts	ausencia en 1 lt	ausencia 1l	ausencia 1lt
Indice SAR		10	10	10	18

(1) La temperatura del agua después de una descarga térmica, dentro de los 50 metros del punto de emisión, no debe superar el dT °C indicado. Para los lagos la comparación debe ser hecha con la temperatura a medida en tres puntos localizados en un arco de 250 metros del punto de emisión.

(2) Valor que debe ser superado en el menos 50% de la medida.

(3) Valor que debe ser superado en el 100% de la medida.

(4) La alcalinidad natural del cuerpo hídrico no debe ser reducido o incrementada más que el valor indicado.

(5) Se puede modificar el valor límite en el curso de agua en condiciones hidrológicas particulares en las cuales se verifica un enriquecimiento natural sin intervención antrópica.

(6) El límite de 50 µg/l es aplicable al agua tributaria de los lagos. Para los lagos, como límite imperativo, no se deben superar los 50 µg/l como media en la columna de agua en período de circulación; los límites objetivos para las clases A, B y C son aquellos que corresponden a la concentración de fósforo natural, obtenido en función del índice morfoedáfico según la siguiente ecuación: Log. P = 0.87 + 0.03 log IME, donde (IME = conductividad/profundidad media), incremento en 25% para la clase B y C, y sin incremento para la clase A. Para los otros cursos de agua no existe un límite.

(7) Efectos dañinos para la vida acuática derivan preferentemente de la presencia de compuestos orgánicos del estaño.

(8) Criterio de calidad para los clorofenoles.

(9) Medido mediante espectrofotometría T.R. previa extracción con tetracloruro de carbono.

gencias de calidad del agua para diversos usos es la NCh1333.Of78. Esta norma establece los requisitos de calidad para: 1) agua para consumo humano; 2) agua para la bebida de animales; 3) riego; 4) recreación y estética (distinguiendo entre estética, recreación con y sin contacto directo) y 5) vida acuática.
La situación de desarrollo de la zona en estudio reflejada, por ejemplo, en el crecimiento de los centros urbanos, la presencia actual y la potencial ampliación del sector industrial y la demanda creciente del uso del suelo por el sector forestal, no permite el uso eficiente de normas como la actualmente vigente.
Por otra parte, la norma chilena no permite clasificar el agua en distintas clases o categorías. Una clasificación de este tipo, constituye una manera de fijar criterios u objetivos de calidad que pueden ser instrumentos eficientes para ayudar a tomar decisiones de inversión.
De lo anterior, resulta la necesidad de contar con una normativa capaz de clasificar los cursos superficiales de agua considerando un uso múltiple.
Pese a lo anterior, además parece necesario considerar diferentes normativas o clasificaciones según si el uso es múltiple (vida acuática, recreación, pesca, riego, industrial, conservación del ambiente natural) o es un uso potable. Debido a que una comparación de normas actualmente existentes, como por ejemplo, CEE 440/75 (agua potable) y la propuesta de Tab.7 (multiuso), refleja que el destino multiuso es, en general, bastante más restrictivo (en términos de estándares de calidad) que uno de agua potable.
La norma chilena que regula la calidad del agua superficial que puede ser usada como fuente de suministro de agua potable, es la NCh777.Of71 (ver Par.5.1.3 y Ane.5.1B). Califica la calidad del agua en base a diez parámetros y especifica el tratamiento requerido del siguiente modo:

- buena: requiere sólo desinfección;
- regular: tratamiento hasta satisfacer límites de NCh409/1.Of84;
- deficiente: tratamiento hasta satisfacer límites de NCh409/1.84.

La norma no parece ser adecuada a las exigencias de la zona en estudio, al considerar sólo 10 parámetros de calidad, entre los cuales no figuran, por ejemplo: metales pesados, pesticidas, sustancias tóxicas, etc. Se considera necesario implementar normas más completas y exigentes para conseguir una clasificación adecuada.
Los requisitos cualitativos usados en este estudio tanto para evaluar la situación cualitativa actual como para definir los objetivos y criterios de intervención futura son:

- los requisitos propuestos por EULA en Tab.7 (para uso múltiple);
- la norma CEE 440/75 (ver Ane.9.1), para las aguas destinadas a uso potable.

Normas como las anteriores debieran ser adoptadas, en el corto a mediano plazo, para contar con criterios estandarizados que permitan evaluar la calidad de las aguas superficiales para fines multiuso y potable y realizar una adecuada planificación y gestión del recurso.
La información disponible no es suficiente para realizar una clasificación exacta del agua según CEE 440/75 (ver Ane.9.1), pero el hecho que los parámetros microbiológicos (en la zona de la captación La Mochita) se encuentren en clase A3 hace presumible el hecho que el agua de esta zona se encuentre, al menos, en esta clase.
Las prioridades de intervención incluidas en Cap.11, fueron identificadas considerando la evaluación del estado cualitativo del Cap.8 y están orientadas a satisfacer los requerimientos normativos antes mencionados, para así, respetar los usos actuales y futuros de los cursos de agua superficial. Además, están destinadas a solucionar los problemas calificados como más urgentes en la zona.
Como exigencias y objetivos que se deben alcanzar y respetar, se identifican:

- en el mediano plazo, que el agua superficial que actualmente presenta un intensivo uso como fuente de agua potable (zona correspondiente a Concepción-Talcahuano-San Pedro-Chiguayante), junto a aquélla que en el futuro podría presentar este uso, se recupere a

la clase A2 (CEE 440/75); además, debe ser controlado el riesgo de contaminación accidental o dolosa al cual está sujeta la población que ocupa agua superficial, en zonas caracterizadas por una presión antrópica elevada;
- en el largo plazo, que el agua superficial que actualmente se encuentra en clase D según la clasificación EULA de Tab.7 (multiuso), se recupere a la clase C; además, que las aguas superficiales actualmente clasificadas en la clase A-B sean protegidas para conservar esta clase.

B. Lagos

A partir de los datos relativos al estado cualitativo de los lagos, presentados en Par.8.3, resulta un panorama bastante claro de la situación actual:
- debido a su ubicación en la cuenca, los lagos Galletué, Icalma y Laja no sufren problemas de eutrofización y son clasificados como oligotróficos;
- las lagunas de Concepción-San Pedro presentan actualmente un estado eutrófico de sus aguas, con la excepción de la laguna Chica de San Pedro.

Los objetivos y las exigencias para el saneamiento están directamente relacionadas con el uso previsto en el futuro para cada lago. Un modo de definir los posibles usos de los lagos puede ser a nivel local: que la población local decida que uso dar al lago de su competencia.
Por lo tanto, el objetivo de saneamiento debería ser el estado cualitativo de los lagos que haga posible darles el siguiente uso: reserva natural para la Laguna Grande; deportes acuáticos, baño y pesca para la Chica; recreación para las restantes.
Las exigencias de calidad para alcanzar estos objetivos son, en el caso del esparcimiento y reserva natural, cumplir con los requisitos de la clase D de Tab.7; en el caso de balneario, deportes acuáticos y pesca se debe cumplir con los requisitos de la clase C de la misma tabla.
No se ocupan aquí los límites del Par.9.3, ya que estos están concebidos (a excepción de la norma chilena) para los usos del mar.

C. Mar

De los datos relativos al estado cualitativo del mar entregados en Cap.8.4 emerge un cuadro de la calidad del ambiente marino que, aparte de algunas zonas localizadas, no resulta particularmente comprometido, considerando las características de "fondo" del ambiente marino, que recibe aguas subecuatoriales ricas en nutrientes.
En base a la información disponible, las zonas más comprometidas resultan ser:
- zona suroeste de la Bahía de Concepción: tal área es afectada importantes aportes contaminantes, debido a la descarga de las industrias pesqueras directa o a través del canal El Morro, del puerto de Talcahuano y de algunas descargas civiles. La parte restante de la bahía (zona central y costa noreste) aparece menos comprometida y debe su alta productividad al surgimiento de las aguas subecuatoriales;
- zona este y noreste de la Bahía de San Vicente: esta área que forma una ensenada, recibe las descargas del puerto y de los efluentes industriales;

Dada la presencia de industrias pesqueras en Coronel, de la carbonífera Schwager y Lota y, además, de las descargas de los efluentes de las dos ciudades, es razonable pensar que también esta área sufra problemas de contaminación relevantes, que por falta de información es imposible cuantificar.
El Golfo de Arauco, en la zona de la desembocadura del río Biobío, no tiene problemas de contaminación relevantes, salvo por la presencia de coliformes en las aguas superficiales (concentraciones del orden de $3*10^3$ coliformes fecales/ 100 ml), que son evidentemente debidas al aporte del río y también a otras descargas civiles presenten en la zona.
El uso actual del mar consiste en la pesca, el transporte marítimo (puertos) y el uso recreativo asociado al balneario. Estos usos son los que se pueden suponer para el futuro y para los cuales se deben garantizar las adecuadas características ambientales. Pareciera que no existe una actividad organizada de cultivo de moluscos de parte de privados, para uso personal o para la venta directa.

En la zona del estero Lenga (en la zona sur de la Bahía de San Vicente) existe un cultivo de algas (no destinadas al consumo directo humano o animal).
En Tab.8 y Tab.9 se muestra la propuesta planteada en este estudio respecto a los requisitos que deben cumplir las aguas marinas, para garantizar los distintos usos. La Tab.8 contiene los requisistos cualitativos requeridos para el agua destinada a balneario, y ha sido elaborada teniendo en cuenta la norma chilena existente y normas y recomendaciones de otros organismos internacionales (CEE, Organización Mundial de la Salud, etc.). En Tab.9 se indica una propuesta de criterios cualitativos que se deben satisfacer para garantizar los usos de la pesca y del uso recreativo. Por uso recreativo se entiende la actividad que se desarrolla en la costa o cercano al mar, pero que significa el contacto, sólo ocasional o por accidente, con el agua. En relación a la pesca, la productividad del mar en la VIII Región siempre ha sido óptima y de un rápido crecimiento y, hasta ahora, no muestra señas de estar influenciada negativamente por las características ambientales "inducidas" en el mar.
La pesca, además, se desarrolla en una zona del mar bastante alejada del área que se tienen datos cualitativos.
Los estándares cualitativos identificados para la pesca son, entonces, entendibles más como límites para una actividad de cultivo de moluscos o captura de crustáceos, que como límites para la pesca en mar abierto.
Otras exigencias cualitativas ligadas a los distintos usos del mar, deben ser contempladas entre los objetivos del saneamiento, de la conservación ambiental en el sentido amplio y de la restauración de las características cualitativas originales. Esto vale para las áreas indicadas anteriormente, en las cuales, independientemente de las exigencias de uso real o potencial, la calidad ambiental se ve altamente comprometida y debe ser restaurada.
Las Tab.8 y Tab.9 se han utilizado para individualizar, en función de los usos previstos para las distintas zonas costeras, los objetivos de saneamiento para conseguir y/o conservar estas aguas.

Los usos previstos para la zona costera adyacente a la cuenca del río Biobío son:

Golfo de Arauco

En esta área se deberá garantizar el uso como balneario, respetando los límites individualizados en Tab.8. En áreas donde, en el futuro, el cultivo de mariscos se desarrolle, será necesario garantizar las características cualitativas en relación a este uso (Tab.9). Las zonas más indicadas para ser utilizadas para el baño y las cuales ya en este momento se utilizan intensamente son las que se encuentran en las proximidades de la ciudad de Lota y Coronel. No existen datos para caracterizar la calidad del agua de esta zona en relación al uso balneario pero, como se ha dicho, es muy probable que actualmente no son aduecuadas.
Deberá, por lo tanto, ser verificado el estado cualitativo de las aguas marinas de esta área y, en función de esto, establecer la prioridad de las soluciones para el saneamiento para garantizar el uso como balneario de esta área.
La zona del Golfo de Arauco al sur de la desembocadura del río, no se utiliza actualmente como balneario porque la playa es poco acogedora y poco refugiada y porque en las cercanías se encuentra la Laguna Chica de San Pedro, que es preferida como balneario. En el futuro, de todas maneras, se debe garantizar que esta zona pueda ser frecuentada como balneario y para recreación (surf, etc.).

Bahía de San Vicente

Esta bahía no es utilizada como balneario (más aún está prohibido el baño en algunas de sus zonas), pero tiene un interés paisajístico y naturalístico, en particular en la zona húmeda del estero Lenga, que debe ser salvaguardado y potenciado.
Por lo tanto, los objetivos de saneamiento son dos:
- salvaguardar y conservar las características cualitativas y naturales en la zona sur, suroeste (Punta Hualpén, la desembocadura del estero Lenga, hasta casi la mitad de la ensenada), en

Tab.8 - Requisitos para las aguas destinadas a uso balneario

PARAMETRO	U.M.	Directiva CEE n. 76/160	Norma Chilena 1333.Of78	Objetivos cualitativos
pH		6 - 9	6,5 - 8,3	6 - 9
Temperatura	°C	-	< 30	-
Transparencia	m Disco Secchi	1	1,2	1
Sólidos flotantes, y en suspension		-	ausentes	ausentes
Aceite y grasas en emulsión	mg/l	-	10	10
Aceite mineral	mg/l	< 0,5	-	< 0,5
Color		ausentes color anormales	ausentes color artificiales	ausentes color anormales
Turbiedad	U. Silice	-	< 50	-
Coliformes totales	/100ml	2000	-	2000
Coliformes fecales	/100ml	100	1000	100
Streptococcos fecales	/100ml	100	-	100
Salmonella	/l	0	-	0
Tensioactivos que reaccionan al azul de metileno	mg/l	< 0,5	-	-
Fenoles	mg/l	< 0,05	-	< 0,05
Oxígeno disuelto	% sat.	70-120	-	70-120
Sustancias que producen olores o sabores desagradables		-	ausentes	ausentes

Tab.9 - Criterios de calidad para usos recreativos (sin contacto con el agua) y de pesca (cultivo de moluscos)

PARAMETRO	Unidad M.	Uso recreativo	Pesca y cultivo de moluscos
Coliformes	MPN/100 ml	-	< 70
Oxígeno disuelto	%	> 40%	> 60%
Materiales flotantes		ausentes	-
Turbiedad		ninguna que no sea de origen natural	ninguna que no sea de origen natural
Aceites flotantes		ausentes	ausentes
Color		ninguno que no sea de origen natural	-
Tóxicos persistentes	-	ausentes en la biota	

modo de permitir una utilización estética y recreativa. Además, no se debe excluir completamente la posibilidad que esta área sea utilizada como balneario en el futuro, para lo cual los objetivos de largo plazo deberían respetar las características de Tab.8.

- mejorar las características cualitativas de las zonas entre el puerto, Punta Liles y Punta Lobos. Esta zona recibe actualmente muchas descargas de distinto origen, que alcanzan a ser depuradas naturalmente sin un grave compromiso para la zona. Además , no se ha considerado para esta área un uso futuro de tipo recreativo y balneario, dada la presencia de la infraestructura portuaria y, más al norte, de costas altas, es necesario, de todos modos, reducir los aportes contaminantes y evitar su descarga en una zona limitada, donde la capacidad de autodepuración del ecosistema no es suficiente para su degradación.

Bahía de Concepción

También aquí se han identificado objetivos diferenciados por zonas, en razón de posibles usos actuales y futuros:

- mejoramiento de las características cualitativas del área comprendida entre el puerto de Talcahuano, el canal El Morro y la desembocadura del río Andalién. Para esta área valen consideraciones análogas a las expuestas para la Bahía de San Vicente, en el sentido que se trata de un área en la cual no se han previsto en el futuro usos recreativos o de balneario, pero que se debe alcanzar un mejoramiento de las condiciones ambientales, en la actualidad gravemente comprometidas, incluso considerando el hecho que algunas de las industrias pesqueras se abastecen de agua en este lugar.
- alcanzar o mantener las condiciones ambientales adecuadas para el balneario a lo largo de todo el litoral de la bahía, desde Penco hasta Tomé y más al norte. Esta área es utilizada intensamente como balneario desde hace muchos años, no siempre con una garantía que los requisitos para el baño sean respetados. Se entiende el por qué la prioridad de este objetivo es elevada, ya que se trata de un área donde el baño es fuertemente requerido y realizado. También en esta área deben garantizarse los límites más restrictivos para el cultivo de mariscos, en el caso que esta actividad se desarrollase significativamente.

D. Agua subterránea

El Par.8.4 entrega un análisis de los datos disponibles respecto de la calidad del agua subterránea en la zona. De este análisis emerge lo siguiente:

- los análisis provenientes de pozos profundos (de profundidades mayores a 30 metros), no presentan problemas de calidad, según los parámetros considerados en la norma chilena NCh409/1.84;
- los fenoles superan la norma antes mencionada en los siguientes lugares: Mulchén, Nacimiento, Yumbel, Santa Bárbara, Cabrero, Negrete, Monte Aguila, Quilaco y San Pedro. Todos estos lugares tienen captaciones poco profundas y, la mayoría de estas captaciones, se encuentran cercanas a cursos de agua. Es decir, la contaminación por fenoles sería atribuible a los cursos de agua superficial que contaminarían el acuífero libre en algunas zonas como las mencionadas. Este razonamiento no explica la situación de Cabrero y Monte Aguila;
- las concentraciones de fierro-manganeso, resultan permanentemente muy por sobre los valores límites de la norma chilena antes mencionada en la zona de Cabrero y Monte Aguila;
- la concentración de amonio ocasionalmente supera la norma en la zona de Cabrero, Monte Aguila y Río Claro. Esto se puede deber a infiltraciones puntuales y cercanas a los puntos de captación o tener su origen en la degradación de los residuos del manejo del bosque.

Actualmente en Chile no existe una norma para clasificar el agua subterránea como fuente de agua potable, ni una normativa específica que regule la

explotación del agua subterránea y, dada la importancia y la vulnerabilidad de este recurso, se hace urgente comenzar a regular su explotación en términos de cantidad y de protección de su calidad.
A nivel de este estudio se considera como exigencia del saneamiento del agua subterránea la norma chilena de abastecimiento potable, esto es, la NCh409/1.Of84. Por lo tanto, el objetivo del saneamiento sería que el agua subterránea de la zona cumpla con la norma antes mencionada.
Las intervenciones requeridas para alcanzar este objetivo son indirectas; son las requeridas para dar solución a los problemas de calidad de los cursos superficiales de agua, y corresponden a las detalladas en Cap.11. A lo anterior, hay que agregar la necesidad de desarrollar estudios que permitan identificar claramente las fuentes de contaminación (en particular el caso de los fenoles). Los estudios que se requieren para satisfacer éste y otros objetivos se detallan en Cap.14.

IX. SOLUCIONES PROPUESTAS

A. Escenarios

En la definición de las soluciones se han considerado tres horizontes temporales, de breve (1998), mediano (2010) y largo plazo (2022). Como proyección de desarrollo demográfico de los centros urbanos en estos horizontes temporales, se han utilizado las elaboraciones estadísticas discutidas en Par.10.1.
El nivel de detalle del presente estudio es el de Pre-factibilidad y, por lo tanto, se han individualizado y desarrollado sólo las soluciones relativas a la realidad urbana.
Esta dimensión de escala no es homogénea para todos los problemas enfrentados. En relación a los problemas inherentes a la recolección, tratamiento y disposición de las aguas residuales urbanas, la dimensión mínima considerada para el estudio de las soluciones es la de un centro urbano con más de 1.000 habitantes.
Las soluciones necesarias para garantizar un abastecimiento adecuado de agua potable, desde un punto de vista de la calidad y de la cantidad, serán analizadas caso por caso, para las localidades con servicios urbanos, y a un nivel global para las restantes localidades (servicios rurales o sin ningún servicio).
Los problemas industriales, tanto de abastecimiento hídrico, como la disposición de las descargas líquidas y sólidas, serán afrontados a nivel general, sin considerar cada unidad en particular.
En relación a los residuos sólidos urbanos se limitará a un enfoque general, en la imposibilidad de analizar los casos específicos, debido a una carencia de información adecuada.

B. Abastecimiento hídrico para uso potable

Generalidades

En Tab.10 se presentan los déficits estimados para cada localidad y año de previsión, éstos fueron calculados como la diferencia entre la demanda proyectada y la capacidad máxima de producción.
Se ha hecho una estimación aproximada de las necesidades futuras de redes de agua potable en las localidades urbanas y rurales de la cuenca. Los resultados finales se presentan en Tab.11; se incluye también un cálculo aproximado de los costos de construcción del total de metros lineales requeridos hasta el año 2022.
Debido a que la norma chilena de agua potable actualmente vigente (NCh409.Of84) es, en general, más permisiva que, por ejemplo, la norma CEE 80/778 y las recomendaciones de la OMS, parece necesario recomendar, dentro del plazo de previsión de este estudio una norma más restrictiva y completa.

Tab.10 - Déficits en la produccion de agua potable (l/s)

			CAPACIDAD ACTUAL	DEFICIT ACTUAL	D E F I C I T S P R O Y E C T A D O S		
LOCALIDADES	PROV.	REG.	(l/s)	1990/91	1998	2010	2022
CONCEPCION (1)	CONC.	VIII	1,053	--	267	923	1,505
TALCAHUANO (1)	CONC.	VIII	1,068	--	297	1,128	1,829
CHIGUAYANTE	CONC.	VIII	171	--	115	262	387
SAN PEDRO	CONC.	VIII	281	--	16	124	240
HUALQUI	CONC.	VIII	19	--	12	30	44
STA.JUANA	CONC.	VIII	9	--	17	27	38
LOS ANGELES	BIOBIO	VIII	338	--	177	558	950
MULCHEN	BIOBIO	VIII	64	--	(3)	21	59
NACIMIENTO	BIOBIO	VIII	45	--	6	33	57
LAJA	BIOBIO	VIII	43	--	8	27	48
YUMBEL	BIOBIO	VIII	24	--	3	0	9
SANTA BARBARA	BIOBIO	VIII	20	--	2	7	12
CABRERO	BIOBIO	VIII	18	--	4	14	28
NEGRETE	BIOBIO	VIII	9	--	3	7	10
SAN ROSENDO	BIOBIO	VIII	8	--	7	12	15
MONTE AGUILA	BIOBIO	VIII	10	--	8	19	31
QUILLECO	BIOBIO	VIII	6	--	1	3	5
TUCAPEL	BIOBIO	VIII	4	--	1	3	5
QUILACO	BIOBIO	VIII	2	--	0	2	2
ANGOL(2)	MALLECO	IX	287	(138)	(72)	17	114
ERCILLA	MALLECO	IX	10	(4)	(5)	(4)	(3)
COLLIPULLI (2)	MALLECO	IX	82	(47)	(37)	(22)	1
RENAICO	MALLECO	IX	11	1	0	5	10
MININCO	MALLECO	IX	5	2	3	6	9
LOS SAUCES	MALLECO	IX	14	(3)	(4)	(1)	(0)
LONQUIMAY	MALLECO	IX	15	(7)	(9)	(8)	(8)
CORONEL	CONC.	VIII	281	--	89	295	560
LOTA	CONC.	VIII	224	--	(25)	45	129
TOME(3)	CONC.	VIII	250	--	15	65	98
PENCO+LIRQUEN	CONC.	VIII	133	--	17	132	275
LOC. RURALES	--	--	29	--	33	49	89

NOTAS: 1) *Capacidad estimada por ESSBIO para La Mochita (suma Concepción-Talcahuano)*

2) *Estas localidades actualmente tienen obras en ejecución que incrementan la capacidad de la fuente hasta el valor senalado*

3) *Capacidad estimada por ESSBIO para la planta de tratamiento de Tome*

Valores entre paréntesis son negativos e indican que la capacidad actual es superior a la demanda.

Tab.11 - Proyección de las necesidades de redes de agua potable (de agregar a lo ya existente)

			POBL.ESTIMADA	LARGO RED	COEFIC. ASUMIDO (M/HAB)	NECESIDADES FUTURAS			COEFIC. TOTAL. AGREGAR (ML)	COSTO (M$ AGO.92)
						RED (ML)	RED (ML)	RED (ML)		
LOCALIDADES	PROV.	REG.	1992	1990/91		1998	2010	2022	92-2022	2022
CONCEPCION	CONC.	VIII	206,545	382,264	1.8	51,158	69,842	89,159	210,159	5,674,293
TALCAHUANO	CONC.	VIII	249,441	429,996	1.8	35,565	99,173	108,187	242,924	6,558,959
CHIGUAYANTE	CONC.	VIII	38,974	78,777	2.4	34,721	46,279	32,030	113,030	3,051,821
SAN PEDRO	CONC.	VIII	47,280	119,021	2.4	19,877	29,845	29,867	79,589	2,148,898
HUALQUI	CONC.	VIII	7,566	26,285	2.4	5,515	5,110	3,862	14,486	391,133
SANTA JUANA	CONC.	VIII	4,067	15,204	4.0	8,760	7,635	7,893	24,288	655,776
LOS ANGELES	BIOBIO	VIII	83,853	114,189	1.8	40,330	46,387	48,421	135,139	3,648,742
MULCHEN	BIOBIO	VIII	17,809	44,244	2.4	2,738	5,871	12,300	20,909	564,538
NACIMIENTO	BIOBIO	VIII	14,971	28,696	2.4	2,014	5,332	5,562	12,907	348,494
LAJA	BIOBIO	VIII	15,450	30,826	2.4	3,100	9,329	4,862	17,292	466,884
YUMBEL	BIOBIO	VIII	8,437	27,846	2.4	891	0	0	891	24,051
STA BARBARA	BIOBIO	VIII	4,752	11,441	4.0	4,494	1,633	2,529	8,656	233,712
CABRERO	BIOBIO	VIII	6,959	15,613	2.4	4,051	3,552	4,942	12,545	338,710
NEGRETE	BIOBIO	VIII	2,779	9,799	4.0	4,596	559	701	5,856	158,112
SAN ROSENDO	BIOBIO	VIII	1,560	5,553	4.0	5,249	1,656	1,012	7,916	213,732
MONTE AGUILA	BIOBIO	VIII	3,925	11,203	4.0	6,407	6,830	5,975	19,212	518,724
QUILLECO	BIOBIO	VIII	1,565	6,301	4.0	1,230	1,371	978	3,580	96,660
TUCAPEL	BIOBIO	VIII	1,458	10,387	4.0	977	322	369	1,668	45,036
QUILACO	BIOBIO	VIII	1,036	5,611	4.0	529	0	0	529	14,272
ANGOL	MALLECO	IX	35,372	102,847	2.4	23,936	19,282	20,253	63,470	1,713,701
ERCILLA	MALLECO	IX	1,996	9,608	4.0	0	0	0	0	0
COLLIPULLI	MALLECO	IX	11,498	28,410	2.4	2,710	5,511	7,069	15,290	412,841
RENAICO	MALLECO	IX	5,239	13,980	2.4	0	718	803	1,520	41,048
MININCO	MALLECO	IX	1,116	4,750	4.0	408	1,561	1,383	3,352	90,504
LOS SAUCES	MALLECO	IX	3,949	10,625	4.0	0	0	0	0	0
LONQUIMAY	MALLEC	IX	3,386	16,030	4.0	0	0	0	0	0
CORONEL	CONC.	VIII	73,843	122,980	1.8	32,950	33,143	34,442	100,535	2,714,456
LOTA	CONC.	VIII	28,300	70,321	2.4	51,754	4,232	6,822	62,808	1,695,816
TOME	CONC.	VIII	28,692	70,961	2.4	16,248	13,378	8,724	38,350	1,035,439
PENCO+LIRQUEN	CONC.	VIII	25,251	53,137	2.4	29,266	32,096	29,075	90,437	2,441,794
LOC. RURALES	--	--	32,705	118,206	4.8	13,008	21,557	24,293	58,858	1,589,155

La norma recomendada ha sido concebida haciendo una comparación entre los estándares actualmente vigentes en Chile (Norma NCh409.Of84), los de la CEE (Comunidad Económica Europea) y los valores recomendados por la OMS (Organización Mundial de la Salud). Los valores de la CEE que han sido utilizados corresponden a los máximos admisibles. Los valores propuestos para Chile fueron obtenidos según la siguiente fórmula (aplicada a cada parámetro): MIN (Norma Chilena,MAX(Norma CEE,Valores OMS)).
Se recomienda que una norma de este tipo se adopte en el corto plazo (1998) y que se haga plenamente vigente en el mediano plazo (2010).
Se aconseja considerar dentro del largo plazo, la inclusión de los parámetros que en este momento no aparecen en la norma chilena, pero que la OMS considera dentro de sus recomendaciones.
Las soluciones a los problemas de abastecimiento potable que se presentan en las localidades de la cuenca del Biobío y la zona costera adyacente, corresponden a las soluciones del largo plazo (2022).
Las prioridades de solución en toda la zona, considerando las interrelaciones entre las localidades del estudio y cuándo se debe intervenir, se discuten en Cap.11.
Las soluciones se analizan según la siguiente subdivisión: conglomerado Concepción-Talcahuano-San Pedro-Chiguayante y Hualqui; localidades con problemas primarios y localidades con problemas secundarios. Esta subdivisión se justifica en el hecho que aproximadamente el 60% de la población de la zona se encuentra en Concepción y las localidades vecinas.
En cuanto al cálculo de los costos, los valores son expresados en pesos ($) de Agosto de 1992.

Conglomerado Concepción - Talcahuano - San Pedro - Chiguayante y Hualqui

Los problemas de abastecimiento de San Pedro, Chiguayante y Hualqui deben ser resueltos al mismo tiempo que los de Concepción-Talcahuano, ya que actualmente estas localidades captan sus aguas en la zona final del Biobío (San Pedro y Chiguayante) o de esteros con problemas frecuentes de calidad (Hualqui): para el largo plazo se requiere, por lo tanto, prever una producción máxima total diaria igual a 6,2 m^3/s para el conglomerado Concepcion-Talcahuano-San Pedro, 0,6 para Chiguayante y sólo 0,06 m^3/s para Hualqui. En términos de producción media anual se requerirían 4,5 m^3/s en total.
La solución más simple es, seguramente, la que considera la ampliación y el mejoramiento de la planta existente en Concepción y la realización de una planta de potabilización avanzada en Chiguayante, San Pedro y Hualqui; es decir, aceptar el hecho de continuar captando el agua de una fuente riesgosa como es el Biobío, considerando que su calidad debiera mejorar producto de las soluciones que se deben aplicar a los problemas de contaminación industrial y civil, propuestas en este estudio. De todos modos, vale la pena precisar que se requeriría verificar con mayor detalle la clase CEE en la que actualmente se clasifican las aguas del Biobío; está previsto que los valores de una clase puedan ser superados ocasionalmente: la cantidad de datos a disposición no permite clasificar actualmente las aguas como A3 en un sentido absoluto.
La situación actual, que presenta el abastecimiento hídrico de la zona, con una concentración antrópica importante en la cuenca, no puede ser considerada de manera favorable, teniendo en cuenta que la captación se realiza aguas abajo de las descargas de todas las actividades industriales y de las localidades ribereñas.
Por lo tanto, el imperativo de satisfacer en el futuro las necesidades de agua potable de la población con agua de buena calidad y sin riesgo de accidentes o acciones dolosas que puedan hacer inutilizable la captación del agua superficial, impone la necesidad de estudiar fuentes alternativas que sean protegidas del riesgo de contaminación químico o bacteriológico y que entreguen, por lo tanto, agua potable de acuerdo a las tablas del Par.10.2.3 o, de todos modos, agua que requiera

un tratamiento elemental para cumplir con los límites de las tablas mencionadas.
Siguiendo estos criterios, se ha desarrollado una investigación territorial con el objetivo de reconocer:

- las cuencas hidrográficas no urbanizadas, próximas al área en cuestión, de capacidad correspondiente a la producción de un caudal de 4-6 m^3/s;
- las áreas eventualmente utilizables para la captación de la napa subterránea.

Se han excluido, por obvias razones de costos, las zonas que se encuentren a más de 100 km de Concepción, se han verificado las posibilidades de captación de agua superficial en la zona de la cordillera de la costa al nor-Oeste del último tramo del Biobío y al sur, en el costado occidental de la misma cordillera.
La investigación en el área nor-oeste no dió resultados positivos, ya que no existe una cuenca del orden de 200-300 km^2, (área requerida para obtener un caudal como el ya mencionado). En cambio, al sur podría ser utilizada la cuenca del río Carampangue, en la Cordillera de Nahuelbuta.
El estudio de prefactibilidad desarrollado a este respecto, ha entregado resultados negativos
Por lo tanto, la investigación se ha dirigido al Valle Central; considerando las zonas aguas arriba de las primeras fuentes contaminantes (industrias, ciudades), las zonas más seguras se encuentran bastante lejanas (a lo largo del Biobío) de los centros habitados a servir, con una obvia repercusión sobre los costos de las obras de aducción.
En cuanto al río Laja, sus características aguas abajo del canal Laja-Diguillín, si es que es construido, podrían empeorar debido a la disminución de caudal, con el consiguiente aumento de la concentración de contaminantes. Sin embargo, desde el punto de vista de la calidad del agua, los datos a disposición permiten afirmar que actualmente una captación superficial requeriría, al máximo, un tratamiento de las aguas del tipo ya realizado en La Mochita.
La zona del Laja, encontrándose en el Valle Central resulta también idónea para una captación subterránea.
Concentrando la atención en el área comprendida entre el Salto del Laja y Puente Perales, aparece la posibilidad de utilizar los recursos hídricos subterráneos (a confirmar con estudios ulteriores), ya que se está en presencia de arenas negras, que se apoyan sobre un horizonte lahárico a pocas decenas de metros de profundidad, que son alimentadas por el escurrimiento subterráneo que proviene de Los Andes hacia la incisión del Biobío a través de la Cordillera de la Costa. Por lo tanto, en esta área se encuentra disponible un recurso hídrico suficiente para ser utilizado de dos maneras:

- superficialmente, a través de una captación de las aguas del Laja, aguas arriba del Puente Perales;
- subterráneamente, a través de un conjunto de pozos en las cercanías de la captación superficial.

Considerando que es razonable suponer un caudal específico de 30 l/s por cada pozo y un radio de influencia cercano a los 200 m, para asegurar la captación de 4-6 m^3/s de la napa subterránea se deben perforar 150-200 pozos en un área de 12-16 km^2. En cuanto a la disponibilidad superficial, el régimen del Laja en Puente Perales está caracterizado por un caudal medio anual de aproximadamente 200 m^3/s.
La ventaja de una captación en esta zona, está en el hecho que puede ser privilegiado el uso de, ya sea, la fuente superficial o la subterránea, de modo de evitar los riesgos de contaminación; además, en el largo plazo, la experiencia podrá sugerir usar sólo la fuente superficial o ir abandonando progresivamente la captación de las aguas del Laja y priviligear la captación subterránea, que corresponde a la menos sensible, si es adecuadamente protegida, de la presencia y del desarrollo de la actividad antrópica a lo largo del río.
En la Tab.12 se presentan las características sustanciales de los sistemas de captación, conducción y tratamiento de las solucines propuestas (soluciones S2, S3, S4 de la tabla). Estas soluciones

fueron generadas como una secuencia temporal a partir de la situación actual, de manera de poder afrontar dinámicamente eventuales "empeoramientos" en la calidad de las aguas captadas.
Naturalmente, la propuesta antes descrita no debe ser considerada la única solución al problema: de hecho, se puede suponer, como alternativa, la ampliación y mejoramiento de la planta La Mochita (solución S1 de Tab.12).

SOLUCION S1: mejoramiento del esquema de tratamiento de las plantas de Concepción-Talcahuano (La Mochita), San Pedro, Chiguayante y Hualqui, agregando en todos los casos carbón activado y ozonización; ampliación de las mismas plantas en función del aumento de la demanda en el tiempo.

Es la solución que acepta el riesgo asociado a la captación de agua en una zona de alta presión antrópica, como es el último tramo del Biobío.
En la hipótesis de conectar incluso San Pedro, el caudal máximo diario por producir adicionalmente al actual resultaría igual a 4 m^3/s.
El caudal a producir podría ser garantizado con un sistema de bombeo del agua superficial, como el que se usa actualmente, o con un sistema de punteras del tipo de las utilizadas en San Pedro.
La experiencia adquirida por ESSBIO con las

Tab.12 - Posibles soluciones para Concepción-Talcahuano-San Pedro-Chiguayante y Hualqui en relación al desarrollo de la calidad del agua del Biobío y del Laja (Aj es la clase CEE; con A4 se entiende una calidad peor que la A3) según dos distintos enfoques.

	calidad Biobió	**calidad Laja**	**criterio**	**Solución**
S1	A3	cualquiera	aceptar riesgo Biobío	mejoramiento del esquema de tratamiento de las plantas de Concepción-Talcahuano (La Mochita), San Pedro, Chiguayante y Hualqui, agregando en todos los casos carbón activado yozonización; ampliación de las plantas en función del aumento de la demanda en el tiempo utilizando punteras
S2	A3,A4	A1,A2	minimizar riesgo	implementación fase carbón activado en La Mochita, en San Pedro, en Chiguayante y en Hualqui para satisfacer las exigencias cualitativas en el breve plazo, mientras se realiza una conducción desde la zona del Laja (agua superf.) dimensionada para un caudal medio de largo plazo; realización de una planta de potabilización convencional en Laja para utilizar una vez realizada la conducción; conexión de Concepción, Talcahuano, San Pedro, Chiguayante e Hualqui al nuevo acueducto; desinfección en La Mochita, Chiguayante y Hualqui; utilización de La Mochita para cubrir las "puntas" superiores a la media anual
S3	A3,A4	A3	minimizar riesgo	captación aguas subterráneas en las proximidades del río Laja más captación y tratamiento in situ para aguas superficiales río Laja; desinfección en cada localidad; utilización de La Mochita para las "puntas".
S4	A3,A4	A4	minimizar riesgos	captación subterránea en las proximidades del río Laja, desinfección en cada localidad; utilización de La Mochita y/o Laja para las "puntas"

punteras de San Pedro, que han demostrado poder producir un sensible mejoramiento de la turbiedad del agua (abatimiento de un 90% y, por lo tanto, también un menor riesgo de trihalometanos, según la OMS [1984]) y características bacteriológicas, hace factible la proposición de este sistema como solución cualitativamente conveniente para las captaciones a realizar en el futuro.

El aumento de caudal a tratar, hace también necesaria la ampliación del grupo de bombas utilizadas para llenar los estanques del sistema de distribución, que también deben ser ampliados.

En términos de costo de planta, para compensar cuantitativamente la demanda en el largo plazo de Concepción-Talcahuano-San Pedro, renovar en el largo plazo completamente las plantas existentes y garantizar una calidad segura del agua potable, serían necesarios las siguientes inversiones (pesos):

– planta de potabilización	
– convencional	$ 12.000.000.000
– carbón activado	$ 8.700.000.000
– ozonización	$ 2.500.000.000
– *punteras* Biobío	$ 800.000.000
– estanques redes	$ 3.400.000.000
conexión San Pedro-	
– La Mochita	$ 1.300.000.000
– bombas de elevación	
– a estanques	$ 3.600.000.000
TOTAL	$ 32.300.000.000

Se ha considerado adecuado prever, de todos modos, un tratamiento convencional, ya que la filtración debida a las punteras no parece suficiente para un óptimo funcionamiento de la unidad de carbón activado.

Los costos de ejercicio del carbón activado están ligados a la necesidad de regenerar periódicamente los carbones utilizados y resultan de aproximadamente 17 $/m^3 de agua tratada y, por lo tanto, aproximadamente 2.200 millones de $/año.

En cuanto al ozono, los costos de ejercicio están estimados en aproximadamente 2 $/m^3 de agua tratada y, por lo tanto, 300 millones de $/año.

Resumiendo, los costos **adicionales** de instalación y gestión para pasar desde un tipo de tratamiento como el actual a uno más exigente (ozonización y carbón activado) resultarían para Concepción-Talcahuano y San Pedro iguales a:

11.200 mill.$ + 2.500 mill.$/año

A una tasa de interés media anual igual a 5% y suponiendo un período de amortización de las obras de 30 años, la incidencia sobre un metro cúbico de agua producida sería de 6 $/m^3, a lo cual se debería agregar 19 $/m^3 para tener en cuenta los costos de gestión. Actualmente los usuarios pagan aproximadamente 50 $/m^3 de agua tratada por La Mochita; con el tratamiento avanzado pasaría a 77 $/m^3 con el tratamiento avanzado, las punteras y las obras de unión entre La Mochita y San Pedro.

Estos valores son utilizados para realizar una comparación con soluciones que preven el uso de fuentes alternativas al Biobío.

En el caso de Chiguayante se debería realizar ozonización y utilizar carbón activado para un caudal medio de 0,4 m^3/s. Los costos de instalación y de gestión de las nuevas fases serían, en total, iguales a aproximadamente un décimo de lo que se ha calculado para La Mochita. Para garantizar un correcto funcionamiento del carbón activado debería ser realizada también una planta de tratamiento convencional, su costo se puede estimar en 1.300 millones de pesos.

La incidencia de las soluciones a realizar para Hualqui es inferior, ya que el caudal medio a garantizar, en el largo plazo, sería menos de 30 l/s: el costo del tratamiento convencional sería de aproximadamente 200 millones de pesos, sin considerar carbón activado y ozono.

En cuanto a los estanques a realizar durante el largo plazo en Chiguayante y Hualqui se requerirían 12.600 m^3 en el primer caso y 1.300 m^3 en el segundo, con un costo general de 373 millones de pesos.

SOLUCION S2: realizar una unidad de carbón activado en La Mochita, en San Pedro, en Chiguayante y en Hualqui para satisfacer las exigencias cualitativas en el corto plazo, mientras se realiza una conducción desde la zona del Laja (aguas superficiales) dimensionada para el caudal medio del largo plazo; realización de una

planta de tratamiento tradicional en el Laja para utilizar una vez construida la conducción; conexión de Concepción, Talcahuano, San Pedro, Chiguayante y Hualqui al nuevo acueducto; desinfección en La Mochita, Chiguayante y Hualqui; utilización de La Mochita para cubrir la demanda superior a la media anual.

En este caso se debe realizar una conducción de aproximadamente 87 km y de 2 m de diámetro, si se quiere limitar la velocidad a 1,5 m/s, en el caso del caudal medio para el largo plazo; bajo la suposición de utilizar un tubo de acero con revestimiento interno podría ser posible conducir el agua a Chiguayante y a La Mochita por gravedad, aprovechando un desnivel de aproximadamente 80 m. Es necesario interrumpir el acueducto con dos estanques, uno a la altura de Hualqui, uno en Chiguayante, de manera de poder abastecer estos dos centros urbanos.
La tubería se debe desarrollar a lo largo del Laja y el Biobío, con la ventaja de poder utilizar la zona de la línea del tren para el transporte de la tubería.
Los costos de la obra de conducción serían del orden de 80 mil millones de pesos que, amortizados en 50 años implicarían un incremento del costo por m^3 del agua potable igual a aproximadamente 30 \$/m^3, llegando a un total de 80 \$/m^3.
Junto a este costo debe considerarse la amortización de las obras de mejoramiento de las plantas actualmente existentes; las fases agregadas (carbón activado y ozonización), a diferencia de la solución S1, serían realizadas sólo para el caudal necesario para los próximos 5-10 años, ya que al término de este período se debería concuir la construcción de la conducción desde el Laja. El tratamiento avanzado debería, por lo tanto, garantizar la potabilización de aproximadamente 4 m^3/s con un costo adicional de aproximadamente 15 \$/m^3 en treinta años. En total, la tarifa debería llegar a cerca de 95 \$/m^3.
Se ha supuesto que la realización de la planta de potabilización de las aguas superficiales del Laja no hace cambiar la tarifa base de 50 \$/m^3, ya que esta obra sustituiría la necesaria ampliación de La Mochita.

Este costo, confrontado con el de la solución S1 (tratamiento avanzado de las aguas captadas del Biobío), demuestra que la utilización de una fuente alternativa como la del río Laja puede ser bastante competitiva incluso en términos de costos, además de entregar una mayor garantía de seguridad del abastecimiento hídrico.
Es necesario subrayar que en el caso que las aguas del Biobío empeoraran su calidad hasta la categoría A4, es probable que esta situación se verifique sólo por un par de meses al año y que, por lo tanto, la población utilizaría agua del Biobío sólo para las necesidades "punta" de esos períodos y para una parte del caudal. Esta situación es, por otro lado, permitida por la norma CEE respecto de las fuentes de agua potable (ver Cap.9).

SOLUCION S3: captación de agua subterránea en las proximidades del río Laja más captación y tratamiento in situ del agua superficial del río Laja; desinfección en cada centro urbano; utilización de La Mochita para las "puntas".

En el caso de un empeoramiento de la calidad del agua del río Laja hasta la clase A3, se deberían realizar pozos de manera de garantizar una parte del caudal necesario.
La otra fracción del caudal estaría constituida por agua superficial a tratar en la planta de potabilización convencional en el Laja según la solución S2.
Respecto a la solución anterior los costos a agregar están relacionados con la realización de los pozos.
En cuanto al aprovechamiento de los pozos, cada uno de estos podría garantizar aproximadamente 30 l/s, con un radio de influencia de 200 m. Los costos de realización de un pozo pueden ser asumidos iguales a aproximadamente 200.000 \$/m.
Suponiendo una captación subterránea total de 3 m^3/s con perforaciones de 30 m, se requeriría una inversión de aproximadamente 600 millones de pesos. A este costo deberían agregarse los costos de la red de tuberías y las demás obras necesarias, que resultan del orden necesario para las perforaciones.

La superficie del terreno necesario para los pozos sería de aproximadamente 8 km^2.
Además, se deberían considerar aproximadamente 250 millones de pesos/año por la energía necesaria para el bombeo.
En cuanto a las "puntas", se debería captar un caudal de 1 m^3/s desde el Laja, además del entregado por La Mochita y de la captación subterránea.
Claramente la zona del Laja desde la cual se quiere captar agua superficial debe ser cuidada de futuros asentamientos, humanos o industriales, potencialmente contaminantes.

SOLUCION S4: captación subterránea en las proximidades del río Laja, desinfección en cada centro urbano; utilización de La Mochita y/o Laja para las "puntas".

Es el caso de contaminación del río Laja hasta la clase A4, se considera la construcción de pozos para cubrir todo el caudal a conducir. Los costos de los pozos a agregar a la solución S3 resultarían iguales a aproximadamente 800 millones de pesos. La probabilidad de encontrarse en esta situación resulta, de todos modos, relacionada con una pésima gestión futura de los recursos hídricos.
A partir de todo lo anteriormente visto, se puede concluir que la solución de conducir agua desde el Laja, además de tener una incidencia aceptable sobre la tarifa del agua potable a aplicar, garantiza la posibilidad de adaptarse en el tiempo al desarrollo de la situación de contaminación de la cuenca. También es posible pensar en la realización de una obra ligeramente más grande para resolver el abastecimiento de algunos centros urbanos de la costa como: Penco-Lirquén, Coronel y Tomé.

Otras localidades

Se han analizado las posibles soluciones a los problemas de abastecimiento potable de las localidades de Cabrero, Monte Aguila, Mulchén, Nacimiento, Los Angeles, Coronel y Penco-Lirquén (Cap.10).

Las soluciones a los problemas identificados se deberían aplicar dentro del breve-mediano plazo.
Las propuestas de solución se han cuantificado, respecto al dimensionamiento de las obras, teniendo en cuenta un horizonte temporal de largo plazo (2022).
Las soluciones a los problemas menores que, ocasional o frecuentemente, se presentan; no se analizan para cada una de las localidades, sólo se hacen recomendaciones generales.

C. Abastecimiento hídrico para uso industrial

Se trata aquí el problema de abastecimiento de agua de las industrias que no están conectadas a las redes de agua potable, es decir, que tiene captaciones propias ya sea superficiales o subterráneas.
La situación legislativa actual deja un amplio espacio al mal uso o derroche del agua por parte del sector industrial.
Las papeleras tienen un consumo de agua entre 66 y 158 m^3/t producida. Si se hace referencia a los límites impuestos en Europa, los ciclos de producción deberían ser revisados de modo de ajustar los valores de consumo entre 50 y 70 m^3/t.
El caso más importante de consumo irracional de agua es, seguramente, el de Petrox. En un contexto europeo debería ser impuesta una revisión del ciclo de modo de bajar los consumos desde 250.000 m^3/d a menos de 10.000 m^3/d.
No se debe olvidar que, en algunos casos, sólo con una reducción del agua descargada es posible realizar una planta de tratamiento de las aguas residuales.
Para resolver el problema del mal uso o derroche se requeriría prever la separación entre las aguas de enfriamento y aguas de proceso: el consumo de las primeras se podría liberalizar en el mediano plazo, bajo la condición que sean restituidas tal cual y que no produzcan una variación de la temperatura del cuerpo receptor superior a 3° C entre aguas arriba y aguas abajo de la descarga;

para el largo plazo debería estudiarse una normativa que permita disminuir los consumos; las segundas deberían ser sujetas a requisitos de calidad de sus descargas dentro del mediano plazo. Desde un punto de vista administrativo los dos flujos estarían, por lo tanto, sujetos a controles conceptualmente diferentes. En cuanto a la limitación del agua de enfriamento, el control sobre el caudal deberá ser efectuado por un Ente capaz incluso de definir el valor límite aceptable sobre la base del ciclo productivo.
Además, se debe tener presente que en todos los países industrializados se realiza una tarifación del agua para usos industriales; esta tendencia debiera ser imitada por Chile.

D. Recolección, tratamiento y disposición del agua residual doméstica

Una vez identificados los objetivos para el saneamiento de la cuenca, se pueden adoptar dos criterios para poder alcanzarlos, que corresponden, a su vez, a dos estrategias políticas de gestión del ambiente actualmente discutidas a nivel internacional:

- un criterio *normativo* o de *control difuso*, que consiste en la imposición de valores límites a las concentraciones o a las cargas máximas (mg/l o mg/día) en el territorio, sin hacer una distinción para las exigencias particulares o locales, condiciones ambientales comprometidas o requisitos en función de los usos;
- un criterio *gestional* o de *programación*, que consiste en determinar las soluciones necesarias y el abatimiento de los contaminantes en función de los objetivos individualizados y establecidos. Así, en las distintas áreas, se definen estándares de calidad ambiental en base a los usos, a la potencialidad del territorio y a las soluciones. Por lo tanto, las normas y los límites están estrechamente relacionados con el cumplimiento de los objetivos ambientales.

En principio, parece más adecuado el segundo enfoque, que optimiza técnica y económicamente las soluciones y los resultados que se pretenden alcanzar. Este enfoque requiere, eso sí, un gran esfuerzo, ya sea técnico o de recursos, para efectuar todos los estudios ecológicos de base (conocimiento de todos los aportes contaminantes, capacidades de depuración del sistema, etc.), para la definición científica de todas las soluciones necesarias y óptimas, para ejercer un control planificado de la compatibilidad de actividades o estructuras que quieren ubicarse en el territorio y, por último, para el control y verificación en el tiempo que las soluciones materializadas consiguen los resultados previstos.
Las directrices adoptadas para una planificación de las soluciones de recolección, tratamiento y disposición de las aguas residuales civiles en la cuenca del Biobío se han inspirado, en principio, en el criterio de control difuso, que puede parecer como menos correcto, pero tiene la ventaja de requerir un esfuerzo planificador y programador mucho menor y se adapta mejor a una alta difusión de las soluciones de protección ambiental en el territorio y permite obtener resultados más rápidos. Se afirma, entonces, que este criterio sea el más oportuno y funcional, en este momento, para enfrentar estos problemas. Después de una planificación con este enfoque, la evolución de las normas y de los criterios de control podría y debería tender hacia el criterio planificador, que permite una solución racional y funcional a los problemas.
En Tab.13 se entregan los estándares propuestos para las descargas civiles de la cuenca y del área costera adyacente, que se diferencian para las descargas en el mar y para las descargas en los ríos o en lagunas, para tener en cuenta su distinta capacidad de depuración. Estos límites sirven también como una referencia para proyectar las plantas de tratamiento previstas para la cuenca.
Retomando al tema de las diferencias entre criterio normativo y criterio gestional, se debe notar que este estudio de prefactibilidad se aplica en una cuenca, donde gracias a la investigación científica efectuada por el EULA, ya se han realizado la

Tab.13 - Estándares propuestos para las descargas civiles de la cuenca (ver Tab.10.5.2 para los valores de las tablas A, A2 y C).

MAR:	
P < 1.000	descarga al menos 200 m de la costa, eventual desinfección
P < 5.000	emisario + desinfección
5.000 < P < 20.000	Tab. C(*) + desinf. + emisario + diluc. inicial min. 1:10
P > 20.000	Tab. C(**) + desinf. + emisario + diluc. inicial min. 1:10
RIOS:	
P < 20.000	Tab. A2 + desinfección
P > 20.000	Tab. A + desinfección
LAGOS Y LAGUNAS:	Tab. A + Ptot < 1mg/l y Ntot< 10 mg/l

Está prohibida la descarga directa en el suelo y subsuelo

Comentarios:

Todas las concentraciones son sobre una muestra media de 24 horas (mínimo 6 muestras/24 horas). La muestra instantánea no puede ser más del doble del límite. Descarga artesanal, comercial, etc.: están equiparadas a la descarga civil en acuerdo al reglamento del alcantarillado y para caudal < 200 mc/d. En todas las plantas se considera desinfección si es necesario.

(*) sin limitación para DBO y DQO

(**) a excepción de los límites para DBO y DQO, que se cambian a: nomás del 80% del valor anual en la planta de tratamiento.

mayor parte de los estudios ecológicos de base, por lo que existe un conocimiento del territorio que permite obtener la relación causa-efecto entre los aportes contaminantes y la degradación ambiental. Para individualizar las prioridades de las soluciones, se utilizará el criterio de tipo gestional, identificando las soluciones más urgentes a la luz de los objetivos de calidad previstos.

Las intervenciones propuestas para el saneamiento tienen en cuenta tanto las exigencias de realización y el completamiento de las redes de alcantarillado, como de las exigencias de realización de las plantas de tratamiento.

En general, se ha propuesto el siguiente criterio de prioridad entre la construcción de una red de alcantarillado, una ampliación de la misma y la construcción de una planta de tratamiento:

- para centros urbanos con una cobertura de más de 60-70%, la prioridad es la realización de la planta de tratamiento, teniendo en cuenta el hecho que las ciudades que se encuentran en esta condición son las que tienen el mayor número de habitantes;
- para los centros urbanos desprovistos de red de alcantarillado o hasta que el porcentaje de cobertura alcance un 40-50%, es prioritario, construir la red respecto a realizar la planta de tratamiento. Una vez alcanzado este porcentaje de cobertura en el centro urbano, la prioridad entre realizar una planta de tratamiento y una ampliación de la red será en función de las características y de la ubicación de la descarga del centro estudiado.

Las obras de ampliación y terminación de la red de alcantarillado se ha previsto que deben continuar adoptando el sistema separado.

En Par.10.3.3.3 se han analizado varios escenarios de desarrollo de las redes de alcantarillado en distintos horizontes temporales, calculando el porcentaje de cobertura, que corresponde al número de habitantes que deberán contar con alcantarillado. Mediante un parámetro representativo de la necesidad per cápita de alcantarillado (metros lineales de red de alcantarillado a realizar por cada habitante servido), se han calculado las extensiones de red de alcantarillado que se deben realizar en los distintos horizontes temporales.

En Tab.14 se entrega uno de estos escenarios de desarrollo de la red de alcantarillado, que considera, al horizonte temporal del 2002, que el por-

Tab.14 - Previsión de las necesidades futuras de alcantarillado según escenario A

	POBLACION	POB SERV.	% POB. SERV.	POBLACION		
	al 1992	al 1992	al 1992	1998	2010	2022
ANGOL	41.600	30.913	74,3	45.644	53.731	61.818
ANTUCO	1.618	0	0	1.065	1.065	1.065
CABRERO	8.301	1.484	17,9	9.078	10.632	12.186
COLLIPULLI	11.913	8.722	73,2	13.104	15.487	17.869
CONCEPCION	222.966	170.402	76,4	243.033	283.166	323.300
CHIGUAYANTE	52.706	18.615	35,3	59.379	72.724	86.070
CORONEL	83.406	53.658	64,3	92.664	111.180	129.696
ERCILLA	1.674	990	59,1	1.657	1.623	1.589
HUALQUI	9.579	0	0	10.383	11.993	13.602
LAJA	17.589	9.471	53,8	18.602	20.629	22.655
LONQUIMAY	2.925	2.100	71,8	2.821	2.612	2.404
LOS ANGELES	94.041	82.220	87,4	107.019	132.974	158.930
LOS SAUCES	3.377	2.692	79,7	3.296	3.134	2.972
LOTA	49.972	17.600	35,2	50.872	52.671	54.470
MININCO	1.302	0	0	1.433	1.693	1.954
MONTE AGUILA	5.946	0	0	6.502	7.615	8.728
MULCHEN	19.719	6.331	32,1	21.079	23.800	26.521
NACIMIENTO	18.324	7.442	40,6	19.710	22.480	25.251
NEGRETE	3.892	2.310	59,3	3.962	4.103	4.243
POBL. CANTERAS	1.664	0	0	1.714	1.814	1.914
PENCO	39.333	15.262	38,8	44.053	53.493	62.933
QUILACO	1.467	236	16,1	1.379	1.203	1.027
QUILLECO	2.139	0	0	2.203	2.332	2.460
RENAICO	4.729	3.664	77,5	4.879	5.180	5.481
SAN PEDRO	49.351	44.384	89,9	55.569	68.006	80.442
STA. BARBARA	5.861	3.388	57,8	6.072	6.494	6.916
SAN ROSENDO	3.338	0	0	3.379	3.459	3.539
SANTA FE	2.043	0	0	2.325	2.888	3.452
SANTA JUANA	5.337	0	0	6.297	8.218	10.139
TALCAHUANO	244.840	226.246	92,4	272.752	328.575	384.399
TOME	40.983	10.901	26,6	41.720	43.196	44.671
TUCAPEL	1.674	0	0	1.714	1.795	1.875
VILLA MERCEDES	1.719	0	0	1.770	1.874	1.977
VILLA TIJERAL	1.239	0	0	1.279	1.358	1.436
YUMBEL P.	6.802	3.202	47,1	6.475	5.822	5.169
YUMBEL EST.	2.771	816	29,4	2.638	2.372	2.106

(Continua)

Tab.14 - *(Continuación)*

	% COBERTURA EN LOS DISTINTOS AÑOS			POBLACION A SERVIR EN LOS INTERVALOS TEM			ALCANTARILLADO			
							ML Alc.	ML RED		
	1998	2010	2022	1998	2010	2022	p/hab	92-1998	98-2010	2002-12
ANGOL	74,3	84,7	95	3000	11570	13244	2,5	7.500	28.925	33.110
ANTUCO	10,0	52,5	95	107	453	453	3,5	375	1.133	1.133
CABRERO	17,9	56,5	95	141	4377	5575	2,4	338	10.943	13.938
COLLIPULLI	73,2	84,1	95	870	3432	3951	1,2	1.044	8.580	9.878
CONCEPCION	16,4	85,7	95	5275	56996	64462	1	15.275	142.490	161.155
CHIGUAYANTE	35,3	65,2	95	2346	26419	34387	2,6	6.100	66.048	85.968
CORONEL	64,3	79,7	95	5925	28972	34656	1,4	8.295	72.430	86.640
ERCILLA	59,1	77,1	95	0	271	259	4,8	0	678	648
HUALQUI	20	57,5	95	2077	4819	6026	5/2,4	10.385	11.566	14.462
LAJA	53,8	74,4	95	537	5340	6174	3	1.611	13.350	15.435
LONQUIMAY	71,8	83,4	95	0	153	105	2,4	0	383	263
LOS ANGELES	187,4	91,2	95	1315	27738	29711	1,1	12.447	69.345	74.278
LOS SAUCES	79,7	87,4	95	0	111	86	4,6	0	278	215
LOTA	35,2	65,1	95	307	16382	17458	1,9	583	40.955	43.645
MININCO	10	52,5	95	143	746	967	5/2,4	715	1.790	2.321
MONTE AGUILA	10	52,5	95	650	3348	4294	5/2,4	3.250	8.035	10.306
MULCHEN	32,1	63,6	95	435	8359	10070	2,6	1.131	20.898	25.175
NACIMIENTO	50,4	72,7	95	2492	6409	7645	1,6	3.987	16.023	19.113
NEGRETE	59,3	77,2	95	39	816	865	3,3	129	2.040	2.163
POBL. CANTERAS	10	52,5	95	171	781	866	5/2,4	855	1.874	2.078
PENCO	38,8	66,9	95	1831	18694	24000	2,2	4.028	46.735	60.000
QUILACO	16,1	55,6	95	0	446	307	5/2,4	0	1.070	737
QUILLECO	10	52,5	95	220	1004	1113	5/2,4	1.100	2.410	2.671
RENAICO	77,5	86,3	95	117	687	739	3	351	1.718	1.848
SAN PEDRO	89,9	92,5	95	5573	12915	13548	1,6	8.917	32.288	33.870
STA. BARBARA	57,8	76,4	95	122	1452	1609	3	366	3.630	4.023
SAN ROSENDO	10	52,5	95	338	1478	1546	5/2,4	1.690	3.547	3.710
SANTA FE	10	52,5	95	233	1284	1763	5/2,4	1.165	3.082	4.231
SANTA JUANA	20	57,5	95	1259	3466	4907	5/2,4	6.295	8.318	11.777
TALCAHUANO	292,4	93,7	95	5777	55852	57304	1,7	43.821	139.630	143.260
TOME	26,6	60,8	95	197	15166	16174	1,5	296	37.915	40.435
TUCAPEL	10	52,5	95	171	771	839	5/2,4	855	1.850	2.014
VILLA MERCEDES	10	52,5	95	177	807	894	5/2,4	885	1.937	2.146
VILLA TIJERAL	10	52,5	95	128	585	651	5/2,4	640	1.404	1.562
YUMBEL P.	47,1	71,1	95	0	1087	774	3,6	0	2.718	1.935
YUMBEL EST.	29,4	62,2	95	0	700	525	3,6	0	1.750	1.313

centaje de cobertura, en toda la cuenca, sea igual a un 95% y que hasta 1998 no se realice ninguna ampliación de la red en los centros ya servidos por el alcantarillado, mientras si sea realizado en los centros desprovistos, alcanzando un porcentaje de cobertura entre un 10 y un 20%.

Se obtiene así un panorama global sobre las distintas previsiones de desarrollo relativo a las redes de alcantarillado.

Para seleccionar las plantas de tratamiento de las aguas residuales urbanas de las ciudades de la cuenca del río Biobío y del área costera adyacente ha sido elaborada una tabla (Tab.15) con las indicaciones de las plantas más adecuadas, en función de la potencialidad de los centros servidos y del receptor final, como un objetivo a realizar en el largo plazo.

Los criterios utilizados para la elección de plantas propuestas, además de la potencialidad son:

- *tipología del cuerpo receptor*: se han considerado los casos de descarga en los ríos y en el mar. Para las descargas en el mar se ha previsto siempre un emisario submarino. Al crecer la potencialidad, el emisario deberá ser precedido de tratamiento (rejas, eventual desinfección y eventual sedimentación primaria), para reducir la concentración de sólidos suspendidos y la carga bactérica.
- *posibilidad de construcción por etapas*: en la imposibilidad de financiar en el corto plazo una planta completa, se ha orientado la propuesta hacia plantas que puedan ser construidas por etapas sucesivas y autónomas, consiguiendo un resultado de depuración parcial;
- *costo de construcción y operación*: en cuanto ha sido posible, se ha orientado siempre hacia las soluciones de un menor costo y de simple operación. Es obvio, además, que la economía de las obras es un criterio importante en la evaluación en la actual situación chilena, pero no se puede prescindir de las consideraciones de funcionalidad, eficiencia y problemática de operación de la planta;
- *espacio disponible*: para cada potencialidad se han identificado generalmente dos soluciones, de menor o mayor uso de espacio, en modo de elegir la solución más adecuada a la superficie disponible;
- *lodos*: para las potencialidades menores, se ha orientado hacia las soluciones que simplifican al máximo el problema de los lodos y no necesitan una fase separada de estabilización (estanque Imhoff o laguna). Para estos tratamientos es necesario entonces prever sólo una recolección periódica de los lodos, que están ya estabilizados, y una eventual deshidratación, antes de su uso en agricultura o su disposición en los vertederos.

Todas las soluciones de plantas propuestas permiten, adecuadamente dimensionadas y operadas, alcanzar las concentraciones de las descargas civiles identificadas en Tab.13.
La Tab.15 representa obviamente un esquema general de referencia, que no considera situaciones particulares o específicas, que podrían sugerir otras propuestas o tecnologías de depuración.
Entre las opciones de disposición final de los lodos, que se pueden proponer para la realidad de la cuenca, se encuentran son la disposición en vertederos o el uso en agricultura.
Tanto para el uso en agricultura como para la disposición en vertedero, es necesario realizar la estabilización del lodo y su eventual deshidratación.
En base a las características específicas de cada ciudad y sobre la base de Tab.15 se han individualizado la o las soluciones de plantas de tratamiento para todos los centros urbanos de la cuenca y el área costera adyacente.
Tales soluciones se resumen en la Tab.16.
Sobre la base de la cartografía 1:25.000 del Instituto Geográfico Militar de Chile se han identificado las posibles ubicaciones de estas plantas y los puntos de descarga de los efluentes depurados, que se deben considerar como una primera hipótesis, que se debe verificar y profundizar con mayor detalle.
Para estas soluciones se han estimado además los

Tab.15 - Tipología de planta de tratamiento propuesta para las ciudades de la cuenca del Biobío y del área costera adyacente

Descargas en río	
POTENCIALIDAD (habitantes)	**PLANTA**
< 1.000	Estanque IMHOFF + irrigación en zona cercanas sin uso agrícola y ganadero simultáneo
1.000-5.000	Imhoff + Laguna aeróbica+ Desinfección (eventual) Imhoff + Lecho percolador Desinfección (eventual)
5.000-20.000	Re.+ Laguna anar. y aerob.+ Desinfección (eventual) Sed. + Lecho Per. + Desinfección (eventual)
20.000-50.000	Re.+ Sed. + Lodos activados (aireación prolongada)+Desinf.(eventual) Re.+ Sed. + Lecho percolador + Desinf.(eventual)
>50.000	Re.+ Sed. + Lodos activados + Desinf.(eventual)
Descarga al mar, mediante emisario submarino	
POTENCIALIDAD (habitantes)	**TIPO PLANTA**
< 1.000	Emisario y eventual desinfección
1.000-5.000	Rejas, emisario y eventual desinfección
5.000-50.000	Rejas, emisario y eventual desinfección
50.000-100.000	Rejas, sedimentador primario (eventual), emisario y eventual desinfección
> 100.000	Rejas, sedimentador primario (eventual), emisario y eventual desinfección (eventualmente otros trat.)

costos, a nivel de prefactibilidad, de la construcción y operación en una base anual, que se encuentran resumidos en Tab.17.

Para las ciudades de Concepción, Talcahuano, San Pedro, Chiguayante y Hualqui se han analizado distintas soluciones, que consideran o la recolección en un punto único, ya sea en la ribera norte o sur del Biobío y un posterior emisario submarino, o bien soluciones separadas, a realizar localmente y que consideran la disposición final de las aguas en el mar (a excepción de Hualqui).

En una primera comparación técnico-económica de estas soluciones parece preferible realizar las soluciones separadas constituidas por:

un emisario submarino que recolecte las aguas de Concepción, Chiguayante, Hualqui y de la parte de Talcahuano que actualmente descarga en el Biobío, ubicado justo al norte de la desembocadura del Biobío.

un emisario submarino, ubicado al sur de la desembocadura, que recolecte las aguas de San Pedro.

uno o más emisarios en paralelo, ubicados en la Bahía de San Vicente, en las cercanías de Punta Liles, que recolecte la parte restante de Talcahuano y las descargas debidas al desembarque de pescado.

Esta evaluación deberá ser confirmada y verificada a la luz de investigaciones sucesivas y con mayor profundidad, que clarifiquen más exactamente una serie de aspectos (disponibilidad efectiva de superficie, longitud de los emisarios para garantizar una adecuada dispersión, estima-

Tab.16 - Soluciones de plantas propuestas para todos los centros urbanos de la cuenca con longitud de los colectores y producción de lodos

Ciudad	Sol.	Poten.al 2022 hab.	Dot.hidr. al 2022	Solución propuesta a largo plazo	Longitud colectores	Longitud emis. (m)
Concepción-Talcahuano-	a/1	645000	311	Sedim. I - emisario sub.	12700	
Chiguayante	a/2	645000	311	Sedim. I - emisario sub.	17500	
	b/1	876000	322	Sedim. I - emisario sub.	23700	
	b/2	876000	322	Sedim. I - emisario sub.	28500	
	c/1	890000	320	Sedim. I - emisario sub.	33700	
	c/2	890000	320	Sedim. I - emisario sub.	38500	
	d/2	565000	327	Sedim. I - emisario sub.	11000	
Talcahuano		231000	350	Sedim. I - emisario sub.	5000	
San Pedro		80000	200	Emisario submarino	5000	
Coronel	a)	130000	280	Sedim. I - emisario sub.	3000	
	b)	65000	280	Emisario submarino	0	
	b')	65000	280	Emisario submarino	0	
Penco		65000	280	Emisario submarino	s.i.	
Lota	a)	55000	280	Emisario submarino	2500	
	b)	41000	280	Emisario submarino	0	
	b')	14000	280	Emisario submarino	0	
Tomé		45000	200	Emisario submarino	s.i.	
Los Angeles		160000	350	Lodos activados	2500	500
Angol		62000	280	Lodos activados	250	
Mulchén	1)	27000	200	Lecho percolador	0	100
	2)	27000	200	Lecho percolador	1250	100
Nacimiento-El Progreso		25000	200	Lecho percolador	2750	250
Collipulli	a/1	18000	200	Lecho percolador	400	500
	a/2	18000	200	Lecho percolador	1000	
	b	18000	200	Lagunas	1000	100
Laja-San Rosendo		27000	200	Lecho percolador	3050	50
Hualqui	1)	14000	200	Lecho percolador	250	50
	2)	14000	200	Lecho percolador	1500	50
Cabrero		12000	200	Laguna aeróbica(4)	0	5
Santa Juana		10000	200	Lagunas	500	100
Yumbel-Yumbel Estación		7000	200	Lagunas	250	100
Monte Aguila	1)	9000	200	Lagunas	450	250
	2)	9000	200	Lagunas	3750	50
Santa Bárbara		7000	200	Lecho percolador	1500	50
Renaico	1)	6000	200	Lagunas	750	50
	2)	6000	200	Lagunas	750	50
Negrete		4000	200	IMHOFF-lecho percolador	300	250
Santa Fé		3500	200	IMHOFF-laguna aeróbica	s.i.	s.i.
Los Sauces		3000	200	IMHOFF-laguna aeróbica	600	150
Quilleco		2500	200	IMHOFF-laguna aeróbica	400	250
Lonquimay		2500	130	IMHOFF-laguna aeróbica	0	0
Villa Mercedes		2000	100	IMHOFF-laguna aeróbica	100	100
Mininco		2000	350	IMHOFF-laguna aeróbica	400	500
Población Canteras		2000	100	IMHOFF-laguna aeróbica	100	100
Tucapel		2000	200	IMHOFF-laguna aeróbica	250	1250
Ercilla	1)	1500	200	IMHOFF-laguna aeróbica	400	50
	2)	1500	200	IMHOFF-laguna aeróbica	400	50
Villa Tijeral		1500	100	IMHOFF-laguna aeróbica	250	250
Quilaco		1000	200	IMHOFF	0	400

(Continúa)

Tab.16 - *(Continuación)*

Ciudad	Sol.	Cuerpo receptor	Q cuerpo recep.(m^3/s)	Q descargado (l/s)	Dilución	Produc. de lodos (kgSS/d)	Humedad %	Volumen m^3/d
Concepción-Talcahuano-	a/1	Golfo de Arauco		2322		34830	95	697
Chiguayante	a/2	Golfo de Arauco		2322		34830	95	697
	b/1	Golfo de Arauco		3265		47304	95	946
	b/2	Golfo de Arauco		3265		47304	95	946
	c/1	Golfo de Arauco		3296		48060	95	961
	c/2	Golfo de Arauco		3296		48060	95	961
	d/2	Golfo de Arauco		2138		30510	95	610
Talcahuano		Bahía de S.Vicente (1)		936		12474	95	249
San Pedro		Golfo de Arauco		185		eventualmente sólo las rejas		
Coronel	a)	Bahía de Coronel		421		7020	95	140
	b)	Bahía de Coronel		211		eventualmente sólo las rejas		
	b')	Golfo de Arauco				eventualmente sólo las rejas		
Penco		Bahía de Concepción		211		eventualmente sólo las rejas		
Lota	a)	Golfo de Arauco		178		eventualmente sólo las rejas		
	b)	Golfo de Arauco		133		eventualmente sólo las rejas		
	b')	Golfo de Arauco		45		eventualmente sólo las rejas		
Tomé		Bahía de Concepción		104		eventualmente sólo las rejas		
Los Angeles		Quilque	3	648	1:5	13600	96	340
Angol		Rehue (2)	2	201	1:10	5270	96	132
Mulchén	1)	Bureo	5	63	1:79	1890	95	38
	2)	Bureo	5	63	1:	1890	95	38
Nacimiento-El Progreso		Biobío	130	58	1:2241	1750	95	35
Collipulli	a/1	Malleco	3,50	42	1:83	1260	95	25
	a/2	Malleco	1260	95	25			
	b	Malleco	3,50	42	1:83			
Laja-San Rosendo		Laja (3)	150	63	1:2381	1890	95	38
Hualqui	1)	Biobío	150	32	1:4688	980	95	20
	2)	Biobío	150	32	1:4688	980	95	20
Cabrero		0 Estero Coihueco	1 (*)	28	1:36			
Santa Juana		Biobío	150	23	1:6522			
Yumbel-Yumbel Estación		Claro	2	16	1:125			
Monte Aguila	1)	Estero Monte Aguila	1 (*)	21	1:48			
	2)	Estero Coihueco	1 (*)	21	1:48			
Santa Bárbara		Biobío	60	16	1:3750	490	95	10
Renaico	1)	Renaico	5	14	1:357			
	2)	Renaico	5	14	1:357			
Negrete		Biobío	90	9	1:10000	212	91	2
Santa Fé		s.i.		8		123	87	,9
Los Sauces		Rehue	1 (*)	7	1:143	105	87	,8
Quilleco		Estero Quilleco	1 (*)	6	1:167	88	87	,7
Lonquimay		Lonquimay	7	4	1:1750	88	87	,7
Villa Mercedes		Estero Borracho	1 (*)	2	1:500	70	87	,5
Mininco		Estero Mininco	2	8	1:250	70	87	,5
Pob. Canteras		Estero Borracho	1 (*)	2	1:500	70	87	,5
Tucapel		Laja	40	5	1:8000	70	87	,5
Ercilla	1)	Huequén	,60 (**	3	1:200	53	87	,4
	2)	Huequén	1 (*)	3	1:333			
Villa Tijeral		Vergara	2	2	1:1000	53	87	,4
Quilaco		Biobío	60	2	1:30000	23	87	,2

Tab.16 - *(Continuación)*

(1) Emisario ubicado en Punta Lobos, hacia el mar abierto
(2) 600 m aguas abajo, el río Rehue confluye con el Malleco, formando el Vergara
(3) Esta descarga se puede considerar en el Biobío, después de la confluencia con el río Laja
(4) proyecto ejecutado por ESSBIO
(*) En los esteros sin información hidrológica, se ha supuesto que el caudal mínimo es de 1 m3/s.
(**) Valor entregado por ESSAR
s.i.: sin información

Tab.17 - Resumen de los costos anuales totales (miles de pesos chilenos)

	Gasto anual construcción	Gasto anual construcción lagunas imper.	Costo anual ejercicio	Gasto anual colectores	Total anual	Total anual lagunas imper
Concepción-Talcahuano Chiguayante-San Pedro						
a/1	374.500		587.650	86.100	1.048.250	
a/2	352.700		524.325	115.300	992.325	
b/1	498.600		808.000	154.300	1.460.900	
b/2	461.100		707.200	172.800	1.341.100	
c/1	502.600		819.300	167.200	1.489.100	
c/2	465.200		717.000	185.700	1.367.900	
d/2	292.400		451.200	88.900	832.500	
Talcahuano	124.000		196.900	25.000	345.900	
San Pedro	56.800		27.500	15.100	99.400	
Coronel						
a)	119.900		129.790	9.000	258.690	
b)	39.100		12.630	0	51.730	
b')	72.900		12.630	0	85.530	
Penco	46.900		20.650	s.i.	67.550	
Lota						
a)	64.800		16.130	3.200	84.130	
b)	51.800		7.100	0	58.900	
b')	24.500		4.600	0	29.100	
Tomé	58.900		11.200	s.i.	70.100	
Los Angeles	374.300		318.000	15.000	707.300	
Angol	179.100		137.550	10.600	327.250	
Mulchen						
1)	84.500		50.590	200	135.290	
2)	84.500		50.590	2.200	137.290	
Nacimiento						
1)	79.800		28.400	4.800	113.000	
2)	78.600		27.350	4.800	110.750	

(Continúa)

Tab.17 - *(Continuación)*

	Gasto anual construcción	Gasto anual construcción lagunas imper.	Costo anual ejercicio	Gasto anual colectores	Total anual	Total anual lagunas imper
Collipulli						
a/1	56.300		21.470	1.200	78.970	
a/2	56.300		21.470	1.400	79.170	
b	16400	46100	5.350	1.400	23.150	52.850
Laja	84.900		30.450	3.600	118.950	
Hualqui						
1)	49.300		16.000	400	65.700	
2)	49.300		16.000	2.000	67.300	
Cabrero	100		100			
Santa Juana	9500	26200	2.794	800	13.094	29.794
Yumbel-Yumb. Est.	7500	19200	2.534	500	10.534	22.234
Monte Aguila	8700	23800	2.675	900	12.275	27.375
Santa Bárbara		7.800		7.435	2.000	17.235
Renaico	6100	16200	2.301	800	9.201	19.301
Negrete		4.700		3.060	500	8.260
Los Sauces	2200	9400	1.375	700	4.275	11.475
Quilleco	2000	8000	1.276	600	3.876	9.876
Lonquimay	2000	8000	1.276	0	3.276	9.276
Villa Mercedes	1800	6600	1.177	200	3.177	7.977
Mininco	1800	6600	1.177	900	3.877	8.677
Pob. Canteras	1800	6600	1.177	200	3.177	7.977
Tucapel	1800	6600	1.177	1.500	4.477	9.277
Ercilla						
1)	1500	5100	1.078	400	2.978	6.578
2)	1500	5100	1.078	400	2.978	6.578
Villa Tijeral	1500	5100	1.078	500	3.078	6.678
Quilaco		800	780	400	1.980	

ción precisa de los costos, etc.) que a este nivel de prefactibilidad no ha sido posible analizar.

E. Tratamiento y disposición de los residuos industriales líquidos

El aporte contaminante industrial se estima en cerca de 10 veces el aporte de tipo civil (en términos de DQO).

Por lo tanto, la reducción de la contaminación industrial constituye uno de los puntos más importantes para alcanzar los objetivos de saneamiento propuestos. Tanto para las descargas industriales como para las civiles, no existen en Chile normas que hayan permitido un efectivo y eficiente control de la contaminación producida por las descargas líquidas, con el agravante que prácticamente no existen limitaciones administrativas o económicas al uso de los recursos hídricos por parte de las industrias, por lo que se presenta un mal uso del recurso.

El problema de la reducción de la contaminación industrial en la cuenca del Biobío y del área costera adyacente será enfrentado con los siguientes criterios:

- propuesta de estándares cualitativos para las descargas industriales líquidas, como referencia e indicación para el desarrollo y la elaboración de una norma legislativa y técnica que regule estas descargas;
- evaluación de los problemas de contaminación de los distintos sectores industriales presentes en la cuenca y en el área costera adyacente e indicaciones de las acciones indispensables para corregir la situación, tanto en el plano del ciclo productivo como del tratamiento de los efluentes, para garantizar los objetivos de calidad de los recursos hídricos indicados en Cap.9.

Es importante recalcar que la sola imposición de estándares de concentración a los efluentes industriales no representa una estrategia válida para la protección de las aguas. La estrategia correcta y eficiente debe basarse en el concepto de carga máxima admisible, que se realiza con una doble imposición de estandard a la descarga y un límite en el caudal captado. De este modo es posible alcanzar la estrategia de carga admisible en el cuerpo hídrico y cuidar el uso indiscriminado del agua de refrigeración, sólo con un objetivo de dilución.

Considerando una evidente dificultad en la aplicación de estándares muy restrictivos, se ha previsto una fase de mediano plazo, en la cual los valores son menos restrictivos, y una fase de largo plazo, donde los valores son más restrictivos. Estos plazos deben tener en cuenta la adecuación tecnológica, ya sea con modificaciones en el proceso productivo, reduciendo la contaminación en el origen, o con plantas de tratamiento adecuadas.

En Tab.18 se entregan los estándares propuestos para los efluentes industriales, en función del cuerpo receptor, de los distintos horizontes temporales y, en algunos casos, del caudal. Esta tabla, eso sí, debe ser utilizada conjuntamente con una restricción en el caudal descargado.

En Par.10.5 se han indicado, para las distintas tipologías industriales, las modificaciones a los procesos productivos y a las soluciones de trata-

Tab.18 - Propuesta de estándares cualitativos para las descargas industriales presentes en la cuenca (ver Tab.10.5.2 para los valores de la tabla A, C1, C2, C)

Descarga al mar	
Mediano Plazo:	Tab. C1 + dilución 1/10 (3)
Largo plazo :	Tab. C2 + dilución 1/100
Descarga en río	
Mediano plazo:	Tab. C
Largo plazo :	Tab. A
Descarga en lagos	
Mediano plazo:	Tab. A2+ Ptot < 5 mg/l y Ntot < 20 mg/l (1)
Largo plazo :	Tab. A + Ptot < 1mg/l y Ntot < 10 mg/l
Descarga en alcantarillado	
Q > 1.000 m^3/d (2)	Tab. C2
Q < 1.000 m^3/d	2 * Tab. C2, excepto grasas

Nota:

Los límites se entienden como un régimen autorizativo. Las autorizaciones se concederán tomando en cuenta los caudales descargados respecto a los límites entregados en la tabla precedente.

Todas las concentraciones se entienden sobre muestras medias de 24 horas (mínimo 6 muestras en 24 horas). Cada muestreo no debe superar el doble de los valores indicados.

Descargas artesanales, comerciales, etc. pueden ser asimiladas a las descargas civiles, en acuerdo al reglamento del alcantarillado y para caudales < 200 m3/d.

Industrias que descargan sustancias tóxicas y nocivas deben realizar un acuerdo en el cual se comprometen a reducir estas descargas, según lo que les será indicado por la autoridad pública.

(1) Esta norma debe referirse también a los ríos que sean afluentes de lagos o lagunas, si la descarga se ubica a 10 km en línea recta entre el punto de descarga y el perímetro del lago o de la laguna.

(2) Valores de referencia. Para autorizarse caso por caso en función del caudal, de la carga orgánica total de la red y de la compatibilidad con el tratamiento depurativo aguas abajo.

(3) 1/10 o 1/100 corresponden al factor de dilución instantáneo del efluente en el cuerpo receptor.

miento que las industrias deben realizar, en el más breve plazo posible, para reducir la contaminación causada por sus descargas. Se trata, como se ha dicho, de intervenciones en los procesos y en la tecnología productiva, como la separación de los residuos líquidos de las distintas líneas productivas (por ejemplo agua de refrigeración y agua de proceso) e indicaciones sobre tratamientos más adecuados para remover contaminantes específicos de cada tipología industrial.

F. Tratamiento y disposición de los residuos sólidos

El campo de los residuos sólidos en Chile, está caracterizado por una carencia legislativa alarmante. No existe, por ejemplo, una clasificación precisa de los residuos sólidos ni de los vertederos que deberían recibirlos.
Por lo tanto, es necesario que se proceda rápidamente a la definición de un normativa adecuada; se podría hacer referencia esencialmente a tres normas de la CEE: la 91/156 del 18 de marzo de 1991 relativa a los residuos, la 78/319 del 20 de marzo de 1978 relativa a los residuos tóxicos y peligrosos y la 91/C190/01 relativa a las descargas de residuos.
Una vez definidos los tipos de residuos, siempre siguiendo las indicaciones de la CEE, es posible individualizar las características de las categorías de vertederos necesarias para la disposición.
Existen, de todos modos, algunos tipos de residuos que no deben ser admitidos en un vertedero tipo relleno sanitario:

- residuos en estado líquido, a menos que sean compatibles con el tipo de vertedero;
- residuos que, bajo las condiciones existentes en el vertedero, son explosivos, oxidantes o inflamables;
- residuos provenientes de hospitales o institutos veterinarios, si es que son infecciosos.

La CEE considera una prueba para establecer si un residuo peligroso es compatible para una disposición con residuos urbanos.

En cuanto a las características técnicas de los vertederos, la normativa CEE deja la libertad para que las establezcan cada nación.
Además de los aspectos normativos, en la cuenca del río Biobío se deberá planificar el saneamiento de los vertederos utilizados hasta ahora.
La carencia de información hidrogeológica específica sobre la situación de las descargas (tanto para RSU y RSI) limita las consideraciones que se puedan desarrollar para la preparación de investigaciones preliminares y el análisis de la forma de vertedero más comunes.
La factibilidad de una recolección diferenciada en la cuenca del Biobío y el área costera adyacente, debería definirse con un estudio específico. A priori se pueden, de todos modos, dar algunas indicaciones de validez general:

- la recolección diferenciada de las pilas descargadas, de las baterías para autos y de los remedios vencidos debería ser realizada inmediatamente, disponiendo de sitios de disposición para residuos peligrosos;
- paralelamente a la promoción de una recolección diferenciada de las pilas y de las baterías, debería realizarse una planta para la recuperación de metales pesados;
- debería ser incentivado el sistema de los envases retornables tanto para recipientes de vidrio, como para los de plástico.

Faltaría verificar la ventaja asociada a una eventual recolección diferenciada del vidrio, papel, aluminio y plástico. En cuanto al fierro ya se ha dicho que, de todos modos, resulta más conveniente un reciclaje de los RSU.
La industria del sector forestal, debe resolver el problema de la continua acumulación de aserrín producido por la elaboración de la madera. Actualmente hay iniciativas dirigidas al reciclaje de este tipo de residuos, pero falta un programa a escala regional. Un uso racional del aserrín es la combustión para la producción de energía.
Otros posibles usos son la preparación de compost, el empleo como carga comprimida, el uso químico, pero sólo tienen usos marginales.

La cuantificación de la producción de residuos, por categorías y características, es fundamental para elaborar cualquier plan de disposición. Resulta a priori necesario disponer de una codificación de las actividades industriales: se podría hacer referencia a la codificación ISTAT, utilizada en Italia, o CIIU, utilizada en Chile.
Al mismo tiempo, incluso los residuos producidos deben ser referidos a una codificación: podría ser adoptada una codificación del tipo de la sugerida para Italia en DM 26/4/89 (decreto ministerial).
Además, debe ser establecida una clasificación de los residuos, por ejemplo, distinguiéndolos en inertes, peligrosos (tóxico-nocivos) y no peligrosos.
Para poder garantizar una disposición de los datos recolectados con el sistema de las encuestas llenadas por los productores, se considera necesario que el procedimiento sea regulado por una normativa específica (como en Italia con el D.P.R. 475/88). Responsabilizando al que contesta las encuestas se podrán limitar los errores que, de otro modo, podrían hacer inutilizables los datos para un análisis completo.
Se ha podido analizar, sector por sector, los tipos de residuos sólidos industriales producidos en la cuenca del Biobío y en el área costera adyacente y se sugiere la modalidad de disposición de disposición óptima. Por ejemplo, en relación a la industria de la celulosa y del papel, por la naturaleza del ciclo productivo, casi todos los materiales de desecho son utilizados como combustible. Los lodos derivados de la sedimentación (del proceso y de la planta) tienen problemas para ser quemados, debido a su elevado contenido de agua y de las sustancias inorgánicas presentes como precipitados. Por otro lado, disponer estos residuos sobre el terreno, sin ninguna protección en la parte inferior en contacto con el suelo, es una solución inaceptable en la ausencia de un estudio completo que defina la probable presencia y las cantidades de microcontaminantes que, con el tiempo, podrían alcanzar el agua subterránea. Los desechos inorgánicos, principalmente cenizas y lodos de sedimentación, no deberían causar graves problemas: la solución de un vertedero controlado en un lugar idóneo podría, como primera aproximación, resultar suficiente.

G. Lagos

LAGUNA GRANDE

Existe un proyecto para la creación de un parque de 20 há, con fines ecológicos y recreacionales a lo largo de la orilla de la laguna. Para realizarlo se requeriría una reforestación con flora nativa. Paralelamente, debería ser estudiado cómo reducir el aporte de nutrientes a la laguna.
Una vez cuantificados los aportes de nutrientes a la laguna y precisado el balance hidrológico, será posible planificar soluciones que permitan mejorar la calidad de sus aguas, hasta hacerlas mesotróficas. No es necesario un objetivo más exigente, dadas las consideraciones respecto a los usos previstos. Deberá ser previsto un plan para una gestión adecuada de la cuenca de la laguna.

LAGUNA CHICA

También en el caso de esta laguna falta información cuantitativa relativa al balance hidrológico y al aporte de nutrientes; de todos modos se pueden identificar algunas soluciones:
- realización de un colector de derivación para la zona habitada en el sector oriental dotado de fosas sépticas;
- reforestación con especies nativas en la hoya;
- definición del uso del suelo de su cuenca hidrográfica;
- delimitación y reconsideración del plano regulador, definiendo un plan más restrictivo en cuanto a las construcciones;
- control en el verano de la cantidad de bañistas.

Para el saneamiento de la laguna no debería ser necesario recurrir al dragaje de los sedimentos ya que, siendo las aguas todavía mesotróficas, deberían tener aún la posibilidad de adsorber nutrientes y, por lo tanto, actualmente los sedimentos no deberían contribuir a los aportes.

LAGUNA TRES PASCUALAS

En cuanto a las soluciones posibles, debe ser realizado un colector perimetral de derivación y debe ser estudiada la posibilidad de utilizar el jacinto acuático para depurar naturalmente el aporte de nutrientes asociado a las aguas lluvia.
Vale la pena subrayar que no se debe proceder a la poda o cosecha del jacinto actualmente presente antes de la conclusión del colector de derivación.
Además, debería ser estudiado el rol que puede tener el sedimento de la laguna, en el retardo de la plena recuperación de la misma, una vez controlados los aportes.

LAGUNA LO MENDEZ Y LO GALINDO

Se podrá sanear la laguna Lo Galindo sólo cuando sean resueltos los problemas de la laguna Lo Méndez, que se encuentra aguas arriba de la primera.
La primera obra a realizar será, por lo tanto, la construcción de un colector perimetral para la derivación de las descargas a la laguna Lo Méndez.
Al mismo tiempo, o sucesivamente podrá realizarse el de la laguna Lo Galindo (si se demuestra que recibe descargas).

LAGUNA LO CUSTODIO

Aparentemente no existen descargas sobre esta laguna; debería ser realizado un jardín en su entorno y se podría evaluar la posibilidad de realizar un lavado de sus aguas con agua subterránea: los costos deberían ser razonables en consideración a las limitadas dimensiones de la laguna.

LAGUNA REDONDA

Para la laguna Redonda no se proponen soluciones ya que sus características, en relación a sus usos, no requieren modificaciones a la actual situación.

X PRIORIDAD DE LAS SOLUCIONES PROPUESTAS A LOS PROBLEMAS MAS URGENTES

Aquí se identifican y jerarquizan, en base a criterios definidos a continuación, las prioridades de solución para los principales problemas que afectan el uso múltiple de los recursos hídricos y la calidad del ambiente en la zona de estudio.
Los objetivos principales de este Proyecto de Prefactibilidad para el Saneamiento de la Cuenca del Biobío y del Area Costera Adyacente son, como se ha dicho en Cap.1, garantizar la salud de sus habitantes y salvaguardar el ambiente y el paisaje.
A la luz de estos objetivos y de los problemas particulares de la zona, se desprenden los criterios para definir las prioridades de las soluciones que, en orden de importancia, son:

a) garantizar un abastecimiento hídrico adecuado de agua potable desde un punto de vista cualitativo y cuantitativo en todas las localidades.
b) asegurar los usos actuales y futuros de los cuerpos hídricos superficiales (mar, ríos, lagos y lagunas) y subterráneos.
c) mejorar la calidad de los ambientes naturales (agua superficial, agua subterránea, suelo y aire) y preservar la calidad de aquéllos que actualmente presentan condiciones similares a las naturales.

Al analizar problemas de esta complejidad, es necesario utilizar como base metodológica un enfoque sistémico, que considera a la cuenca y al área costera adyacente como un sistema integrado donde se interrelacionan el agua, el aire y el suelo, los cuales se encuentran, a su vez, influenciados por las actividades humanas.
Con este enfoque y con los criterios anteriormente expuestos se han identificado las siguientes prioridades para las soluciones propuestas:

- Tratamiento exigente o abastecimiento alternativo de agua potable para el área Concepción, Talcahuano, San Pedro, Chiguayante y Hualqui.
- Solucionar la contaminación provocada por las plantas de celulosa que descargan en ríos.

- Eliminar la descarga en el Biobío de la procesadora de pescado ubicada en Chiguayante.
- Realización simultánea del alcantarillado y de planta de tratamiento de las aguas residuales domésticas de Hualqui.
- Realización simultánea del alcantarillado y de planta de tratamiento de las aguas residuales domésticas de Santa Juana.
- Realización de emisarios submarinos para las ciudades de Penco, Tomé y Lota.
- a) Solucionar los malos olores y la contaminación hídrica de la industria pesquera localizada en Concepción-Talcahuano, Coronel y Tomé; b) Solucionar la contaminación hídrica de IANSA ubicada en Los Angeles; c) Solucionar la contaminación hídrica de PETROX y HUACHIPATO; d) Solucionar la contaminación hídrica de las plantas de celulosa que descargan en el mar.
- a) Realización de la planta de tratamiento de las aguas residuales domésticas de la ciudad de Los Angeles; b) Construcción de emisario(s) submarino(s) para las ciudades de Concepción, Talcahuano, San Pedro y Chiguayante.
- Mejorar el tratamiento del agua potable de Cabrero, Monte Aguila y Mulchén. Asegurar el abastecimiento de Los Angeles.
- Mejorar el tratamiento del agua potable de Coronel, Penco-Lirquén, Hualqui y Nacimiento.
- Saneamiento de la Laguna Chica de San Pedro.
- Disposición de los residuos sólidos peligrosos, considerando criterios ambientales.
- Disposición de los residuos sólidos no peligrosos, considerando su tipología.

No se incluyen en esta lista de prioridades para solucionar los problemas presentes en la zona:

- el control de la contaminación del resto del sector industrial, que por su tamaño actual, no presenta problemas ambientales como los de las industrias ya incluidas;
- la construcción de las soluciones propuestas para las aguas residuales domésticas en todas las localidades de la cuenca y en el área costera adyacente;
- saneamiento del resto de las lagunas urbanas de Concepción-San Pedro (Lo Galindo, Tres Pascualas, Lo Méndez, Redonda, Lo Custodio y Laguna Grande de San Pedro);
- solución a problemas ocasionales en el abastecimiento de agua potable de otras localidades.

Se pueden identificar para cada una de las prioridades los objetivos, exigencias y estándares de referencia para el saneamiento de los cuerpos hídricos y del ambiente. De esta manera se ha elaborado Tab.19, donde se incluyen los aspectos antes mencionados.

Se aprecia que las primeras cinco prioridades tienen como objetivo garantizar que el agua consumida por las ciudades de Concepción, Talcahuano, San Pedro, Chiguayante y Hualqui (que representan aproximadamente un 60% de los habitantes de la cuenca) se encuentre libre de problemas que pueden afectar la salud de la población. Por lo tanto, como primera medida, se deben acondicionar las plantas de La Mochita (Concepción-Talcahuano), de San Pedro y de Chiguayante para poder abatir la concentración de microcontaminantes y, en el corto-mediano plazo, asegurar una nueva fuente de abastecimiento para estas localidades (ver Par.10.2.4).

Además, según el mismo criterio, se requiere una reducción de la carga contaminante de las plantas de celulosa que descargan en los ríos (ver Par.10.5.2.1), principalmente de la DQO y de microcontaminantes como los AOX.

Se incluye eliminar la descarga en el río Biobío de la planta procesadora de pescado que se encuentra en Chiguayante (El Cabo), ya que se encuentra aguas arriba de la captación de la planta La Mochita y de la de San Pedro.

En la misma línea, las localidades de Hualqui y Santa Juana (en este orden) deben sanear sus descargas de aguas servidas con la realización simultánea del alcantarillado y de una planta de tratamiento, ya que en este momento las concentraciones de coliformes fecales y totales, en el agua superficial cercana a Concepción, se encuentran en la Clase D (que corresponde para este parámetro a la Clase A3 de la CEE).

Tab.19 - Prioridad de las soluciones a los problemas más importantes de la cuenca del Biobío y del área costera adyacente

Propuesta de intervención	Objetivo y exigencia (según Cap.9)	Objetivo específico	Estándard de referencia (según Cap.10)
Tratamiento exigente o abastecimiento alternativo para Concepción, Talcahuano, San Pedro, Chiguayante y Hualqui	Garantizar la salud pública del 60% de la población de la zona	Reducir concentración de microcontaminantes (fenoles, AOX)	Tabs.10.2.7-10.2.12 (Agua Potable)
Solución a la contaminación hídrica de las plantas de celulosas que descargan en ríos	Garantizar fuente agua potable para Concepción, Talcahuano, San Pedro y Chiguayante (Clase A2 CEE)	Reducir carga contaminante de DQO y AOX	Tab.10.5.1 (Tab.C mediano plazo y Tab.A
Eliminación de descarga en el Biobío de la pesquera ubicada en Chiguayante	Garantizar fuente agua potable para Concepción, Talcahuano, San Pedro y Chiguayante (Clase A2 CEE)	Eliminar carga microbiológica y de DBO	Tab.10.5.1 (Tab.C2 para alcantarillado)
Realización alcantarillado y planta de tratamiento para Hualqui	Garantizar fuente agua potable para Concepción, Talcahuano, San Pedro y Chiguayante (Clase A2 CEE)	Reducir carga contaminante microbiológica	Tab.10.3.1 (Tab. A2 más desinfección)
Construcción alcantarillado y planta de tratamiento para Santa Juana	Garantizar fuente agua potable para Concepción, Talcahuano, San Pedro y Chiguayante (Clase A2 CEE)	Reducir carga contaminante microbiológica	Tab.10.3.1 (Tab. A2 más desinfección)
Realización emisarios submarinos para Penco, Tomé y Lota	Recuperación de la calidad de la faja marina costera (en particular el balneario Tab. 9.3.1)	Reducir carga contaminante microbiológica	Tab.10.3.1 (Tab. A2 emisarios dilución 1:10)
Solución a la contaminación de las plantas pesqueras de Concepción- Talcahuano, Coronel y Tomé.	Recuperación de la calidad de la faja marina costera (Tab.9.3.1)	Remover los malos olores y reducir carga contaminante orgánica	Tab.10.5.1 (Tab.C1 mediano plazo y Tab. C2 largo plazo)
Solución a la contaminación hídrica para plantas de celulosa que descarguen en el mar	Garantizar uso múltiple del río (Clase C EULA)	Reducir carga contaminante de DQO y AOX	Tab.10.5.1 (Tab. C1 mediano plazo y Tab. C2 largo plazo)
Solución a la contaminación hídrica de IANSA (Los Angeles) largo plazo)	Garantizar uso múltiple del río (Clase C EULA) y del mar (Tab 9.3.2)	Reducir carga contaminante orgánica	Tab.10.5.1 (Tab. C mediano plazo y Tab. A largo plazo)
Solución a la contaminación hídrica de PETROX	Recuperación de la calidad de la faja marina costera líneas de producción	Reducir consumo de agua y carga contaminante de hidrocarburos y fenoles	Tab.10.5.1 (Tab. C mediano plazo y Tab. A largo plazo)
Solución a la contaminación hídrica de Huachipato (Tab.9.3.1)	Garantizar uso múltiple del río (Clase C EULA)	Reducir consumo de agua y carga contaminante de las distintas	Tab.10.5.1 (Tab.C1 mediano plazo y Tab. C2 largo plazo)
Planta de tratamiento para la ciudad de Los Angeles	Garantizar uso múltiple del río (Clase D EULA)	Reducir carga contaminante microbiológica y orgánica	Tab. 10.3.1 (Tab. A más desinfección)

(Continúa)

Tab.19 - *(Continuación)*

Propuesta de intervención	Objetivo y exigencia (según Cap.9)	Objetivo específico	Estándard de referencia (según Cap.10)
Emisario(s) para Concepción, Talcahuano y San Pedro	Garantizar la salud pública	Reducir carga contaminante microbiológica y orgánica	Tab. 10.3.1 (Tab. A2 emisarios dilución 1:10)
Mejorar Agua Potable para Cabrero, , Monte Aguila y Mulchén	Garantizar la salud pública	Reducir las concentraciones de Fe y Mn	Tabs.10.2.7-10.2.12 (Agua Potable)
Mejorar Agua Potable para Coronel, Penco, Lirquén, Hualqui, Lota y Nacimiento	Garantizar la salud pública	Reducir las concentraciones de distintos parámetros	Tabs.10.2.7-10.2.12 (Agua Potable)
Asegurar abastecimiento de Los Angeles	Garantizar sus aguas para uso balneario (Clase C EULA)	Aliviar la exigente situación de abastecimiento actual	
Saneamiento de la Laguna Chica de San Pedro	Garantizar la salubridad de la napa y del suelo	Controlar los aportes de nutrientes en la laguna	
Disposición de Residuos Sólidos Peligrosos	Garantizar la salubridad de la napa y del suelo	Evitar la formación de líquidos percolados y el contacto de la población con los desechos	Clasificación Tab. 10.6.3
Disposición de Residuos Sólidos No Peligrosos	Garantizar la salubridad de la napa y del suelo	Controlar los líquidos percolados y evitar contacto da la población con los desechos	Clasificación Tab. 10.6.3

En cuanto a las prioridades relativas a los residuos sólidos, con nuevas normas se entiende tanto nuevos criterios de disposición futura como una solución a los problemas asociados a la forma de disposición utilizada hasta la fecha.

Los objetivos, exigencias y estándares de referencia de las demás prioridades identificadas se pueden observar en detalle en la misma Tab.19.

Es necesario recordar que los estándares de referencia que se incluyen en Tab.19 no se encuentran vigentes en Chile y han sido recopilados de distintas fuentes (OMS, CEE, EULA, etc.), lo que subraya la necesidad de contar con un marco legal (general y específico) que permita la implementación del Plan de Saneamiento propuesto y que asegure una fiscalización sobre todos los componentes que, directa o indirectamente, influyen en la calidad de las aguas, del suelo y del aire y, por lo tanto, en la salud y en la calidad de vida de las personas.

XI CONCLUSIONES

A. Indicaciones relativas a la necesidad de estudios ulteriores

No se hace referencia aquí a la profundización necesaria para pasar desde un nivel de prefactibilidad, como el de este estudio, a un nivel de factibilidad o proyecto. Se trata de la información y los estudios sin los cuales no es posible pasar a la formulación de una propuesta real, o los elementos sin los cuales no es posible individualizar la solución más adecuada o la prioridad de las intervenciones.

B. Estos son:

a) Verificación del estado cualitativo del área costera de Lota y Coronel;

b) Verificación del estado cualitativo del área costera de Penco, Lirquén y Tomé;

c) Verificación de la presencia de fenoles en las aguas superficiales y subterráneas;
d) Estudio hidrogeológico de la zona cercana a la cordillera de la Costa;
e) Estudio hidrogeológico de vertederos;
f) Catastro de los residuos sólidos industriales;
g) Estudio de la laguna Chica y de las otras lagunas de Concepción-San Pedro;
h) Usos alternativos del aserrín;
i) Recolección diferenciada y reciclaje;
j) Determinación de la calidad del agua del río Biobío aguas abajo de Santa Juana, según la CEE 440/75.

Se recuerda además, que en el estudio no han sido considerados los problemas relacionados con la contaminación atmosférica, dado que no se cuenta con información suficiente. Por lo tanto, sería necesario realizar lo más pronto posible estudios relativos a la contaminación atmosférica, que representa un problema de no menor importancia respecto a los tratados en el presente estudio.

C. Conclusiones del estudio

En el desarrollo de este estudio se han alcanzado los siguientes objetivos:

- obtener una síntesis de las investigaciones interdisciplinarias desarrolladas por el Centro EULA al cabo de 3 años;
- estimar los requisitos de servicios de agua potable y alcantarillado necesarios para los próximos años;
- proponer los posibles usos de los diversos recursos hídricos;
- evaluar las exigencias de saneamiento cualitativo para asegurar el correcto uso de los recursos hídricos;
- individualizar las intervenciones o propuestas de solución necesarias;
- definir las prioridades de las intervenciones para los problemas más urgentes;
- efectuar una primera estimación de los costos de saneamiento en el largo plazo;
- identificar las investigaciones necesarias para obtener la información que falta.

El estudio se ha desarrollado con una visión general e interdisciplinaria, considerando la cuenca y el área costera adyacente como un sistema integrado, en el cual los elementos naturales agua, aire y suelo y los elementos antrópicos, ciudad e industria, se encuentran relacionados entre sí e influenciados recíprocamente. Con este enfoque se ha llegado a la formulación del estudio, cuyas conclusiones se pueden resumir como sigue:

- La contaminación ambiental producida en el interior de la cuenca, por todas las diversas actividades, no sufre, en la práctica, ningún control o reducción. Las descargas líquidas de las ciudades no están sometidas a ningún tratamiento; los residuos sólidos son dispuestos según tecnologías cuyo impacto ambiental es desconocido; sólo una mínima parte de las descargas líquidas industriales son tratadas y no se sabe casi nada respecto del destino y la manera de disposición de los residuos sólidos industriales. El origen de estos problemas está relacionado con la falta de una política de control adecuada y con el contexto económico actual del país.
- Una de las necesidades más urgentes es, por lo tanto, la de implementar una normativa adecuada al nivel actual de los problemas ambientales, por otro lado, este camino ya empieza a tomarse en Chile con el proyecto de normativa actualmente en discusión.
- El estado de contaminación actual del río Biobío y de algunos afluentes, sin mostrar características dramáticas, de todos modos presenta índices de contaminación urbana e industrial. Se debe tener presente que, actualmente, tanto la densidad de población como la actividad industrial y agrícola, están relativamente localizadas y limitadas en la cuenca del Biobío si se compara con posibles alternativas de desarrollo futuro.
- Si en esta condición ya se presenta un deterioramiento de la calidad del agua, un mayor desarrollo futuro de estas actividades, sin una estrategia adecuada de control y de limitación de los aportes contaminantes, podría comprometer la disponibilidad de este

recurso. Es decir el esfuerzo económico para el saneamiento sería mucho mayor que el necesario si las soluciones fueran realizadas de inmediato.

- Una primera comparación entre los aportes contaminantes de origen urbano y los de origen industrial muestra que estos últimos son, al menos, 10 veces superiores a los primeros, en términos de DQO. Además, la industria es responsable de las emisiones de contaminantes tóxicos, persistentes y difícilmente removibles, como por ejemplo los microcontaminantes orgánicos. A la luz de la comparación de estos aportes se deberá actuar urgentemente con medidas de control y limitación, según lo que ha sido propuesto en Cap.10.
- La situación del abastecimiento potable es seguramente buena, en términos de cobertura del servicio, pero se encuentran problemas de calidad, sobretodo en el caso de la utilización de fuentes superficiales.
- La situación del servicio de alcantarillado es también buena en términos de cobertura, pero, al no existir tratamiento, la buena cobertura se traduce en descargas concentradas de aguas residuales.
- Dado que el objetivo primario del saneamiento cualitativo debe ser la protección de la salud de la población, la principal intervención identificada es efectuar una serie de medidas dirigidas a garantizar que la población de Concepción, San Pedro, Talcahuano y Chiguayante (equivalente a aproximadamente el 60% de la población de toda la cuenca) sea abastecida con agua potable en calidad y cantidad óptima. Estas medidas (ver Cap.11) se traducen en mejoramientos en el breve plazo de los sistemas de captación y tratamiento, la limitación de los aportes contaminantes que llegan a la captación, en términos de patógenos y de microcontaminantes (debidos, estos últimos, a la industria de la celulosa).
- Los otros problemas relevantes, que se deben afrontar y resolver con urgencia, están indicados en Cap.11. Entre éstos se encuentran las intervenciones destinadas a garantizar el uso recreativo en las zonas vecinas a las ciudades de Coronel, Lota, Penco y Tomé y las intervenciones destinadas a resolver los problemas de contaminación hídrica debida a los restantes sectores industriales.

Por lo tanto, este estudio traza un cuadro, a nivel de prefactibilidad, de las intervenciones o propuestas de solución que se consideran necesarias para el saneamiento de la cuenca y el área costera adyacente, bajo el respeto de los criterios de salud pública y el correcto uso de los recursos.

Para pasar a una etapa de proyecto u operativa de estas intervenciones, será obviamente necesario realizar ulteriores estudios, a escala más reducida, que profundicen en los aspectos técnicos y económicos de las diversas soluciones.

La primera estimación de los costos asociados a las soluciones a realizar dentro del largo plazo, ha llevado a los siguientes valores: para el abastecimiento potable se requieren inversiones que varían desde 35 mil millones hasta 100 mil millones de pesos aproximadamente (más los costos de gestión) para servir adecuadamente todo la cuenca bajo la hipótesis de captar agua desde la zona del Laja para el conglomerado de Concepción y localidades limítrofes, lo que incide en un 90% del total; para el tratamiento de las aguas residuales civiles, se han estimado intervenciones del orden de 5-6 mil millones de pesos para el conglomerado de Concepción y del mismo orden de magnitud para la ciudad de Los Angeles. El costo de las soluciones de tratamiento de las aguas residuales civiles sobre toda la cuenca es de aproximadamente 25 mil millones de pesos. En cuanto al tratamiento de los residuos industriales y a la disposición de los residuos sólidos no ha sido posible realizar una estimación de costos.

1. INTRODUCCION - FINALIDAD DEL ESTUDIO

La cuenca del Biobío y el área costera adyacente ha sido objeto de tres años de investigación ambiental (1990-1992) desarrollada en el Centro EULA de Concepción (Chile). El Centro nace en el ámbito del Proyecto de Cooperación Interuniversitario Europa y Latinoamérica financiado por el Gobierno de Italia.
Entre los motivos que llevaron a la elección de la cuenca del Biobío para el desarrollo de este proyecto de investigación, se pueden mencionar:

- el Biobío tiene un rol determinante en el desarrollo de la VIII Región, que representa uno de los polos industriales más importantes del país;

- la parte alta de la cuenca ha tenido una presión antrópica limitada y cuenta con significativos recursos recreativos, forestales e hidroeléctricos;

- la parte media y baja de la cuenca está afectada por un notable impacto antrópico, particularmente del tipo industrial, urbano y forestal;

- la ciudad y la industria no tienen, en general, plantas de tratamiento para sus residuos sólidos, líquidos y gaseosos; la mayoría de las industrias utilizan agua del Biobío o de sus afluentes y descargan, a su vez, en los mismos cursos de agua.

Este estudio afronta los problemas relativos al abastecimiento hídrico potable y la contaminación del agua y del suelo provocada por las descargas de residuos líquidos o sólidos de los asentamientos urbanos, industriales y de la actividad agrícola.
Las propuestas de saneamiento han estado inspiradas en la necesidad de tutelar la salud pública y de salvaguardar el ambiente y el paisaje, persiguiendo los siguientes objetivos principales:

1) garantizar un abastecimiento hídrico adecuado de agua potable desde un punto de vista cualitativo y cuantitativo en todas las localidades;

2) asegurar los usos actuales y futuros de los cuerpos hídricos superficiales (mar, ríos, lagos y lagunas) y subterráneos;

3) mejorar la calidad de los ambientes naturales (agua superficial, agua subterránea, suelo y aire) y preservar la calidad de aquéllos que actualmente presentan condiciones no degradadas.

Para individualizar los objetivos del saneamiento y para realizar la fase propositiva, ha sido necesaria una recolección de los datos y de la información relativa a:

- territorio y asentamientos humanos;

- estado cualitativo y cuantitativo de los diversos recursos hídricos de la cuenca y el área costera adyacente;

- infraestructura destinada al abastecimiento hídrico de los sectores civiles e industriales;

- infraestructura destinada a la disposición de los residuos líquidos y sólidos de los sectores civiles e industriales;

- normativa ambiental vigente.

Esta recolección de información se ha dirigido a los estudios efectuados por el Centro EULA, a los efectuados por otros entes y a la bibliografía existente.
Lo anterior ha permitido individualizar la información que falta, a la luz de los objetivos ya mencionados, y las necesidades de infraestructura que garanticen conseguirlos.

Una vez individualizados los problemas de la zona, se ha llegado a la formulación de las intervenciones que, mediante la comparación de diversas hipótesis, entregan un cuadro de soluciones para el saneamiento y la protección ambiental de la cuenca del río Biobío y del área costera adyacente.

Por intervenciones se entienden no sólo las de tipo tecnológico, sino que también la definición de normativas apropiadas, criterios de gestión y criterios de recolección, tratamiento y disposición de residuos (líquidos y sólidos), que garanticen el respeto de precisos estándares higiénicos.

Las propuestas de este estudio se basan en la información disponible hasta 1992; en el futuro algunas de las indicaciones aquí contenidas podrían cambiar en virtud de los nuevos datos que se obtengan.

En el desarrollo de las propuestas de solución, se han analizado:

- sus características más notables, con la indicación de las tipologías más adecuadas, en función de las necesidades y de las características económico-territoriales de la cuenca;
- los criterios de elección entre todas las alternativas posibles;
- una primera estimación de los costos de algunas de las soluciones propuestas y de su gestión;
- una hipótesis tentativa de ubicación de las obras propuestas;
- la carencia de información útil para pasar a una fase propositiva de mayor detalle;
- la idoneidad de los estándares cualitativos y técnicos actualmente vigentes en la normativa: en base a éstos y a los objetivos individualizados para el saneamiento, se han formulado propuestas para actualizar y completar la normativa.

Una vez completo el cuadro de las soluciones necesarias, se han definido las prioridades de realización de éstas considerando los problemas más urgentes existentes.

2 CUENCA HIDROGRAFICA DEL RIO BIOBIO Y ZONA COSTERA ADYACENTE

2.1 El Territorio

La cuenca hidrográfica del río Biobío se sitúa entre el 36° 45' S y el 39° S de latitud y ocupa una faja de territorio, en forma aproximadamente romboidal, que desde una cota superior a los 2.500 msnm. (Cordillera de los Andes) llega hasta el Océano Pacífico (Fig.2.1.1). Representa, como extensión, la tercera cuenca de Chile, después de la del río Loa y la del río Baker.

La superficie total es de 24.220 km^2. El río Biobío, cuyo eje pricipal tiene una longitud de cerca de 380 km, nace en la cordillera, en los lagos Icalma y Galletué y en su recorrido recibe numerosos afluentes, entre los más importantes se encuentran

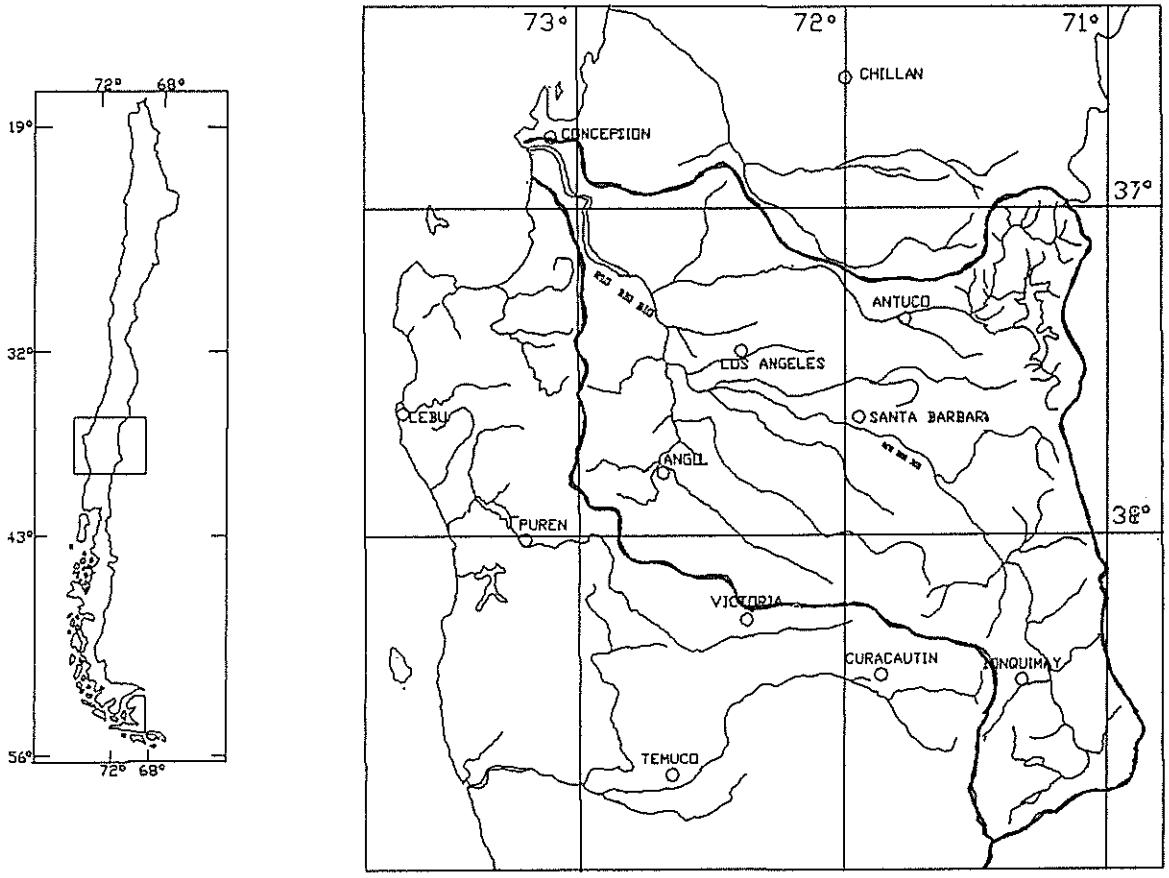


Fig.2.1.1 Representación general de la cuenca del río Biobío

el Vergara y el Laja. El área estudiada puede ser dividida (de aguas arriba hacia abajo) en: la subcuenca del río Biobío, del Duqueco, del Bureo, del Vergara y del Laja.

Morfológicamente se pueden identificar en la cuenca tres diversas zonas, dispuestas paralelamente respecto a la costa: la cordillera andina, que ocupa cerca de 14.000 km^2; la zona de llanura de la depresión central (5.300 km^2) y la zona de la cordillera de la costa (4.700 km^2), constituida de relieves de modesto tamaño y de zonas planas en las proximidades de la costa.
El área de estudio del Proyecto EULA se extiende también a la zona costera adyacente a la desembocadura del Biobío, en el tramo comprendido entre la ciudad de Arauco (al sur) y la ciudad de Tomé (al norte). En este tramo se identifican tres golfos : el Golfo de Arauco, el más grande, con una relación ancho de la entrada y la profundidad de la ensenada de cerca de 1.8:1; la Bahía de San Vicente, la más pequeña, con una relación entre el ancho de la entrada y la profundidad de la ensenada de cerca de 1:1 y la Bahía de Concepción, con una relación entre ancho de la entrada y la profundidad de la ensenada de cerca de 0.5:1 (comprendiendo la Isla Quiriquina).
El clima de la zona presenta características de transición entre el clima mediterráneo y el clima templado húmedo, que predomina en la parte más meridional de la zona [Intendencia VIII Región, Universidad Católica de Chile, 1976]. Los principales componentes del clima, temperatura y precipitación, varían además en relación a los factores geográficos locales. La orientación general de la Cordillera de la Costa, de la Depresión Central y de la Cordillera de los Andes influye en gran medida en esta particularidad climática. La Cordillera de la Costa constituye una barrera climática que influye en la distribución de las precipitaciones y en la distribución de las temperaturas. La vertiente occidental recibe de frente las perturbaciones que llegan de Oeste y Noroeste y se crea un clima húmedo, com más de 2.000 mm anuales de precipitación en los sectores altos de la cordillera y no más de 2-3 meses secos en el año. La vertiente oriental y la Depresión Central tienen, en cambio, un clima más seco, con precipitaciones más escasas (1.000 mm anuales) y 4-5 meses (o más) secos.
La influencia del mar es muy marcada a lo largo de toda la costa, pero penetra muy poco hacia el interior a través del valle del Biobío. De hecho en la Depresión Central el clima es continental, con inviernos fríos y veranos con altas temperaturas. Desplazándose hacia la Cordillera de los Andes se encuentra nuevamente un clima húmedo, con precipitaciones que varían desde los 1.500 mm a los 5.000 mm anuales, en la cordillera alta.
El régimen pluviométrico muestra una clara concentración de la lluvia en los meses invernales. La estación seca es la estival, en la cual predomina un régimen de altas presiones. La duración de este período seco está notablemente influenciada por la presencia y altura de los relieves.

2.1.1 Aspectos administrativos

El ordenamiento administrativo chileno determina la subdivisión del territorio en Regiones, Provincias y Comunas.
Como se puede observar en Fig.2.1.2, el territorio de la cuenca pertenece administrativamente a la Región del Biobío (VIII Región) y a la Región de la Araucanía (IX Región). La mayor parte del territorio, cerca del 80%, se encuentra en la VIII Región.
A nivel provincial, el territorio de la cuenca ocupa la Provincia de Concepción, Biobío y Ñuble (VIII Región) y de Malleco (IX Región).
La situación de las Autoridades y/u Organismos que, al menos teóricamente, intervienen e interactúan a varios niveles en aspectos de protección y saneamiento ambiental, salud pública y uso de los recursos puede ser definida de la siguiente manera [Larraín et al., 1987]:
Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA): depende de la Secretaría Regional del Ministerio de Bienes Nacionales y tiene la misión de proteger y conservar el ambiente y los

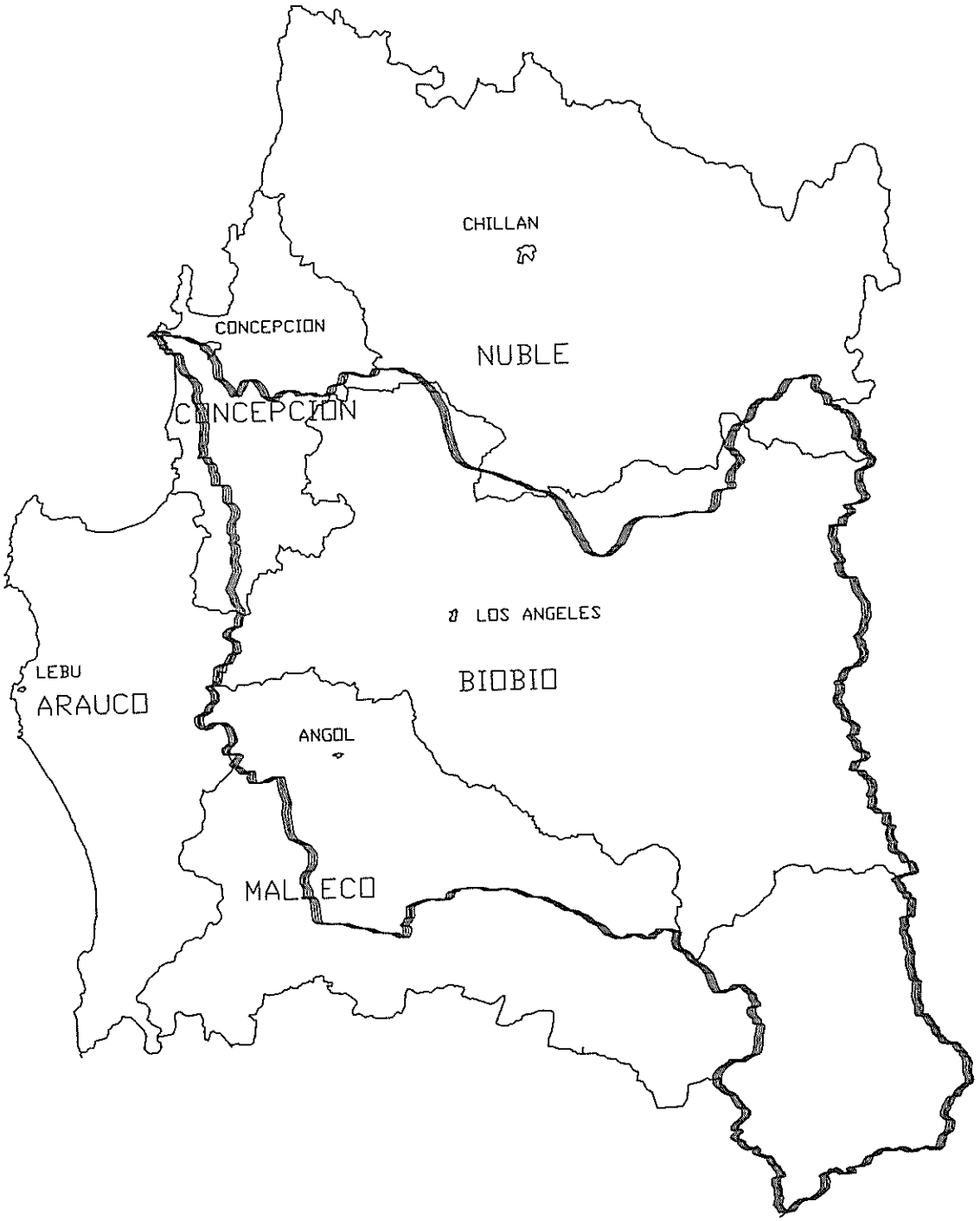


Fig. 2.1.2- Limites de las Provincias que son parte de la cuenca y del área costera adyacente

recursos naturales y de fiscalizar el mantenimiento de los bienes naturales de uso público.

Gobernación Marítima: depende del Ministerio de Defensa y tiene la tarea de autorizar y de otorgar concesiones, y el derecho de fiscalizar la contaminación del área costera.

Dirección Regional del Servicio Nacional de la Pesca (SERNAP): depende del Ministerio de Economía y tiene, entre otras, la misión de elaborar un catastro de la contaminación de los efluentes industriales. Tiene, además, otras competencias inherentes a las descargas de contaminantes, que se le han atribuido en Ley de Pesca DFL 5 (3 de mayo 1983) Tit. 2, Art. 6.

Dirección General de Emergencia: depende del Ministerio del Interior y tiene, entre otras, la misión de prevenir el deterioro del ambiente.

Secretaría Regional Ministerial de Salud Pública: son entes regionales dependientes del Ministerio de la Salud que tienen la facultad de aprobar proyectos de evacuación y tratamiento de las aguas residuales, de los residuos de la minería, de las descargas industriales; de aprobar proyectos de abastecimiento y tratamiento del agua potable; de autorizar la instalación o ampliación de las zonas de baño y de desarrollar planes de reducción de la contaminación de las descargas de la industria de la celulosa. En su interior existe un Departamento de Programas sobre el ambiente.

Dirección General de Aguas: es un organismo estatal que depende del Ministerio de Obras Públicas y está encargado de administrar los sistemas de medición hidrográficas (estaciones hidrográficas, pluviográficas y meteorológicas) en el territorio. Además, es el organismo que tiene el rol principal en la concesión del Derecho de Aguas (para uso industrial, riego, etc.) y debe verificar que no existan conflictos entre los diversos usos. Entre sus facultades recae además realizar un catastro de los usuarios.

Empresa Nacional de Electricidad S.A. (ENDESA): es la empresa que proyecta, construye y administra los sistemas de producción de energía eléctrica. Para el desarrollo de estas tareas dispone de un sistema de medición hidrológica. Puede vender directamente la energía eléctrica a los grandes usuarios o a otras empresas que se ocupan de la distribución urbana.

Corporación Nacional Forestal (CONAF): es un organismo estatal que depende del Ministerio de Agricultura que controla y planifica la gestión de los recursos forestales y administra los parques nacionales.

Dirección General de Riego: depende del Ministerio de Obras Públicas, tiene autoridad sobre varios canales de riego (Canal Antuco, Biobío Sur, Coreo, Duqueco-Cuel, etc.) y tiene la tarea de estudiar la construcción del Canal Laja-Diguillín.

Empresa de Servicios Sanitarios del Biobío S.A.: es la empresa que tiene la tarea de proyectar, construir y mantener los servicios de agua potable y de alcantarillado en la VIII Región. Es una empresa del Estado (propiedad de CORFO), que proviene de SENDOS (Servicio Nacional de Obras Sanitarias). Los proyectos realizados por ESSBIO utilizan principalmente cuatro formas de financiamiento: fondos propios (antiguos fondos del Ministerio de Obras Públicas), aportes de las municipalidades, recursos del Fondo Nacional de Desarrollo Regional (F.N.D.R) a través de la Intendencia Regional y, por último, préstamos internacionales (Banco Interamericano del Desarrollo, Banco Mundial, etc.), cuando se trata de grandes inversiones.

Antes de la realización, los proyectos de ESSBIO deben contar con la aprobación del Ministerio de Planificación (MIDEPLAN), para los aspectos técnicos, y del Ministerio de Hacienda, para los aspectos financieros.

ESSBIO factura sus propios servicios entregados, subdividiéndolos en cuotas por el servicio de agua potable y de alcantarillado.

Mensualmente y/o anualmente, ESSBIO publica boletines en los cuales se entregan todos los datos relativos al servicio (población servida, consumos, etc.) y los aspectos financieros.

Empresa de Servicios Sanitarios de la Araucanía S.A. (ESSAR): es la empresa que administra los

servicios de agua potable y de alcantarillado en la IX Región. Es totalmente análoga a ESSBIO.
Se debe tener presente que algunas de las competencias señaladas (por ejemplo las de la Dirección de Emergencia, de SERNAP, etc.) resultan más bien teóricas que realmente efectivas en la práctica.

2.1.2 Aspectos socio-sanitarios

Para desarrollar un cuadro sintético de las condiciones socio-sanitarias de la población que vive en la cuenca, se dispone de datos referentes a la VIII Región y, más limitadamente, a la IX Región. La Región del Biobío es la segunda región a nivel

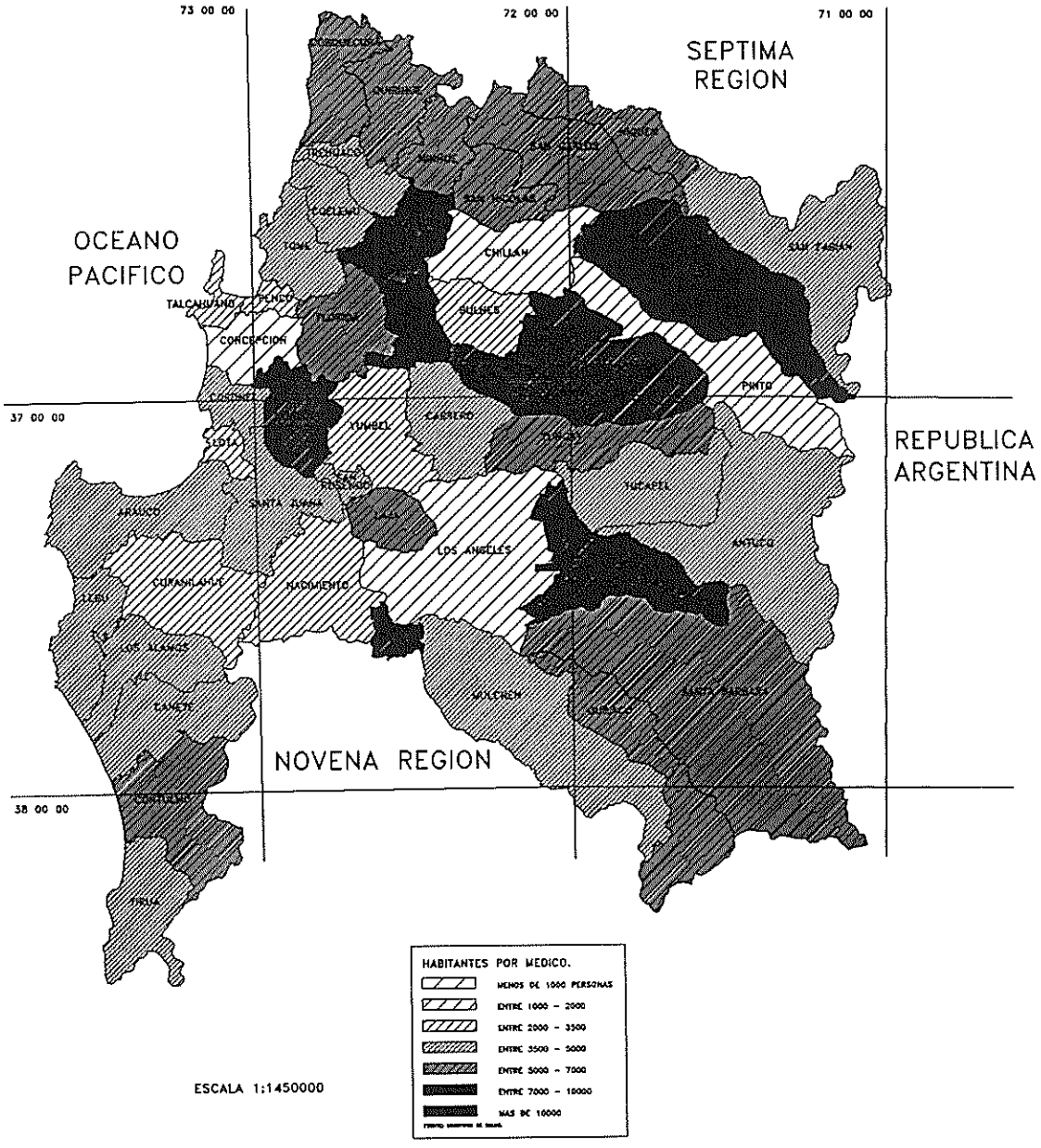


Fig.2.1.3 Carta del número de habitantes por médico en las comunas que son parte de la cuenca

nacional en cuanto a su constribución al Producto Nacional Bruto (PNB), esto no se refleja en un nivel elevado de las condiciones socio-económicas y sanitarias.
En efecto, según algunos indicadores económicos y sociales, la VIII Región corresponde a la segunda región más pobre del país [Antinao, 1991]: en 1987, el 55% de los habitantes de la región tenía un sueldo insuficiente para cubrir las necesidades básicas. De las 60 comunas más pobres de Chile, 16 se encuentran en la Región del Biobío y, de éstas, 9 estaban en condiciones de extrema pobreza. Los servicios médico-sanitarios de la VIII Región eran de 1 médico cada 5.000 habitantes. La mortalidad infantil media (dentro del primer año de vida) de la región alcanzaba en 1983 al

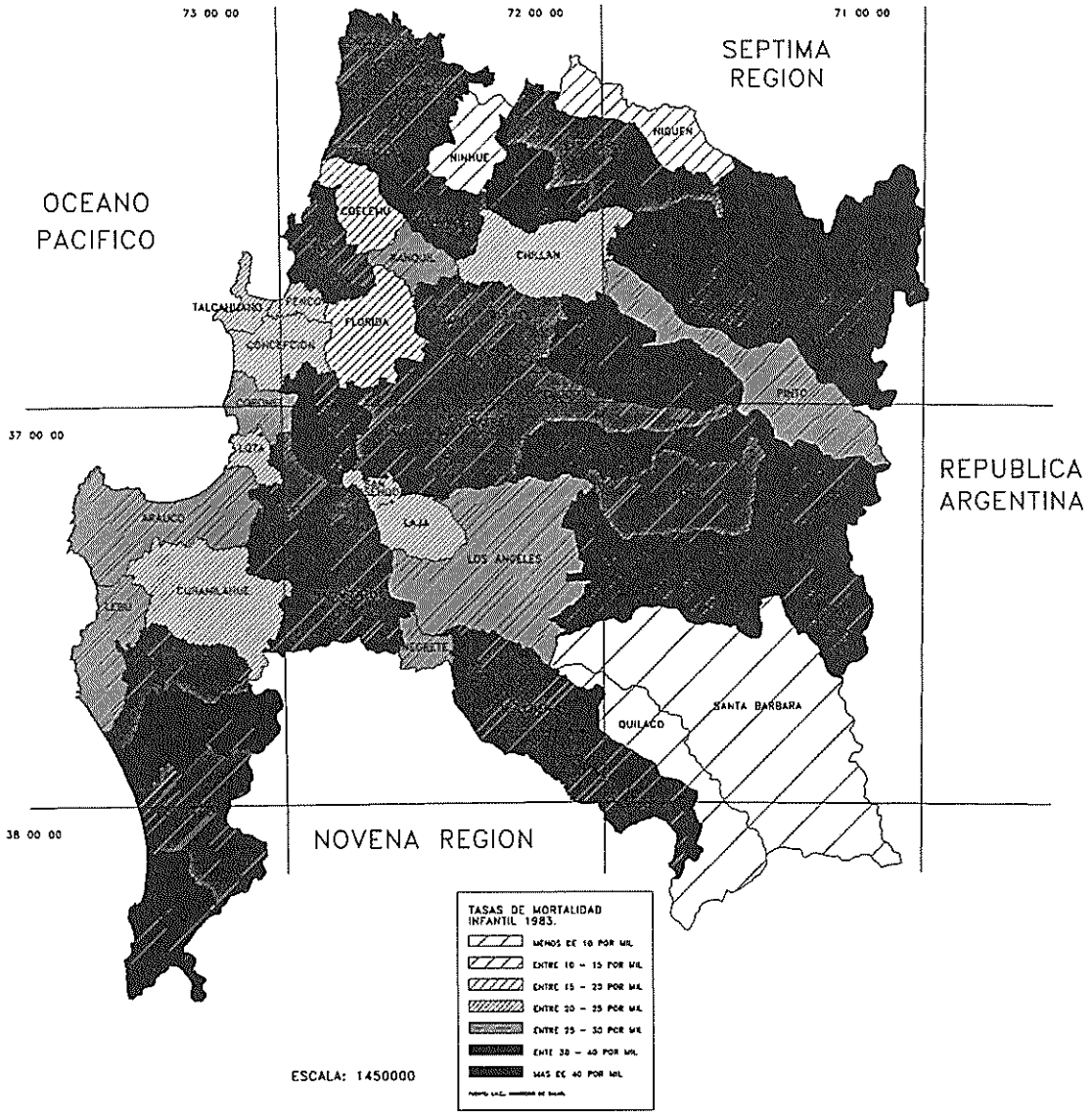


Fig.2.1.4 – Carta del índice de mortalidad infantil (dentro del primer año de vida) en las comunas que son parte de la cuenca

3.2%, pero en algunas comunas superaba el 5% . De 1986 a 1991 (seis años) el incremento de los gastos anuales para los servicios de salud (hospitales, etc.) fue de un 16% para la Provincia del Biobío, de un 36% para la Provincia de Ñuble, de un 50% para la ciudad Talcahuano y de un 32% para la Provincia de Concepción y Arauco [Universidad de Concepción, 1991].

En Figs.2.1.3-2.1.4 se presentan, para las distintas comunas que son parte de la cuenca, los valores de los siguientes indicadores: número de habitantes por médico y mortalidad infantil.

En relación a los servicios de agua potable y alcantarillado, la cobertura es generalmente buena, considerando el nivel de otras infraestructuras urbanas (casas, caminos, etc.). En Fig.2.1.5 y

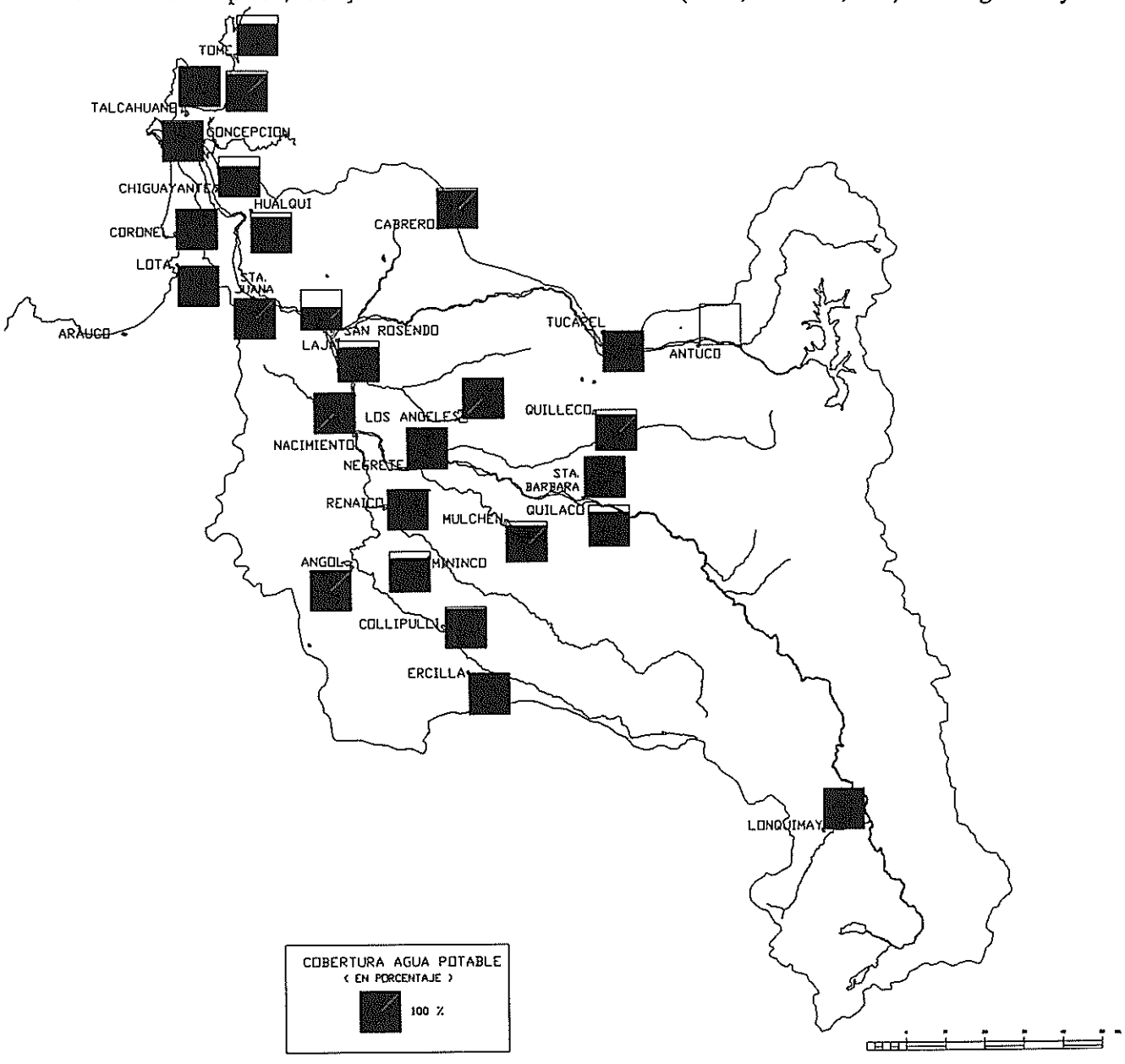


Fig.2.1.5 – Porcentaje de cobertura del servicio de agua potable en los centros urbanos de la cuenca y del área costera adyacente (1990-1991)

Fig.2.1.6 se presenta, para los distintos centros urbanos de la cuenca, el porcentaje de población servida de agua potable y de alcantarillado en el año 1992.
Casi un 83% de la población está servida de la red de agua potable, mientras tal porcentaje baja para el alcantarillado, que en las condiciones mejores cubre el 70-80% del territorio.

2.1.3 Aspectos económicos

La descripción de algunos aspectos de la econo-

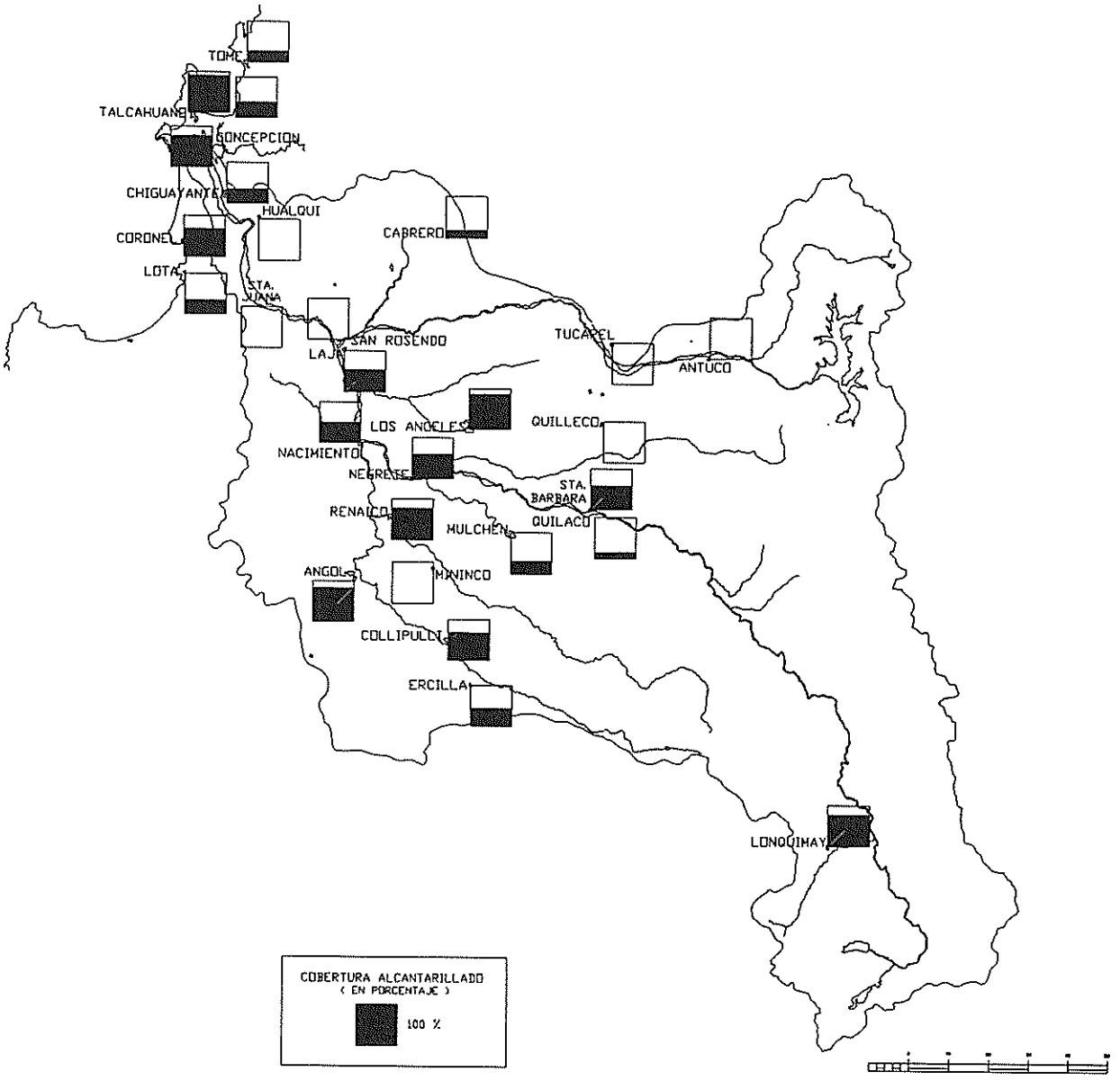


Fig.2.1.6 – Porcentaje de cobertura del servicio de alcantarillado en los centros urbanos de la cuenca y del área costera adyacente

mía de la cuenca, efectuada más adelante, está focalizada, en particular, en los siguientes aspectos:

- descripción general de la economía de la zona que, unida a los aspectos sociales descritos en el párrafo precedente, entregue una visión conjunta del nivel socio-económico y de la calidad de vida de la población;
- cuadro de las inversiones futuras previstas en el sector público para la infraestructura urbana (casas, caminos, hospitales, sistemas de transporte, etc.), comparado con las inversiones previstas para el saneamiento ambiental (redes de agua potable y de agua potable, plantas de tratamiento y de abastecimiento de agua potable, sistemas de recolección de basuras, etc;
- mercado de las exportaciones de los productos industriales y cuadro de las inversiones previstas en este sector, de las que se puede obtener, hasta donde es posible, previsiones de desarrollo industrial.

Los datos disponibles se refieren, también en este caso, sólo a la VIII Región en su conjunto y no coinciden exactamente con el territorio de la cuenca.
Durante 1991 la economía de la Región del Biobío ha mostrado un mejoramiento generalizado, pero ligeramente menor a la tasa de crecimiento nacional. El PNB regional creció un 5.3%, contra un valor nacional del 6% [Universidad de Concepción, 1992]. En Tab.2.1.1 se muestra la tasa de crecimiento en el año 1991 para los distintos sectores económicos, quedando en primer lugar el sector pesquero, seguido del transporte, de la construcción y del comercio. Al interior de la industria manufacturera, los sectores con una mayor tasa de crecimiento son el químico (13.4%), el alimentario (9.8%) y el de la celulosa (8.2%), en cambio, se encuentran en merma el sector siderúrgico (-2.7%) y la industria de la madera (-9.2%).

La Tab.2.1.2 muestra la población mayor de 15 años, el porcentaje de fuerza de trabajo y el porcentaje de desocupados y ocupados para los dos sexos, relativos al último trimestre de 1990. En Tab.2.1.3 se muestra la distribución de la población ocupada en los distintos sectores económicos, al final de 1990 y al final de 1991. Se observa un aumento del número de ocupados, lo que corresponde también a un aumento del porcentaje de desocupación (Tab.2.1.4), debido al hecho que en la región la fuerza de trabajo ha aumentado en el mismo período en cerca de 22.000 personas. Esto podría indicar que, en 1991, parte de la población mayor de 15 años no activa (estudiantes, etc.), se ha convertido en activa. Las tasas de desocupación mayores se encuentran en la zona de Lota, Coronel y Concepción y, por lo tanto, en las zonas urbanas. Las tasas mínimas, en cambio, se encuentran en las zonas rurales.

Tab.2.1.1 - Tasa de crecimiento económico anual (%), para los distintos sectores industriales

SECTOR ECONOMICO	1989	1990	1991
Agropecuario	2,70	-6,90	1,10
Pesca	29,50	,50	15,80
Industria	3,60	-4,30	5,90
Minería	-15,90	5	-1,60
Comercio	4,30	-,50	6,10
Construcción	8,30	-2,30	7,50
Energía	-9,60	-2,50	1,20
Transporte	6,80	-1,30	12
Servicios	6,90	-,60	3,80
TOTAL	**3,80**	**-,90**	**5,30**

Tab.2.1.2 - Población total, población menor de 15 años, población mayor de 15 años dentro y fuera de la fuerza de trabajo y desocupados, para las provincias de la VIII Región (Octobre-Diciembre 1990) (miles).
Leyenda: 1= REGION BIOBIO ; 2= PROVINCIA ÑUBLE; 3= PROV.CONCEPCION; 4= PROVINCIA ARAUCO; 5= PROVINCIA BIOBIO; A= Sector urbano; B= Sector rural; C= Ciudad de Chillán; D= Gran Concepción; E= Lota y Coronel; F= Los Angeles

ZONA	Habit.	< 15 AÑOS		> 15 AÑOS	FUERZA TRABAJO		POBLACION OCUPADA						DESOCUPADOS		FUERA F.L.		EN HOGAR		ESTUDIANTES		JUBILADOS	
		Total	%		Total	%	Total	% F.L.	Hom-bres	% P.O.	Muje-res	% P.O.	Total	% F.L.	Total	%	Total	% F.F.L	Total	% F.F.L	Total	% F.F.L
1	1.697,9	530,8	31,3	1.167,1	600,0	51,4	568,0	94,7	410,9	72,3	157,1	27,7	32,0	5,3	567,1	48,6	354,1	62,4	121,9	21,5	91,1	16,1
A	1.366,4	413,4	30,3	953,0	486,5	51,0	456,0	93,7	310,5	68,1	145,5	31,9	30,5	6,3	466,5	49,0	275,9	59,1	113,8	24,4	76,8	16,5
B	331,5	117,4	35,4	214,1	113,5	53,0	112,0	98,7	100,4	89,6	11,6	10,4	1,5	1,3	100,6	47,0	78,2	77,7	8,1	8,1	14,3	14,2
2	412,0	128,9	31,3	137,5	137,5	48,6	134,6	97,9	104,7	77,9	30,1	22,4	2,9	2,1	145,6	51,4	93,7	64,3	24,4	16,8	27,5	18,9
A	256,7	74,4	29,0	88,4	88,4	48,5	86,0	97,3	59,2	68,8	26,8	31,2	2,4	2,7	93,9	51,5	54,0	57,5	20,4	21,7	19,5	20,8
B	155,3	54,5	35,1	49,1	49,1	48,7	48,8	99,4	45,5	93,2	3,3	6,8	,3	,6	51,7	51,3	39,7	76,8	4,0	7,7	8,0	15,5
C	140,0	40,8	29,1	48,0	48,0	48,4	46,2	96,3	30,8	66,7	15,4	33,3	1,8	3,8	51,2	51,6	27,0	52,7	12,9	25,2	11,3	22,1
3	828,0	251,0	30,3	299,3	299,3	51,9	277,5	92,7	186,1	67,1	91,4	32,9	21,8	7,3	277,7	48,1	163,1	58,7	74,5	26,8	40,1	14,4
A	789,2	336,9	42,7	285,2	285,2	51,6	263,8	92,5	173,8	65,9	90,0	34,1	21,4	7,5	267,1	48,4	154,3	57,8	73,4	27,5	39,4	14,8
B	38,8	14,1	36,3	14,1	14,1	57,1	13,7	97,2	12,3	89,8	1,4	10,2	,4	2,8	10,6	42,9	8,8	83,0	1,1	10,4	,7	6,6
D	585,0	171,9	29,4	219,8	219,8	53,2	204,4	93,0	129,0	63,1	75,4	36,9	15,4	7,0	193,3	46,8	105,9	54,8	58,9	30,5	28,5	14,7
E	131,6	42,0	31,9	41,3	41,3	46,1	37,4	90,6	28,3	75,7	9,1	24,3	3,9	9,4	48,3	53,9	31,9	66,0	9,1	18,8	7,3	15,1
4	141,8	47,2	33,3	49,8	49,8	52,6	48,3	97,0	38,5	79,7	9,8	20,3	1,5	3,0	44,8	47,4	32,1	71,7	6,5	14,5	6,2	13,8
A	106,2	34,6	32,6	36,1	36,1	50,4	34,7	96,1	27,2	78,7	7,5	21,6	1,4	3,9	35,5	49,6	24,6	69,3	6,0	16,9	4,9	13,8
B	35,6	12,6	35,4	13,7	13,7	59,6	13,6	99,3	11,3	83,1	2,3	16,9	,1	,7	9,3	40,4	7,6	80,6	,5	5,4	1,3	13,8
5	316,1	103,7	32,8	113,4	113,4	53,4	107,4	94,7	81,6	76,0	25,8	24,0	6,0	5,3	99,0	46,6	65,2	65,9	16,5	16,7	17,3	17,5
A	214,3	67,5	31,5	76,8	76,8	52,3	71,5	93,1	50,3	70,3	21,2	29,7	5,3	6,9	70,0	47,7	43,0	61,4	14,0	20,0	13,0	18,6
B	101,8	36,2	35,6	36,6	36,6	55,8	35,9	98,1	31,3	87,2	4,6	12,8	,7	1,9	29,0	44,2	22,2	76,6	2,5	8,6	4,3	14,8
F	87,7	27,6	31,5	32,7	32,7	54,4	31,6	96,6	22,5	71,2	9,1	28,8	1,1	3,4	27,4	45,6	16,7	60,9	6,0	21,9	4,7	17,2

Fuente: *Instituto Nacional de Estadísticas (I.N.E.) Direccion regional*

Tab. 2.1.3 - Ocupación sectorial VIII Región (n° obreros)

SECTOR ECONOMICO	1990	1991
Agropecuario y pesca	135.000	137.800
Industria	97.800	100.600
Minería	18.100	14.500
Comercio	88.700	91.900
Construcción	36.600	39.300
Elec., agua y gas	2.400	2.100
Trasportes	41.300	45.700
Servicios financieros	15.900	15.400
Servicios com., sec. y pers.	127.200	130.300
TOTAL	**563.000**	**577.600**

de: *Universidad de Concepcion. Informe Económico Regional. Abril 1992*

Tab. 2.1.4 - Porcentaje de fuerza de trabajo desocupada en la VIII Región

LOCALIDAD	1990	1991
REGION	5,4	6,4
sector urbano	6,4	7,6
sector rural	1,3	1,3
PROVINCIA ÑUBLE	2,4	,7
Chillán	3,3	1,4
sector urbano restante	3,5	,7
sector rural	,6	,0
PROVINCIA CONCEPCION	7,4	10,1
Gran Concepción	7,4	9,6
Lota-Coronel	8,2	14,4
sector urbano restante	8,8	10,9
sector rural	2,7	3,7
PROVINCIA ARAUCO	3,4	4,2
sector urbano	4,1	5,4
sector rural	1,5	,8
PROVINCIA BIOBIO	4,9	5,0
Los Angeles	3,3	6,6
sector urbano restante	8,6	5,8
sector rural	1,7	2,5

de: *Universidad de Concepción. Informe Económico Regional. Abril 1992*

La inflación nacional, que alcanzó hasta un 30% anual al final de 1990, ha descendido en el curso de 1991 a un 18% y a un 13% en el año 1992.
En relación a las inversiones y a los gastos públicos para infraestructura urbana y sevicios sociales en la VIII Región, se muestran en Tab.2.1.5 los valores de algunas inversiones públicas en la VIII Región efectuadas en el año 1990. Las inversiones realizadas en el campo de las infraestructuras de agua potable y alcantarillado (ESSBIO) alcanzaban cerca de 1.400 millones de pesos (4 millones de dólares), considerando que la población de la región alcanzaba a 1.674.213 personas, corresponde a un gasto por habitante de cerca de 840 pesos anuales. Respecto a otras inversiones, entregadas en la misma tabla, se puede observar que representa el 20% de las inversiones del Ministerio de Obras Públicas (caminos, etc.) y el 22% de las inversiones en soluciones habitacionales.
Análogamente, comparando estos datos con los entregados en Tab.2.1.6 se puede observar que representan el 24% de los gastos sociales para la educación en 1991 y el 17% de los gastos en los servicios de salud en el mismo año.

Por último, en Tab.2.1.7 se muestra el programa de inversiones para algunas infraestructuras (vialidad, transporte, alcantarillado, riego) para el trienio 1991/1993, siempre en la VIII Región. Los gastos para los servicios de agua potable y alcantarillado se han previsto en 7.000 millones de pesos, o bien cerca de 2.300 millones anuales, que corresponde a un incremento de un 60% respecto al gasto en 1990.
Respecto a los gastos previstos en otras infraestructuras, la inversión en estos sectores es de todas maneras modesto, representando cerca de un 30% de los previstos para riego, un 70% de los previsto para obras de vialidad urbana o el 15 % de los previstos para la vialidad interurbana.

Tab. 2.1.5 - Inversiones de entes públicos en 1990 en la VIII Región (10^6 Pesos)

PROVINCIA	MUNICIPALIDAD	M. Ob.Públicas	M. Vivienda	ESSBIO	FNDR(2)	TOTAL
ÑUBLE	521	3.204	2.262	234	276	6.497
BIOBIO	596	2.254	936	127	475	4.388
CONCEPCION	1.944	1.331	2.390	858	1.017	7.540
ARAUCO	624	351	502	43	197	1.717
REGIONAL(1)	0	157	2	100	35	294
TOTAL	**3.685**	**7.297**	**6.092**	**1.362**	**2.000**	**20.436**

(1) *referido a proyectos que abarcan más de una provincia o de ámbito regional*
(2) *FONDO NACIONAL DE DESARROLLO REGIONAL*
de: Intendencia de la Región del Biobío: Estrategia para el desarrollo Regional. Mideplan Serplac 1991 .

Tab.2.1.6 - Inversiones públicas en sector social (10^3 Pesos)

	1991	1992	1993
I - COSTO SOCIAL			
EDUCACCION	5.566.502	6.554.012	7.024.177
SALUD	7.995.413	7.065.075	7.537.376
JUSTICIA	1.519.101	1.519.101	1.519.101
ACTUALIZACION PROFESIONAL	811.000	1.377.400	1.686.900
SUBSIDIOS SOCIALES	8.807.492	8.734.156	8.794.156
FOSIS	802.560	1.304.368	1.304.368
TOTAL GASTO SOCIAL	25.502.068	26.554.112	27.866.078
II - INVERSIONES SOCIALES			
HABITACIONES	6.646.288	6.329.120	6.329.120
F.N.D.R.	2.924.165	3.000.000	3.000.000
MEJORAMIENTO URBANO	2.522.177	904.722	448.000
TOTAL INVERSIONES	12.092.630	10.233.842	9.777.120
TOTAL GENERAL	**37.594.698**	**36.787.954**	**37.643.198**

de: *Intendencia de la Región del Biobío: Estrategia para el desarrollo Regional. Mideplan Serplac 1991*

Considerando las inversiones en el sector industrial, resulta que en el corto plazo, es decir dentro de 1993-1995 [ILPES,1991], la mayor parte de las nuevas inversiones de capitales deberían estar orientadas a incrementar la productividad, mediante ampliaciones o mejoramientos de los procesos, más que en construir nuevas plantas de producción.

Un excepción importante a esta previsión podría ser el área industrial del Parque Escuadrón, que está ubicado a lo largo de la costa, aproximadamente 20 km al sur de San Pedro. En tal área, como está descrito con mayor detalle en Par.4.2, están en etapa de instalación varias industrias. Dado que en esta área no está planificado ninguna planta o sistema de tratamiento de los residuos líquidos

Tab. 2.1.7 - Programa de inversiones en infraestructura VIII Reg. 1991-1993 (10^3 Pesos 12/1990)

SECTOR	
RIEGO	
Canal Laja Diguillín	17.115.000
Asistencia técnica	1.050.000
Ley de fomento	2.407.300
Obras	3.587.500
Mantención	141.750
Estudios	175.000
Total	24.476.550
AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO	
agua potable y alcantarillado urbano	6.295.800
agua potable rural	746.200
Total	7.042.000
TRANSPORTE MARITIMO	
Ampliación puerto S. Vicente	3.836.700
Caletas pesqueras	522.900
Total	4.359.600
TRANSPORTE AEREO	
mantención aeropuertos	122.500
mejoramiento aeropuertos	991.550
mantención pequeños aeródromos	140.000
Total	1.254.050
VIALIDAD URBANA	
Mejoramiento vialidad Concepción	4.828.080
Mejoramiento calles	1.187.000
Otros proyectos	4.708.920
Total	10.724.000
VIALIDAD INTERURBANA	45.472.000
TOTAL GENERAL	**93.328.200**

de: *Intendencia de la Región del Biobío: Estrategia para el desarrollo Regional. Mideplan Serplac 1991*

o sólidos industriales, podría constituir un punto de contaminación crítico.

En relación a la industria pesquera de la zona de Talcahuano, ha sido recientemente construida una planta que produce harina de pescado y conservas del grupo SIPSA ($14.5*10^6$ USD), y otra industria que produce harina de pescado de una Sociedad china ($18*10^6$ USD). En Coronel se ha terminado una industria que produce harina de pescado de la industria Guanaye ($40*10^6$ USD), mientras en la Bahía de San Vicente se construirá una industria conservera de la Sociedad Unifish ($5.4*10^6$ USD).

En relación a la industria forestal, se puede señalar la construcción de un complejo industrial de la Sociedad Terranova, que considera un aserradero y una planta de fabricación de paneles de astillas en Cabrero (y una fábrica de muebles en Chillán), con una inversión de un total de $60*10^6$ USD y un complejo industrial para la producción de chips en Coronel, de la Compañía Chilena de Astillas ($35*10^6$ USD).

2.2 Antecedentes geomorfológicos

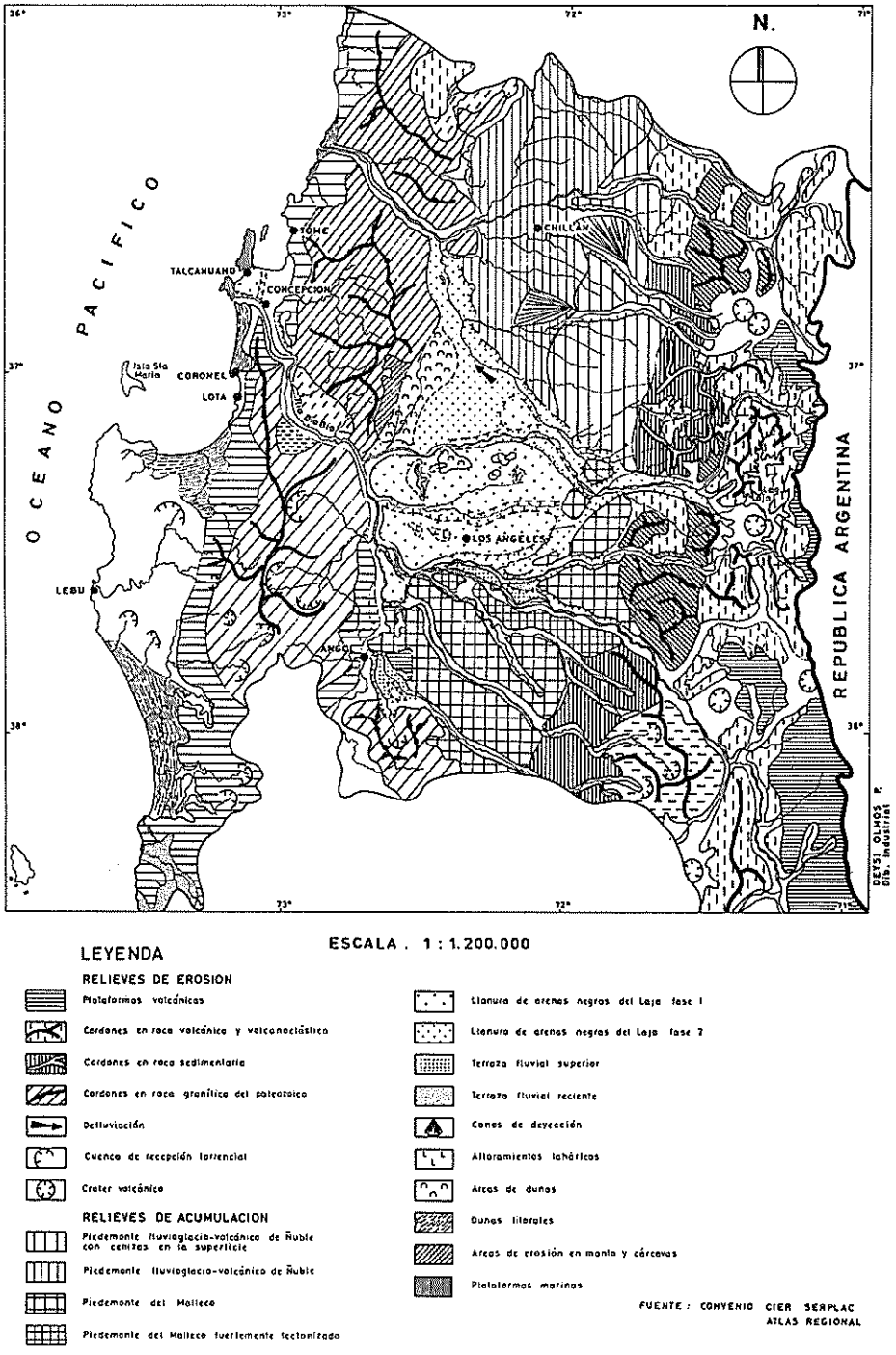
En la hoya hidrográfica del río Biobío se pueden diferenciar, de manera general, los siguientes rasgos geomorfológicos de Oeste a Este [Cecioni, Bottari, Duyvestein 1991]:

- Cordillera de Nahuelbuta o de la Costa;
- Depresión Central que se caracteriza por su superficie ondulante, numerosas terrazas fluviales, estructuras de origen eólico y cotas medias de aproximadamente 150 m.s.n.m.;
- la Precordillera que constituye una unidad de transición entre la Depresión Central y la Cordillera Andina y que se caracteriza por depósitos de tipo fluvial, glaciar y fluvioglaciar;
- la Cordillera de Los Andes que está representada por los imponentes contrafuertes de los edificios volcánicos, cortada por numerosos cursos de agua menores y por grandes ríos como el Biobío, Duqueco y Laja.

En Fig.2.2.1 se detallan los rasgos geomorfológicos de la cuenca; se incluyen los relieves de erosión y los relieves de acumulación.

Más detalle de las características geológicas de la zona se detallan, bajo un punto de vista hidrogeológico, en Par.3.3.3. Más información de tipo geológico se puede encontrar en las publicaciones del subproyecto de geología del centro EULA.

GEOMORFOLOGIA REGION DEL BIO BIO



ESCALA . 1 : 1.200.000

LEYENDA

RELIEVES DE EROSION

- Plataformas volcánicas
- Cordones en roca volcánica y volcanoclástica
- Cordones en roca sedimentaria
- Cordones en roca granítica del paleozoico
- Deflluviación
- Cuenca de recepción torrencial
- Crater volcánico

RELIEVES DE ACUMULACION

- Piedemonte fluvioglacio-volcánico de Ñuble con cenizas en la superficie
- Piedemonte fluvioglacio-volcánico de Ñuble
- Piedemonte del Malleco
- Piedemonte del Malleco fuertemente tectonizado
- Llanura de arenas negras del Laja fase 1
- Llanura de arenas negras del Laja fase 2
- Terraza fluvial superior
- Terraza fluvial reciente
- Conos de deyección
- Afloramientos lahéricos
- Areas de dunas
- Dunas litorales
- Areas de erosión en manta y cárcavas
- Plataformas marinas

FUENTE : CONVENIO CIER SERPLAC ATLAS REGIONAL

Fig.2.2.1 - Geomorfología de la región del Biobío y del área costera adyacente.

3 ANTECEDENTES DE HIDROGRAFIA, HIDROLOGIA E HIDRODINAMICA DEL MAR

3.1 Hidrografía general.

La cuenca hidrográfica del Biobío (Fig.3.1.1) se extiende, entre los 36°45' y los 39° de latitud sur, sobre un área de 24.220 km² que incluye parte de las VIII y IX Región de Chile.
Esta área corresponde aproximadamente al 3% de la superficie continental del país; el 80% de la

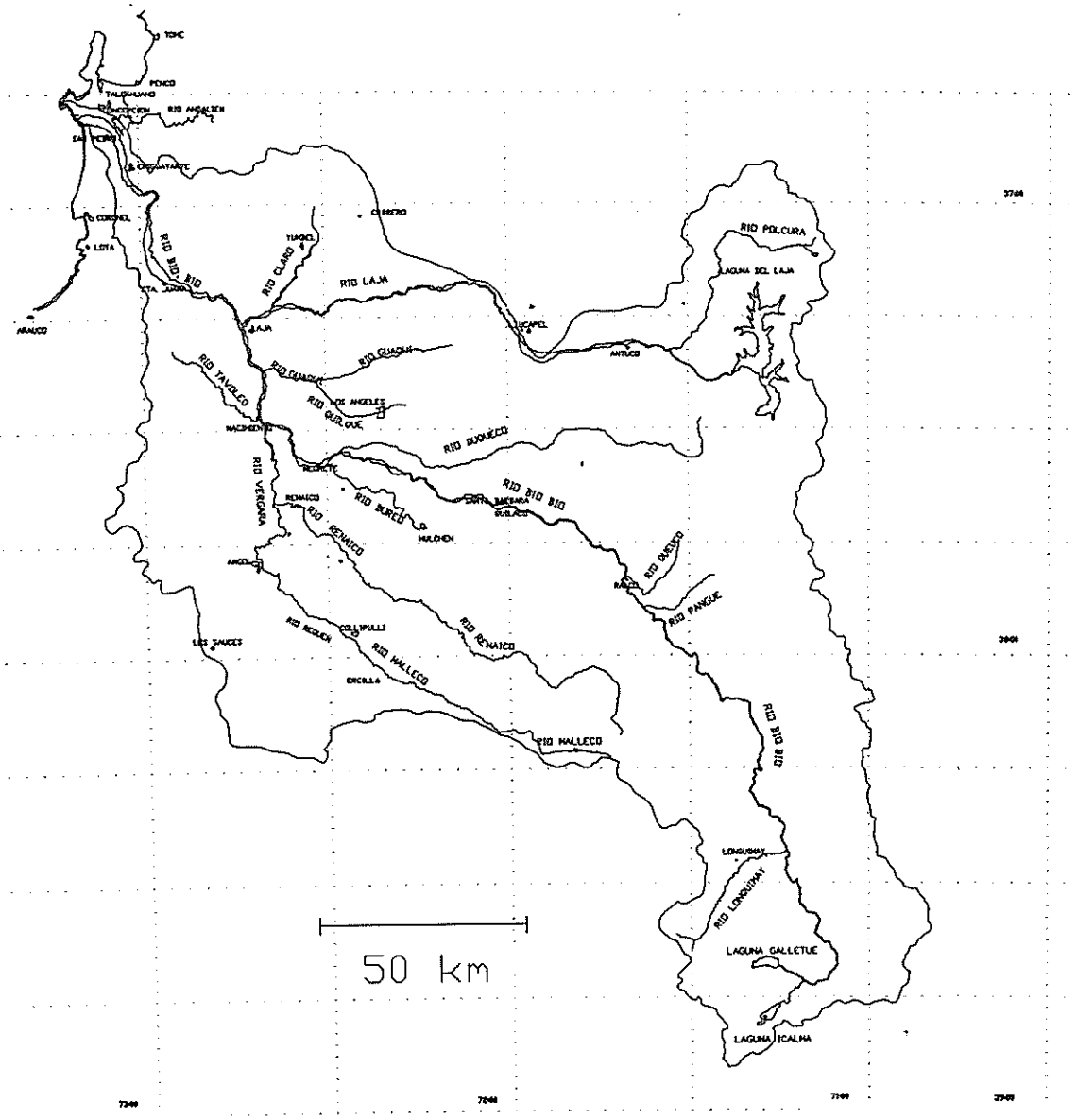


Fig.3.1.1 - Cuenca hidrográfica del río Biobío.

superficie de la cuenca está ubicada dentro de la VIII Región, mientras el restante 20% se encuentra en la IX Región [AAVV, 1988a].

En Fig.3.1.1 se han representado no sólo los cursos de agua correspondientes a las quince subcuencas hidrológicamente más importantes, sino también aquéllos, que por recibir descargas de centros poblados, tienen interés dentro de este estudio. Las ciudades incluidas son aquéllas que por su población o su potencial de contaminación tienen importancia.

La cuenca hidrográfica contiene múltiples subcuencas sometidas a la influencia de distintos ambientes y factores geográficos, por lo tanto, la dinámica del sistema es muy variable desde el inicio de su curso hasta su desembocadura [AAVV, 1988b]. La hoya está compuesta por 5 grandes subcuencas, la del Alto Biobío y las de los ríos Duqueco, Bureo, Vergara y Laja [AAVV, 1988a].

El caudal promedio del Biobío en su nacimiento es de 30 m^3/s. Después de discurrir 380 km el río alcanza el Golfo de Arauco, cerca de la ciudad de Concepción. El caudal medio en la desembocadura varía entre 300 y 900 m^3/s.

Rodeado de relieves de más de 1900 m, el río Biobío nace en la laguna Galletué a una altitud de 1160 m.s.n.m., a unos 10 km aguas abajo, recibe el aporte de las aguas del lago Icalma, a través del río Rucanuco. En este primer tramo, el río drena una zona de estepa andina. En el sector de Liucura recorre la amplia depresión estructural del Lonquimay, cuyos fondos aterrazados se presentan, por lo general, sometidos a un uso agropecuario extensivo. En su recorrido hasta la confluencia con el río Lomín, el Biobío atraviesa el piso boscoso andino poblado.

Los afluentes incorporados en este largo recorrido andino son por el lado oriental y norte, los ríos Liucura, Rahue, Ranquil, Lomín, Pangue, Queuco y Huequecura, y por el lado occidental y sur, los ríos Lonquimay, Lolco, Villucura, Butaco y Lirquén.

La mayor intensidad de las lluvias en el cordón limítrofe, hace que los afluentes del lado oriental sean más numerosos y caudalosos que los del lado occidental.

Del río Rahue hasta su nacimiento, el río Biobío discurre por un valle relativamente ancho; en cambio, hacia la depresión intermedia, lo hace muy encajonado y las aguas ganan gran velocidad con el aumento de pendiente.

En Nacimiento, su curso medio, recibe al río Vergara, que es su tributario meridional más importante; luego, a unos 2 km de la confluencia, se le une el Malleco, el cual trae las aguas de las laderas occidentales de la Cordillera de Pemehue. Más al noroeste recibe al Renaico, el cual tiene la misma procedencia que el río Malleco. Esta subcuenca, típicamente preandina y de alimentación fluvial, constituye un aporte importante para los gastos líquidos y sólidos del Biobío en su curso inferior.

Por la ribera norte, otros dos sistemas de carácter andino confluyen al río Biobío; ellos son los ríos Duqueco y Laja.

El río Duqueco, recibe la alimentación por fusión de los glaciares de Sierra Velluda; en cambio, el río Laja, principal tributario del río Biobío, nace en la laguna del mismo nombre, que está ubicada en plena cordillera andina a más de 1360 m.s.n.m. La Laguna Laja se ha formado por la obstrucción del alto valle producida por la acumulación de lavas y piroclastos procedentes del volcán Antuco y cuenta con una superficie aproximada de 132 km^2.

Luego de la confluencia del río Laja con el río Biobío se encuentra la Cordillera de la Costa, la cual fue modelada gracias a la acción que tuvo el Biobío en épocas geológicas pasadas. Estas serranías son de escasa altura, las que difícilmente sobrepasan los 330 m hasta llegar a la ciudad de Concepción donde el río alcanza su ancho máximo.

En su paso por la Cordillera de la Costa, el río Biobío recibe los drenes de este macizo entre los que destacan, por el lado oriental, los ríos Guaqui, Gomero, Estero Quilacoya y río Hualqui y por el lado occidental, el río Tavoleo y río Rele.

Entre San Rosendo y la desemdocadura, el río Biobío recorre 80 km con una pendiente suave de apenas 0,05%, la cual favorece la formación de meandros y la sedimentación.

Al final de su recorrido desemboca en el mar, al costado sur de las ciudades de Concepción y Talcahuano. En este lugar, una importante barra obtura la salida e impide la navegación de embarcaciones incluso de escaso calado.
El régimen de la hoya alta del Biobío es más bien nival, pero ya en el curso medio, al recibir aportes pluviales, pasa a régimen mixto.
En su desembocadura suele presentar crecidas máximas de hasta 8.000 m^3/s, basado en un número breve de años de información [AAVV, 1988b].
Las características de las unidades hidrográficas particulares (lagos, lagunas) son abordadas posteriormente en el subcapítulo de hidrología (ver Par.3.3.2).

3.2 Pluviometría

3.2.1 Introducción

La pluviometría en la zona de la cuenca del río Biobío está determinada por la interacción media de los grandes centros meteorológicos y sus acoplamientos respectivos al continente, es decir, la interacción entre el Anticiclón del Pacífico, las Bajas Polares y, como producto de su acoplamiento, la Baja Costera y su profundización en la época de verano [Borgeaud, 1992].
Además, influye en esta zona el efecto local producido por su geografía, afectando las variables meteorólogicas la Cordillera de la Costa y la Cordillera de los Andes. Estos factores hacen que sea una zona de gran inestabilidad meteorológica en toda la latitud que comprende la hoya del Biobío.

3.2.2 Información pluviométrica disponible

La información básica para realizar estudios de pluviometría se encuentra disponible en el Centro EULA y ha sido recopilada de la Dirección Meteorológica de Chile, Dirección General de Aguas (DGA), Empresa Nacional de Electricidad (ENDESA), Area de Física Atmosférica de la Universidad de Concepción e información generada por el propio Centro EULA. Al realizar un estudio de esta información se desprende que:
Las estaciones pluviométricas se encuentran concentradas en algunos sectores geográficos:
- Depresión Central y Precordillera de los Andes.
- Es muy escasa en la Cordillera de los Andes y en la Cordillera de Nahuelbuta.
- Las series de datos existentes son de períodos muy variables y muchas se encuentran discontinuadas.
- La información generada por el Centro EULA comprende los dos últimos años.

Esta distribución se puede apreciar en Fig.3.2.1 donde se inclu-yen las estaciones meteorológicas con pluviógrafos o pluviómetros ubicadas en la cuenca del Biobío. Un listado de estas estaciones se encuentra en Borgeaud [1992].
Con estos datos recopilados y seleccionados se han realizado estudios de pluviometría media mensual en toda la extensión de la cuenca [Borgeaud, 1992 y Leighton,1990].

3.2.3 Distribución Espacial de la Pluviometría

Tomando la información disponible y realizando una selección de 23 estaciones en base a :
- disponibilidad en la base de datos;
- longitud de las series de tiempo con períodos comunes;
- ubicación geográfica de la estación, teniendo como objetivo cubrir lo más uniformemente la región;
- máxima inclusión de estaciones cordilleranas;

Borgeaud [1992] usa como descriptores para el análisis de la distribución espacial de la pluviometría la Precipitación Media Mensual y la Precipitación Media Anual, en base a las siguientes estaciones distribuidas por zonas:
- *Costa*: Concepción, Arauco, Lebu, Isla Mocha y Puerto Saavedra;
- *Depresión Central*: Chillán, Los Angeles y Padre Las Casas;
- *Cordillera de la Costa* : Angol, Los Sauces, Purén, Lumaco,Traiguén y El Aromo (Galvarino);

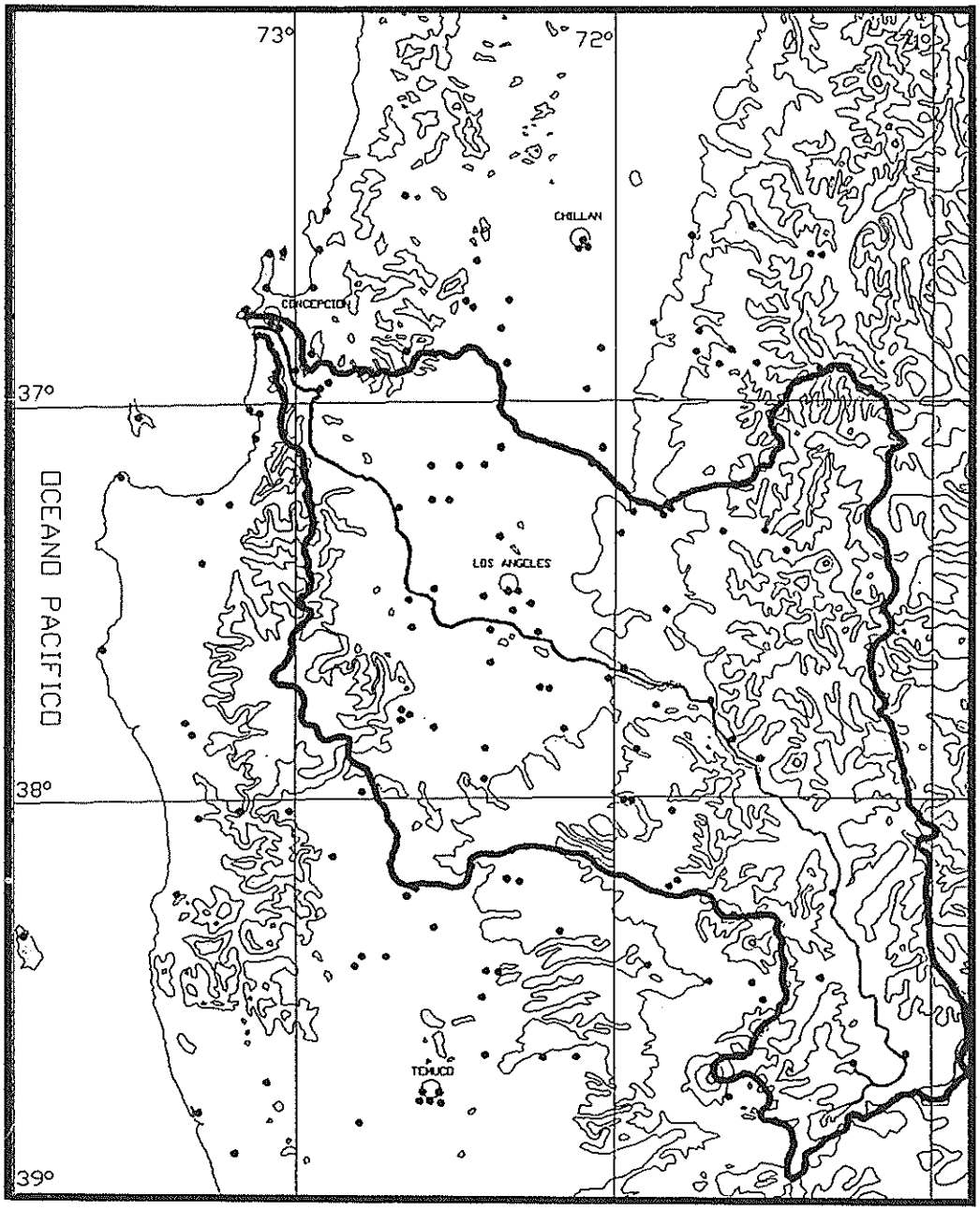


Fig.3.2.1 Distribución de las estaciones pluviométricas en la cuenca del Biobío [Borgeaud, 1992]

- *Cordillera de los Andes*: San Fabián, Atacalco, Cerro El Padre, Laguna Malleco, Troyo y Lonquimay;

Para estudiar las variaciones anuales en el área se define la Precipitación Media Mensual Costera Normalizada (Tab.3.2.1); se observa que presenta un comportamiento que puede considerarse como único en toda el área. Este hecho conduce a que, desde el punto de vista climatológico, las condiciones en que se produce la lluvia en la cuenca son siempre las mismas y, consecuentemente, la hoya puede ser representada por un operador espacial

Tab 3.2.1 Precipitación Media Mensual Costera (normalizada)

Mes	Precipitación(mm)
Enero	28.7
Febrero	28.2
Marzo	52.5
Abril	89.3
Mayo	195.2
Junio	217.9
Julio	207.5
Agosto	157.7
Septiembre	97.8
Octubre	60.3
Noviembre	52.0
Diciembre	39.9
Anual	**1227.0**

constante construido a partir de tales condiciones. Se identifican como factores de primer orden, en la cantidad de lluvia registrada en un punto determinado de la cuenca, la altura de éste por sobre el nivel del mar y la relación entre topografía y dirección del viento en los días de lluvia, adoptándose como Noroeste la dirección del viento.

Se ha estudiado la variación de las precipitaciones con la altura, obteniéndose modelos lineales en ambos sectores. A partir de éstos , de los datos de las estaciones consideradas y luego usando como método de interpolación un Kriging simple, se construye el operador espacial para toda la zona: S(h,H), donde h es la altura del punto sobre el nivel del mar y H, que sólo es distinto de cero para puntos del sector sotavento, corresponde a la altura máxima de la montaña en dirección Noroeste, confirmándose que la precipitación es principalmente de tipo frontal y que la Precipitación Media Mensual y Media Anual de cualquier punto está dada por la precipitación costera multiplicada por el operador S(h,H) evaluado en dicho punto. Esta información en forma de isoyetas por operador S(h,H) se encuentra en Fig.3.2.2.

Se aprecia que los valores para la costa y la Depresión Central son cercanos a la unidad, lo que muestra que las precipitaciones en estos dos sectores son aproximadamente uniformes y similares, a excepción del extremo norte donde se tiene un mínimo desde el sector de Bulnes hacia el norte.

La extrapolación del modelo hacia las crestas de las cordilleras, predice un valor máximo de 4.57, coincidiendo evidentemente con el sector más alto de la Cordillera de los Andes en la región, con una precipitación estimada de 5600 mm/año.

La media del operador S(h,H) en la cuenca es de 2.01 y permite estimar su precipitación media mensual, anual o estacional, ya que queda representado en forma única en el tiempo. El valor de la media anual estimada en la cuenca es de 2470 mm.

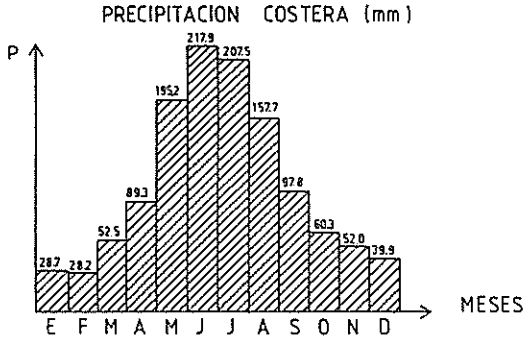
El factor promedio 2.01 se distribuye superficialmente dentro de la cuenca, aproximadamente del siguiente modo: En la Cordillera de los Andes, sobre la cota de 450 metros, se tiene un valor medio de 2.84 sobre una superficie que corresponde al 40% del área total; en el 60% restante del área el valor medio es de 1.44.

Esto revela el grado de influencia de las cordilleras en la cantidad de precipitación en esta región. Teniendo en cuenta la relación de áreas, se tiene que es aproximadamente el triple de la del resto de la cuenca.

3.2.4 Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF)

En la zona de la cuenca del río Biobío son frecuentes las lluvias de gran intensidad que provocan trastornos en las diferentes actividades urbanas o rurales. En la zona urbana provocan inundaciones en las calles y veredas entorpeciendo el tráfico automotriz y peatonal, y, en algunos casos, pueden inundar barrios residenciales.

Para diseñar las redes de aguas lluvia, que evacúan las aguas de la ciudad, es necesario conocer la curvas IDF, que relacionan intensidad de lluvia (mm), en distintos intervalos de tiempo, asociando para cada una de ellas la frecuencia de ocurrencia.



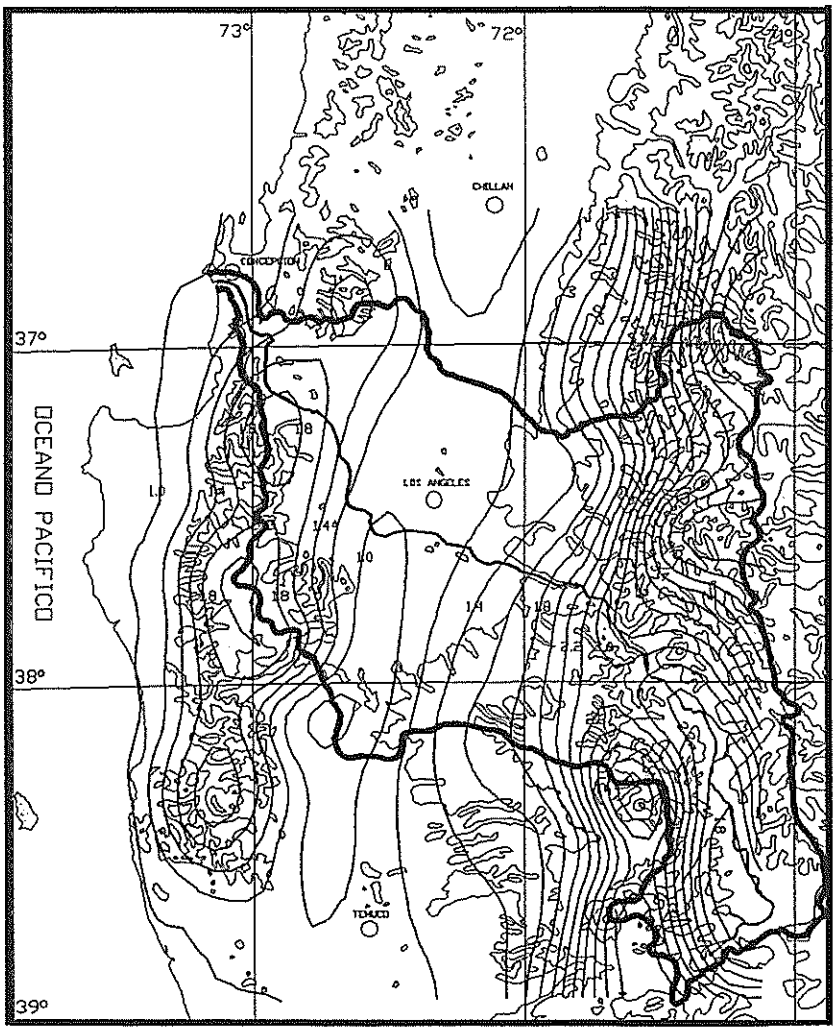


Fig.3.2.2 Isoyetas calculadas para el área de la cuenca del Biobío en función de la precipitación media costera [Borgeaud, 1992]

Generalmente para este caso se elige la precipitación con una duración de una hora y un período de retorno de diez años. Además, es necesario recalcar que en este momento en la mayoría de las ciudades de la cuenca, las aguas lluvia ingresan a la red de alcantarillado de aguas servidas, aumentando el caudal transportado y, algunas veces, copando la capacidad existente.

3.2.4.1 Curvas IDF para la intercomuna Concepción-Talcahuano

En la zona en estudio se encuentran construidas las curvas IDF para las ciudades de Concepción-Talcahuano [Celis,1984], en base a la información de la estación meteorológica Bellavista, dependiente del Departamento de Física de la Universidad de Concepción. Seleccionando 428 chubascos diferentes (con un promedio de 33 chubascos por año) observados entre los años 1971 y 1983. Considerando períodos de 10, 20, 40, 60, 90, 120, 240, 360, 900 y 1440 minutos y aplicando distintos tipos de análisis de frecuencia para las intensidades registradas,se obtuvieron los datos que dan base a las curvas IDF. Los datos así calculados se encuentran en Tab.3.2.2 con la intensidad (mm/h) en función de la duración y el período de retorno.
Esta familia de curvas IDF se puede observar en Fig.3.2.3, donde se aprecia el comportamiento para los distintos períodos de retorno.
Por otra parte, en el trabajo realizado por Varas y Sánchez [1983] se calcularon las curvas IDF para Concepción-Talcahuano, utilizando la información de la estación Carriel Sur de la Dirección Meteorológica de Chile. Las curvas encontradas se observan en Fig.3.2.4 y los datos en Tab.3.2.2.
Comparando las curvas IDF de estos dos autores para un período de retorno de 10 años (Fig.3.2.5), se observa que los valores encontrados para la intercomuna Concepción-Talcahuano son menores que los presentados por Celis [1984], ya que, por ejemplo, para una duración de una hora y un período de retorno de diez años, Celis [1984] estima 25 mm, en cambio, Varas y Sánchez [1984] 18 mm. Una explicación a esta diferencia es el efecto del viento asociado a las precipitaciones en la intercomuna Concepción-Talcahuano, ya que grandes intensidades de lluvia están acompañadas de grandes intensidades de viento (Norte, Noroeste) que reducen el área de captación de agua de los pluviómetros localizados en zonas más cercanas al mar, como es el caso de Carriel Sur.

3.2.4.2 Curvas IDF para otras ciudades de la cuenca

En las otras ciudades de la cuenca no se encuentran disponibles las curvas IDF y, al no contar con la información registrada en pluviógrafo sino que en pluviómetros que se controlan una vez al día, no es posible obtener los datos de precipitación en distintos intervalos, esto implica que tampoco se puede construir la familia de curvas. Se encuentran, eso sí, dos estaciones pluviográficas en la cuenca del Biobío, además de las de Concepción, en las localidades de Quilaco y Mulchén. Cabe señalar, que existen otras estaciones pluviográficas pertenecientes a ENDESA, como Polcura, pero en general se encuentran alejadas de centros urbanos importantes.
Existe una metodología denominada curvas IDF generalizadas que permite estimar el valor de las precipitaciones con distintos intervalos y períodos de retorno, a partir de la información de precipitación diaria registrada en las estaciones pluviométricas.
Varas y Sánchez [1983] han propuesto un procedimiento que consiste en realizar un análisis de frecuencia de la serie anual de lluvias máximas diarias (de 8 AM a 8 AM), información generalmente disponible, con el objeto de calcular el valor con diez años de período de retorno. Este valor se amplifica por el coeficiente 1.1 para obtener la precipitación máxima absoluta en 24 horas con 10 años de período de retorno. En seguida, con el coeficiente de duración (C_d) y el coeficiente de frecuencia (C_f) de una estación con un régimen similar de lluvias se pueden obtener las curvas IDF para una zona de interés. El coeficiente de duración (C_d) se define como la razón entre la lluvia caída en un intervalo cualquiera y la

Tab3.2.2 Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia para Concepción-Talcahuano [Celis,1984] Intensidad (mm/h) en función de la duración y el período de retorno (Estación Bellavista)

	Duración(min)											
t (años)	10	20	40	60	90	120	240	360	600	900	1200	1440
5	73.99	58.15	41.02	32.93	25.19	20.86	13.95	10.48	6.64	5.07	4.16	3.86
10	89.66	69.14	46.30	38.98	29.67	24.91	15.52	12.13	7.33	5.67	4.69	4.48
15	98.75	75.38	48.94	42.41	32.19	27.29	16.30	13.09	7.70	5.96	4.96	4.76
20	105.19	79.76	50.66	44.81	33.96	29	16.81	13.78	7.96	6.16	5.13	4.95
25	110.20	83.15	51.93	46.67	35.32	30.34	17.19	14.31	8.15	6.30	5.25	5.08
30	114.31	85.92	52.93	48.18	36.43	31.45	17.48	14.75	8.31	6.41	5.35	5.18
35	117.79	88.26	53.75	49.46	37.36	32.29	17.73	15.13	8.43	6.50	5.43	5.27
40	120.82	90.26	54.45	50.57	38.17	33.22	17.93	15.45	8.55	6.58	5.50	5.34
45	123.50	92.08	55.05	51.55	38.89	33.95	18.11	15.74	8.64	6.64	5.56	5.40
50	125.90	93.68	55.57	52.42	39.53	34.60	18.26	16	8.73	6.70	5.61	5.45
55	128.08	95.13	56.04	53.21	40.10	35.20	18.40	16.24	8.81	6.75	5.66	5.50
60	130.08	96.46	56.46	53.94	40.63	35.75	18.53	16.45	8.88	6.80	5.70	5.54
65	131.92	97.68	56.85	54.60	41.12	36.26	18.64	16.65	8.94	6.84	5.73	5.58
70	133.63	98.81	57.20	55.22	41.57	36.73	18.75	16.84	9	6.88	5.77	5.62
75	135.23	99.87	57.52	55.80	41.99	37.17	18.84	17.01	9.06	6.92	5.80	5.65
80	136.73	100.85	57.82	56.33	42.38	37.59	18.93	17.17	9.11	6.95	5.83	5.68
85	138.13	101.78	58.10	56.84	42.75	37.98	19.01	17.33	9.15	9.68	5.86	5.71
90	139.47	102.66	58.37	57.32	43.09	38.35	19.09	17.47	9.20	7.01	5.88	5.73
95	140.73	103.49	58.61	57.77	43.42	38.70	19.16	17.61	9.24	7.04	5.91	5.76
100	141.93	104.28	58.84	58.20	43.74	39.03	16.23	17.74	9.28	7.07	5.93	5.78

Curvas IDF Varas y Sánchez [1983]
(Estación Carriel Sur)

Intensidad (mm/h)

	Duración (horas)									
T (años)	1	2	4	6	8	10	12	14	18	24
10	22.70	17.70	11.10	9.20	8.20	7.40	6.80	6.40	5.70	4.80
25	27	20.90	12.60	10.60	9.50	8.60	8	7.60	6.90	5.80
50	30.20	23.40	13.70	11.50	10.40	9.50	8.90	8.40	7.80	6.50
100	33.30	25.80	14.80	12.50	11.30	10.40	9.80	9.30	8.70	7.30

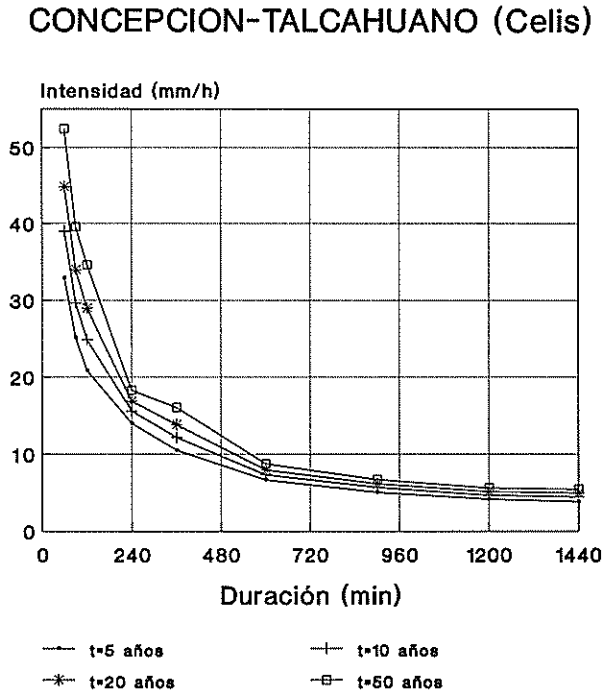


Fig.3.2.3Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia para la intercomuna Concepción-Talcahuano (en base información de Celis [1984])

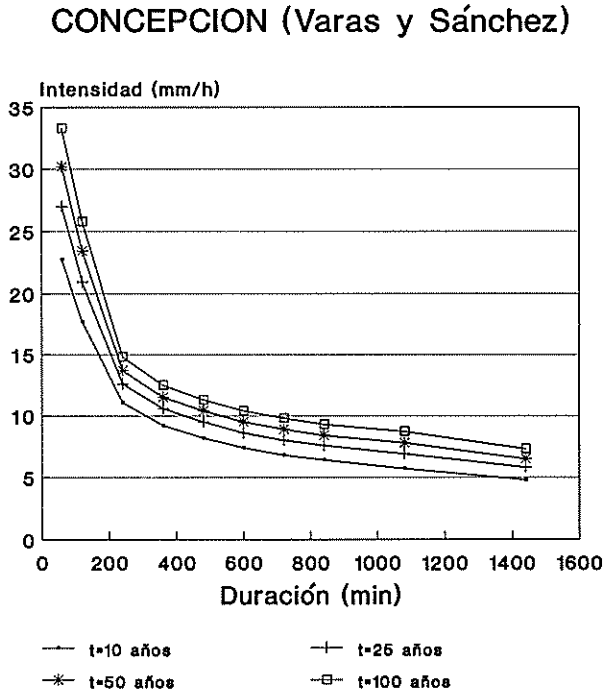


Fig.3.2.4 Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia para la intercomuna Concepción-Talcahuano (en base a información de Varas y Sánchez [1983])

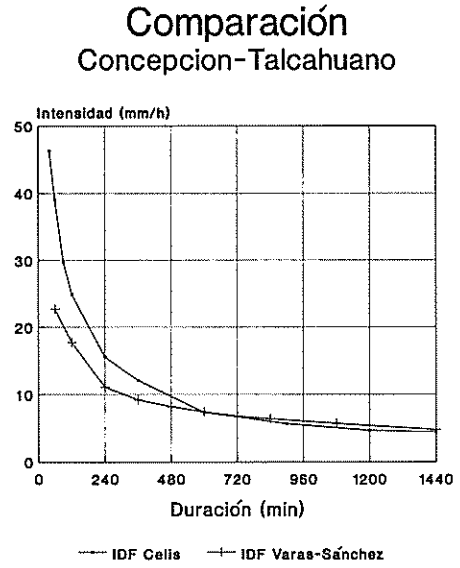


Fig.3.2.5 Comparación de las curvas IDF para Concepción-Talcahuano [Celis, 1984; Varas y Sánchez, 1983]

lluvia caída en 24 horas, ambas para un período de retorno de 10 años. Análogamente, se define el coeficiente de frecuencia (C_f) como la razón entre la lluvia asociada a un cierto período de retorno y la lluvia de igual duración pero de 10 años de período de retorno.

La siguiente expresión refleja lo anteriormente expuesto:

$$P_{t,T} = K\, P_{10,D}\, C_{d,t}\, C_{f,T}$$

donde:

$P_{t,T}$:lluvia con período de retorno T años y duración t horas (mm)

$C_{d,t}$:coeficiente de duración para t horas.

$C_{f,T}$:coeficiente de frecuencia para T años de período de retorno.

K :coeficiente para obtener la lluvia máxima absoluta en 24 horas en función del valor máximo diario (se sugiere usar 1.1)

$P_{10,D}$:lluvia máxima diaria con 10 años de período de retorno.

Siguiendo esta metodología Durán [1989] construyó las curvas IDF en la ciudad de Los Angeles, con los datos de la estación del mismo nombre perteneciente a la Dirección General de Aguas (DGA). Los valores encontrados se resumen en Tab.3.2.3 y se pueden observar en Fig.3.2.6.

Varas y Sánchez [1983] utilizaron la estación de Quilaco en su estudio de las curvas IDF generalizadas, por lo que se encuentran calculadas en esta ciudad en base a los registros pluviográficos. Se presentan en Tab.3.2.4 y en Fig.3.2.7.

Siguiendo una metodología similar, se pueden calcular las curvas IDF en todas las ciudades de la cuenca, que cuenten o se encuentren cercanas a una estación pluviométrica, utilizando el coeficiente de duración y el coeficiente de frecuencia indicado para cada lugar, según se encuentre cercano a Concepción, Quilaco o Polcura.

3.3 Hidrología

Para definir las características hidrológicas de la cuenca del río Biobío se han clasificado los sistemas hídricos en: cursos de agua superficial (río Biobío y afluentes); lagos y lagunas y aguas subterráneas.

3.3.1 Río Biobío y sus afluentes

La hidrología del cauce principal y de sus afluentes, como se ha dicho en Par.3.1, sigue comporta-

Tab 3.2.3 Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia para Los Angeles [L.Durán, 1989]

Intensidad (mm/h)

T (años)	Duración (horas)									
	1	2	4	6	8	10	12	14	18	24
2	17.12	12.05	8.98	7.26	6.41	5.98	5.55	5.12	4.87	4.10
5	19.57	13.79	10.26	8.30	7.32	6.84	6.34	5.86	5.57	4.69
10	22.24	15.06	11.66	9.43	8.32	7.77	7.21	6.65	6.33	5.32
25	25.57	18	13.41	10.85	9.57	8.94	8.29	7.65	7.27	6.12
50	28.24	19.88	14.82	11.98	10.57	9.87	9.15	8.45	8.04	6.76
100	30.69	21.61	16.09	13.02	11.49	10.72	9.95	9.18	8.73	7.34

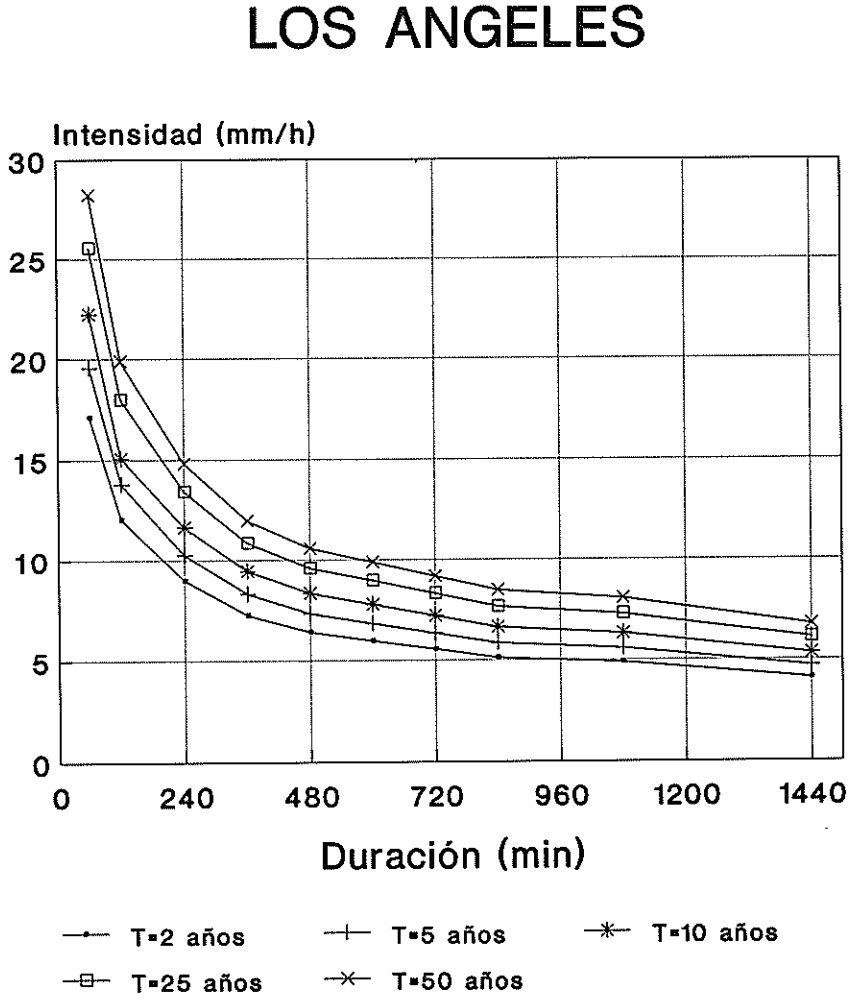


Fig.3.2.6 Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia para Los Angeles (en base a información de Durán [1989])

Tab 3.2.4 Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia para Quilaco [Varas y Sánchez, 1983]

Intensidad (mm/h)

T (años)	Duración (horas)									
	1	2	4	6	8	10	12	14	18	24
10	20.90	16.80	12.40	10	8.80	7.90	7.10	6.70	6.20	5.30
25	24.40	19.70	14.40	11.50	10.20	9.20	8.20	7.90	7.30	6.30
50	27.10	21.90	15.90	12.70	11.20	10.10	9	8.70	8.10	7
100	29.70	24	17.40	13.80	12.30	11	9.90	9.50	8.90	7.70

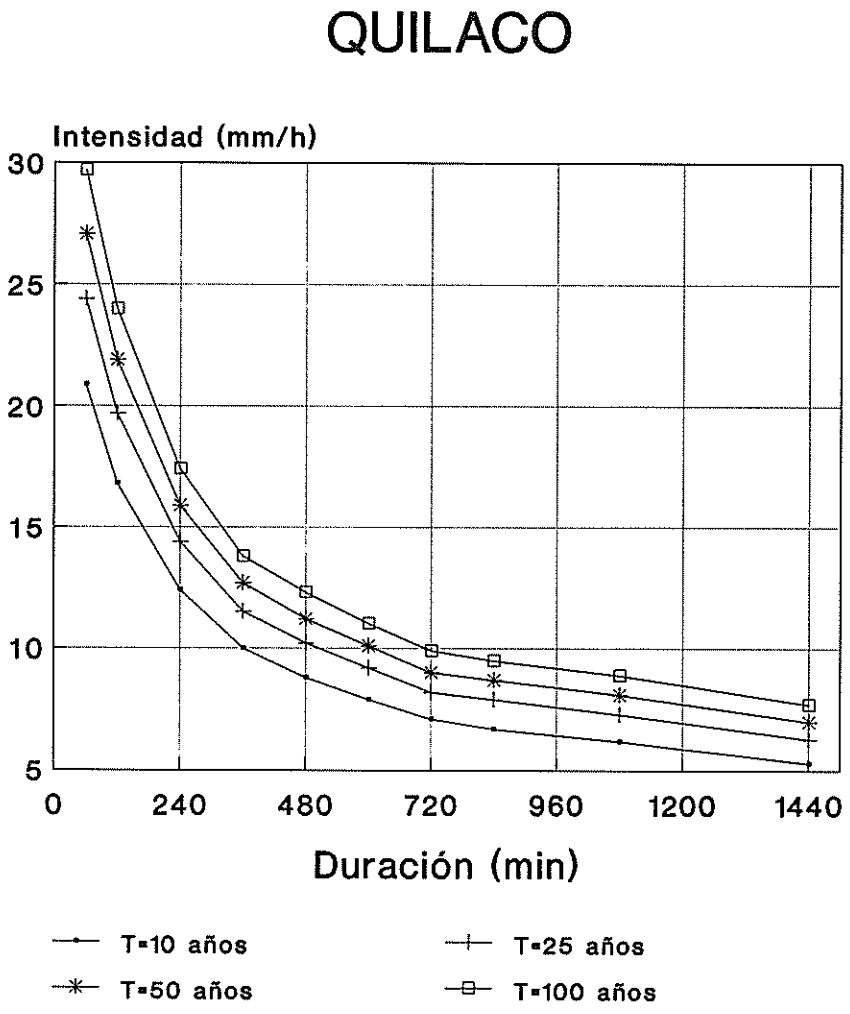


Fig.3.2.7 Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia para Quilaco (en base a información de Varas y Sánchez [1983])

mientos diferentes debido a las distintas unidades morfológicas presentes (Cordillera de la Costa, Valle Central y Cordillera de los Andes) que influyen en la precipitación pluvial y nival en toda la extensión de la cuenca. Además, las formaciones geológicas existentes influyen de manera diversa en los aportes de aguas subterráneas a los cauces. Tomando los caudales medios mensuales medidos en la estación Biobío en Desembocadura, perteneciente a la Dirección General de Aguas, se observa que el régimen del río es del tipo pluvionival (Fig.3.3.1), con un caudal máximo medio mensual de aproximadamente 2200 m^3/s en los meses de junio-julio, que corresponde a los meses de máximas precipitaciones en la cuenca. Los caudales mínimos medio mensuales se ubican en los meses de marzo-abril con valores cercanos a los 220 m^3/s, cuando se termina el verano y aún no se registran las primeras precipitaciones. Este caudal mínimo se mantiene gracias a algunos aportes nivales remanentes y a la napa subterránca, fundamentalmente.

3.3.1.1 Información hidrológica disponible

La información hidrológica básica de estaciones fluviométricas en la cuenca del Biobío, es manejada fundamentalmente por tres organismos:
Dirección General de Aguas (DGA): es un organismo estatal encargado de definir, controlar, medir y registrar toda la información relacionada con la disponibilidad del recurso en todo el país.
Empresa Nacional de Electricidad S.A. (ENDESA): actualmente es una empresa privada que trabaja en la producción de energía eléctrica , principalmente hidroeléctrica. Por esta razón mantiene estaciones fluviométricas en distintos ríos y canales en todo el país.
Centro EULA-Chile: para realizar estudios científicos en el área de hidrología, el Centro EULA ha instalado cuatro estaciones fluviométricas en cuatro cuencas que representan las diferentes características geomorfológicas y de uso del suelo en la cuenca del Biobío.
Un listado con todas las estaciones fluviométricas

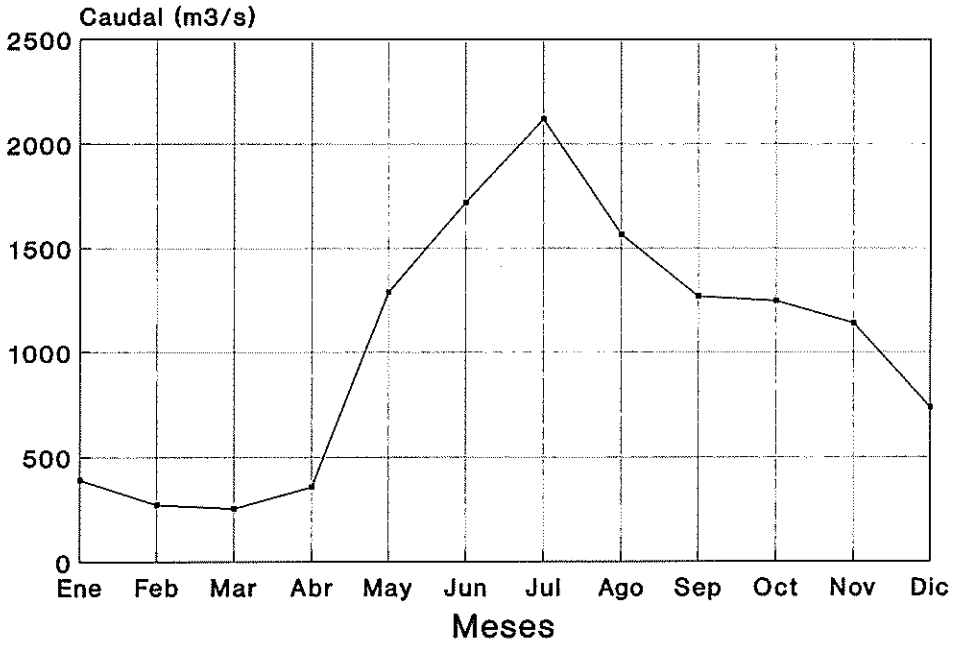


Fig.3.3.1 Caudal medio mensual registrado en la estación Biobío en Desembocadura de la Dirección General de Aguas

Tab 3.3.1 Estaciones fluviométricas en la cuenca del Biobío

CODIGO BNA	NOMBRE ESTACION	FECHA INSTAL		ALTURA (msnm)	COORD. GEOGRAF.		AREA km²
08304001-7	RIO LONQUIMAY ANTES JUNTA RIO BIO B	12-1985			38 26	71 14	
08317001-8	RIO BIOBIO EN RUCALHUE	12-1937		245	37 43	71 54	704
08317002-6	RIO LIRQUEN EN CERRO EL PADRE	12-1942		340	37 47	71 52	6
08318001-3	CANAL BIOBIO SUR EN KM 7	12-1971	05-1982	240	37 42	71 58	
08319001-9	RIO BIOBIO EN LONGITUDINAL	12-1965	10-1983	120	37 36	72 17	762
08323001-0	RIO DUQUECO EN CERRILLOS	12-1962		118	37 33	72 18	154
08323002-9	RIO DUQUECO EN VILLUCURA	12-1941		228	37 33	72 02	91
08330001-9	RIO MULCHEN EN MULCHEN	12-1937		120	37 43	72 15	43
08332001-K	RIO BUREO EN MULCHEN	12-1929		133	37 43	72 14	56
08334001-0	RIO BIOBIO EN COIHUE	12-1928		58	37 33	72 35	
08341001-9	RIO RENAICO EN JAUJA	12-1948	08-1969	418	38 02	71 56	35
08342001-4	RIO RENAICO EN LONGITUDINAL	12-1982		135	37 51	72 23	
08343001-K	RIO MININCO EN LONGITUDINAL	12-1963		120	37 52	72 24	41
08350001-8	RIO MALLECO EN LA LAGUNA	12-1960	03-1984	850	38 13	71 50	4
08351001-3	RIO MALLECO EN COLLIPULLI	12-1920		135	37 58	72 26	42
08352001-9	RIO MALLECO EN LOLENCO	12-1920	04-1923		37 52	72 36	
08355001-5	RIO LOS SAUCES EN LAS BALSAS	11-1929	11-1946		37 58	72 50	
08358001-1	RIO VERGARA EN TIJERAL	12-1964		40	37 44	72 37	247
08359001-7	RIO VERGARA EN NACIMIENTO	12-1928	08-1931		37 30	72 39	
08362001-3	RIO NICODAHUE EN PICHUN	12-1985			37 27	72 45	
08367001-0	RIO HUAQUI EN DIUQUIN	12-1985			37 21	72 41	
08376001-K	RIO RUCUE EN CAMINO A ANTUCO	12-1983		450	37 20	71 47	21
08380001-1	RIO LAJA EN TUCAPEL	12-1916	12-1973	285	37 17	71 58	268
08380002-K	CANAL LAJA CAMINO A TUCAPEL	12-1933	04-1982	285	37 17	71 58	
08381001-7	RIO LAJA EN EL SALTO	12-1957	04-1977	97	37 13	72 23	294
08381002-5	RIO LAJA EN CURANILAHUE	12-1914	08-1931	148	37 11	72 20	
08383001-8	RIO LAJA EN PUENTE PERALES	12-1957		65	37 14	72 32	342
08385001-9	RIO CLARO EN CAMINO YUMBEL-EST.	12-1985			37 07	72 32	
08385002-7	RIO CLARO EN PUENTE CLARO	12-1983	12-1984		37 12	72 37	
08386001-4	RIO LAJA EN SAN ROSENDO	12-1971	06-1985	40	37 16	72 43	
08394001-8	RIO BIOBIO EN DESEMBOCADURA	12-1964		2	36 50	73 05	2121
08394002-6	LAGUNA GRANDE	11-1985	12-1989	18	36 51	73 06	1
EULA	RIO QUILLAILEO ANTES EST. LOS PACOS	04-1991			37 37	71 39	
EULA	RIO PICOIQUEN EN EL MANZANO	04-1991			37 48	72 51	
EULA	RIO MICAUQUEN ANTES LONGITUDINAL	04-1991			37 49	72 21	
EULA	ESTERO MININCO ANTES BOCATOMA	04-1991			37 40	71 55	
EULA	CANAL QUILLAILEO SALIDA TUNEL	04-1991					

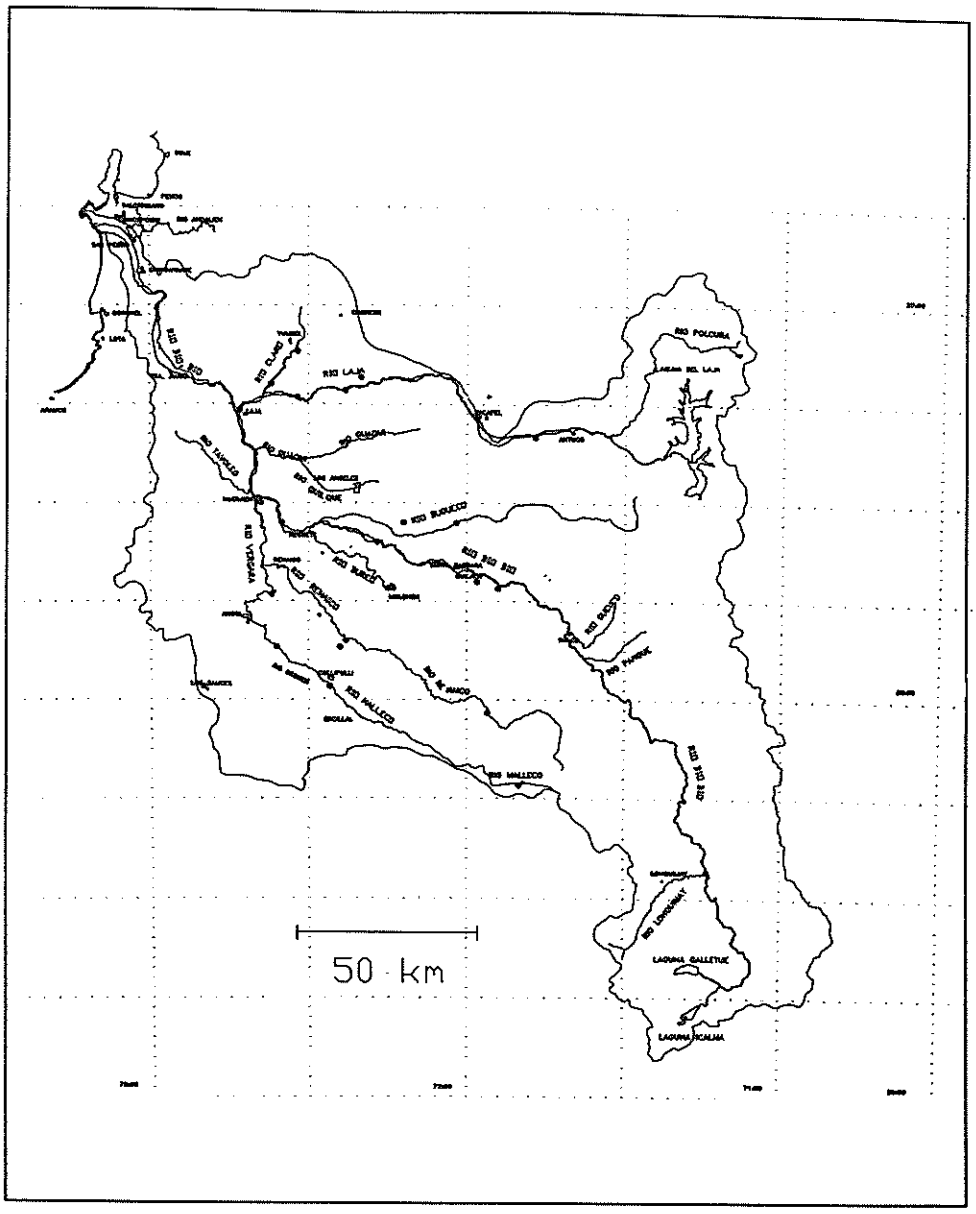


Fig.3.3.2 Distribución de las estaciones fluviométricas en la cuenca del Biobío

existentes pertenecientes a la DGA y al Centro EULA se encuentra en Tab.3.3.1 y se han representado en Fig.3.3.2.

3.3.1.2 Eventos hidrológicos extremos

a) Caudales mínimos

En el río Biobío y en sus distintos afluentes existen innumerables descargas de aguas servidas domésticas o RILES, por lo que conocer la hidrología de los ríos permite conocer las respectivas capacidades de autodepuración.
Estas capacidades de autodepuración son menores en las épocas de estiaje, ya que con los míni-

mos caudales es cuando se torna crítica la situación de contaminación en los cuerpos receptores. Los ríos identificados como de alto nivel de contaminación y, por lo tanto, donde se necesita conocer los caudales mínimos con cierta probabilidad de excedencia y la duración de estos eventos, corresponden a las zonas con una alta intervención antrópica, es decir, cercanas a las ciudades y donde se concentra la actividad industrial.

Con estos criterios se han seleccionado las estaciones fluviométricas de la DGA (Tab.3.3.2), que en algunos casos se ubican exactamente en las zonas requeridas y en otros se encuentran más alejadas de las zonas de interés.

La ciudad de Los Angeles, junto a la Industria Azucarera Nacional IANSA, descarga sus aguas en los esteros Quilque y Paillihue que no cuentan con estaciones fluviometricas, sí existen algunos valores de referencia en SENDOS [1987]. Estos esteros que cruzan la ciudad son utilizados en la época de verano para portar caudales de riego por la Asociación de Canalistas del Laja, por lo que su caudal sube en algunos momentos de la época de riego.

Es necesario mencionar que sería de gran utilidad disponer de información de los caudales en el Biobío antes de la confluencia con el río Laja, porque desde esta zona en adelante existe una alta densidad de población y de industrias que descargan sus aguas en el río.

Del trabajo desarrollado por Arumi [1992] se ha tomado la información referida a los caudales mínimos de las estaciones señaladas con (1) en Tab.3.3.2, que corresponde a los períodos máximos anuales en los cuales el caudal (Q) es menor que un caudal de referencia entregado por la curva de duración general de cada estación (q*), con frecuencia de 50, 65, 75, 80, 85 y 90 % y, además, el período total anual en que el caudal es menor que estos valores de referencia ($Q < q^*$). Esto queda representado en Figs.3.3.3-3.3.10 para las distintas estaciones seleccionadas.

Se puede apreciar que, en general, la cantidad máxima de días continuos (de la serie histórica), en la que el caudal es menor que un cierto valor, se acerca a la cantidad máxima total de días con caudales menores que este mismo valor, a excepción del río Biobío en Desembocadura y el río Laja en Puente Perales, donde no existe una clara coincidencia.

El caso del río Biobío en Desembocadura es además particular (ver Fig.3.3.10) porque el máximo número de días sucesivos con un caudal menor que un cierto valor, se mantiene bajo en todos los casos considerados.

Cabe señalar que esta información no se encuentra elaborada estadísticamente y, de esta manera, corresponde sólo al registro histórico que se dispone de cada una de las estaciones, por lo que los valores no tienen una relación probabilística directa.

Se realizó un análisis de frecuencia de los caudales mínimos para cada una de las estaciones consideradas de mayor importancia, identificadas con (2) en Tab.3.3.2, utilizando una distribución

Tab. 3.3.2 Estaciones Fluviométricas DGA cercanas a ciudades o industrias.

Estación DGA	Ciudad	Industria
Claro Yumbel-Estación	Yumbel, Cabrero	Aserradero
Lonquimay junta Biobío	Lonquimay	
Bureo en Mulchén (1)	Mulchén	Aserraderos
Mulchén en Mulchén (1)	Mulchén	Aserraderos
Duqueco en Cerrillos (1)		
Laja en Puente Perales (1)(2)	Laja	Papelera
Malleco en Collipulli (1)	Collipulli	
Biobío en Rucalhue (1)	Sta Bárbara Quilaco	
Biobío en Coihue	Negrete	Papelera
Vergara en Tijeral (1)(2)	Angol	Aserraderos
Vergara en Nacimiento	Nacimiento	Papeleras
Renaico en Longitudinal	Renaico	
Biobío desembocadura (1)(2)	Concepción-Talcahuano	Papel Químicas

(1) *Estaciones seleccionadas estudio J.Arumi (1992)*
(2) *Estaciones con Análisis de Frecuencia*

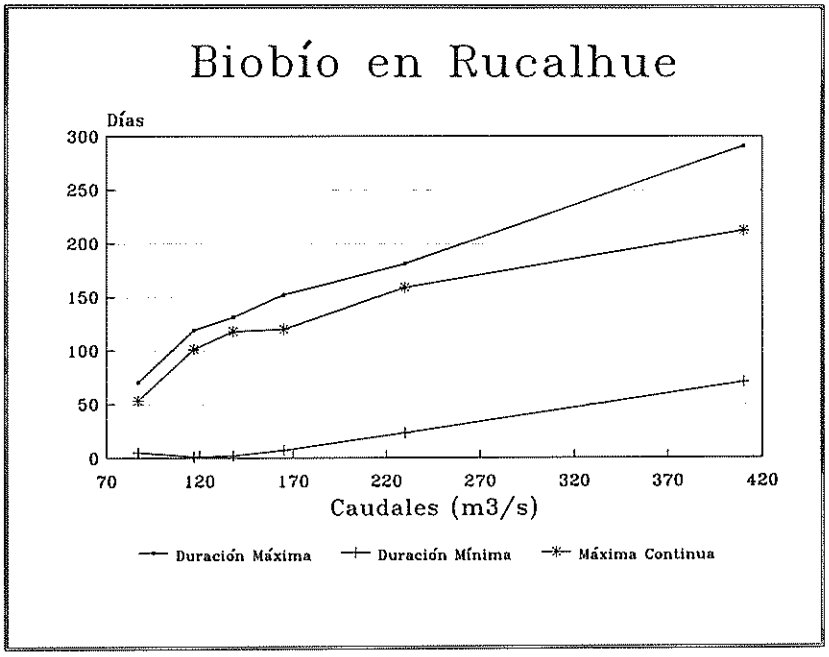


Fig.3.3.3 Número de días (mínimo, máximo y máximo continuo) en los cuales el caudal mínimo se encuentra bajo un cierto valor, para la estación: Biobío en Rucalhue (en base a información de Arumi [1992])

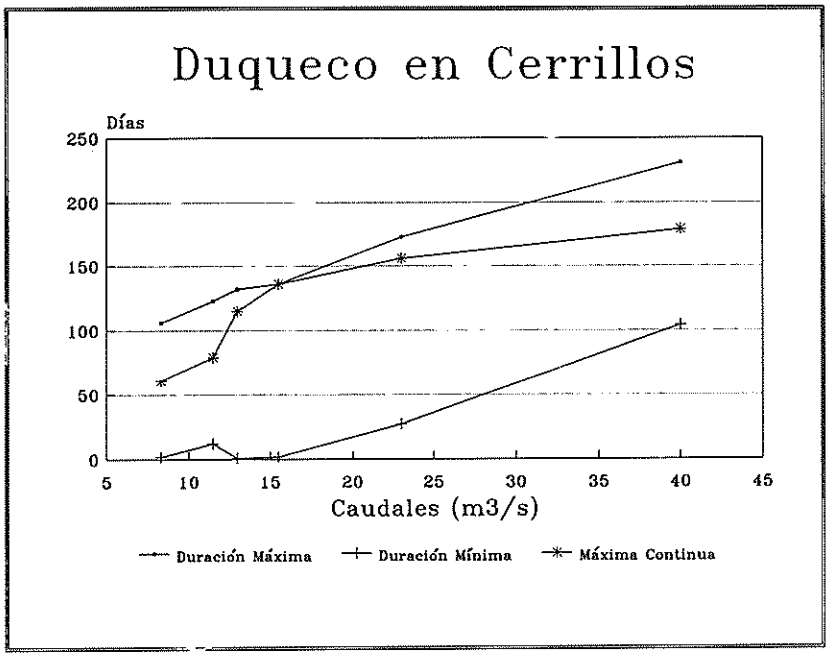


Fig.3.3.4 Número de días (mínimo, máximo y máximo continuo) en los cuales el caudal mínimo se encuentra bajo un cierto valor, para la estación: Duqueco en Cerrillos (en base a información de Arumi [1992])

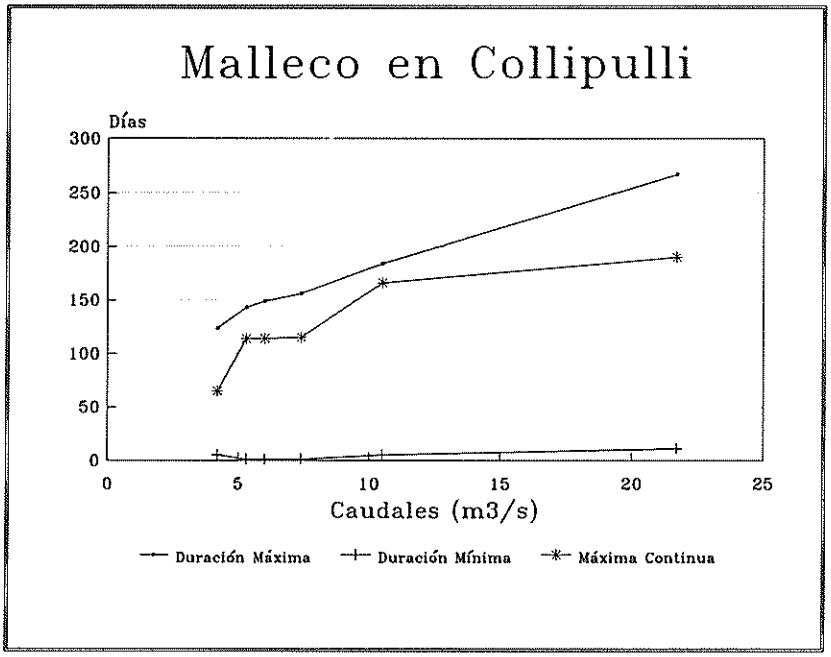


Fig.3.3.5 Número de días (mínimo, máximo y máximo continuo) en los cuales el caudal mínimo se encuentra bajo un cierto valor, para la estación: Malleco en Collipulli (en base a información de Arumi [1992])

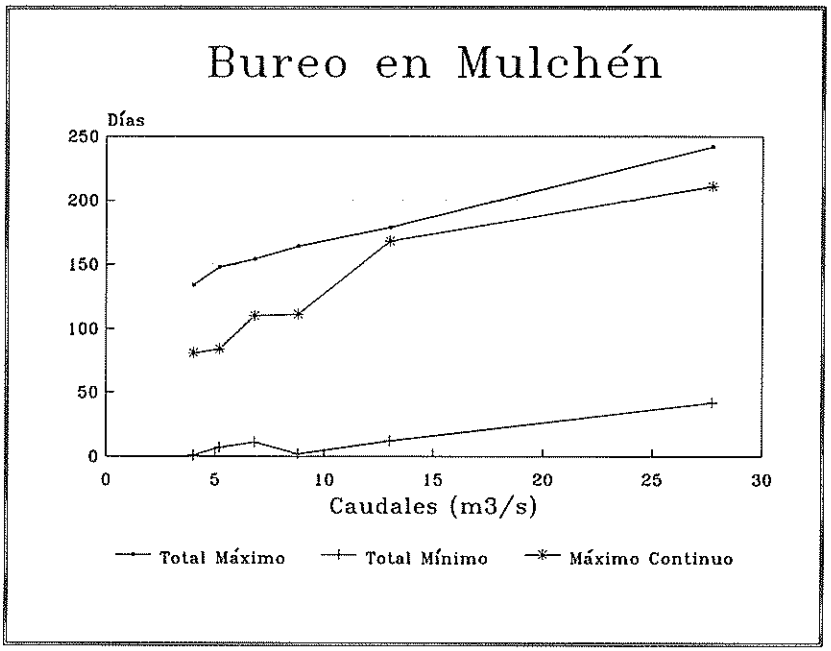


Fig.3.3.6 Número de días (mínimo, máximo y máximo continuo) en los cuales el caudal mínimo se encuentra bajo un cierto valor, para la estación: Bureo en Mulchén (en base a información de Arumi [1992])

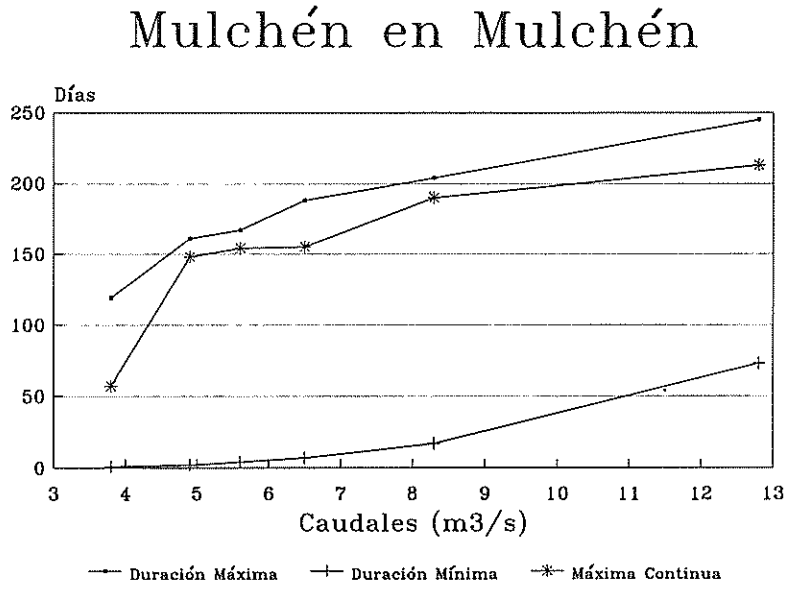


Fig.3.3.7 Número de días (mínimo, máximo y máximo continuo) en los cuales el caudal mínimo se encuentra bajo un cierto valor, para la estación: Mulchén en Mulchén (en base a información de Arumi [1992])

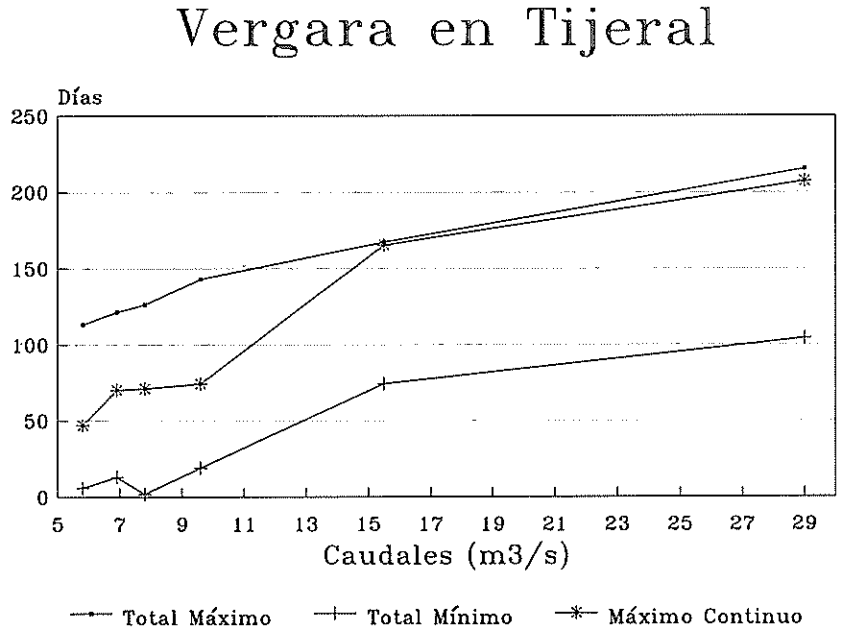


Fig.3.3.8 Número de días (mínimo, máximo y máximo continuo) en los cuales el caudal mínimo se encuentra bajo un cierto valor, para la estación: Vergara en Tijeral (en base a información de Arumi [1992])

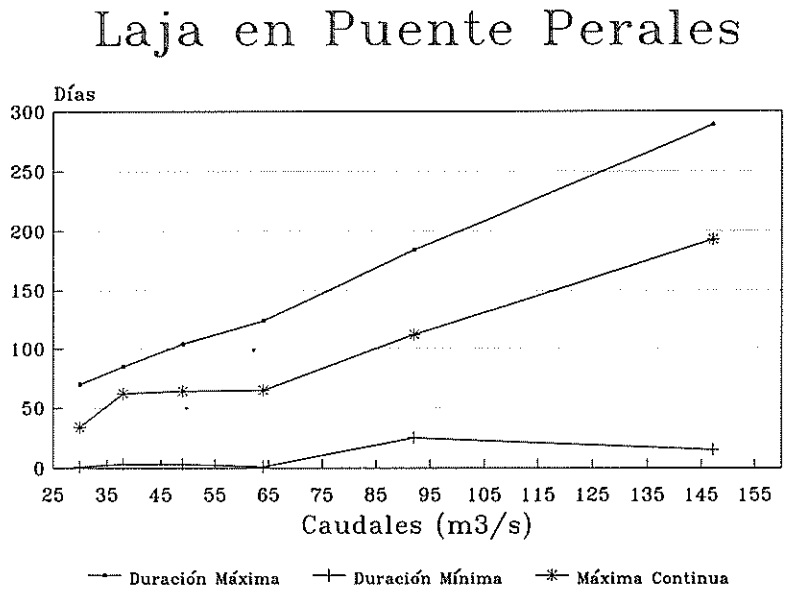


Fig.3.3.9 Número de días (mínimo, máximo y máximo continuo) en los cuales el caudal mínimo se encuentra bajo un cierto valor, para la estación: Laja en Puente Perales (en base a información de Arumi [1992])

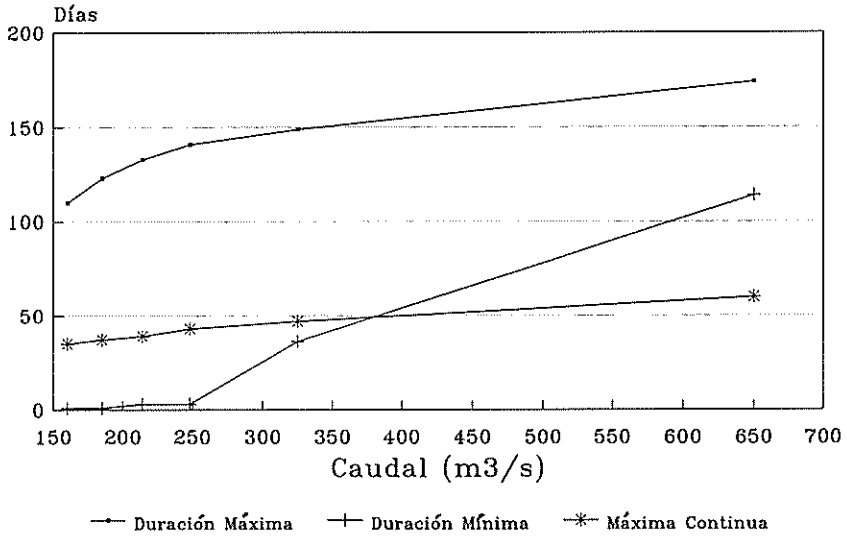


Fig.3.3.10 Número de días (mínimo, máximo y máximo continuo) en los cuales el caudal mínimo se encuentra bajo un cierto valor, para la estación: Biobío en desembocadura (en base a información de Arumi [1992])

de Valores Extremos Tipo III para los valores mínimos, entregando los resultados en Tab.3.3.3. Es importante considerar que cuando se presentan los mínimos caudales, los ríos tienden a tomar varios brazos en el cauce, lo que dificulta la recolección de las aguas en las tomas de agua potable o industrial, y dificulta las descargas de las aguas residuales. Esto se observa principalmente en la parte baja del río Biobío.

b) Caudales máximos

En las grandes crecidas se superan ampliamente los caudales necesarios de autodepuración en los puntos de descarga, es decir, en todos los afluentes y en el curso principal del río Biobío. Al realizar un análisis de frecuencia para los caudales máximos de la estación Biobío en Desembocadura [Aros y Vargas, 1984], se obtienen los caudales asociados a los períodos de retorno (T) identificados en Tab.3.3.4.
En este estudio se ajustó una distribución de Valores Extremos Tipo I, elegida de acuerdo a los tests estadísticos de Chi-cuadrado y Kolmogorov-Smirnov.
Se analizó el comportamiento que experimenta cada sección del estudio (desde Hualqui a la desembocadura), en relación a los desbordes que se producen en sus riberas a medida que avanza la onda de crecida, y que naturalmente implican el anegamiento de zonas agrícolas y, en muchos casos, la inundación de sectores poblados.

3.3.2 Lagos

Las lagunas consideradas en este estudio son distinguidas entre las que dan origen directa o indirectamente al río Biobío y las de Concepción. En el primer grupo están las lagunas Icalma, Galletué y Laja. Las lagunas del segundo grupo pueden clasificarse en las de Concepción urbano y las del área de San Pedro.

Tab 3.3.3 Análisis de Frecuencia: caudales mínimos

	CAUDAL (m^3/s)			
	T=2 años	T=5 años	T=10 años	T=20 años
Vergara en Tijeral	4.0	2.9	2.2	1.6
Laja en Puente Perales	34.4	23.2	18.9	16.3
Biobío en desemb.	184.5	159.2	150.1	144.6

Tab 3.3.4 Análisis de Frecuencia para los caudales máximos en Biobío en Desembocadura

T (años)	Q (m^3/s)
5	9.750
10	11.050
20	12.311
50	13.944

3.3.2.1 Lagos Icalma, Galletué y Laja

El *lago Icalma* (Fig.3.3.11), de origen glaciar, se ubica en la cota 1.150 m.s.n.m. y tiene una superficie de 11,7 km^2, incluida la Laguna Chica de Icalma. El cuerpo principal tiene una superficie de 9,8 km^2 y una profundidad máxima de 135 m y media de 66 m (con un volumen de $650*10^6$ m^3). Su área de drenaje es 150 km^2; sus dos afluentes principales son el río Huillinco y el Icalma, de corta trayectoria (12 a 14 km de largo). Su efluente, el río Rucanuco, entrega sus aguas al río Biobío aproximadamente 10 km aguas abajo de su nacimiento.
No existen datos hidrológicos del lago Icalma.
El *lago Galletué* (Fig.3.3.11) da origen al río Biobío, se ubica casi por completo en la llanura de la zona fronteriza de Liucura (a 1.150 m.s.n.m.) en el mismo meridiano del Icalma y algunos kilómetros más al Norte que éste.

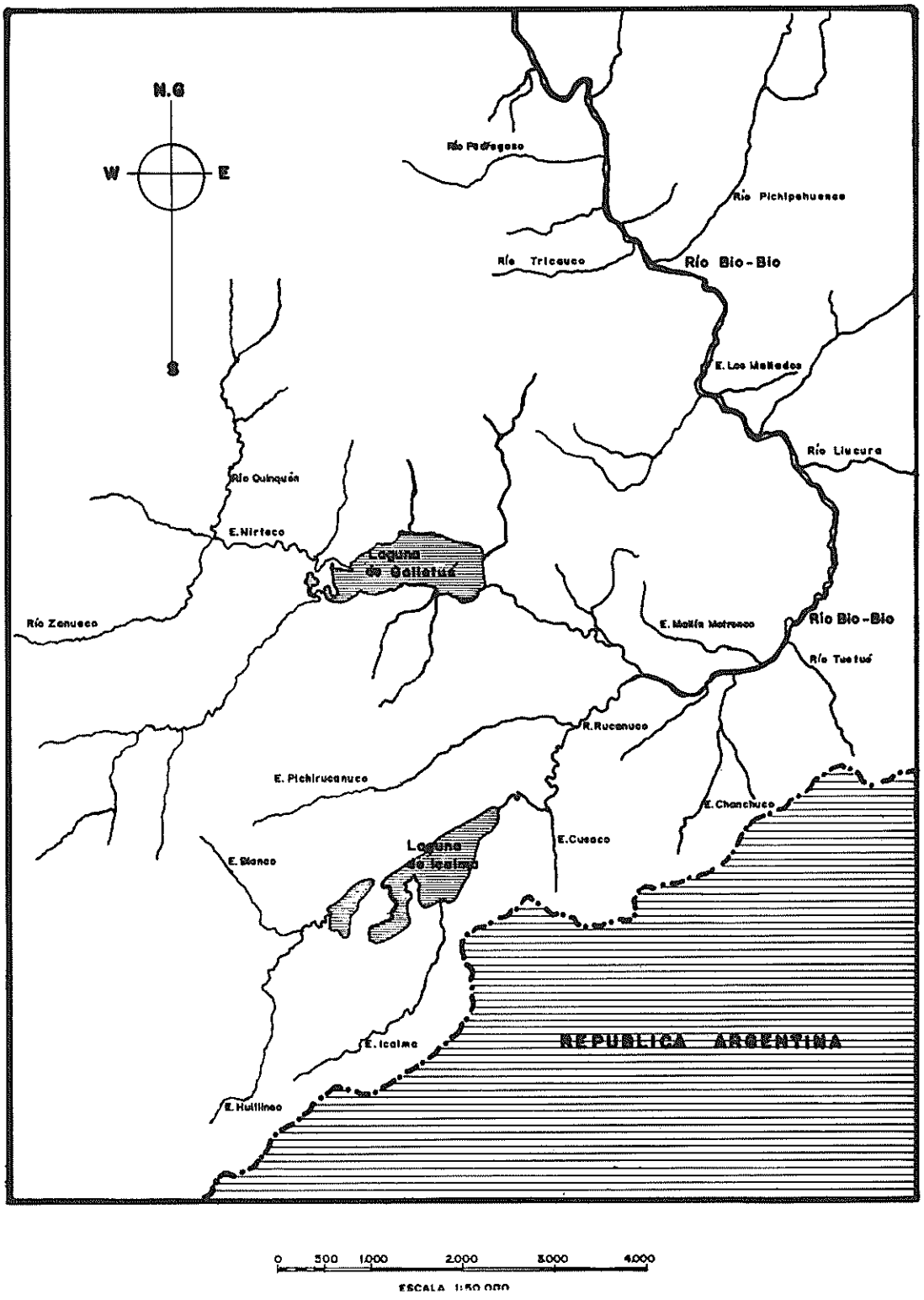


Fig.3.3.11 - Lagos Icalma y Galletué.

El Galletué posee una extensa área de drenaje (320 km^2) representada por dos ríos principales que son el Ñirreco y el Miraflores; el Ñirreco resulta de la confluencia del río Zamueco con el Quinquén.
El lago Galletué tiene una superficie de 12,5 km^2 y una profundidad de menos de 50 m, con un volumen de 400*10^6 m^3. De origen similar al Icalma, la ubicación del Galletué en la llanura sería la causa de que su profundidad no sea tan alta como la del Icalma.

No existen datos hidrológicos del lago Galletué.

La *laguna Laja* (Fig.3.3.12) está ubicada en plena cordillera andina a 1.360 m.s.n.m. y tiene su origen en la acción del volcán Antuco y cuenta con una superficie aproximada de 132 km^2. De esta laguna nace el río Laja, principal tributario del río Biobío [AAVV, 1988b].
El vaso que ocupa actualmente formaba parte del antiguo valle del río Laja, el que fue bloqueado hace unos doscientos mil años por flujos de lava provenientes de las erupciones de los volcanes predecesores del Antuco.
Estos flujos formaron una verdadera presa de lava, tras la cual se embalsaron las aguas del río, dando así origen a un lago similar al actual, pero cuyo nivel era unos cien metros más alto. Con posterioridad, durante las épocas glaciales, los grandes ventisqueros que ocuparon este vaso erosionaron la presa de lava, rebajando su altura a una inferior a la que se observa en la actualidad. Finalmente, las erupciones del volcán Antuco, especialmente las de mediados del siglo pasado, la modelaron hasta dejarla con el aspecto que tiene en la actualidad.
Debido a la naturaleza permeable propia de las lavas que forman esta presa natural, del orden del 40% de las aguas afluentes al lago Laja se filtran a través de ella para aflorar varios kilómetros aguas abajo, en el lugar conocido como Ojos de Agua. Estas filtraciones, si bien dependen del nivel del lago, el cual, a su vez, está influenciado por el tipo de año hidrológico que se trate, existen siempre y alimentan constantemente al río Laja, dándole una regularidad inusual a su caudal, característica que lo hace especialmente atractivo para su aprovechamiento en producción de energía hidroeléctrica.
El volumen del lago se maneja artificialmente con el fin de producir energía eléctrica (ver Par.4.3.1).

3.3.2.2 Lagunas de Concepción urbano y de San Pedro

Desde un punto de vista hidrológico las lagunas de Concepción urbano pueden ser clasificadas en tres distintos sistemas: el primero comprende las lagunas Lo Méndez, Lo Galindo y Lo Custodio, el segundo está compuesto por la laguna Tres Pascualas y finalmente el tercero comprende la laguna Redonda. la ubicación general de estas lagunas se puede ver en Fig.3.3.13.
En cuanto al primer sistema, la laguna Lo Méndez descarga sus aguas en un colector de enlace, de un metro de diámetro, que la conecta a la laguna Lo Galindo. Antes de su entrada a la laguna Lo Galindo, el colector recibe las aguas lluvia de una población aledaña. La laguna Lo Galindo descarga en un colector que termina en el río Andalién. Este colector también recoge las aguas lluvia que llegan a la laguna Lo Custodio y las descargadas durante su trayecto entre la laguna y el río Andalién.
La laguna Tres Pascualas recibe un colector de aguas lluvia de un metro de diámetro aproximadamente, y es vaciada por dos colectores que descargan sus aguas en el río Andalién.
La laguna Redonda se encuentra más al sur que las anteriores, aproximadamente a un kilómetro del río Biobío. Tiene dos tuberías ubicadas diametralmente opuestas, no consideradas dentro de los planos de aguas lluvia ni aguas servidas. Debido a sus pequeños diámetros y a que aparentemente están secas hace mucho tiempo, se puede concluir que las tuberías no descargan aportes que afecten la hidrología de la laguna.
En San Pedro existen dos lagunas: la Laguna Grande y la Laguna Chica (Fig.3.3.14).
La Laguna Grande de San Pedro [Parra, 1989] se ubica en la parte noroccidental de la cordillera de

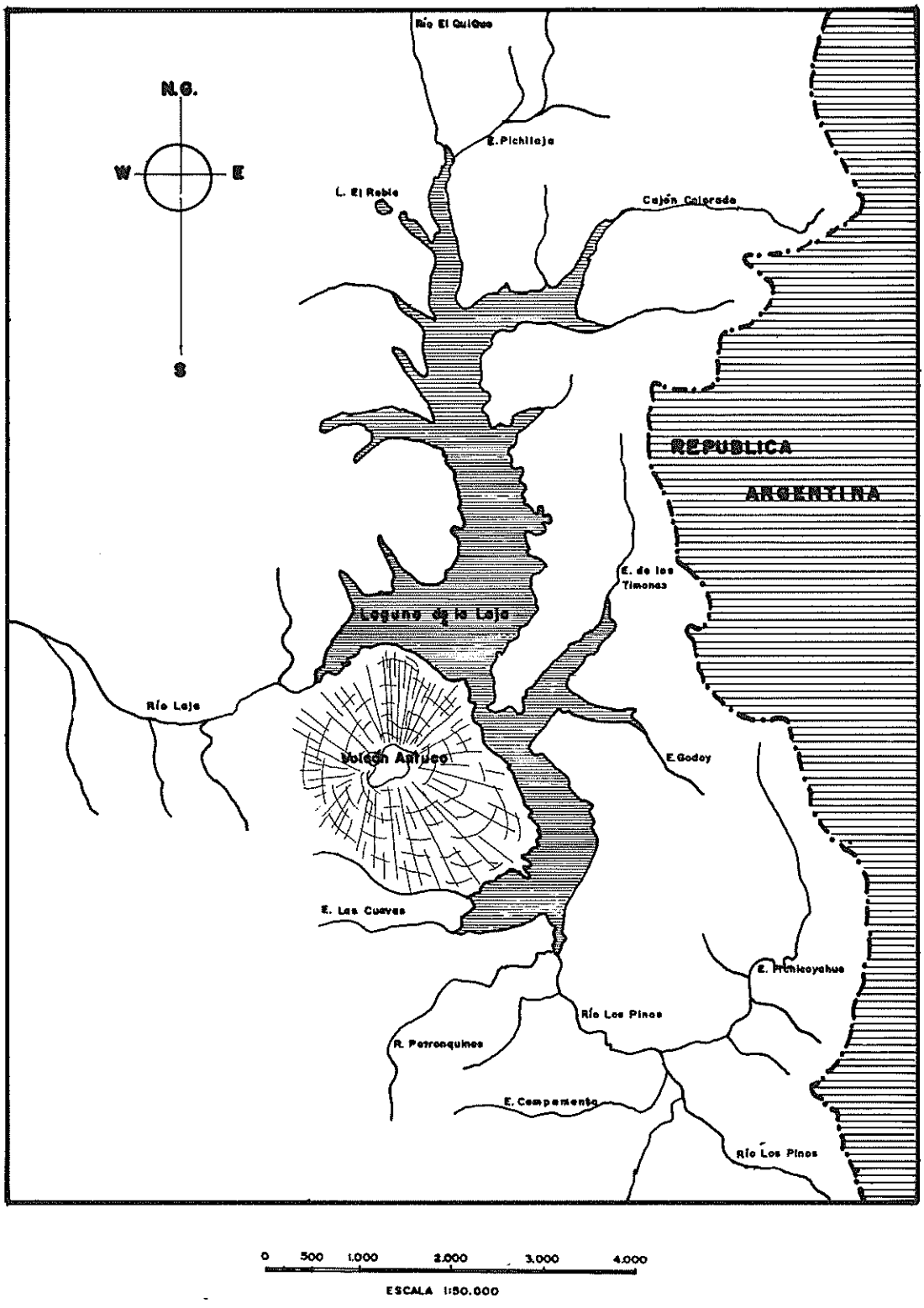


Fig.3.3.12 - Laguna Laja.

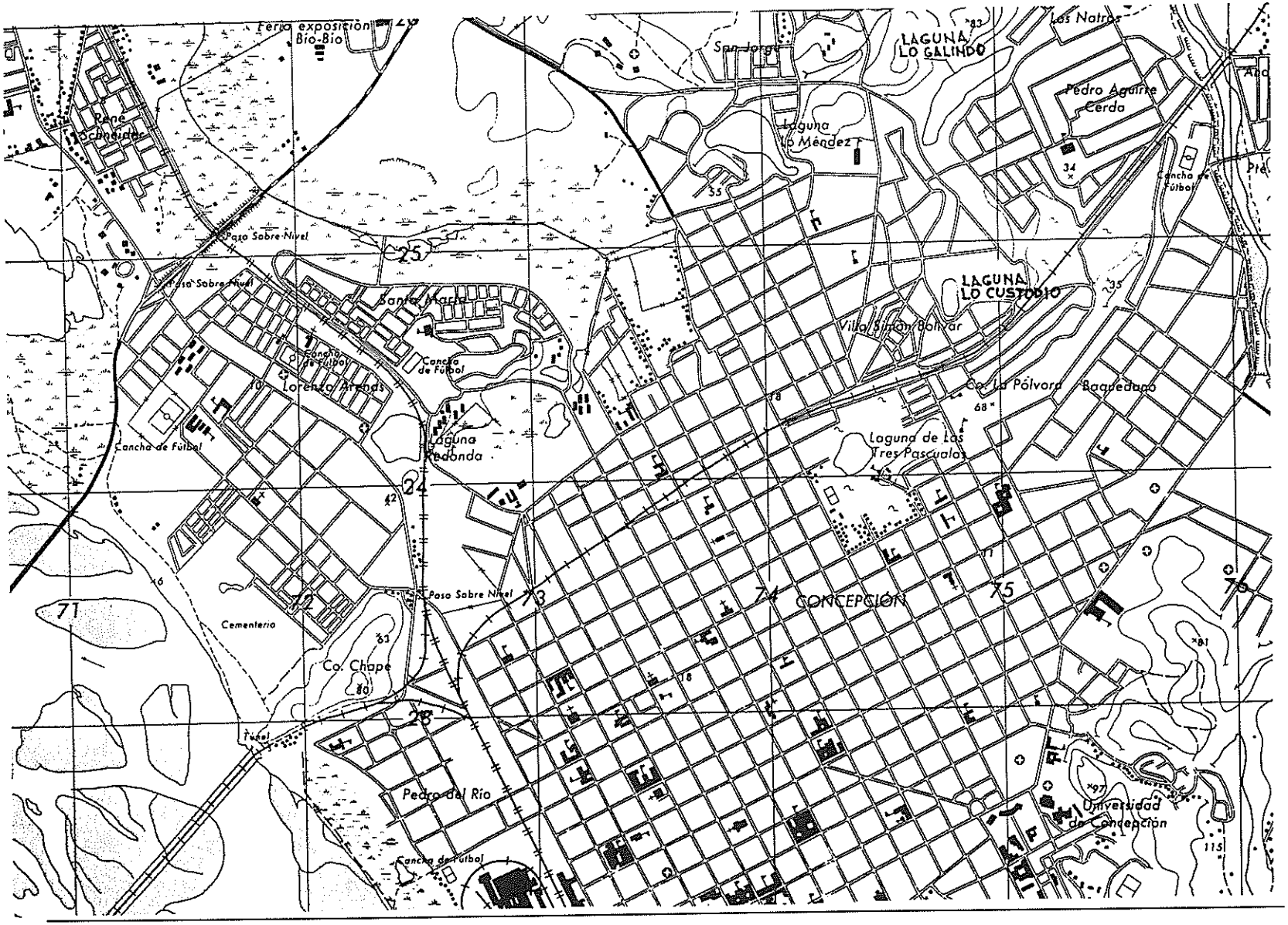


Fig.3.3.13 - Lagunas urbanas de Concepción

Nahuelbuta, al sur del río Biobío y a unos cinco kilometros de la ciudad de Concepción. En el lado oriental se encuentra rodeada por un cordón montañoso que alcanza una altura aproximada de 350 m y del cual nacen pequeños valles y quebradas que se descuelgan hacia el cuerpo de agua. Hacia el lado occidental se ubica una extensa llanura que actúa como represamiento natural del sistema y en gran parte de ella, se encuentra ubicada la villa de San Pedro.

La laguna se ubica en un área con estaciones climáticas muy marcadas y de transiciones relativamente rápidas. La depresión o valle que contiene la masa de agua es de origen fluvial; pero la laguna se generó por la obstrucción frontal efectuada por las dunas o arenas negras del río Biobío. La masa de agua de la laguna proviene principalmente de los aportes de los esteros que conforman la hoya hidrográfica o cuenca de drenaje de la laguna y de los aportes de las aguas que directamente inciden en ella (precipitaciones, napas subterráneas, afluentes artificiales).

Un esquema de los aportes a la laguna se aprecia en la Fig.3.3.15. En esta figura se consideran: afluentes naturales, emisarios de aguas lluvia, emisario mixto de desagüe de Laguna Chica y aguas lluvia, desagüe de drenaje aguas subterráneas, desagüe rebalse colector aguas servidas, efluente natural (Estero Los Batros) y desagüe del estanque de agua potable. En cuanto al Estero Los Batros cabe señalar que éste funciona como desagüe de la laguna sólamente durante los meses lluviosos.

La totalidad de la hoya hidrográfica se desarrolla en la falda occidental de la Cordillera de Nahuelbuta y alcanza una superficie aproximada de 1.250 há. El régimen aportante es netamente pluvial.

La Laguna Grande de San Pedro se encuentra a 4 metros sobre el nivel del mar, nivel que se eleva en casi un metro en los meses de invierno por la intensa pluviosidad del área (1.200 mm aprox.) [Daza, 1992].

La superficie del espejo de agua es de sólo 1,55 km^2, con una profundidad máxima de 13,5 m, una profundidad media de 8,3 y un volumen de 12.903.000 m^3.

Laguna Chica de San Pedro se ubica aproximadamente hacia el oeste de Laguna Grande. Drena un sector muy semejante al drenado por Laguna Grande. Se utiliza como balneario y como centro de deportes náuticos durante la temporada de verano. Su cuenca alcanza una extensión de 4,5 km^2, con un espejo de agua de 0,87 km^2. Su profundidad máxima es de 17 m, mientras la media es de 10,3 m. El emisario de esta laguna entrega sus aguas a la Laguna Grande, pero esto no ocurre en los meses de verano, debido al desfavorable balance hídrico.

3.3.3 Aguas subterráneas

Una información actualizada se encuentra en un estudio de 1991 [Bottari y Cecioni, 1991] del cual se ha extraido lo que sigue.

El recurso agua subterránea es de gran importancia en la cuenca del río Biobío, la gran mayoría de los centros urbanos ubicados en la Depresión Central son abastecidos exclusivamente por ella.

La estructura hidrogeológica de la cuenca del río Biobío puede ser subdividida en tres fajas (Fig. 3.3.16), con orientación N-S.

La faja oriental representada por la Cordillera de Los Andes, constituida principalmente por lavas, presenta una permeabilidad dependiente de su fisuración.

La faja central correspondiente a la Depresión Central, está compuesta por unidades geológicas sedimentarias, en las cuales se encuentra una matriz arcillosa bastante variable. Esta última, es responsable de la variabilidad en la permeabilidad de los terrenos prevalentemente porosos.

La faja occidental (a lo largo de la costa del Pacífico), delimitada por la Cordillera de Nahuelbuta, está constituida por rocas metamórficas e intrusivas, y caracterizada por una permeabilidad por fisuración relativamente baja.

Por lo dicho anteriormente, se pueden asumir los siguientes límites estructurales para la cuenca: la Cordillera de Los Andes y la Cordillera de Nahuelbuta constituyen los márgenes oriental y occidental respectivamente. Entre las dos cordi-

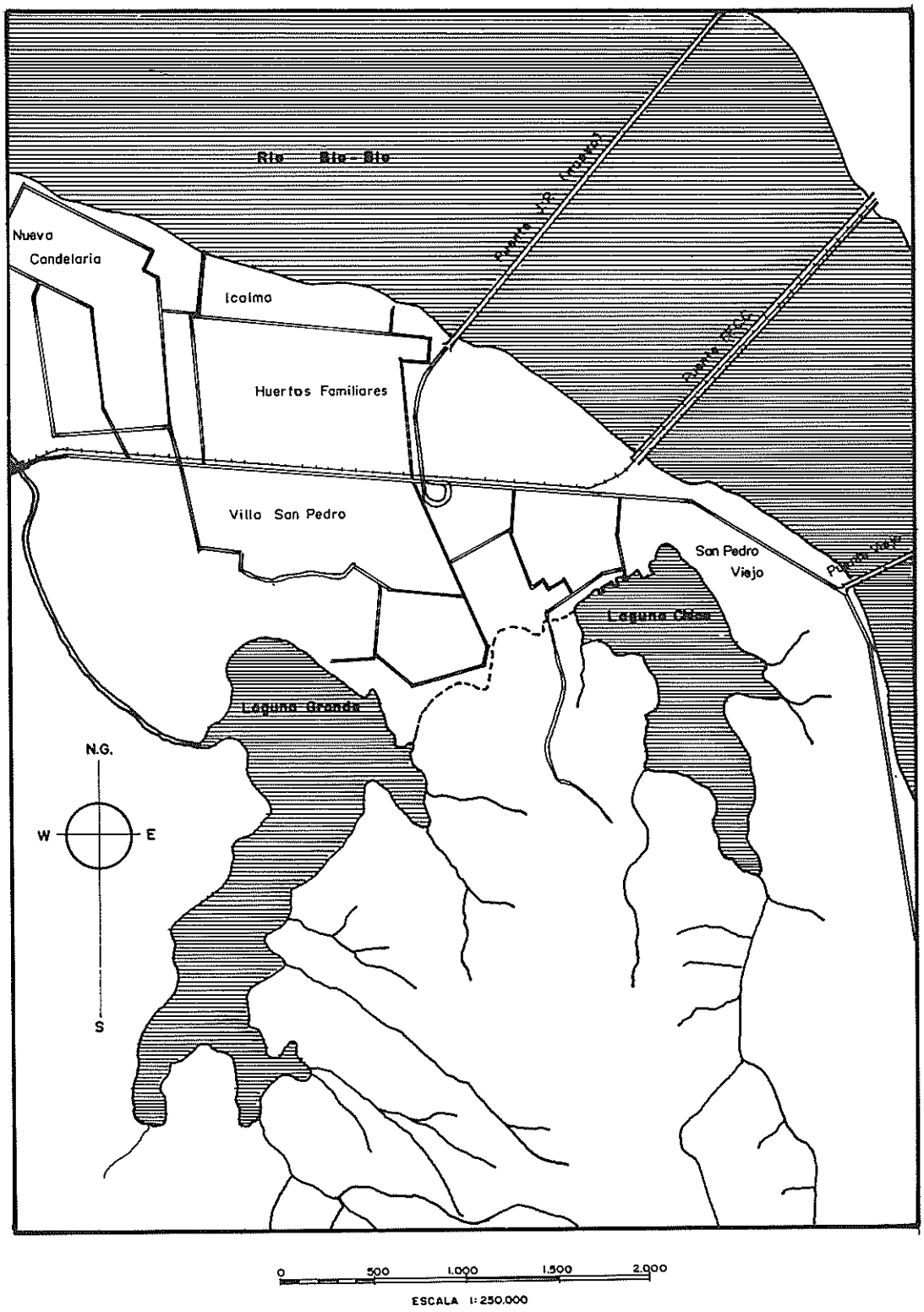


Fig.3.3.14 - Laguna Grande y laguna Chica.

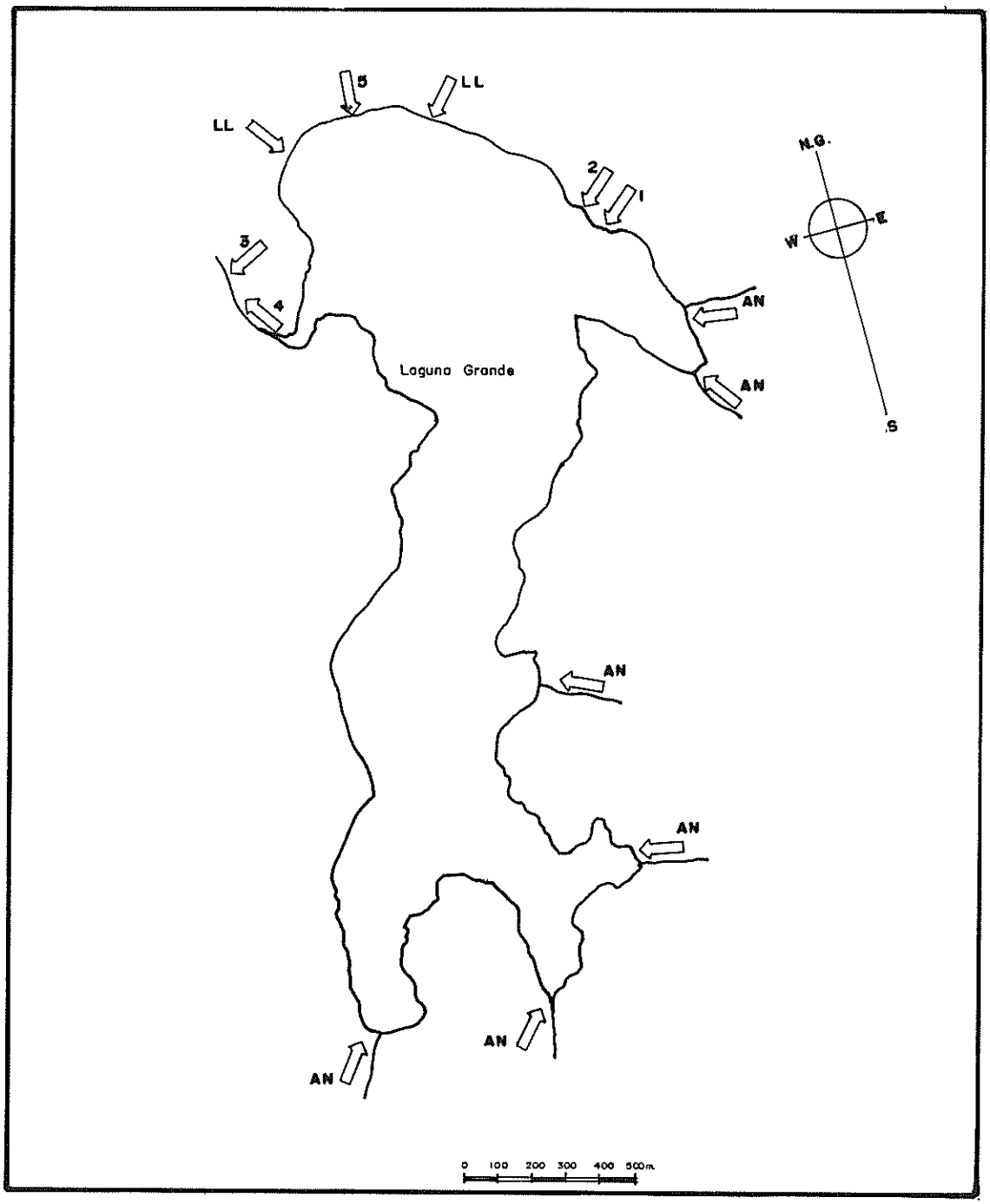


Fig.3.3.15 - Esquema de los aportes a la Laguna Grande de San Pedro - Leyenda: AN afluentes naturales; LL emisarios de aguas lluvia; 1 emisario mixto de desagüe de Laguna Chica y aguas lluvia; 2 desagüe de drenaje aguas subterráneas; 3 desagüe rebalse colector aguas servidas; 4 efluente natural, estero Los Batros; 5 desagüe del estanque de agua potable;

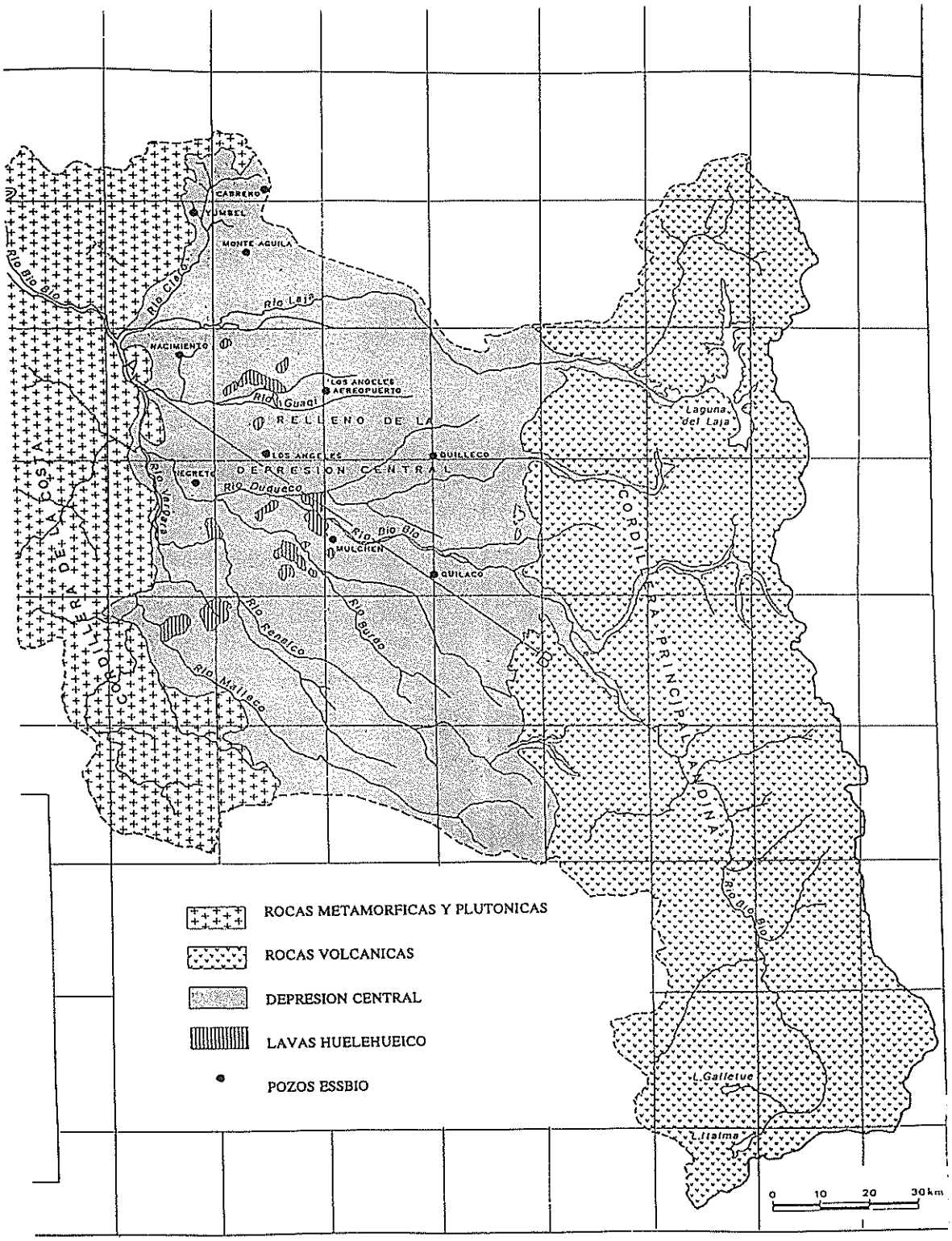


Fig.3.3.16 - Mapa hidrogeológico básico de la cuenca del río Biobío.

lleras se halla la Depresión Central a la cual se puede agregar la faja preandina, dado que en esta última ocurren interacciones entre los productos sedimentarios y los volcánicos.

La Depresión Central propiamente tal, constituida por materiales porosos, posee una estructura típica de depresión tectónica. Debido a esto, constituye el más importante embalse y colector natural de las aguas subterráneas de la región.

Los límites septentrional y meridional son de más difícil definición; en general, pueden ser identificados con los límites superficiales de la cuenca.

Las características litológicas de las formaciones geológicas de la Depresión Central favorecen la infiltración de las aguas superficiales, de precipitaciones, y de derretimiento de la nieve, y también el almacenamiento y la circulación de los cuerpos hídricos.

Las características del movimiento de las aguas subterráneas pueden ser descritas sólo para las menos profundas y limitadamente para aquéllas donde los análisis directos (pozos) e indirectos (geofísicos) entregan información suficiente acerca de la conformación del agua subterránea local.

En el área considerada, las formaciones sedimentarias y las unidades clásticas no consolidadas alcanzan la mayor importancia hidrogeológica. En general, la circulación hídrica resulta determinada del tamaño, forma, densidad y grado de interconexión de los poros de los acuíferos y del valor del gradiente hidráulico.

La presencia de horizontes de lahar (depósito formado por un flujo de material piroclástico en una matríz barrosa) puede determinar la existencia de napas locales freáticas, pero, como tal tipo litológico no muestra continuidad espacial, el fenómeno no tiene importancia regional.

Lo identificado por la metodología geofísica parece mostrar una dorsal orientada NW-SE que puede influenciar, aunque en este momento no se puede evaluar el cómo y el cuánto, la circulación del agua profunda.

Con el fin de adquirir conocimiento respecto del flujo de la napa freática en la zona de la Depresión Central, fue programada una campaña de mediciones geoeléctricas. El objetivo preliminar era el de determinar el nivel de la napa en el área en estudio, en particular en las zonas donde la presencia de los pozos es menor. De hecho, estos pozos están ubicados principalmente cerca de los mayores centros urbanos del valle, como Los Angeles, Angol y Mulchén. El análisis de los datos del nivel estático medido en 45 pozos, indica valores generalmente comprendidos entre 0,5 y 40 m.

En síntesis los lugares investigados están caracterizados por los siguientes terrenos aflorantes:

- *Terrazas aluvionales*, que en diferentes secuencias bordean el lecho del río Biobío y de sus mayores afluentes y resultan de una sucesión de niveles gruesos, con clastos eterométricos - dados principalmente por rocas graníticas, metamórficas y volcánicas - y de niveles de granulometría fina (arenas y limos). Se trata de sucesiones globalmente permeables por porosidad, en la cual la ubicación de la superficie piezométrica está generalmente relacionada con la cota de los ríos más próximos.
- *Arenas negras*, relacionada con la Formación Arenas Negras, están constituidas de arenas con estructura laminar horizontal y/o cruzada. Se trata de una sucesión globalmente permeable por porosidad, en la cual el nivel de la superficie piezométrica está generalmente relacionada con la cota de los ríos más próximos o con los horizontes laháricos que localmente determinan el nivel de base impermeable.
- *Conglomerados de clastos andesíticos*, relacionados con la Formación Malleco, están constituidos de clastos redondeados, de formas esféricas a elipsoidales; de dimensiones generalmente decrecientes al aumentar la distancia al lugar de generación ; casi siempre alterados, de una meteorización esférica e inmersos en una matriz arcillosa de color típicamente rojiza. La permeabilidad de la sucesión es relativamente baja con valores decrecientes con el aumento de la matriz y/o

del grado de alteración de los clastos.

- *Tobas, brechas y andesitas*, están relacionadas a episodios de vulcanismo fisural y central que en edad probablemente miocénica afectaron, con dirección N-S, a la Depresión Central. Se trata de una sucesión de baja permeabilidad por porosidad, donde se hallan tobas y brechas con matriz pelítica (compuesta por material fino), y de alta permeabilidad por fisuración, donde se encuentran los bancos andesíticos.

En la mayoría de los casos los estratos identificados por la instrumentación disponible fueron cuatro. El total de los resultados obtenidos por la interpretación de los diagramas de resistividad aparente evidencia, en general, la presencia de una primera napa muy superficial (cuyo nivel estático se ubica desde unos metros a una decena de metros) y de una segunda napa, que tiene diferentes niveles a profundidades generalmente comprendidas entre los 20 y 50 m.

Los datos obtenidos al final de esta primera campaña de mediciones geoeléctricas, junto con los determinados en la vista a terreno, no permiten todavía la definición de un modelo hidrogeológico, espacialmente continuo y suficientemente representativo de la zona en estudio [Bottari y Cecioni, 1991].

Otro estudio a este respecto llega a la siguiente conclusión [Agostini y Blanco, 1992]: "El esquema hidrogeológico preliminar de la Depresión Central referido a los primeros 100 metros de sedimentos, está constituido por un acuífero aluvional monostrato prevalentemente freático y en equilibrio a nivel regional con los principales ríos. Localmente el sistema se puede esquematizar como multiacuífero con lentes le acuitardos todavía no muy bien conocidos en espesor y extensión".

Un registro continuo de información de pozos lo realiza ESSBIO (Empresa de Servicios Sanitarios del Biobío S.A.), que se preocupa del abastecimiento de agua potable y del manejo de las aguas servidas de toda la VIII Región.

En esta región ESSBIO explota aproximadamente 35 pozos en sectores urbanos y asesora el manejo de los pozos en los sectores rurales; de los primeros mantiene un registro diario de los siguientes parámetros hidráulicos: caudal de explotación, nivel estático y nivel dinámico. Los pozos en los sectores rurales tienen un caudal total despreciable si se compara al de los urbanos. Cabe señalar que ESSBIO no es el único propietario de pozos en la cuenca; existen pozos particulares pero usualmente éstos no tienen un registro periódico de sus parámetros hidráulicos.

Los datos disponibles para los pozos de cada localidad urbana de la cuenca son: caudal de explotación, nivel estático y nivel dinámico. Esta información se estudió para septiembre de 1991 y para abril de 1992, de esta manera se ha podido realizar un análisis temporal y espacial de estos parámetros. Los datos se presentan en Tab.3.3.5 [ESSBIO, 1992], y los resultados se pueden ver en las Figs.3.3.17, 3.3.18, 3.3.19 y 3.3.20.

En Fig.3.3.17 se pueden ver los caudales de explotación para cada pozo de cada localidad, los valores más altos se presentan en Los Angeles, Nacimiento y Mulchén, llegando a cerca de 50 l/s. Santa Bárbara, Cabrero y Laja tienen caudales cercanos a los 30 l/s. Las demás localidades presentan caudales que varían entre los 10 y los 20 l/s. De acuerdo a ESSBIO el agua subterránea captada para fines de consumo en las localidades urbanas, alcanza a 0,5 m^3/s (1991, excluyendo las localidades de San Pedro y Chiguayante). En las localidades rurales, el mismo consumo alcanzaba en 1989 a 0,02 m^3/s.

En Fig.3.3.18 se incluyen los niveles estáticos de los pozos, se observa que los acuíferos más profundos son los de Los Angeles y Tucapel, con profundidades cercanas a los 30 m. Las demás localidades presentan, en general, profundidades inferiores a los 10 m.

Los niveles dinámicos (Fig.3.3.19) tienen la misma tendencia anterior, con la excepción de Mulchén. Los valores más altos se encuentran en Los Angeles y Tucapel (50 m aproximadamente), las demás localidades registran valores cercanos a los 10 m.

La Fig.3.3.20 muestra las depresiones registradas

Tab.3.3.5 - Caudal, niveles estático y dinámico de captaciones subterráneas de localidades urbanas de la cuenca

		Septiembre 1991			Abril 1992		
Servicio	Sondaje N'	Nivel Estático (m)	Nivel Dinámico (m)	Caudal (l/s)	Nivel Estático (m)	Nivel Dinámico (m)	Caudal (l/s)
Los Angeles	1412	28	65	47	35	68.5	47
Panamericana	1192	32	52	49	41.2	54	49
	1190	34	52	59	35	54	59
	1191	35	52	54	42	55	54
Los Angeles	136	S.I.	S.I.	S.I.	26.1	64.5	7.2
G.Mistral	137	23	36	24.3	24.9	38.1	27.1
	375	20	39	57.4	25.4	39.7	57.4
Mulchén	773	0.9	26.4	9.5	0.9	27.41	8.47
	S/N	0.5	24.09	9.4	0.5	22.94	9
	P.H.06	1.93	2	49	1.9	1.91	49.84
	119	S.I.	S.I.	S.I.	2.96	39.4	20.54
Nacimiento	825	5.9	10.8	55	6.9	12.9	56
	826	F.S.	F.S.	F.S.	S.I.	S.I.	S.I.
	827	5.7	15.5	44	6.5	12.9	35
Yumbel	1122	2	6.55	13.25	2.35	12.3	11
	1123	3.05	8.87	22.32	2.71	7.24	17
	069	S.I.	S.I.	15.17	S.I.	S.I.	S.I.
	070	S.I.	S.I.	14.99	S.I.	S.I.	S.I.
	072	S.I.	S.I.	6.96	S.I.	S.I.	S.I.
	S/N	S.I.	S.I.	S.I.	3.16	15.4	8.5
Sta. Bárbara	46	5.5	6.8	26	6.2	7.95	26
	47	5	6	33	6	8.07	31
Cabrero	770	1.05	9.3	28.8	1.8	10.7	28.5
	771	1.4	9.9	28.5	1.9	9.9	27.6
Negrete	144	5.7	9.9	11	5.9	10.9	11
	145	F.S.	F.S.	F.S.	F.S.	F.S.	F.S.
	652	5.9	9.5	10	6.7	11.9	10
San Rosendo	P.H.	4.35	5.58	15.5	4.82	5.89	15
Monte Aguila	525	1.58	4.4	15.8	1.8	4.8	17
	526	1.55	7.7	12.5	1.8	8.1	14.7
Quilleco	149	11.29	19.08	14.7	13.7	21.2	13.88
Tucapel	297	32.75	43.53	12.43	33.47	44.28	13.01
	298	32.57	48.64	11.8	F.S.	F.S.	F.S.
Quilaco	1017	3.7	5.65	17	3.12	5.42	16
	1018	4.31	6.22	17	3.7	5	17
Laja	040	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	26.32
	041	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	21.14
			TOTAL	784.32		TOTAL	804.2

NOTAS: *S.I. : Sin información P.H. : Pozo hincado F.S. : Fuera de servicio*

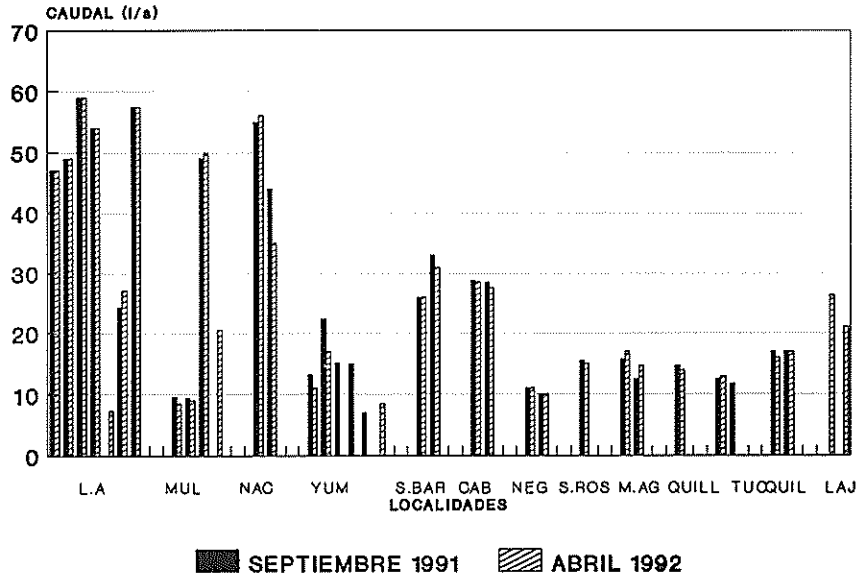


Fig.3.3.17 - Caudales de explotación de los pozos manejados por ESSBIO.

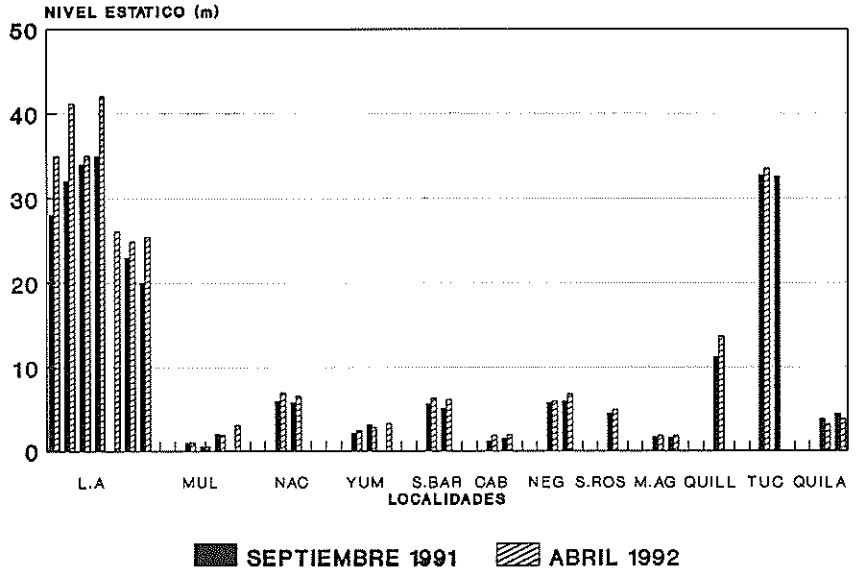


Fig.3.3.18 - Niveles estáticos de los pozos manejados por ESSBIO.

en los distintos pozos de cada localidad. Se detectan valores excesivamente altos en Los Angeles y Mulchén (sobre 30 m).

3.4 Hidrodinámica del mar

El área costera que ha sido estudiada por el Proyecto EULA comprende tres ensenadas naturales: el Golfo de Arauco, la Bahía de San Vicente y la Bahía de Concepción.

Las características y el comportamiento hidrodinámico de estas ensenadas difieren significativamente entre ellas, ya sea por sus dimensiones, por su batimetría o por la orientación de sus aberturas al mar.

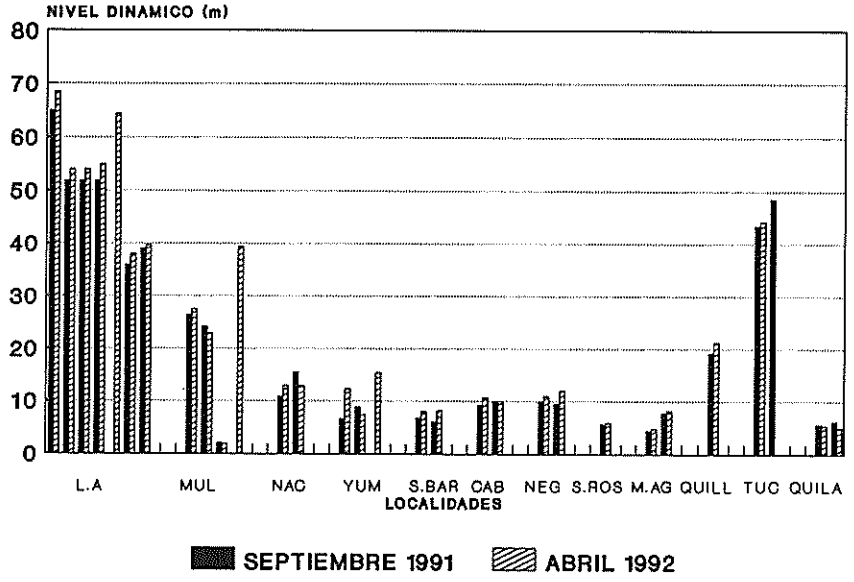


Fig.3.3.19 - Niveles dinámicos de los pozos manejados por ESSBIO.

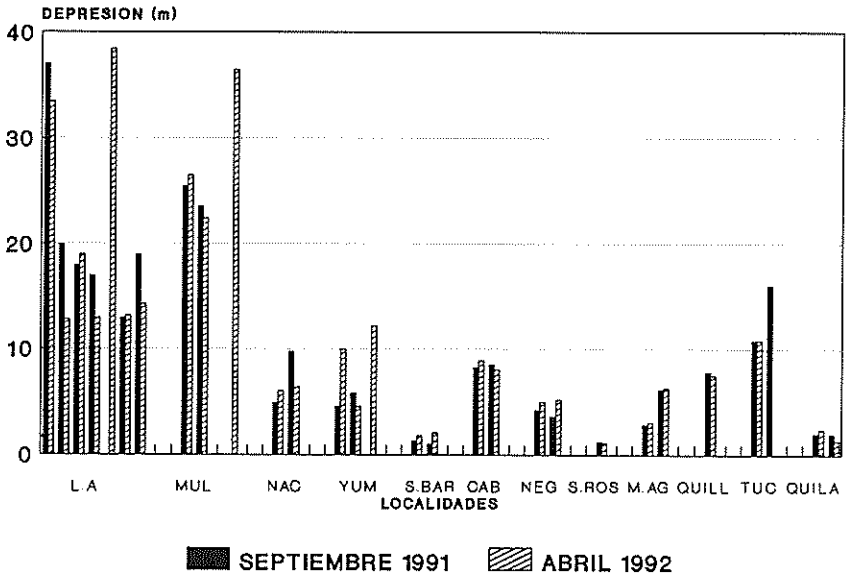


Fig.3.3.20 - Depresiones registradas en los pozos manejados por ESSBIO.

Dada la correlación existente entre el comportamiento hidrodinámico y los vientos, la descripción de la batimetría, de las corrientes y de las mareas está precedida de una descripción de los vientos presentes en la zona.

3.4.1 Vientos

Las estaciones meteorológicas existentes en las proximidades de la zona costera considerada son las siguientes (Fig.3.4.1):

Bellavista: estación meteorológica de la Universidad de Concepción (12 años de registros).

Isla Santa María: estación meteorológica de la Dirección Meteorológica de Chile (12 años de registros).

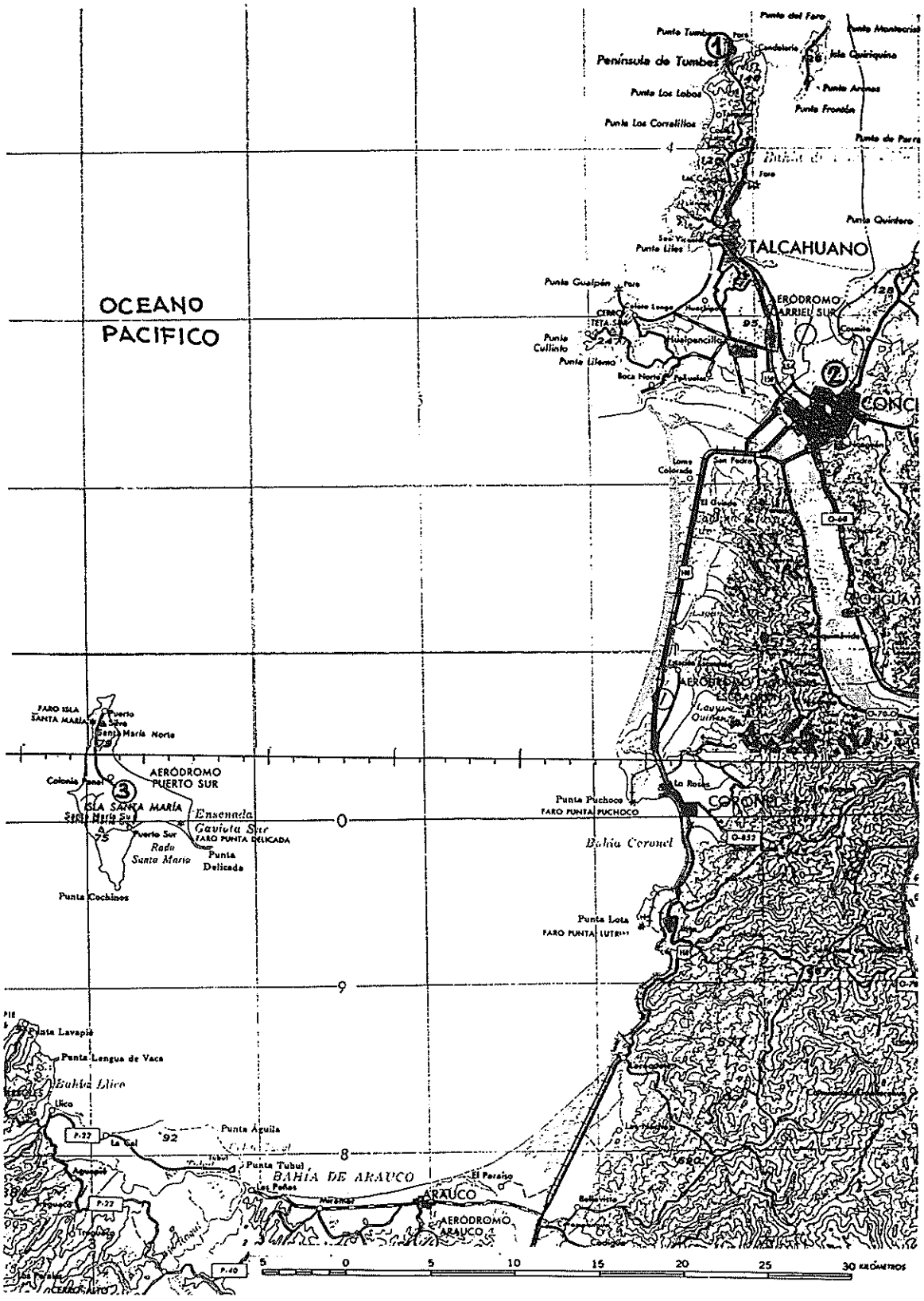


Fig.3.4.1 Ubicación de las estaciones meteorológicas en las proximidades de la costa

Punta Tumbes: estación meteorológica de la Dirección Meteorológica de Chile (19 años de registros).

De las observaciones anemométricas registradas en tales estaciones se han elaborado las siguientes estadísticas:

- Media, de todos los años de observaciones, de la máxima intensidad absoluta del viento, registrada en cada mes (sólo para la estación Bellavista, Fig.3.4.5).
- Valor máximo observado en todos los años de observaciones de la intensidad media mensual del viento según las distintas direcciones (Figs.3.4.2-Fig.3.4.4).
- Valor mínimo observado en todos los años de observaciones de la intensidad media mensual del viento según todas las direcciones (Fig.3.4.13-Fig.3.4.15).
- Intensidad y frecuencia media mensual de los vientos en las distintas direcciones (Fig.3.4.8-Fig.3.4.12).
- Frecuencia con la cual, en los años de observaciones, la máxima intensidad del viento era en una cierta dirección (sólo para la estación Bellavista, Fig.3.4.6).
- Frecuencia de las condiciones de calma (sólo para la estación Bellavista, Fig.3.4.16).

Observando Figs.3.4.2-3.4.4, donde se muestran las máximas intensidades mensuales del viento en las tres estaciones, se observa que los vientos más intensos soplan Nor-Noroeste, para casi todas las estaciones. Esto se confirma también en Fig.3.4.5, donde se muestra, con referencia sólo a la estación Bellavista, la media de las máximas intensidades mensuales absolutas de viento. Los valores más altos en absoluto de la intensidad de viento se encuentran en este caso en la dirección Nor-Noroeste (en julio) y Oeste (en noviembre). Esto último constituye, eso sí, un evento bastante excepcional, como se muestra en Fig.3.4.6, donde se encuentra la frecuencia con la cual la máxima intensidad absoluta de viento sopla en una cierta dirección.

El cuadro del comportamiento estacional de los vientos se encuentra en Figs.3.4.7-3.4.12, donde se muestran la intensidad y la frecuencia media mensual de los vientos en las distintas estaciones. Se presentan algunas diferencias cuantitativas, explicables a la luz de la ubicación de las estaciones en relación a la geomorfología circundante. El comportamiento cualitativo de las distintas estaciones es muy similar: en los meses de mayo, junio y julio el viento más frecuente sopla de la dirección Norte, con una intensidad media comprendida entre los 13 y 16 nudos. En los otros meses predomina el viento de la dirección sur (Isla Santa María) o suroeste (Punta Tumbes) con una intensidad media menor a la correspondiente a los vientos predominantes de la dirección Norte de los meses de mayo-julio.

Este régimen de vientos es provocado por la presencia de tres campos de presiones atmosféricas, que influyen en las condiciones a lo largo de la costa de Chile: el centro Anticiclónico del Pacífico, la depresión Térmica Continental y el Sistema de Depresión en el extremo sur de Chile [Ahumada y Chuecas, 1979a]. La emigración hacia el SE del centro anticiclónico del Pacífico en la primavera y en el verano modifica el campo y el gradiente de presiones, provocando los vientos dominantes en la dirección S-SO. El movimiento invernal determina, en cambio, que en este período los vientos dominantes correspondan a N-NO.

En relación a las condiciones de calma de viento, se ha obtenido información sólo de la estación Bellavista. Tales condiciones se registran con una frecuencia aproximada de 27% en los meses que van de abril a agosto (Fig.3.4.16) y con una frecuencia de un 17-20% en los meses restantes. Observando los valores de la intensidad mínima del viento (Figs.3.4.13-3.4.15) se puede observar que en los meses que van de mayo a julio, la intensidad del viento que sopla desde el Norte no baja nunca de los 5-6 nudos y que los meses en los cuales se registra la menor intensidad, en todas las direcciones, son los meses estivales (aproximadamente noviembre-abril).

En conclusión, la situación del régimen de vientos en la zona puede ser caracterizada en líneas generales como:

- el régimen de vientos en la zona costera comprendida entre el Golfo de Arauco y la Bahía

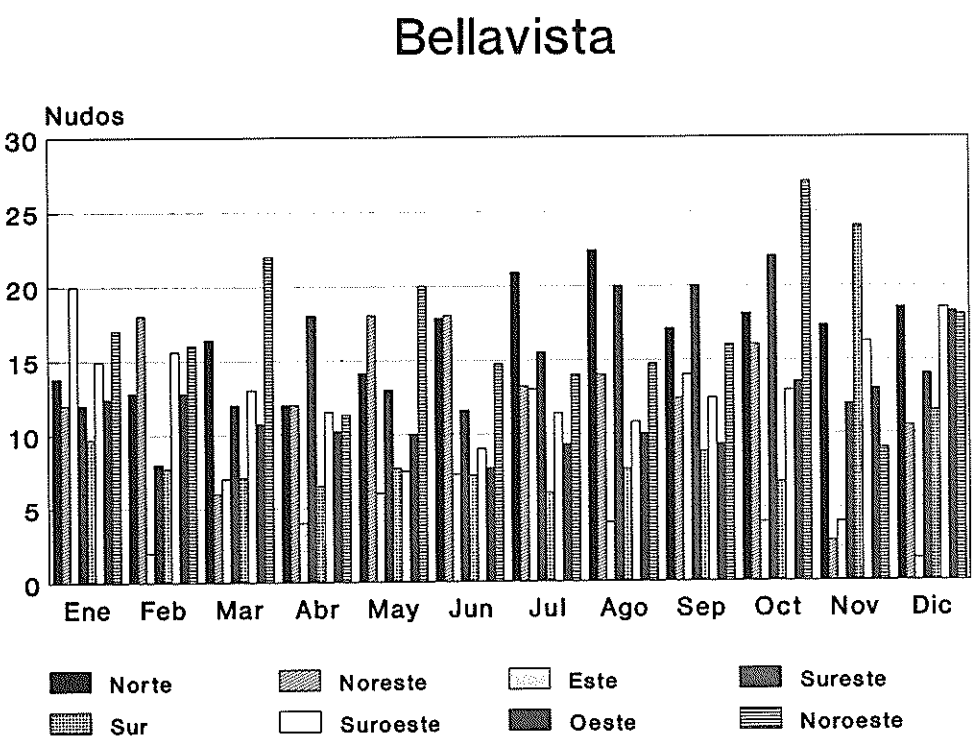


Fig.3.4.2 Intensidad máxima de las medias mensuales del viento en la estación Bellavista

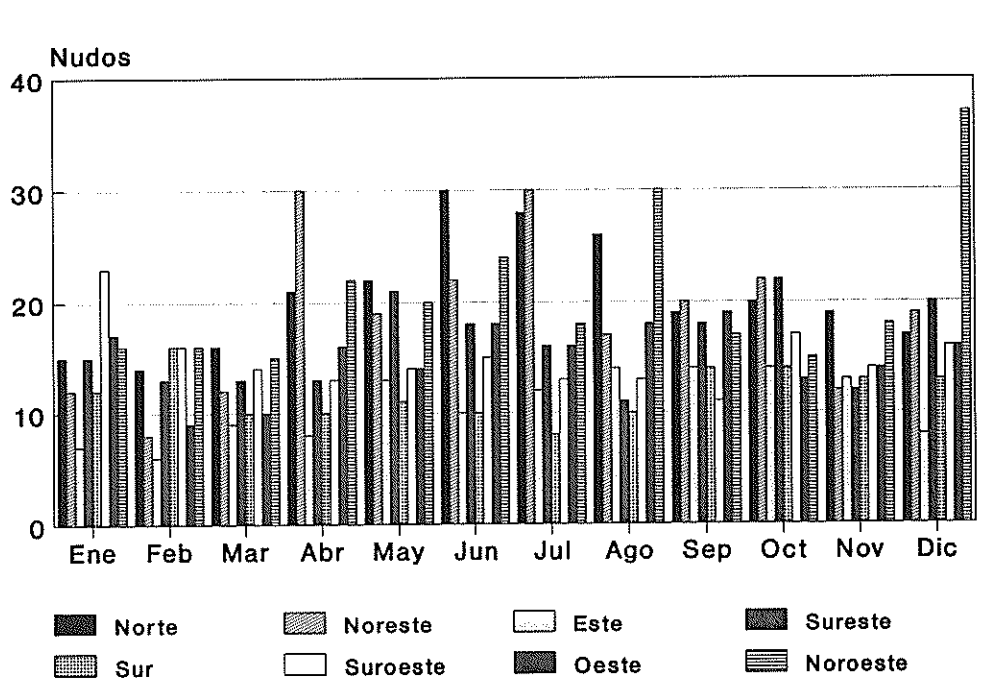


Fig.3.4.3 Valor máximo observado de la intensidad media mensual (10 años de registro), en la estación Punta Tumbes

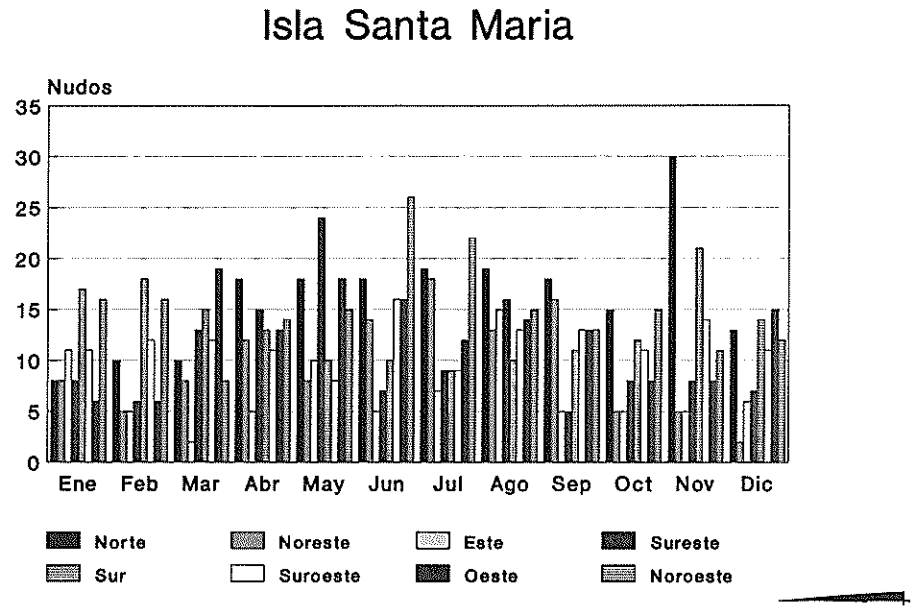


Fig.3.4.4 Valor máximo observado de la intensidad media mensual (10 años de registro), en la estación Santa María

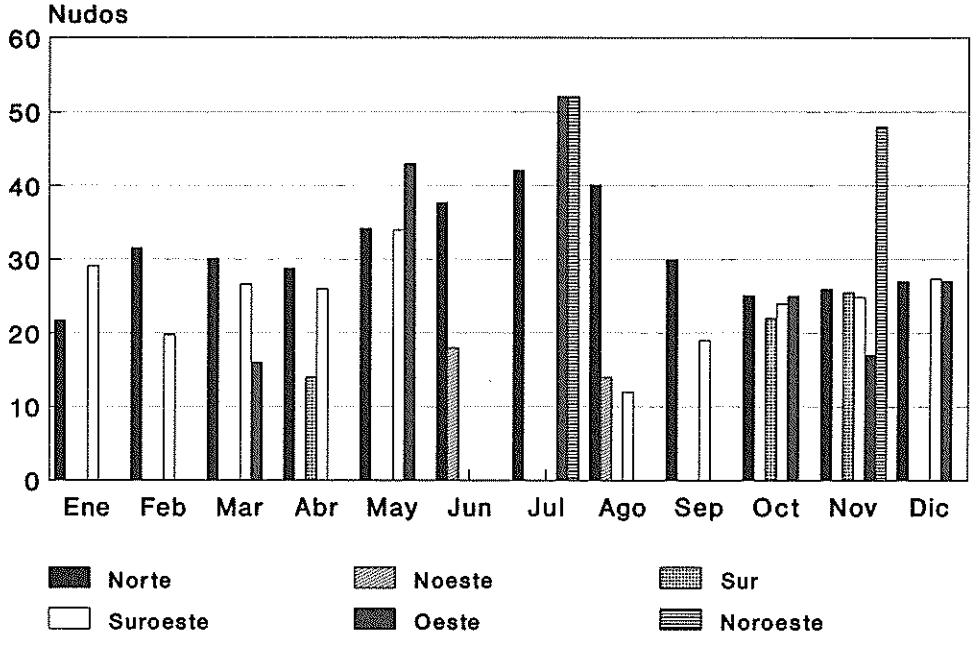


Fig.3.4.5 Valor máximo observado de la intensidad media mensual (12 años de registro), en la estación Bellavista

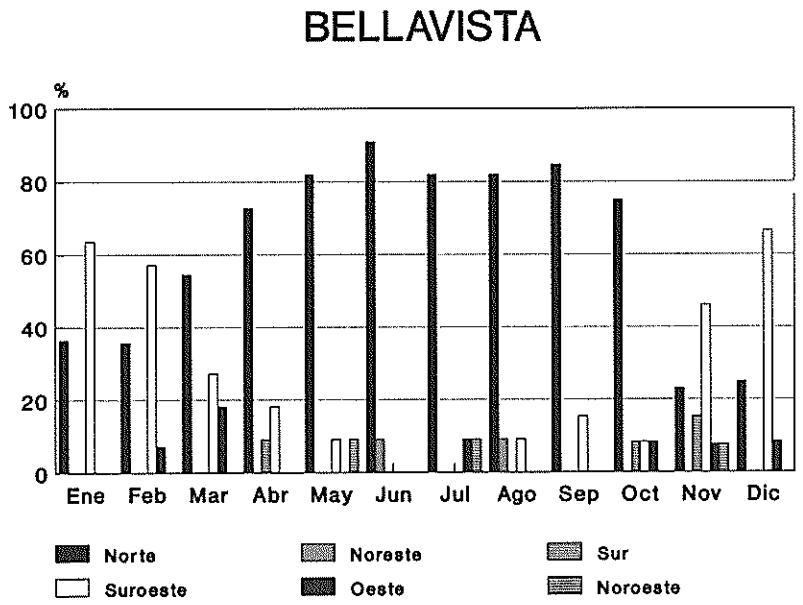


Fig.3.4.6 Frecuencia con la cual, en 12 años de registro, la máxima intensidad del viento era según una cierta dirección, estación Bellavista

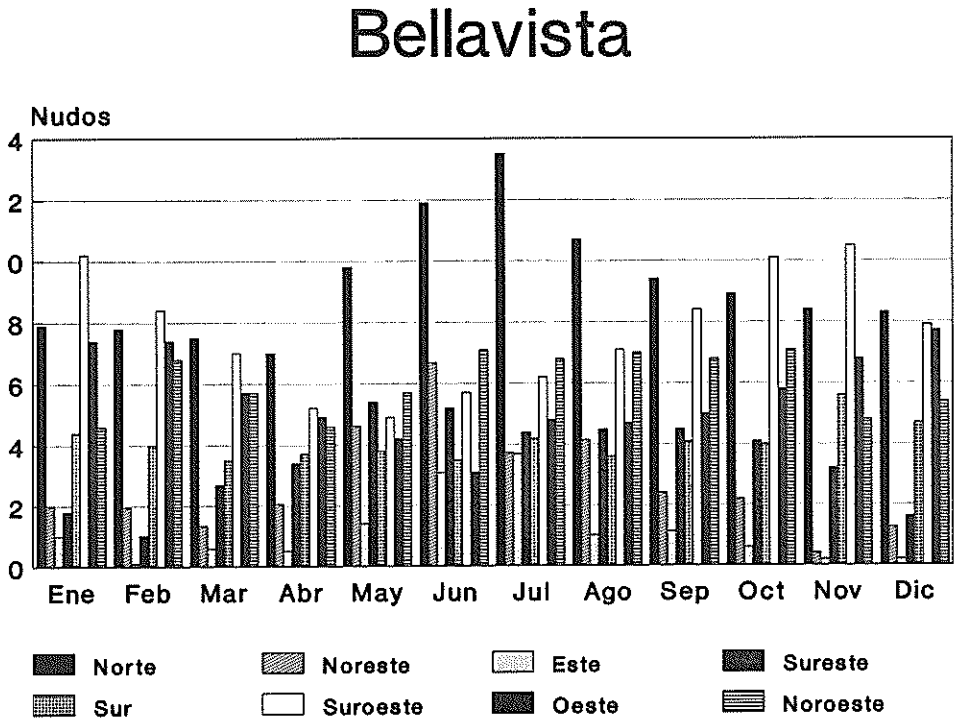


Fig.3.4.7 Intensidad media mensual del viento en las distintas direcciones, estación Bellavista

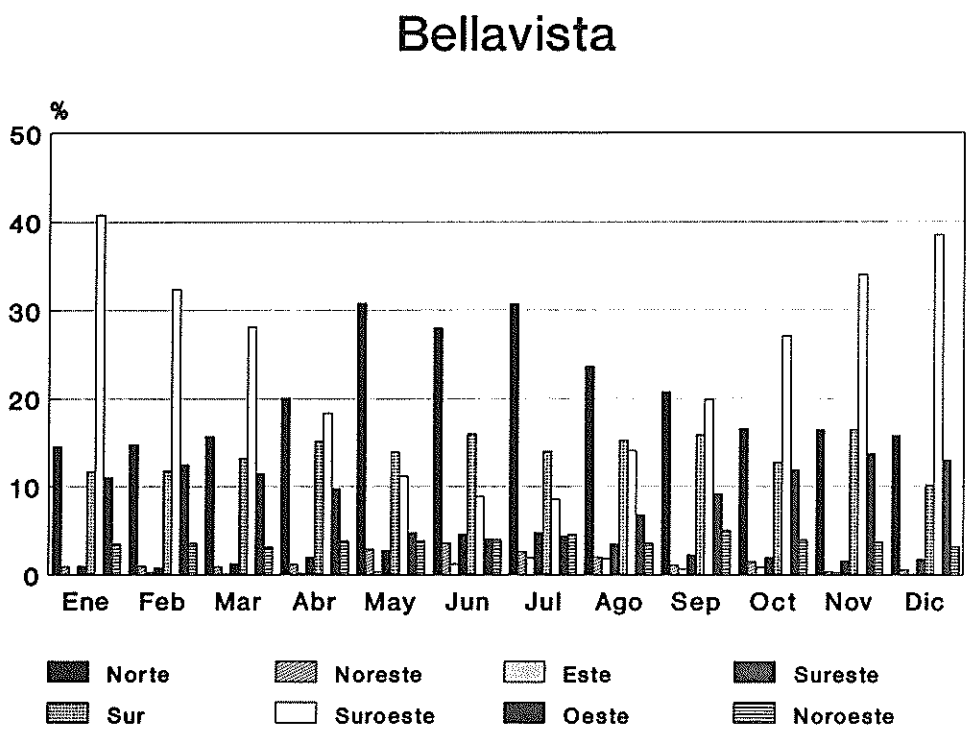


Fig.3.4.8 Frecuencia media mensual del viento en las distintas direcciones, estación Bellavista

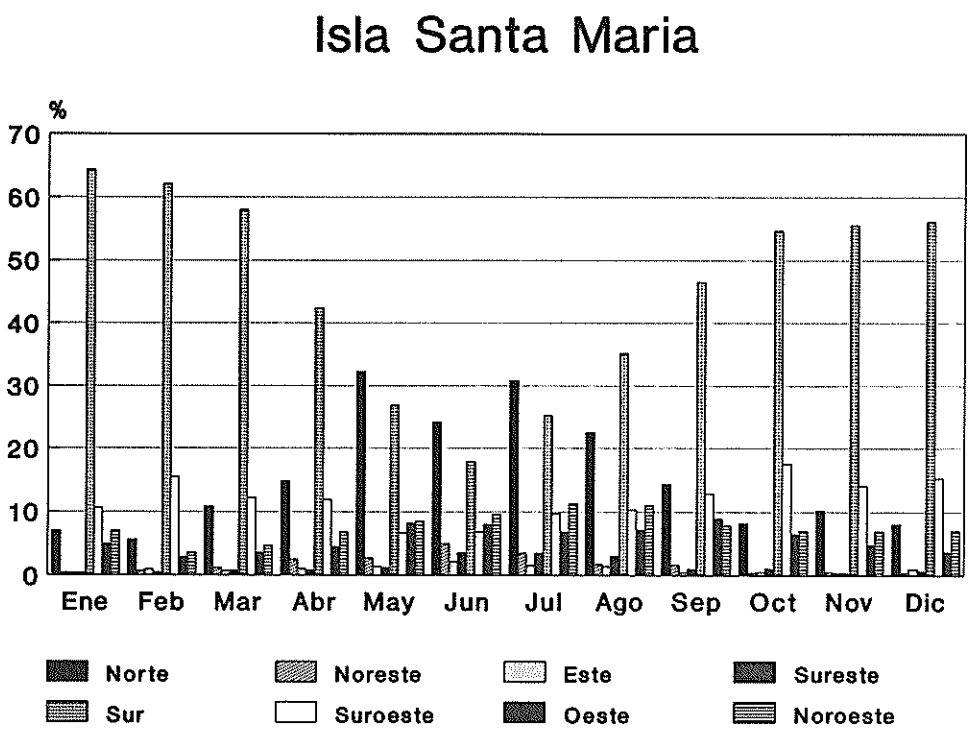


Fig.3.4.9 Frecuencia media mensual del viento en las distintas direcciones, estación Isla Santa María

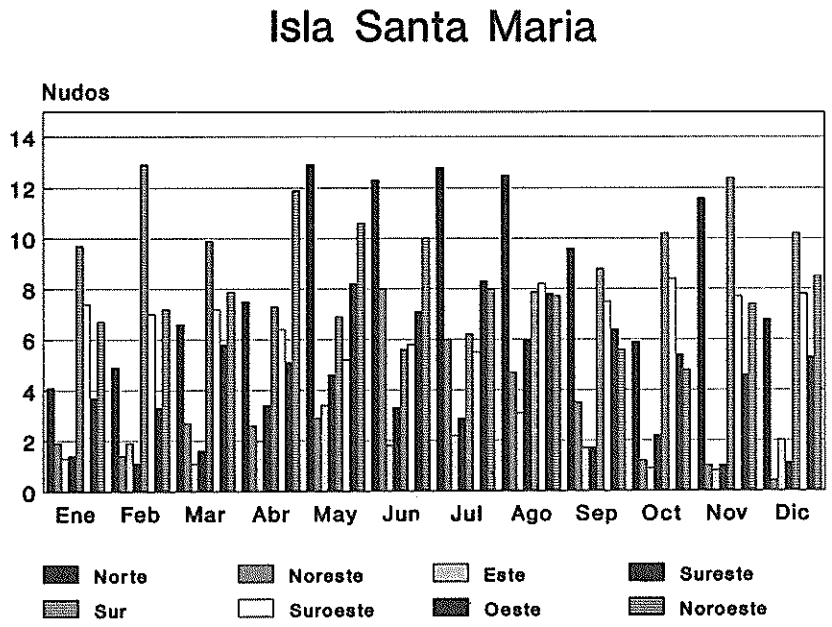


Fig.3.4.10 Intensidad media mensual del viento en las distintas direcciones, estación Isla Santa María

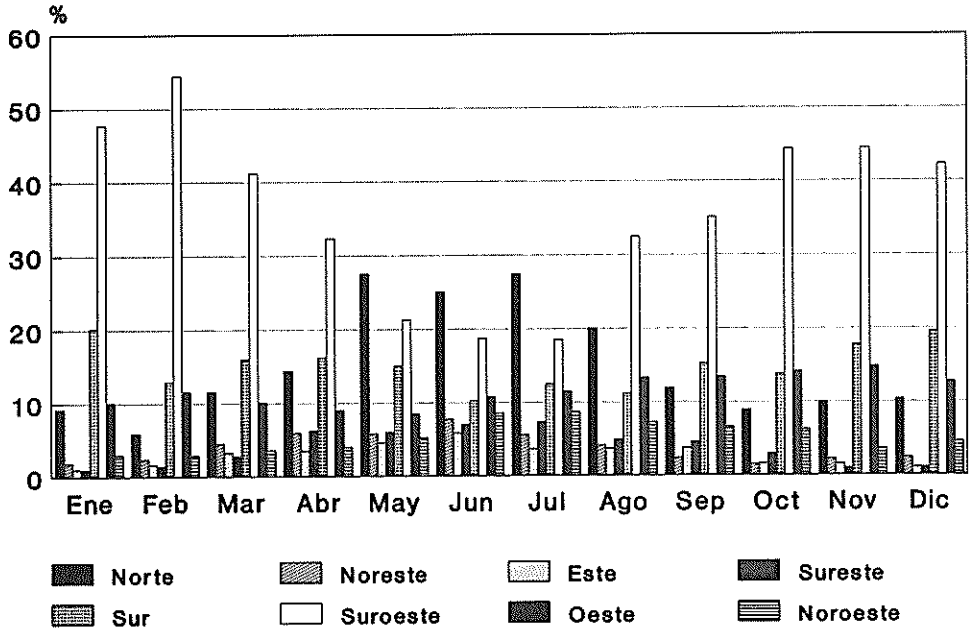


Fig.3.4.11 Frecuencia media mensual del viento en las distintas direcciones, estación Punta Tumbes

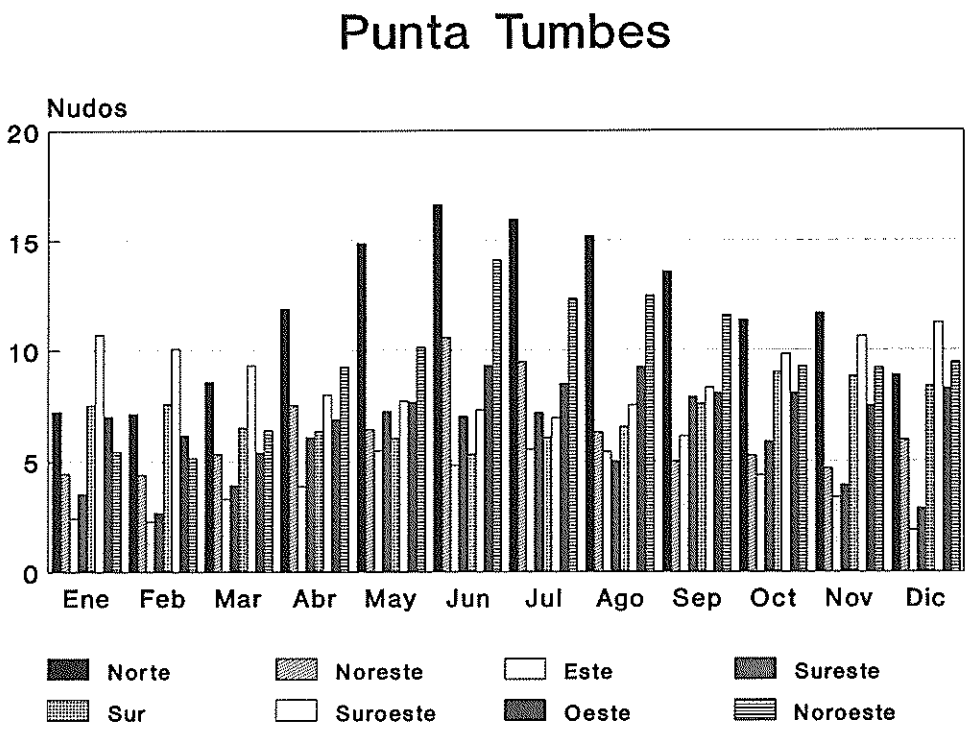


Fig.3.4.12 Intensidad media mensual del viento en las distintas direcciones, estación Punta Tumbes

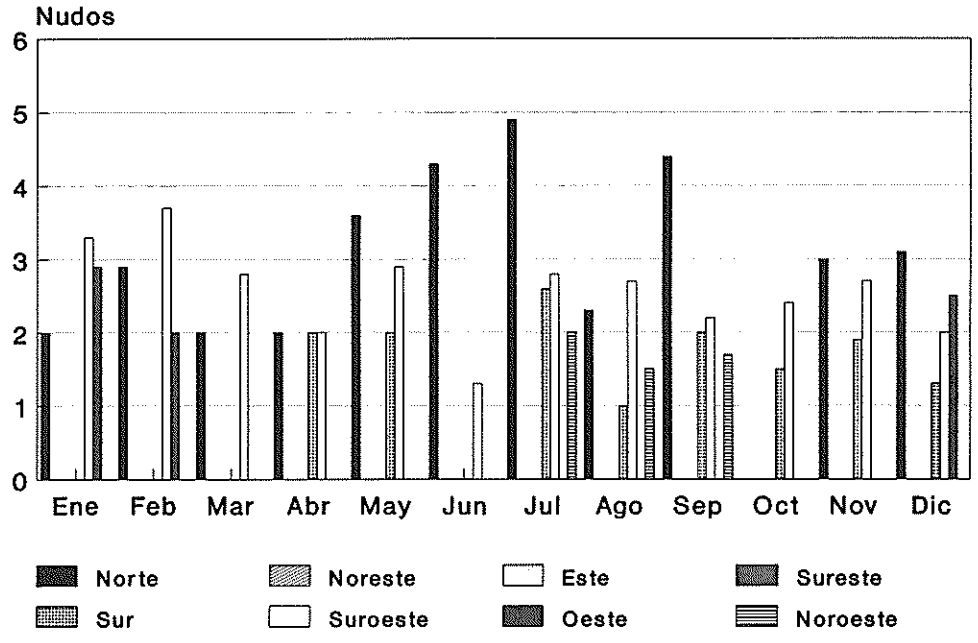


Fig.3.4.13 Valor mínimo de la intensidad media mensual observado en todos los años. Estación Bellavista

Isla Santa Maria

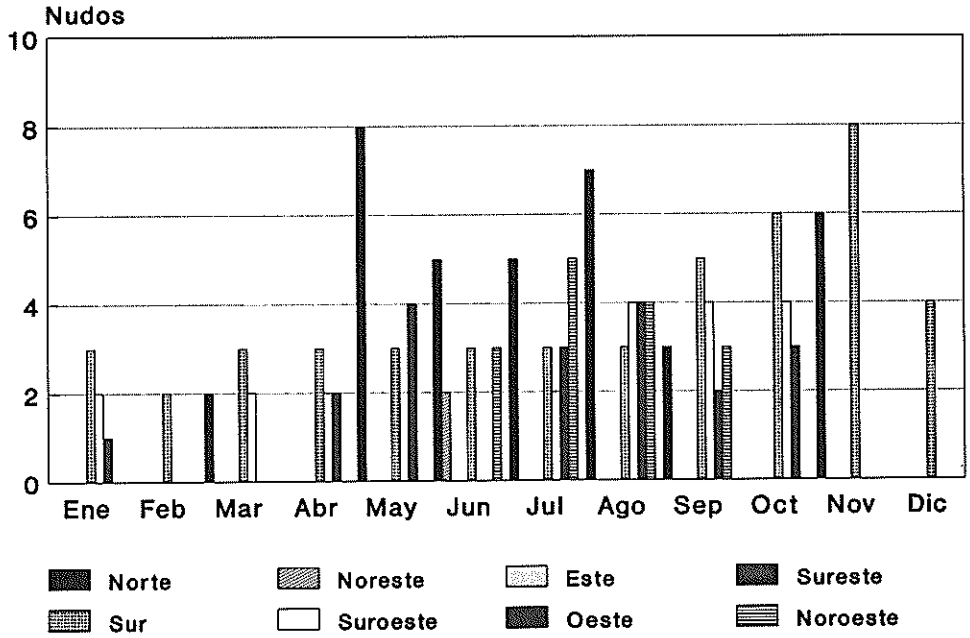


Fig.3.4.14 Valor mínimo de la intensidad media mensual observado en todos los años. Estación Isla Santa María

Punta Tumbes

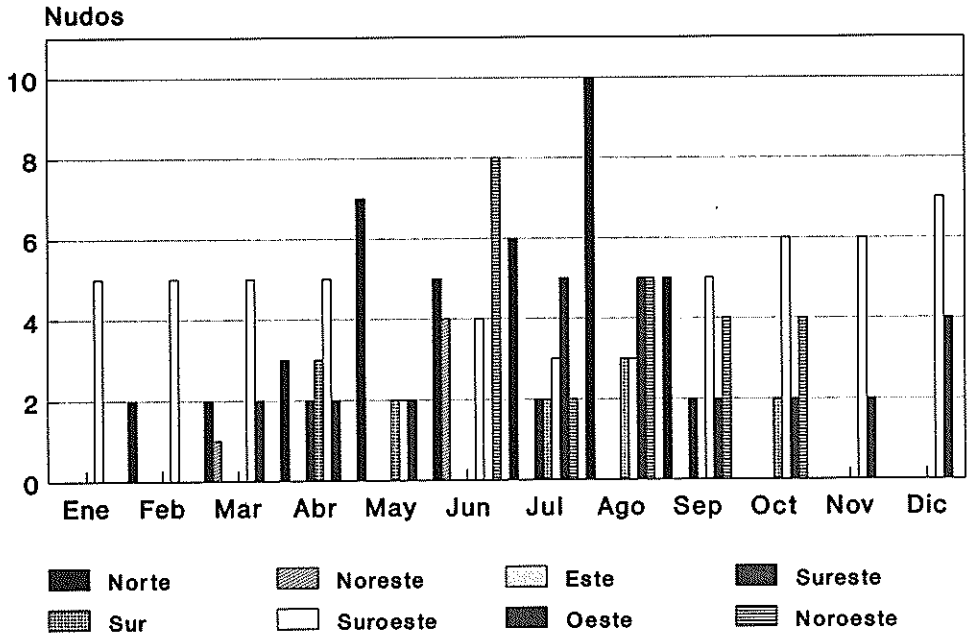


Fig.3.4.15 Valor mínimo de la intensidad media mensual observado en todos los años. Estación Punta Tumbes

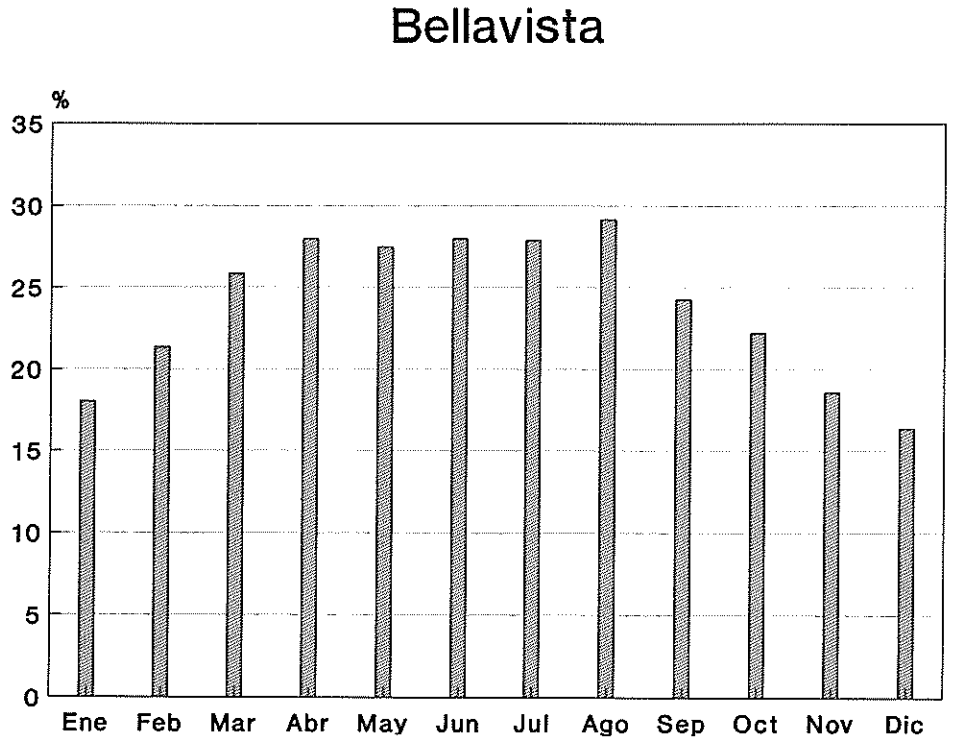


Fig.3.4.16 Frecuencia de las condiciones de calma. Estación Bellavista

de Concepción presenta un comportamiento relativamente homogéneo;

- el régimen estacional de vientos presenta un predominio de los vientos provenientes de la dirección S-SO en el período comprendido entre agosto y marzo-abril, con una intensidad media generalmente no superior a los 19 nudos y de los vientos provenientes de la dirección N-NO en los meses restantes (mayo, junio y julio), con una intensidad media de cerca de 13-16 nudos.
- los vientos más fuertes son los que soplan de la dirección N-NO. La intensidad de estos vientos está comprendida en general entre los 25 y 30 nudos, pero puede superar también los 50 nudos (Fig.3.4.5).

3.4.2 Batimetría

La batimetría del Golfo de Arauco, de la Bahía de San Vicente y de la Bahía de Concepción se encuentra en Fig.3.4.17 y en Fig.3.4.18. El relieve batimétrico de la zona del Golfo de Arauco, de la desembocadura del río Biobío y de la Bahía de San Vicente ha sido medido en terreno dentro de uno de los subproyectos del Centro EULA, mientras la batimetría de la Bahía de Concepción es la oficial entregada por la Armada de Chile.

El Golfo de Arauco representa la más amplia de las tres ensenadas y cubre una superficie de aproximadamente 1.000 km^2. La boca del Golfo está orientada en dirección noroeste y está compuesta de dos entradas, separadas por la Isla Santa María. En la desembocadura del río Biobío y a lo largo de la dirección del río, el fondo presenta un cañón, con pendientes muy fuertes y una profundidad hasta los 300 metros (a 3 km de la costa). En las demás áreas del Golfo de Arauco se encuentra una plataforma con pendientes suaves.

La Bahía de Concepción tiene una superficie de 167.4 km^2 [Ahumada y Rudolph,1988], con una profundidad media de 18.5 metros y un volumen aproximado de $3.09*10^9$ m^3. La distribución total entre las distintas profundidades resulta: 6% dentro

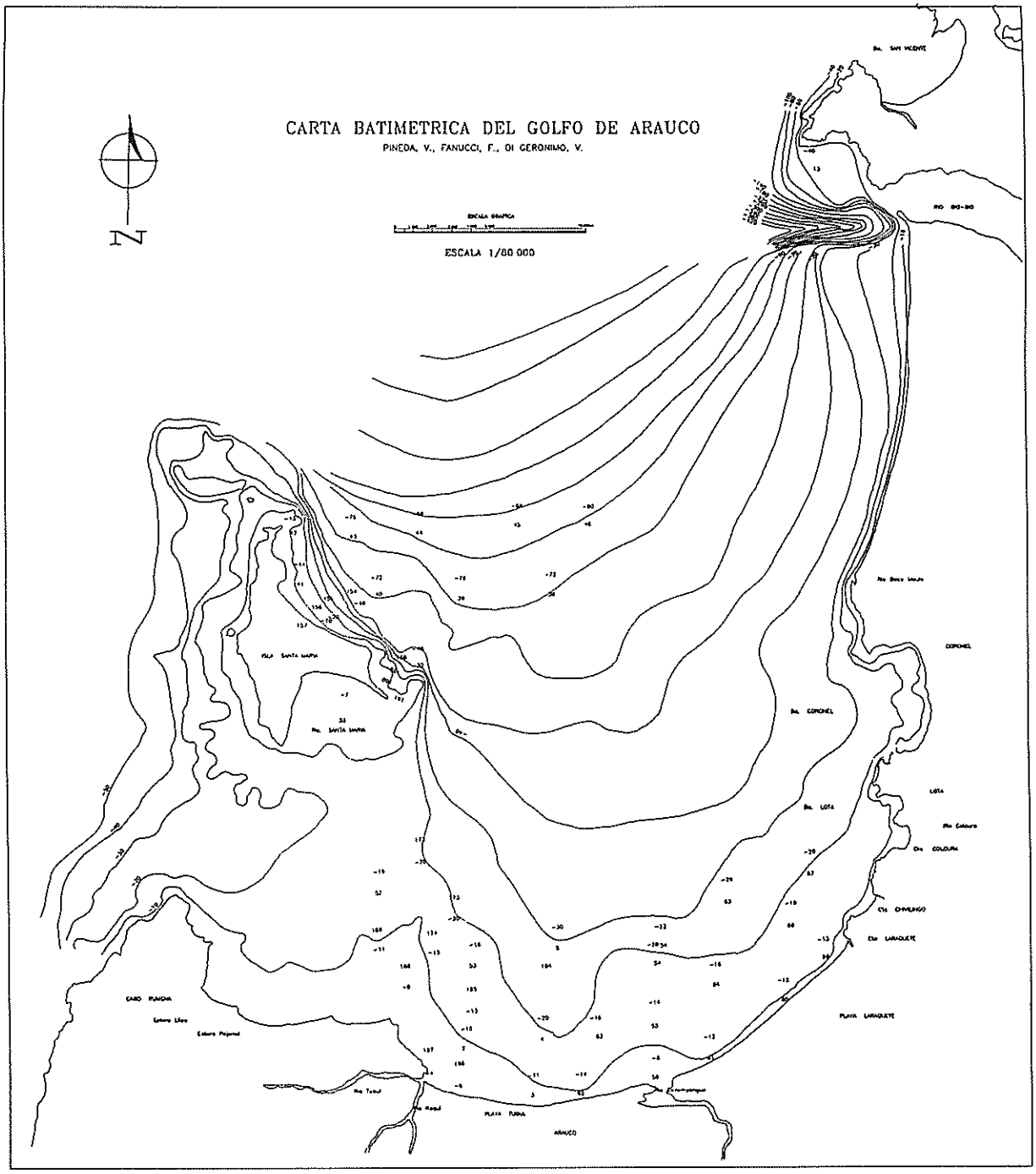


Fig.3.4.17 Batimetría del Golfo de Arauco

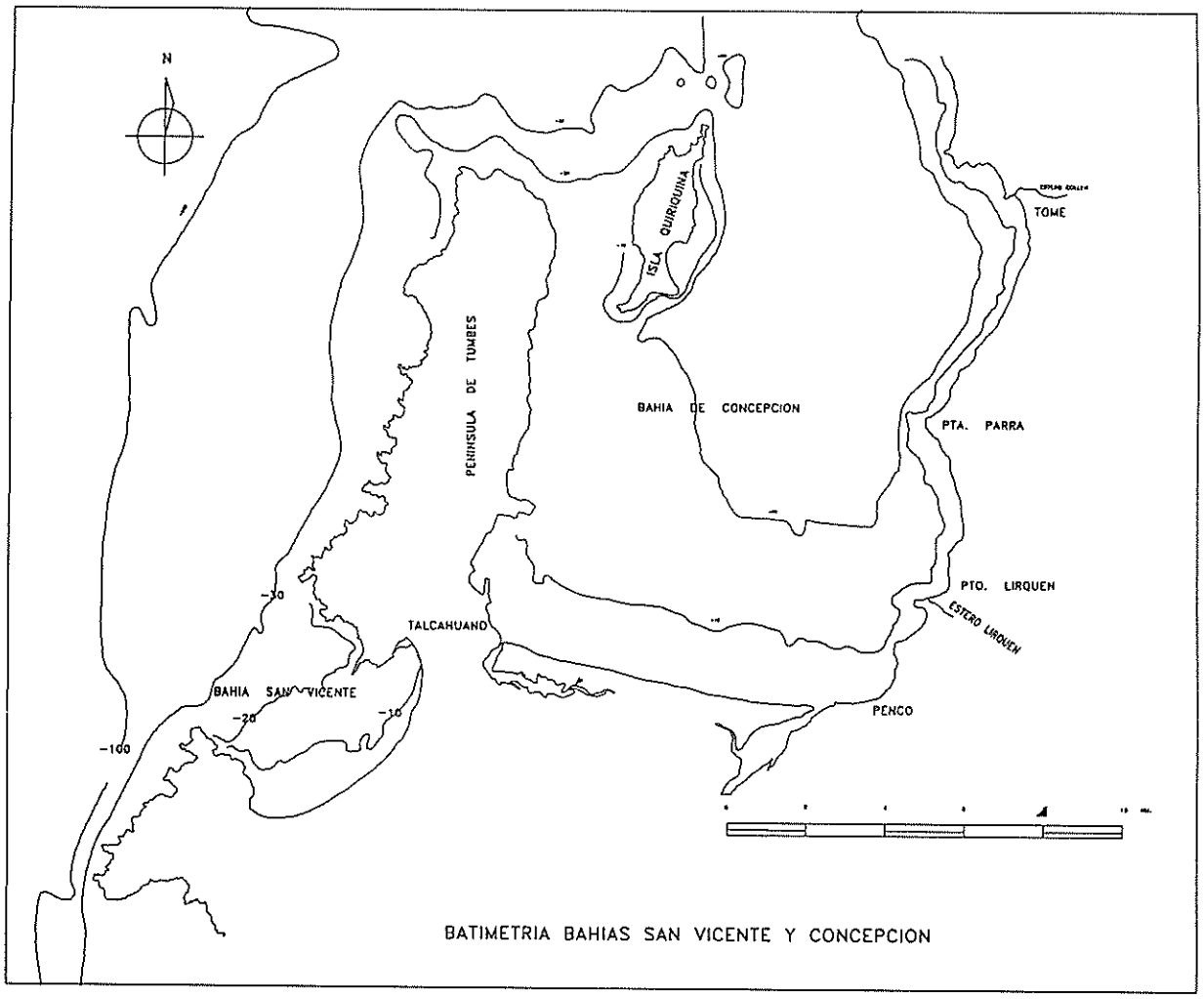


Fig.3.4.18 Batimetría de la Bahía de Concepción y de la Bahía de San Vicente

de una profundidad de 10 metros, 30% entre los 10 y 20 metros, 39% entre los 20 y 30 metros de profundidad y un 25% bajo los 30 metros de profundidad.
La Bahía de Concepción está abierta hacia el Norte y presenta dos aberturas hacia el mar abierto, separadas por la Isla Quiriquina: la "Boca Chica", que corresponde al canal entre la isla y la Península de Tumbes y la "Boca Grande", a la derecha de la isla, que corresponde a la principal área de intercambio entre la bahía y el mar adyacente. La profundidad de la Boca Chica es de unos de 30 metros, mientras la Boca Grande llega a una profundidad máxima de 45 m.
Como se puede observar en Fig.3.4.18, la topografía de la bahía es bastante regular, con un gradiente de pendiente bastante elevado en la proximidad de la ribera Este y de la ribera Oeste y más pequeño en la dirección sur-norte.
A lo largo de la ribera sur desembocan el Canal El Morro, un canal natural que drena la zona húmeda cercana, y el río Andalién (que nace en la Cordillera de la Costa y drena una zona de territorio cercano a la parte final del río Biobío). Ambos cursos de agua, como será descrito en detalle más adelante, reciben numerosos aportes contaminantes de origen civil e industrial.
La Bahía de San Vicente tiene una superficie de 17.5 km^2 y un volumen total de cerca de $260*10^6$ m^3. El 12 % del volumen total se encuentra sobre los 10 metros de profundidad, el 38% entre los 10 y los 20 metros, el 24% entre los 20 y los 30 y el 26% bajo los 30 metros [Ahumada y Rudolph,1988].
La Bahía está abierta en dirección Noroeste y a lo largo de la abertura se encuentran profundidades de cerca de 50 metros. La pendiente del fondo es empinada perpendicularmente a la ribera norte y sur de la bahía, en comparación a los promontorios más suaves de la ribera este. En el punto más meridional de la bahía desemboca el estero Lenga, que drena la zona húmeda comprendida entre la Bahía y el río Biobío (denominada Hualpencillo), y está alimentado en parte también del Biobío por drenaje subterráneo. Es probable que este estero representase durante el cuaternario uno de los brazos de la desembocadura del Biobío. El estero Lenga debería recibir actualmente sólo emisarios de las redes de aguas lluvia y descargas domésticas de las casas vecinas [EULA-Universidad de Concepción, 1991], mientras hasta 1977 recibía también descargas de algunas industrias [Hoffman ,1978].

3.4.3 Correntometría

Las corrientes de macro y meso escala, que se encuentran frente a la costa de Chile, están caracterizadas por la presencia de tres masas de agua que se ubican a una profundidad entre 0-1.000 metros y son:
- aguas de origen subantártico (ASAA);
- aguas de origen ecuatorial subsuperficial (AESS);
- aguas intermedias subantárticas (AIAA)

Las primeras, conocidas también como la corriente del Perú o corriente de Humboldt, se originan en la región antártica y avanzan hacia el NE hasta alcanzar las costas de Chile, bordean la costa por un largo tramo, a una profundidad que va desde 0 a 200 metros, según la latitud y la distancia a la costa. Avanzando hacia el norte, tales aguas se calientan y aumentan su salinidad, hasta confundirse con las aguas de origen subtropical [Ahumada y Chuecas, 1979b].
Las aguas de origen ecuatorial (AESS) son conocidas también como la corriente de Gunther o contracorriente del Perú y circulan bajo la corriente de Humboldt, a una profundidad comprendida entre los 100 y 380 metros de profundidad. Están caracterizadas por una salinidad bastante elevada, aunque variable con la latitud, y de una oxigenación escasa, debida a la descomposición de la materia orgánica y al escaso recambio de estas aguas.
A profundidades todavía mayores, se encuentran las aguas intermedias antárticas (AISS), que ocupan una profundidad variable entre los 350 y 900 metros.
En Tab.3.4.1 se muestran las características hidrográficas de estas tres corrientes en la zona de Talcahuano y la VIII Región (modificada de Ahumada y Chuecas [1979b] y EULA-Chile, Universidad de Concepción [1991]).

Tab. 3.4.1- Características de las corrientes de origen subantárticas (ASAA), ecuatoriales (AEAA) y antárticas (AIAA)

Parámetro	U.M.	ASAA	AESS	AIAA
Profundidad	m	0-150	100-380	400-1.000
Temperatura	°C	11.5-13.5	8.5-11.5	4-8
Salinidad	(‰.)	34-34.3	34.5-34.8	34.35-34.5
O.D	(ml/l)	4	<1	2-5
Nutrientes			bajos	altos
Dirección			N	S

En la zona considerada en este estudio y en proximidad de la costa, se presentan importantes fenómenos de surgencia costera. Estos se desarrollan en presencia de particulares condiciones dinámicas de viento y consisten en el surgimiento y afloramiento de aguas AESS, las cuales reemplazan, por compensación, las masas de aguas de origen superficial (ASAA), que vienen transportadas desde lejos a causa de la dominación de vientos S-SW [Ahumada y Chuecas, 1979b].
Este fenómeno influye significativamente en el régimen de circulación de las aguas internas de las bahías y es, además, una de las razones de la elevada productividad de las aguas superficiales cercanas a la costa.
Al estudiar con mayor detalle la dinámica de las corrientes al interior de las tres ensenadas consideradas, se debe precisar que en el curso del Proyecto EULA se han efectuado mediciones directas de la corriente en la zona de la Bahía de San Vicente y en la zona de la desembocadura del río Biobío. Mediante una investigación bibliográfica ha sido posible encontrar información sobre las condiciones hidrodinámicas de la Bahía de Concepción, mientras falta información de la circulación del Golfo de Arauco, a excepción, como se ha dicho, de la zona de la desembocadura del Biobío.

a) Bahía de Concepción

Los estudios efectuados sobre la Bahía de Concepción muestran que esta bahía se encuentra influenciada estacionalmente por un proceso de surgencia costera.
Ahumada y Chuecas [1979b], en base a la información obtenida a partir de los gradientes de densidad y de salinidad y de mediciones directas de corriente, proponen un sistema de circulación de base anual compuesto de cuatro períodos: un período de surgencia, un período de circulación estuarina y dos períodos de transición entre los dos precedentes.
Las condiciones de surgencia se presentan en los meses de verano (de septiembre-octubre a abril), en coincidencia con el predominio de los vientos SE. Una de las principales características es el ingreso en la Bahía de aguas pobres en oxígeno y ricas en nutrientes (aguas AESS), que lleva consigo un incremento considerable de la biomasa fitoplanctónica [Ahumada et al., 1984]. El modelo de circulación sería a dos capas: una profunda, debido al ingreso de las aguas AESS, y una superficial, debido al transporte hacia afuera de las aguas superficiales, causada por el predominio de los vientos del SE.
Las mediciones de corrientes efectuadas por Ahumada y Chuecas [1979b], se encuentran en Fig.3.4.19 y se refieren a dos profundidades: 7.5 m y en la profundidad máxima del punto de medición. Se observa que en profundidad los vectores de las corrientes se encuentran hacia el interior de la bahía, mientras, que en la superficie los vectores se encuentran hacia el mar abierto. Las velocidades medidas al interior de la bahía son mayores para las corrientes de fondo (20-30 cm/s) que para las de superficie (11-23 cm/s); además en la boca de la bahía la velocidad superficial aumenta (36 cm/s), probablemente debido a la mayor intensidad del viento al aproximarse al mar abierto. En Fig.3.4.19 se presenta el modelo de circulación propuesto por estos autores. La circulación a dos capas ha sido posteriormente confirmada por las mediciones de corriente efectuadas a lo largo de la boca de ingreso a la bahía [Ahumada y Rudolph, 1988], en enero de 1988. Como se observa en Fig.3.4.20, las aguas bajo los 12-15 m entran en la bahía, mientras las de una profundidad superior salen.

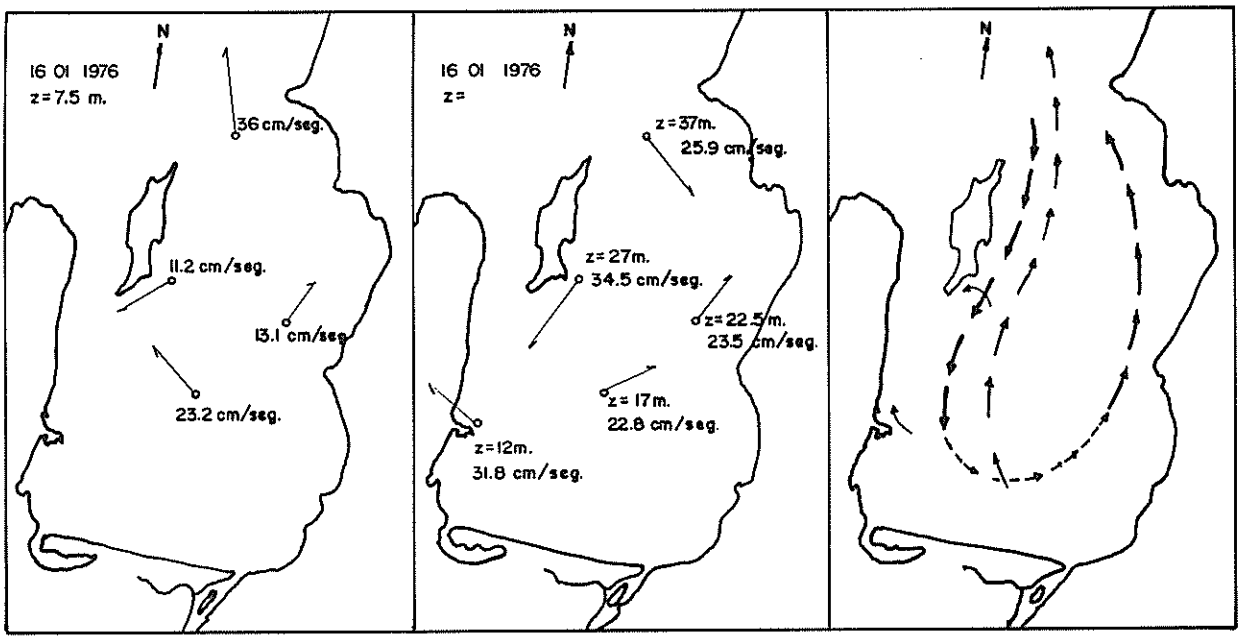


Fig.3.4.19 Mediciones de corrientes efectuadas en la Bahía de Concepción, a 7.5 m de profundidad (a) y a la profundidad máxima en el punto de medición (b) y modelo de circulación resultante (c) [de Ahumada y Chuecas, 1979b]

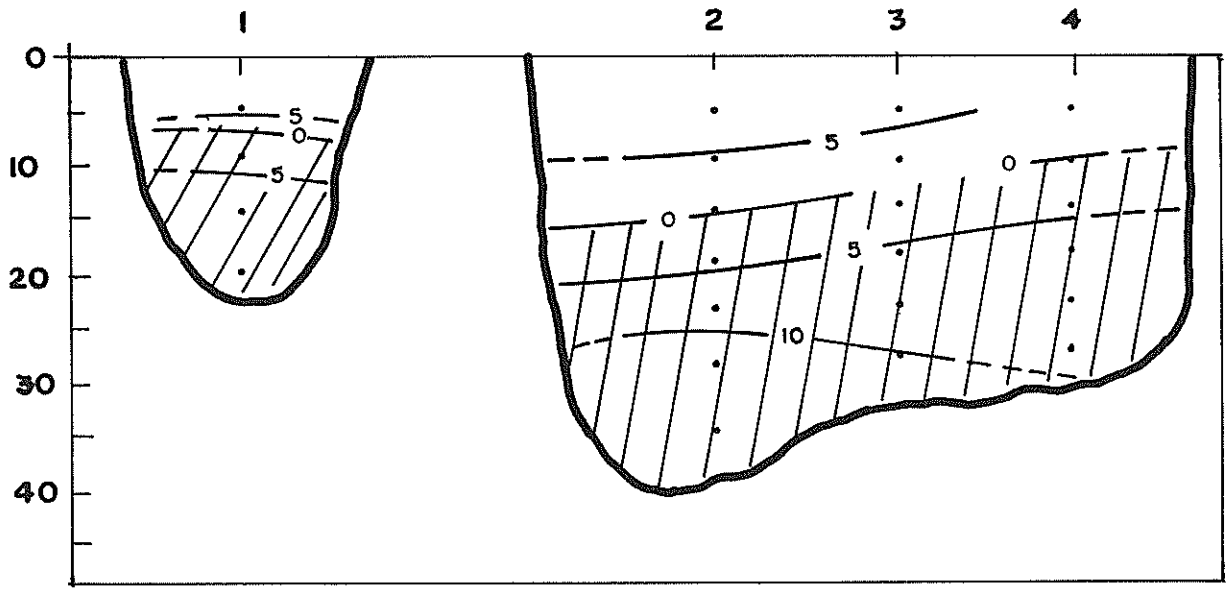


Fig.3.4.20 Perfil vertical de la velocidad de la corriente efectuada a lo largo de la boca de ingreso de la Bahía de Concepción. Enero 1988 (zona achurada=flujo de ingreso a la bahía) [de Ahumada y Rudolph, 1988]

Un modelo de circulación para el período estuarino, en el cual el agua ASAA viene nuevamente transportada al interior de la bahía, con la disminución del viento en la dirección SE y el aumento en la dirección N-NE, ha sido propuesto por Arcos y Wilson [1984]. Tal modelo está basado en los perfiles de velocidad geotrófica estimados a partir de los perfiles de densidad. El modelo es de tres capas en la zona externa de la bahía y se reduce a dos capas en la zona interna (Fig.3.4.21), donde hay un flujo de agua hacia el interior de la bahía en el estrato superficial y en el estrato más profundo, y una salida en el estrato intermedio. Sobre la base de las velocidades así calculadas (20 cm/s en la superficie y en la boca de la bahía, que dismimuyen a 3-5 cm/s al interior), estos autores calcularon un tiempo de recambio de las aguas no superior a tres días.

Una circulación dinámica que considera al menos dos capas ha sido confirmada teóricamente también por Figueroa y Brito [1992], con un modelo numérico de diferencias finitas. Bajo un viento persistente del S con una velocidad de 10 m/s y por cuatro horas, la circulación en varios niveles de la bahía resulta como se ha representado en Fig.3.4.22. A excepción de la zona ribereña, la estructura de doble capa se presenta en toda la bahía, con una velocidad variable entre los 5 y 8 cm/s. Considerando además los efectos de las mareas, el modelo muestra que las velocidades inducidas por las mareas son muy superiores a las inducidas por el viento, por lo que la marea estaría en grado de interferir significativamente en el modelo de circulación provocado por el viento.

b) Bahía de San Vicente

Las primeras informaciones relativas al régimen hidrodinámico de la Bahía de San Vicente provienen de los trabajos de MacKay [1973] y de Silva et al. [1977], los cuales encontraron que en la bahía existía una circulación antihoraria, con un ingreso del agua de la parte sur y una salida en la parte central y norte.

Posteriormente Ahumada et al. [1989] efectuaron mediciones de la corriente a la entrada de la bahía

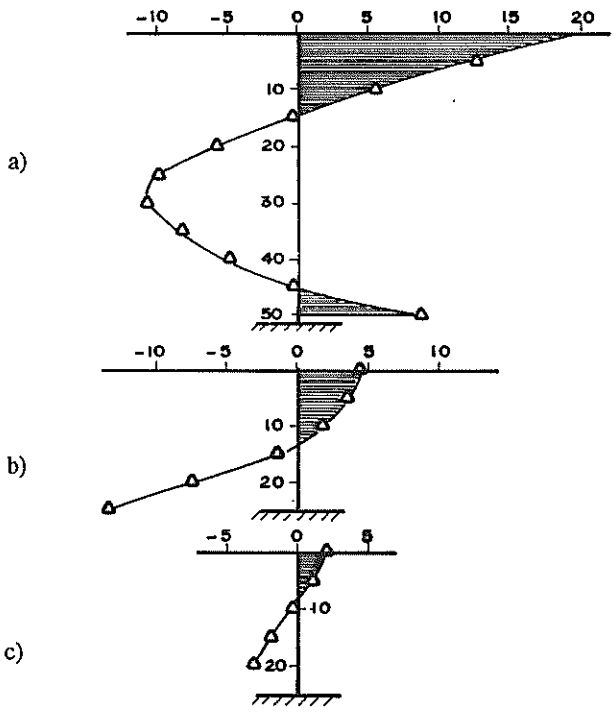


Fig.3.4.21 Perfil de la velocidad geostrófica en tres puntos de la bahía de Concepción. Velocidades positivas y negativas representan, respectivamente, flujos entrantes y salientes de la bahía (ver Fig.8.4.2 para la identificación de las secciones: a) normal a la sección 2-6, b) normal a la sección 3-5, c: normal a la sección 4-5) [de Arcos y Wilson, 1984]

en abril (condiciones estivales) y junio (condiciones invernales). En ambas condiciones (Fig.3.4.23), se encuentra una capa de entrada subsuperficial, caracterizada por una velocidad máxima de 15 cm/s y una capa de salida de fondo, caracterizada por una velocidad máxima de 10 cm/s. En la superficie, existe probablemente otra capa de agua de salida, pero los correntómetros utilizados no han permitido la medición en los primeros 5 metros de profundidad ni, por lo tanto, la clarificación de este aspecto. La distribución a lo largo de esta sección de la línea de corriente parece confirmar que, al menos en la superficie, la zona de entrada del agua es por el lado sur y la salida por el lado norte.

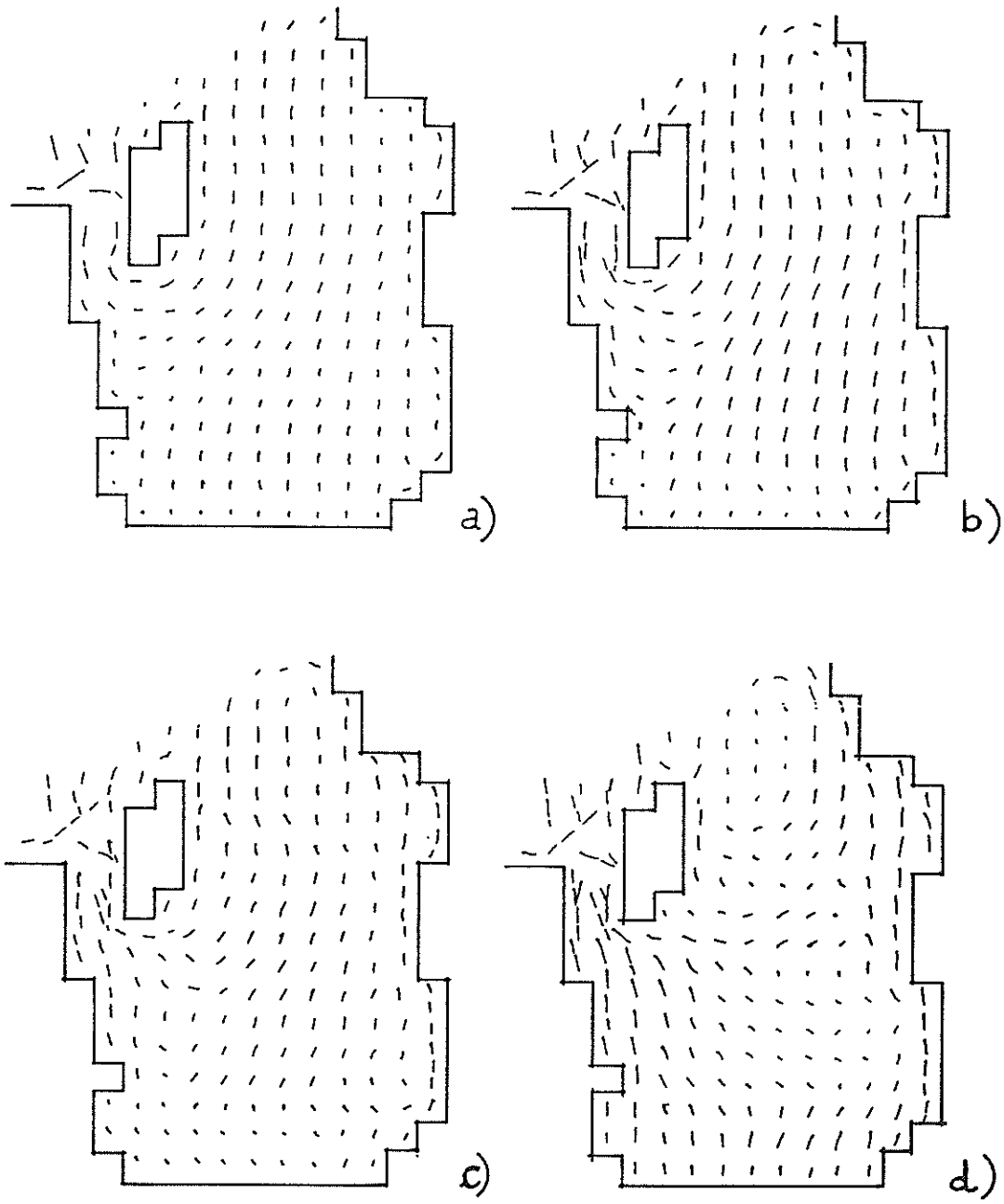


Fig.3.4.22 Circulación dinámica teórica al interior de la Bahía de Concepción, en base a un modelo numérico, causada por los vientos S [de Figueroa y Brito, 1991]

Las campañas de medición de corrientes efectuadas por el Centro EULA se han concentrado en dos puntos de la bahía [EULA, 1991] (Fig.3.4.24) y han tenido una duración aproximada de 15-20 días.

En Figs.3.4.25-3.4.26 se muestran los diagramas de vector progresivo (DVP) de las corrientes medidas en el período invernal. El diagrama de vector progresivo (DVP) representa la composición de los vectores de corriente medidos en

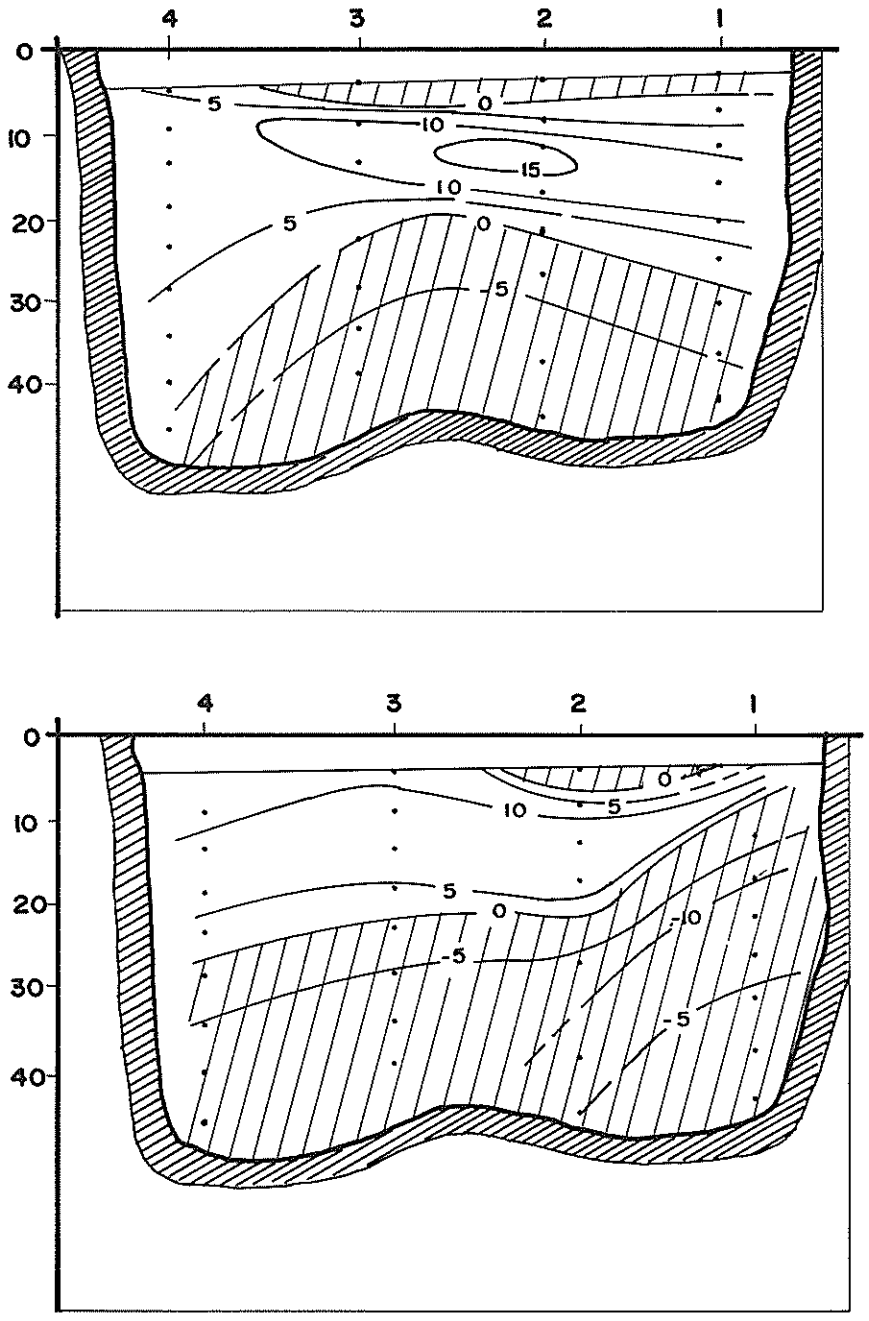


Fig.3.4.23 Perfil vertical de velocidades de la corriente efectuado en la boca de ingreso de la Bahía de San Vicente en abril (arriba) y junio (bajo) (zona achurada=flujo de salida de la bahía) [de Ahumada y Rudolph, 1988]

intervalos de tiempo sucesivos, relativos a una estación de medición. Entrega entonces una información sobre la dirección media y sobre la constancia de la corriente (en efecto, si la corriente fuese perfectamente constante, el DVP estaría constituido por una recta, formada por la suma de los vectores de corriente medidos en el tiempo considerado). Para cuantificar la constancia de la

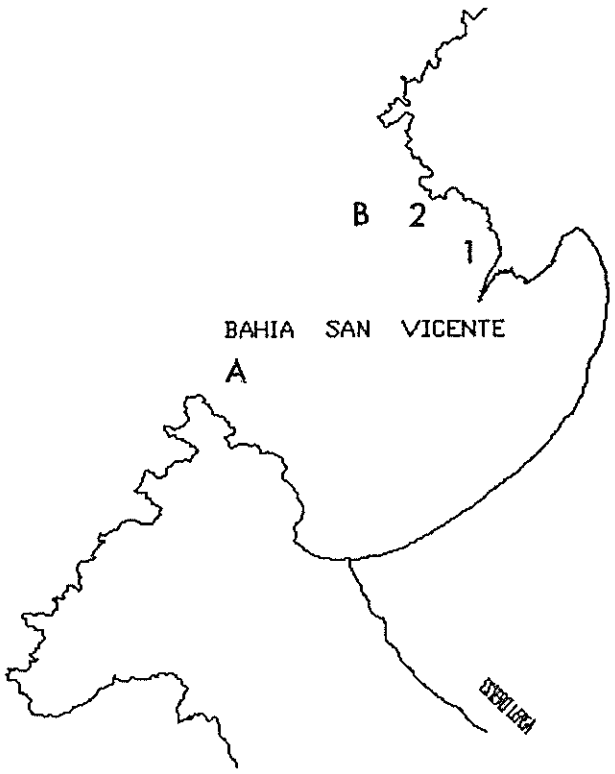


Fig.3.4.24 Ubicación de los puntos de medición de la corriente en la Bahía de San Vicente [de EULA, 1991]

corriente, se calcula el parámetro N (relación entre DVP y la sumatoria de los vectores componentes); si el valor de N está comprendido entre 70% y 90%, significa que la corriente tiene una buena constancia y su dirección en el tiempo permanece dentro de dos cuadrantes. Valores inferiores representan una corriente con una dirección menos constante.

Se puede observar que la corriente presenta una elevada variabilidad, sobretodo en la estación Efluentes (valores de N mayores de 15). En ésta, el diagrama resultante tiene una dirección Noroeste en la superficie y Noreste en profundidad. La velocidad se mantiene inferior a 1 cm/s. En la estación Punta Pardo la corriente es más constante y de dirección media uniforme a lo largo de toda la columna de agua. La corriente se mueve hacia el Noroeste, es decir, saliendo de la bahía. Las velocidades medias son también más elevadas, como es normal tratándose de una estación más externa respecto de la costa. En el período en el cual se han efectuado estas mediciones, el viento soplaba prevalentemente desde el Sur.

En Fig.3.4.27 y Fig.3.4.28 se muestran los diagramas de vector progresivo obtenidos en condiciones estivales (marzo). La estación Efluentes presenta siempre una buena constancia de la dirección de las corrientes, con una componente media resultante en dirección Sur y Sureste. La estación Punta Pardo (Fig.3.4.27) tiene un comportamiento similar a los encontrados en condiciones invernales, con una corriente medianamente constante en dirección Noroeste.

Otras mediciones de corriente las ha efectuado Brito [1992], en dos puntos de la bahía (ver Fig.3.4.24) en el período invernal (agosto-septiembre). En la estación A se observó que la corriente de superficie (8 m) se dirigía hacia el Sur y la más profunda (25 m) se dirigía hacia el Oeste. En la estación B, la corriente superficial se dirigía hacia el Noroeste (salida de la bahía), mientras la profunda se dirigía hacia el Norte.

Con la información recolectada relativa a las corrientes en la bahía de San Vicente y dejando de lado la estación Efluentes, que problamente está influenciada por las condiciones de circulación locales (muy cercana de la costa), la hipótesis de circulación más probable parece ser la de un movimiento en sentido antihorario, con un flujo de entrada por el lado sur y una salida por el lado norte.

Sobre la base de datos de salinidad y de oxígeno disuelto, no parece que en esta bahía se verifiquen fenómenos de surgencia significativos del tamaño de los encontrados en la Bahía de Concepción [Ahumada et al., 1989 y Brito, 1992].

c) Zona de la desembocadura del río Biobío

Para esta área existe la información obtenida en el curso de las campañas oceanográficas realizadas por EULA [Acuña et al.,1991].

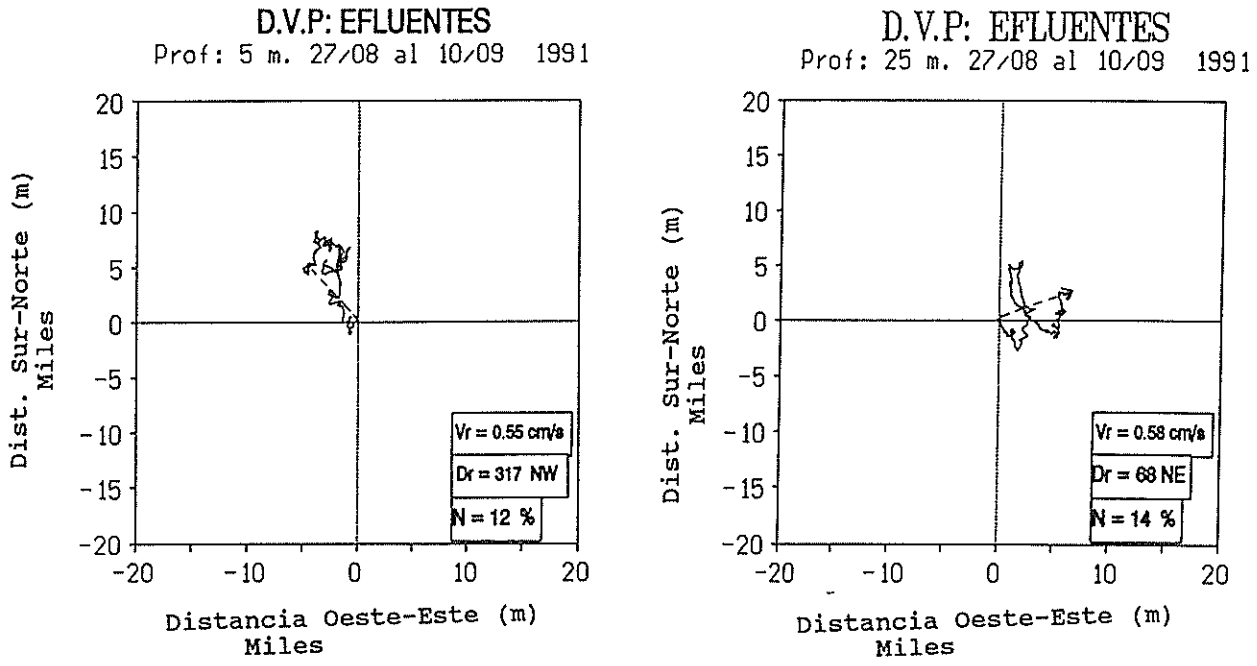


Fig.3.4.25 Diagramas del vector progresivo de las corrientes en la estación Efluentes, a dos profundidades distintas. Condiciones invernales [de EULA-Universidad de Concepción, 1991]

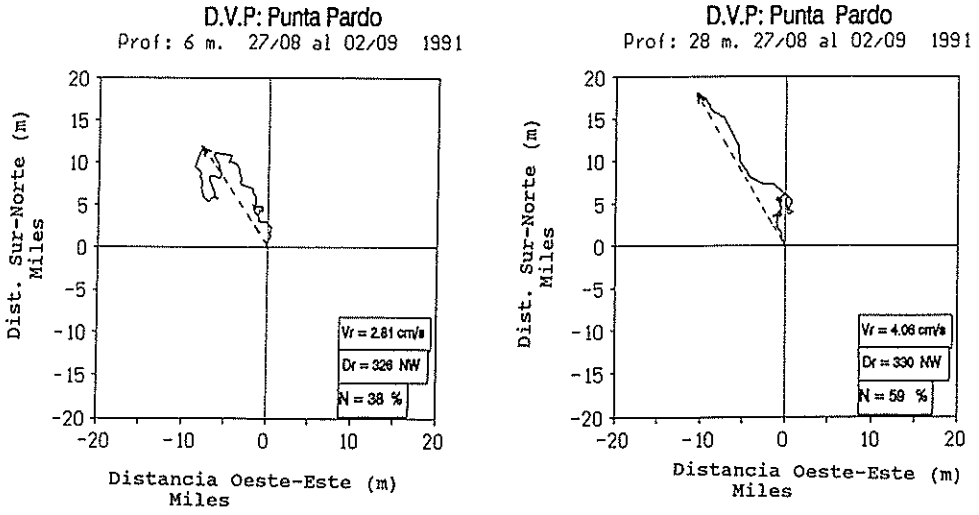


Fig.3.4.26 Diagramas del vector progresivo de las corrientes en la estación Punta Pardo, a dos profundidades distintas. Condiciones invernales [de EULA-Universidad de Concepción, 1991]

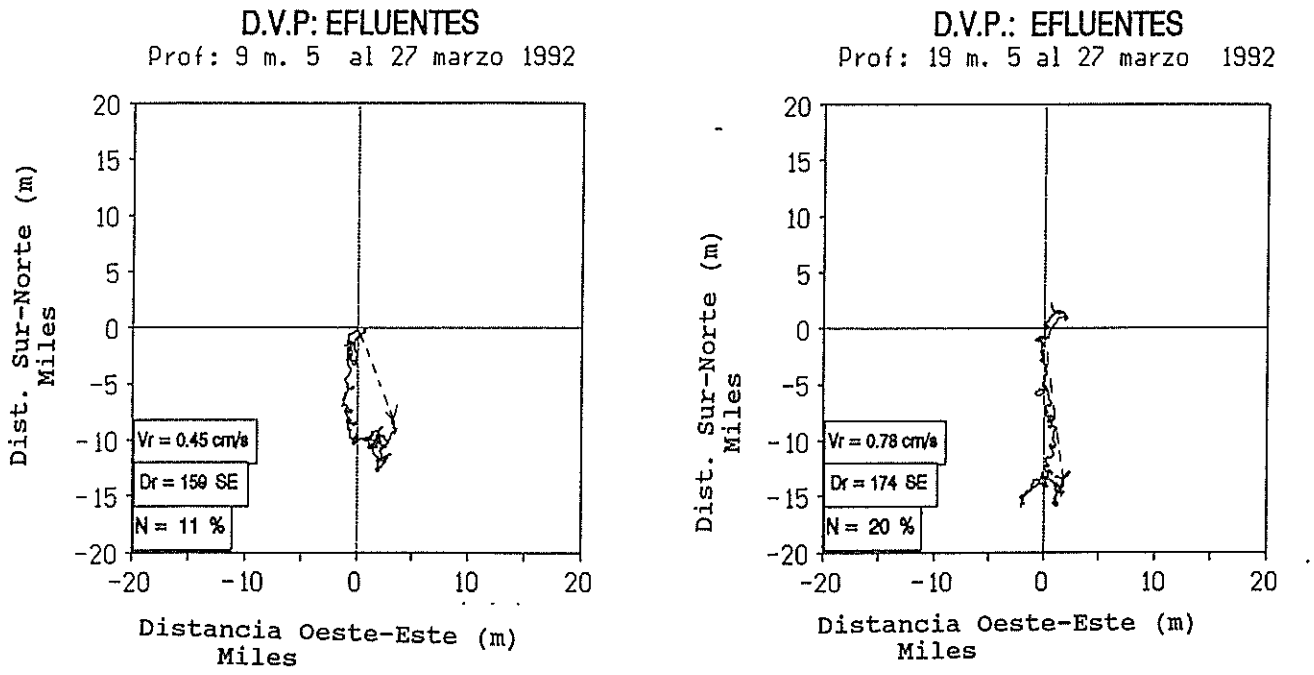


Fig.3.4.27 Diagramas del vector progresivo de las corrientes en la estación Efluentes, a dos profundidades distintas. Condiciones estivas [de EULA-Universidad de Concepción, 1991]

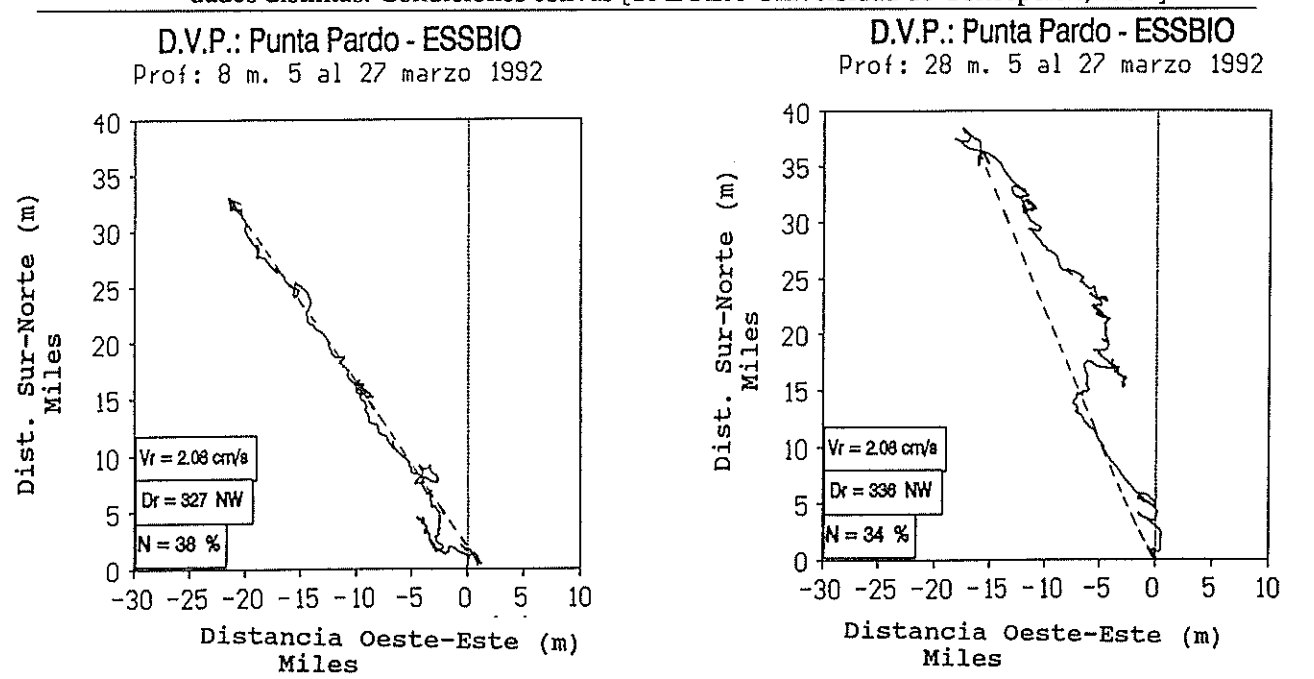


Fig.3.4.28 Diagramas del vector progresivo de las corrientes en la estación Punta Pardo, a dos profundidades distintas. Condiciones estivas [de EULA-Universidad de Concepción, 1991]

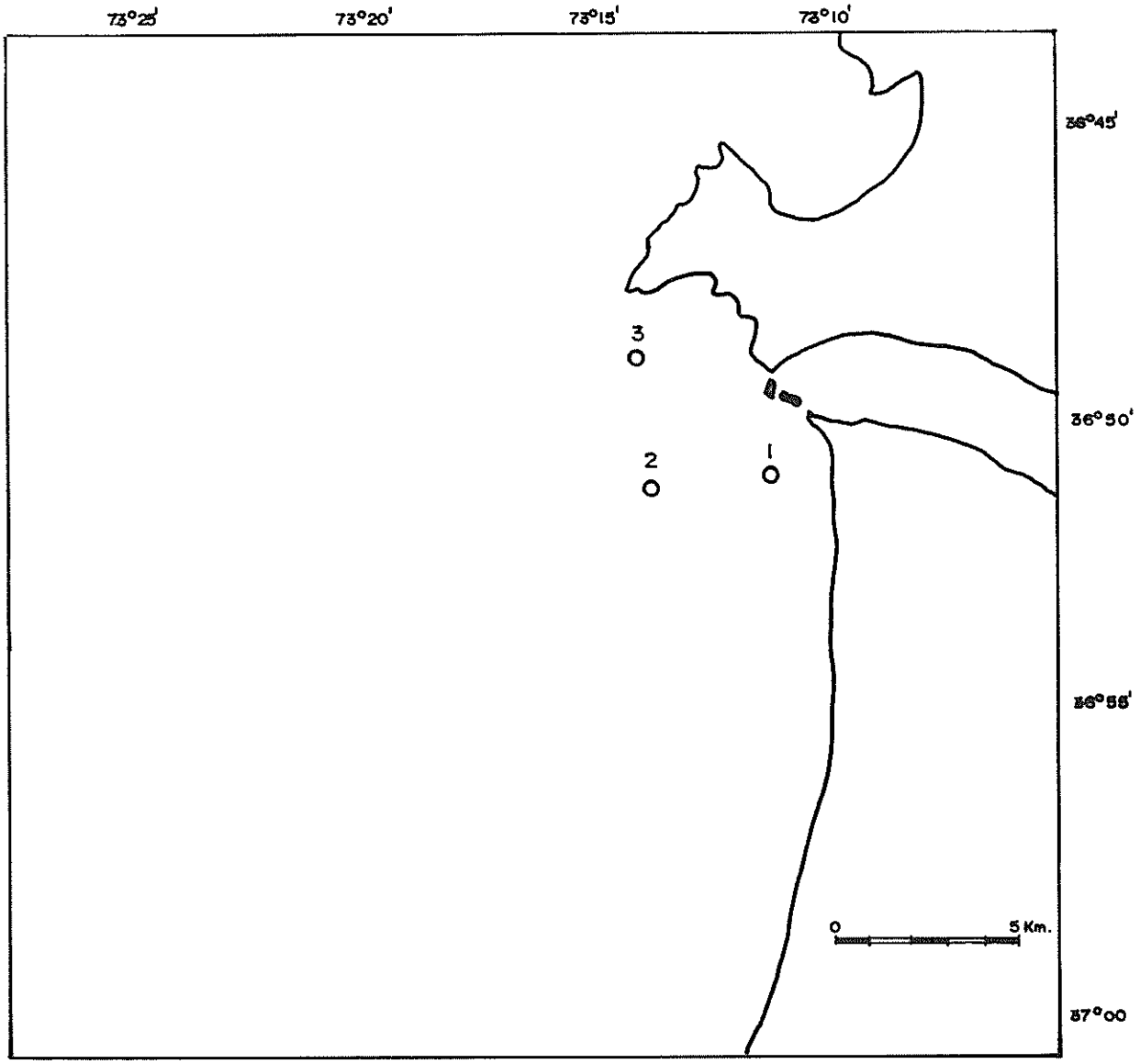


Fig.3.4.29 Ubicación de las estaciones de medición de la corriente en la zona de la desembocadura del río Biobío [de Acuña et al., 1991]

De estas campañas se encuentran disponibles los datos de la campaña de marzo de 1991, mientras los de la campaña invernal (agosto 1991) todavía no se encuentran publicados. La corriente ha sido medida en forma continua por 17 días, en tres puntos localizados entre la desembocadura y la península de Hualpén (Fig.3.4.29).

En Figs.3.4.30-3.4.32 se muestran los diagramas de vector progresivo de las corrientes medidas a distintas profundidades.

Observando las figuras, resulta claro que las únicas corrientes que muestran una buena constancia son las medidas en la estación 3. Estas presentan en todas las profundidades una dirección S-SO, con una velocidad comprendida entre 5 cm/s en la superficie y 11 cm/s en profundidad. Las estaciones 1 y 2 presentan en cambio una alta variabilidad de la dirección de las corrientes y una velocidad

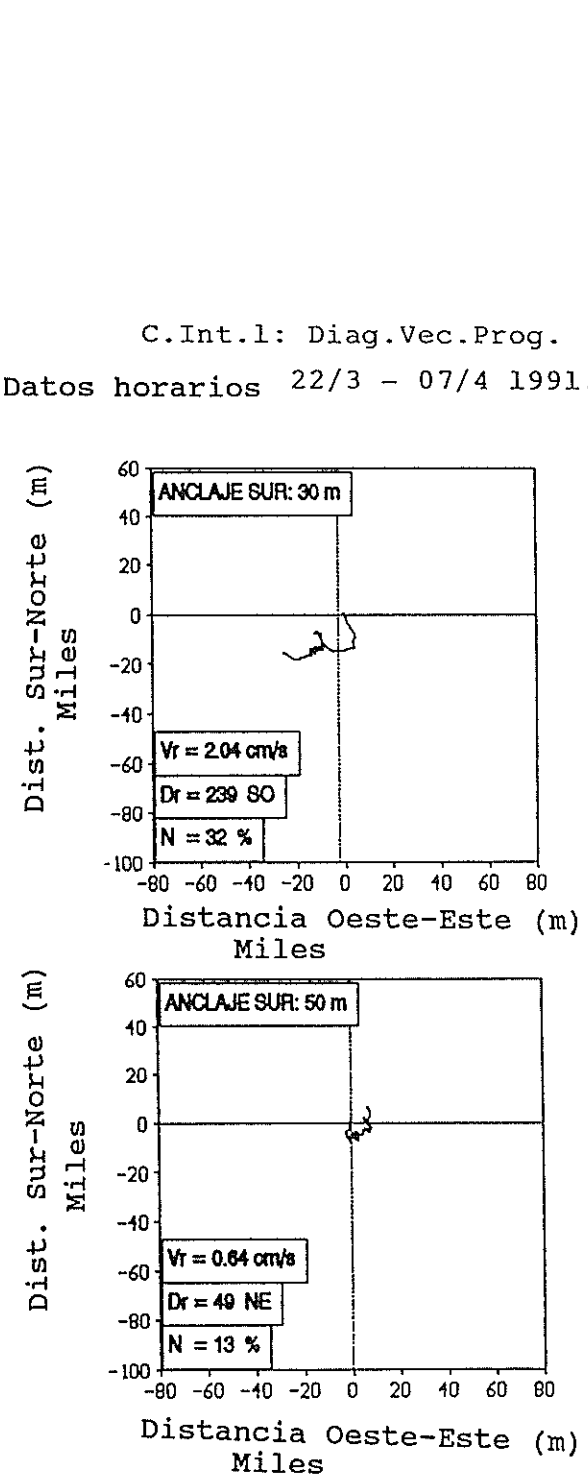


Fig.3.4.30 Diagramas del vector progresivo de la corriente en la estación 2 (anclaje sur), a dos profundidades distintas. Marzo 1991 [de Acuña et al., 1991]

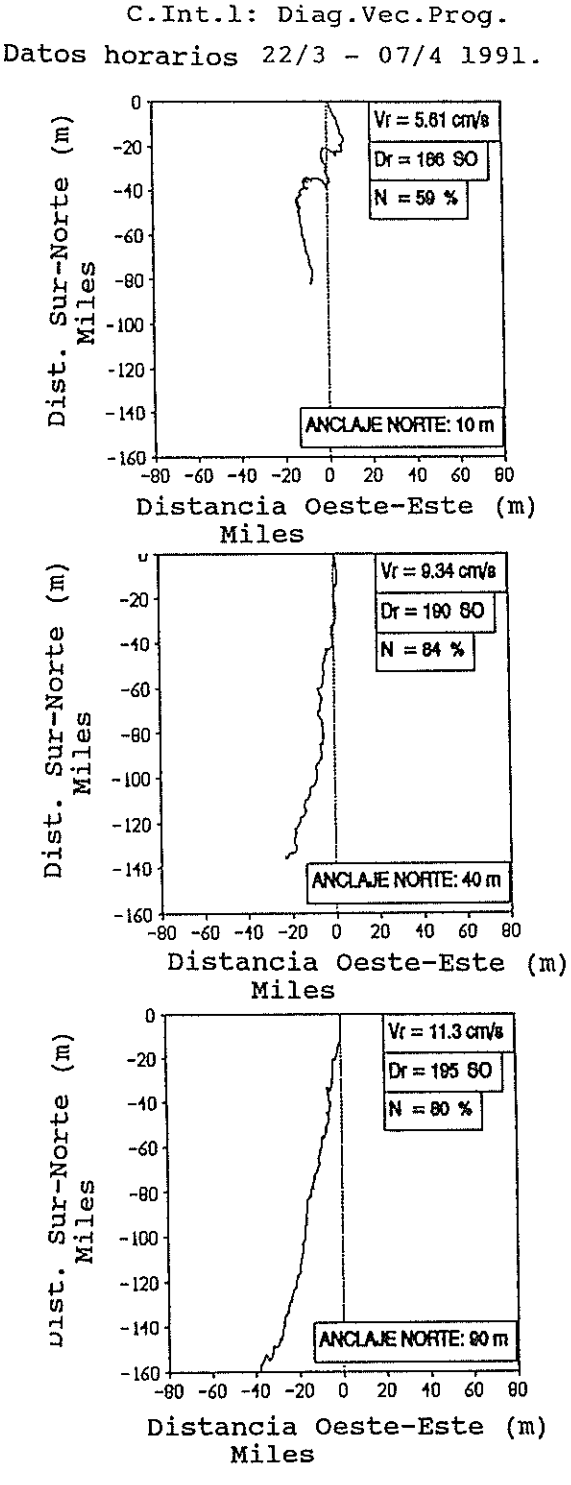


Fig.3.4.31 Diagramas del vector progresivo de las corrientes en la estación 3, a dos profundidades distintas. Condiciones estivas [de Acuña et al., 1991]

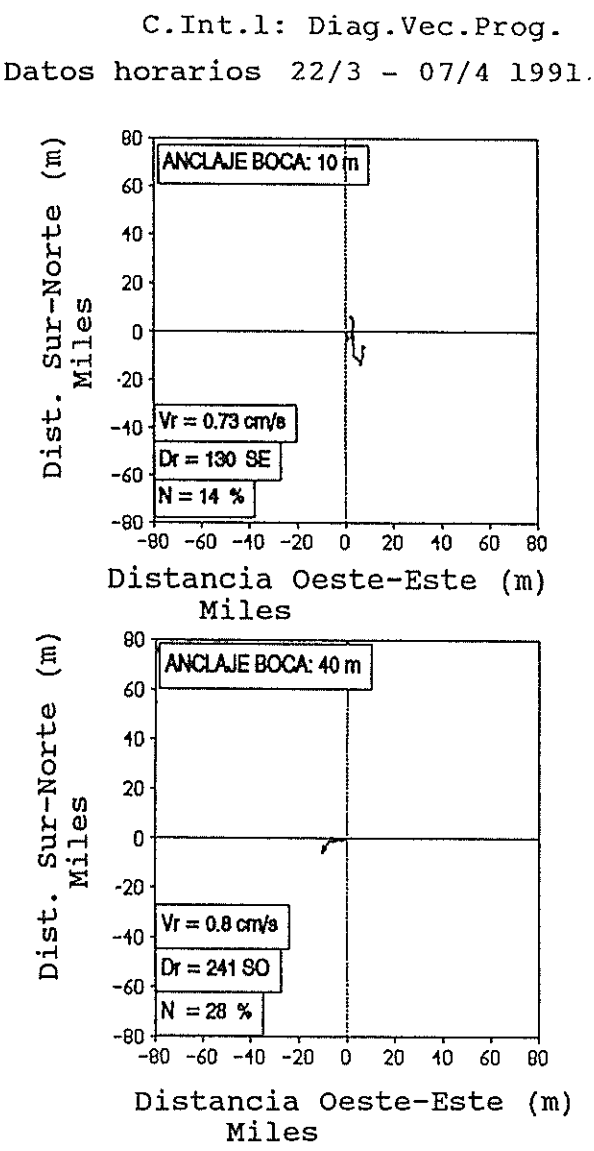


Fig.3.4.32 Diagramas del vector progresivo de las corrientes en la estación 1, a dos profundidades distintas. Condiciones estivas [de Acuña et al., 1991]

media significativamente menor a las registradas en la estación 3. En la estación 1 la dirección media de la corriente, en el período medido, es hacia el cuadrante sur (SE en la superficie y SO en profundidad) y en la estación 2 la dirección media es hacia SO a los 30 m y hacia NE a los 50 m. En este estudio no se encuentran las mediciones del viento, pero se podría afirmar que en este período (fin de marzo) es muy probable que el viento sople N-NO, de acuerdo a lo entregado en el capítulo precedente relativo al régimen estacional de los vientos (ver Par.3.4.1).

Entre las razones de la alta variabilidad de la corriente en la estación 1 y 2 se encuentran las diferencias batimétricas y la presencia del cañón submarino.

3.4.4 Mareas

En relación a la correlación entre mareas y corrientes inducidas al interior de las bahías estudiadas no existe información bibliográfica específica, a parte de la ya entregada en relación a la Bahía de Concepción. En tal caso la marea está en grado de inducir una velocidad muy superior a la inducida por el viento y, por lo tanto, interferir significativamente con el modelo de circulación causado por éste último.

De las tablas oficiales de las mareas se puede obtener las alturas de la marea que se registran en el puerto de Talcahuano: la máxima diferencia entre la baja y alta marea alcanza en general 1.80 m y la mínima 50 cm.

4 ASENTAMIENTOS HUMANOS

4.1 Aspectos demográficos

4.1.1 Comunas y centros urbanos

Desde el punto de vista administrativo, la cuenca hidrográfica del río Biobío comprende el territorio de 31 comunas, distribuidas en 4 provincias de la VIII y IX Región de Chile.
En Fig.4.1.1 se muestran los límites de estas comunas, mientras en Tab.4.1.1 se entrega para cada comuna su región y provincia de pertenencia, la superficie comunal y la información si todo el territorio se encuentra dentro de la cuenca.
De las comunas sólo parcialmente comprendidas en la cuenca, las que tienen más de un 50% de la población al interior de ella son Cabrero, Santa Juana, Los Sauces, Tucapel y Concepción [Universidad del Biobío,1991].
Fuera de los límites de la cuenca, pero siendo parte del área costera adyacente a la desembocadura del río, se encuentran las comunas de Penco y Tomé (al norte) y las comunas de Coronel, Lota y Arauco (al sur).
Al interior de cada comuna, pueden encontrarse uno o más centros urbanos o núcleos habitados y el límite comunal es siempre más extenso que el límite urbano de la capital de la comuna. Por lo tanto, es necesario distinguir, tanto para los fines administrativos como demográficos, entre los datos que se refieren a las comunas y los que se refieren a los centros urbanos. En Tab.4.1.2 se listan los centros urbanos de la cuenca con más de 1.000 habitantes en 1982, con las respectivas comunas de pertenencia. Se observa que, a parte de las comunas de Cabrero, Collipulli, Concepción, Nacimiento, Hualqui, Quilleco, Tucapel y Yumbel, las restantes tienen sólo un centro urbano con más de 1.000 habitantes.
Desde el punto de vista urbanístico, existen tres niveles de ordenamiento: los centros urbanos más pequeños poseen sólo el Plano Base, que no es más que una planta topográfica del centro. Los centros mayores poseen también el Límite Urbano, es decir, la demarcación del territorio administrativo de la ciudad. Los centros urbanos importantes, por último, poseen el Plano Regulador General, que define la zonificación del territorio al interior del límite urbano.
Las ciudades que poseen un Plano Regulador General (PRG) son : Concepción, Talcahuano, Lota, Tomé, Penco, Hualqui, Arauco, Los Alamos, Los Angeles, Mulchén, Laja, Nacimiento, Cabrero, Monte Aguila y Negrete; mientras las que poseen sólo el límite urbano son: Yungay, El Carmen, Yumbel, Yumbel Estación, Santa Bárbara, Quilleco, San Rosendo, Antuco, Quilaco y Santa Juana. Se encuentran actualmente en estudio los PRG de Coronel, Yungay y Santa Bárbara. Para la zona de Concepción existe el Plano Metropolitano que, respecto al PRG, considera un área más amplia, incluyendo San Pedro y Chiguayante.

4.1.2 Demografía

Los datos demográficos actualmente disponibles, relativos a la población que vive en las comunas y en los centros urbanos presentes en la cuenca del río Biobío y del área costera adyacente son:
- datos de los censos históricos (1940-1982), relativos a los centros urbanos;
- datos de población total urbana y rural de las comunas, relativas a los censos de 1970 y de 1982;
- datos de población total, urbana y rural de las comunas, relativa al pre-censo efectuado en el año 1991;
- datos de la población total de las comunas relativos al censo de 1992;

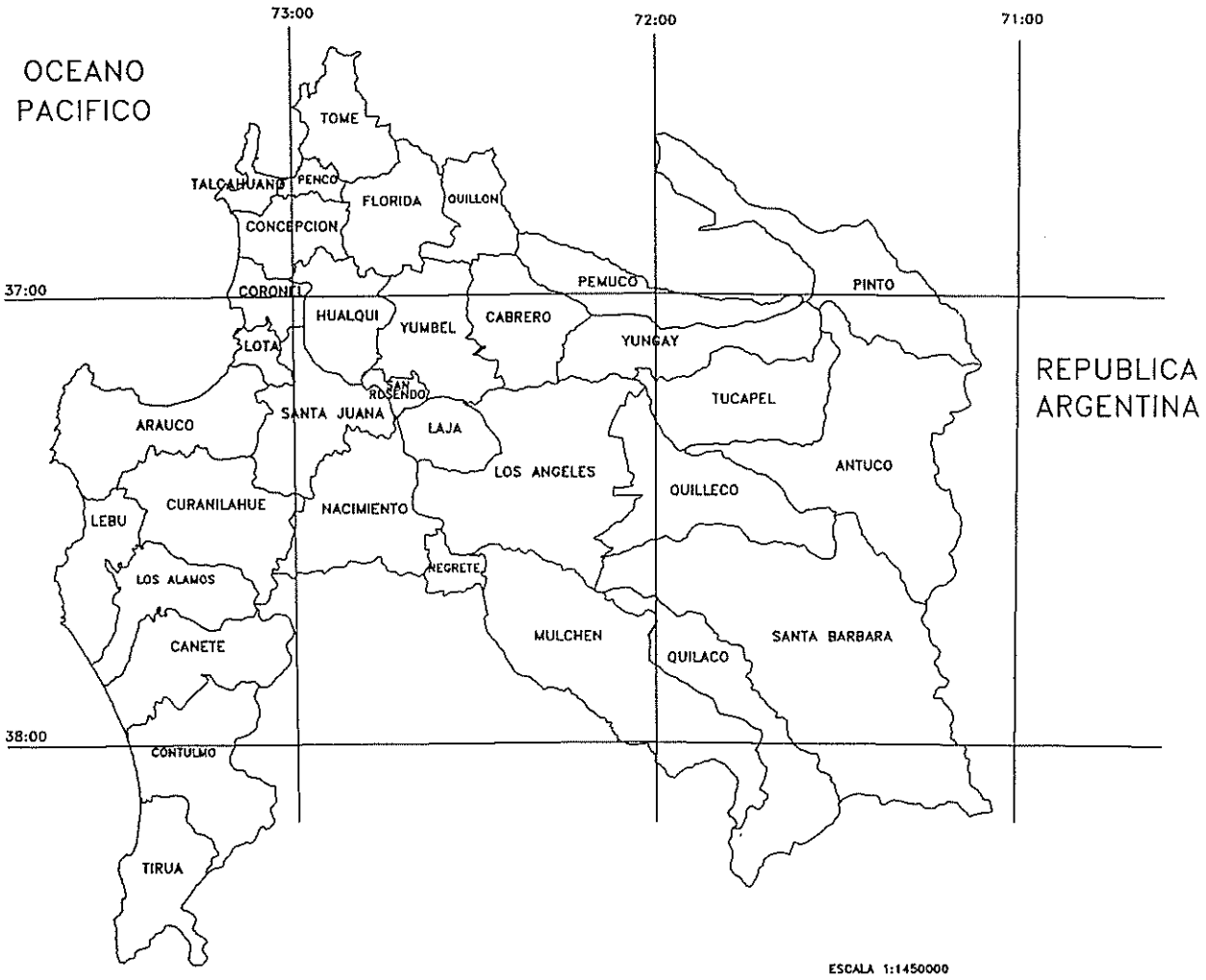


Fig.4.1.1 Límites de las comunas que son parte de la cuenca del Biobío y del área costera adyacente

- proyecciones de la población total, urbana y rural de las comunas, efectuada hasta el año 1995 por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE);

Estos datos se encuentran en Tabs.4.1.3-4.1.7, mientras en Fig.4.1.2 se muestran gráficamente las tasas de variación de la demografía en el período 1982-1992.

Tab. 4.1.1 - Comunas presentes en la cuenca del río Biobío y del área costera adyacente, con la provincia y región de pertenencia y la superficie comunal.

Comuna	Provincia	Región	Superficie km^2	Completamente en la cuenca(1)
Angol	Malleco	IX	1191,7	si
Antuco	Biobío	VIII	1943,4	si
Cabrero	Biobío	VIII	653,9	no
Collipulli	Malleco	IX	1322,8	si
Concepción	Concepción	VIII	408,9	no
Coronel	Concepción	VIII	294,6	no
Curacautín	Malleco	IX	1630,4	no
Ercilla	Malleco	IX	499,4	no
Florida	Concepción	VIII	606,2	no
Hualqui	Concepción	VIII	538,0	si
Laja	Biobío	VIII	346,4	si
Lonquimay	Malleco	IX	3961,9	si
Los Angeles	Biobío	VIII	1753,9	si
Los Sauces	Malleco	IX	825,8	no
Lota	Concepción	VIII	122,9	no
Mulchén	Biobío	VIII	1896,4	si
Nacimiento	Biobío	VIII	941,4	si
Negrete	Biobío	VIII	146,7	si
Pinto	Biobío	VIII	1117,0	no
Quilaco	Biobío	VIII	1056,0	si
Quillleco	Biobío	VIII	1093,1	si
Quillón	Nuble	VIII	414,1	no
Renaico	Malleco	IX	233,3	si
San Rosendo	Biobío	VIII	89,2	si
Santa Bárbara	Biobío	VIII	3228,8	si
Santa Juana	Concepción	VIII	741,1	no
Talcahuano	Concepción	VIII	160,2	no
Traiguén	Malleco	IX	940,3	no
Tucapel	Biobío	VIII	889,5	no
Victoria	Malleco	IX	1251,0	no
Yumbel	Biobío	VIII	735,1	si
Yungay	Ñuble	VIII	1081,3	no

(1) vale también para las que tienen más del 90%

Tab. 4.1.2 - Centros urbanos presentes en la cuenca y comunas a las que pertecen.

Centro Urbano	**Comuna**
Angol	Angol
Antuco	Antuco
Cabrero	Cabrero
Campanario	Yungay
Collipulli	Collipulli
Concepción	Concepción
El progreso	Nacimiento
Ercilla	Ercilla
Hualqui	Hualqui
Laja	Laja
Lonquimay	Lonquimay
Los Angeles	Los Angeles
Los Sauces	Los Sauces
Mininco	Collipulli
MonteAguila	Cabrero
Mulchén	Mulchén
Nacimiento	Nacimiento
Negrete	Negrete
Pobl. Canteras	Quilleco
Polcura	Tucapel
Quilaco	Quilaco
Quilleco	Quilleco
Renaico	Renaico
San Rosendo	San Rosendo
Santa Bárbara	Santa Bárbara
Santa Fé	Los Angeles
Santa Juana	Santa Juana
Talcahuano	Talcahuano
Talcamávida	Hualqui
Tucapel	Tucapel
Villa Mercedes	Quilleco
Villa Tijeral	Renaico
Yumbel	Yumbel
Yumbel Estación	Yumbel

Tab. 4.1.3 Censos históricos: población por centros urbanos

	1940	1952	1960	1970	1982
ANGOL	12.398	14.292	18.637	23.554	31.005
ANTUCO	-	713	918	1.155	1.604
ARAUCO	-	-	-	5.394	8.582
CABRERO	1.849	2.030	2.629	3.215	6.537
COLLIPULLI	4.057	4.258	5.572	7.178	10.208
CONCEPCION	85.813	140.486	168.868	204.510	267.891
CORONEL	14.799	17.372	33.870	37.312	65.957
EL PROGRESO					2.492
ERCILLA	1.274	1.243	1.311	1.420	1.703
HUALQUI	2.137	2.428	3.431	4.310	7.890
LAJA	1.368	1.733	5.993	11.770	16.706
LONQUIMAY	781	824	1.320	1.663	2.622
LOS ANGELES	20.979	24.971	35.511	49.175	70.529
LOS SAUCES	2.224	2.169	2.717	3.066	1.514
LOTA	31.087	27.761	48.693	48.166	47.159
MININCO	487	719	1.196	1.116	
MONTE AGUILA	982	1.453	2.166	3.206	4.682
MULCHEN	7.296	7.334	10.729	13.698	17.725
NACIMIENTO	2.815	2.961	3.823	6.917	10.345
NEGRETE	1.558	2.187	2.435	3.045	3.038
PENCO	6.803	9.192	15.483	21.228	30.972
POBL. CANTERAS					1.611
POLCURA					1.151
QUILACO	467	1.100	774	939	1.283
QUILLECO	862	834	1.015	1.187	2.071
RENAICO	2.224	2.849	3.169	3.709	4.518
SAN PEDRO				15.641	
STA. BARBARA	917	2.316	2.920	3.167	4.971
SAN ROSENDO	3.315	3.264	3.744	3.481	3.224
SANTA JUANA	1.310	1.648	2.020	2.218	3.902
SANTA FE					1.532
TALCHAUANO	41.536	57.990	83.609	147.981	202.368
TALCAMAVIDA					1.011
TOME	10.722	18.228	26.942	29.597	34.124
TUCAPEL	710	742	1.065	428	1.456
VILLA MERCEDES					1.664
VILLA TIJERAL					1.184
YUMBEL	2.907	3.544	3.495	5.330	6.055
YUMBEL EST.	542	406	644	600	2.467

Tab. 4.1.4 - Censos: población total, urbana y rural por comunas

	TOTAL		URBANA		RURAL		% URBANA		TASA DE CRECIMIENTO 70-82		
	1970	1982	1970	1982	1970	1982	1970	1982	TOT.	URB.	RUR.
Angol	39.599										
Antuco	10.052	5.266	6.842	3.950	3.210	1.316	68,1	75,0	-47,6	-42,3	-59,00
Cabrero	15.502	18.607	6.412	11.989	9.090	6.618	41,4	64,4	20,0	87,0	-27,19
Collipulli		19.422									
Concepcion	217.819	272.679	208.275	267.891	9.544	4.788	95,6	98,2	25,2	28,6	-49,83
Coronel	58.740	70.371	54.801	67.290	3.939	3.081	93,3	95,6	19,8	22,8	-21,78
Curacautin		18.475									
Ercilla		8.863									
Florida	8.465	10.757	1.187	2.598	7.278	8.159	14,0	24,2	27,1	118,9	12,10
Hualqui	13.501	15.091	6.087	9.345	7.414	5.746	45,1	61,9	11,8	53,5	-22,50
Laja	18.651	22.581	11.794	16.076	6.857	6.505	63,2	71,2	21,1	36,3	-5,13
Lonquimay		9.694									
Los Angeles	88.278	115.568	49.178	74.188	39.100	41.380	55,7	64,2	30,9	50,9	5,83
Los Sauces		9.341									
Lota	50.128	48.814	48.043	48.254	2.085	560	95,8	98,9	-2,6	,4	-73,14
Mulchen	23.781	27.973	13.728	17.725	10.053	10.248	57,7	63,4	17,6	29,1	1,94
Nacimiento	17.902	22.990	6.902	12.837	11.000	10.153	38,6	55,8	28,4	86,0	-7,70
Negrete	7.809	7.106	4.216	3.657	3.593	3.449	54,0	51,5	-9,0	-13,3	-4,01
Quilaco	4.843	4.615	992	1.615	3.851	3.000	20,5	35,0	-4,7	62,8	-22,10
Quillleco	12.486	11.438	2.564	5.346	9.922	6.092	20,5	46,7	-8,4	108,5	-38,60
Quillon	13.434	15.026	2.494	3.708	10.940	11.318	18,6	24,7	11,9	48,7	3,46
Renaico		8.717									
San Rosendo	5.013	4.432	3.486	3.224	1.527	1.208	69,5	72,7	-11,6	-7,5	-20,89
Santa Barbara	14.835	16.715	3.182	5.344	11.653	11.371	21,4	32,0	12,7	67,9	-2,42
Santa Juana	10.395	11.260	9.186	3.902	1.209	7.358	88,4	34,7	8,3	-57,5	508,60
Talcahuano	150.030	207.219	145.542	205.037	4.488	2.182	97,0	98,9	38,1	40,9	-51,38
Traiguen		20.448									
Tucapel	11.750	11.838	5.151	7.859	6.599	3.979	43,8	66,4	0,7	52,6	-39,70
Victoria											
Yumbel	20.616	21.548	7.088	11.226	13.528	10.322	34,4	52,1	4,5	58,4	-23,70
Yungay	13.747	14.861	5.394	8.607	8.353	6.254	39,2	57,9	8,1	59,6	-25,13

Tab. 4.1.5 - Censo 1991: población total comunal y tasa de crecimiento

	1982			1991				Tasa Crecimiento	
	Total	Urbana	% Urbana	TOTAL	Urbana	Rural	% Urbana	1982 1991	Urbana 82-91
Angol	39.599			45.126	14,0				
Antuco	5.266	3.950	75,0	4.430	1.692	2.738	38,2	-15,9	-57,2
Cabrero	18.607	11.989	64,4	21.088	13.864	7.224	65,7	13,3	15,6
Collipulli	19.422			24.403				25,6	
Concepción	272.679	267.891	98,2	314.055	309.848	4.207	98,7	15,2	15,7
Coronel	70.371	67.290	95,6	84.951	80.968	3.983	95,3	20,7	20,3
Curacutín	18.475			18.805				1,8	
Ercilla	8.863			8.200				-7,5	
Florida	10.757	2.598	24,2	10.645	3.032	7.613	28,5	-1,0	16,7
Hualqui	15.091	9.345	61,9	16.455	10.992	5.463	66,8	9,0	17,6
Laja	22.581	16.076	71,2	24.538	17.785	6.753	72,5	8,7	10,6
Lonquimay	9.694			9.403				-3,0	
Los Angeles	115.568	74.188	64,2	138.238	93.500	44.738	67,6	19,6	26,0
Los Sauces	9.341			8.986				-3,8	
Lota	48.814	48.254	98,9	52.011	51.804	207	99,6	6,5	7,4
Mulchén	27.973	17.725	63,4	30.568	19.761	10.807	64,6	9,3	11,5
Nacimiento	22.359	12.837	57,4	25.809	18.799	7.010	72,8	15,4	46,4
Negrete	7.106	3.657	51,5	7.893	3.719	4.174	47,1	11,1	1,7
Penco				40.300	39.255	1.045	97,4		
Quilaco	4.615	1.615	35,0	4.402	1.442	2.960	32,8	-4,6	-10,7
Quillleco	11.438	5.346	46,7	11.225	5.722	5.503	51,0	-1,9	7,0
Quillón	15.026	3.708	24,7	13.513	4.452	9.061	32,9	-10,1	20,1
Renaico	8.717			9.146				4,9	
San Rosendo	4.432	3.224	72,7	4.565	3.492	1.073	76,5	3,0	8,3
Santa Bárbara	16.715	5.344	32,0	17.194	5.693	11.501	33,1	2,9	6,5
Santa Juana	11.891	3.902	32,8	11.897	5.366	6.531	45,1	,1	37,5
Talcahuano	207.219	205.037	98,9	237.184	235.642	1.542	99,3	14,5	14,9
Tomé				49.260	41.102	8.158	83,4		
Traiguén	20.448			18.512			-9,5		
Tucapel	11.838	7.859	66,4	12.181	8.204	3.977	67,4	2,9	4,4
Victoria									
Yumbel	21.548	11.226	52,1	20.220	9.383	10.837	46,4	-6,2	-16,4
Yungay	14.861	8.607	57,9	15.838	9.145	6.693	57,7	6,6	6,3

Nota: Los datos subrayados difieren de Tab. 4.1.4, porque se han modificando los distritos censales

Tab. 4.1.6 - Proyecciones INE: en base al censo 1982, proyección para 1985, 1990 y 1995 de la población de las comunas

	1985	1990	1995	Precenso 1991
Angol				45.126
Antuco	3.784	2.770	2.021	4.430
Cabrero	19.356	20.110	20.858	21.088
Collipulli				24.403
Concepción	288.063	307.626	324.921	314.055
Coronel	73.226	76.307	79.159	84.951
Curacautín				18.805
Ercilla				8.200
Florida	11.418	12.250	13.261	10.645
Hualqui	15.397	15.658	16.005	16.455
Laja	23.683	24.817	25.796	24.538
Lonquimay				9.403
Los Angeles	125.060	134.521	143.598	138.238
Los Sauces				8.986
Lota	46.806	44.417	42.246	52.011
Mulchén	29.060	30.058	30.908	30.568
Nacimiento	24.887	26.740	28.686	25.809
Negrete	6.368	5.713	5.131	7.893
Quilaco	4.279	3.952	3.632	4.402
Quillleco	10.328	9.328	8.472	11.225
Quillón	15.129	15.233	15.386	13.513
Renaico				9.146
San Rosendo	3.963	3.476	3.074	4.565
Santa Bárbara	17.087	17.339	17.611	17.194
Santa Juana	11.177	11.231	11.343	11.897
Talcahuano	227.642	247.311	264.479	237.184
Traiguén				18.512
Tucapel	11.233	10.619	10.009	12.181
Victoria				
Yumbel	21.189	20.778	20.298	20.220
Yungay	14.823	14.881	14.961	15.838

De los datos de Tab.4.1.4 se puede observar que en el período 1970-1982 se ha verificado un crecimiento general de la población, siendo el crecimiento neto urbano más importante que el rural.

Se excluyen de esta tendencia las comunas de Antuco, Negrete y San Rosendo, en las cuales disminuye la población urbana como la rural, y las comunas de Lota, Quilaco y Quilleco, las cuales, a pesar de un descenso de la población

Tab. 4.1.7 - Población total comunal en 1992 y estimación de la población de los centros urbanos

	POBLACION COMUNAL	POBLACION[1] CENTRO URBANO	TASA CREC. anual medio1982-1992
Angol	46.003	36.019	1,62
Arauco	28.896	18.675	1,70
Antuco	4.236	1.618	-6
Cabrero	21.684	8.301	1,9
Collipulli	22.661	11.913	1,7
Concepción	329.304	222.966	1,7
Chiguayante	-	52.706	2,1
Coronel	83.398	79.478	1,9
El Progreso	-	3.557	
Ercilla	8.712	1.674	-,2
Hualqui	16.177	9.579	1,4
Huepil	-	5156	,4
Laja	24.261	17.589	1,0
Lonquimay	9.118	2.466	-,6
Los Angeles	142.136	94.041	2,7
Los Sauces	8.978	1.455	-,4
Lota	50.173	49.972	,3
Mininco	-	1.302	1,7
Monte Aguila	-	5.946	1,9
Mulchén	30.524	19.719	1,2
Nacimiento	25.171	14.767	3,5
Negrete	8.264	3.892	,3
Penco	40.383	39.333	2
Pobl. Canteras	-	1.664	
Quilaco	4.474	1.467	-1
Quilleco	10828	2.139	,5
Renaico	9182	4.729	,5
San Pedro	-	49.351	2,1
Sta. Bárbara	17.707	5.861	,8
San Rosendo	4.364	3.338	,2
Santa Fé	-	2.043	2,4
Santa Juana	11.859	5.337	3
Talcahuano	246.566	244.840	1,9
Tomé	49140	40.983	,3
Tucapel	12097	1674	,4
Villa Mercedes	-	1.719	
Villa Tijeral	-	1.239	
Yumbel P.	20.632	6.802	-,8
Yumbel Est.	2.771	-,8	

(1) El valor de población del centro urbano en 1992 se obtuvo multiplicando la población de la comuna al censo 1992, por el porcentaje urbano

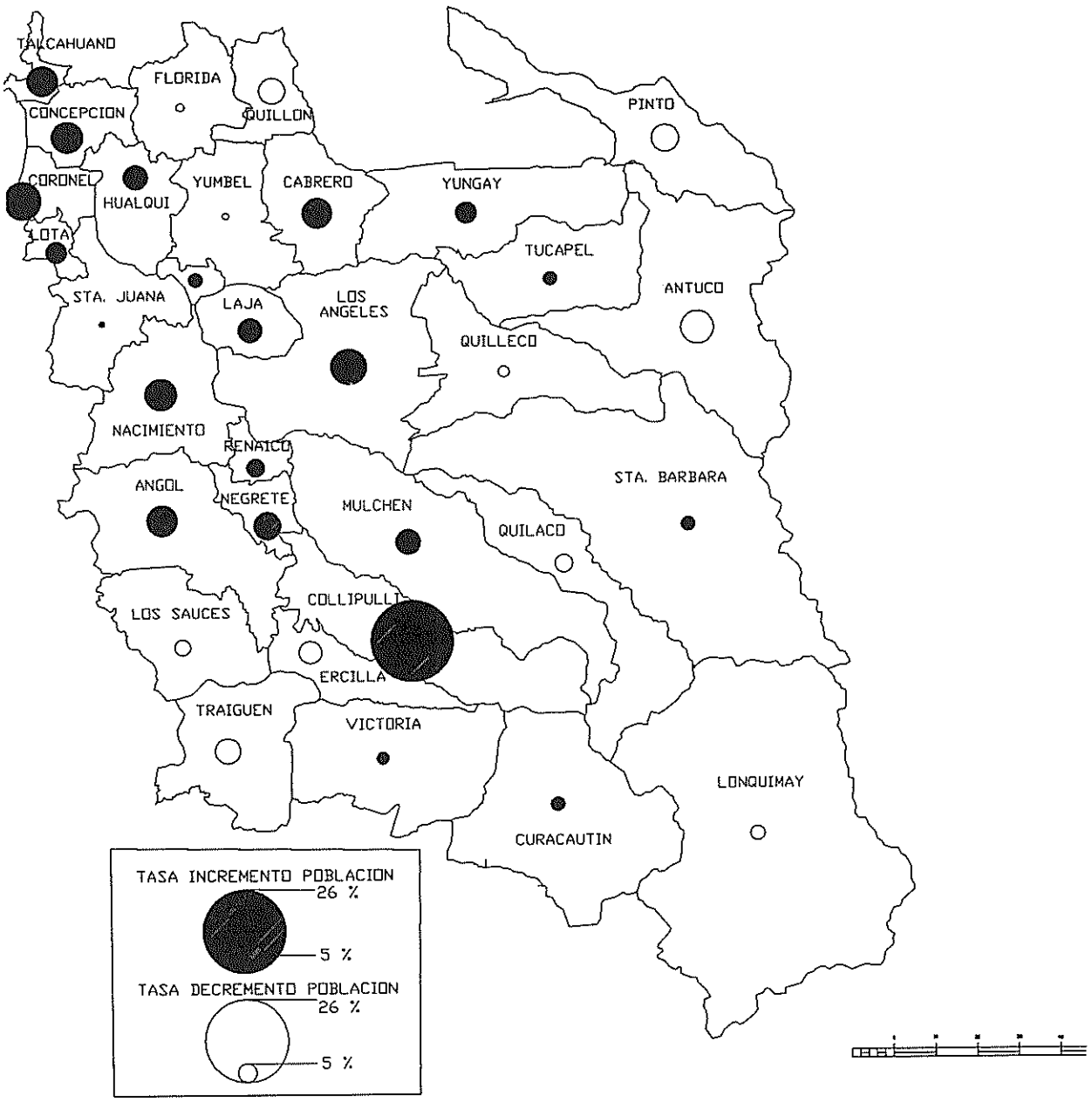


Fig.4.1.2 Tasas de crecimiento y decrecimiento demográfico en el decenio 1982-1992 en las comunas de la cuenca y del área costera adyacente

total, han experimentado un crecimiento de la población urbana.
En el período sucesivo (1982-1991), se confirma la tendencia general hacia un mayor crecimiento urbano respecto al total (Tab.4.1.5), mientras éste último muestra una tasa de crecimiento menor respecto al período precedente y un mayor número de comunas presentan una disminución de la

población (Antuco, Ercilla, Florida, Lonquimay, Los Sauces, Quilaco, Quilleco, Yumbel).
La comparación entre los valores de población del precenso de 1991, el censo de 1992 y la proyección efectuada por el Instituto Nacional de Estadísticas para el año 1990 (Tab.4.1.6) muestra una buena relación a nivel regional y diferencias más o menos significativas a nivel provincial y local [Antinao, 1992]: la provincia de Ñuble ha crecido cerca de la mitad de lo que era previsto por el INE, mientras que las provincias de Concepción y Biobío han crecido más de lo previsto por el INE. Algunas comunas (ver Tab.4.1.6) muestran un comportamiento diverso al previsto por el INE.
Sobre la base de los datos del precenso es posible obtener las siguientes conclusiones [Antinao, 1992]:

- la VIII Región no representa actualmente una zona de atracción de población. La población ha crecido menos que el crecimiento vegetativo y, por lo tanto, existe un éxodo hacia otras regiones; las diferentes tasas de crecimiento a nivel provincial tienen un acentuado peso relativo en la provincia de Concepción y en las comunas de Concepción, Talcahuano, Penco y Coronel;
- Concepción y Talcahuano no atraen a la población de las otras comunas de la VIII Región o de otras regiones;
- Penco, Coronel, Lota y Tomé han crecido, a pesar de los grandes problemas económicos y sociales que los caracterizan, porque en ellas viven personas que trabajan en Concepción, Talcahuano o Coronel;
- existen tres zonas críticas en la cuenca, en las cuales la población está disminuyendo: Provincia de Ñuble, Provincia de Malleco (Ercilla, Los Sauces) y la zona preandina (Antuco, Quilleco, Quilaco y Santa Bárbara). El éxodo de tales poblaciones se dirige aparentemente hacia comunas como Collipulli y Arauco pero, sobretodo, hacia otras regiones.

Los datos del precenso de 1991 y del censo de 1992 se encuentran actualmente sólo disponibles a nivel comunal y no para cada centro urbano. Del precenso está también disponible el porcentaje de población urbana y rural de la comuna. Tal dato, que no es definitivo, constituye en general una estimación bastante cercana, tomando en cuenta la experiencia de los censos anteriores [Antinao: comunicación personal].
Por lo tanto, los datos actualizados sobre la población de los centros urbanos, deben ser estimados sobre la base del valor del porcentaje de población urbana por comuna. Para todas las comunas en que existe sólo una ciudad de una cierta dimensión, una buena aproximación de la población de la ciudad se encuentra multiplicando la población residente en la comuna, en el censo de 1992, por el porcentaje de población urbana, deducible del precenso 1991.
Esto, como se puede observar en Tab.4.1.2 y en Tab.4.1.3, es el caso más común. Son una excepción las comunas de Concepción (con los centros urbanos de Concepción, San Pedro y Chiguayante), Cabrero (con los dos centros urbanos de Cabrero y Monte Aguila), Quilleco (con los tres centros urbanos de Quilleco, Canteras y Villa Mercedes). En estos casos, la estimación se puede efectuar considerando que la población urbana de la comuna está subdividida entre los varios centros urbanos en la misma relación observada en el censo de 1982. Esta hipótesis puede no ser siempre exacta, pero parece ser la única factible al no contar con mayor información.
Sobre la base de los criterios anteriormente descritos se ha elaborado Tab.4.1.7, que entrega la estimación de la población de los centros urbanos para el año 1992. Los valores así estimados se han comparado con los valores de población en 1992 de algunos centros, entregados en Céspedes et al. [1992]. Estos últimos valores provienen directamente de las municipalidades y constituyen, por lo tanto, los valores reales de actualización de la población. La estimación efectuada resulta muy similar a los valores reales para casi todos los casos (errores inferiores al 1-2%), a excepción de Angol, Coronel y Lonquimay. Para estas tres ciudades se ha adoptado el valor entregado por Céspedes et al. [1992].
La densidad de población en los centros urbanos

y en el territorio rural, es muy difícil de calcular, ya que, la información de los censos es entregada por distritos censales, pero no coinciden, en general, con los límites territoriales de la ciudad.
Sí se han podido obtener los valores medios indicativos basados en el censo de 1982, sólo para los siguientes centros urbanos de la cuenca:

Concepción:	5.750 hab/km^2
Los Angeles:	2.561 hab/km^2
Nacimiento:	1.746 hab/km^2

Siempre considerando el censo de 1982, los valores mínimos de densidad de población, para los distritos censales en áreas de la cuenca escasamente pobladas, varían de 1 a 8 hab/km^2. La densidad mayor (25.760 hab/km^2) se encuentra en el distrito que forma parte de la ciudad de Concepción. No se conocen datos relativos a Talcahuano.

4.2 Sector industrial

4.2.1 Tipología industrial

Una de las características más relevantes del sector industrial en la cuenca del Biobío y el área costera adyacente es su alta concentración de actividades, ya que el 83% del valor de la producción regional se concentra sólo en 6 agrupaciones, como se observa en Tab.4.2.1 [lo siguiente ha sido recopilado de Hormazábal, en publicación].

El desarrollo del sector industrial de la región se basa fundamentalmente en el uso intensivo de algunos recursos naturales, como el forestal, ya que, según datos del Instituto Forestal en 1990 el 50% de las plantaciones de pino radiata existentes en el país se encuentran en la Región del Biobío.

En cuanto a exportaciones regionales, éstas se agrupan en cuatro sectores: agropecuario, forestal, pesquero y manufacturero. Considerando la serie 1983 - 1990 se tiene que el sector que mayor volumen exporta es el forestal con un 69,3%, seguido por el sector pesquero con un 16,9%, el manufacturero un 9,8% y el agropecuario con un 4%.

El sector manufacturero incluye a la industria del hierro y acero, petróleo y derivados, productos químicos, textiles, calzado, loza y otras; sus exportaciones son bastante inferiores a las de los sectores forestal y pesquero, no obstante es el sector que crea el mayor número de empleos.

Una de las consecuencias de la crisis económica de 1980 es el cambio en la estructura regional de la industria, ya que el sector más afectado, que se recupera sólo parcialmente, es el de las empresas medianas a pequeñas, que desaparecen en gran número o bien pasan a la informalidad. En la empresa mediana a grande la recuperación es más clara y su crecimiento mayor, además en términos relativos la gran empresa entre los años 1979 y 1987, mejora su participación en la configuración regional.

Tab 4.2.1 Agrupaciones industriales más relevantes de la VIII Región

	%
Industria del Hierro y Acero	21,9
Sustancias Químicas	14,8
Fábrica de papel	14,4
Productos Alimenticios	12,0
Refinería de Petróleo	10,2
Madera	9,3
Total	82,6

Fuente: *Elaborado en base a datos de la C.P.C.C. (ver Hormazábal, en publicación)*
Nota: *No se incluyen Celulosa Arauco II, Santa Fé y transformaciones en CMPC Laja y CMPC Inforsa, lo que implicaría que el sector del papel sea el más importante.*

El período de los años 90 se caracteriza por una fuerte restructuración de la industria, el auge de las industrias ligadas a los sectores forestal y pesquero (que no incorporan aún un porcentaje significativo de valor agregado a sus productos), el surgimiento de numerosas empresas de servicios y contratistas, que funcionan en torno a la mediana y gran empresa, y un fuerte incremento del capital extranjero, tanto en la propiedad de las industrias actuales, como en las industrias proyectadas.

4.2.2 Localización actual de las industrias

Como resultado de la recopilación bibliográgica realizada sobre el sector industrial de la VIII Región y Cuenca del Biobío, se estableció que existen aproximadamente 1500 industrias en la región. Sin embargo, la información disponible se refiere principalmente a la mediana y gran industria, es decir aquéllas que tienen más de 50 trabajadores y que según afirmaciones de la Secretaría Regional Ministerial de Economía representan, en términos de número, un porcentaje bajo del total de las industrias de la región, a pesar, que en términos de producción y empleo son las más importantes.

El número total de industrias con más de 50 trabajadores supera las 250 unidades, y se dividen en 9 agrupaciones según la Clasificación Internacional Industrial Uniforme CIIU [INE, 1976].

A nivel provincial, Concepción es la que concentra el mayor número de industrias, seguido por Ñuble y Bíobío y, finalmente, la menos industrializada es Arauco.

Las comunas que concentran el mayor número de industrias son Concepción, Talcahuano y Los Angeles. Además, existe un número importante de industrias ligados al sector forestal distribuidas en la región, también existe en la franja de la zona costera una clara concentración de industrias, ligadas al sector forestal, pesquero y algunas tradicionales de loza, cerámica, vidrio y textiles. En términos de diversidad productiva, en general, los centros urbanos más importantes, en cuanto a población y diversificación, son: Concepción, Talcahuano, y Los Angeles. Esto se puede explicar porque, además de satisfacer la demanda externa de productos, es probable que tengan una demanda interna importante, esto no ocurre así en los poblados más pequeños, donde por lo general existe una sola industria y su producción está orientada al mercado internacional, es el caso de la fábrica de Celulosa del Pacífico en Mininco o la Celulosa de Laja o los aserraderos de Cabrero, Mulchén o Curanilahue.

Cabe destacar que si consideramos el límite físico de la cuenca sólamente están contenidas en esta área el 35% de las industrias estudiadas, ya que sólo el 50% de la comuna de Concepción está dentro de la cuenca y sólo un 25% de la comuna de Talcahuano, si se incluyen estas comunas, tenemos que el 65% está dentro del área de estudio y, finalmente, si agregamos la franja de la zona costera desde Tomé a Lebu, tenemos el 82% del número de industrias estudiadas. Esto demuestra la alta concentración espacial de esta actividad en la región.

La localización actual de las industrias tiene su explicación en diversos factores; por una parte, las industrias que impulsó CORFO se ubicaron en sectores donde contaran con fuentes relativamente cercanas de energía, materias primas y agua, además que existieran vías de comunicación marítimas y terrestres y la superficie suficiente para sus dependencias. Por otra parte, como uno de los objetivos de CORFO era absorver mano de obra, debían estar cercanas a centros poblados importantes. Este criterio permite comprender la localización de la Planta de Azúcar IANSA en Los Angeles, la ubicación de Celulosa Arauco en Carampangue y de Huachipato y de la Refinería de Petróleo (Petrox) en Talcahuano.

El patrón de localización de las nuevas industrias surgidas en la década del 90 considera como factores principales los mismos que las empresas CORFO, a excepción del criterio de empleo, ya que, dado su alto grado de especialización y tecnificación, la mano de obra que ocupa es baja (alrededor de 500 una planta de celulosa) y se prefiere que no habite cerca de la planta.

En torno a las grandes industrias se ubican una

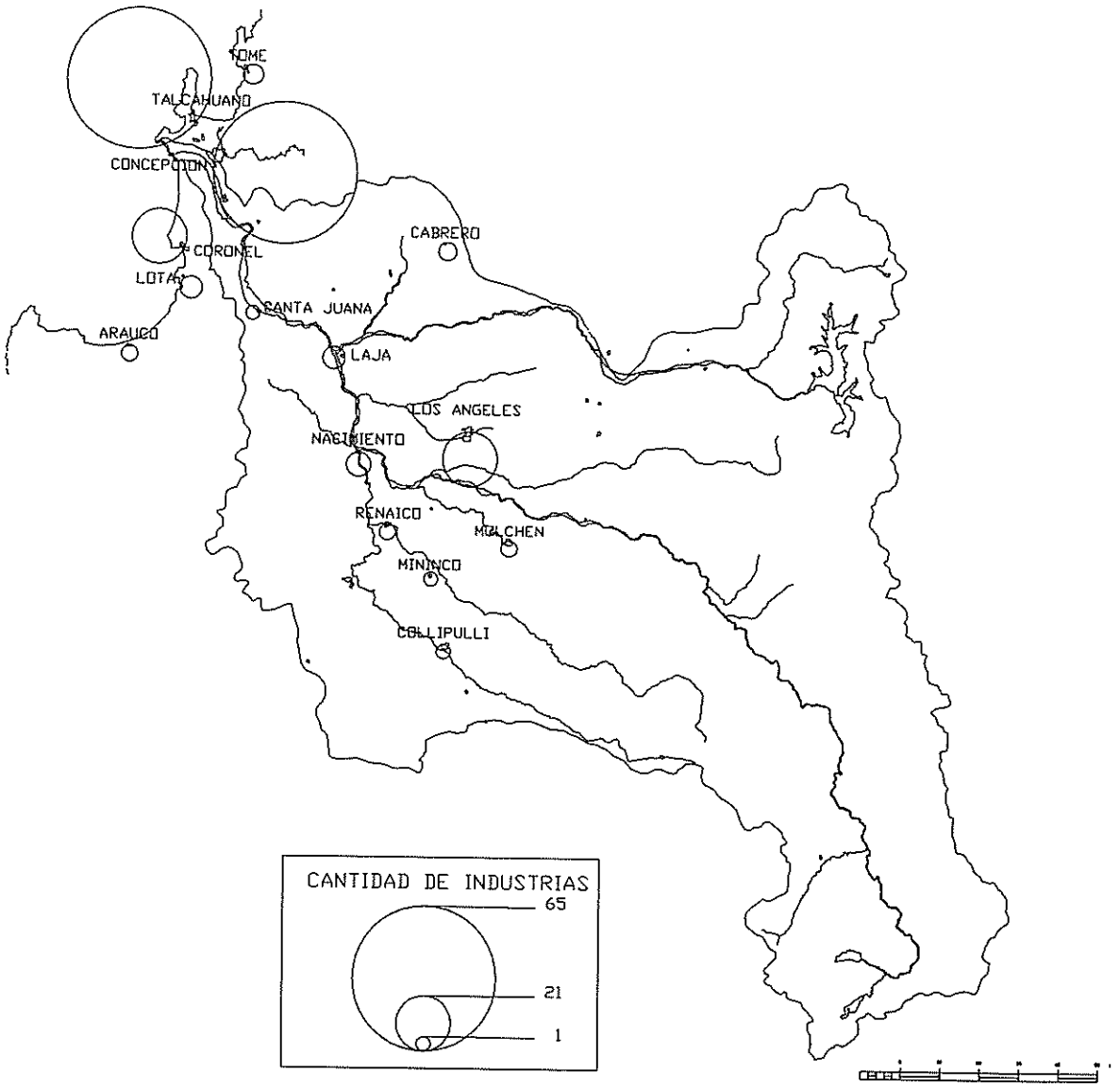


Fig.4.2.1 Número de medianas y grandes industrias en las distintas ciudades de la cuenca y del área costera adyacente

serie de empresas de servicio y otras cuyos insumos son producidos por empresas grandes, es lo que sucede en Talcahuano, Laja y Nacimiento con las metal-mecánicas.

Tomando en cuenta el número de industrias medianas y grandes, es decir, con más de 50 trabajadores, que se encuentra en cada una de las ciudades se observa claramente que éstas se concentran cercanas a la desembocadura del río Biobío (Fig.4.2.1), donde existe una infraestructura adecuada, no así en la parte alta de la cuenca.

4.2.3 Dimensión del sector industrial

4.2.3.1 Sector forestal y del papel

a) Producción del sector forestal y del papel

El sector forestal ha experimentado un gran crecimiento en los últimos años, esto se refleja en las nuevas plantaciones de pino radiata que se extienden por toda la cuenca, en la instalación de nuevas plantas de celulosa en Nacimiento y Mininco, y los aserraderos asociados, en general, a las empresas del sector.

Tab 4.2.2 Producción anual de la industria de la madera y el papel

	Empresa	Producción	Producto
Producción y producto de las empresas de la celulosa y del papel	Celulosa Arauco I	184.000 Ton/año	celulosa
	Celulosa Arauco II	350.000 Ton/año	celulosa
	Celulosa Pacífico	315.000 Ton/año	celulosa
	Celulosa Laja	310.000 Ton/año	celulosa
		39.000 Ton/año	papel impresión
		12.000 Ton/año	papel embalaje
		22.000 Ton/año	otros
	Forestal Santa Fé	230.000 Ton/año	celulosa
	Inforsa	110.000 Ton/año	celulosa
		10.000 Ton/año	otros
	Papeles Biobío	110.000 Ton/año	papel impresión
Fuente: DICELPA			
Producción y producto de las empresas de tableros y chapas	Cholguán	7.200 Ton/año	Tableros recubiertos
	Cholguán	52.000 Ton/año	Tablero de fibra
	Trupán	88.000 m^3/año	Tablero de fibra
	Mapal		Tablero partículas
		80.000 m^3/año	Aglomerado Nº1
		37.000 m^3/año	Aglomerado Nº 2
Fuente: CORMA (Corporación de la Madera)		2.400 m^3/año	Tablero con melamina
Producción y producto de los Aserraderos	F.Llaima	1.400 m^3/mes	Madera aserrada
	Rio Itata	700 m^3/mes	Pallets
		2.500 m^3/mes	Madera aserrada
	F.Quilpolemu	53.482 m^3/año	Trozo aserrable
		5.369 mr/año	MR pulpable
		3.925 mr/año	MR aserrable
Fuente: CORMA (Corporación de la Madera)	As.Mininco	1.170 m^3/mes	Madera clear
Producción y producto de las empresas forestales	F.Cementos Biobío	100.000 m^3/año	Trozos
	Biobío S.A.	262.000 m^3/año	Rollizo aser.pino
		201.000 m^3/año	Rollizo pulpa pino
		20.000 m^3/año	Rollizo eucaliptus
Fuente: CORMA (Corporación de la Madera)			
Producción y producto de las empresas de Astillas	ASTEX	300.000 ton	Astillas
	C.C.A.	100.000 bdu/año	Astillas nativas
		20.000 bdu/año	Astillas eucaliptus
Fuente: CORMA (Corporación de la Madera)			

La producción de cada una de las empresas, para los distintos rubros de este sector, se encuentran en Tab.4.2.2.

Resulta una producción actual de celulosa de aproximadamente 1.600.000 ton/año y 165.000 ton/año de diversos tipos de papel. Esta producción ha aumentado en los últimos años, principalmente al incorporarse Celulosa Pacífico, Arauco II y Santa Fe.

b) Exportaciones del sector forestal y del papel

Un porcentaje importante de la producción de este sector es para el mercado internacional, ya sean otros países latinoamericanos o países europeos u orientales. Un resumen de la información sobre las exportaciones realizadas durante el mes de febrero del año 1991 hacia todos los destinos se encuentra en Tab.4.2.3. En general, se puede decir que algunos de los principales países de destino del papel y la celulosa son: Japón, Francia, Alemania, Turquía, Estados Unidos, Perú y Argentina.

4.2.3.2 Sector pesquero

a) Producción del sector pesquero

En términos de evolución, el sector de pesca extractiva es el que ha mostrado el mayor dinamismo en la región [Riveros y Aguilera, 1992], el cual incrementa su participación en el P.G.B. regional desde 0.8% en 1980 hasta 4.1% en 1991. En términos cuantitativos el crecimiento de la extracción de peces pelágicos, demersales y algas se puede encontrar en Fig.4.2.2, Fig.4.2.3 y Fig.4.2.4, donde se observa que casi toda la extracción de peces pelágicos corresponde al jurel, de peces demersales a la merluza y de algas a glacilaria e iridea. La pesca del jurel es, sin embargo, la más importante considerando el total de la extracción en cuanto al volumen de captura, cercana a las 2-2.2 millones de toneladas anuales.

Ligadas al sector extractivo se encuentran las industrias procesadoras de pescado, ya sea, para fabricar harina de pescado, o para fabricar aceite o conservas. Estas industrias se en-

Tab 4.2.3 Exportaciones del sector forestal y papel para febrero 1991 (División de Estudios Económicos INFOR CORFO)

Producto	Miles US$	Paises de destino
Pulpa de Eucaliptus	423	Japón
Trozos para aserrar	3.032	Turquía
Pulpa blanqueada	19.549	Francia, Alemania, Japón, Bélgica, Perú, Brasil, México, Colombia.
Pulpa semiblanqueada	108	Colombia
Pulpa cruda	5.572	USA, Japón,Corea del Sur, Bélgica, Brasil, Colombia, Tailandia.
Fluff blanqueada	1.013	Argentina, Japón, Colombia,Uruguay.
Subtotal pulpas	**29.697**	
Papel periódico	5.646	Perú, Ecuador, Paraguay, Francia, Colombia, Argentina, Bolivia.
Papel Kraft	15	Australia
Cartulina Tarjeta	762	Alemania, Argentina
Papel sulfito	345	Argentina
Papel Higiénico	17	Paraguay, Uruguay
Subtotal papel	**6.785**	
Chapa madera	36	Japón
Tabla de fibra	693	Alemania, USA, Holanda
Tabla partícula	424	Corea del Sur, Argentina
Madera aserrada	4.703	Japón , Egipto
Astillas	9.457	Japón
Madera elaborada	1.076	Japón
Molduras de madera	804	USA
Tableros	403	USA
Subtotal madera y astillas	**17.596**	
Otros artículos de papel	55.064	Paraguay, Argentina, Ecuador
TOTAL EXPORTACIONES MES FEBRERO 1991	US$ 109.142.000	

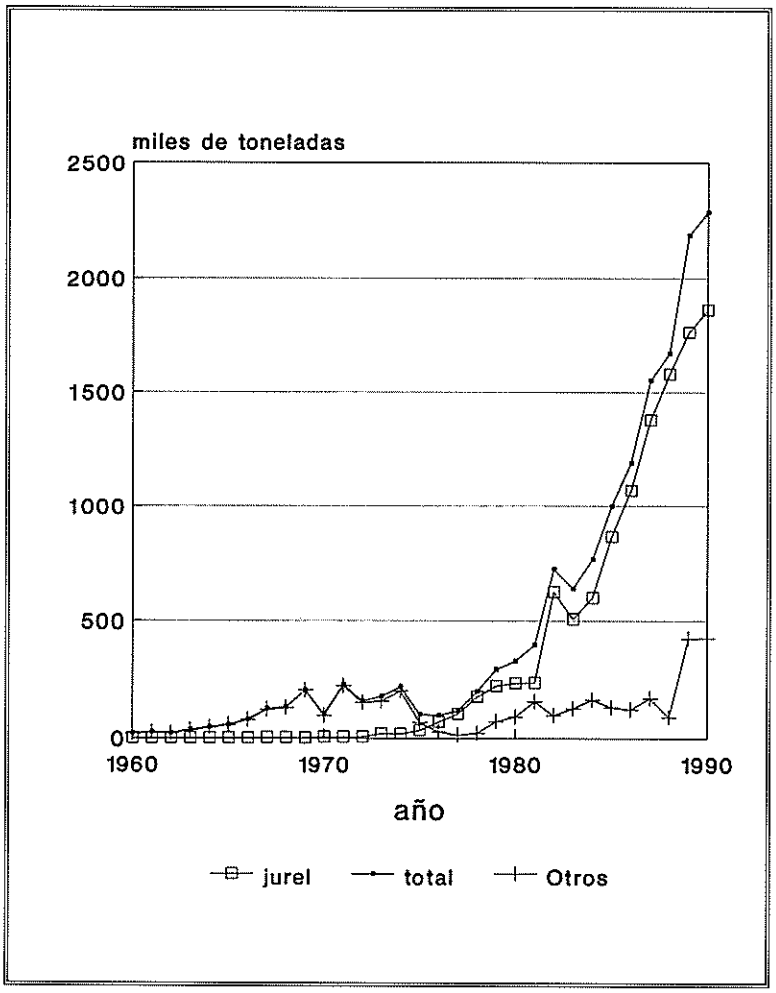


Fig.4.2.2 Desembarque de peces pelágicos en la VIII Región (entre 1960 y 1990)

cuentran localizadas en los puertos de la región (a excepción de una planta en Chiguayante), es decir, en Talcahuano y Coronel principalmente y son:

Talcahuano
Procesadoras harina de pescado: Alimar, Tamarugal, Timonel, Vásquez, El Golfo, Indumar, Iquique, Itata, Qurbosa, San Miguel, Biobío, Landes, San José del Sur, Orión, Auro y Mar Profundo.
Conserveras: Iquique, San Miguel, Lindor Saavedra, Multiexport y San José del Sur.

Coronel
Procesadoras harina de pescado: San Pedro, Pacific Protein, Confish, Guanaye.
Conserveras: Multiexport, San Pedro, Loa Sur.

Chiguayante
Conservera: Del Cabo.

Tomé
Camanchaca.
Las principales características de la industria pesquera se encuentra en Tab.4.2.4 .

b) Exportaciones del sector pesquero
Las exportaciones del sector pesquero se centran fundamentalmente en la harina de pescado, con casi un 75 % del total de las exportaciones. Tomando un mes de referencia (mayo de 1991) se puede observar esta clara tendencia de las exportaciones y los demás productos exportados (ver Tab.4.2.5).

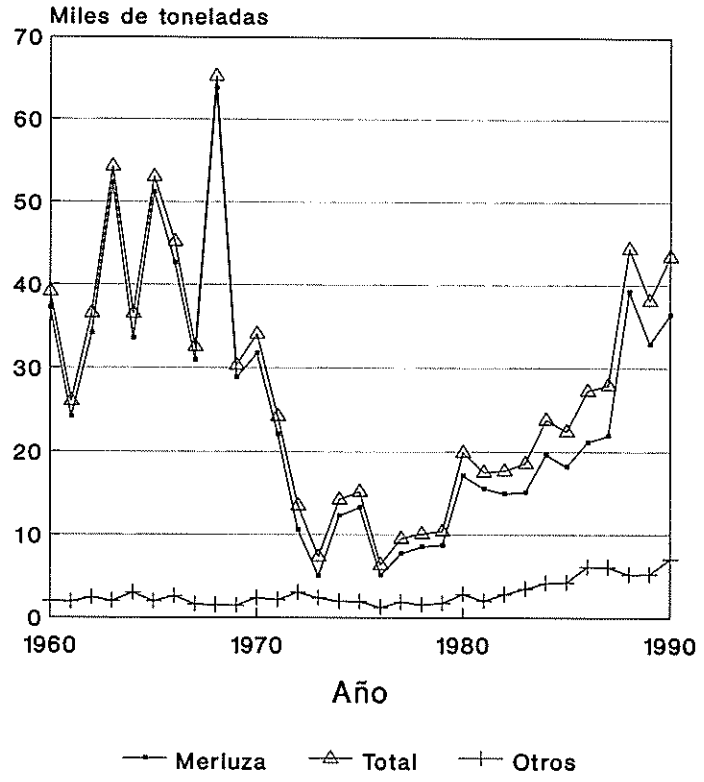


Fig.4.2.3 Captura de peces demersales en la VIII Región (entre 1960 y 1990)

Tab 4.2.4 Producción anual y producto de la industria procesadora de pescado

Empresa	Harina (Ton/año)	Aceite (Ton/año)	Congelado (Ton/año)	Conserva (cajas)
Interpolar(*)	30.000	7.500		
Iquique	50.000		2.000	3.600
Itata	40.000	9.000		
San José del Sur	20.000			9.000
Landes	35.000	6.500		
Tamarugal	60.000	15.000		
Timonel	9.000	1.700		
Alimar	75.000			

(*) ex Camanchaca

Tab 4.2.5 Exportaciones del sector pesquero en mayo 1991 (SEREMI Economía Octava Región Chile)

Producto	Miles US$	País destino
Harina de pescado	25.431	Taiwán, Sudáfrica, China, Alemania
Aceite de pescado	1.884	Inglaterra,Holanda, Japón
Conservas	2.649	Sri Lanka, N.Guinea, USA, Samoa.
Pescado congelado	3.117	USA, Australia
Fresco enfriado	447	USA
Algas	249	Francia, Japón
Total exportaciones Mayo 1991 Miles de US$	33.881	

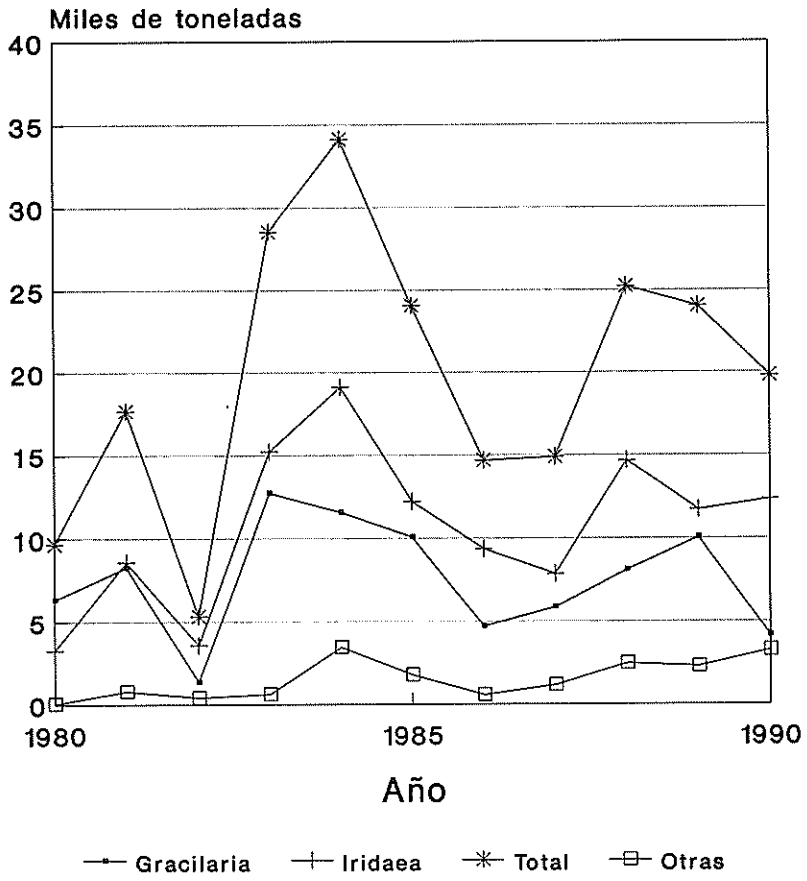


Fig.4.2.4 Cantidad de algas recolectadas en la VIII Región (entre 1980 y 1990)

4.2.3.4 Otros sectores

La información disponible de otros sectores industriales se encuentra en Tab.4.2.6, donde se incluyen los productos y la producción anual de cada una de ellas.

4.2.4 Parque industrial Escuadrón y sector adyacente

En los últimos años ha habido un desarrollo de la zona del Parque Industrial Escuadrón, ubicado en la carretera que une Concepción con Coronel (aproximadamente km 20). Además, se incluyen en esta zona las industrias instaladas en el resto del camino Concepción-Coronel.

En este parque industrial se encuentra en construcción una planta de producción de malta (inversión de 10^7 USD) y de una papelera de la empresa Carrascal (inversión de $20*10^6$ USD).

Las nuevas industrias ahí instaladas y en sus cercanías, con su respectivo Código de la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU) [INE,1976], se encuentran en Tab.4.2.7. Se observa una gran diversidad de industrias, entre las que se incluyen madera, alimentaria, químicas, papel, malta, etc.

El crecimiento de esta zona industrial es de especial importancia, ya que las descargas de estas industrias se localizan en el Golfo de Arauco,

donde existe una gran actividad pesquera, por lo que es necesario estudiar en detalle la tipología de industria instalada y el crecimiento futuro para determinar los posibles impactos en la calidad del agua marina del Golfo de Arauco.

Tab.4.2.6 Producción anual y producto de otros sectores industriales

Empresa	Producción	Producto
Petróleo, Gas y Químicas		
Petrox	3.233.000 ton/año	diesel, gasolinas, acetileno
Petrodow	40.000 ton/año	polietileno de baja densidad
GASCO	15.000.000 m3/año	gas ciudad
Oxiquim	3.000 ton/año	formalina
Embotelladoras y alimentaria		
Compañía de Cervecerías Unidas	288.000 litros	cerveza
Embotelladora del Sur	300.000 cajas	bebidas
Embotelladora Willianson	120.000 cajas	bebidas
Iansa	55.000 ton/año	azúcar
Soprole	1.700 ton/año	productos lácteos
Siderúrgica		
Compañía de Acero del Pacífico	204.500 ton	acero en barra
	129.000 ton	acero lam. caliente
	120.500 ton	acero la. frío.
Otras		
Machasa	7.000.000 m	mezclilla
	1.800.000 m	crea
	960.000 m	Asnaburgo
Curtiembre		
GACEL	2.000.000 m	cueros

Tab.4.2.7 Industrias localizadas en el Parque Industrial Escuadrón y carretera Concepción-Coronel

Código CIIU	Empresa
3512	Industria de Taninos INDUTAN
3710	Cía. de Productos de Acero COMPAC
3111	Agrolomas
3115	Conservas Multiexport S.A.
3115	PRODEMAR
3311	Agroforestal y Ganadera Los Quintrales
3312	Maderas y Paneles S.A. (MAPAL)
3311	Aserradero Cementos Biobío
3311	Aserradero Tromen (Forestal Americana)
3311	Aserradero Los Alpes
3841	TREMAC (Carrocerías camiones y barcos pequeños)
3311	Aserradero PRODES
3312	Forestal El Nogal
3312	Maderas Villacura
3511	OXIQUIM
3412	Papeles Carrascal
3133	Maltería
3122	Alimentos Mainstream (pellets)
3511	Químicos Coronel
3312	Compañía Chilena de Astillas
3312	Forestal Americana
3312	DEMADERA S.A.

4.3 Centrales hidroeléctricas

Parte importante de la cuenca del río Biobío se encuentra en la región andina, donde las pendientes del cauce y de sus afluentes son comparativamente fuertes.
Debido a que el río posee un régimen hidrológico pluvio-nival, al ser alimentado tanto por las aguas lluvias en invierno como por las provenientes del derretimiento de nieves en primavera y verano, su caudal es comparativamente poco variable, mostrando un período de estiaje sólo entre el término del verano y el inicio del otoño, característica que lo hace particularmente interesante como fuente de energía hidroeléctrica.
Hasta la fecha (1992) la explotación del recurso hidroeléctrico de la cuenca se ha realizado únicamente en la cuenca del río Laja, donde se ubica el complejo de tres centrales hidroeléctricas pertenecientes en la actualidad a la empresa privada ENDESA.

4.3.1 Centrales existentes

En el río Laja, ENDESA ha construido tres centrales hidroeléctricas y otras obras complementarias que permiten hacer uso del lago homónimo como embalse, para regular en forma interanual las aguas necesarias tanto para la producción de energía eléctrica, como para el riego de los terrenos agrícolas de la región.
Este embalse, con sus 5.000 millones de m^3 de volumen útil [Von Bennewitz 1989], permite transferir agua de los años lluviosos a los secos, con lo cual las centrales que usan sus aguas pueden aumentar su producción en los años de escasez hídrica y compensar así el déficit de generación que se observa en esos períodos en las restantes centrales hidráulicas que abastecen al Sistema Interconectado Central (sistema de transmisión eléctrica que abastece el Chile central).
El desarrollo hidroeléctrico del Laja se inició en 1947 con la construcción de la central Abanico, cuando ENDESA era una empresa del Estado y se completó en el año 1981 [Von Bennewitz, 1989].
Este desarrollo comprende las centrales Abanico, El Toro y Antuco, las que se complementan con las obras de captación del río Polcura, que conducen hacia el lago Laja las aguas de la cuenca alta de este río, aumentando el caudal afluente al lago. Además, incluye las obras de vaciado del lago Laja, mediante las cuales se extraen las aguas embalsadas en él para alimentar la central Abanico.
El referido desarrollo hidroeléctrico aporta al Sistema Interconectado Central una potencia de 836 MW y una producción anual que, en promedio, es de 3.810 GWh [Von Bennewitz, 1989].
En la Tab.4.3.1 se resumen las características de las centrales del Laja.

4.3.2 Centrales proyectadas

El plan elaborado por ENDESA contempla la construcción de seis centrales que se ubican en el tramo del Biobío comprendido entre su confuencia con el río Ranquil y la angostura de Quitramán.
Con estas centrales se aprovecharía una caída total de 628 m del desnivel total disponible de 768 m, o sea, un 82% del total [Von Bennewitz, 1989].
Las centrales en referencia, citadas en un orden de aguas arriba hacia aguas abajo, son las denominadas Ranquil, Ralco, Pangue, Aguas Blancas, Huequecura y Quitramán.
Su ubicación y un perfil longitudinal del correspondiente tramo del río Biobío se incluye en la Fig.4.3.1 [Von Bennewitz, 1989].
Las características principales de las centrales proyectadas se resumen en la Tab.4.3.2.
Será necesario desarrollar estudios que profundicen en los impactos ambientales que puede ocasionar la construcción de estas centrales (en particular sobre la regulación artificial del río Biobío) para, de esta manera, tomar las medidas necesarias que minimicen, tanto los impactos ambientales como los conflictos entre los diferentes usuarios. A modo de ejemplo, en la actualidad (1992) se ha visto que el proyecto Pangue, tal como ha sido planteado por ENDESA, tiene una influencia importante en la escorrentía del río Biobío; según

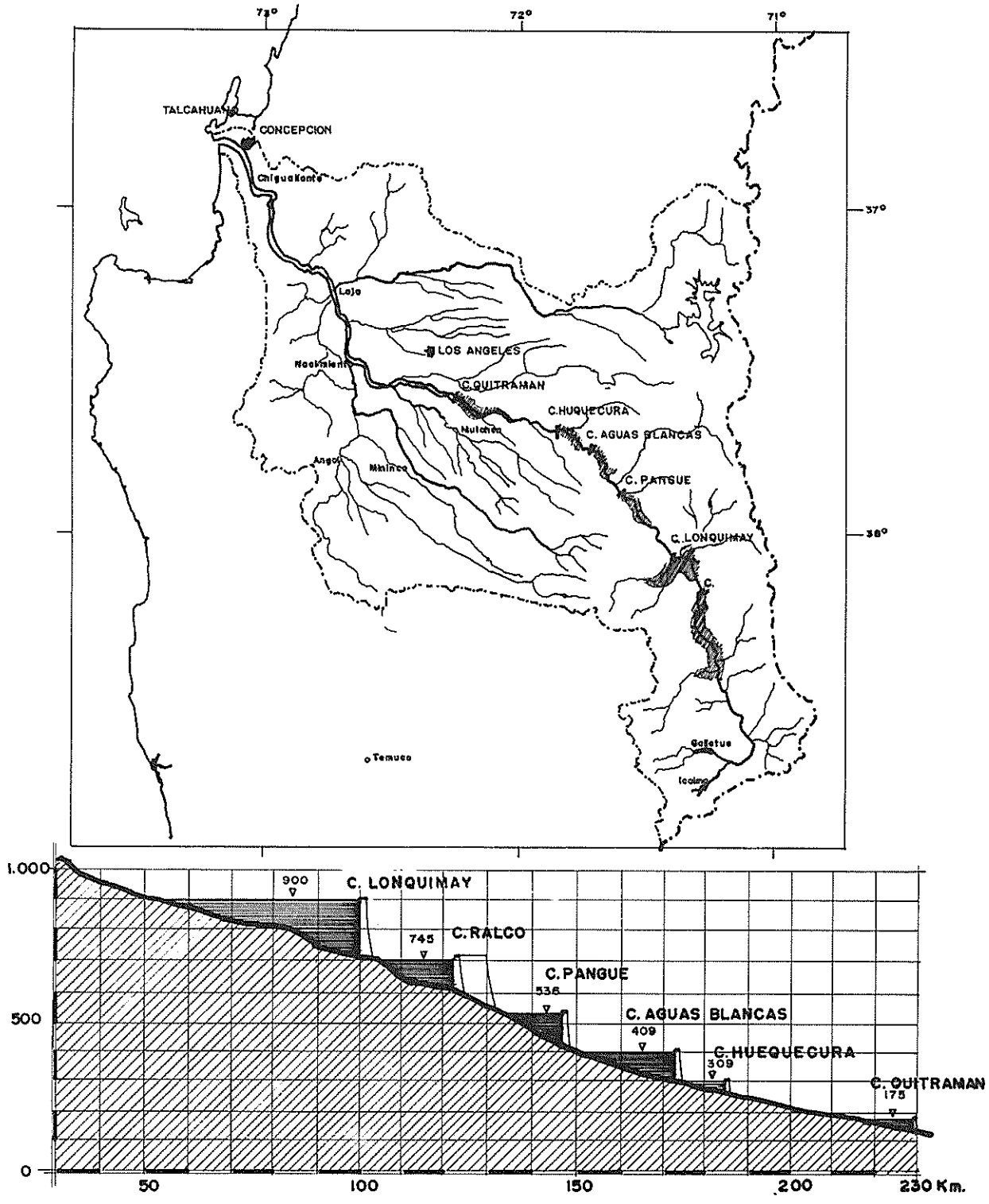


Fig.4.3.1 - Ubicación de las centrales proyectadas y perfil longitudinal del río Biobío.

Tab.4.3.1 - Características de las centrales hidroeléctricas del río Laja [Von Bennewitz, 1989]

Central	Año de construcción	Potencia instalada MW	Producción e energía media anual GWh/año	Caudal d m^3/s
Abanico	1948	136	350	≤112
El Toro	1973	400	1660	≤ 97
Antuco	1981	300	1800	≤190
Total		836	3810	

Tab.4.3.2 - Características hidroeléctricas de las centrales proyectadas en la cuenca de río Biobío [Von Bennewitz, 1989]

Central	Potencia proyectada MW	Energía media anual GWh/año	Caudal m^3/s
Ranquil	205	1110	≤ 200
Ralco	720	4036	≤ 428
Pangue	440	2065	≤ 500
Aguas Blancas	660	2948	≤ 800
Huequecura	260	1331	≤ 700
Quitramán	400	1720	≤1050
Total	2685	13210	

la misma empresa, 16 días al año, durante 14 horas (cada día) el caudal aguas abajo de Pangue será cero. Esto significaría secar el río Biobío hasta su siguiente afluente, el río Queuco (aproximadamente a 13 km de distancia).

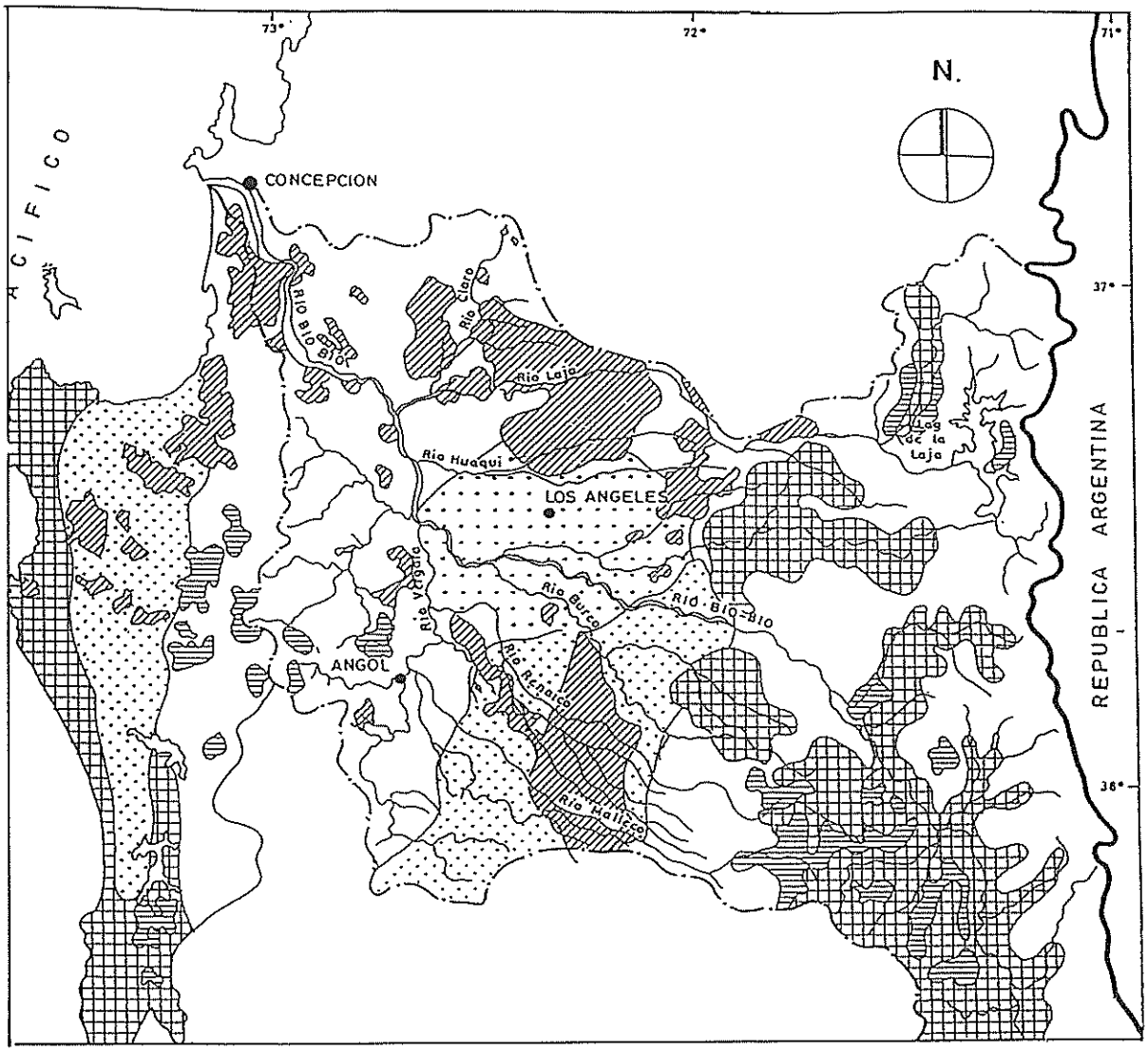
4.4 Uso del suelo

4.4.1 Generalidades

Los datos que se presentan en este parágrafo provienen de un estudio de 1990 [Carrasco 1990] y están elaborados sólo para la VIII Región; sin embargo, éstos son bastante representativos de lo que ocurre en la cuenca del río Biobío.
El área plantada con Pino radiata en la VIII Región ha crecido en forma extraordinaria en los últimos 19 años: en 1970 existían 151.877 há y en 1990 totalizaban 571.915 há [INFOR, 1991], superficie que representa casi el 50% del total plantado con Pino en el país.
Este notable incremento se ha hecho a expensas de la utilización de suelos que tenían renovales de bosque nativo, praderas naturales y áreas en las que se cultivaban viñas y cereales.
El fenómeno mencionado es la consecuencia de numerosas causas, entre las que se pueden señalar: la notable adaptación del Pino radiata a las condiciones edafoclimáticas de esta región, los importantes beneficios que han otorgado a los forestadores el Decreto Ley 701/74 y el Decreto Ley 2565/79, y a la disminución de la rentabilidad de los cultivos de secano, producto de la erosión de los suelos que ha hecho insostenible esta actividad desde un punto de vista económico.
De acuerdo con los antecedentes disponibles, los usos del suelo más importantes son los de Tab.4.4.1. En Fig.4.4.1 se puede apreciar la distribución espacial de los usos del suelo en la cuenca del río Biobío y la zona costera adyacente.

4.4.2 El sector agrícola

La agricultura se caracteriza por ser la actividad que ocupa el tercer lugar en la generación del producto geográfico regional y por tener la tasa más alta de ocupación de mano de obra.
Por lo tanto, cualquier factor que altere esta actividad genera problemas de desplazamiento de mano de obra a áreas urbanas, provocando proble-



Plantaciones (pino radiata-eucalipto)

Bosque nativo

Praderas estacionales y cultivos de bajo rendimiento

Sector tradicional de trigo

Cultivos agrícolas tradicionales

Fuente: Convenio CIER-SERPLAC

Fig.4.4.1 - Distribución espacial de los usos del suelo en la cuenca del río Biobío y zona costera adyacente.

Tab.4.4.1 - Uso del suelo en la Región del Biobío [Serplac, 1989].

Cultivos tradicionales	288.330	há
Frutales	2.386	há
Viñas	27.632	há
Hortalizas	5.705	há
Forestales	1.061.214	há
Praderas degradadas	861.700	há
Praderas artificiales	49.380	há
Praderas mejoradas	17.330	há
Praderas forrajeras anuales	3.330	há

Tab.4.4.2 - Superficies regadas y con riego eventual [FAO, 1974]

Provincia	85% seguridad	riego eventual
Ñuble	84.000 há	117.000 há
Biobío	113.295 há	160.000 há
Concepción	27.065 há	32.457 há
Arauco	295 há	1.402 há
total	224.655 há	310.859 há

mas ocupacionales determinantes en el desarrollo regional, situación que se aprecia en todos los barrios marginales de ciudades y pueblos.
Existen dos clases de agricultura bien diferenciadas, una de riego y otra de secano.

4.4.2.1 La agricultura de riego

Las principales características que tiene son frecuentes rotaciones de cultivo que generan un alto valor unitario por hectárea, además, concentra a los agricultores que utilizan las tecnologías más modernas, con una tendencia a cambiar los cultivos tradicionales por otros de mayor rentabilidad, como ocurre con los espárragos, frambuesas y frutales, destinados básicamente a la exportación.
La superficie regada muestra un estancamiento que no se ha modificado desde hace más de 30 años. En Tab.4.4.2 se presentan las superficies por provincias regadas y con riego eventual. De un total potencial regable de 310.859 há sólo se riegan 224.655 há.
En lo que respecta a las superficies y rendimientos de los principales cultivos anuales regados, los valores se presentan en Tab.4.4.3. Las cifras señalan que los cultivos más importantes en cuanto a superficie son: trigo, frejoles, remolacha y arroz; en cuanto a rendimientos destacan en primer lugar la remolacha, luego el arroz y la maravilla.
En lo que respecta al trigo de primavera que se cultiva bajo riego, no se desglosó del de secano por no contar con la información adecuada, por lo tanto, la que se presenta es el valor global.

4.4.2.2 Agricultura de Secano

La agricultura de secano se caracteriza por ser extensiva; por depender en gran medida de las características climáticas, donde la cantidad y distribución de las lluvias juegan un papel preponderante; por generar una baja rentabilidad por hectárea, debido a los intensos procesos erosivos que han experimentado sus suelos; por presentar problemas de comercialización de los productos que genera y ser un área donde los agricultores tienen escasa o nula organización, al igual que un escaso acceso a los sistemas crediticios y de asistencia técnica.
Los cultivos más importantes son los cereales y dentro de éstos, el trigo; también se deben señalar la vid y la lenteja (Tab.4.4.4). Se observa que la mayoría de los cultivos han aumentado sus rendimientos, a excepción de la lenteja.
En cuanto a la rentabilidad que tienen, se puede decir que sólo es aceptable la del raps, siendo muy baja o nula la del trigo (a pesar que incluye los

Tab.4.4.3 - Cultivos anuales, superficies y rendimientos [INE, 1990].

Cultivos	1977		1983		1989	
Trigo	151.720	há	154.610	há	150.000	há
	12,4	qqm/há	20,7	qqm/há	28,0	qqm/há
Cebada	2.000	há	4.470	há	4.260	há
	14,9	qqm/há	30,7	qqm/há	36,5	qqm/há
Arroz	5.898	há	9.170	há	7.460	há
	30,1	qqm/há	41,7	qqm/há	40,7	qqm/há
Maiz	9.270	há	10.240	há	5.230	há
	10,8	qqm/há	12,5	qqm/há	17,1	qqm/há
Frejoles	33.240	há	35.480	há	27.420	há
	7,9	qqm/há	9,7	qqm/há	12,0	qqm/há
Papas	12.570	há	12.870	há	6.690	há
	83,9	qqm/há	72,2	qqm/há	102,0	qqm/há
Maravilla	2.760	há	240	há	1.390	há
	20,4	qqm/há	13,4	qqm/há	18,9	qqm/há
Remolacha	1.100	há	15.650	há	13.960	há
	43,3	t/há	44,2	t/há	52,4	t/há

Tab.4.4.4 - Superficie y rendimientos de cultivos tradicionales [INE, 1990]

Cultivo	1977		1983		1989	
Trigo	151.720	há	154.610	há	150.000	há
	12,4	qqm/há	20,7	qqm/há	28	qqm/há
Avena	25.360	há	25.090	há	21.700	há
	8,0	qqm/há	17,0	qqm/há	21,4	qqm/há
Centero	4.620	há	460	há	-	
	6,7	qqm/há	8,0	qqm/há	-	
Lentejas	19.830	há	14.090	há	13.430	há
	5,6	qqm/há	6,8	qqm/há	4,5	qqm/há
Raps	43.062	há	755	há	47.826	há
	13,9	qqm/há	15,1	qqm/há	18,0	qqm/há

rendimientos obtenidos en áreas regadas).
La lenteja y el centeno, son cultivos que tienen rendimientos muy bajos, con ingresos brutos marginales.

En lo que respecta a otros rubros importantes, en Tab.4.4.5 se analizan los casos de las viñas y praderas naturales.
Los cambios en 13 años se aprecian en las cifras

Tab.4.4.5 - Superficie en hectáreas de Viñas y Praderas naturales [INE, 1990]

	superficie 1975	superficie 1986	variación há
Viñas	33.526	27.632	-5.894
Praderas	990.000	928.410	-61.590

Tab.4.4.6 - Variaciones del uso del suelo entre 1975 y 1988 [INE, 1990]

	Sup.1975 há	Sup.1988 há	variación %
cultivos anuales	256.732	288.330	+12,3
frutales	2.237	2.386	+ 6,6
viñas	33.526	27.632	-17,6
hortalizas	10.430	5.705	-45,3
praderas	990.000	928.410	- 6,2

Tab.4.4.7 - Superficie con bosques en 1988, en la región del Biobío [Conaf, 1990].

Pino radiata	557.132	há
Reservas y bosques	82.709	há
Bosque nativo	401.700	há
Eucaliptus	26.174	há
Otras especies	18.121	há

de Tab.4.4.6. Las cifras no reflejan la real magnitud de los cambios que han ocurrido en el uso de los suelos en la VIII Región, porque no se ha realizado un estudio global que grafique la situación actual, ya que las plantaciones forestales han desplazado parte importante de varios cultivos de secano, praderas naturales y renovales.

4.4.3 El sector forestal

La VIII Región tiene 1.493.600 há de suelos de aptitud preferentemente forestal, que equivalen al 51% de la tierra regional productiva y al 12,6% de los suelos forestales del país.
En la Región del Biobío, la superficie con bosques en 1988 era la de Tab.4.4.7.

4.4.3.1 Plantaciones forestales

El incremento que han experimentado las plantaciones forestales es espectacular; en 1970 habían 151.887 há con Pino radiata, que se incrementaron a 571.915 há en 1990 [INFOR, 1991], con un aumento de 4,1 veces.
Para tener una idea de como han variado las superficies plantadas en la VIII Región, en Tab.4.4.8 se presenta una comparación entre la superficie actual y las que habían en 1970.

Tab.4.4.8 - Variación de las plantaciones entre 1970 y 1989 [Conaf, 1991].

provincias	sup.há	plantada 1970	plantada 1989	aumento %
Ñuble	1.283.800	19.784	142.557	721
Concepción	342.400	15.871	94.515	596
Biobío	1.516.100	83.607	204.263	244
Arauco	539.900	32.625	180.643	554
totales	3.682.200	151.877	621.982	409

El crecimiento forestal es de tal magnitud, que en numerosas comunas las superficies plantadas superan el 20% de la superficie territorial.
Lo mencionado involucra extensas áreas cultivadas por la agricultura y ganadería que dejaron de serlo por la forestación de los suelos, fenómeno especialmente intenso en las comunas ubicadas en la precordillera andina.

4.4.3.2 Bosque nativo

A pesar de su gran importancia económica, ecológica y de la extensa superficie que ocupa en la Cordillera Andina, no existe ningún estudio integral que permita adoptar decisiones técnicas de manejo apoyadas en conocimientos acabados sobre este recurso.

Tab.4.4.9 - Formaciones vegetales de la Cordillera Andina [Conaf, 1990].

Formación	superficie há	porcentaje
Araucaria	23.717	4,7
Cipres	642	0,1
Eucalipto	37	0,0
Pino insigne	47.685	9,4
Superficie agrícola	27.115	6,4
Superficie quemada	57.234	11,4
Renovales	90.671	18,0
Bosque degradado	59.537	11,8
Bosque maduro	3.831	0,8
Matorrales	99.318	19,7
Praderas naturales y en rotación	94.306	18,7
totales	504.105	100,0

El único estudio disponible es el realizado por CONAF con el Departamiento de Ciencias Forestales de la Universidad de Concepción en 1985, que abarcó 504.104 há y que consistió en sectorizar las principales formaciones forestales existentes. Las características más relevantes de esta información se presentan en Tab.4.4.9.
Un análisis somero demuestra la intensidad del proceso de degradación que ha tenido el bosque nativo; los matorrales, las praderas naturales, los renovales y la superficie quemada representan un 67,8%, mientras que el bosque degradado significa un 11,8% y el maduro sólo llega a un 0,8% .
Lo mencionado señala la urgencia de adoptar medidas concretas que permitan racionalizar el uso de este importante recurso natural renovable, con el propósito que cumpla realmente las funciones de protección, recreación y de producción, vitales en el desarrollo regional.

4.4.4 Sector pecuario

Al igual que el sector agrícola, el pecuario muestra un escaso dinamismo, tal como se aprecia en Tab.4.4.10.
De acuerdo con esas cifras, es posible sostener que se han reducido las masas de ovinos y porcinos, mientras que los bovinos recuperaron la de 1976.

Tab.4.4.10 - Existencia ganadera (número de cabezas) [INE, 1990]

existencias	1976	1984	1985	1987
bovinos	468.796	426.340	436.670	469.590
ovinos	271.635	333.980	314.950	252.130
porcinos	173.968	145.690	160.720	153.930

4.4.5 Erosión en la cuenca del río Biobío

Existe una íntima relación entre la intensificación de los problemas de torrencialidad y transporte de sedimentos de un río, con el uso y manejo inadecuado que se hace de los suelos y coberturas vegetales en las subcuencas. No escapan a esta regla las características del flujo de los cauces del sistema del río Biobío.

En el sector costero de la cuenca, se encuentran 359.151 há de suelos de origen granítico en su mayor parte y metamórficos.

Su característica común es el relieve de lomajes y cerros, muy severamente afectados por erosión hídrica, debido al monocultivo de cereales.

En la depresión intermedia hay un total de 143.919 há de suelos rojos arcillosos, principalmente de las series de "Collipulli", "Mininco" y "Mirador". La mayor parte de las superficies de las dos primeras, exhiben desde daños moderados a severos por erosión hídrica.

En el sector de precordillera, se ubican suelos de la serie "Santa Bárbara", compuestos por cenizas volcánicas modernas y con una superficie total de 258.648 há. La erosión no ha sido tan intensa como en las unidades ya mencionadas, especialmente en los lomajes más suaves donde el daño es ligero.

En terrenos con pendientes de 6 a 10% la erosión es moderada, con pérdidas del 25 a 75% de la profundidad del horizonte superficial.

En laderas con pendientes superiores a 10%, el deterioro por erosión es severo. Al oriente de la zona anterior (400 a 1.000 m de altitud), se distingue un área de relieve montañoso, con fuertes pendientes. Las cubiertas de vegetación natural se encuentran completamente alteradas y los suelos afectados por erosión.

Entre los 1.000 a 1.800 m de altitud, el relieve se hace más accidentado. Sus coberturas boscosas están desapareciendo debido a talas indiscriminadas e incendios forestales. Estas formaciones representan un importante recurso para la protección del suelo y constribuyen de modo notable a la belleza escénica del sector.

Las zonas de alta cordillera, por sobre los 1.800 m de altitud, desempeñan un papel básico como fuente receptora de nieve. Presentan una erosión geológica considerada normal para estas condiciones de altitud.

La mayoría de las áreas cultivadas con cereales, lentejas y viñas, han experimentado un severo proceso de degradación, como ha ocurrido en las comunas de Nacimiento, Laja, Tomeco, Yumbel, Florida y Ninhue en la Cordillera de la Costa; Mulchén, Santa Bárbara, Yungay, Pinto y Coihueco en la precordillera andina.

En Tab.4.4.11 se presenta un resumen de la situación para cada provincia.

Tab.4.4.11 - Superficie erosionada en la VIII Región [CIREN-CORFO, 1965]

Provincia	Sup. estudiada há	Sup. erosionada há	% erosión
Ñuble	339.111	227.600	67,0
Biobío	161.811	93.062	57,5
Concepción	464.185	318.394	68,6
Arauco	509.264	275.383	54,0
Totales	1.474.331	914.439	62,0

5. ABASTECIMIENTO HIDRICO

En este capítulo se describe el estado actual del abastecimiento en las localidades urbanas y rurales de la cuenca, así como el abastecimiento a las industrias, y se analizan los aspectos relativos a la cantidad y a la calidad del agua suministrada.

5.1 Características de los sistemas de abastecimiento de agua potable

Se analizarán por separado los sistemas de abastecimiento de agua potable para zonas rurales y urbanas, esto debido a sus importantes diferencias en cuanto a la magnitud de las obras y a la tecnología utilizada.
Los datos disponibles son los proporcionados por ESSBIO (VIII Región) y por ESSAR (IX Región).
Los sistemas urbanos abastecen un 80% de la población total de la cuenca y área costera, mientras los rurales un 3%; los demás habitantes se autoabastecen de distintas maneras.
Interesa conocer tanto los valores de consumo, como los de producción. El primero, porque representa las cantidades reales usadas por la población, que está relacionado de alguna manera con el grado de desarrollo de cada localidad. La importancia del segundo radica en que corresponde a las cantidades que deben proveer las fuentes de abastecimiento ante la imposibilidad de reducir completamente las pérdidas.
En Tab.5.1.1 se resumen las características de los sistemas de abastecimiento de agua potable en la cuenca y en el área costera; los detalles se pueden encontrar a continuación.

5.1.1 Sistemas de abastecimiento rural

Se consideran localidades rurales concentradas

Tab.5.1.1 -Resumen de las características de los servicios de abastecimiento en la cuenca y en el área costera (1990/1991)

Servicios	Población		Cobertura %	Dotación l/hab.d	Volumen (m^3/s) Producido
	Total	Abastecida			
Urbanos cuenca	814.210	780.983	96	178	2,47
Urbanos área costera	175.015	160.984	92	129	,50
Rurales cuenca	s.i.	30.563	90	75	,02
Rurales área costera	s.i.	2.142	s.i.	s.i.	s.i.
Valor total o medio	**989.225**	**974.672**	**95**	**167**	**2,99 aprox.**

Nota: s.i.: sin información

aquellas comunidades ubicadas fuera de un área urbana mayor, de población comprendida entre 150 y 3.000 habitantes y con un mínimo de 15 viviendas por kilómetro de calle. Estos sistemas rurales proporcionan agua exclusivamente para fines domésticos: bebida, preparación de alimentos y aseo personal. Las normas de diseño y construcción de estos sistemas están dirigidas a lograr reducidos-costos de instalación y bajos gastos de explotación.

En la actualidad (1992) existen 32 servicios de agua potable rural, 24 de los cuales corresponden a la VIII Región y los restantes a la IX. Con dichos servicios se abastece a una población aproximada de 30.000 habitantes.

Las posibles fuentes de agua potable para las localidades rurales son básicamente: vertientes, pozos o norias, punteras y agua superficial.

Las vertientes son afloramientos de agua subterránea que suben a la superficie por fallas o accidentes de estratos impermeables; dentro de la cuenca, los servicios de Agua y Sol, Villa las Rosas, Loncopangue, Sierra Nevada, Troyo y La Esperanza, se abastecen por este sistema.

Los pozos sanitarios y norias consisten en excavaciones efectuadas en el terreno que penetran el acuífero y el agua es extraída mediante sistemas de bombeo. A diferencia de los pozos, las norias son hechas a mano y tienen un diámetro que permite el acceso de una persona; estos sistemas tienen , en general, bajos costos de instalación y operación. Dentro de la cuenca del río Biobío son los sistemas más usados y dentro de los 32 servicios que actualmente funcionan, 13 de ellos se abastecen mediante pozos y otros 2 mediante el sistema de norias.

Los sistemas de punteras captan agua subterránea de napas freáticas poco profundas o de lechos de ríos; en la cuenca existen 5 servicios con este sistema, que captan el agua a una profundidad de 7 m aproximadamente.

Las restantes 6 localidades rurales cuentan con abastecimiento superficial.

En Tab.5.1.2, Tab.5.1.3 y Tab.5.1.4 se resumen las principales características de cada uno de los servicios de agua potable rural ubicados dentro de la cuenca del río Biobío.

En cuanto al área costera, se encuentran sólo dos servicios rurales, que abastecen aproximadamente 2.000 habitantes (Tab.5.1.5, Tab.5.1.6 y Tab.5.1.7).

En las localidades de la cuenca y del área costera, el material más ocupado para la construcción de las redes rurales es, sin duda, el PVC.

En las localidades rurales que se abastecen de la red pública, la cobertura alcanza el 90% . La cobertura resulta alta en la mayoría de las localidades abastecidas, esto se puede ver claramente en Fig.5.1.1; a la luz de este resultado se puede concluir que los problemas actuales y futuros de las localidades donde ya existe un sistema de abastecimiento rural no están en la ampliación de la red, sino quizás, en la posibilidad de garantizar una calidad de agua segura.

Los volúmenes de agua producida y consumida anualmente son de alrededor de 530.000 m^3 y 423.000 m^3 respectivamente, con un nivel de pérdidas promedio de 20% . Las dotaciones de consumo presentan grandes variaciones a pesar de no estar influidas por factores como consumo industrial o comercial, puesto que en estas localidades se suministra agua exclusivamente para uso doméstico.

El abastecimiento entregado es aproximadamente de 40 a 140 litros diarios por habitante (excluido Villucura y Sierra Nevada), dependiendo de las disponibilidades de la fuente de abastecimiento y de las características propias de la comunidad. En Fig.5.1.2 se puede observar que las dotaciones no presentan una tendencia clara respecto de la población. Además, Sierra Nevada constituye un caso particular. El valor promedio considerando todas las localidades es de 75 l/hab/día aproximadamente.

En Fig.5.1.3 se muestra la importancia porcentual (en volumen producido) de cada fuente de abastecimiento dentro del contexto rural: se puede apreciar que la población es abastecida básicamente por vertientes.

Todos los servicios de abastecimiento en la cuenca poseen un tratamiento de desinfección; en cuatro casos se encuentra además un tratamiento

Tab.5.1.2 - Servicios rurales cuenca: producción y facturación anual de agua en m^3, fuentes (año 1989/1991)

	Servicios	Prov.	Región	Origen		Volumen	Total(m^3)	% Agua	Fuente
				Superf.	Subterr.	Producudo	Fact.	No Fact.	
1	Quilacoya	CONC.	VIII	0	9.055	9.055	8.460	7	Sondaje (-16 m)
2	Lomas colorad.	CONC.	VIII	s.i.	s.i.	s.i.	s.i.	s.i.	Sondaje (-11 m)
3	Talcamavida	CONC.	VIII	0	28.044	28.044	23.724	15	Punteras (- 7 m)
4	Unihue	CONC.	VIII	0	9.239	9.239	7.080	23	Sondaje (-45 m)
1	Agua y Sol	BIOBIO	VIII	0	112.135	112.135	80.587	28	Vertiente
2	Campanario	BIOBIO	VIII	s.i.	s.i.	s.i.	s.i.	s.i.	Punteras (- 6 m)
3	Tomeco	BIOBIO	VIII	0	7.971	7.971	6.408	20	Norias (-15 m)
4	Coihue	BIOBIO	VIII	0	12.384	12.384	11.472	7	Sondaje (-30 m)
5	Villa Mercedes	BIOBIO	VIII	0	41.268	41.268	33.600	19	Sondaje (-55 m)
6	Santa Fé	BIOBIO	VIII	0	46.729	46.729	33.732	28	Sondaje (-45 m)
7	Rucalhue	BIOBIO	VIII	0	10.697	10.697	9.420	12	Sondaje (-40 m)
8	S.Carlos de P	BIOBIO	VIII	17.604	0	17.604	15.744	11	Superficial
9	Millantú	BIOBIO	VIII	18.070	0	18.070	15.180	16	Superficial
10	Rere	BIOBIO	VIII	13.795	0	13.795	12.948	6	Superficial
11	Villucura	BIOBIO	VIII	13.274	0	13.274	12.456	6	Superficial
12	Villa las Rosas	BIOBIO	VIII	0	6.624	6.624	6.000	9	Vertiente
13	Chacayal	BIOBIO	VIII	s.i.	s.i.	s.i.	s.i.	s.i.	Sondaje (-33 m)
14	Río Claro	BIOBIO	VIII	s.i.	s.i.	s.i.	s.i.	s.i.	Punteras (- 7 m)
15	La Aguada	BIOBIO	VIII	s.i.	s.i.	s.i.	s.i.	s.i.	Sondaje (-60 m)
16	Charrúa	BIOBIO	VIII	0	11.448	11.448	9.324	19	Punteras (- 7 m)
17	Ralco	BIOBIO	VIII	15.733	0	15.733	12.636	20	Superficial
18	Cauteras	BIOBIO	VIII	s.i.	s.i.	s.i.	s.i.	s.i.	Sondaje (-90 m)
19	Chillancito	BIOBIO	VIII	0	5.388	5.388	4.920	9	Sondaje (-70 m)
20	Loncopangue	BIOBIO	VIII	s.i.	s.i.	s.i.	s.i.	s.i.	Vertiente
1	La Esperanza	MALLECO	IX	0	15.098	15.098	10.516	30	Vertiente
2	Pidima	MALLECO	IX	0	12.118	12.118	11.198	8	Sondaje (-80 m)
3	Sierra Nevada	MALLECO	IX	0	52.788	52.788	45.980	13	Vertiente
4	Tijeral	MALLECO	IX	0	38.276	38.276	35.800	6	Punteras
5	Troyo	MALLECO	IX	0	28.018	28.018	11.522	59	Vertiente
6	Curaco	MALLECO	IX	0	4.602	4.602	4.512	2	Noria

RESUMEN	CONC.	VIII	0	46.338	46.338	39.264	15	
	BIOBIO	VIII	78.476	254.644	333.120	264.427	21	
	MALLECO	IX	0	150.900	150.900	119.528	21	
TOTAL CUENCA			**78.476**	**451.882**	**530.358**	**423.219**	**20**	
%			**0,17**	**0,83**				

nota: los valores de la VIII Región son los de 1989; los demás son de 1991 los totales que se muestran a cintinuación fueron calculados sin considerar la falta de información
s.i.: sin información

Tab.5.1.3 - Servicios rurales cuenca: población abastecida, cobertura y dotación hídrica (año 1990/1991)

	Servicios	Prov.	Reg.	Población		Cobertura %	Total(m^3/año) Facturado	Dotac. l/hab.d
				Total	Abastecida			
1	Quilacoya	CONC.	VIII	s.i.	534	99	8.460	71
2	Lomas colorad.	CONC.	VIII	s.i.	3.402	s.i.	s.i.	s.i.
3	Talcamavida	CONC.	VIII	s.i.	1.566	100	23.724	55
4	Unihue	CONC.	VIII	s.i.	552	100	7.080	42
1	Agua y Sol	BIOBIO	VIII	s.i.	2.088	94	80.587	145
2	Campanario	BIOBIO	VIII	s.i.	2.376	s.i.	s.i.	s.i.
3	Tomeco	BIOBIO	VIII	s.i.	276	90	6.408	75
4	Coihue	BIOBIO	VIII	s.i.	546	96	11.472	72
5	Villa Mercedes	BIOBIO	VIII	s.i.	2.136	66	33.600	46
6	Santa Fé	BIOBIO	VIII	s.i.	1.362	69	33.732	83
7	Rucalhue	BIOBIO	VIII	s.i.	474	86	9.420	75
8	S.Carlos de Purén	BIOBIO	VIII	s.i.	984	88	15.744	56
9	Millantú	BIOBIO	VIII	s.i.	1.194	98	15.180	48
10	Rere	BIOBIO	VIII	s.i.	834	100	12.948	64
11	Villucura	BIOBIO	VIII	s.i.	228	72	12.456	206
12	Villa las Rosas	BIOBIO	VIII	s.i.	690	99	6.000	22
13	Chacayal	BIOBIO	VIII	s.i.	1.992	s.i.	s.i.	s.i.
14	Río Claro	BIOBIO	VIII	s.i.	1.326	s.i.	s.i.	s.i.
15	La Aguada	BIOBIO	VIII	s.i.	708	s.i.	s.i.	s.i.
16	Charrúa	BIOBIO	VIII	s.i.	756	100	9.324	45
17	Ralco	BIOBIO	VIII	s.i.	456	100	12.636	101
18	Cauteras	BIOBIO	VIII	s.i.	1.896	s.i.	s.i.	s.i.
19	Chillancito	BIOBIO	VIII	s.i.	366	100	4.920	39
20	Loncopangue	BIOBIO	VIII	s.i.	360	100	s.i.	s.i.
1	La Esperanza	MALLECO	IX	420	420	100	10.516	69
2	Pidima	MALLECO	IX	336	336	100	11.198	91
3	Sierra Nevada	MALLECO	IX	252	252	100	45.980	500
4	ijeral	MALLECO	IX	1.719	1.719	100	35.800	57
5	Troyo	MALLECO	IX	392	392	100	11.522	81
6	Curaco	MALLECO	IX	342	342	100	4.512	36

Resumen	CONC.	VIII	s.i.	6.054	100	39.264	56
	BIOBIO	VIII	s.i.	21.048	85	264.427	73
	MALLECO	IX	3.461	3.461	100	119.528	95
TOTAL CUENCA			**s.i.**	**30.563**	**90**	**423.219**	**75**

Nota: los valores de población son los estimados por el servicio en los años 1990 (VIII Región) y 1991 (IX Región); los valores de volumen facturado son los medidos por el servicio en los años 1989 (VIII Región) y 1991 (IX Región); los valores de dotación son de 1989 (VIII R.) y 1991 (IX R.) y fueron calculados con la población de 1989 (VIII R.) y 1991 (IX) los valores de cobertura son de 1989 (VIII R.) y 1991 (IX R.).
s.i.: sin información

Tab.5.1.4 - Servicios rurales cuenca: longitud redes, material y tratamiento efectuado (año 1991)

	Servicios	Prov.	Región	Longitud (m) Aducción	Redes	Material Redes	Descripción Tratamiento
1	Quilacoya	CONC.	VIII	188	1.380	PVC	Desinfección
2	Lomas colorad.	CONC.	VIII	37	8.197	PVC	Desinfección
3	Talcamavida	CONC.	VIII	407	5.240	PVC	Desinfección
4	Unihue	CONC.	VIII	58	4.170	PVC	Desinfección
1	Agua y Sol	BIOBIO	VIII	136	5.858	rocalit	Desinfección
2	Campanario	BIOBIO	VIII	28	7.954	PVC	Desinfección
3	Tomeco	BIOBIO	VIII	204	1.019	PVC	Desinfección
4	Coihue	BIOBIO	VIII	39	1.708	PVC	Desinfección
5	Villa Mercedes	BIOBIO	VIII	40	7.336	PVC	Desinfección
6	Santa Fé	BIOBIO	VIII	90	8.025	PVC	Desinfección
7	Rucalhue	BIOBIO	VIII	39	1.508	PVC	Desinfección
8	S.Carlos de Purén	BIOBIO	VIII	1.045	4.451	PVC	Desinfección
9	Millantú	BIOBIO	VIII	1.188	2.416	PVC	Desinfección
10	Rere	BIOBIO	VIII	1.595	4.778	PVC	Desinfección, hierro y turbiedad
11	Villucura	BIOBIO	VIII	2.144	1.414	PVC	Desinfección, turbiedad
12	Villa las Rosas	BIOBIO	VIII	37	6.077	PVC	Desinfección
13	Chacayal	BIOBIO	VIII	s.i.	s.i.	PVC	Desinfección
14	Río Claro	BIOBIO	VIII	759	6.494	PVC	Desinfección, hierro y mang.
15	La Aguada	BIOBIO	VIII	26	4.712	PVC	Desinfección
16	Charrúa	BIOBIO	VIII	30	5.702	PVC	Desinfección
17	Ralco	BIOBIO	VIII	209	2.740	PVC	Desinfección
18	Cauteras	BIOBIO	VIII	s.i.	s.i.	PVC	Desinfección
19	Chillancito	BIOBIO	VIII	16	1.070	PVC	Desinfección, hierro y mang.
20	Loncopangue	BIOBIO	VIII	646	2.361	PVC	Desinfección
1	La Esperanza	MALLECO	IX	66	1.598	rocalit	Desinfección
2	Pidima	MALLECO	IX	60	1.307	rocalit	Desinfección
3	Sierra Nevada	MALLECO	IX	40	1.520	rocalit	Desinfección
4	Tijeral	MALLECO	IX	396	6.262	PVC	Desinfección
5	Troyo	MALLECO	IX	15	2.241	PVC	Desinfección
6	Curaco	MALLECO	IX	s.i.	2.592	PVC	Desinfección

RESUMEN	CONC.	VIII	690	18.987		
	BIOBIO	VIII	8.271	75.623		
	MALLECO	IX	577	15.520		
TOTAL CUENCA			**9.538**	**110.130**		

Nota: los totales que se presentan a continuación fueron calculados sin coniderar la falta de información
s.i.:sin información

Tab.5.1.5 - Servicios rurales área costera: producción y facturación anual de agua en m^3 y fuente de abastecimiento (año 1991)

	Servicios	Prov.	Región	Origen		Volumen	Total(m^3)	% Agua	Fuente
				Superf.	Subterr.	Producudo	Fact.	No Fact.	
1	Punta de Parra	CONC.	VIII	s.i.	s.i.	s.i.	s.i.	-	Drenaje
2	Coriumu	CONC.	VIII	s.i.	s.i.	s.i.	s.i.	-	Superficial

Resumen							
Total area costera:			s.i.	s.i.	s.i.	s.i.	s.i.	
%			s.i.	s.i.				

Nota: s.i.:sin información

Tab.5.1.6 - Servicios rurales area costera: producción y facturación de agua en m^3 (año 1991)

	Servicios	Prov.	Región	Población		Cobertura %	Total(m^3/año)	Dotac.
				Total	Abastecida		Facturado	l/hab.d
1	Punta de Parra	CONC.	VIII	s.i.	1.044	s.i.	s.i.	s.i.
2	Coriumu	CONC.	VIII	s.i.	1.098	s.i.	s.i.	s.i.

Resumen							
Total area costera:			s.i.	2.142	s.i.	s.i.	s.i.

Nota: s.i.:sin información

Tab.5.1.7 - Servicios rurales area costera: longitud redes, material y tratamiento efectuado (año 1991)

	Servicios	Prov.	Región	Longitud (m)		Material Redes	Descripción Tratamiento
				Aduccíón	Redes		
1	Punta de Parra	CONC.	VIII	795	3.263	PVC	s.i.
2	Coriumu	CONC.	VIII	612	4.813	PVC	s.i.

Resumen				
Total area costera:	1.407	8.076		

Nota: s.i.:sin información

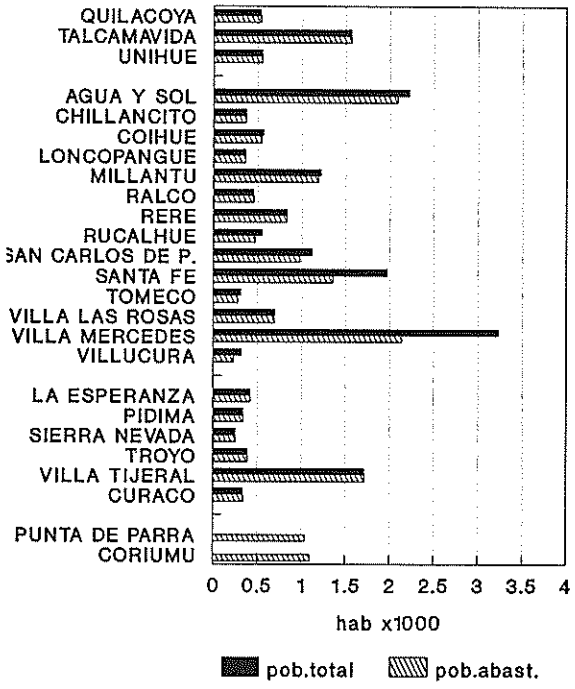


Fig.5.1.1 - Cobertura de los servicios rurales (la población total fue calculada a través de los valores de la población abastecida y de la cobertura entregados por ESSBIO y ESSAR).

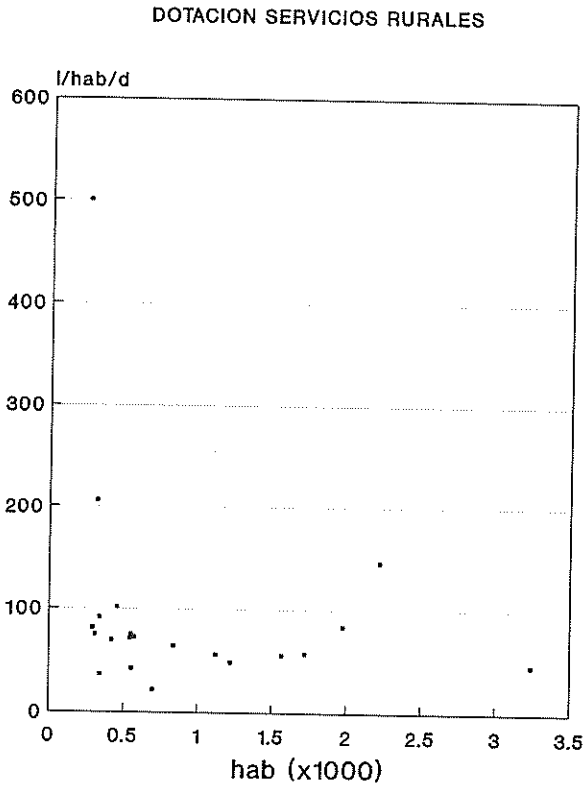


Fig.5.1.2 - Dotación en los servicios rurales.

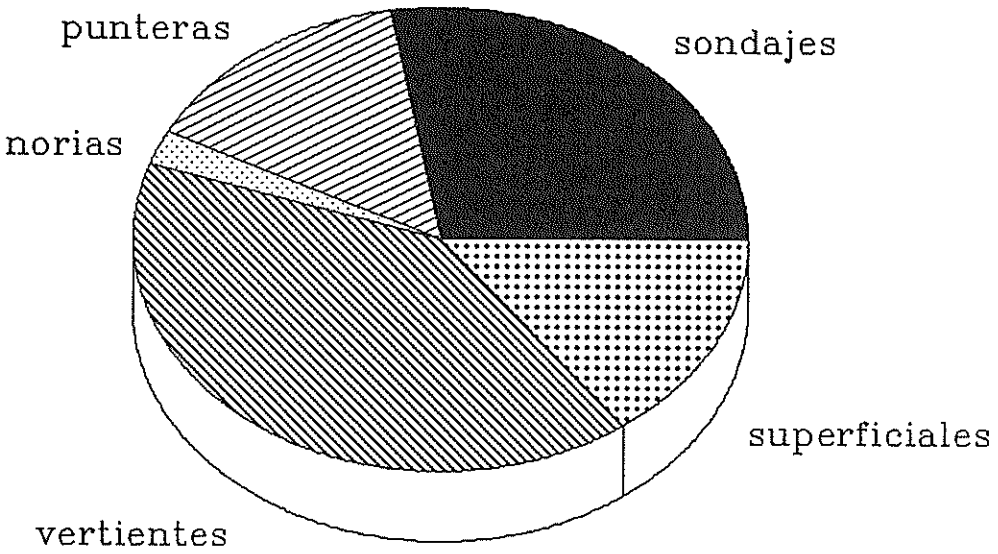


Fig.5.1.3 - Fuentes de agua potable de los servicios rurales.

diferente (remoción de hierro y manganeso y abatimiento de la turbiedad).

5.1.2 Sistemas de abastecimiento urbano

Los proyectos de abastecimiento urbano benefician a poblaciones superiores a los 3.000 habitantes; la magnitud de estas obras, hace que no existan, en general, soluciones "tipo" y, por lo tanto, éstas se estudian para cada caso en particular. Los datos de los servicios urbanos en la cuenca son resumidos en Tab.5.1.8, Tab.5.1.9 y Tab.5.1.10, mientras los servicios del área costera se encuentran en Tab.5.1.11, Tab.5.1.12 y Tab.5.1.13.

Dentro de la cuenca del río Biobío se presenta una zonificación general de las fuentes de abastecimiento, que coincide bastante bien con la división político administrativa que en ella existe. En las localidades ubicadas en la Provincia de Concepción, VIII Región, un 84% (1,6 m^3/s) del agua potable producida proviene de fuentes superficiales y un 16% (0,3 m^3/s) corresponde a captaciones subterráneas. De la totalidad del agua superficial captada, casi el 100% proviene del río Biobío para abastecer al conglomerado Concepción-Talcahuano y sólo una mínima parte corresponde a esteros de muy pequeña magnitud. Por otro lado, toda el agua subterránea proviene de punteras instaladas en el lecho del río, por lo tanto, el río Biobío proporciona directa o indirectamente la casi totalidad del abastecimiento a las localidades ribereñas de esta zona, caracterizada por 1,9 m^3/s de producción y 1,2 m^3/s de consumo. En esta área la cobertura alcanza el 96% con una dotación de 190 l/hab/d.

En cuanto al área costera (VIII Región), un 81% de las fuentes tiene origen superficial; la cobertura alcanza 92% con una dotación de 129 l/hab/d; cabe señalar que el porcentaje de agua no facturada alcanza en esta zona a 49% .

En la Provincia del Biobío, VIII Región, el abastecimiento se realiza casi exclusivamente de fuentes subterráneas (98% y 0,4 m^3/s), garantizando una dotación de 152 l/hab/d; la cobertura es de 95% . Esta provincia está ubicada en el Valle Central de Chile, que presenta características hidrogeológicas muy favorables para la explotación del recurso subterráneo (ver Par.3.3.3).

En las localidades que pertenecen a la cuenca y que están ubicadas en la Provincia de Malleco, IX Región, el abastecimiento es fundamentalmente de tipo superficial. A diferencia de la Provincia de Concepción, donde las localidades son ribereñas y se abastecen principalmente del río Biobío, no existe en esta zona un curso de agua de esa importancia y además las localidades están espacialmente más dispersas. Como, en general, las condiciones hidrogeológicas no son favorables, se debe recurrir a captaciones superficiales desde diversos ríos, esteros o vertientes de magnitud variable, lo que obliga a realizar, en algunos casos, un mayor grado de tratamiento para que el agua sea apta para el consumo. Un 89% (0,1 m^3/s) corresponde a este tipo de fuentes y sólo un 11% del total se capta desde fuentes subterráneas, principalmente en las cercanías de ríos como el Huequén o el Mininco. La dotación en esta área alcanza 144 l/hab/d con una cobertura de 98% .

En Fig.5.1.4 se comparan los niveles de cobertura de los centros urbanos de la cuenca y del área costera.

En Fig.5.1.5 se presentan las dotaciones hídricas de las localidades consideradas.

En Fig.5.1.6 se presenta gráficamente la importancia relativa de las distintas fuentes de abastecimiento de las localidades de la cuenca y área costera, donde, a nivel general, un 72% (2,1 m^3/s) del agua potable producida corresponde a fuentes superficiales y un 28% (0,8 m^3/s) a recursos subterráneos.

En cuanto a las plantas de potabilización, la más importante es, sin duda, la planta de la Mochita, esquematizada en Fig.5.1.7.

En el Anexo 5.1A se presentan en forma gráfica los esquemas de los sistemas de producción de las localidades urbanas de la zona considerada.

El material más ocupado en la costrucción de redes de agua potable de los servicios urbanos es, sin duda, el cemento asbesto.

Tab.5.1.8 - Servicios urbanos cuenca: producción y facturación anual de agua en m^3, fuentes (año 1991)

	Servicios	Prov.	Región	Origen		Volumen Producudo	Total(m^3)	% Agua	Fuente
				Superf.	Subterr.		Fact.	No Fact.	
1	CONCEPCION	CONC.	VIII	23.423.438	0	23.423.438	15.124.714	35	Río Biobío/ Estero Nonguén
2	TALCAHUANO	CONC.	VIII	27.022.269	0	27.022.269	15.948.778	41	Río Biobío
3	CHIGUAYANTE	CONC.	VIII	24.018	3.561.120	3.585.138	2.278.063	36	Punteras Río Biobío/Estero Ceballos
4	SAN PEDRO	CONC.	VIII	0	5.907.021	5.907.021	3.128.475	47	Punteras Río Biobío
5	HUALQUI	CONC.	VIII	405.000	0	405.000	291.338	28	Estero El Chivato
6	STA.JUANA	CONC.	VIII	0	196.980	196.980	247.530	-26	Punteras Río Biobío
1	LOS ANGELES	BIOBIO	VIII	0	7.096.763	7.096.763	5.086.532	28	Sond. Panamericana vG. Mistral / Dren
2	MULCHEN	BIOBIO	VIII	0	1.339.921	1.339.921	759.298	43	Sondajes/Pozo hincado río Bureo
3	NACIMIENTO	BIOBIO	VIII	0	939.181	939.181	910.702	03	Vertiente Los Pellines / sond. sector río
4	LAJA	BIOBIO	VIII	0	897.667	897.667	778.690	13	Punteras río Laja
5	YUMBEL	BIOBIO	VIII	0	512.152	512.152	370.365	28	Sondajes sector río Claro
6	STA. BARBARA	BIOBIO	VIII	0	416.312	416.312	250.306	40	Pozo hincado río Biobío
7	CABRERO	BIOBIO	VIII	0	382.826	382.826	351.921	08	Sondajes
8	NEGRETE	BIOBIO	VIII	0	198.699	198.699	124.493	37	Sondajes sector río Biobío
9	SAN ROSENDO	BIOBIO	VIII	0	169.333	169.333	116.637	31	Pozos hincados
10	MTE. AGUILA	BIOBIO	VIII	0	201.407	201.407	139.549	31	Sondajes sector Ahumada
11	QUILLECO	BIOBIO	VIII	0	136.427	136.427	83.744	39	Sondajes sector Estero Quilleco
12	TUCAPEL	BIOBIO	VIII	0	87.354	87.354	60.397	31	Sondaje sector Las Lomas
13	QUILACO	BIOBIO	VIII	0	52.192	52.192	35.586	32	Sondajes sector Santa Adriana
1	ANGOL	MALLECO	IX	3.129.219	0	3.129.219	2.060.326	34	Estero Pallomenco/ Quebrada Sta. Elvira/rí
2	ERCILLA	MALLECO	IX	0	120.148	120.148	76.827	36	Sondaje
3	COLLIPULLI	MALLECO	IX	0	734.890	734.890	540.995	26	Sondajes sector río Huequén
4	RENAICO	MALLECO	IX	124.896	124.896	249.791	222.372	11	Río Tolpán/ sondajes
5	MININCO	MALLECO	IX	0	133.620	133.620	119.185	11	Sondaje sector río Mininco
6	LOS SAUCES	MALLECO	IX	231.019	0	231.019	169.257	27	Estero Curamahuida/ río Rehue
7	LONQUIMAY	MALLECO	IX	0	177.992	177.992	94.332	47	Vertientes

RESUMEN							
	CONC.	VIII	50.874.725	9.665.121	60.539.846	37.018.898	39
	BIOBIO	VIII	0	12.430.234	12.430.234	9.068.220	27
	MALLECO	IX	3.485.134	1.291.546	4.776.679	3.283.294	31
TOTAL CUENCA			54.359.859	23.386.901	77.746.759	49.370.412	36
%			70	30			

nota: en el caso de Renaico, por falta de información, se atribuyó 50% superficial y 50% subterráneo.

Tab.5.1.9 - Servicios urbanos cuenca: población abastecida, cobertura y dotación hídrica (años 1990/1991)

	Servicios	Prov.	Reg.	Población		Cobert. %	Total(m^3/año)	Dotac.
				Total	Abastecida		Facturado	l/hab.d
1	CONCEPCION	CONC.	VIII	213.636	206.545	97	15.745.923	209
2	TALCAHUANO	CONC.	VIII	252.733	249.441	99	16.738.997	184
3	CHIGUAYANTE	CONC.	VIII	50.501	38.974	77	2.285.249	161
4	SAN PEDRO	CONC.	VIII	47.286	47.280	100	3.122.117	181
5	HUALQUI	CONC.	VIII	8.464	7.566	89	299.540	108
6	STA.JUANA	CONC.	VIII	4.093	4.067	99	228.271	154
1	LOS ANGELES	BIOBIO	VIII	84.453	83.853	99	5.190.183	170
2	MULCHEN	BIOBIO	VIII	19.810	17.809	90	746.718	115
3	NACIMIENTO	BIOBIO	VIII	15.041	14.971	100	929.803	170
4	LAJA	BIOBIO	VIII	18.253	15.450	85	746.868	132
5	YUMBEL	BIOBIO	VIII	8.729	8.437	97	383.054	124
6	STA. BARBARA	BIOBIO	VIII	4.911	4.752	97	242.435	140
7	CABRERO	BIOBIO	VIII	7.306	6.959	95	342.403	135
8	NEGRETE	BIOBIO	VIII	2.803	2.779	99	120.056	118
9	SAN ROSENDO	BIOBIO	VIII	2.834	1.560	55	118.658	208
10	MTE AGUILA	BIOBIO	VIII	5.233	3.925	75	143.185	100
11	QUILLECO	BIOBIO	VIII	1.911	1.565	82	80.511	141
12	TUCAPEL	BIOBIO	VIII	1.468	1.458	99	56.522	106
13	QUILACO	BIOBIO	VIII	1.223	1.036	85	36.674	97
1	ANGOL	MALLECO	IX	35.605	35.372	99	2.060.326	160
2	ERCILLA	MALLECO	IX	2.015	1.996	99	76.827	105
3	COLLIPULLI	MALLECO	IX	11.932	11.498	96	540.995	129
4	RENAICO	MALLECO	IX	5.273	5.239	99	222.372	116
5	MININCO	MALLECO	IX	1.349	1.116	83	119.185	293
6	LOS SAUCES	MALLECO	IX	3.962	3.949	100	169.257	117
7	LONQUIMAY	MALLECO	IX	3.386	3.386	100	94.332	76

RESUMEN	CONC.	VIII	576.713	553.873	96	38.420.097	190
	BIOBIO	VIII	173.975	164.554	95	9.137.070	152
	MALLECO	IX	63.522	62.556	98	3.283.294	144
TOTAL CUENCA			**814.210**	**780.983**	**96**	**50.840.461**	**178**

Nota: los valores de población ocupados son los estimados por el servicio en los años 1990 (VIII Región) y 1991 (IX Región); los valores de volumen facturado son los medidos por el servicio en los años 1990 (VIII Región) y 1991 (IX Región); los valores de dotación son los calculados para el 1990 (VIII R.) y 1991 (IX R.) en base a los volúmenes facturados en 1990 o 1991

Tab.5.1.10 - Servicios urbanos cuenca: longitud redes, material y tratamiento efectuado (año 1991)

	Servicios	Prov.	Reg.	Longitud (m)		Material Redes	Descripción Tratamiento
				Aduc.	Redes		
1	CONCEPCION	CONC.	VIII	s.i.	382.264	62%CA+2%A+14%PVC+22%FF	Precloración,flocul., decant.,filtr.,desinfecc.
2	TALCAHUANO	CONC.	VIII	s.i.	429.996	76%CA+7%A+15%PVC+2%FF	recibe las aguas tratadas de Concep.
3	CHIGUAYANTE	CONC.	VIII	s.i.	78.777	75%CA+15%PVC+10%FF	Desinfección
4	SAN PEDRO	CONC.	VIII	s.i.	119.021	75%CA+25%PVC	Desinfección
5	HUALQUI	CONC.	VIII	s.i.	26.285	91%CA+2%A+1%PVC+6%FF	Desinfección
6	STA.JUANA	CONC.	VIII	s.i.	15.204	97%CA+3%PVC	Desinfección
1	LOS ANGELES	BIOBIO	VIII	s.i.	114.189	51%CA+9%A+18%PVC+22%FF	Desinfección
2	MULCHEN	BIOBIO	VIII	s.i.	44.244	65%CA+6%A+3%PVC+26%FF	Desinfección
3	NACIMIENTO	BIOBIO	VIII	s.i.	28.696	81%CA+1%A+14%PVC+4%FF	Desinfección
4	LAJA	BIOBIO	VIII	s.i.	30.826	81%CA+14%A+5%PVC	Desinfección
5	YUMBEL	BIOBIO	VIII	s.i.	27.846	62%CA+1%A+35%PVC+2%FF	Desinfección
6	STA BARBARA	BIOBIO	VIII	s.i.	11.441	90%CA+10%PVC	Desinfección
7	CABRERO	BIOBIO	VIII	s.i.	15.613	78%CA+1%A+20%PVC+1%FF	Desinfección
8	NEGRETE	BIOBIO	VIII	s.i.	9.799	82%CA+15%PVC+3%FF	Desinfección
9	SAN ROSENDO	BIOBIO	VIII	s.i.	5.553	1%CA+1%A+2%PVC+96%FF	Desinfección
10	MTE AGUILA	BIOBIO	VIII	s.i.	11.203	98%CA+1%A+1%FF	Desinfección
11	QUILLECO	BIOBIO	VIII	s.i.	6.301	87%CA+13%PVC	Desinfección
12	TUCAPEL	BIOBIO	VIII	s.i.	10.387	96%CA+4%PVC	Desinfección
13	QUILACO	BIOBIO	VIII	s.i.	5.611	76%CA+2%A+22%PVC	Desinfección
1	ANGOL	MALLECO	IX	s.i.	102.847	80%CA+10%FF+9%PVC+1%A	Floculación, decantación, filtración, desinfección
2	ERCILLA	MALLECO	IX	s.i.	9.608	85%CA+15%PVC	Desinfección
3	COLLIPULLI	MALLECO	IX	s.i.	28.410	85%CA+8%FF+7%PVC	Floculación, decantación, filtración, desinfección
4	RENAICO	MALLECO	IX	s.i.	13.980	92%CA+8%PVC	Desinfección
5	MININCO	MALLECO	IX	s.i.	4.750	21%CA+79%PVC	Desinfección
6	LOS SAUCES	MALLECO	IX	s.i.	10.625	26%A+5%FF+36%CA+33%PVC	Floculación, decantación, desinfección
7	LONQUIMAY	MALLECO	IX	s.i.	16.030	94%CA+2%A+4%PVC	Desinfección

RESUMEN	CONC.	VIII	s.i.	1.051.547	
	BIOBIO	VIII	s.i.	321.709	
	MALLECO	IX	s.i.	186.250	
TOTAL CUENCA	**s.i.1.559.506**				

CA : cemento asbesto; A: acero; PVC: policloruro de vinilo; FF : fierro fundido y otros s.i.: sin información

Tab.5.1.11 - Servicios urbanos área costera: producción y facturación anual de agua en m^3 y fuentes (año 1991)

	Servicios	Prov.	Región	Origen		Volumen	Total(m^3)	% Agua	Fuente
				Superf.	Subterr.	Producido	Fact.	No Fact.	
1	CORONEL	CONC.	VIII	2.765.035	3.133.129	5.898.164	3.667.975	38	esteros, laguna, punteras
2	LOTA	CONC.	VIII	4.717.358	0	4.717.358	1.617.016	66	esteros
3	TOME	CONC.	VIII	2.281.280	0	2.281.280	1.284.783	44	esteros
4	PENCO	CONC.	VIII	2.263.985	0	2.263.985	1.264.365	44	esteros
5	LIRQUEN	CONC.	VIII	531.147	0	531.147	233.324	56	esteros
	RESUMEN								
Total area costera:				**12.558.805**	**3.133.129**	**15.691.934**	**8.067.463**	**49**	
	%			**80**	**20**				

Tab.5.1.12 - Servicios urbanos area costera: población abastecida, cobertura y dotación hídrica (año 1991)

	Servicios	Prov.	Región	Población		Cobertura %	Total(m^3/año)	Dotac.
				Total	Abastecida		Facturado	l/hab.d
1	CORONEL	CONC.	VIII	74.256	73.843	99	3.423.349	127
2	LOTA	CONC.	VIII	28.872	28.300	98	1.310.381	127
3	TOME	CONC.	VIII	36.781	28.692	78	1.296.228	124
4	PENCO	CONC.	VIII	27.630	25.251	91	1.315.998	143
5	LIRQUEN	CONC.	VIII	7.476	4.898	66	260.436	145
	RESUMEN							
Total area costera:				**175.015**	**160.984**	**92**	**7.606.392**	**129**

Tab.5.1.13 - Servicios urbanos area costera: longitud redes, material y tratamiento efectuado (año 1991)

	Servicios	Prov.	Reg.	Longitud (m)		Material Redes	Descripción Tratamiento
				Aduc.	Redes		
1	CORONEL	CONC.	VIII	s.i.	122.980	58%CA+1%A+13%PVC+28%FF	desinfección
2	LOTA	CONC.	VIII	s.i.	70.321	54%CA+11%A+1%PVC+34%FF	desinfección
3	TOME	CONC.	VIII	s.i.	70.961	55%CA+3%A+8%PVC+34%FF	floculación, decantación,
							filtración, desinfec.
4	PENCO	CONC.	VIII	s.i.	45.067	80%CA+8%PVC+12%FF	desinfección
5	LIRQUEN	CONC.	VIII	s.i.	8.070	67%CA+7%PVC+26%FF	desinfección
RESUMEN							
Total area costera:				**s.i.**	**317.399**		

CA : cemento asbesto; A: acero; PVC: policloruro de vinilo; FF : fierro fundido y otros
s.i.: sin información

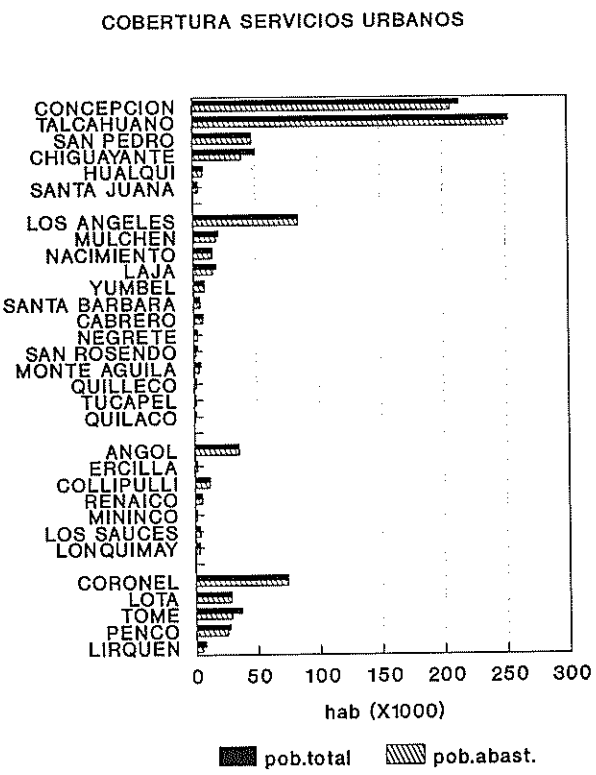


Fig.5.1.4 - Coberturas en los servicios urbanos

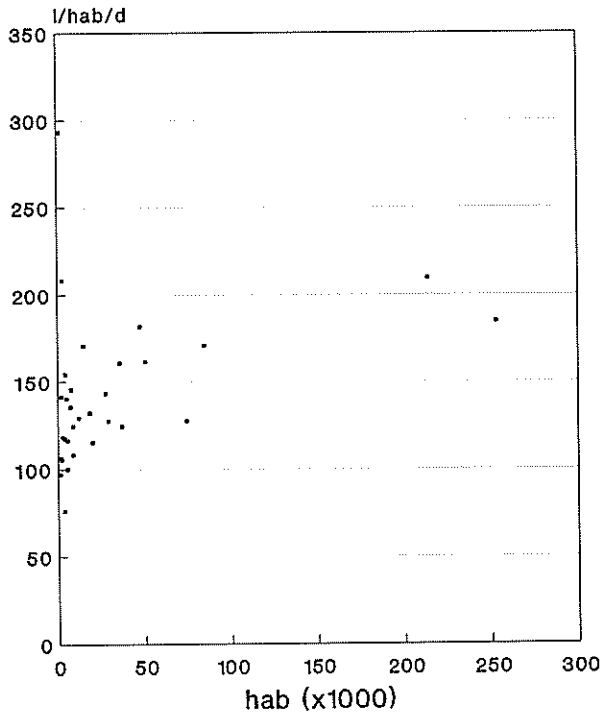


Fig.5.1.5 - Dotaciones en los servicios urbanos

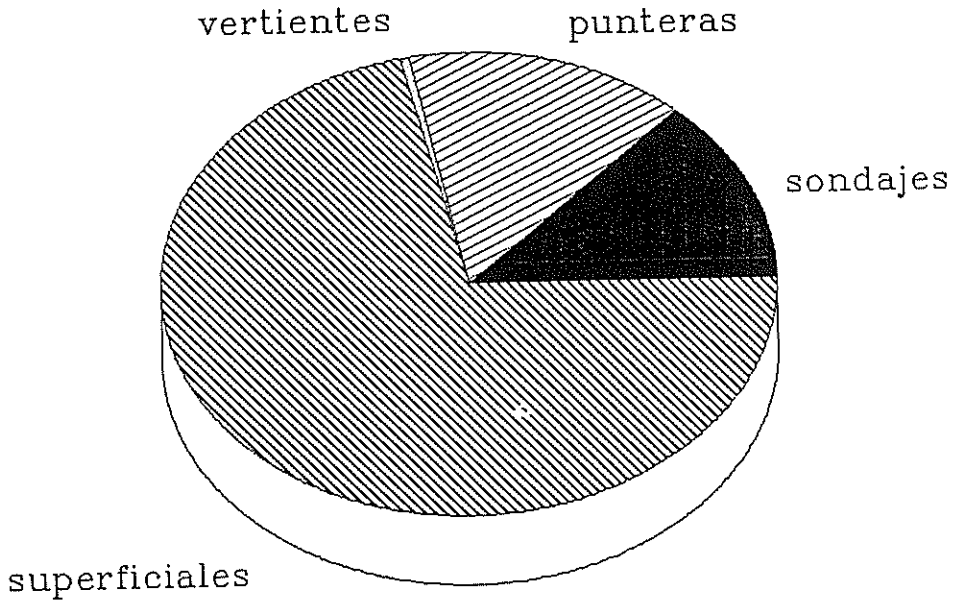


Fig.5.1.6 - Fuentes de agua potable de los servicios urbanos.

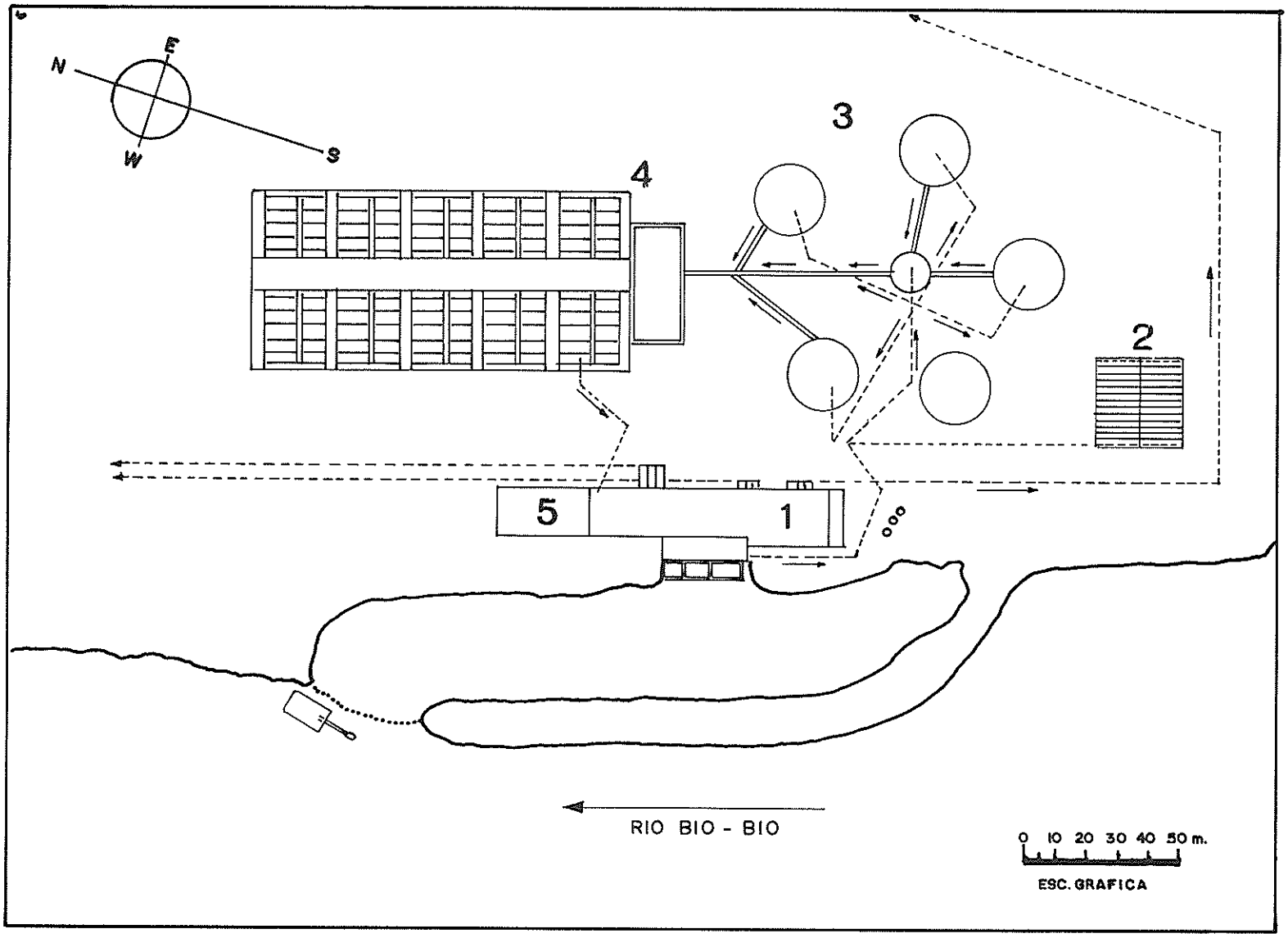


Fig.5.1.7 - Esquema de la planta La Mochita. Leyenda: 1) estación de bombeo; 2) precloración; 3) clarifloculación; 4) filtros rápidos; 5) desinfección.

5.1.3 Calidad del agua distribuida

Los servicios encargados del abastecimiento de agua potable en la zona (ESSBIO y ESSAR), llevan el control de la calidad físico-químico y microbiológica del agua captada y distribuida.
La normativa chilena que regula los aspectos relativos al agua potable, es la siguiente:

- **Norma NCh 409.84** : establece los requisitos físicos, químicos, radioactivos y bacteriológicos que debe cumplir el agua potable proveniente de cualquier sistema de abastecimiento (ver Ane.5.1B);
- **Norma NCh 1.333.87** : establece los requisitos físicos, químicos y biológicos que debe cumplir el agua para ser considerada apta en cada uno de los siguientes usos: consumo humano, bebida de animales, riego, recreación y estética (estética propiamente tal y recreación con y sin contacto directo) y, finalmente, vida acuática. Esta norma se implementó para fijar criterios de calidad del agua de acuerdo a su uso, contribuyendo así a proteger y preservar la calidad de las aguas de la contaminación con residuos de cualquier tipo;
- **Norma NCh 777 of.71** : incluye la terminología, clasificación y requisitos generales de las fuentes de abastecimiento y obras de captación de agua potable (ver Ane.5.1B).

Con los datos obtenidos a través de ESSBIO y ESSAR hasta fines de 1990, se realizó una clasificación de la calidad de las fuentes de agua potable según la NCh 777.Of71, de las localidades ubicadas dentro de la cuenca del río Biobío [Angulo, 1991]. En Tab.5.1.14 se presentan las localidades, cuyas fuentes de abastecimiento de agua potable no fueron clasificadas como buenas, indicando el parámetro que causa esta clasificación. Cabe señalar que en esta clasificación no se consideran parámetros como el contenido de fierro, manganeso y amonio que son un problema frecuente en algunas localidades de la cuenca. Debido a que en la mayoría de las localidades de la zona de interés no se realiza tratamiento, salvo la adición de cloro (como desinfectante), los parámetros no considerados en esta clasificación no son abatidos antes del consumo (ver Ane.5.1B).
Con los análisis físico-químicos disponibles del agua potable proveniente de la red de distribución (corresponden a noviembre de 1992), se ha elaborado Tab.5.1.15, allí se incluye la localidad, provincia y el tipo de problema presentado según NCh409of.84.
En base a Tab.5.1.14 y Tab.5.1.15, a los resultados de las campañas de calidad realizadas por el Centro EULA [Vighi *et al*, 1992] (detalladas en Cap.8.1), a los análisis realizados para la confección del modelo de calidad del agua del río Biobío [Angulo, 1992] y a análisis anteriores realizados por ESSBIO y ESSAR, se han identificado los problemas de calidad del agua distribuida de cada localidad. Para esto se ha considerado la normativa vigente y la propuesta en este estudio. A continuación se detalla esta información para cada localidad.

CONCEPCION-TALCAHUANO
Actualmente la intercomuna Concepción-Talcahuano cuenta con dos sistemas de producción: la planta La Mochita (capta superficialmente las aguas del río Biobío) y el sistema Nonguén (que capta sus aguas del estero del mismo nombre). El agua de red presenta ocasionalmente problemas de turbiedad, hierro y fenoles.

SAN PEDRO
Su fuente de abastecimiento es subterránea, consiste en una malla de punteras en el río Biobío. Ocasionalmente tiene problemas con los contenidos de fenoles, que sobrepasan la norma chilena de agua potable NCh409/1.Of84. Según los datos disponibles, no presenta problemas bacteriológicos.

CHIGUAYANTE
Se abastece principalmente de manera subterránea, a través de punteras en el Biobío (99%), el 1% restante proviene del estero Ceballos. El estero Ceballos presenta ocasionalmente problemas de color. Las punteras en el río Biobío tienen, también ocasionalmente, problemas de color, altos

contenidos de detergentes, fenoles y hierro. En cuanto a la calidad bacteriológica, el estero Ceballos presenta en forma permanente problemas en su contenido de coliformes.

HUALQUI
Se abastece superficialmente a través del estero El Chivato (o Hualqui). Presenta frecuentemente problemas de color, turbiedad y fenoles. Además se ha detectado, irregularmente, la presencia de contaminación bacteriólogica.

SANTA JUANA
Su fuente de abastecimiento es subterránea, consiste en punteras ubicadas en el lecho del río Biobío. Ocasionalmente presenta contenidos de fierro que sobrepasan la norma NCh409/1.Of84. No presenta problemas bacteriológicos.

LOS ANGELES
Se abastece en un 100% a través de recursos subterráneos: sondajes profundos y un dren denominado San Antonio. El agua captada y distribuida, en general, no presenta problemas de calidad.

MULCHEN
Se abastece de agua potable a través de un pozo hincado en el río Bureo y de pozos profundos ubicados en la ribera de dicho curso de agua. Se detectan frecuentemente problemas de turbiedad y ocasionalmente de fenoles que sobrepasan la norma NCh409/1.Of84 (pozo hincado en el río Bureo). Según los datos disponibles, no hay problemas bacteriológicos.

NACIMIENTO
El abastecimiento se realiza casi exclusivamente de fuentes subterráneas (sondajes cercanos al río Vergara) y sólo en época de verano entra en funcionamiento la fuente superficial (vertiente Los Pellines). Ocasionalmente presenta problemas de color, turbiedad, contenidos de hierro, amonio, manganeso, fenoles y nitritos. El manganeso estaría asociado a suelos limosos intercalados en el relleno reciente, y los nitritos se podrían asociar a condiciones reductoras de estos mismos suelos o a una expresión de materia orgánica contaminante. No presenta problemas bacteriológicos, según los datos disponibles.

LAJA
Se abastece subterráneamente a través de un sistema de punteras en el río Laja, antes de su confluencia con el río Biobío. No se detectan problemas en la calidad de las aguas captadas.

YUMBEL
Su fuente de abastecimiento es subterránea; la constituyen sondajes ubicados en la ribera del río Claro. En ocasiones presenta contenidos elevados de amonio y fenoles. No presenta problemas bacteriológicos según los datos disponibles.

SANTA BARBARA
Se abastece subterráneamente a través de un pozo hincado en el río Biobío. Presenta ocasionalmente problemas de color y de fenoles que sobrepasan la norma NCh409/1.Of84. Según los datos disponibles, no presenta problemas bacteriológicos.

CABRERO
Cuenta con abastecimiento subterráneo, constituido por dos sondajes. Presenta frecuentemente los siguientes problemas en la calidad de sus aguas: color, olor , sabor, elevados contenidos de hierro, manganeso, amonio y, ocasionalmente, de fenoles. No se detectan problemas bacteriológicos.

NEGRETE
Se abastece subterráneamente por medio de captaciones ubicadas en las cercanías del río Biobío. Las aguas captadas presentan, en general, buena calidad salvo la presencia ocasional de fenoles que sobrepasan la norma. No se detectan problemas bacteriológicos.

SAN ROSENDO
Su abastecimiento actual es subterráneo, consiste en dos pozos hincados en el río Laja. Presenta frecuentemente problemas de color y turbiedad. No se detectan problemas bacteriólogicos.

MONTE AGUILA
Se abastece subterráneamente por medio de sondajes. Presenta frecuentemente problemas en sus contenidos de: fierro, manganeso, amonio y, ocasionalemente, de fenoles. También, el color y la turbiedad sobrepasan frecuentemente los límites de la norma vigente. No se detectan problemas bacteriológicos.

QUILLECO
La fuente de abastecimiento es subterránea, consiste en dos sondajes cercanos al estero Quilleco. Las aguas captadas, según los antecedentes disponibles, no presentan problemas de calidad.

TUCAPEL
Su fuente de abastecimiento es subterránea, la conforman sondajes ubicados en el sector denominado Las Lomas. Presenta, ocasionalmente, problemas en sus contenidos de hierro y amonio. Según los datos disponibles, no presenta problemas bacteriológicos.

QUILACO
Se abastece subterráneamente a través de sondajes. El agua captada, en general, es de buena calidad pero ocasionalmente se han encontrado problemas con los contenidos de fenoles que sobrepasan la norma NCh409/1.Of84. No se detectan problemas bacteriológicos.

CORONEL
La fuente de abastecimiento es superficial y subterránea. Está conformada por los siguientes sistemas: esteros Calabozo y los Maquis; laguna Quiñenco; punteras Lagunillas (captan sus aguas del subsuelo situado al Norte de la confluencia de los esteros Calabozo y La Mora) y recientemente la captación particular denominada AGUACOR S.A. (captación de pozos hincados que vende sus aguas previamente cloradas a ESSBIO). El agua distribuida presenta frecuentemente elevados contenidos de fierro y manganeso, turbiedad elevada y, ocasionalmente, fenoles. No se cuenta con datos bacteriológicos del agua distribuida.

LOTA
Los usuarios son abastecidos por dos empresas diferentes y totalmente independientes una de la otra. ESSBIO, que cubre aproximadamente el 75% de la ciudad, y ENACAR que cubre el 25% restante.
El sistema de ESSBIO capta sus aguas de los siguientes esteros: Agua Cascada, Lunas, afluente Sur del Chivilingo, Colcura (en su parte baja), Colcura alto, Quebrada Mayor y estero el Limbo. El agua distribuida presenta buena calidad, salvo problemas ocasionales en sus contenidos de detergentes y amonio. No se cuenta con datos bacteriológicos.

TOME
Se abastece superficialmente por medio de los esteros: Collén, Las Quilas y Nachur o Bellavista. Cuenta con una planta de tratamiento convencional con decantadores de alta tasa y ocho filtros mixtos (arena-carbón). El agua distribuida presenta ocasionalmente problemas de color, turbiedad y fenoles. No se cuenta con datos bacteriológicos.

PENCO-LIRQUEN
Se abastecen a través de tres sistemas: sistema Nonguén (capta sus aguas en los cinco afluentes del estero Nonguén), sistema El Cabrito (capta sus aguas en el estero El Cabrito, afluente al estero Lirquén) y el sistema Lirquén (capta desde el estero La Higuera, afluente al estero Lirquén). El agua distribuida, ocasionalmente, tiene problemas de color , turbiedad, hierro y fenoles. No se dispone de datos bacteriológicos.

ANGOL
Se abastece superficialmente a través de: el estero Pellomenco, la quebrada Elvira y el río Picoiquén. El agua distribuida no presenta problemas.

ERCILLA
Su fuente de abastecimiento es subterránea, consiste en dos sondajes profundos. El agua de red cumple con los requisitos de la norma chilena NCh409/1.Of84.

COLLIPULLI
Su fuente de abastecimiento actual es superficial (vertiente Curaco y canal El Globo). El agua distribuida es de buena calidad.

RENAICO
Se abastece superficial y subterráneamente con una captación en la vertiente Tolpán y un sondaje respectivamente. El agua distribuida se considera de buena calidad.

MININCO
Su fuente de abastecimiento es subterránea, consiste en un sondaje profundo. El agua distribuida presenta buena calidad, tanto físico-química como bacteriológica.

LOS SAUCES
Su fuente de abastecimiento es superficial (estero Curimahuida y río Rehue). El agua distribuida presenta buena calidad, a excepción de los nitritos que bajo la normativa propuesta en este estudio (ver Par.10.2.3.3), sobrepasan ocasionalemente el límite.

LONQUIMAY
Se abastece superficialmente a través de tres vertientes. La calidad del agua distribuida es óptima.

LOCALIDADES RURALES
Las localidades rurales se abastecen principalmente de agua subterránea (83%) (ver Par.5.1.1). En general, no cuentan con sistemas de tratamiento, salvo la desinfección antes de la distribución.
Se puede decir que no presentan serios problemas en la calidad de las aguas distribuidas, con la excepción de algunas localidades (no se dispone de datos bacteriológicos):

- *Tomeco*: (abastecimiento subterráneo: norias), ocasionalmente tiene problemas con sus contenidos de hierro y de nitratos
- *Millantú*: (abastecimiento superficial: estero Quilvobueno), problemas ocasionales de turbiedad, color y hierro
- *San Carlos de Purén*: (abastecimiento superficial: Canal Biobío Norte), problemas ocasionales de color, turbiedad y hierro
- *Chillancito*: (abastecimiento subterráneo: sondaje), problemas ocasionales de turbiedad, hierro y manganeso.
- *Río Claro*: (abastecimiento subterráneo: punteras río Claro) problemas ocasionales de color, turbiedad, mercurio y fierro.

Para mayor detalle respecto de la calidad del agua utilizada como fuente, de las capacidades de producción de cada localidad y de los tratamientos realizados ver Caps.8 y 10.

Tab. 5.1.14 - Calidad del agua de las fuentes de abastecimiento (localidades en las cuales la fuente no es clasificada como buena, según NCh 777of.70) [Angulo M., 1991]

LOCALIDAD	FUENTE DE ABASTECIMIENTO	CALIDAD SEGUN NCh 777of.70	PARAMETRO
Chiguayante	Estero Ceballos	Regular	Color
	Punteras Biobío	Regular	Color
Hualqui	Est. El Chivato	Regular	Color,Turb.
Mulchén	Pozo hincado río Bureo	Regular	Turb.
Nacimiento	Sondaje	Regular	Color,Turb.
Cabrero	Sondajes	Regular	Color
Los Sauces	Vertiente	Regular	Turb.
Collipulli	Canal	Regular	Turb.
Millantú	Est.Quivobueno	Regular	Color,Turb.
San Carlos	Canal Biobío	Regular	Color,Turb.
Chillancito	Sondaje	Regular	Turb.

Tab.5.1.15 - Calidad del agua potable en la cuenca del río Biobío y zona costera adyacente (según análisis del agua de red) [ESSBIO, ESSAR, 1992]

TIPO DE PROBLEMA PRESENTADO SEGUN NCh 409.OF.84												CARACTER.	
LOCALIDAD	PROV.	FE mg/l	MN mg/l	pH mg	AMON.' N/l	COLOR U. PtCo	OLOR (*)	SABOR (*)	TURB. UNT	Hg mg/l	FENO. mg/l	DURE. mg/l	TEND. CORROS.
NCH409-OF.84		0,30	0,10	6-8,5	0,25	20	INOD	INSIP	5	0,001	0,002	--	--
CONCEPCION	CONCEP											56	SI
TALCAHUANO	CONCEP										0,003	45	SI
CHIGUAYANTE	CONCEP										0,007	65	SI
HUALQUI	CONCEP								10,2		0,016	59	FUERTE
PENCO	CONCEP								5,7		0,009	32	FUERTE
LIRQUEN	CONCEP								8,8		0,006	31	FUERTE
TOME	CONCEP					27		7,0			0,016	50	SI
LOTA	CONCEP											45	FUERTE
CORONEL	CONCEP	0,85	0,18					13,6			0,013	25	FUERTE
SANTA JUANA	CONCEP										32	SI	
SAN PEDRO	CONCEP										0,007	45	FUERTE
TALCAMAVIDA	CONCEP				0,95							14	FUERTE
QUILACOYA	CONCEP											16	FUERTE
UNIHUE	CONCEP				0,65							22	SI
LOS ANGELES	BIOBIO											61	SI
MULCHEN	BIOBIO										0,007	49	SI
NACIMIENTO	BIOBIO										0,004	96	SI
LAJA	BIOBIO											67	SI
YUMBEL	BIOBIO										0,009	80	SI
S. BARBARA	BIOBIO										0,007	44	FUERTE
CABRERO	BIOBIO	1,80	0,25			28	TERR	TERR			0,004	82	SI
NEGRETE	BIOBIO										0,003	180	SI
SAN ROSENDO	BIOBIO											72	SI
MON. AGUILA	BIOBIO	0,70	0,60			40			12,8		0,003	90	SI
QUILLECO	BIOBIO											70	SI
TUCAPEL	BIOBIO											76	DEBIL
QUILACO	BIOBIO										0,003	56	SI
LONCOPANGUE	BIOBIO											36	SI
RUCALHUE	BIOBIO											14	FUERTE

(Continúa)

Tab.5.1.15 - *(Continuación)*

TIPO DE PROBLEMA PRESENTADO SEGUN NCh 409.OF.84												CARACTER.	
LOCALIDAD	PROV.	FE mg/l	MN mg/l	pH mg	AMON.' N/l	COLOR U. PtCo	OLOR (*)	SABOR (*)	TURB. UNT	Hg mg/l	FENO. mg/l	DURE. mg/l	TEND. CORROS.
VIL.ROSAS	BIOBIO											14	FUERTE
CHILLANCITO	BIOBIO											26	FUERTE
TOMECO	BIOBIO											110	SI
COIHUE	BIOBIO											46	SI
SANTA FE	BIOBIO									0,19		88	SI
VIL.MERCEDES	BIOBIO											21	FUERTE
TRUPAN	BIOBIO											36	FUERTE
POLCURA	BIOBIO									5,5		18	FUERTE
AGUA Y SOL	BIOBIO											22	SI
LA AGUADA	BIOBIO											44	SI
RIO CLARO	BIOBIO	0,5				22			6,3	0,001		80	DEBIL
MILLANTU	BIOBIO											102	SI
RALCO	BIOBIO											46	FUERTE
RERE	BIOBIO											84	FUERTE
S.CARLOS P.	BIOBIO											46	SI
VILLUCURA	BIOBIO									0,31		46	SI
ANGOL	MALLECO											--	--
COLLIPULLI	MALLECO											--	--
RENAICO	MALLECO											--	--
LOS SAUCES	MALLECO											--	--
LONQUIMAY	MALLECO											--	--
ERCILLA	MALLECO											44	--
RENAICO	MALLECO	1										96	--
MININCO	MALLECO											84	--
CURACO	MALLECO											30	FUERTE
L.ESPERANZA	MALLECO											--	--
PIDIMA	MALLECO											41	SI
SIE.NEVADA	MALLECO											--	--
TROYO	MALLECO											22	FUERTE
VIL.TIJERAL	MALLECO											68	DEBIL
NCH409-OF.84		**0,30**	**0,10**	**6-8,5**	**0,25**	**20**	**INOD**	**INSIP**	**5**	**0,001**	**0,002**		**----**

Nota: (*) TERR: indica un color u olor terroso

5.2 Características del abastecimiento de agua industrial

Las industrias consideradas dentro del catastro industrial realizado por el Proyecto EULA con su ubicación, lugar de captación, consumo de agua por tipo de industria y tratamiento realizado se presentan en Tab.5.2.1.

Dentro del catastro fueron incluidas las industrias con más de cien trabajadores; este criterio fue el adoptado por el subproyecto EULA-15, que se ha preocupado de estudiar el sector industrial del área de estudio.

Este catastro se realizó a través de mediciones en terreno y de encuestas que fueron respondidas por las industrias. Las encuestas consideraban: detalles de producción, consumo de agua, tratamiento de las aguas de desecho, desechos sólidos y emisión de gases.

Las industrias ubicadas en la cuenca del río Biobío (Figs.5.2.1, 5.2.2 y 5.2.3), pueden clasificarse según su producción y sus diversos usos del agua en los siguientes tipos: celulosa y papel, siderúrgica, cervecera y embotelladora, químicas y petroquímicas, agroalimentarias, pesqueras y otras.

La industria de la celulosa y el papel se caracteriza por ser intensiva en el uso de agua. El agua se utiliza en el transporte de materias primas, reactivos y productos del proceso. En la región, cuatro de estas industrias extraen agua desde el río Biobío, dos están ubicadas en el Golfo de Arauco y extraen agua del río Carampangue, y finalmente Celpac (Celulosa del Pacífico) capta agua del río Renaico. Los consumos específicos (por unidad de producción) presentan grandes variaciones debido al tipo de proceso involucrado, a la antiguedad de la planta, a los productos finales y al nivel de producción (Tab.5.2.2). Debido a la alta producción de celulosa y papel en la región, los consumos de agua son elevados, alcanzando aproximadamente a 13.475.808 m^3/mes el consumo del sector.

La Compañía Siderúrgica de Huachipato es la empresa con mayor número de trabajadores de la región, alcanza producciones elevadas, que se traducen en altos consumos de agua. Actualmente esta compañía capta sus aguas desde el río Biobío, su consumo específico es de 99 m^3/ton acero y su consumo mensual alcanza 3.750.000 m^3.

La cervecería CCU y las embotelladoras del Sur y Williamson Balfour, están ubicadas en Concepción, captan sus aguas desde la red urbana (CCU y embotelladora del Sur) y del río Biobío (embotelladora Williamson Balfour). Su consumo total mensual es de 62.208 m^3.

En el rubro de las petroquímicas, la principal industria es la refinería de petróleo PETROX S.A., que capta sus aguas del río Biobío y las utiliza tanto en su proceso como para proveer de agua industrial a las plantas DOW, EKA NOBEL y OXY. PETROX ocupa el agua principalmente como agua de refrigeración. El consumo total de agua de las industrias químicas y petroquímicas alcanza 9.605.450 m^3/mes.

Dentro de las industrias alimentarias, se han considerado como las principales a IANSA, Soprole y Nestlé. Están ubicadas dentro de los centros urbanos de Los Angeles y Concepción. Captan sus aguas de ríos, pozos y de la red pública de agua potable. Estas presentan consumos muy diversos debido a sus distintos procesos productivos, rubros alimenticios, niveles de producción, etc. El consumo total de este tipo de industrias alcanza a 1.337.472 m^3/mes. Cabe señalar que algunas de estas industrias tienen una producción estacional.

Las industrias pesqueras, ubicadas principalmente en las bahías de San Vicente y Coronel, utilizan agua de mar para el desembarque del pescado y para producir vacío en la estación evaporadora del proceso de producción de harina de pescado. Durante el año 1991, año en que se desembarcaron 2,5 millones de toneladas, se utilizaron 12,5 millones de metros cúbicos de agua de mar. El consumo presentado en Tab.5.2.1 no incluye el agua de mar.

Las industrias clasificadas como otras, por sí solas no tienen un consumo importante de agua, además han sido clasificadas de esta manera porque generalmente se tiene una industria de cada tipo, éstos son: curtiembre, textil, cemento y una productora de gas. En conjunto estas industrias tienen un consumo que alcanza a 241.056 m^3/mes.

Tab.5.2.1 - Caracteristicas del consumo de agua industrial (consumos mensuales, m3/mes)

TIPO DE INDUSTRIA	INDUSTRIA	UBICACION	FUENTE	CONSUMO	TRATAMIENTO
CELULOSA Y	CELUSOSA ARAUCO I	ARAUCO	RIO CARAMPANGUE		CLARIFICACION, DECANTA-CION, FILTRACION Y CLORA-CION
PAPEL	CELUSOSA ARAUCOII	ARAUCO	RIO CARAMPANGUE		S/I
	CELPAC	MININCO	RIO RENAICO		AIREACION, CLORAC., PRECIP., FLOCUL., SEDIM., FILTRADO
	CEL. LAJA	LAJA	RIO BIOBIO		ALUM-CAKE,AJUSTE pH CON CAL,CLARIF. Y DECANTACION
	PAPELES BIOBIOSAN PEDRO		RIO BIOBIO		DESMINERALIZACION,CLORA-CION
	INFORSA	NACIMIENTO	RIO VERGARA		FLOCULACION (SULFATO DE ALUMINIO)
	FORESTAL SANTA FE	NACIMIENTO	RIO BIOBIO		S/I
	CONSUMO CELULOSAS Y PAPEL			13.475.800	
SIDERURGICA	CAP	B.S.VICENTE	RIO BIOBIO		CLORACION,FILTRACION Y
					DECANTACION
	CONSUMO SIDERURGICA			3.750.000	
	CCU	CONCEPCION	RED URBANA		FILTRACION,ESTERILIZACION
EMBOTE-	EMB. DEL SUR	TALCAHUANO	RED URBANA		UV Y/O CLORACION FLOCULACION,CLORACION Y
LLADORAS	EMB. WILLIAMSON B.	TALCAHUANO	RIO BIOBIO		FILTRACION CLORACION, FLOCULACION,
					FILTRACION
	CONSUMO EMBOTELLADORAS			62.200	
QUIMICAS Y	OXY	TALCAHUANO	PUNTERAS		FLOCULACION, PRECIPITA-
PETRO-	OXYQUIM	CAM.CORONEL	POZO		CION, INTERCAMBIO IONICO CLORACION,DESIONIZACION
QUIMICAS	PETRODOW	TALCAHUANO	PETROX (RIO BIOBIO)		CLARIF.,FILTRO,INTERCAM.
	PETROX	TALCAHUANO	RIO BIOBIO		ANIONICO Y CATIONICO FILTRADO,INTERCAMBIO
					IONICO,CLORACION
	CONSUMO QUIMICAS Y PETROQUIMICAS			9.605.450	
ALIMENTICIAS	IANSA	LOS ANGELES	CANAL CALVO COSTA		CLORACION
	SOPROLE	LOS ANGELES	POZO		S/I
	NESTLE	LOS ANGELES	ESTERO PAILLIGUE		CLORACION
	CONSUMO ALIMENTICIAS			1.306.368	
PESQUERAS	PESQ. SAN JOSE	TALCAHUANO	PUNTERAS		S/I
	PESQ. TAMARUGAL	TALCAHUANO	--		S/I
	PESQ. CAMANCHACA	TALCAHUANO	--		S/I
	PESQ. EL GOLFO	TALCAHUANO	--		S/I
	PESQ. S.JOSE D.SUR	TALCAHUANO	PUNTERAS		CLORACION

(Continúa)

Tab.5.2.1 - *(Continuación)*

TIPO DE INDUSTRIA	INDUSTRIA	UBICACION	FUENTE	CONSUMO	TRATAMIENTO
PESQUERAS	ALIM. MARINOS ALIMA	TALCAHUANO	--		S/I
	PACIF. PROTEIN	CORONEL	PUNTERAS,RED URBANA		ABLANDAMIENTO POR INTER-CAMBIO IONICO
	PESQ. BIOBIO	TALCAHUANO	--		S/I
	PESQ. IQUIQUE	TALCAHUANO	--		S/I
	PESQ. ITATA	TALCAHUANO	--		S/I
	PESQ. LANDES	TALCAHUANO	--		S/I
	PESQ. QURBOSA	TALCAHUANO	--		S/I
	PESQ. TIMONEL	TALCAHUANO	--		S/I
	CONSUMO PESQUERAS			357.260	
OTRAS	CEM. BIOBIO	TALCAHUANO	RIO BIOBIO		FILTRACION,CLORACION, ADIC. POLIELECTROLITOS
	CURT. GACEL	SAN PEDRO	RIO BIOBIO		S/I
	GASCO	TALCAHUANO	RED URBANA		13% AGUA SE ABLANDA:
	MACHASA	CHIGUAYANTE	RIO BIOBIO		INTERCAM. RESINAS CATIONI-CAS DECANTADOR,FILTRO,
	INCHALAM	TALCAHUANO	RIO BIOBIO		CLORACION S/I
	CONSUMO OTRAS			241.056	
	CONSUMO TOTAL INDUSTRIAS			28.798.134	

Las industrias forestales (aserraderos, cajoneras, fábricas de tableros, etc.) se caracterizan por presentar bajos consumos de agua, ya que sus procesos son principalmente de tipo mecánico. Sus consumos están orientados principalmente a los servicios sanitarios del personal; por lo general, captan sus aguas desde la red pública de agua potable o de pozos cuando no existe red. Luego no tienen gran importancia desde el punto de vista de suministro de agua industrial.

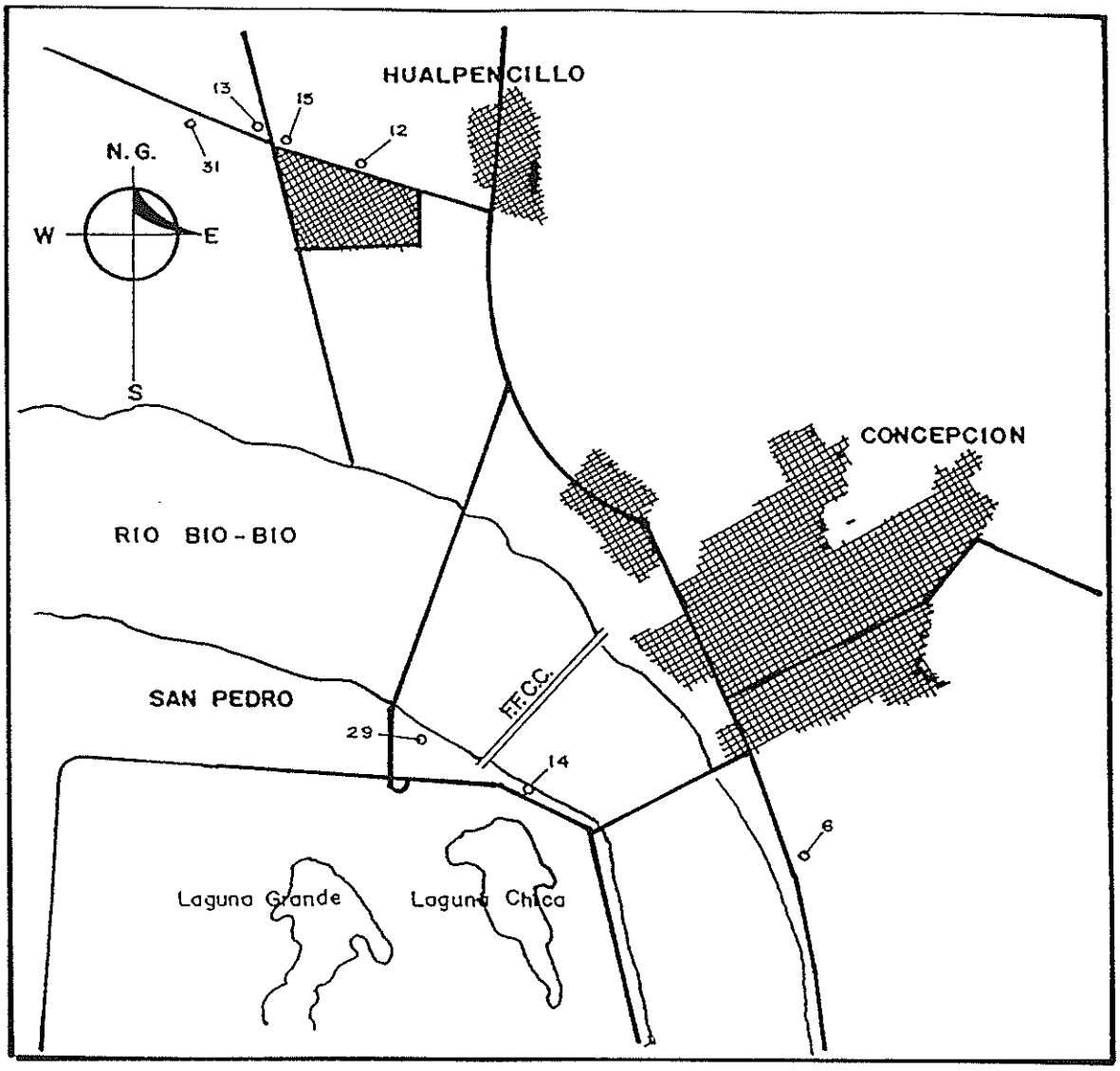
Según la normativa vigente respecto del uso de agua para fines industriales, esto es el Código de Aguas, el mecanismo legal para obtener autorización para extraer agua de una fuente superficial o subterránea, es una concesión que se traduce en un pago mínimo (en algunos casos) y sólo inicial por la explotación del recurso.

Tab.5.2.2 - Consumo específico (m^3/ton prod.), industrias de la celulosa y el papel

Arauco I	123
Arauco II	100
Celpac	78
Celulosa Laja	158(*)
Biobío	66(**)
Inforsa	92(**)
Santa Fe	99

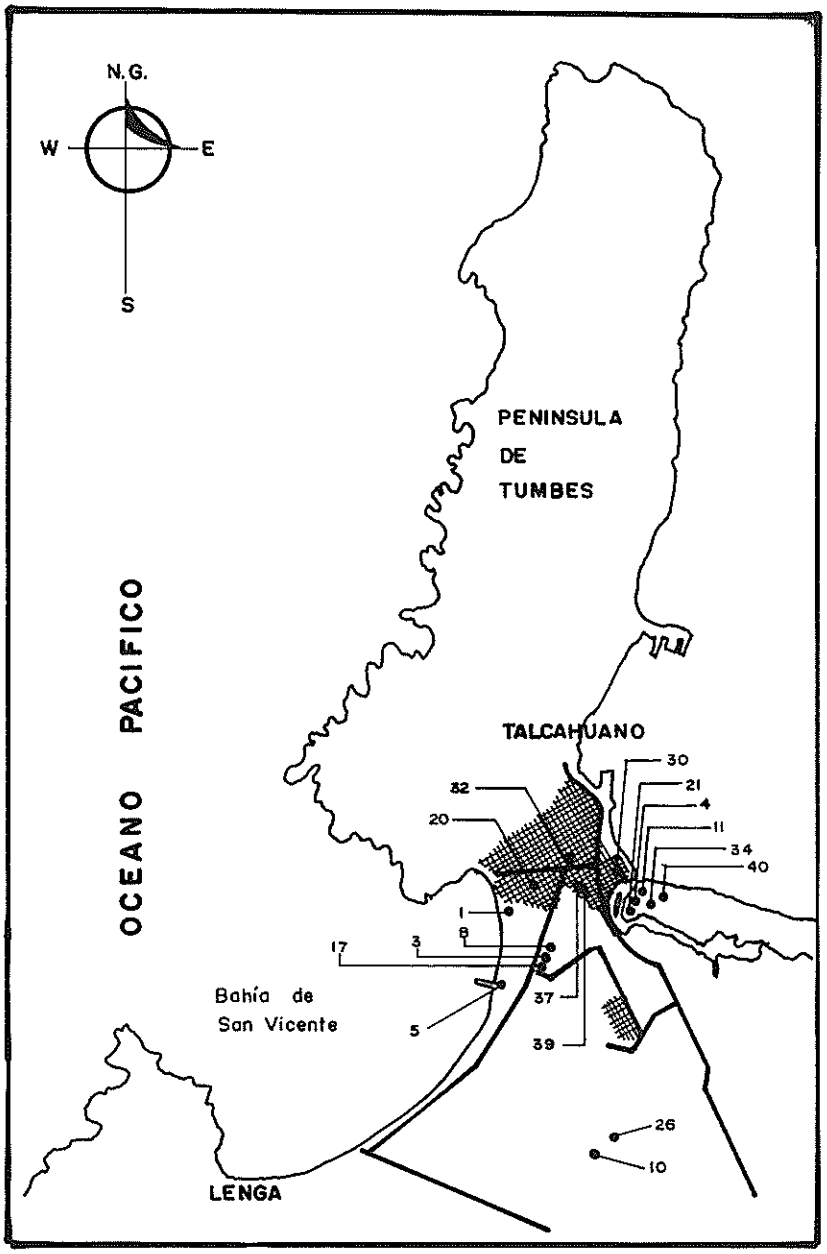
(*) Celulosa, papel, impresión, papel embalajes y otros

(**) Produce solo papel



6 C.C.U.
12 EMBOTELLADORA DEL SUR
13 EMBOTELLADORA WILLIANSON
14 GACEL
15 GASCO
29 PAPELES BIO-BIO
31 PETROX
SECTOR HABITACIONAL

Fig.5.2.1 - Ubicación de las principales industrias en el área de Concepción.



1	ALINAR	21	LANDES
3	ARTICO	26	OCCIDENTAL CHEMICAL
4	CAMANCHACA	30	PESQUERA IQUIQUE
5	CAP	31	PETROX
8	CEMENTOS BIO=BIO	32	SAN JOSE
10	DOW	34	TAMARUGAL
11	EL GOLFO	37	TIMONEL
17	INCHALAM	39	QUEBOSA
20	ITATA	40	PESQUERA BIO-BIO

Fig.5.2.2 - Ubicación de las principales industrias en el área de Talcahuano.

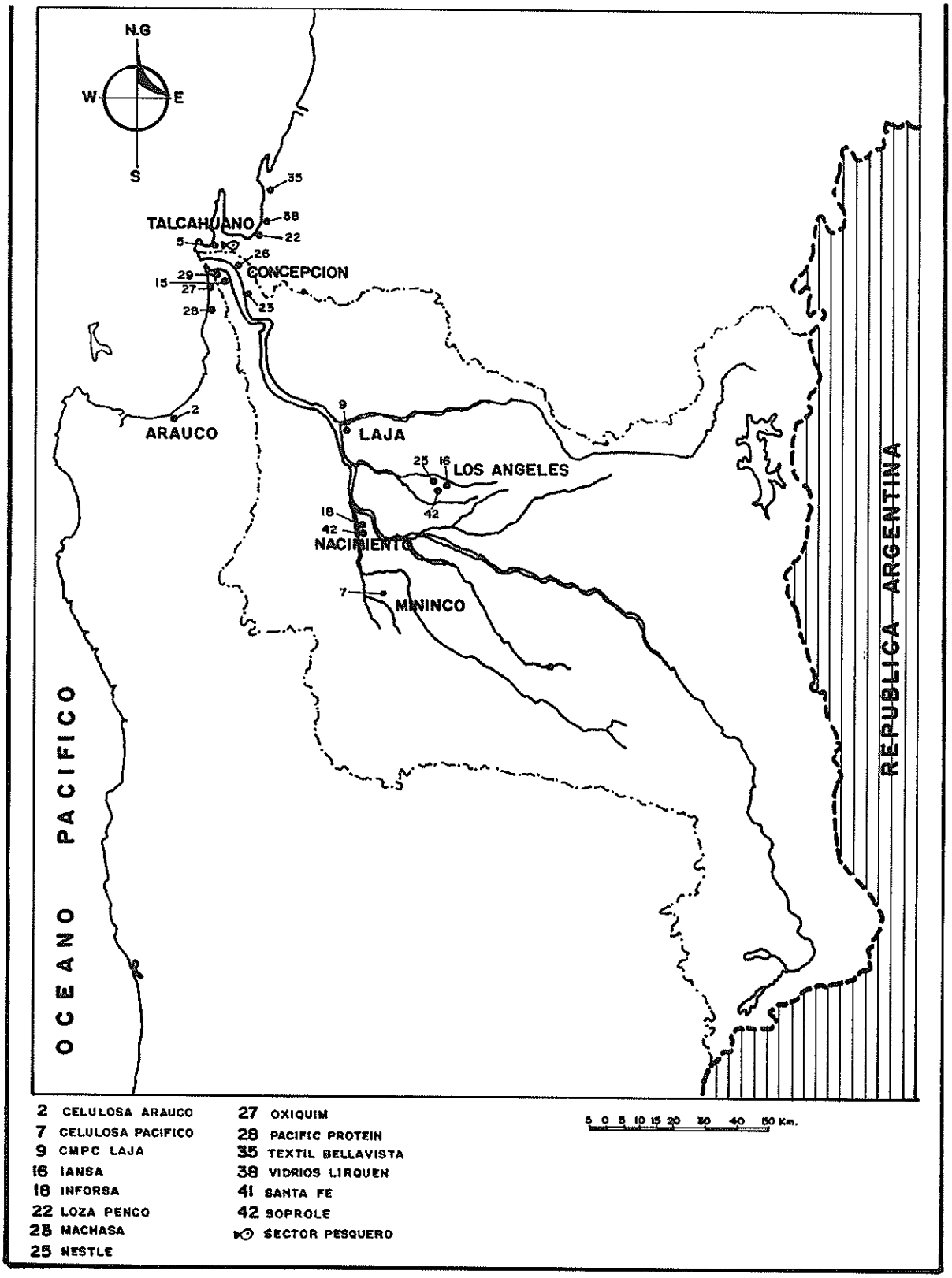


Fig.5.2.3 - Ubicación de las principales industrias en la cuenca del río Biobío y el área costera adyacente.

6 DISPOSICION DE LAS AGUAS RESIDUALES

6.1 Alcantarillado urbano

6.1.1 Situación y características de la red de alcantarillado

El sistema utilizado para las redes de alcantarillado existente en la cuenca del río Biobío es del tipo separado, es decir, una red para las aguas servidas domésticas y otra para las aguas lluvia.Las redes de alcantarillado de aguas servidas son construidas y administradas por ESSBIO en la VIII Región y por ESSAR en la IX Región. La información disponible respecto a los esquemas, extensiones y el estado de estas redes es, como se verá más adelante, bastante detallada y precisa.

La realización de las redes de aguas lluvia, en cambio, está a cargo de cada municipalidad. En relación a estas redes, la documentación es muy escasa y no se dispone de datos o mapas, a excepción de la ciudad de Concepción. Por lo tanto, no es posible saber cuáles centros tienen red de aguas lluvia ni su extensión.

De todas maneras, la extensión y/o la capacidad de las redes de aguas lluvia parece insuficiente, lo que se demuestra por los serios problemas de anegamiento que se registran en los centros urbanos durante lluvias o temporales.

En Fig.10.7.2 (ver Cap.10) se muestra el esquema de la red de aguas lluvia de Concepción, en la zona comprendida entre la laguna Lo Méndez, Lo Galindo, Lo Custodio y Las Tres Pascualas. Según la información recopilada, del año 1978, en las zonas restantes de la ciudad se encuentran colectores de aguas lluvia (diámetro variable entre 400 y 1.500 mm) sólo en algunas de las calles principales (Las Heras, Freire, San Martín, Chacabuco, Lamas, Collao). En cambio, en Los Angeles existe una red de aguas lluvia, pero la situación es insuficiente, dado que el centro de la ciudad no está conectado y, en la zona en que existe, se registran anegamientos debido a la insuficiente capacidad y a la poca mantención de los sumideros de las calles.

En relación a las redes de aguas servidas, un cuadro general de la situación y extensión del alcantarillado en la cuenca, se entrega en Fig.2.1.6, donde se han representado gráficamente los porcentajes de cobertura en las distintas ciudades en el año 1992.

En Tab.6.1.1 se muestran los centros urbanos que disponen o no de red de alcantarillado de aguas servidas, el número de conexiones al alcantarillado, el número de personas calculadas para cada conexión (de donde se obtiene la población servida), la población total (obtenida de Tab.4.1.7 del Par.4.1.2), el porcentaje de población servida (calculada como una relación entre la población servida y la población residente) y el número de fosas sépticas existentes. Todos los datos precedentes, a excepción de la población total, han sido entregados por ESSBIO y por ESSAR y representan los datos más actualizados (período junio-julio de 1992).

El número de fosas sépticas existentes en los centros urbanos es de fácil correlación con el porcentaje de cobertura del alcantarillado y, obviamente, con la población total. Concepción, por ejemplo, tiene menos habitantes que Talcahuano, pero tiene más fosas sépticas, dado que tiene un porcentaje de cobertura inferior. Además, el valor de la tabla no contempla las fosas sépticas no declaradas o ilegales.

En Tab.6.1.2 se encuentran algunos datos técnicos relativos a la red de alcantarillado de aguas servidas, excluyendo los emisarios finales. Los datos relativos a los centros de la VIII Región son del año 1992 mientras los relativos a la IX Región son del año 1990. Para los primeros ha sido posible obtener la información desagregada en función de la tipología del material constituyente

Tab. 6.1.1 - Estado de la cobertura de las redes de alcantarillado de los centros de la cuenca y del área costera adyacente

Reg.	Ciudad	Con alcantarillado	N° de susc. A	Densidad estimada B	Pobla. servida AxB	Pobla. resid. 1992	Pobla. servida %	Fosas sépticas
IX	ANGOL	si	7.431	4,16	30.913	41.600	74,3	-
VIII	ANTUCO	no	0		0	1.618	0	-
VIII	ARAUCO	si	1.363	5,05	6.883	18.675	36,9	50
VIII	CABRERO	en constr.	280	5,30	1.484	8.301	17,9	51
IX	COLLIPULLI	si	2.005	4,35	8.722	11.913	73,2	
VIII	CONCEPCION	si	29.895	5,70	170.402	222.966	76,4	1.364
VIII	CHIGUAYANTE	si	3.919	4,75	18.615	52.706	35,3	737
VIII	CORONEL	si	10.862	4,94	53.658	83.406	64,3	152
IX	ERCILLA	si	264	3,75	990	1.674	59,1	-
VIII	HUALQUI	no	0	4,43	0	9.579	0	356
VIII	LAJA	si	1.722	5,50	9.471	17.589	53,8	52
IX	LONQUIMAY	si	569	3,69	2.100	2.925	71,8	-
VIII	LOS ANGELES	si	16.610	4,95	82.220	94.041	87,4	325
IX	LOS SAUCES	si	663	4,06	2.692	1.455	185	
VIII	LOTA	si	4.400	4	17.600	49.972	35,2	21
IX	MININCO	no	0			1.302	0	-
VIII	MONTE AGUILA	no	0	4,65	0	5.946	0	13
VIII	MULCHEN	si	1.151	5,50	6.331	19.719	32,1	551
VIII	NACIMIENTO	si	1.445	5,15	7.442	18.324	40,6	310
VIII	NEGRETE	si	660	3,50	2.310	3.892	59,4	64
VIII	PENCO	no	2.935	5,20	15.262	39.333	38,8	107
VIII	QUILACO	en constr.	59	4	236	1.467	16,1	14
VIII	QUILLECO	no	0	4,30	0	2.139	0	94
IX	RENAICO	si	885	4,14	3.664	4.729	77,5	-
VIII	SAN PEDRO	si	11.096	4	44.384	49.351	89,9	125
VIII	STA. BARBARA	si	758	4,47	3.388	5.861	57,8	17
VIII	SAN ROSENDO	no	0	3,90	0	3.338	0	14
VIII	SANTA JUANA	no	0	3,35	0	5.337	0	280
VIII	TALCAHUANO	si	41.513	5,45	226.246	244.840	92,4	828
VIII	TOME	si	2.375	4,59	10.901	40.983	26,6	794
VIII	TUCAPEL	no	0	3,70	0	1.674	0	118
VIII	YUMBEL	si	949	4,30	4.081	9.573	42,6	45
	Total				**729.995**	**1.076.228**	**67,8**	**6.482**

Tab. 6.1.2 - Datos técnicos (materiales empleados, longitud, vida útil), relativos a las redes de alcantarillado de la cuenca y del área costera adyacente y relación entre los metros de la red y los habitantes

Ciudad	Asbesto-cemento		Cemento centr.		P.V.C.		Fierro fundido		TOTAL	Vida media util rim.	ml redpor habitant
	Long. (m)	Vida út. (años)	Long. (m)	Vida út. (años)	Long. (m)	Vida út. (años)	Long. (m)	Vida út. (años)	(m)		
ANGOL									71.483		2,54
ARAUCO	16.209	4			822	15	26	0	17.057		
CABRERO	no hay información										
COLLIPULLI									10.081		1,12
CONCEPCION	56.665	11	81.034	3	21.135	7	11.218	0	170.052	6	1,00
CHIGUAYANTE			44.636	13	3.954	15			48.590	13	2,61
CORONEL	1.481	5	60.299	2	12.441	10			74.221	3	1,38
ERCILLA									3.649		4,84
LAJA			28.196	7	523	10			28.719	7	3,03
LONQUIMAY									12.485		
LOS ANGELES	666	7	80.822	5	9.730	10	19	0	91.237	6	1,11
LOS SAUCES									7.307		4,64
LOTA	796	10	32.167	8	688	13	311	0	33.962	8	1,93
MULCHEN	956	4	14.566	1	1.216	15			16.738		2,64
NACIMIENTO			11.075	2	748	8			11.823	2	1,59
NEGRETE			7.343	11	405	14			7.748	11	3,35
PENCO	1.499	7	31.063	3	1.128	12	12	0	33.702	3	2,21
QUILACO			3.845	18					3.845	18	16,29
RENAICO									13.136		2,98
SAN PEDRO	23.019	11	31.046	8	18.082	12			72.147	10	1,63
SANTA BARBARA			5.189	10	4.889	15			10.078	12	2,97
TALCAHUANO	190.649	12	130.163	4	59.878	10	411	0	381.101	9	1,68
TOME	150	8	147.762	5	1.746	12			149.658	5	1,53
YUMBEL			14.452	3	235	10			14.687	3	3,60
TOTAL	**292.090**		**723.658**		**137.620**		**11.997**		**1.283.506**		
V.U media ponderada	**11**			**5**		**10**					

de las redes. En la citada tabla se encuentran la longitud y la vida media remanente de las redes, como lo ha declarado ESSBIO. Se puede observar que las tuberías de acero o fierro fundido son las más antiguas y de menor difusión, mientras el material más utilizado es el asbesto-cemento y el PVC. Estos últimos dos son los materiales más utilizados en el último tiempo.

Al observar los planos de las redes se concluye que el diámetro más común de las tuberías es 175 o 200 mm, el diámetro mínimo es de 150 mm y el máximo, presente sólo en los centros urbanos mayores, es de 600 o 700 mm.

En Tab 6.1.2 se puede también observar la vida media útil remanente de las redes completas, calculada como media ponderada de la vida útil de las zonas con materiales diversos. En la mayor parte de los centros la vida útil remanente de la red de alcantarillado resulta inferior a los 10 años (los alcantarillados más viejos son los de Coronel, Penco, Mulchén, Nacimiento, Penco y Yumbel), mientras sólo los centros de Chiguayante, Negrete, Quilaco, San Pedro y Santa Bárbara tienen alcantarillado de construcción reciente.

En Tab.6.1.3 se muestran datos análogos a los de la tabla precedente, pero referidos a los emisarios terminales de las redes. En estos casos el material más utilizado es el cemento centrifugado. En Fig.6.1.1 se han representado los porcentajes relativos al empleo de tuberías de distintos materiales en los centros poblados de la VIII Región.

El número de emisarios finales de las distintas redes de alcantarillado se encuentra en Tab.6.1.4 (ver también Anc.6.1).

Actualmente, la situación de las redes de alcantarillado en la cuenca, prescindiendo de la situación de las redes de aguas lluvia, es bastante satisfactoria, si se compara con el nivel de otras infraestructuras urbanas (caminos, casas, transportes, etc.).De hecho, al interior de la cuenca sólo, considerando los centros urbanos de más de 1.000 habitantes, el porcentaje de población servida de alcantarillado es de un 67.9%.

En algunas situaciones (Los Angeles, San Pedro y Talcahuano), la cobertura de alcantarillado es óptima, superando el 80% de los habitantes. El porcentaje de cobertura en los restantes centros con más de 10.000 habitantes, varía de un 30% (Tomé, Arauco, Chiguayante, Lota) un 75 % (Concepción, Angol). El más importante centro urbano desprovisto de red de alcantarillado es Hualqui, que tiene cerca de 10.000 habitantes.

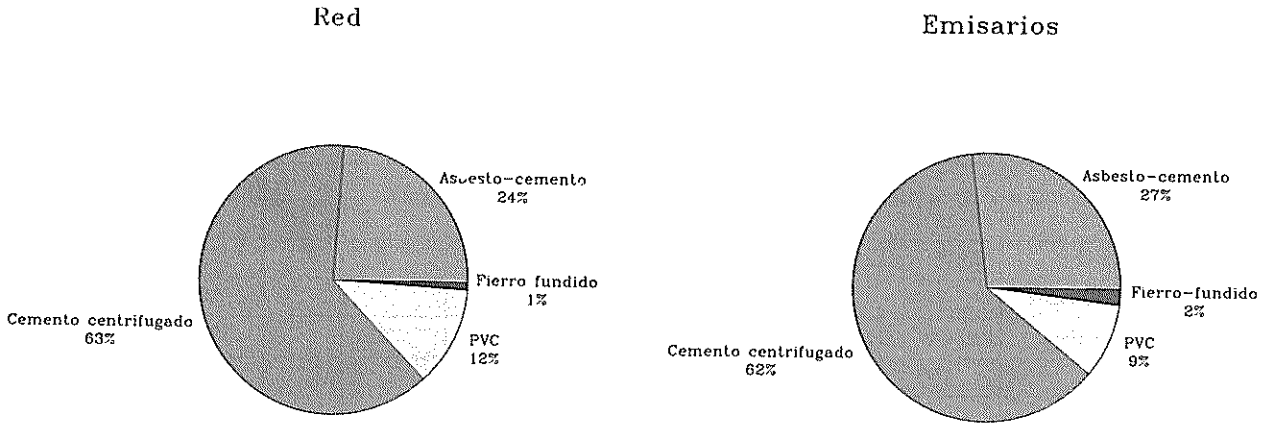


Fig.6.1.1 Distribución porcentual de los materiales utilizados en las redes de alcantarillado y en sus emisarios de las ciudades de la cuenca y del área costera adyacente

Tab. 6.1.3 - Datos técnicos (materiales empleados, longitud y vida útil), relativos a los emisario de las redes de alcantarillado en la cuenca y en el área costera adyacente

Ciudad	Asbesto-cemento		Cemento centr.		P.V.C.		Fierro fundido		TOTAL	Vida media util rim.
	Long. (m)	Vida út. (años)	Long. (m)	Vida út. (años)	Long. (m)	Vida út. (años)	Long. (m)	Vida út. (años)	(m)	
ANGOL									3.760	
ARAUCO									n.e.	
CABRERO	no hay información									
COLLIPULLI									1.134	
CONCEPCION	6.908	13	2.448	5					9.356	11
CHIGUAYANTE			4.534	15		15			4.534	15
CORONEL	825	5	3.453	2			235	0	4.513	2
ERCILLA										109
LAJA			264	10					264	10
LONQUIMAY									1.275	
LOS ANGELES	216	7	344	5	27	12	81	0	668	5
LOS SAUCES									920	
LOTA			1.768	5					1.768	5
MULCHEN			20	1			118	0	138	
NACIMIENTO			77	5			27	0	104	4
NEGRETE			740	11					740	11
PENCO			1.216	5					1.216	5
QUILACO			417	18					417	18
RENAICO										340
SAN PEDRO			3.061	8	1.556	13	126	0	4.743	9
SANTA BARBARA			880	13					880	13
TALCAHUANO	3.980	12	4.500	7	1.578	13			10.058	10
TOME			711	5			140		851	4
YUMBEL			2.721	3					2.721	3
TOTAL	**11.929**		**26.274**		**4.041**		**727**		**50.509**	

6.1.2 Localización de los puntos de descarga

En Ane.6.1 se han recopilado todas las redes de alcantarillado de aguas servidas existentes en los centros urbanos de la cuenca del río Biobío y del área costera adyacente. En tales esquemas se han individualizado los emisarios de las redes, los puntos de descarga y el área que descarga cada emisario.
Los cuerpos receptores de las distintas descargas se han indicado en los esquemas de Ane.6.1, mientras en Par.8.3.2 se entrega una carta donde se identifican las descargas, civiles e industriales, presentes a lo largo del tramo de la costa que va del Golfo de Arauco a la Bahía de Concepción.
La información recopilada está basada en los mapas existentes de las redes de alcantarillado, entregados por ESSBIO y ESSAR que se han verificado y actualizado consultando directamente al personal técnico de los respectivos organismos o bien realizando una verificación en el terreno.

6.1.3 Estimación de los caudales de descarga

A excepción de algunas mediciones esporádicas efectuadas en algunos casos específicos,que se entregan más adelante, no existen estudios sistemáticos y generales que hayan estudiado los caudales descargados por los emisarios de las redes de alcantarillado existentes.
Por lo tanto, para la estimación de los caudales descargados , es necesario basarse sobre cálculos indirectos. Entre éstos se puede hacer referencia a algunas estimaciones efectuadas por ESSBIO y por ESSAR y a un cálculo indirecto en base a la población servida de cada emisario y a la dotación hídrica media. Esta metodología corresponde a la forma más utilizada actualmente para cálculos de este tipo.
En Tab.6.1.4 se presentan estas estimaciones para los emisarios de las distintas redes de alcantarillado (ver Ane.6.1). Para las dotaciones hídricas se han utilizado los valores entregados en el Par.5.1, mientras la estimación de la población servida por cada emisario, en los casos en que el centro urbano posee más de un emisario, se ha calculado considerando el área servida por cada emisario. Tales áreas se encuentran también en Ane.6.1. Para el coeficiente de recuperación del alcantarillado se ha adoptado el valor de 0.8.
Las mediciones directas de los caudales en los emisarios de las redes de alcantarillaso son, como se ha dicho, muy escasas y esporádicas. Los pocos datos existentes se refieren a los emisarios de la ciudad de Los Angeles [SENDOS, 1987] y de Talcahuano [EULA,1991]. Los caudales determinados en estos emisarios (ver Ane.6.1 para su identificación) se encuentran en Tab.6.1.5 y en Figs.6.1.2-6.1.5.
Como se puede observar en Figs.6.1.2-6.1.4, los caudales medidos en algunos de los emisarios de Talcahuano son mayores en invierno que en verano. Esta anomalía, dado que normalmente en verano se usa y se descarga una mayor cantidad de agua, es debida probablemente al problema de la infiltración, que se tratará más adelante. A parte de esta anomalía, el comportamiento de la curva horaria de los caudales es similar a la teórica entregada en la literatura. En algunos casos el caudal en el curso del día resulta bastante constante y sin "peaks". Es el caso del emisario N° 3 de Talcahuano (Fig.6.1.2), que recibe no sólo descargas civiles, este fenómeno podría ser provocado por descargas industriales, que modifican el comportamiento cíclico de las descargas domésticas.
Un aspecto que amerita la atención en la estimación de los caudales en las redes de alcantarillado, es la infiltración del agua del terreno debida a la presencia de la napa subterránea o de aguas de las lluvias, con el consiguiente aumento del caudal real respecto al caudal estimado.
La presencia de una infiltración no despreciable ha sido señalada en varios estudios, en base al hecho que los análisis efectuados para el agua de alcantarillado muestran valores de dilución importantes [Varela y Viveros, 1984; SENDOS, 1987].

Tab. 6.1.4 - Porcentaje de cobertura para cada emisario de la red de alcantarillado, receptores de los emisarios, caudal de descarga estimada y carga entregada por ESSBIO o ESSAR

Reg.	Ciudad	Area 10^3 m^2	% cobertura	Dotación hídrica l/hab/d	Pobl. servida AxB	Caudal estimado l/s	Caudal estimado ESSBIO o ESSAR
IX	ANGOL			160	30.913	46	61,4
	emisario 1	516,18	28	160	8.779	13	
	emisario 2	92,13	05	160	1.567	2	
	emisario 3	60,17	03	160	1.023	2	
	emisario 4	679,60	37	160	11.559	17	
	emisario 5	74,50	04	160	1.267	2	
	emisario 6	168,24	09	160	2.861	4	
	emisario 7	46,95	03	160	799	1	
	emisario 8	11,64	01	160	198	0	
	emisario 9	78,68	04	160	1.338	2	
	emisario 10	89,44	05	160	1.521	2	
VIII	CABRERO	511,47	100	135	1.484	2	
IX	COLLIPULLI			130	8.722	10	12,9
	emisario 1	151,15	18	130	1.527	2	
	emisario 2	712,43	82	130	7.195	9	
VIII	CONCEPCION			210	170.402	331	
	emisario 1	2860,36	45	210	77.193	150	
	emisario 2	1843,19	29	210	49.742	97	
	emisario 3	269,97	4	210	7.286	14	
	emisario 4	504,22	8	210	13.607	26	
	emisario 5	53,64	1	210	1.448	3	
	emisario 6	136,42	2	210	3.682	7	
	emisario 7	222,64	4	210	6.008	12	
	emisario 8	209,90	3	210	5.665	11	
	emisario 9	26,12	0	210	705	1	
	emisario 10	56,11	1	210	1.514	3	
	emisario 11	131,65	2	210	3.553	7	
VIII	CHIGUAYANTE	1562,17	100	160	18.615	28	
VIII	CORONEL			130	54	65	
	emisario 1	486,72	20	130	10.901	13	
	emisario 2	408,43	17	130	9.148	11	
	emisario 3	1500,61	63	130	33.609	40	

(Continúa)

Tab. 6.1.4 - *(Continuación)*

Reg.	Ciudad	Area 10^3 m^2	% cobertura	Dotación hídrica l/hab/d	Pobl. servida AxB	Caudal estimado l/s	Caudal estimado ESSBIO o ESSAR
IX	ERCILLA	997,68		105	990	1	1,1
	VIII LAJA			135	9.471	12	
	emissario 1	401,35	57	135	5.386	7	
	emissario 2	304,39	43	135	4.085	5	
IX	LONQUIMAY	2051,30	100	75	2.100	1	2,8
VIII	LOS ANGELES			170	82.220	129	
	emissario 1	439,96	10	170	7.907	12	
	emissario 2	71,53	2	170	1.285	2	
	emissario 3	166,86	4	170	2.999	5	
	emissario 4	2823,77	62	170	50.746	80	
	emissario 5	181,07	4	170	3.254	5	
	emissario 6	25,67	1	170	461	1	
	emissario 7	24,23	1	170	435	1	
	emissario 8	576,01	13	170	10.352	16	
	emissario 9	232,29	5	170	4.175	7	
	emissario 10	33,72	1	170	606	1	
IX	LOS SAUCES		100	120	2.692	3	3
VIII	LOTA			130	17.600	21	
	emissario 1	1238,22	25	130	4.415	5	
	emissario 2	3697,78	75	130	13.185	16	
VIII	MULCHEN			115	6.331	7	
	emissario 1	1948,02	86	115	5.442	6	
	emissario 2	318,08	14	115	889	1	
VIII	NACIMIENTO			170	7.442	12	
	emissario 1	407,55	43	170	3.169	5	
	emissario 2	322,38	34	170	2.507	4	
	emissario 3	227,11	24	170	1.766	3	
VIII	NEGRETE	353,82	100	120	2.310	3	
VIII	QUILACO		100	100	236	0	
IX	RENAICO			120	3.664	4,1	3,8
	emissario 1	123,66	36	120	1.319	1,5	
	emissario 2	219,78	64	120	2.345	2,6	

(Continua)

Tab. 6.1.4 - *(Continuación)*

Reg.	Ciudad	Area 10^3 m^2	% cobertura	Dotación hídrica l/hab/d	Pobl. servida AxB	Caudal estimado l/s	Caudal estimado ESSBIO o ESSAR
VIII	SAN PEDRO			180	44.384	74	
	emissario 1	174,34	08	180	3.675	6	
	emissario 2	87,70	04	180	1.849	3	
	emissario 3	366,75	17	180	7.732	13	
	emissario 4	113,30	05	180	2.388	4	
	emissario 5	365,58	17	180	7.707	13	
	emissario 6	50,47	2	180	1.064	2	
	emissario 7	947,25	45	180	19.969	33	
VIII	STA. BARBARA			140	3.388	4	
	emissario 1	251,94	67	140	2.255	3	
	emissario 2	126,52	33	140	1.133	1	
VIII	TALCAHUANO			185	226.246	388	
	emissario 1	100,95	1	185	3.311	6	
	emissario 2	151,56	2	185	4.971	9	
	emissario 3	3855,02	56	185	126.451	217	
	emissario 4	5,71	0	185	187	0	
	emissario 5	1152,40	17	185	37.800	65	
	emissario 6	262,78	4	185	8.620	15	
	emissario 7	1325,34	19	185	43.473	74	
	emissario 8	43,66	1	185	1.432	2	
VIII	TOME			125	10.901	13	
	emissario 1	202,36	31	125	3.379	4	
	emissario 2	322,97	49	125	5.393	6	
	emissario 3	127,53	20	125	2.129	2	
VIII	PENCO-LIRQUEN			145	15.262	20	
	emissario 1	910,89	84	145	12.862	17	
	emissario 2	57,52	5	145	812	1	
	emissario 3	112,43	10	145	1.588	2	
VIII	YUMBEL EST.	107,67	19	125	784	1	
VIII	YUMBEL PUEBLO	452,50	81	125	3.297	4	

Tab. 6.1.5 - Medición de caudal y análisis efectuados en algunos emisarios de Talcahuano y en algunos puntos de la red de Los Angeles (SENDOS, 1987, EULA, 1991)

Emisario	Origen	Hora	Q l/s	Temp. °C	pH	BOD mg/l	COD mg/l	ST mg/l	S.susp. mg/l	Sol. Sed.mg/l	Sol.Vol.Tot mg/l	NH4 mg/l	NO2 mg/l	NO3 mg/l	Ortofos. mgPO4/l	P total mgPO4/l	Cloruro mg/l	Detergente mg/l	Fenoles mg/l	Hg mg/l	Cd mg/l	Ni mg/l	Zn mg/l	Cr mg/l	Col. tot mpn/100ml	Col. fec. mpn/100ml
3	TALCAHUANO (agosto 1991)	8,00	214,0	14,40																						
		10,00	388,0	14,30																						
		12,00	317,0	16,30																						
		14,00	397,0	15,60		530	571	1520	51	5,40	1020	18,30	,78	1,50	38	41,20	11,70	2,20	,54	,25	,15	2,36	,17	3,70	4,60E+7	1,50E+7
		16,00	392,0	15,80																						
		18,00	376,0	14,90																						
		20,00	341,0	14,70																						
		22,00	330,0	14,90																						
		24,00	262,0	14,30																						
		2,00	265,0	14,30																						
		4,00	265,0	14,20		386	397	920	8	2,25	450	15,30	,75	2,40	13,30	24,10	178	1,90		,50	,04	,52	,25	1,15	1,10E+7	4,60E+6
		6,00	194,0	14,40																						
2	TALCAHUANO (agosto 1991)	7,00	1,1																							
		9,00	3,5																							
		11,00	19,9																							
		14,00	32,1	13,30		478																			>2.4*10^8	>2.4*10^8
		17,00	13,7																							
		19,00	25,8																							
		21,00	28,9																							

(Continua)

Tab. 6.1.5 - *(Continuación)*

Emisario	Origen	Hora	Q l/s	Temp. °C	pH	BOD mg/l	COD mg/l	ST mg/l	S.susp. mg/l	Sol. Sed.mg/l	Sol.Vol.Tot mg/l	NH4 mg/l	NO2 mg/l	NO3 mg/l	Ortofos. mgPO4/l	P total mgPO4/l	Cloruro mg/l	Detergente mg/l	Fenoles mg/l	Hg mg/l	Cd mg/l	Ni mg/l	Zn mg/l	Cr mg/l	Col. tot mpn/100ml	Col. fec. mpn/100ml
1	TALCAHUANO (agosto 1991)	7,00	12																							
		9,00	13																							
		11,00	6,2																							
		14,00	9,1	13,80		212																			>2.4*10^6	>2.4*10^8
		17,00	7,8																							
		19,00	9,7																							
		21,00	10,4																							
Los Angeles: colector de calle Biobío al estero Paillihue(1)		2/3/87																								
		9,45	7	19	7,83																					
		16/3/87																								
		10,20	7	18,50	7,38																					
		9/2/87																								
		12,30	7	19,50	7,30																					
		28/1/87																								
		12,15	5	19	7,39																					
Los Angeles: colector de calle Colo Colo al estero Quilque (2)		23/1/87																								
		0	118	18	6,76		188																			
		4	97	17	6,60		48																			
		8	134	18	6,58		236																			
		10	142	18,50	6,60		688																			
		12	143	19	6,55		372																			
		14	140	20	6,42		348																			
		16	140	20	6,73		304																			
		19,30	124	20,50	6,62		276																			
		22	128	18	6,71		212																			

(Continúa)

Tab. 6.1.5 - *(Continuación)*

Emisario	Origen	Hora	Q l/s	Temp. °C	pH	BOD mg/l	COD mg/l	ST mg/l	S.susp. mg/l	Sol. Sed.mg/l	Sol.Vol.Tot mg/l	NH4 mg/l	NO2 mg/l	NO3 mg/l	Ortofos. mgPO4/l	P total mgPO4/l	Cloruro mg/l	Detergente mg/l	Fenoles mg/l	Hg mg/l	Cd mg/l	Ni mg/l	Zn mg/l	Cr mg/l	Col. tot mpn/100ml	Col. fec. mpn/100ml
Los Angeles: colector de calle Henriquez al estero Quilque (IANSA)		23/1/87																								
		9	82	33	4,96		8200																			
		12,20	82	34	4,89		6400																			
		14,30	74	35	4,84		7200																			
		28/1/87																								
		14,30	58	34	5	5100	8800	9172																		
		9/2/87																								
		14,30	77	40	4,95																					
		9/2/87																								
		11,20	33	20	6,99																					
		16/3/87																								
		12,25	23	18,50	6,30																					
		27/3/87																								
		10,30	77	23	5,94																					

(1) Principal descarga de la ciudad al estero Paillihue
(2) Principal descarga de la ciudad al estero Quilque

Entre las causas de este fenómeno se encontrarían la falta de colectores de aguas lluvia y la no mantención de las tuberías. Varela y Viveros [1984] sugieren utilizar un valor medio de infiltración de 0.8 litros por km de tubería. En el proyecto del alcantarillado de San Carlos [SENDOS,1978], se ha utilizado un valor de 0.3 l/s por hectárea (en la hipótesis de un desarrollo de la red de alcantarillado igual a 400 m/há), en condiciones de napa casi superficial y ausencia total de recolección de las aguas lluvia. Por último, en el proyecto del alcantarillado de Coronel [ICI, 1985] se ha utilizado un valor de 0.24 l/s por hectárea.

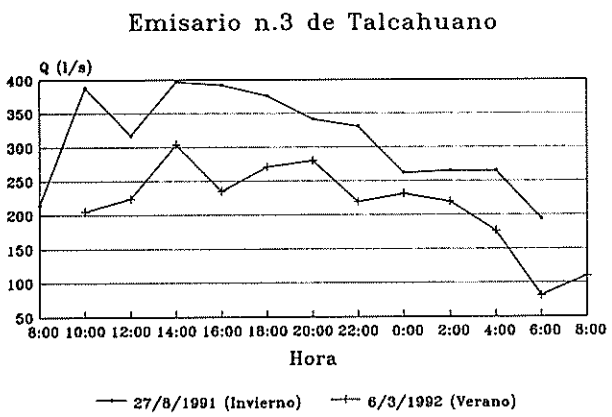


Fig.6.1.2 Comportamiento diario de los caudales medidos en el emisario 3 de Talcahuano [EULA - Universidad de Concepción, 1991]

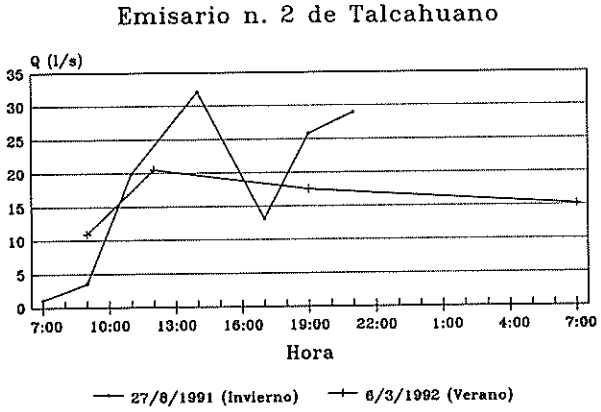


Fig.6.1.3 Comportamiento diario de los caudales medidos en el emisario 2 de Talcahuano [EULA - Universidad de Concepción, 1991]

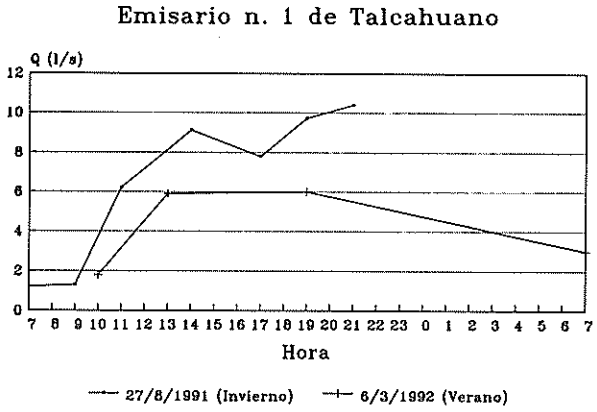


Fig.6.1.4 Comportamiento diario de los caudales medidos en el emisario 1 de Talcahuano [EULA - Universidad de Concepción, 1991]

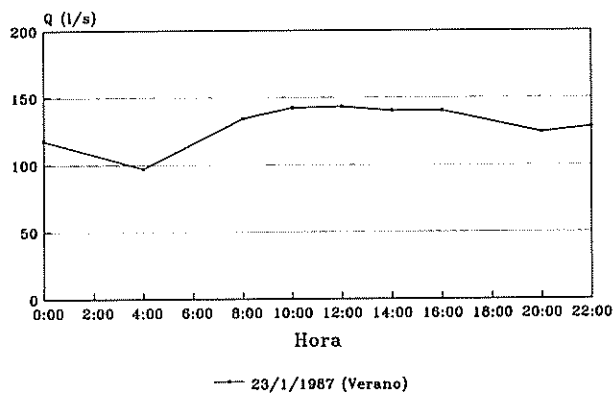


Fig.6.1.5 Comportamiento diario de los caudales medidos en el colector principal de Los Angeles que descarga en el estero Quilque (calle Colo Colo) [SENDOS, 1987]

6.1.4 Características cualitativas de las aguas residuales domésticas descargadas

En relación a las características cualitativas de las aguas residuales domésticas no existe una información abundante de mediciones directas en los distintos emisarios de todos los centros urbanos. Los datos existentes se refieren a los mismos emisarios para los cuales existen mediciones directas de los caudales y se encuentran en Tab.6.1.5, ya citada anteriormente.

De éstos no es posible extrapolar consideraciones generales o generalizables en relación a las características cualitativas de las aguas de alcantarillado de los distintos centros urbanos, dado que, como se ha dicho, los muestreos se refieren sólo a dos ciudades y son esporádicos.

Se puede señalar, eso sí, que la presencia de metales pesados y otros compuestos nocivos (como fenoles), en los emisarios que recolectan aguas no sólo civiles (emisario N°3 de Talcahuano), resulta inferior a los límites contemplados en la normativa internacional para aceptar las descargas en el alcantarillado (ver Par.10.5).

Los valores de DBO, DQO y sólidos totales encontrados en el emisario N° 3 de Talcahuano son superiores a los medios característicos de un alcantarillado civil y confirman entonces la presencia de descargas de otra naturaleza caracterizadas por una alta biodegradabilidad.

Respetando la norma para un agua de origen doméstico, se encuentran los valores de DBO y DQO medidos en el emisario N° 2 de Talcahuano y en el emisario de Los Angeles.

Un comentario aparte se debe hacer para uno de los emisarios de Los Angeles, que recolecta casi exclusivamente el agua de la industria IANSA (ver Par.6.3) y tiene, por lo tanto, una composición absolutamente diferente a la de las aguas domésticas.

Como referencia, se muestra en la Tab.6.1.6 la composición típica de un agua de alcantarillado de origen doméstico [Metcalf & Eddy, 1979].

En todos los casos en los cuales la componente civil es preponderante, se puede hacer referencia a los valores que se encuentran en esta tabla, dado que las características y la composición de tales aguas es relativamente constante y depende sólo de una mayor o menor dilución.

Si a la componente doméstica se agregan aportes relevantes de otra naturaleza, es importante conocer las características cualitativas específicas, obtenidas mediante mediciones directas.

Tab. 6.1.6 - Composición típica de aguas servidas [Metcalf&Eddy, 1979].(todos los valores son en mg/l, excepto los sólidos sedimentables)

	CONCENTRACION		
PARAMETRO	BAJA	MEDIA	ALTA
Sólidos totales	1200	720	350
disueltos;	850	500	250
volátiles	525	300	145
no volátiles	325	200	105
Suspendidos:	350	220	100
volátiles	75	55	20
no volátiles	275	165	80
Sólidos sedimentables (ml/l)	20	10	5
DBO_5	400	220	110
OD	290	160	80
DQO	1000	500	250
Nitrógeno total	85	40	20
orgánico	35	15	8
amoniacal	50	25	12
nitritos	0	0	0
nitratos	0	0	0
Fósforo total (como P)	15	8	4
orgánico	5	3	1
inorgánico	10	5	3
Cloruros	100	50	30
Alcalinidad (como $CaCO_3$)	200	100	50
Grasas	150	100	50

6.1.5 Situación y características de las plantas de tratamiento existentes

En el territorio estudiado no existen (en la práctica) plantas de tratamiento para las aguas residuales domésticas.
En Cabrero existe una laguna, de tipo aeróbico, ubicada al oeste de la ciudad (cerca del estero Coihueco), que ocupa un área trapezoidal de casi 11 hectáreas, con una profundidad de 60-70 cm. Pero esta laguna no se encuentra en funcionamiento.
En Concepción existe una del tipo "zanja de oxidación" muy pequeña, ubicada en las proximidades del estadio Collao, que se ha construido casi como una planta piloto, pero que tampoco se encuentra en operación.
Algunos centros poseen fosas sépticas antes de su descarga final:

- Quilaco posee una fosa séptica ubicada en las proximidades de un brazo secundario del Biobío, a la cual se envían todas las aguas del alcantarillado;
- Santa Bárbara posee una fosa séptica al lado del Biobío, que recibe cerca del 40% de las aguas de esta localidad.

La ciudad de Coronel cuenta con un emisario submarino, realizado con una tubería de PVC,con un diámetro de 500 mm y una longitud de 600 m, que sirve a la parte sur de la ciudad.
Se puede ver, entonces, como la infraestructura de depuración y tratamiento es absolutamente insuficiente, y en la práctica inexistentes para las descargas de alcantarillado.Los aspectos negativos ligados a esta situación, se acentúan por el hecho que la cobertura de alcantarillado es bastante alta (cubre el 68% de la población) y, por lo tanto, se crean puntos de contaminación localizados y concentrados, cuyo impacto total sobre el ambiente es mayor que en el caso en el que las descargas fuesen difusas y diluidas. Este argumento se explicará en mayor detalle en Cap.10.

6.1.6 Aspectos normativos actuales

La legislación chilena no contempla una norma orgánica y específica relativa a la recolección, tratamiento y disposición de las aguas servidas. Pero, algunas prescripciones sobre esta materia se encuentran en el Decreto Ley N°275 de 1967 del Código Sanitario:

- art. 69: " La construcción o remodelación de poblaciones requiere la aprobación previa por el Servicio de Salud de los servicios de agua potable y alcantarillado..";
- art. 71: "Corresponde al Servicio de Salud aprobar los proyectos de construcción, reparación, modificación o ampliación de cualquiera obra pública o privada, destinada a la provisión o purificación de agua potable de una población, y a la evacuación, tratamiento y disposición final de desagües, aguas servidas y residuos industriales y mineros...";
- art. 72: "El Servicio de Salud ejerce la vigilancia sanitaria sobre las provisiones o plantas de agua para uso humano y sobre plantas de aguas servidas y de residuos industriales o mineros; puede sancionar a los responsables de infracciones y, en casos calificados, intervenir directamente en la explotación de los servicios..";
- art. 73: "Se prohibe vaciar aguas servidas o residuos industriales o mineros en cursos de agua que sirvan para proveer agua potable a una población; para riego o para balneario, sin previa depuración en forma reglamentaria".

Se trata, como se puede observar, de prescripciones de tipo autorizativo y de control, pero que no están acompañadas de un reglamento específico o técnico que identifique los requisitos o estándares que deban respetar los efluentes, la recolección, el tratamiento y la disposición final de las aguas.

6.2 Descargas Industriales

La ubicación de las industrias en la cuenca del Biobío se puede apreciar en Fig.5.2.1 y, en la zona de Concepción-Talcahuano, en Figs.5.2.2 y 5.2.3. Se observa que la mayoría se encuentra en la intercomuna Concepción-Talcahuano, en Los Angeles o distribuidas en la cuenca, como las plantas de celulosa, pero siempre en la parte baja del río Biobío.

6.2.1 Cuantificación y localización de las descargas industriales

En general no se cuenta con la información de los caudales descargados por las industrias, excepto para la industria pesquera, pero se dispone de los caudales de consumo de agua por cada una de ellas. Con estos valores se puede hacer una estimación del caudal de descarga, en base al tipo de industria y de los procesos utilizados, considerando

Tab 6.2.1 Caudales descargados y localización de los puntos de descarga industrial según cuerpo receptor.

Empresa	Cuerpo Receptor	Nombre	Ubicación descargado	Caudal m^3/d
Celulosa Pacífico	Río	Biobío	Negrete	60.000
Celulosa Laja	Río	Biobío	Laja	120.000
Inforsa	Río	Vergara	Nacimiento	26.000
Forestal Sta. Fé	Río	Biobío	Nacimiento	60.000
Papeles Biobío	Río	Biobío	Concepción	18.000
Petrox	Río	Biobío	Desembocadura	250.000
Curtiembre Gacel	Río	Biobío	Concepción	400
Iansa	Estero	QuilquePaillihue	Los Angeles	30.000
Soprole	Estero	Quilque	Los Angeles	1.000
			Subtotal	565.400
Com.Cervecerías	Alcantarillado	Talcahuano		1.000
Unidas Embote. del Sur	Alcantarillado	Talcahuano		700
Gasco	Alcantarillado	Talcahuano		450
Machasa	Alcantarillado	Chiguayante		1.370
			Subtotal	3.520
Arauco I	Mar	Golfo de Arauco	Arauco	65.000
Arauco II	Mar	Golfo de Arauco	Arauco	100.000
Oxyquim	Mar	Golfo de Arauco		500
			Subtotal	165.500
Compañía de Acero	Mar	B. San Vicente		125.000
del Pacífico (CAP) Oxy	Mar	B. San Vicente vía Canal Lenga		5.000
Petrodow	Mar	B. San Vicente vía Canal Lenga		7.000
Pesquera Alimar	Mar	B. San Vicente		9.600
			Subtotal	146.600
Pesqueras	Mar	B. de Concepción		47.300
			Subtotal	47.300
			Subtotal mar	359.400
			Total	930.000

un porcentaje del agua de consumo. Esta estimación, para cada industria, se puede observar en Tab.6.2.1.

Para el caso de la industria pesquera se han medido detalladamente los caudales descargados en las campañas de muestreo efectuadas por el Centro EULA durante los años 1991 y 1992, en las principales plantas de Talcahuano. Un resumen de estos valores se encuentra en Tab.6.2.2, con la variabilidad del caudal.

Cabe señalar que en la industria del pescado se utiliza agua que proviene del mar para el desembarque y para algunas etapas del proceso de elaboración de harina de pescado, contando cada empresa con un sistema de bombeo particular que capta las aguas del mar.

En Fig.6.2.1 se encuentra graficado el porcentaje de agua descargada por tipología de industria. Se aprecia que, de un total de aproximadamente 930.000 m^3/día, la industria de la celulosa descarga 389.000 m^3/día (42%), la industria petroquímica descarga 288.000 m^3/día (31%), la industria siderúrgica, 110.000 m^3/día (12%), la industria pesquera descarga 57.200 m^3/día (6%), la industria alimentaria descarga 36.000 m^3/día (4%) y otras industrias 47.800 m^3/día (5%).
Además, se observa que las descargas de las industrias generalmente se localizan en los cuerpos de aguas más cercanos, ya sea río o mar, a excepción de la Celulosa Pacífico que cuenta con un canal que lleva las aguas hasta el río Biobío cerca de Negrete. En Figs.5.2.1, 5.2.2 y 5.2.3, también se puede observar la localización de los puntos de descarga.
La localización de las descargas en la Bahía de San Vicente, en la Bahía de Concepción y en el Golfo de Arauco se han identificado en Fig.8.3.10 y Fig.8.3.11.
En Tab.6.2.1 también se ha resumido para cada industria el cuerpo receptor de sus Residuos Industriales Líquidos (RILES).

Tab 6.2.2 Caudales descargados por las principales industrias pesqueras de Talcahuano.

Empresa	**Caudal máximo m^3/hora**	**Caudal mínimo m^3/hora**	**Caudal medio m^3/hora**
Pesquera 1	668	1211	971
Pesquera 2	231	528	439
Pesquera 3	394	493	431
Pesquera 4	499	1216	856
Pesquera 5	597	622	609
Pesquera 6	426	665	520
Pesquera 7	5	12	9
Pesquera 8	108	120	114
Pesquera 9	487	552	515
Pesquera 10(*)			677
Pesquera 11 (conservera)	564	676	620
Total (en base al caudal medio en cada día de producción)			5.761 (m^3/h) 138.264 (m^3/día)
Promedio diario anual (150 días de producción al año)			56.820 (m^3/día)

(*) sólo un valor medido

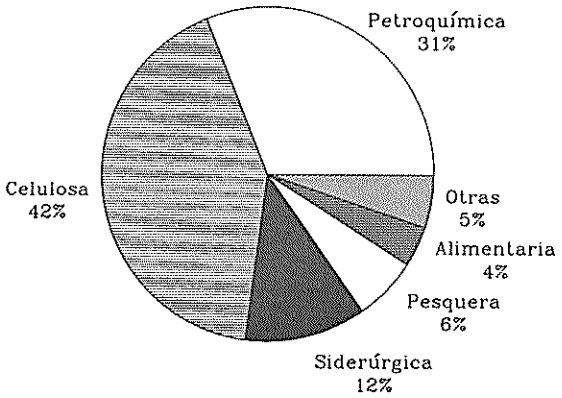


Fig.6.2.1 Distribución porcentual de los caudales descargados por los distintos sectores industriales en la cuenca del Biobío y el área costera adyacente

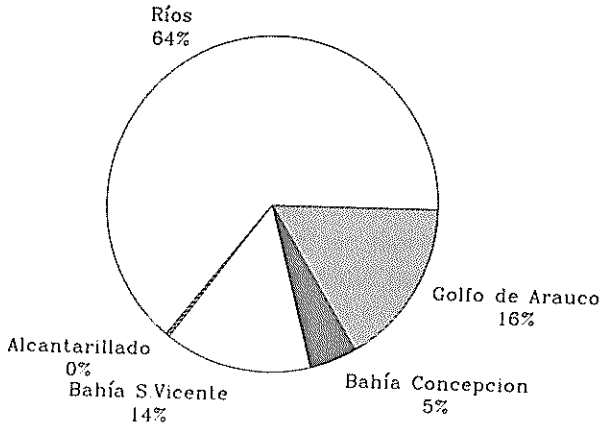


Fig.6.2.2 Distribución porcentual de los caudales descargados por las industrias en los distintos cuerpos receptores

En Fig.6.2.2 se grafica la importancia del caudal descargado, por las industrias estudiadas, en cada uno de los cuerpos receptores, identificando los porcentajes descargados en las bahías del litoral cercano a la desembocadura, en el río Biobío y sus distintos afluentes y en el alcantarillado. Se puede observar que, con la información disponible, un 64% descarga en los ríos (Biobío o afluentes), un 16% en el Golfo de Arauco, un 14% en la Bahía de San Vicente, un 5% en la Bahía de Concepción y menos de 1% en el alcantarillado.

6.2.2 Características cualitativas de las descargas industriales

Se realizaron análisis completos de los RILES a las industrias en las distintas campañas realizadas dentro del marco del Proyecto EULA. Estas muestras fueron tomadas en la descarga final de la industria, es decir, después de cualquier sistema de recuperación de material o de planta de tratamiento, si existiera, con el criterio de conocer el impacto de estas industrias en los cuerpos receptores.

Tabla 6.2.3 Principales características cualitativas de las industrias de la Cuenca del Biobío

Parámetro	**Celulosa**	**Pesquera**	**Alimenticia**	
pH	4 - 8.3	6.1-9.9	4.8-6.0	
Temperatura	26.6-45	15-55	23-40	°C
Conductividad	0.75-1.23			µS/cm
DBO	12 a 188	13-48122	5100-6000	mg/l
DQO	256-4600	56-67371	6400-11000	mg/l
O.D.	0-5.8	0-6.8	0-3.2	mg/l
S.Sedimentables	0-198	0-612	0-3.0	ml/l
S. Suspendidos	0.014-1.35	6.21-0.012	0.24-0.05	g/l
S. Disueltos	0.37-1.32	1.44-59.6	0.42-0.85	g/l
S. Volátiles	0.41-0.72	0.72-31.25	8.1-0.44	g/l
S. totales	0.77-3.37	2.52-64.58	4.86-0.69	g/l
Fenoles	0.48-1.92			mg/l
Sulfito	14.8-296			mgSO3/l
Color	616-4000		1630-2290	U APHA
Grasas		4-15930		mg/l

Un resumen para las principales industrias se encuentra en Tab.6.2.3.
La alta variabilidad observada en los valores de DBO, DQO, grasas y sólidos de las industrias procesadoras de pescado se debe a varias razones, entre las que se encuentran: la elaboración de harina de pescado y aceite, en comparación con la del pescado en conserva y congelado presenta etapas diversas; el lavado del pescado y el procesamiento propiamente tal, aportan de distinta forma en las descargas; y el lavado de los equipos utilizados en el proceso [Pradenas y Rudolph, 1989]. Esta variabilidad, por lo tanto, no sólo se encuentra al comparar los análisis de las distintas empresas del sector, sino que también al comparar los análisis de una misma empresa tomados en fechas y horas diferentes.
Además, las empresas procesadoras de pescado dependen en su funcionamiento de la materia prima que llega en los barcos, por lo que es común que no trabajen en forma constante y tampoco sea posible de establecer una periodicidad durante el año. Se puede decir, eso sí, que trabajan aproximadamente 150-180 días al año.
En el caso de las celulosas los valores no tienen tanta variabilidad, debido a que el proceso utilizado en casi todas es el tipo Kraft o mecánico, a excepción de INFORSA que usa el tipo sulfito.
Cabe señalar que la temperatura de las aguas descargadas por todas las industrias generalmente es mayor, en cualquier estación,que la de los cuerpos receptores como los ríos y el mar.

6.2.3 Situación y características de las plantas de tratamiento existentes

En estos últimos años las distintas industrias han implementado algunos sistemas de tratamiento de los RILES o han modificado sus procesos de producción, con la intención de recuperar sustancias disueltas en las aguas de descarga. La situación actual, de la que se cuenta información, es la siguiente:

a) Celulosa Arauco I: infraestructura para tratamiento primario, decantación en laguna.
b) Celulosa Arauco II: infraestructura para tratamiento primario y tratamiento secundario
c) Celulosa Laja : ha eliminado proceso de celdas de mercurio y recupera sólidos suspendidos.
d) Celulosa Pacífico : infraestructura para neutralización, enfriamiento, sedimentador primario, tratamiento biológico y sedimentador secundario.
e) Forestal Santa Fé : infraestructura de pretratamiento y tratamiento primario.
f) Inforsa : recuperación de fibra.
g) Pesquera Alimar : filtración del agua de descarga.
h) Pesquera Camanchaca : decantador primario
i) Pesquera San José del Sur : decantador primario
l) Oxyquim : neutralización del pH.
m) Oxy : neutralización del pH, remoción de mercurio con sulfato de sodio y filtración.
n) Gasco : filtración y decantación.
o) Petrox : decantación y enfriamiento.
p) Petrodow : enfriamiento y remoción de sólidos suspendidos y aceite.
q) Iansa : laguna anaeróbica

No se tiene a disposición la información referente a la operación de la infraestructura de depuración en las industrias, ni de la eficiencia de remoción. La legislación actual no permite efectuar un control sobre la operación de las plantas de tratamiento existentes.

6.2.4 Aspectos normativos actuales

Al realizar un estudio de la legislación existente sobre las descargas de aguas provientes de las industrias, se puede decir que existen disposiciones legales que facultan a la autoridad para ejercer control sobre los vaciamientos de aguas servidas y residuos líquidos de origen industrial y minero, en cursos y masas de aguas incluido el mar.
Las principales disposiciones legales son las siguientes:

a) *en aguas terrestres :*

– Ley N° 3.133 , 1916 Neutralización de Residuos provenientes de Establecimientos Industriales, del Ministerio de Obras Públicas.

Esta ley, bastante antigua, impide la descarga de las aguas industriales contaminadas en cualquier cuerpo de agua sin una previa neutralización o depuración. Deja en el Presidente de la República la aprobación del sistema de depuración o neutralización.
El ejercicio de las acciones que diere lugar la infracción de esta Ley, corresponderá a las municipalidades respectivas y a los particulares interesados.

- Decreto Ley N° 725, 1967 Código Sanitario del Ministerio de Salud prohibe vaciar aguas servidas y residuos industriales o mineros en cursos o masas de agua que sirvan para proveer agua potable a una población; para riego o para balneario, sin previa depuración en forma reglamentaria. En caso de infracción, sin perjucio de aplicar sanciones, la autoridad sanitaria puede ordenar la inmediata suspensión de las descargas y la ejecución del tratamiento satisfactorio.
- Decreto con Fuerza de Ley N° 1.122 , 1981 Código de Aguas establece que el derecho de abastecimiento no consuntivo es aquél que permite emplear el agua sin consumirla y obliga a restituirla en la forma que lo determine el acto de adquisición o de constitución del derecho.
- Decreto Ley N° 3.557, 1980 Ley de Protección Agrícola que establece que los establecimientos industriales, fabriles, mineros y cualquier otra entidad que manipule productos susceptibles de contaminar la agricultura, deberán adoptar oportunamente las medidas técnicas y prácticas que sean procedentes a fin de evitar o impedir la contaminación.

b) En aguas marinas:

- Decreto Ley N° 2.222, 1978 Ley de Navegación, Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante que prohibe absolutamente arrojar lastre, escombros o basuras y derramar petróleo o sus derivados o residuos, aguas de relaves de minerales u otras materias nocivas o peligrosas, de cualquier especie, que ocasionen daños o perjuicios en las aguas sometidas a la jurisdicción nacional y en puertos, ríos o lagos.
- Resolución N° 12.600, 1987 Evaluación Impacto Ambiental en Ecosistema Marino Costero Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante; esta resolución impone la evaluación del impacto ambiental de todas las descargas identificadas en el sector costero y un diseño preliminar de los emisarios. El plazo es de cinco años a contar del 21 de agosto de 1987, es decir, este plazo se ha cumplido a mediados de 1992, pero la información recopilada no se encuentra disponible.

En conclusión se puede decir que:

- las disposiciones legales no han sido complementadas con reglamentos específicos que faciliten su aplicación;
- las disposiciones legales son, en general, repetitivas y, en el caso de las aguas terrestres, diluyen la responsabilidad de las autoridades que deben hacerlas cumplir y, en consecuencia, adoptan una actitud pasiva y complaciente;
- existe escasa coordinación entre los sectores estatales encargados de abordar el problema de contaminación del agua;
- no existe uniformidad de criterios técnicos, entre los sectores estatales para plantear exigencias a los contaminadores;
- en los casos en que se han hecho exigencias, y salvo escasas excepciones, éstas no se cumplen, con lo cual la autoridad pierde autoridad sobre su acción fiscalizadora y credibilidad sobre sus declaraciones.

Es sabido, sin embargo, que existe un proyecto de Ley Marco sobre la cuestión ambiental, que debería traducirse en reglamentos específicos después de ser aprobada. Es posible que esta nueva reglamentación permita realizar una fiscalización de las descargas en base a la Evaluación de Impacto Ambiental a que serán sometidas. Más información, sobre este aspecto, no es posible conocer al momento de terminar este informe.

6.2.5 Situación actual de las empresas frente a la problemática ambiental

La situación económica actual y futura de la

industria en la cuenca del Biobío y el área costera adyacente ha sido estudiada por el Centro EULA [Nuti , 1992]. Se ha identificado la forma de enfrentar los problemas medioambientales provocados por cada industria, que permite realizar una clasificación en estable, reactiva, anticipativa, proactiva y creativa (ver Tab.6.2.4), según las actividades realizadas en el área.
Las empresas estudiadas por Nuti [1992] se pueden clasificar dentro de este esquema, entregando los resultados expuestos en Tab.6.2.5.

Se puede decir que, en general, las empresas de la cuenca del Biobío y del área costera adyacente se encuentran bajo la posición reactiva, es decir, tienden a manejar los problemas una vez que se encuentran cabalmente definidos, sin una política anticipativa a los problemas medioambientales producidos. Existen, eso sí, empresas que se encuentran sobre esta clasificación (Santa Fe, Arauco y Oxiquim), son empresas consolidadas en el mercado nacional o internacional, pero sin llegar a tener una política creativa medioambiental.

Tab 6.2.4 Estrategia de empresa y políticas ambientales [Nuti,1992]

ESTABLE		REACTIVA	ANTICIPATIVA	PROACTIVA	REACTIVA
OBJETIVO DE ESTRATEGIA AMBIENTAL	ninguno	manejarlos luego que han sido bien definidos	anticipar la evolución de estándares de proceso de la empresa	examinar las posibilidades de una caracterización verde de los procesos dela empresa	investigación activa de nuevas tecnologías ambientales del proceso de la empresa
ACTIVIDADES INVOLUCRADAS					
Investigación	no	no	si	si	si
Producción	parcial	si	si	si	si
Relaciones externa	no	parcial	si	si	si
Dirección legal	no	parcial	si	si	si
Marketing	no	no	no	si	si
División ambiental	no	no	usual	usual	si
Alta dirección	no	no	talvez	si	si

Tab 6.2.5 Posicionamiento de las empresas en el mapa de la estrategia ambiental [Nuti,1992]

	Desarrollo mercado interno	Desarrollo mercado externo	Consolidación mercado interno	Consolidación mercado externo
Creativa				
Proactiva				Santa Fe
Anticipativa			Oxiquim	Arauco
Reactiva	Machasa Cementos Biobío	Masisa	Iansa Petrox CAP	CMPC
Estable	Loza Penco	Loza Penco		

Analizando la situación financiera de algunas de estas industrias se puede decir que, salvo algunas excepciones, se encuentran capacitadas para enfrentar inversiones en el área de protección del medio ambiente, reduciendo sus cargas contaminantes.

6.3 Comparación entre el aporte contaminante de origen civil y el aporte contaminante de origen industrial

Esta comparación permite clarificar la situación actual de la contaminación en la cuenca, ubicando correctamente los términos del problema y evaluar los aportes contaminantes actuales en todos los cuerpos receptores y los efectos de las soluciones para el saneamiento que se proponen en Cap.10, para el sector civil y para el industrial.
Es claro que las características contaminantes de los residuos civiles y de los industriales no son comparables y que, por lo tanto, esta comparación puede ser efectuada considerando sólo el aporte contaminante en términos de DQO o DBO, dejando fuera otros parámetros, por muy relevantes que sean, para la estimación de la contaminación de la cuenca, como la presencia de microorganismos patógenos y de sustancias tóxicas y nocivas.
Además, la estimación del aporte contaminante de la industria resulta menos precisa que la del aporte civil, ya que no todas las descargas industriales han sido estudiadas y presentan una elevada variabilidad (tanto diario como estacional).
Para los aportes civiles se sabe que los habitantes residentes en la cuenca son cerca de 1.000.000 (1.280.000 incluyendo las ciudades costeras de Penco, Tomé, Lota, Coronel y Arauco). Considerando un aporte de 60 g DBO/día/habitante, resulta que el aporte total de DBO es cercano a 60.000 kg/día (76.800 kg/día considerando las ciudades costeras). Dado que la relación entre DQO y DBO de líquidos domésticos está comprendida entre 1.5 y 2 [Metcalf & Eddy, 1979], se obtiene que el aporte civil, en términos de DQO, es de 90.000-120.000 kg/día (115.200-153.600 kg/día).

Si se toma en cuenta que la población servida de alcantarillado es, al interior de la cuenca, cercana a un 75% (68% si se considera las ciudades costeras), se puede obtener que sólo 45.000 kg/día (52.000 kg/día) de DBO llegan directa y rápidamente a los cuerpos receptores, mientras el aporte de la población residente en una zona sin alcantarillado, viene en parte abatida antes de llegar a los cursos de agua y aporta sólo una fracción del DBO inicialmente estimado [10-20%, Metcalf & Eddy, 1979].
Para estimar el aporte contaminante de las industrias, se han resumido en Tab.6.3.1 los caudales, concentraciones de DQO y carga resultante diaria. La estimación del caudal y de las concentraciones de DQO se ha efectuado en base a Tab.6.2.1 y Tab.6.2.3, considerando sólo las cinco principales categorías de industrias.
Se evidencia en la tabla que el aporte de DQO diario de la industria es casi 10 veces superior al aporte civil. Considerando la aproximación de este cálculo, resulta que sólo en términos de una contaminación orgánica y sin considerar contaminantes específicos, el aporte industrial supera largamente al civil.

Tab. 6.3.1 - Estimación del aporte contamiente industrial global

	DQO g/m^3	Caudal m^3/d	Carga kgDQO/d
Petroquímica	300	288.000	86.400
Pesquera	1.500	57.000	85.500
Celulosa	1.500	389.000	583.500
Alimentaria	8.500	36.000	306.000
Siderúrgica	80	110.000	8.800
		TOTAL	**1.070.300**

7. PRODUCCION Y DISPOSICION DE RESIDUOS SOLIDOS

7.1 Residuos sólidos urbanos

En una sociedad que privilegia el consumo y generación de productos de corta vida útil, se acumulan grandes cantidades de desechos, por lo que, actualmente, uno de los problemas ambientales más importantes es el manejo de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU).

La problemática de los residuos sólidos generalmente es la de como disponerlos. Hasta hace unos años no se había contemplado dentro del concepto de "eficiencia" del proceso productivo el costo de deshacerse de los residuos sólidos generados o el costo del impacto ambiental generado por la forma de disposición final de estos residuos.

La calidad y cantidad de los RSU varía entre diferentes poblaciones. La generación y características de estos residuos se relaciona, entre otros factores, con la cantidad de habitantes de cada localidad, los hábitos de consumo de la población y el ingreso per cápita. Es indispensable, por lo tanto, analizar estas variables en el marco de las realidades propias de cada región, para poder proponer soluciones factibles y gestionar de manera correcta los residuos.

Dentro del proyecto EULA [Céspedes et al., 1993] se cuantificaron y caracterizaron los RSU de 11 localidades representativas de la cuenca hidrográfica del río Biobío y el área costera adyacente. Estas fueron seleccionadas de acuerdo a criterios geográficos y demográficos, se eligieron localidades ribereñas al río Biobío y a sus principales afluentes y costeras al Golfo de Arauco. Dentro de las localidades ribereñas al río Biobío se eligió una de alta población (mayor de 200.000 hab.), una de población media (mayor de 10.000 hab.) y una de baja población (menor de 10.000 hab.). De acuerdo a estos criterios las localidades elegidas fueron las incluidas en Tab.7.1.1. Se realizaron dos muestreos estacionales, correspondientes al período de invierno (Agosto 90) y de verano (Enero 91) en todas las localidades consideradas.

El manejo de RSU está compuesto por tres etapas principales: almacenamiento en origen, recolección y transporte, y disposición final.

A continuación se describen cada una de las etapas del manejo de los residuos sólidos en la cuenca del río Biobío y el área costera adyacente.

Tab.7.1.1 : Localidades seleccionadas para el estudio de RSU

Localidad	CRITERIOS	
	GEOGRAFICO	DEMOGRA. (hab.) (*)
Concepción	Ribereña al río Biobío	329.304
Talcahuano	Zona costera adyacente	246.566
Los Angeles	Ribereña al río Duqueco	93.262
Coronel	Zona costera adyacente	83.406
Lota	Zona costera adyacente	50.083
Angol	Ribereña al río Vergara	41.600
Mulchén	Ribereña el río Bureo	19.581
Laja	Ribereña al río Biobío	17.482
Arauco	Zona costera adyacente	17.000
Santa Bárbara	Ribereña al río Biobío	5.690
Lonquimay	Ribereña al río Lonquimay	2.925

(*) *Información entregada por las municipalidades respectivas a través de sus direcciones de obras municipales o SERPLAC, respecto de las poblaciones servidas por los servicios.*

7.1.1 Almacenamiento en origen

El método de almacenamiento en origen, en general, no varía entre las distintas localidades consideradas dentro de la cuenca, éste consiste en la acumulación de los desechos generados dentro de variadas formas de receptáculos desde tambores metálicos de 200 lt. de capacidad, hasta simples bolsas plásticas y de papel. Cabe hacer notar que ésta es una costumbre generalizada dentro de la población de la cuenca no existiendo diferencias entre el sector comercial, el sector público y el domiciliario.

7.1.2 Sistema de recolección

En todos los lugares estudiados la recolección se hace desde el frente de cada vivienda; los desechos en estas condiciones, generalmente inadecuadas, quedan muy expuestos a ser derramados, lo que provoca una demora en su recolección y un ambiente favorable a la proliferación de vectores.
Los sistemas de recolección en las distintas localidades estudiadas, están compuestos por diferentes tipos y modelos de equipos: desde camiones compactadores de alta capacidad hasta camiones abiertos de pequeño volumen.
En cuanto a la frecuencia de recolección, en las localidades de mayor población (Concepción, Talcahuano, Los Angeles, Coronel, Lota, Angol, Arauco) se realiza dos-tres veces por semana. En las localidades de baja población (Mulchén, Laja, Santa Bárbara, Lonquimay) la recolección se realiza dos veces por semana.
En Concepción el porcentaje de cobertura del sistema de recolección es cercano al 100%, existiendo dificultades de acceso en algunas poblaciones periféricas o ubicadas en cerros.
En Talcahuano la cobertura, en el sector urbano, es de un 98%, el sistema de recolección funciona de lunes a sábado, con una frecuencia de al menos 2 veces por semana. El sector rural comprende 80 predios dentro de la comuna, a los cuales no se les extrae la basura.

7.1.3 Características cualitativas

La composición heterogénea de los residuos sólidos urbanos hace necesario elegir una clasificación según su composición física de la siguiente manera: restos vegetales y comestibles, papeles y cartones, plásticos, metales, vidrios y otros. Este tipo de clasificación coincide con la recomendada en la bibliografía especializada para la caracterización de los RSU. En las localidades estudiadas, se determinaron los porcentajes en peso húmedo de las categorías definidas anteriormente. A las dos primeras categorías se les determinó su contenido de agua para obtener la humedad global de los residuos estudiados (las demás categorías no tienen un contenido de agua significativo) y, finalmente, se calculó la densidad de la basura suelta.
En Tab.7.1.2 se presentan los resultados de la caracterización física de los residuos sólidos urbanos de la cuenca.
En Figs.7.1.1 a 7.1.6 se observa la composición en peso seco de los RSU, en invierno y verano, para los lugares de muestreo ordenados de mayor a menor población. Para el caso de los plásticos, metales, vidrios y otros se ha considerado que su contenido de agua es cero. Los gráficos se han realizado con el peso seco como unidad de medida para poder realizar las comparaciones estacionales independientemente del contenido de agua.
En Fig.7.1.1 (restos vegetales) puede observarse que, para todas las ciudades, con la excepción de Lota, el porcentaje de los restos vegetales y comestibles es más alto en invierno, pero la diferencia no permite sacar conclusiones, ya que se encuentra dentro del error esperado asociado al sistema de muestreo y clasificación. El contenido de agua de esta fracción resulta bastante alto, sobre un 60% tanto en invierno como en verano.
De Fig.7.1.2 (papeles y cartones) resulta que el porcentaje en peso seco es mayor en verano, con la excepción de la ciudad de Los Angeles.
En Fig.7.1.3 (plásticos) los valores de verano son superiores a los de invierno con la excepción de Santa Bárbara.

Tab.7.1.2 - Caracterización física de los residuos sólidos urbanos (porcentaje en peso húmedo)

		Concepción	Talcahuano	Los Angeles	Coronel	Lota	Angol	Arauco	Laja	Mulchen	Sta.Bárbara	Lonquimay
INVIERNO (1990)												
1	Restos vegs. y comests.	67.3		63.2	76.1	83.8	76.6	71.1	73.1	73.6	78.1	80.4
2	Papeles y cartones	16.0		20.3	7.7	5.7	8.5	13.1	12.6	8.2	7.4	2.1
3	Plásticos	7.4		7.3	10.0	3.3	5.5	7.1	3.7	4.8	6.6	1.5
4	Metales	1.4		1.5	2.5	2.0	3.9	2.1	1.5	2.1	1.8	1.7
5	Vidrios	1.7		1.4	1.2	0.5	0.6	1.9	0.7	0.5	0.0	0.5
6	Otros	6.2		6.3	2.5	4.7	4.9	4.7	8.4	10.8	6.1	13.8
Humedad fracción 1		77.0		72.1	75.7	76.8	61.8	77.4	67.8	71.4	76.7	67.7
Humedad fracción 2		56.0		39.9	32.5	23.7	41.2	44.0	56.0	38.4	58.1	32.5
Densidad suelta (ton/m^3)		0.35		0.26	0.29	0.34	0.27	0.28	0.33	0.26	0.33	0.48
VERANO (1991)												
1	Restos vegs. y comests.	59.7	70.4	61.7	60.3	79.0	61.0	56.1	67.0	64.0	79.4	82.7
2	Papeles y cartones	17.2	12.0	18.4	17.4	6.5	15.6	17.6	16.5	13.5	7.9	3.4
3	Plásticos	11.3	8.3	9.2	15.5	5.7	9.6	10.1	9.5	8.8	2.8	2.5
4	Metales	3.4	1.8	3.0	0.6	1.8	2.8	1.7	1.1	4.3	1.0	1.3
5	Vidrios	1.4	1.0	1.0	0.4	1.3	4.5	4.0	0.8	0.4	2.5	1.6
6	Otros	7.0	6.5	6.7	5.8	5.7	6.5	10.6	5.1	9.0	6.4	8.5
Humedad fracción 1		79.1	74.5	73.4	72.7	72.2	69.6	72.7	65.7	72.5	78.2	68.5
Humedad fracción 2		42.6	42.0	36.0	38.4	22.0	35.8	34.7	38.0	36.4	27.2	29.0
Densidad suelta (ton/m^3)		0.18	0.23	0.20	0.30	0.28	0.21	0.26	0.19	0.21	0.19	0.35

En Figs.7.1.4 - 7.1.5 - 7.1.6 (metales, vidrios y otros) no existe una clara diferencia entre los valores de invierno y verano.

La Fig.7.1.7 demuestra que los valores porcentuales de los restos vegetales, disminuyen a medida que aumenta la población de la localidad considerada.

Finalmente, en Fig.7.1.8 se aprecia que la fracción papeles y cartones tiende a crecer con el aumento de la población. De hecho, en las ciudades más pobladas los sectores comercial, administrativo y de servicios, están más desarrollados.

Los altos contenidos de agua encontrados, hacen pensar que se requeriría de combustible adicional para la incineración de los RSU. Para lograr recuperar energía de la incineración de los RSU estos deben tener menos de un 50% en peso de humedad y sobre un 40% en peso seco de restos vegetales y comestibles, y papeles y cartones [AAVV, 1985], estas condiciones no son completamente cumplidas por los RSU analizados.

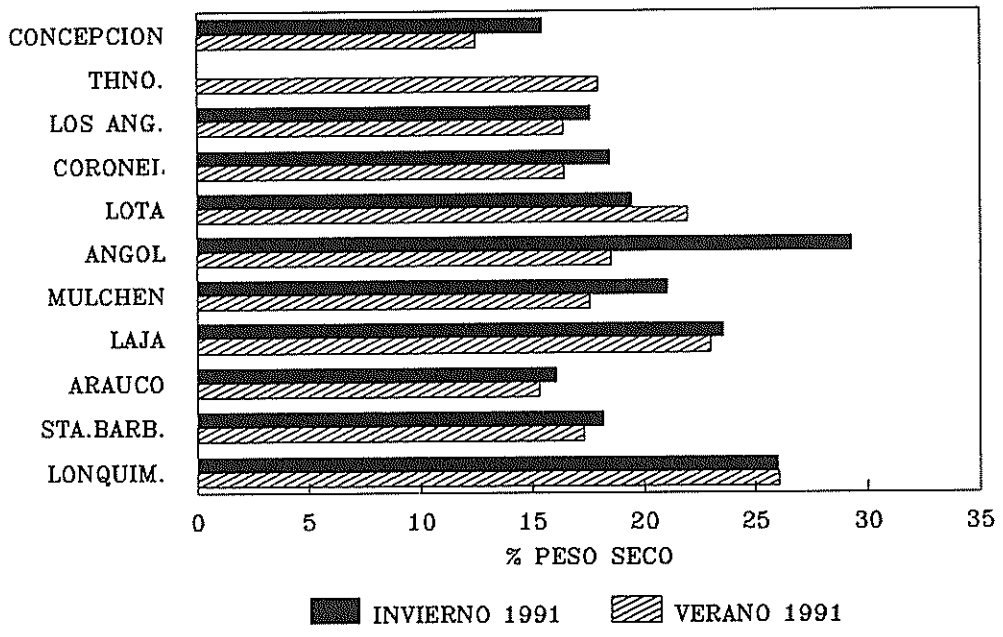


Fig.7.1.1 - Composición en peso seco de los RSU en invierno y verano: restos vegetales y comestibles.

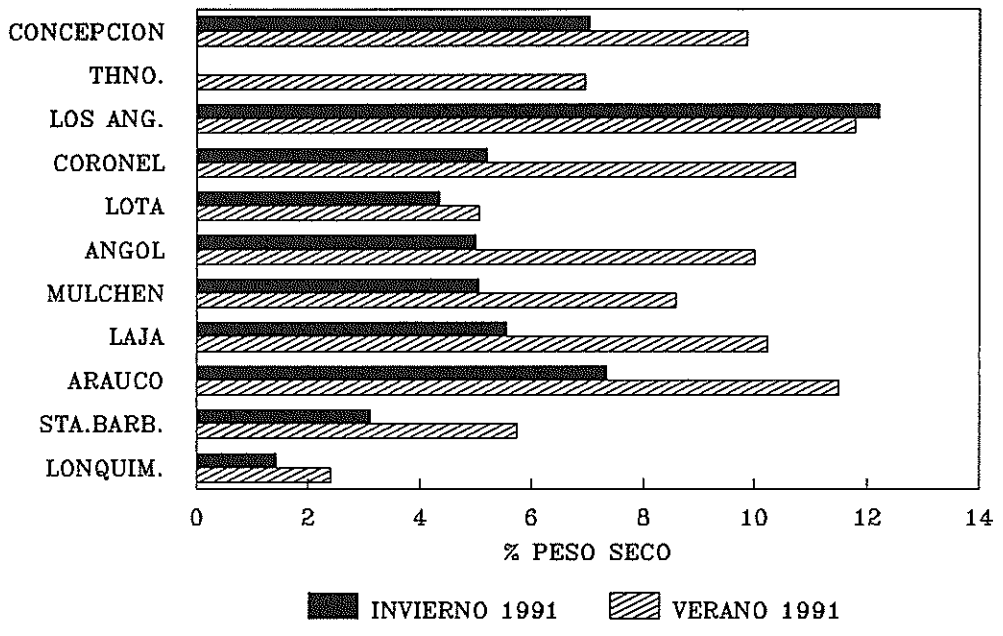


Fig.7.1.2 - Composición en peso seco de los RSU en invierno y verano: papeles y cartones.

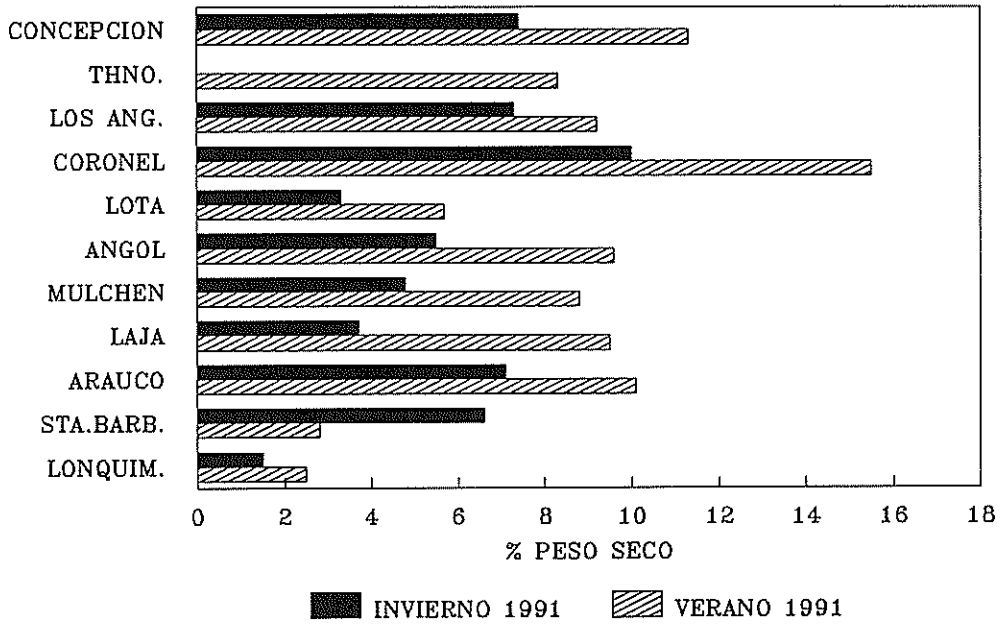


Fig.7.1.3 - Composición en peso seco de los RSU en invierno y verano: plásticos.

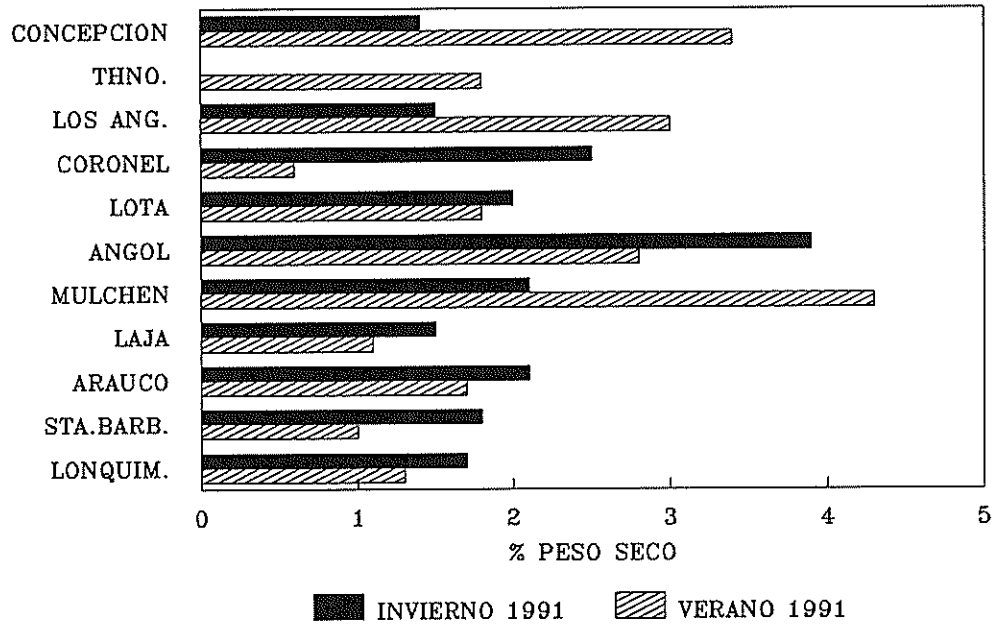


Fig.7.1.4 - Composición en peso seco de los RSU en invierno y verano: restos vegetales y comestibles.

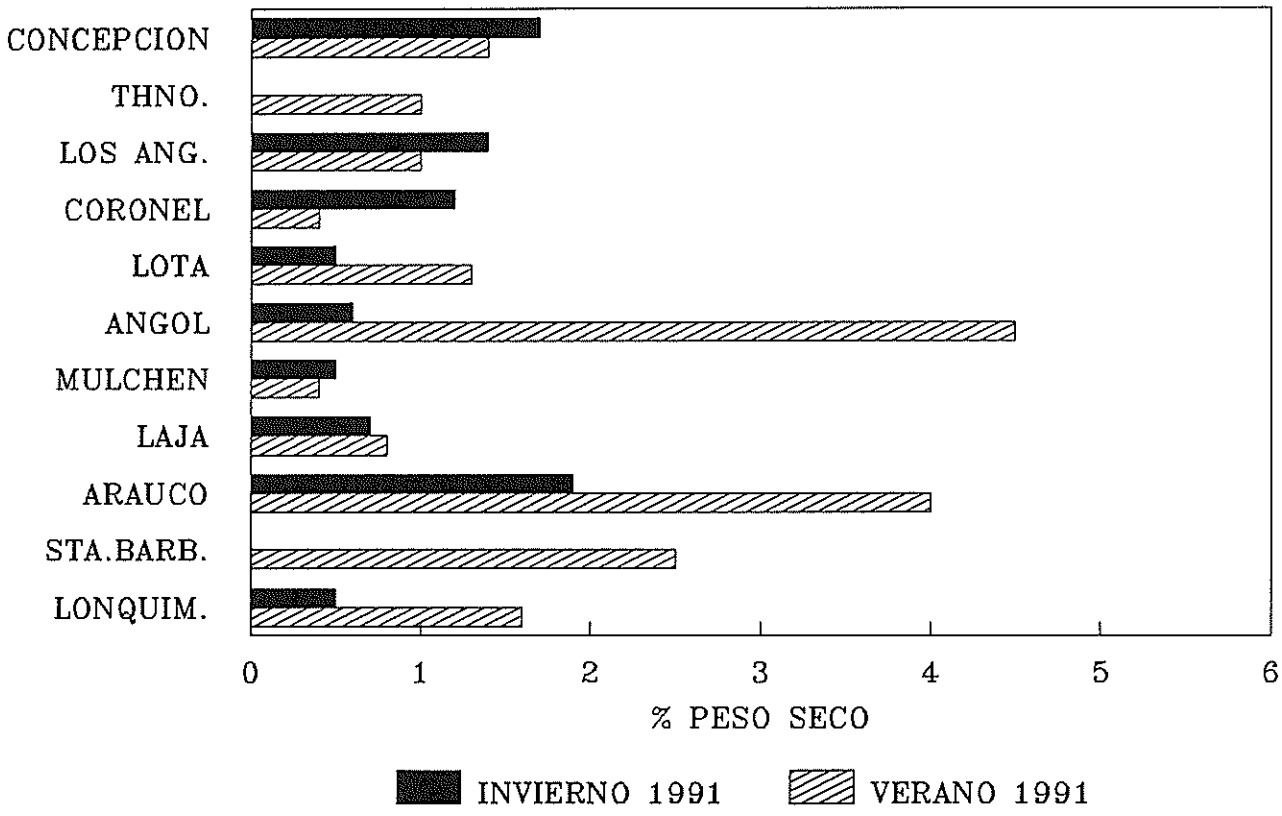


Fig.7.1.5 - Composición en peso seco de los RSU en invierno y verano: vidrios.

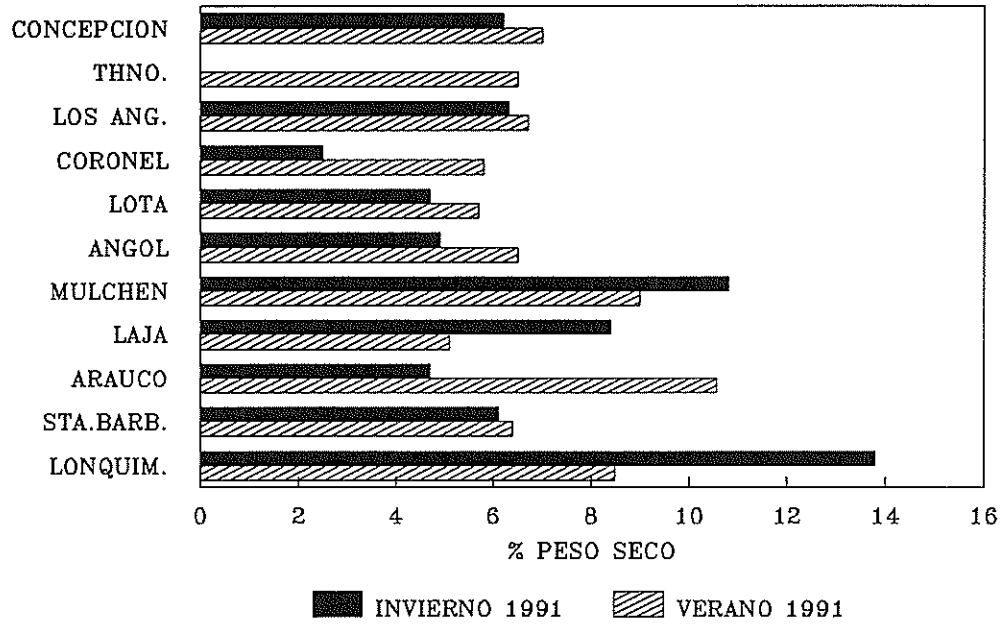


Fig.7.1.6 - Composición en peso seco de los RSU en invierno y verano: otros.

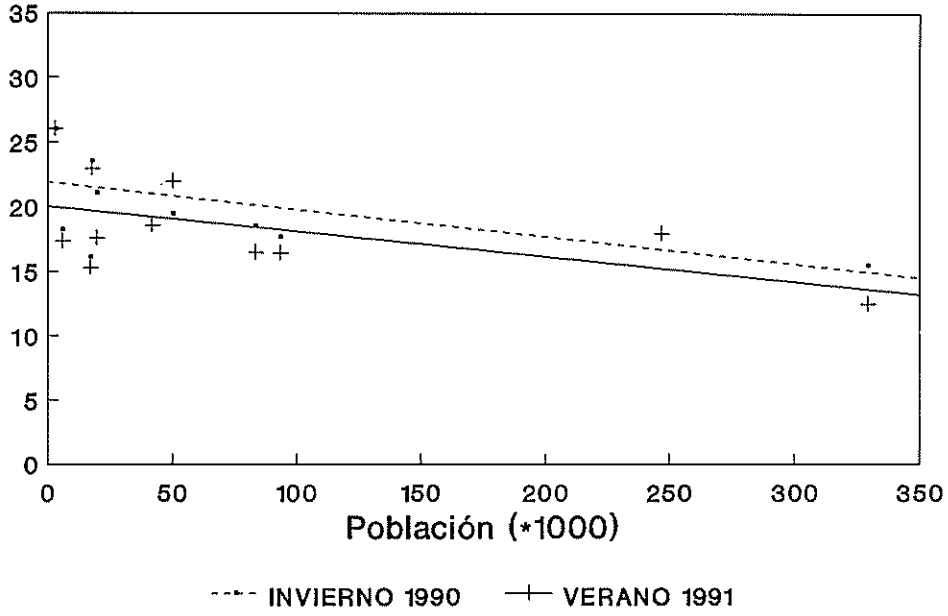


Fig.7.1.7 - Restos vegetales versus población.

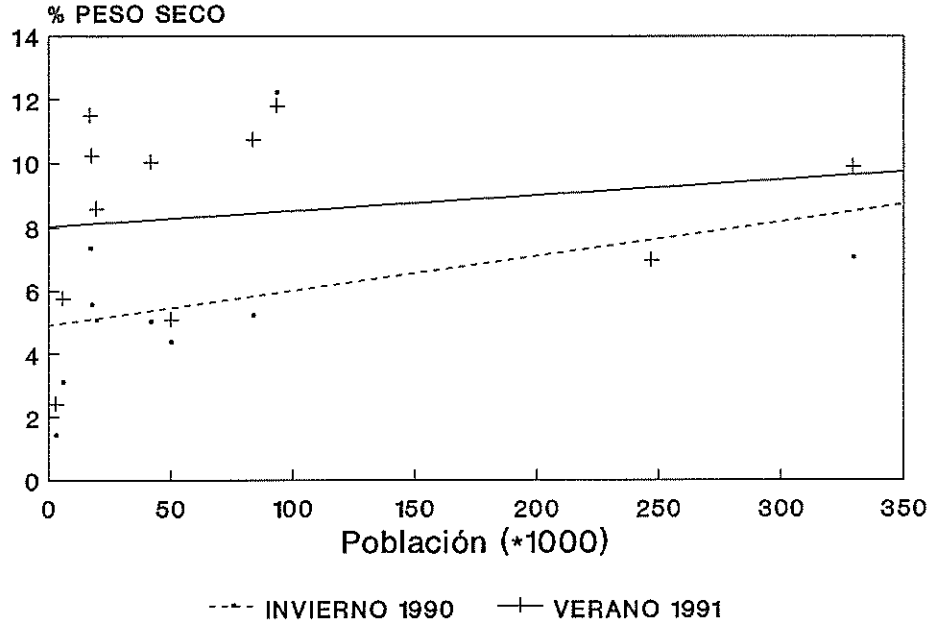


Fig.7.1.8 - Papeles y cartones versus población.

7.1.4 Cantidad producida

En cuanto a la estimación de la cantidad de RSU producidos en la cuenca, el mayor inconveniente que se encuentra actualmente es la casi total falta de equipos de pesaje en los lugares de vertimiento. La totalidad de los datos presentados en este párrafo, corresponden a datos proporcionados por la Intendencia de la Octava Región y las municipalidades respectivas, junto con visitas a terreno para confirmar el estado de los vertederos.
La generación total y per cápita de RSU en las localidades analizadas se presenta en Tab.7.1.3.
El Ministerio de Salud ha recolectado datos respecto de la generación de RSU en Chile entre los años 1980 y 1986, esta información se puede ver en Tab.7.1.4.
Los datos de cantidad de RSU generados, por cada localidad, se obtuvieron a través de una encuesta directa a los encargados municipales. De todos los sitios de disposición final estudiados, sólo dos poseen actualmente plantas de pesaje, éstos son

Tab.7.1.3 - Producción de RSU (diaria y per cápita)

LOCALIDAD	POBL URBANA (habitantes)	Producción	
		(Ton/día)	(kg/hab/día)
CONCEPCION	329.304	172	0.52
TALCAHUANO	246.566	111	0.45
LOS ANGELES	93.262	22.8	0.25
CORONEL	83.406	41.7	0.50
LOTA	50.083	26,0	0.52
ANGOL	41.600	10.4	0.25
MULCHEN	19.851	11.7	0.59
LAJA	17.482	14.3	0.82
ARAUCO	17.000	7.6	0.45
STA.BARBARA	5.690	1.75	0.31
LONQUIMAY	2.925	1.5	0.51
TOTAL	**906.899**	**420.75**	
PROMEDIO			**0.47**

Tab.7.1.4 - Generación diaria de residuos sólidos urbanos, según Ministerio de Salud (1980 - 1986)

Tipo de ciudad (miles hab.)	Población Total (millones hab.)		PPC (kg/hab/día)		Prod.diaria (ton)	
	1980	1986	1980	1986	1980	1986
más de 1000	3.6	4.3	0.60	0.65	2.160	2.795
entre 200 y 1000	1.0	1.1	0.50	0.55	500	605
entre 100 y 200	1.3	1.5	0.40	0.45	520	675
entre 50 y 100	1.0	1.1	0.35	0.40	350	440
entre 20 y 50	0.7	0.8	0.30	0.30	210	240
entre 10 y 20	0.5	0.6	0.20	0.20	100	120
entre 2 y 10	0.8	0.9	0.10	0.10	80	90
TOTAL	**8.9**	**10.3**			**3.920**	**4.965**

Concepción y Coronel (el último recibe también los RSU de Lota). Por lo tanto, son los únicos datos exactos sobre cantidad de basura generada, todas las demás cifras son estimaciones hechas por las respectivas municipalidades.
Por lo general, las estimaciones se realizan en base a la carga volumétrica de los camiones recolectores y a una estimación de la densidad de los RSU; esto es difícil de realizar, ya que se debe estimar la densidad de la basura compactada dentro del camión y, a menudo, las flotas no están en óptimo estado lo que se traduce en que las capacidades de compactación no son las de diseño.
Debido a lo anterior, no se observa una relación clara entre la cantidad de población y la cantidad de RSU generados, relación que sí se puede apreciar en el estudio realizado por el Ministerio de Salud.

7.1.5 Modalidad de disposición

Los métodos de disposición de RSU más frecuentemente utilizados son los siguientes: vertido controlado, incineración y compostaje. Estos dos últimos requieren también un vertimiento controlado para eliminar los desechos del proceso. En la cuenca del río Biobío la única modalidad de disposición utilizada es la del vertimiento.
En este procedimiento, seguido correctamente, se ocupan principios básicos de ingeniería para confinar los desechos en la menor área, reduciéndolos a su menor volumen. El método consiste en el vertido sucesivo de capas de basura y material de relleno de espesores adecuados. Existen dos procedimientos fundamentales, el primero de ellos se basa en la fermentación aeróbica, en donde se vierten las basuras no seleccionadas sobre el terreno en capas de 1.5 a 2.5 m de espesor. Esta altura se limita para evitar una compresión excesiva, que impida la penetración de aire en el interior de la masa de basuras. El otro procedimiento se basa en una compactación previa de las basuras, lo que permite suprimir las capas de cobertura intermedia, ya que en este caso basta con una cobertura final. La compactación consigue una reducción de volumen y un mejor aprovechamiento del espacio disponible. En este caso el proceso de degradación de los residuos es anaeróbico.
Uno de los problemas más importantes a considerar, es el control de la producción de líquidos y gases que son el resultado de la fermentación de los residuos. La composición de los gases es variable, dependiendo de la etapa de descomposición en que se encuentre; los gases más comunes son el CO_2 (anhídrido carbónico) y el CH_4 (metano).
Las aguas subterráneas y superficiales, al infiltrarse a través del relleno, entran en contacto con los residuos; junto a estas aguas se tienen aquéllas propias del relleno, producto de la humedad y la descomposición. El conjunto de ambas es lo que se entiende por líquidos percolados. El percolado es de difícil tratamiento y, siendo sus características muy variables en el tiempo, constituye un serio peligro como potencial de contaminación para las aguas fluviales y subterráneas adyacentes [Melo, 1991a].
La normativa vigente a este respecto es la Resolución 02444 de 1980 del Ministerio de Salud, ésta se detalla en Par.7.1.6.
A continuación, se presenta la situación hasta la fecha de los vertederos de Concepción, Talcahuano y Los Angeles.

CONCEPCIÓN:
Hasta el año 1980 las basuras se disponían en el basural (botadero abierto) que existió en el sitio adyacente al cementerio general. A partir del año 1981 se emplea el sistema de vertedero existente en Av. Collao (durante 3 años). Durante el año 1984 y parte de 1985 se vuelve al sitio cercano al cementerio general debido a dificultades para encontrar un nuevo local. Desde 1985 a 1990 se opera en un sitio ubicado en el sector Palomares, el cual debió abandonarse por razones de capacidad y ubicación; desde octubre de 1990 se opera en un sitio de Cosmito, ubicado en el camino que une Concepción y Penco. La disposición de basuras domiciliarias se realiza esparciendo, compactando y tapando con tierra, previendo chimeneas para

los gases y confinamiento de líquidos. El vertedero actual tiene un contrato por 7 años, pero la Municipalidad estima que tiene una vida útil, dada por su capacidad, superior a 15 años.

TALCAHUANO:
El primer vertedero de RSU de Talcahuano estaba ubicado en Población Gaete, se usaba sólo como botadero no existiendo control alguno.
El segundo estaba ubicado en Longán Grande, contiguo a la caleta El Soldado, terreno perteneciente a la Armada de Chile. Este era un simple botadero en pendiente, que estaba cercano al mar.
El tercer vertedero estaba ubicado en la Isla Rocuant, terreno perteneciente a la Armada de Chile. Este era una planicie donde se efectuaba, sólo medianamente, un relleno sanitario.
El cuarto estaba en calle Gran Bretaña , contiguo al río Biobío, terreno perteneciente, en ese entonces, a SENDOS (hoy a ESSBIO) en el cual también se realizaba un relleno sanitario de regular calidad.

El vertedero actual está ubicado en Carriel Norte a una distancia aproximada de 2 km del radio urbano, es un terreno plano arenoso de forma rectangular, con una superficie de 100.000 metros cuadrados. Se encuentra una configuración de suelo arcillosa, a los 5 m de profundidad, que favorece la impermeabilización ayudando a evitar la percolación de líquidos. Se instalan chimeneas para el control de gases y, además, se fumiga periódicamente el sector de trabajo con Kaotrina (o similar) y con raticidas, para evitar la proliferación de insectos y ratas.
El eje de simetría se encuentra orientado en el sentido Norte-Sur, lo que asegura que a consecuencia de los vientos predominantes, tanto en invierno como en verano, en el caso de existir emanaciones, no perturben a la población cercana.
El vertedero actual comenzó su uso el año 1989, su capacidad, bajo las técnicas actuales de disposición, es de aproximadamente 500.000 m^3 de basura, por lo que se le estima una vida útil de 10 años. No existen en la actualidad estudios sobre lugares alternativos para la disposición de basuras.
Toda la basura recogida a la población, servicios hospitalarios (a excepción de los residuos de características infecciosas que son quemados en las calderas del Hospital) y de la construcción, se disponen finalmente en estos botaderos.
Sin embargo, cabe hacer notar que algunos materiales como escombros, en el caso de demolición de construcciones, son recibidos también por particulares para relleno de sitios bajos, o dispuestos en el sector de relleno de Canal El Morro.
De este mismo modo, no todos los residuos sólidos de las industrias llegan a los vertederos de basuras, algunos fueron y son enterrados en sitios de las mismas industrias.
En la actualidad la Municipalidad de Talcahuano está realizando un proyecto de optimización de manejo y extracción de la basura como una primera etapa, para posteriormente, originar o incentivar un reciclaje de ella, como así también para el manejo de los residuos industriales y de aquéllos altamente contaminantes.

LOS ANGELES:
Los terrenos actualmente utilizados se ubican a 8 km al sur de Los Angeles, al costado oriente de la Ruta 5 Sur (sector Duqueco). Los suelos corresponden a terrazas de río de aptitud forestal, arenas gruesas a medias con bajo porcentaje de finos y algo de grava. La Municipalidad de Los Angeles estima que el vertedero tiene una vida útil remanente de 6 años.
No existe un estudio completo de las características de los terrenos utilizados hoy en día como depósitos de RSU, como tampoco un seguimiento de los efectos que pueden estar causando en las napas freáticas.

7.1.6 Legislación acerca de los RSU

La operación de los basurales de la cuenca debe ceñirse a la Resolución n.02444 (31/7/80) del Ministerio de Salud. Según la norma, sólo el Servicio Nacional de Salud puede autorizar el

funcionamiento de un basural y, en el caso de que éste no se ajuste en su totalidad a lo prescrito en la resolución, sólo el Director General de Salud podrá aprobar un manejo diferente.
En cuanto al sitio del basural, deberá estar ubicado fuera del límite urbano, en lo posible a sotavento de los vientos dominantes. La distancia de las viviendas está sometida a dos tipos de restricciones; el basural debe hallarse: (1) a más de 300 metros de cualquier vivienda o local habitable; (2) a más de 600 metros de toda población o grupo de viviendas, establecimientos de fabricación o comercio de alimentos y fuentes de suministro de agua.
Respecto a las características geológicas y hidrogeológicas del sitio, la ley chilena muestra una casi total ausencia de restricciones: "el terreno debe ser seco, no expuesto a inundaciones ni al lavado o arrastre de basuras a cursos o masas de agua". No se habla para nada de las características de permeabilidad del suelo. Además, en el párrafo 3.3 de la resolución se permite indirectamente que un curso de agua atraviese el basural.
Para impedir el ingreso de personas o animales, el sitio debe estar cerrado en todo su contorno hasta una altura de 1,8 metros.
Al abandonarse definitivamente el sitio, se deberá disponer una capa de tierra de un espesor de 60 cm.
El sitio no podrá ser usado en construcciones habitacionales sin permiso previo de la autoridad sanitaria.
La norma promueve el reciclaje de los RSU, cuando afirma que "se deberá disponer de bolsas o sacos de tejidos firmes o de recipientes provistos de tapas, para la recolección y transporte de las especies y materiales recuperados de la basura". Pero, "sólo se permite la recuperación de productos de origen mineral o de materiales imputrecibles, tales como metales, vidrios, plásticos, maderas, papeles, trapos, huesos y materiales similares".
La basura debe ser cubierta con tierra con una frecuencia por lo menos diaria; para esto deberá previamente ser esparcida en una superficie plana de la menor extensión posible y apisonarse con equipo mecanizado, recubriéndola en seguida con una capa de tierra compacta de 15 cm de espesor como mínimo.
Es obligatorio mantener un registro detallado del origen y volumen o tonelaje diario de las basuras y otros desechos recibidos en el basural. Para los materiales recuperados se debe registrar la misma información además de su destino.
La verificación del cumplimiento de las normas sanitarias está a cargo del personal inspectivo del Servicio Nacional de Salud. El incumplimiento de la resolución es sancionado de acuerdo a lo establecido en el Libro X del Código Sanitario: "la infracción de cualquiera de las disposiciones de este Código o de sus reglamentos y de las resoluciones que dicte el Director General de Salud, salvo las disposiciones que tengan una sanción especial, serán castigadas con multa de un vigésimo de sueldo vital mensual hasta dos sueldos vitales anuales que rija para los empleados de la Industria y del Comercio en el Departamento de Santiago; las reincidencias serán sancionadas con el doble de la multa impuesta".

7.2 Residuos sólidos de origen industrial

Debido a la importancia del sector forestal en la cuenca del río Biobío, se han considerado en forma separada los residuos sólidos generados por esta actividad.

7.2.1 Residuos sólidos de la industria no forestal

Se consideran como residuos sólidos industriales en este capítulo, tanto aquéllos generados en el proceso principal de la industria como aquéllos producidos por el tratamiento del agua de suministro, del agua residual y por el tratamiento de los efluentes gaseosos.
El catastro industrial realizado por EULA ha permitido identificar las industrias más importantes que generan residuos sólidos dentro de la cuenca (aquéllas que significan la mayor carga contaminante), la información requerida fue la siguiente:

cantidad producida por proceso principal, descripción y caracterización de este residuo, destino de los residuos generados por el tratamiento del agua de suministro, del agua residual y de los efluentes gaseosos. Sin embargo, es necesario mencionar que las respuestas entregadas a las encuestas no fueron lo suficientemente claras y en algunos casos son incompletas.

Las industrias ubicadas en la cuenca del río Biobío y área costera adyacente, pueden clasificarse se-

Tab.7.2.1 - Residuos sólidos generados por el proceso principal de las industrias de la cuenca

INDUSTRIA	UBICACION	CANT.PROD. (ton/año)	DESCRIPCION RESIDUOS SOL.	LUGAR DE DESCARGA
Comp. Cerv. Unidas	Concepción	90	s/i	material de relleno
Embot. del Sur	Talcahuano	s/i	s/i	basura municipal
Embot.Will.Balfour	Talcahuano	s/i	cenizas	basura municipal
IANSA	Los Angeles	s/i	s/i	una parte es usada como alimento
Nestlé	Los Angeles	1000	escorias de carboncillo, cajas, etiquetas, tarros y papel	basurero municipal
Cel. Arauco I	Arauco	27818		
Cel. Pacífico	Mininco	4900	residuos biológicos, orgánicos, carbonatos y sólidos por lavado de pisos	relleno sanitario interior fábrica: reutilización
Celulosa Laja	Laja	3550	rechazo de apagadores en caustificación, rechazo de filtro de borras de lejía verde	recinto de la empresa
Papeles Biobío	San Pedro	4970	fibras y finos de pulpa mecánica, residuos de corteza y cenizas	s/i
Inforsa	Nacimiento	5840	finos de fibra pulpa mecánica y química, finos de carboncillo	basural propio
Oxy (Occ.Chemical)	Talcahuano	6278	desechos inorgánicos contaminados con Hg y sólidos inertes	recintos de la empresa
Petrodow	Talcahuano	252	granallas, bidones plásticos y cartones	
Petrox	Talcahuano	200	s/i	s/i
Comp.Sider.Huachipato	Talcahuano	14000	finos de caliza laminilla de hierro de horno de recalentamiento	canchas especialmente dis puestas
Machasa	Chiguayante	343	desechos textiles	
Cementos Biobío	Talcahuano	14000	material de rechazo	material de relleno
Inchalam	Talcahuano	1130	por cribado y/o separación magnética s/i	s/i
TOTAL		**84371**		

s/i: sin información

gún su producción en los siguientes tipos: celulosa y papel, siderúrgica, embotelladoras, químicas y petroquímicas, alimentarias y otras.
En la Tab.7.2.1 se resumen las cantidades anuales de residuos sólidos generados por el proceso principal para cada tipo de industria.

7.2.2 Residuos sólidos forestales y de la industria maderera

El crecimiento sostenido de la actividad industrial forestal-maderera en Chile, en particular en la Octava Región y la Cuenca hidrógrafica del rio Biobío, ha obligado a preocuparse de la conservación del medio ambiente no sólo con medidas eficientes de protección de los recursos forestales, sino tambien con medidas que permitan un mejor y mayor aprovechamiento de los residuos generados en las diferentes etapas de los procesos productivos.
La magnitud de este sector es evidente al considerar:

a) el aporte de 7,2% al PGB de bienes en 1990,
b) la superficie cubierta por plantaciones (en todo Chile) alcanzó a 1.460.500 há en 1990, de las cuales 1.243.293 há correspondieron a Pino Radiata, 101.700 há a Eucalipto y 115.537 há a otras especies. En la Octava Región se concentró el 46% de las plantaciones de Pino Radiata y el 41% de las plantaciones de Eucalipto.
c) El año 1990 se cosecharon 14,3 millones de metros cúbicos de madera para uso industrial y la oferta de madera de Pino Radiata será de 17,7 millones de metros cúbicos al año 1998 y se duplicará, llegando a 36.9 millones de metros cúbicos el año 2020 [INFOR, 1991].

Estas cifras respaldan toda acción tendiente a enfrentar el problema de los residuos forestales sólidos provenientes de las actividades industriales del sector, cuya acumulación no puede ignorarse.
Se considera residuo forestal sólido a todo producto secundario no utilizado industrialmente, que se produce como consecuencia ineludible del proceso o actividad principal y para el cual no existe un mercado que permita su comercialización, puesto que virtualmente carece de valor económico.

Tab.7.2.2 - Tipos de residuos sólidos generados por actividad

ACTIVIDAD	TIPO DE RESIDUO
Cosecha forestal o explotación	Tocones y raíces Corteza Ramas Acículas Frutos
Industria del aserrío e industrias de conversión mecánica primaria	Lampazos Astillas-Corteza Despuntes Aserrín
Industrias de conversión mecánica secundaria	Despuntes Aserrín Virutas

De acuerdo al tipo de actividad, se considera como residuo lo incluido en Tab.7.2.2.
La información que aquí se menciona proviene fundamentalmente del informe realizado por el proyecto EULA [Melo R. et al., 1991b]. Los datos han sido actualizados en lo que ha sido posible. En este trabajo, se hace una evaluación de los residuos forestales sólidos generados por las industrias forestales de la región, particularmente, aquéllos generados durante la explotación forestal y los generados por la industria del aserrío, mediante una encuesta destinada a aserraderos de mediana y gran capacidad de producción.

7.2.2.1 Residuos del bosque

Estos pueden provenir de la explotación o cosecha de un bosque sin manejo adecuado o de bosques que han sido cuidados mediante podas y raleos, siendo mucho mayor la cantidad de residuos remanentes de la explotación de un bosque sin manejo.
El residuo que queda en el suelo, prácticamente en un 100% se quema por roce, por no existir a la fecha una alternativa más económica.
Uno de los residuos más importantes son los tocones y raíces de los árboles que han sido cortados, este puede llegar a ser un recurso importante, puesto que el porcentaje del peso seco de tocones y raíces en relación al total del árbol varía

Tab.7.2.3 - Estándares de cuantificación

Podas:	1 hectárea =	42.5 m^3 de residuos
Raleos:	1 hectárea =	167.7 m^3 de residuos
Cosecha:	1 hectárea =	115,0 - 231,0 m^3 de
residuos	1 m^3 expl.=	0.2 m^3 de raíz y tocón
	1 hectárea =	340.75 kilos de acículas

entre 20 y 28%, con respecto al fuste comercial.
La cuantificación de los residuos provenientes del bosque se realiza en base a distintos estándares aplicables a las condiciones de los bosques chilenos, los cuales entregan información acerca de los distintos tipos de residuos que provienen de los bosques (ver Tab.7.2.3).

7.2.2.2 Residuos de aserraderos

En la industria del aserrío es donde se produce la mayor cantidad de residuos, como el aserrín y la corteza, los cuales sólo han sido acumulados, utilizándose en un mínimo porcentaje.
Se están investigando diversos usos para estos desechos, pues es un problema que crece día a día en dimensión; de tal magnitud, que unas estimaciones mostraron que en 1991 en Chile habían entre 12 y 15 millones de metros cúbicos de desechos formados por corteza, aserrín y despuntes; si esto ahora se proyecta al año 2000, para cuando se espera que la producción maderera se cuadruplicará [INFOR, 1991], existirán entre 48 y 90 millones de metros cúbicos de desechos.
El problema de la acumulación de aserrín es tal, que hoy donde existe un aserradero con una alta producción, existe un cerro de desechos, que crece día a día, hasta tal punto que se requiere disponerlos en otros lugares, incluso en forma clandestina. Estos contaminan suelos, ríos y esteros, pues no son un desecho aceptado por los municipios en vertederos municipales.
La corteza es otro de los residuos que se acumula y que se utiliza en una mínima proporción. Para el uso eficiente de la corteza de pino es necesario que exista una empresa que trabaje con los principales subproductos de ésta, entre ellos los taninos y la suberina; ésta última es usada en la industria frutícola y en este momento se importa.
En la investigación realizada por EULA [Melo et al, 1991b] la cuantificación de los residuos generados se hizo en base a encuestas destinadas a aserraderos de mediana y gran capacidad de producción (29 en total, con una producción mayor a 10.000 m^3). La información generada por estas encuestas puede distinguirse en: situación acumulada al año 1989, y en producción de residuos del año 1989.
La cantidad de residuos (estimada por los encuestados), generada a través de los años 1960 al 1989, alcanza a 3,3 millones de m^3. De éstos se utilizaron, ya sea como combustible o venta a terceros, un total de 1,2 millones de m^3, de lo que se desprende que actualmente hay acumulados 2,1 millones de m^3, generados en la VIII Región (que se puede asumir como una buena aproximación para la cuenca del río Biobío y área costera adyacente). El tipo de residuo que producido es preferentemente aserrín y corteza, teniéndose también como desecho, en algunos casos, los despuntes y los lampazos. Estos últimos, a partir del año 1986, dejaron de considerarse desechos, ya que se comenzaron a destinar a la fabricación de astillas, convirtiéndose en una buena fuente de ingresos, además de ser materia de gran demanda para la producción de celulosa química, por la calidad de sus fibras.
El año 1989 la producción alcanzó 1.431.458 m^3 de madera aserrada de Pino Insigne, la producción de residuos en la zona fue de 762.326 m^3; básicamente aserrín y corteza. Nuevamente se puede comprobar que el aprovechamiento más generalizado de los desechos, fue el uso como combustible. En lo que se refiere a los desechos acumulados durante 1989, éstos alcanzaron a 325.492 m^3.
Los lugares donde se encuentran las mayores acumulaciones de desechos, siendo una potencial fuente de materia prima para distintos procesos, son (a 1991): Menque, Cabrero y Mulchén.

7.2.3 Legislación acerca de los residuos solidos industriales

El Art.13 del Decreto n.78 del 9/2/83 afirma que

"la acumulación y disposición final de residuos dentro del predio industrial, local o lugar de trabajo deberá contar con autorización sanitaria cuando los residuos sean inflamables, explosivos o contengan alguno de los elementos o compuestos señalados a continuación: Arsénico, Asbesto, Bario, Berilio, Boro, Cadmio, Cianuro, Compuestos órgano clorados, Cromo, Fenoles, Manganeso, Mercurio, Nitratos, Nitritos, Níquel, Plomo, Selenio, Compuestos órgano fosforados". En general, la normativa existente en el campo de los residuos sólidos industriales, es fragmentaria y no ha sido actualizada.

7.3 Residuos sólidos de origen agrícola

En cuanto a los residuos sólidos generados por la actividad agrícola no se han detectado problemas, ya que por lo general son reutilizados en los propios terrenos de cultivo. Además, la agroindustria de la cuenca, no tiene un volumen importante como para considerar una evaluación de los desechos generados por ella [Melo, 1991a]. A diferencia de lo visto para los residuos anteriormente mencionados, no existe una legislación que regule la disposición de los residuos agrícolas.

8. ESTADO CUALITATIVO DE LOS RECURSOS HIDRICOS

8.1 Estado cualitativo del río Biobío y de sus afluentes

8.1.1 Criterios para una clasificación de las aguas del río Biobío y de sus afluentes

El estado cualitativo del río Biobío y de sus principales afluentes ha sido estudiado en detalle por el Centro EULA-Chile, con el objetivo de obtener una clasificación de calidad de las aguas debido a la presencia de sustancias que se saben nocivas para la salud humana o para la vida acuática. Los siguientes parráfos han sido tomados del estudio realizado por Vighi et al. [1992]. En Chile existen la Norma Chilena N° 777 of 71 (Agua potable, fuentes de abastecimiento y obras de captación) y Norma Chilena N° 1333 of 78 (Requisitos de calidad del agua para diferentes usos) que "son fragmentarias, sólo consideran un número reducido de parámetros y no permiten una adecuada clasificación del agua superficial. Por lo tanto, no existen normas claras para la clasificación de la calidad del agua superficial" [Vighi et al, 1992]. Cabe señalar, que en Cap.9 se han desarrollado en detalle los aspectos de las normativas actuales y de las propuestas de este estudio. Como base de la clasificación de la calidad del agua para uso múltiple en el río Biobío y en sus afluentes, realizado por el Centro EULA Chile, se ha tomado como referencia, en términos generales, el criterio para uso múltiple adoptado en el Plan de Saneamiento del Agua en la Región de la Lombardía (Italia). Este se ha basado en una síntesis de criterios y estándares de la calidad para varios usos del agua propuesto por diversos organismos internacionales (EIFAC-FAO, USA-EPA, CEE, etc).
Este criterio, sin embargo, ha sido modificado (relativamente) en algunos parámetros químicos, en función de la particular tipología de las fuentes de contaminación en la cuenca del Biobío; también han sido modificados los parámetros microbiológicos, en conformidad con los estándares de calidad para agua superficial como fuente de agua potable prevista en la norma 440/75 de la Comunidad Económica Europea.
Las siguientes corresponden a las categorías utilizadas para determinar el estado de las aguas superficiales en la cuenca del Biobío:

- **CLASE A-B**: Abastecimiento hídrico de clase 1(*). Conservación del ambiente natural y de todos los otros usos (clases C y D).
- **CLASE C**: Abastecimiento hídrico de clase 2(*). Pesca de clase 2 (**). Recreación. Conservación del ambiente natural(***). Uso riego e industrial.
- **CLASE D**: Abastecimiento hídrico de clase 3 (*) Pesca de clase 2(**). Uso para riego, industrial y ausencia de toxicidad aguda a la vida acuática (****).
- **CLASE E**: El agua que no responde a los criterios establecidos para la clase D, va adscrita a la clase E, agua contaminada sin posibilidad (no apta) para algún uso.

(*) *-Abastecimiento hídrico de clase 1: agua idónea para el uso potable mediante operación simple de tratamiento como la filtración rápida y desinfección.*
Abastecimiento hídrico de clase 2: agua idónea para el uso potable mediante procesos normales de tratamiento como la precloración, coagulación, floculación, decantación, filtración y desinfección final.
Abastecimiento hídrico de clase 3: agua que necesita un riguroso tratamiento como la cloración al "breakpoint", coagulación, floculación, decantación, filtración, carbón activado y desinfección (ozono, cloración final).

(**) *Pesca de clase 1= agua para peces salmonídeos.*
Pesca de clase 2= agua para peces ciprínideos.

Los límites de concentración a los parámetros considerados y la clasificación correspondiente se pueden observar en detalle en Tab.8.1.1.

8.1.2 Metodología experimental utilizada

La metodología experimental utilizada por Vighi et al. [1992], en una primera etapa ha identificado los puntos de muestreo y ha programado las campañas en las situaciones de estiaje del río. En condiciones invernales sólo se han efectuado algunas mediciones esporádicas.
Se han identificado a lo largo del Biobío los siguientes sectores:

- Sector A: desde el nacimiento del río Biobío hasta Santa Bárbara.
- Sector B : desde Santa Bárbara hasta Negrete (siempre siguiendo el curso del río).
- Sector C : desde Negrete hasta la desembocadura del río en el mar.

La secuencia del trabajo realizado es la siguiente:

a) Identificación y reconocimiento de los lugares de muestreo de las aguas, a lo largo del río Biobío y de sus principales afluentes, seleccionados dependiendo de la ubicación de las descargas industriales o urbanas en el río.
Los afluentes considerados son los siguientes:
- Río Lonquimay
- Río Pangue
- Río Queuco
- Río Huequecura
- Río Duqueco
- Río Bureo-Mulchén
- Río Vergara-Rehue
- Río Tavoleo
- Río Guaqui
- Río Laja
- Río Hualqui
- Río Malleco (tribuario del Vergara)
- Río Renaico (tributario del Vergara)
- Río Claro (tributario del Laja)

La ubicación de estas estaciones de muestreo, permanentes en el tiempo, se encuentran en Fig.8.1.1.
b) Programación de las campañas de muestreo, en períodos representativos de la magnitud de los caudales de los ríos de la cuenca. Se realizaron campañas de muestreo en los años 1990, 1991 y 1992. En algunas de ellas también se encuentran asociados los caudales instantáneos en las estaciones de muestreo (tanto de los ríos como de los efluentes industriales).

c) Análisis de las sustancias presentes en las muestras, trabajo realizado en los laboratorios de química y microbiología del Centro EULA.
Posteriormente, con los resultados obtenidos, proceder a la clasificación de las aguas en las distintas estaciones en base a Tab.8.1.1.

Por lo tanto, Tab.8.1.1 corresponde a la propuesta del Centro EULA para una clasificación de las aguas superficiales para uso múltiple y en los capítulos posteriores se hará referencia como tal.

(***) : Por conservación del ambiente natural se entiende el mantenimiento de las características ecológicas que competen al cuerpo hídrico, considerando que el ecosistema acuático comprende una amplia variedad tipológica que determina una diferenciación entre la comunidad biológica.

(****) : Las muestras recolectadas del cuerpo hídrico, no diluidas, deben permitir en condiciones de aireación la sobrevivencia de al menos el 90% de los animales utilizados por el ensayo toxicológico por un periodo de 96 horas a la T° de 15°C; la especie utilizada para el ensayo debe ser Salmo gairdnerii Rich.

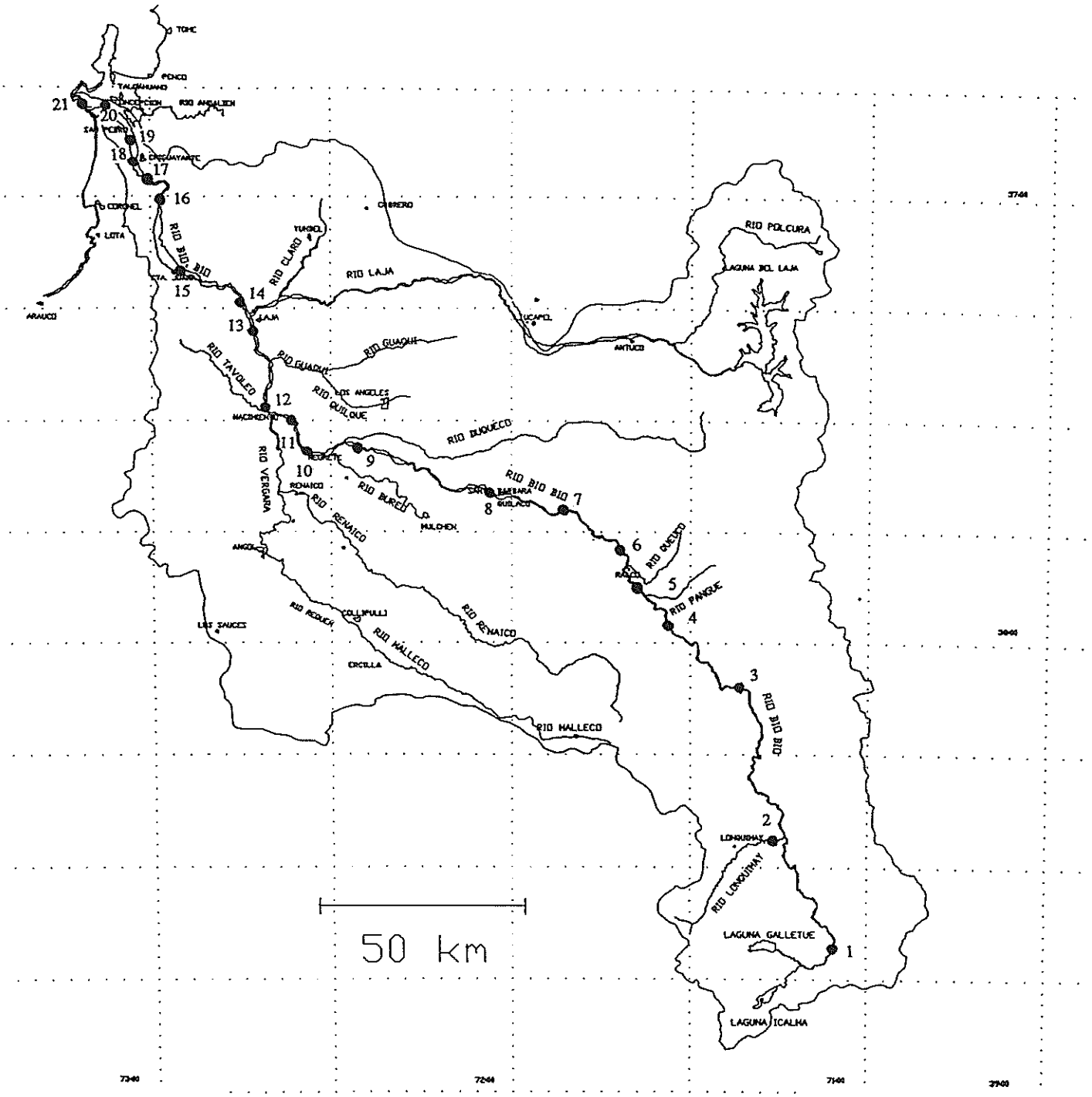


Fig.8.1.1 Ubicación de las estaciones de medición de las campañas de calidad efectuadas por el Centro EULA en el río Biobío y sus afluentes

Tab 8.1.1 Objetivos de calidad para el uso múltiple del recurso hídrico superficial en función de su clasificación (Modificado de:Regione Lombardia, Piano di Risanamento delle Acque) [Vighi et al, 1992]

		ClaseA	ClaseB	ClaseC	Clase D
dT °C Temperatura		1.5(1)	1.5(1)	3(1)	3(1)
Oxígeno disuelto		50% ≥ 9(2)	50% ≥ 9(2)	50% ≥ 8 (2)	50% ≥ 7 (2)
		100% ≥ 7(3)	100% ≥ 7(3)	100% ≥ 5 (2)	100% ≥ 4 (2)
Oxígeno disuelto	sat. %	50% ≥ 100(2)	50% ≥ 100(2)	50% ≥ 100(2)	100% ≥ 45(3)
		100% ≥75(3)	100% ≥75(3)	100% ≥60(3)	
pH		6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6-9	6 - 9
Alcalinidad		20%(4)	25%(4)	25%(4)	25%(4)
Color escala Pt	mg/l	10	50	50	100
Olor (fact. dil. a 25°C)		3	10	20	20
Transparencia	m	1	1	1	0.5
Conductividad	µS	1000	1000	1000	1000
Sólidos suspend.	mg/l	25(5)	25(5)	25(5)	80(5)
DBO5	mg/l	3	5	7	10
DQO	mg/l	10	15	20	30
Cloruro	mg/l	150	150	150	150
Cloro resid.	µg/l	5	5	5	5
Sulfato	mg/l	150	150	150	250
Fósforo tot.	µg	50(6)	50(6)	50- 100(6)	50 - 100(6)
Amonio indisociad.	µg/lN	4	10	20	20
Amonio tot.	µg/l N	40	200	400	800
Nitrito	µg/l N	5	10	30	60
Nitrato	mg/l N	5	10	10	20
Fluoruro	µg/l F	1	1.5	1.5	1.5
Plata	µg/l Ag	0.1	0.1	0.1	0.4
Aluminio	µg/l Al	100	100	100	100
Arsénico	µg/l As	10	25	50	50
Boro	µg/l B	100	200	200	200
Bario	µg/l Ba	50	100	100	100
Berilio	µg/l Be	10	10	10	10
Cadmio	µg/l Cd	0.5	1	2	5
Cobalto	µg/l Co	0.5	2	2	2
Cromo	µg/l Cr	10	50	50	100
Cobre	µg/l Cu	5	10	10	20
Fierro	µg/l Fe	100	300	1000	1000
Mercurio	µg/l Hg	0.1	0.5	0.5	1
Silicato	mg/l Si	10	10	20	20
Manganeso	µg/l Mn	50	100	100	200
Niquel	µg/l Ni	5	10	25	25

(Continúa)

Tab 8.1.1 *(Continuación)*

		ClaseA	ClaseB	ClaseC	Clase D
Plomo	µg/l Pb	5	10	25	25
Selenio	µg/l Se	5	5	5	10
Estaño	µg/l Sn	5(7)	5(7)	25(7)	25(7)
Zinc tot.	µg/l Zn	50	50	100	100
Cianuro	µg/l Cn	5	5	10	10
Fenoles totales	µg/l	1(8)	1(8)	5(8)	10(8)
Aceite miner.	µg/l	20(9)	20(9)	50(9)	100(9)
Detergentes tot.	µg/l	200	200	200	500
Pesticidas organoclorados individuales	µg/l	0.1	0.1	0.2	0.4
Pesticidas organoclorados totales.	µg/l	0.5	0.5	1	2
Pesticidas organofosforados individuales	µg/l	0.05	0.05	0.1	0.2
Pesticidas organofosforados totales	µg/l	0.2	0.2	0.5	0.5
Pesticidas totales	µg/l	1	1	2.5	5
Hidrocarburos totales disueltos o emulsionados (estracción con eter de Petroleo)	µg/l	50	50	200	1000
Hidrocarburos aromáticos policíclicos	µg/l	0.2	0.2	0.2	1.0
Coliformes totales	100ml	50	200	5000	50000
Coliformes fecales	100ml	20	100	2000	20000
Streptococcos fecales	100/ml	20	100	1000	10000
Salmonella		ausencia en 5lts	ausencia en 1 lt	ausencia en 1lt	ausencia en 1ltt
Indice SAR		10	10	10	18

(1) La temperatura del agua después de una descarga térmica, dentro de los 50 metros del punto de emisión, no debe superar el dT °C indicado. Para los lagos la comparación debe ser hecha con la temperatura a medida en tres puntos localizados en un arco de 250 metros del punto de emisión.

(2) Valor que debe ser superado en el menos 50% de la medida.

(3) Valor que debe ser superado en el 100% de la medida.

(4) La alcalinidad natural del cuerpo hídrico no debe ser reducido o incrementada más que el valor indicado.

(5) Se puede modificar el valor límite en el curso de agua en condiciones hidrológicas particulares en las cuales se verifica un enriquecimiento natural sin intervención antrópica.

(6) El límite de 50 µg/l es aplicable al agua tributaria de los lagos. Para los lagos, como límite imperativo, no se deben superar los 50 µg/l como media en la columna de agua en período de circulación; los límites objetivos para las clases A, B y C son aquellos que corresponden a la concentración de fósforo natural, obtenido en función del índice morfoedáfico según la siguiente ecuación: Log. P = 0.87 + 0.03 log IME, donde (IME = conductividad/profundidad media), incremento en 25% para la clase B y C, y sin incremento para la clase A. Para los otros cursos de agua no existe un límite.

(7) Efectos dañinos para la vida acuática derivan preferentemente de la presencia de compuestos orgánicos del estaño.

(8) Criterio de calidad para los clorofenoles.

(9) Medido mediante espectrofotometría T.R. previa extracción con tetracloruro de carbono.

8.1.3 Resultados obtenidos y conclusiones

Se ha obtenido en este estudio las siguientes cartas que reflejan la calidad del agua para usos múltiples, basadas en los análisis de las campañas realizadas en condiciones de estiaje:

a) Carta de la calidad general: basada en todos los parámetros físico-químicos y microbiológicos considerados en la clasificación de Tab.8.1.1 (Fig.8.1.2).
b) Carta de las características microbiológicas: está basada fundamentalmente en los datos de coliformes fecales y totales (Fig.8.1.3).

Además, se ha confeccionado una carta del riesgo de pesticidas agrícolas y una carta de riesgo químico de la actividad industrial, forestal y de elaboración de la madera.

La asignación de un tramo del río en una clase de calidad es el resultado de la evaluación comprensiva de toda la información disponible. La presencia de un dato analítico esporádico fuera del límite no es suficiente para la asignación de un tramo en una clase de calidad inferior, si es que este valor no fuese racionalmente explicable sobre la base de las características de la cuenca y del uso del territorio [Vighi et al., 1992]. En este caso el dato deberá ser considerado como un "outlier" atribuible a causas de varias naturalezas (errores analíticos o de muestreos, eventos accidentales ocasionales, etc.)

Según la carta de calidad general, se puede concluir para la parte alta del río Biobío que la mayor parte de los parámetros de base corresponden a la clasificación A-B. Esto significa que las características naturales del río son de muy buena calidad, es decir, apropiada para todos los diversos usos y para el mantenimiento de una comunidad acuática con alta exigencia cualitativa.

Sin embargo, en la zona media y baja del río, aparecen alteraciones evidentes en algunos parámetros, respecto al cuadro enteriormente descrito, que son indicativos de más o menos graves fenómenos de contaminación.

Para analizar en mayor detalle este fenómeno han sido examinadas y confrontadas con los criterios de calidad, el comportamiento en el curso del río de las dos series de muestreo de los parámetros que presentan significativas alteraciones respecto a las condiciones óptimas de la calidad.

Un comentario detallado de este análisis se presenta a continuación:

- **pH**. En el período invernal el pH se mantiene entre los niveles óptimos, mientras que en los períodos de verano se observan valores ligeramente elevados en el tramo intermedio (estación 9) y valores muy bajos (típicos de clase E) en las estaciones 13 y 14.
- **Nitritos**. Los valores se ubican, generalmente, en la clase A-B. Sin embargo, algunos puntos durante el verano en el tramo terminal del río (estaciones 16, 18, 19 y 20) muestran valores típicos de la clase C y D, al menos para los valores extremos del transecto.
- **DBO**. En el período invernal todos los valores entran en la clase A, mientras que los valores más elevados se encontraron en el período estival con valores máximos en algunos puntos entre las estaciones 13 y 20 (clase A-B o C).
- **Metales pesados**. Son motivo de preocupación los valores de cobre y níquel, mientras que los de Al, Cr, Fe, Pb y Zn se mantienen cerca de los valores naturales. En particular, el cobre en el período estival es progresivamente creciente, con valores que en el tramo terminal son frecuentemente adscritos a la clase E.

Para el níquel se dispone de una serie de medidas efectuadas sobre una docena de estaciones en enero de 1991. Los valores son más irregulares y no se evidencia un comportamiento creciente a lo largo del río. En todo caso, en siete de las estaciones medidas se encuentran valores atribuibles a clase E, incluyendo una estación en el sector A.

Las medidas de los compuestos organoclorurados no han tenido la secuencia temporal y espacial de los otros parámetros; por lo tanto, es difícil describir su comportamiento para confrontarlo con los otros parámetros anteriormente descritos. Sin embargo, resulta evidente que en algunos casos, en el sector B y C del río, se han encontrado valores altos de fenoles totales, pentaclorofenol, lindano, aldrin, DDT, índices de elevada contaminación atribuibles a la clase E. Los fenoles y, en

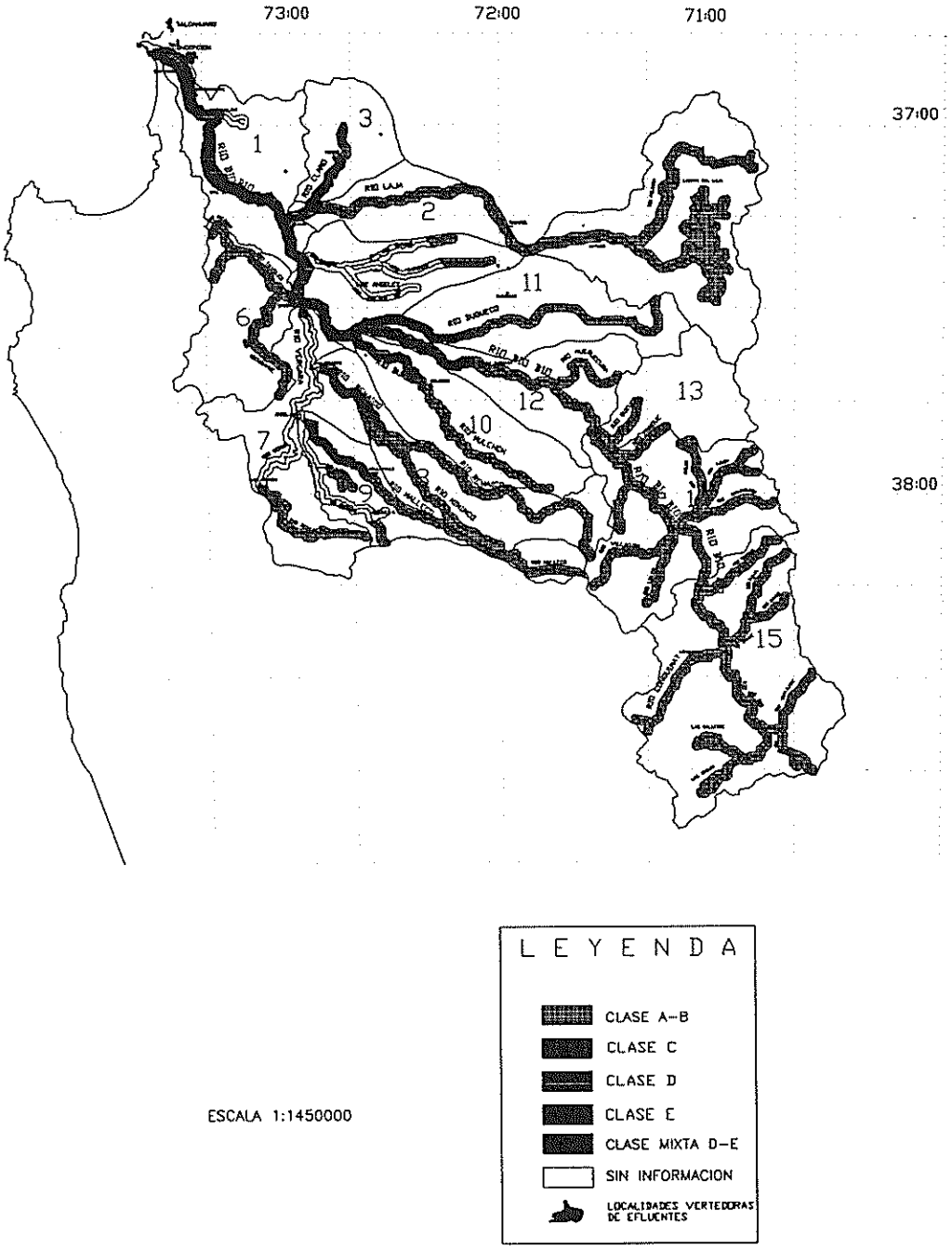


Fig.8.1.2 Carta de calidad general del río Biobío y de sus afluentes, elaborada en el Centro EULA

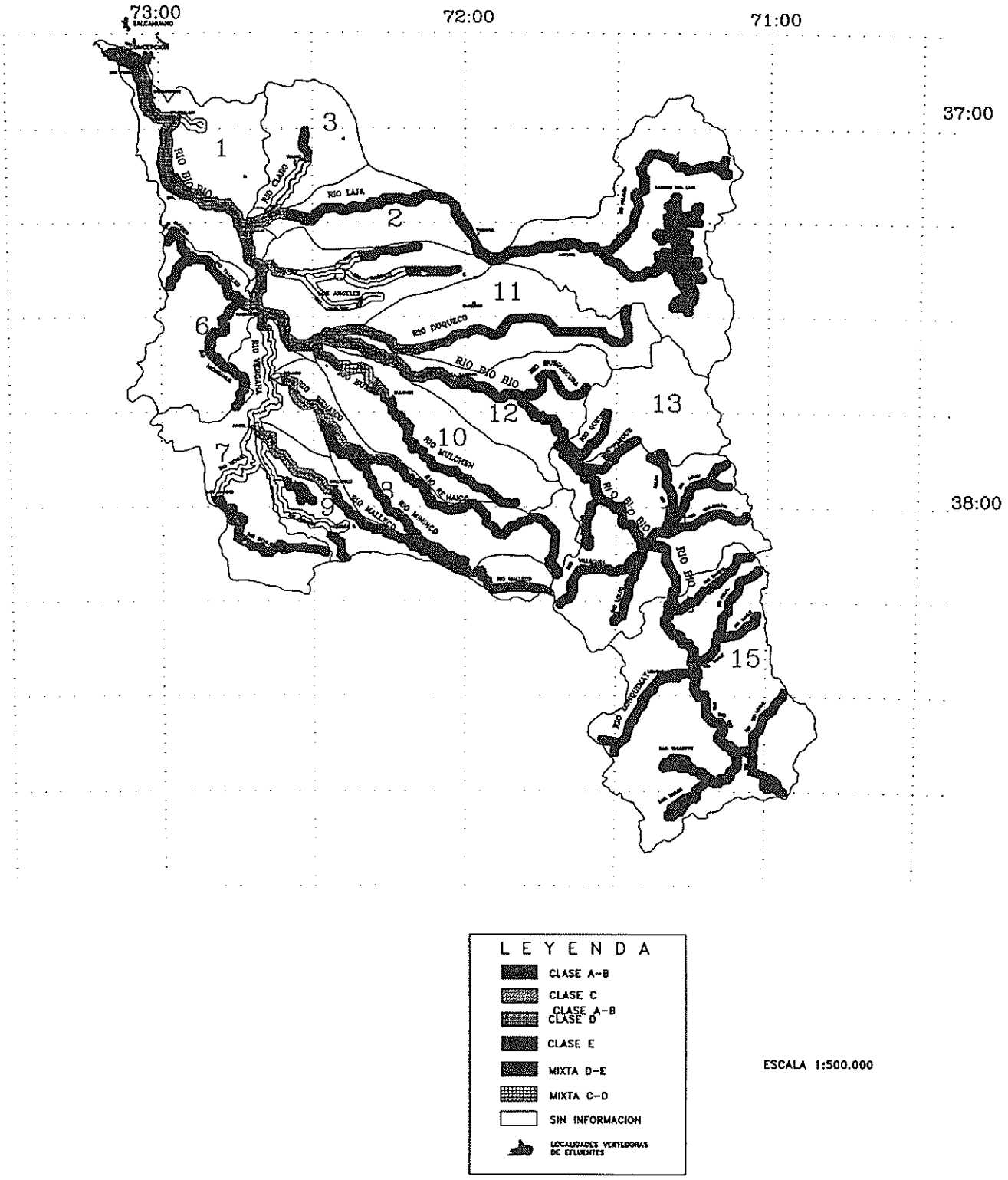


Fig.8.1.3 Carta de las características microbiológicas del río Biobío y de sus afluentes, elaborada por el Centro EULA

particular, el pentaclorofenol son el resultado de las actividades forestales y de las plantas de celulosa y del papel, mientras que el lindano es ampliamente usado especialmente para desinfección urbana. La presencia de otros organoclorados es difícil de explicar y su uso deberá ser controlado.

En cuanto a la situación de los principales afluentes del río Biobío, relativos a las estaciones ubicadas cercanas a la confluencia con el curso principal, se puede expresar lo siguiente:

- Río Pangue, Queco, Huequecura, Duqueco y Bureo. La situación para la mayoría de los parámetros es óptima, por lo cual su calidad es calificada en el tipo A-B.
- Río Vergara. Entre los ríos afluentes, es el que presenta condiciones más preocupantes, indicadas por los valores de pH, amoniaco, DBO y cobre. Los niveles medidos denotan una significativa contaminación urbana y, principalmente, industrial de clase E.

En conclusión, el estado actual del río Biobío, sin presentar un carácter dramático, presenta índices de contaminación urbana e industrial. Se debe tener en cuenta que, actualmente, ya sea la densidad poblacional como la actividad industrial y agrícola, son relativamente localizadas en la cuenca del río Biobío, con excepción de la actividad forestal y de las plantas de celulosa. Si en esta condición ya se presenta un proceso de deterioro de la calidad del agua,un mayor desarrollo futuro de estas actividades, sin una adecuada estrategia de control y límite de los aportes contaminantes, podría comprometer gran parte de la disponibilidad de agua.

Otro aspecto importante de considerar, es que la calidad del agua superficial, representada en las cartas de calidad y en lo anteriormente expuesto, presenta estos niveles de contaminación en los meses de estiaje, que corresponden a enero, febrero, marzo y abril de cada año. En los otros meses, como se ha visto en Par.3.3, los caudales existentes aumentan aproximadamente 10 veces, por lo que los valores de concentración de contaminantes se reducen considerablemente, mejorando las condiciones de calidad de las aguas.

Cabe mencionar que existen tramos significativos de algunos importantes afluentes sin información, éstos son:

- sistema Huaqui, Quilque, Rarinco: dada la alta antropización del territorio, probablemente existe un nivel de contaminación medio-alto, en particular en el estero Quilque y Paillihue aguas abajo de Los Angeles;
- río Vergara (desde Los Sauces hasta la estación de muestreo del tramo de cierre de la subcuenca): por las mismas razones anteriores, probablemente existe un nivel elevado de contaminación al menos aguas abajo de la confluencia con el Rarinco;
- río Claro (aguas abajo de Yumbel): dadas las descargas de aguas servidas de Yumbel y Yumbel-Estación, existe presumiblemente una moderada contaminación.

8.2 Estado cualitativo de los lagos

8.2.1 Lagos Galletué, Icalma y Laja

Debido a su ubicación en la cuenca, los lagos Galletué, Icalma y Laja no sufren problemas de eutrofización y pueden ser clasificados, sin ninguna duda, en la categoría oligotrófica [Parra, 1992].

8.2.2 Lagunas de Concepción-San Pedro

Debido a su ubicación en la ciudad de Concepción y, por lo tanto, a su relación con los habitantes y con el paisaje urbano, las lagunas consideradas en este análisis son:

–Lo Méndez
–Lo Custodio
–Lo Galindo
–Tres Pascualas
–Redonda
–Laguna Chica de San Pedro
–Laguna Grande de San Pedro

Sobre las lagunas Lo Galindo y Lo Custodio no existe información publicada, en todo caso una inspección visual confirma en el caso de la laguna Lo Galindo, la presencia de jacinto acuático que demuestra un estado eutrófico. La laguna Lo Custodio es bastante más pequeña que las anteriores; no presenta afluentes y sus características tróficas vienen dadas por el drenaje de aguas lluvias de la zona aledaña.

La información limnológica disponible fue resumida en una base de datos [Parra et Al. 1989] estructurada sobre 12 clases de información básicas que involucraron 108 entradas (Tab.8.2.1).

En Tab.8.2.2 se resume la información seleccionada en relación a las clases que según Rast y Holland [1988] son básicas para el desarrollo de estrategias de manejo de cuerpos acuáticos; el análisis de esta tabla en relación a la cantidad de información disponible por laguna indica que existen diferencias notorias entre ellas. La laguna para la que existe mayor cantidad de información es Laguna Grande de San Pedro; Laguna Lo Méndez es la menos conocida.

Si se considera la base de datos original propuesta por Rast y Holland (la que distingue 12 tipos o clases de información con 108 entradas), se puede apreciar que no existen datos acerca de la constitución sedimentaria del fondo de las lagunas, ni acerca del uso propuesto para ellas. La carencia de información es grave en relación a biota, producción y productividad acuática, a balance hidrológico, a entorno de las lagunas y condiciones de las cuencas de drenaje.

La impresión general que se obtiene del análisis anterior es que la información es fragmentaria y heterogénea. Dicha heterogeneidad alcanza además aspectos no contemplados en Tab. 8.2.2. Una mirada a las fuentes de información, sobre las cuales se estructuró la base de datos, indica que en estudios realizados sobre una misma laguna por diferentes autores y en distintas fechas (i.e. Laguna Grande de San Pedro), no se utilizaron ni las mismas técnicas de análisis químicos, ni la misma estrategia de muestreo, ni las mismas unidades de medida para expresar los resultados. Diferencias del mismo tipo se observan al comparar estudios realizados en distintas lagunas (i.e. Redonda y Tres Pascualas). Pese a lo anterior, la información recogida en Tab.8.2.2 permite intentar un diagnóstico del estado trófico y sanitario de las lagunas. De acuerdo a Rast y Holland los valores de transparencia, concentración de fósforo total y de clorofila "a" en las aguas son indicadores suficientes del estado trófico del cuerpo acuático.

En Tab. 8.2.3 se comparan valores de referencia indicados por Rast y Holland con los observados en las lagunas. Se aprecia que sobre la base de estos antecedentes, no es posible establecer con certeza el estado trófico de ellas. Esta percepción mejora cuando se toman en cuenta los antecedentes contenidos en Tab.8.2.4, en la que se resume la información cualitativa de cambios e interacciones no cuantificados entre el entorno urbano y las lagunas, y a fenómenos observados en ellas que también tienen valor indicativo sobre el estado trófico y la calidad del agua.

Tab.8.2.1 - Estructura general de la base de datos para recopilación de información limnológica. Se indica el número de entradas en cada clase [Parra 1989].

		Número de entradas
1.	Ubicación geográfica del cuerpo acuático	6
2.	Origen del cuerpo acuático	1
3.	Utilización actual del cuerpo acuático	1
4.	Parámetros climáticos regionales	13
5.	Morfometría del cuerpo acuático	13
6.	Parámetros hidrológicos	6
7.	Parámetros fisico-químicos del lago	27
8.	Biota, producción y productiv.acuática	27
9.	Sedimentos	8
10.	Entorno del lago y cuenca de drenaje	4
11.	Estado trófico del cuerpo acuático	1
12.	Uso propuesto para el cuerpo acuático	1
	Total	**108**

Tab.8.2.2 - Información resumida sobre las lagunas intraurbanas de Concepción. G.S.P. = Laguna Grande de San Pedro; Ch.S.P. = Laguna Chica de San Pedro; Red. = laguna Redonda; Pasc. = Laguna Tres Pascualas; Ménd. = Laguna Lo Méndez. [Dellarossa y González 1982] [Dellarossa y Parra 1985] [EMESA LTDA 1984] [González 1986] [INTEC 1980] [Parra 1989] [Ramirez 1966] [Rosas 1981]

Lagunas	G.S.P.	Ch.S.P.	Red.	Pasc.	Ménd.
Latitud (S)	36º51'--"	36º50'30"	36º48'50"	36º48'50"	36º48'
Longitud (W)	73º06'30"	73º05'30"	73º02'40"	73º02'30"	73º03'
Altura (m)	5				
Utilización actual	navegación dep.acuat.	pesca dep.acuat.	pesca esparcim.	Ninguno	Ninguno
Area cuenca (m2)	12.670.000	4.500.000			
Area esp. agua (m2)	1.557.250	871.750	41.000	58.950	52.000
Largo máximo (m)	2.675	1.777	236	406	457
Ancho máximo (m)	1.375	817	196	217	196
Perímetro (m)	9.800	5.300	715	1.150	1.120
Línea costa (m)	2,13	1,60	1,05	1,33	
Prof. máxima (m)	13,9	17,0	18,5	8,2	5,5
Prof. media (m)	8,3	10,3	9,1	5,1	
Prof.med./prof.máx.	0,60	0,60	0,49	0,62	
Area cuen./Ar. lag.	8,1	5,2			
Volumen (m3)	12.902.877	8.640.000	373.100	300.135	87.000
T.renov.teor.(años)		2			
Circulación	polimíctica		monomíct.		
Temperatura superf.:					
min.,máx.(ºC)	10,0-22,8	10-15	11,5-22	10,0-22,8	11-18
Transparencia (m)	1,8-4,3		0,66-3,60		
Conductividad	59-190	68-85		500-780	
pH	6,36-7,83	6,8-7,5	6,0-10,5	6,84-7,94	7-10,4
Alcalinidad (meq/l)	0,395-0,505		61-137,5	2,52-5,35	70-150
Dureza(mg/l):					
total		10,33-24,32			144-245,2
Calcio	2,89-14,01			35,2-49,6	
Magnesio	2,42-15,96			12,9-29,0	
Oxígeno dis.(mg/l)	0,06-13,96	8,0-12,0	1,1-11,2	0,19-10,7	4-10
BOD5 (mgO2/l)	0,03-4,31				

(Continua)

Tab.8.2.2 - *(Seguido)*

Lagunas	G.S.P.	Ch.S.P.	Red.	Pasc.	Ménd.
Nutrie.(µg/l):N-tot	16,3-664,2				
N-NH4		100			
N-NO3	1,0-768	<20-190	250-500	34,1-1722	25-50
P-tot	1,5-747,8	<3-530		14,0-1155	2,6-9
P-PO4	<1-76,7	<10-1600	0,6-14	6,2-539	
Clorofila a (µg/l)	0,9-17,0	62-284			
Prod.peces					
(kg/há/año)	27-108				
Prod.macrófitas					
(kg/m2)	12,9			1,76	
Carga bacter.(col./100 ml):					
Total	610-50000		30-7900		
Colif. Totales	>11000		91		
Colif. Fecales	11000		36		
Categoría trófica	eutrófico	mesotrófico	eutrófico	eutrófico	eutróf.
Entradas satisfechas/					
/total entr.en Tab.	37/38	27/38	23/38	23/38	16/38
% inform. dispon.	97	71	61	61	42
Años ref. biblio.	80/89	80/86	66/81	89	66

Finalmente, un juicio más cualitativo que cuantitativo lleva a calificar a las lagunas intraurbanas de Concepción como cuerpos acuáticos eutróficos (Laguna Grande de San Pedro, Redonda, Tres Pascualas y Lo Méndez), con tendencia a aumentar su eutroficación cultural más que a disminuirla. Laguna Chica de San Pedro es la que presenta una mejor calidad del agua, clasificándose probablemente como mesotrófica.

8.3 Estado cualitativo de la zona marina

En el ámbito de este estudio, es importante el conocimiento de los aspectos cualitativos de la zona costera adyacente a la desembocadura del río Biobío, para identificar, conjuntamente con los aspectos hidrodinámicos entregados en Cap.3.4, las zonas más adecuadas para la ubicación de los eventuales emisarios submarinos y sus características.

Al mismo tiempo, es necesario disponer también de los datos relativos a los parámetros químico-físicos como la temperatura y la salinidad, y los datos relativos a las características granulométricas del fondo marino, siendo esta información necesaria para el dimensionamiento, a nivel de prefactibilidad, de estos emisarios.

Tab.8.2.3 - Estado trófico de las lagunas intraurbanas de Concepción, de acuerdo a criterios definidos por Rast y Holland (1988). Los signos ? indican ausencia de información. G.S.P=Laguna Grande de San Pedro; Ch.S.P.=Laguna Chica de San Pedro; Red.=Laguna Redonda; Pasc.=Laguna Tres Pascualas; Ménd.=Laguna lo Méndez; Pt=fósforo total; Cl.a= clorofila a; S=transparencia por Disco Secchi.

Categorías tróficas	lagunas														
	G.S.P.			Ch.S.P.			Red.			Pasc.			Ménd.		
	Pt	Cl	S	Pt	Cl	S	Pt	Cl	S	Pt	Cl	S	Pt	Cl	S
oligotrofía					?	?	?				?	?	X	?	?
mesotrofía		X			?	?	?				?	?		?	?
eutrofía			X		?	?	?				?	?		?	?
hipertrofía	X			X	?	?	?	X	X	X	?	?		?	?

Tab.8.2.4 - Apreciación cualitativa de las condiciones limnológicas y del entorno de las lagunas intraurbanas de Concepción. G.S.P=Laguna Grande de San Pedro; Ch.S.P.=Laguna Chica de San Pedro; Red.=Laguna Redonda; Pasc.=Laguna Tres Pascualas; Ménd.=Laguna Lo Méndez; I=aumento; D=disminución; P=parcial; T=total; B=bajo; M=medio; A=alto.

Condiciones	lagunas				
	G.S.P.	Ch.S.P.	Red.	Pasc.	Ménd.
Transparencia	D	D?	D	D	D?
Sólidos en suspensión	I	I?	I	I	I?
Clorofila a	I	I?	I	I	I?
Concentración de nutrientes	I	I?	I	I	I?
Conductividad	I?	I?	I?	I	I?
Déficit oxígeno hipolimnético	I	-	I	-	-
Sobresaturación de oxígeno epilimnético	I	-	I	-	-
¿Florecimientos de algas verdeazules?	Si	No	Si	Si	Si
¿Cinturón marginal de macrófitas invasoras?	Si	No	No	Si	Si
¿Recibe aguas lluvias?	Si	Si	Si	Si	Si
¿Recibe aguas servidas?	Si	No	No	Si	Si?
¿Actividad forestal en la cuenca de drenaje?	Si	Si	No	No	No
¿Actividad agropecuaria en la cuenca?	Si	Si	No	No	No
¿Presencia de población humana ribereña?	Si	Si	Si	Si	Si
Grado de urbanización en torno de la laguna	P	P	T	T	T
Uso recreativo	M	A	B	B	B

8.3.1 Características físico-químicas

SALINIDAD

Bahía de Concepción: lo descrito para las condiciones hidrodinámicas de esta bahía (circulación a dos o más capas, con afloramiento del agua ecuatorial en el período de septiembre a abril, ver Par.3.4), se manifiesta también en los perfiles de salinidad. De hecho, se encuentra una mayor salinidad (34.3 por mil o más) en los otros meses [Ahumada y Rudolph, 1988].
La salinidad superficial presenta un rango de valores comprendido entre 27 y 34.5 por mil [Ahumada y Chuecas, 1979b], en función de la pluviometría y del afloramiento de aguas profundas más saladas.
En Fig.8.3.1 y Fig.8.3.2 se muestran los perfiles de salinidad encontrados en enero en cuatro estaciones de la bahía [Arcos y Wilson, 1984].

Bahía de San Vicente:
la salinidad fluctúa entre 33.5 y 34.6 por mil, con una tendencia estacional al aumento de la salinidad en los meses estivales. En Fig.8.3.3, donde se encuentran los perfiles de salinidad medidos en enero y junio a lo largo de la sección central de la bahía, se puede observar que no existe un gradiente de salinidad vertical muy marcado en ninguna estación [Ahumada y Rudolph, 1988]. La salinidad superficial, medida en proximidad de la costa norte (cercano a Punta Pardo) en el curso de una campaña efectuada por el EULA en agosto de 1991, presenta también un comportamiento constante [EULA-Universidad de Concepción, 1992].

Golfo de Arauco:
observando Fig.8.3.4, donde se muestra la salinidad superficial del Golfo de Arauco en la zona de la desembocadura [Acuña et al., 1991], se ve una disminución debida al aporte de agua dulce, hasta un valor cercano al 25 por mil. El efecto de la dilución se aprecia hasta 3 millas al oeste y 5 millas al sur de la desembocadura, mientras al exterior de esta área se encuentra la isolínea 34 por mil de salinidad, correspondiente a agua de mar.
El efecto de la dilución se registra en los primeros 1-2 metros de profundidad y bajo la profundidad de 5 metros se encuentran aguas de salinidad constante, iguales a 34 por mil.

TEMPERATURA

Bahía de Concepción: la media anual de la temperatura superficial de la bahía es de cerca de 13° C, con una variación media de +/- 2°C en el transcurso de las estaciones. Los valores extremos registrados en un año son de 16.8 °C en diciembre y 10.3 °C en agosto.

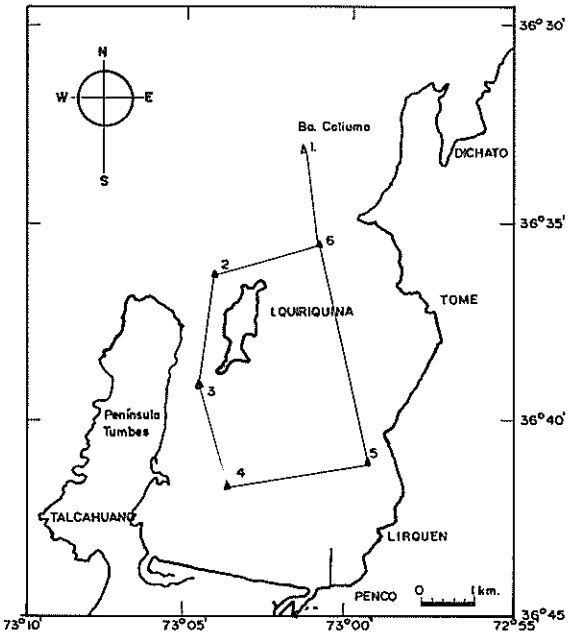


Fig.8.3.1 Ubicación de las secciones de medición en la Bahía de Concepción de los perfiles de salinidad entregados en Fig.8.3.2 [Arcos y Wilson, 1984]

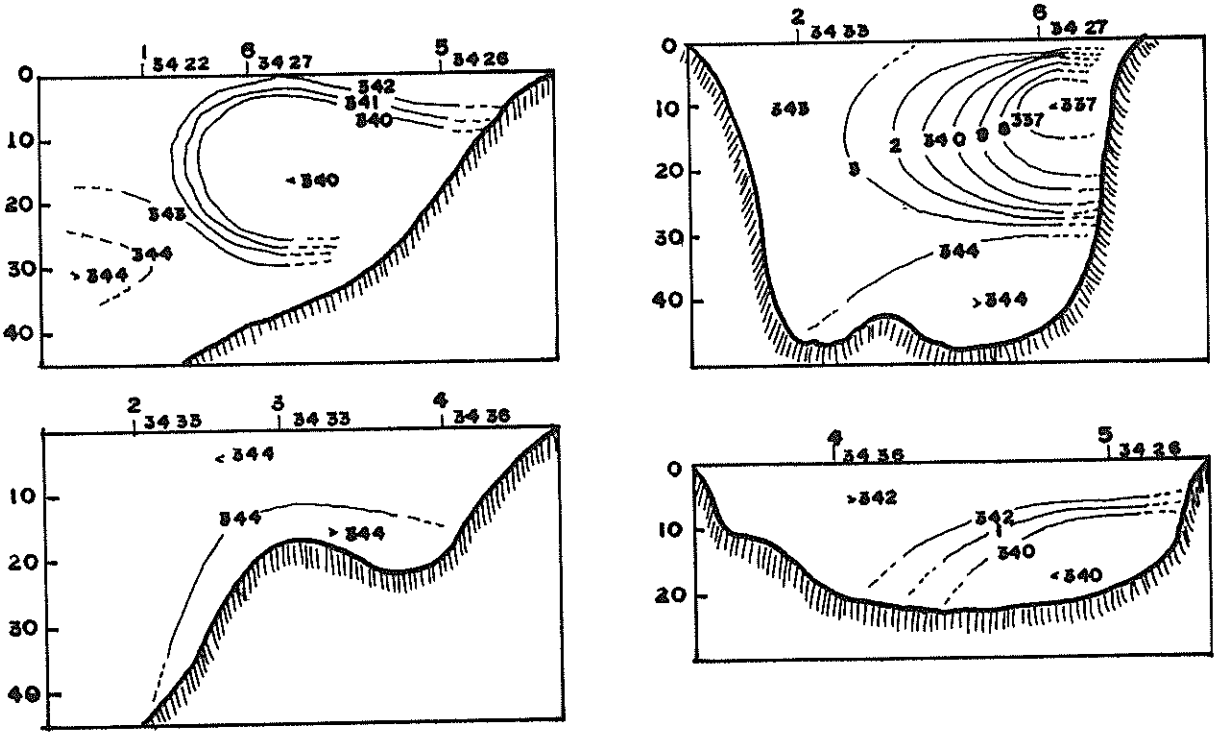


Fig.8.3.2 Perfiles de salinidad medidos en enero en cuatro estaciones de la Bahía de Concepción [Arcos y Wilson, 1984]

En Fig.8.3.5 se entregan los perfiles de temperatura registrados en secciones de la bahía [Arcos y Wilson, 1984].

Bahía de San Vicente:
en Fig.8.3.6 se encuentra el perfil de temperatura registrado en enero, en las secciones de la bahía [Ahumada y Rudolph, 1988]. En condiciones invernales sólo se disponen datos de temperatura superficial, que presenta una distribución homogénea en torno a los 12.5-12.6 °C [EULA-Universidad de Concepción, 1992].

Golfo de Arauco:
la influencia de las aguas del río Biobío afecta también la distribución de temperatura, con un aumento de 2 °C. Fuera de la zona de influencia del río, la temperatura en el mes de marzo es de 14.5 °C en la superficie y de 11 °C en profundidad [ver Fig.8.3.7, Acuña et al., 1991].

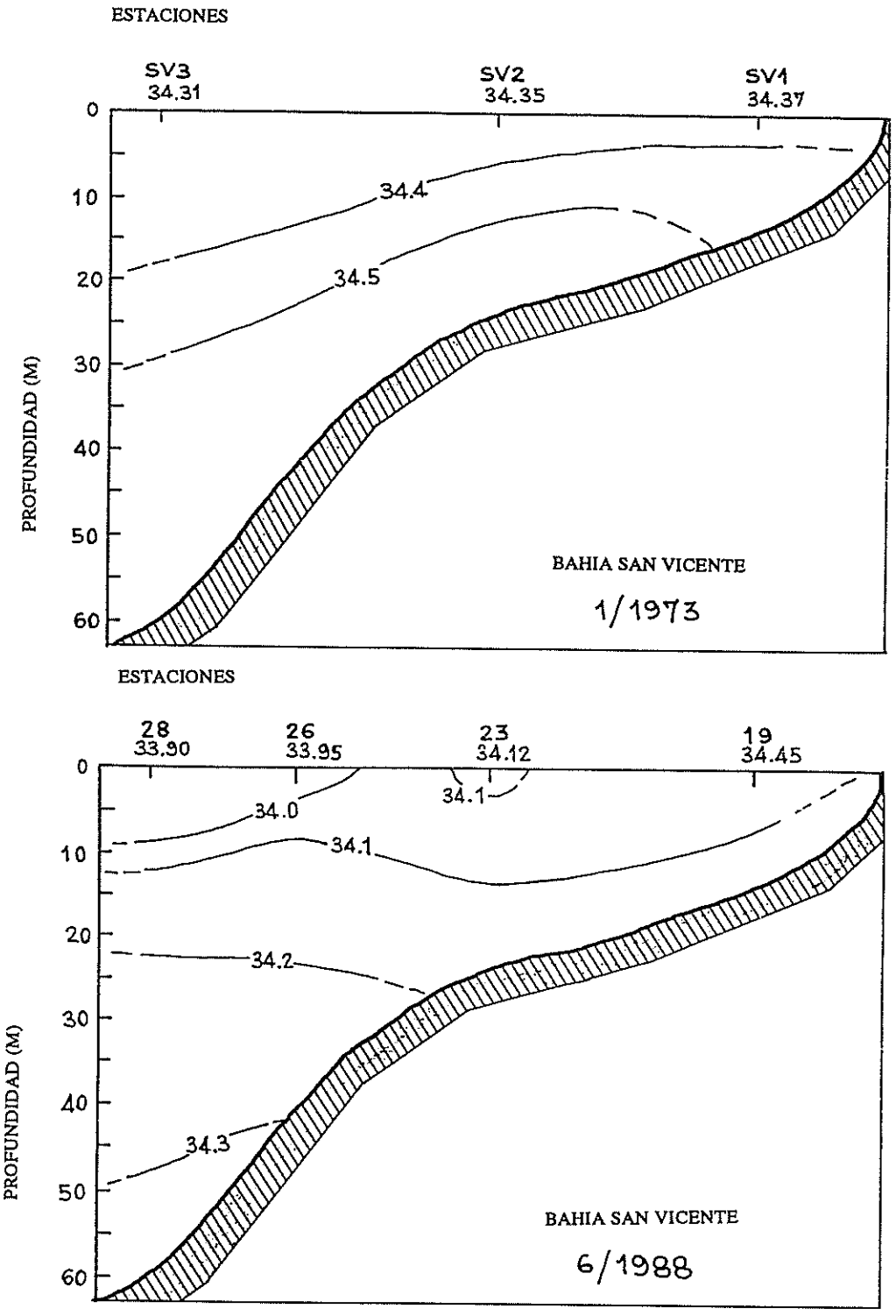


Fig.8.3.3 Perfiles de salinidad medidos en enero y junio en una sección central de la Bahía de San Vicente [Ahumada y Rudolph, 1988]

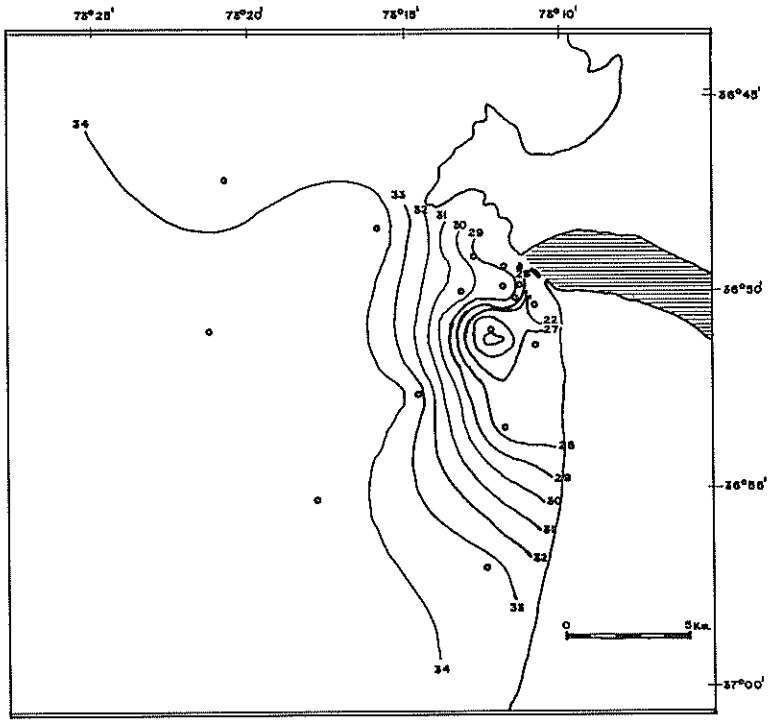


Fig.8.3.4 Distribución de la salinidad superficial en la zona de la desembocadura del Biobío [Acuña et al., 1991]

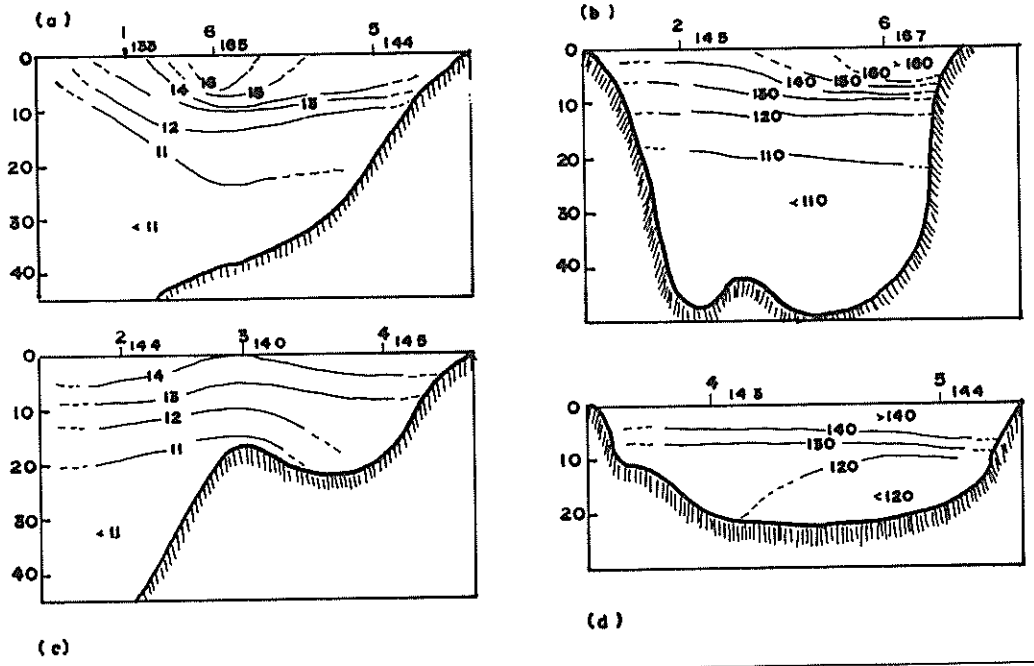


Fig.8.3.5 Perfiles de temperatura en cuatro estaciones de la Bahía de Concepción (ver Fig.8.3.1) [Arcos y Wilson, 1984]

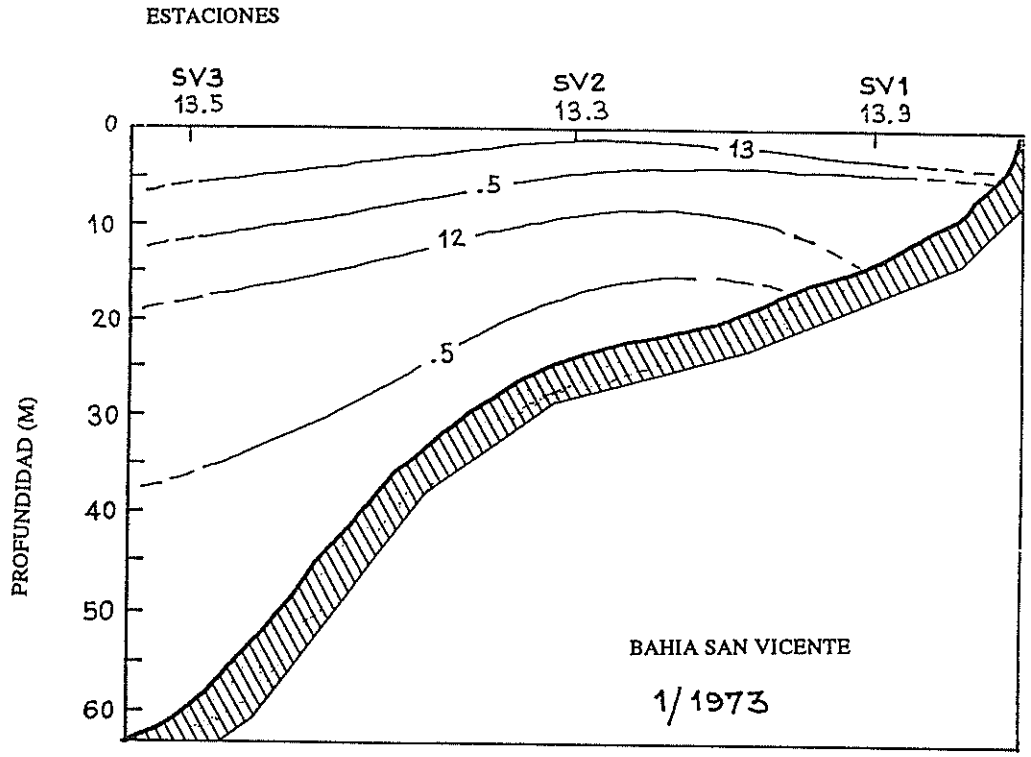


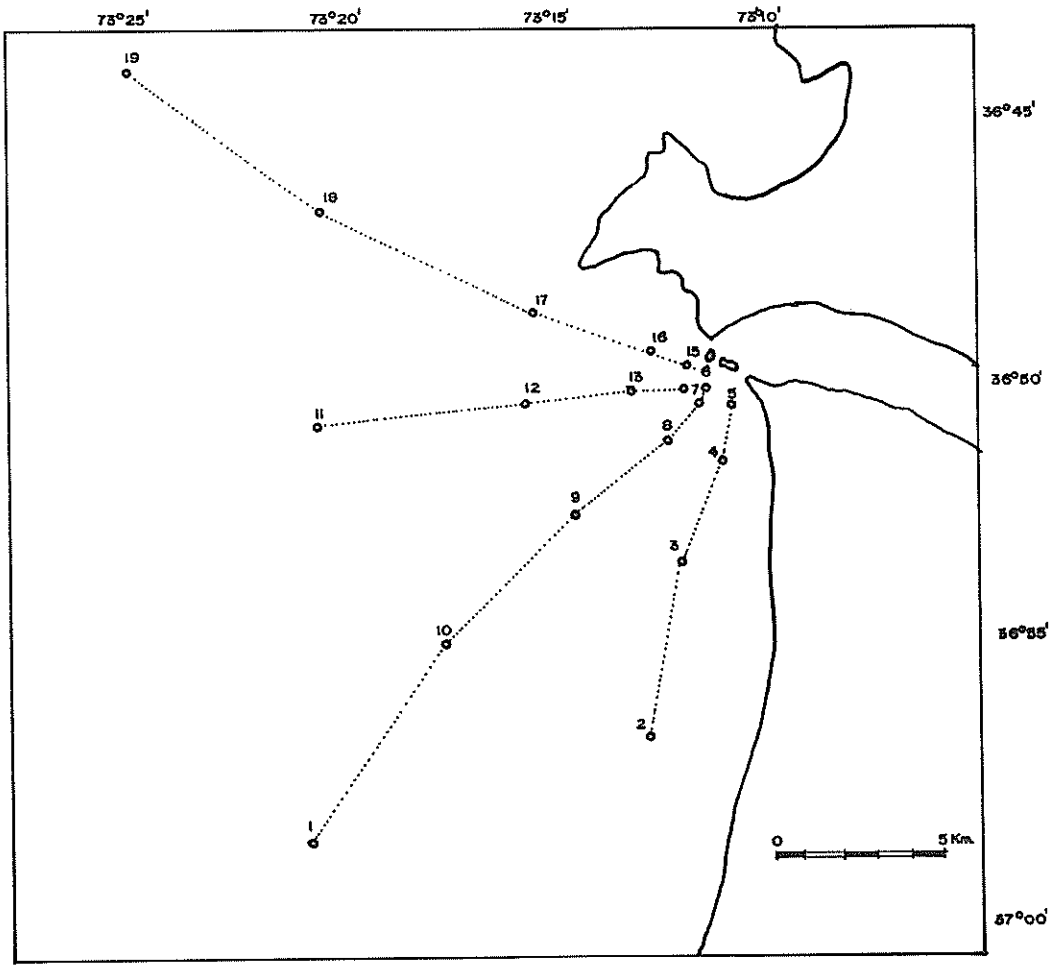
Fig.8.3.6 Isolíneas de temperatura en una sección central de la Bahía de San Vicente. Enero 1973 [Ahumada y Rudolph, 1988]

8.3.2 Parámetros cualitativos

Con el objetivo de presentar cartas "temáticas" de inmediata lectura, relativas al estado cualitativo y/o de contaminación en las bahías estudiadas, se entregan algunas cartas generales en base a los estudios realizados por el Centro EULA y a la bibliografía existente.
Por la cantidad y uniformidad de la información, sólo se han podido realizar las cartas referidas a las características granulométricas del sedimento, al porcentaje de materia orgánica en el sedimento (Fig.8.3.9) y a la localización de las descargas presentes en la zona (Fig.8.3.10 y Fig.8.3.11).
En estas cartas existe, eso sí, una discrepancia temporal entre las informaciones relativas a las distintas zonas. En particular:

- *Carta de granulometría y de porcentaje de materia orgánica en el sedimento*: los datos relativos a la bahía de San Vicente son de 1989 [Ahumada et al., 1989], del Golfo de Arauco de 1991 [carta confeccionada por V. Pineda del Centro EULA] y de la bahía de Concepción de 1982 [Ahumada y Fernández, 1984].

- *Carta de las descargas*: para la bahía de San Vicente se han asumido los datos publicados en EULA-Universidad de Concepción [1991]



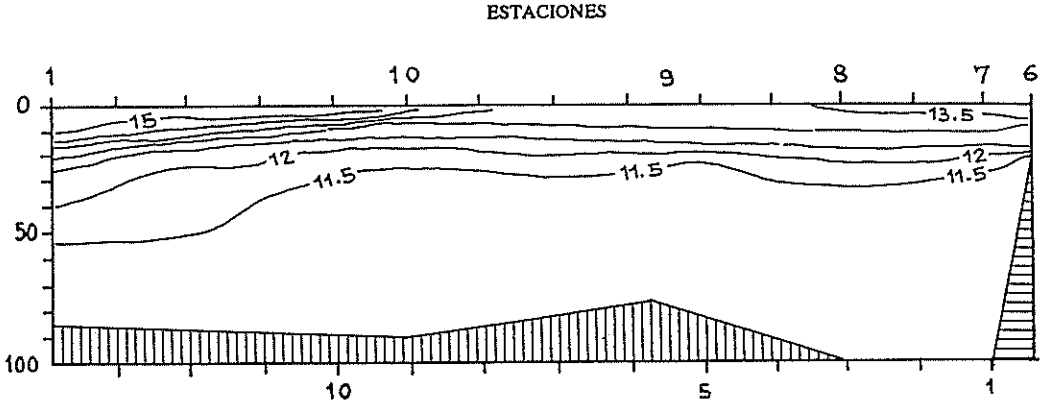


Fig.8.3.7 Distribución vertical de la temperatura (°C) en una sección vertical (a) en la zona de la desembocadura del río Biobío (b) [Acuña et al., 1991]

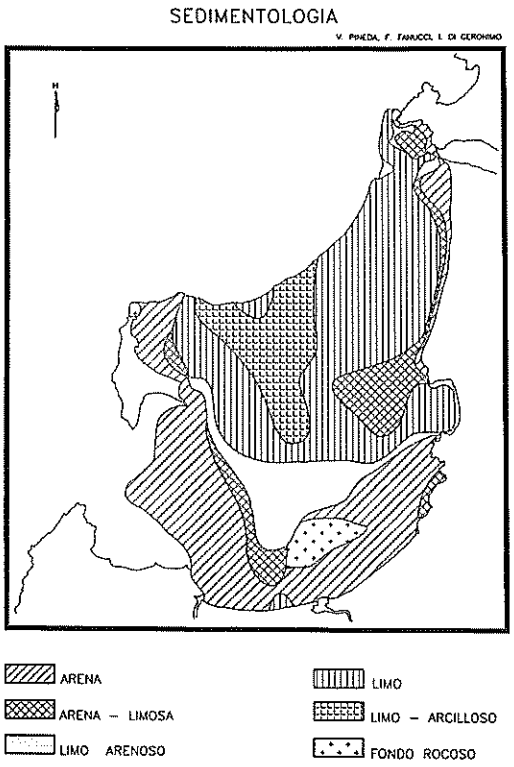


Fig.8.3.8a Características granulométricas del sedimento en el Golfo de Arauco

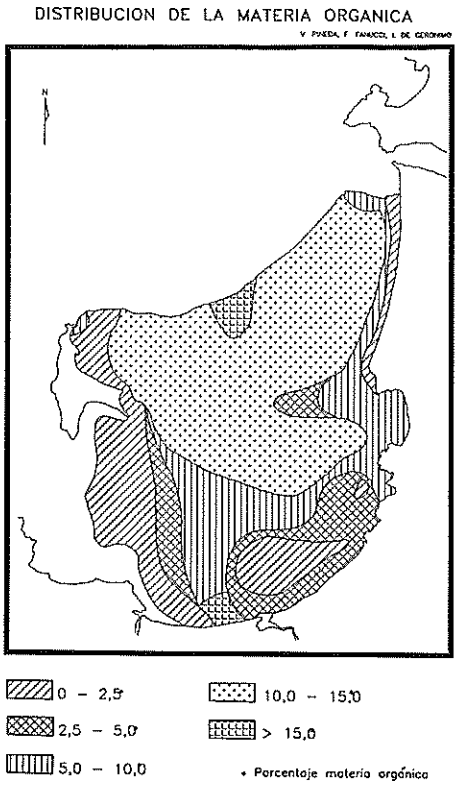


Fig.8.3.8b Porcentaje de materia orgánica en el sedimento del Golfo de Arauco

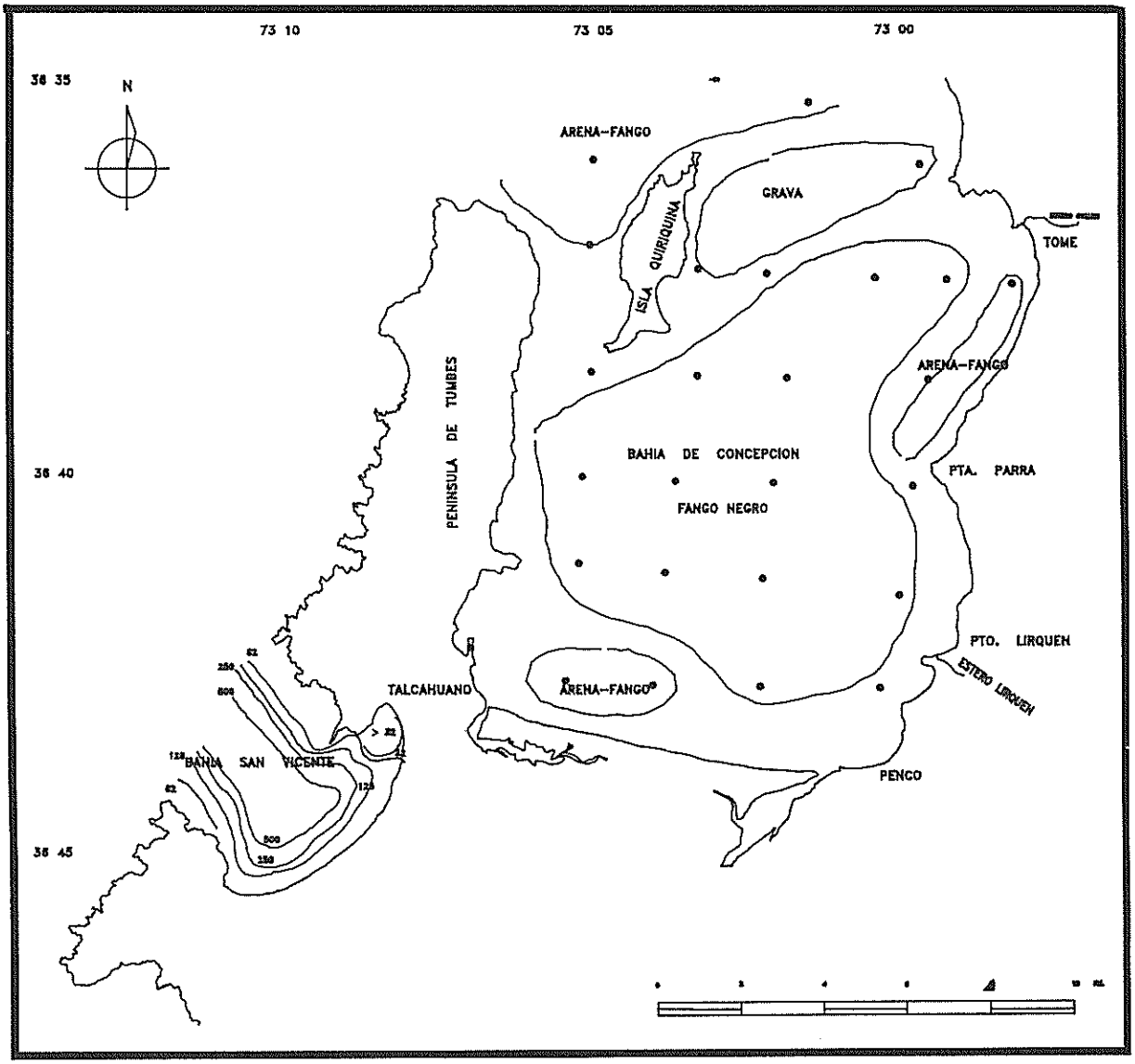


Fig.8.3.9a Características granulométricas cualitativas del sedimento en la Bahía de Concepción y en la Bahía de San Vicente

coincidentes con los entregados en Ahumada et al. [1989]. Para la bahía de Concepción se ha hecho referencia a los datos entregados por Ahumada y Rudolph [1988] y la información de las descargas de aguas domésticas de las ciudades costeras e industriales. Para el Golfo de Arauco no existen estudios específicos sobre este aspecto y se han entregado los datos recopilados directamente, relativos a las descargas de aguas domésticas y a las descargas de las industrias analizadas por el Subproyecto EULA 15.

Para los restantes parámetros relativos al estado cualitativo de la zona costera (O_2, nutrientes, etc.) la información existente no ha permitido realizar una carta general que sea representativa y significativa.

Tales aspectos serán descritos particularmente para cada bahía, tal como se ha hecho para los parámetros físico-químicos.

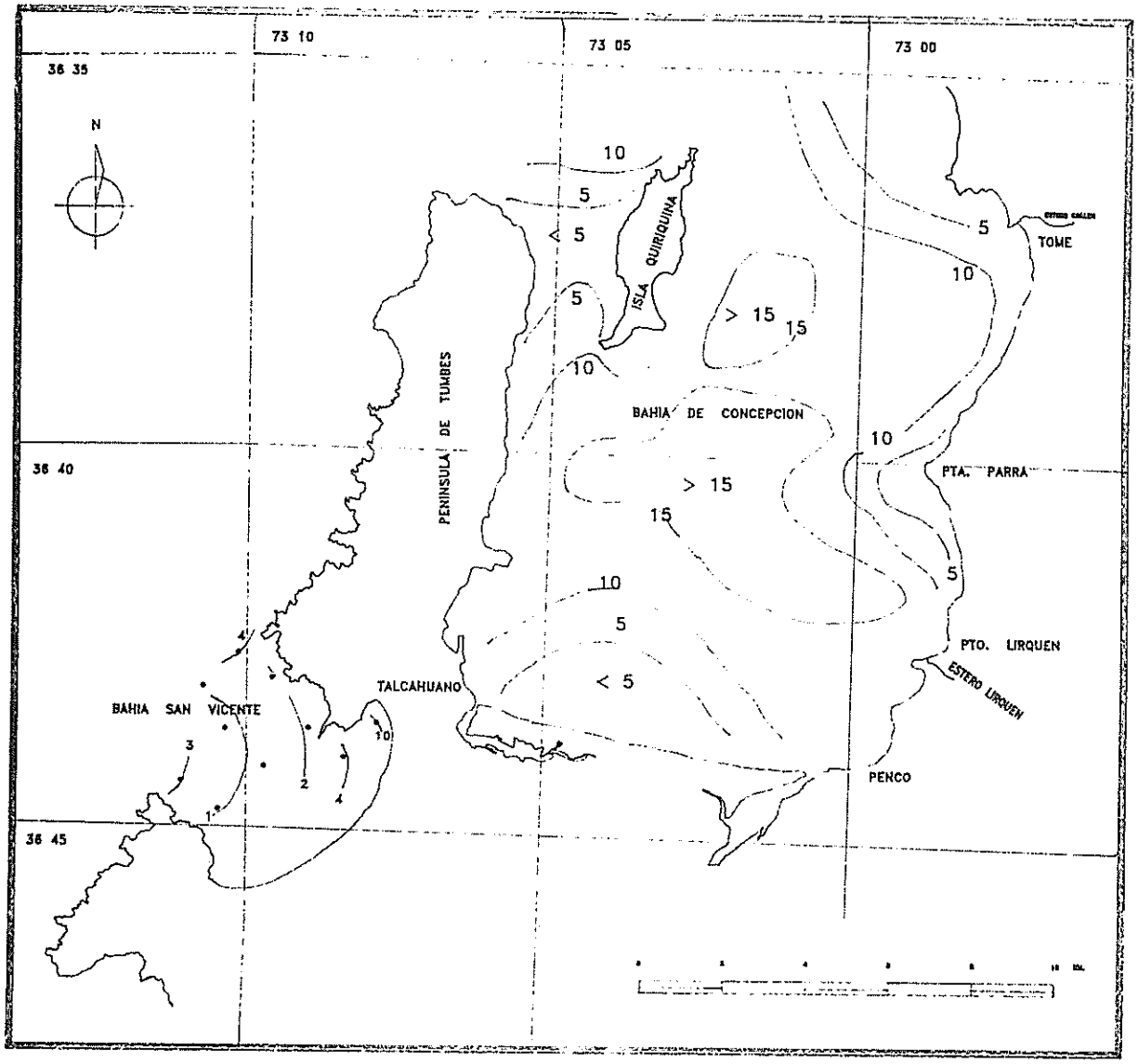


Fig.8.3.9b Porcentaje de sustancia orgánica en el sedimento de la Bahía de Concepción y de la Bahía de San Vicente

Bahía de San Vicente

La bahía de San Vicente recibe importantes aportes de aguas residuales, de origen ya sea urbano o industrial. De la carta general del contenido de materia orgánica en el sedimento, se observa que los contenidos más altos de sustancias orgánicas se encuentran en la zona del puerto, a pesar que la concentración de materia orgánica no es relevante (inferior al 2% en los sedimentos más gruesos y entre 3-4% en los más finos).

El oxígeno disuelto presenta un comportamiento estacional, con valores inferiores al porcentaje de saturación durante todo el año.

En Fig.8.3.12 se muestran los valores de oxígeno disuelto a distintas profundidades, para el mes de abril de 1988 [Ahumada et al., 1989]. Se observa claramente un gradiente en la concentración a lo

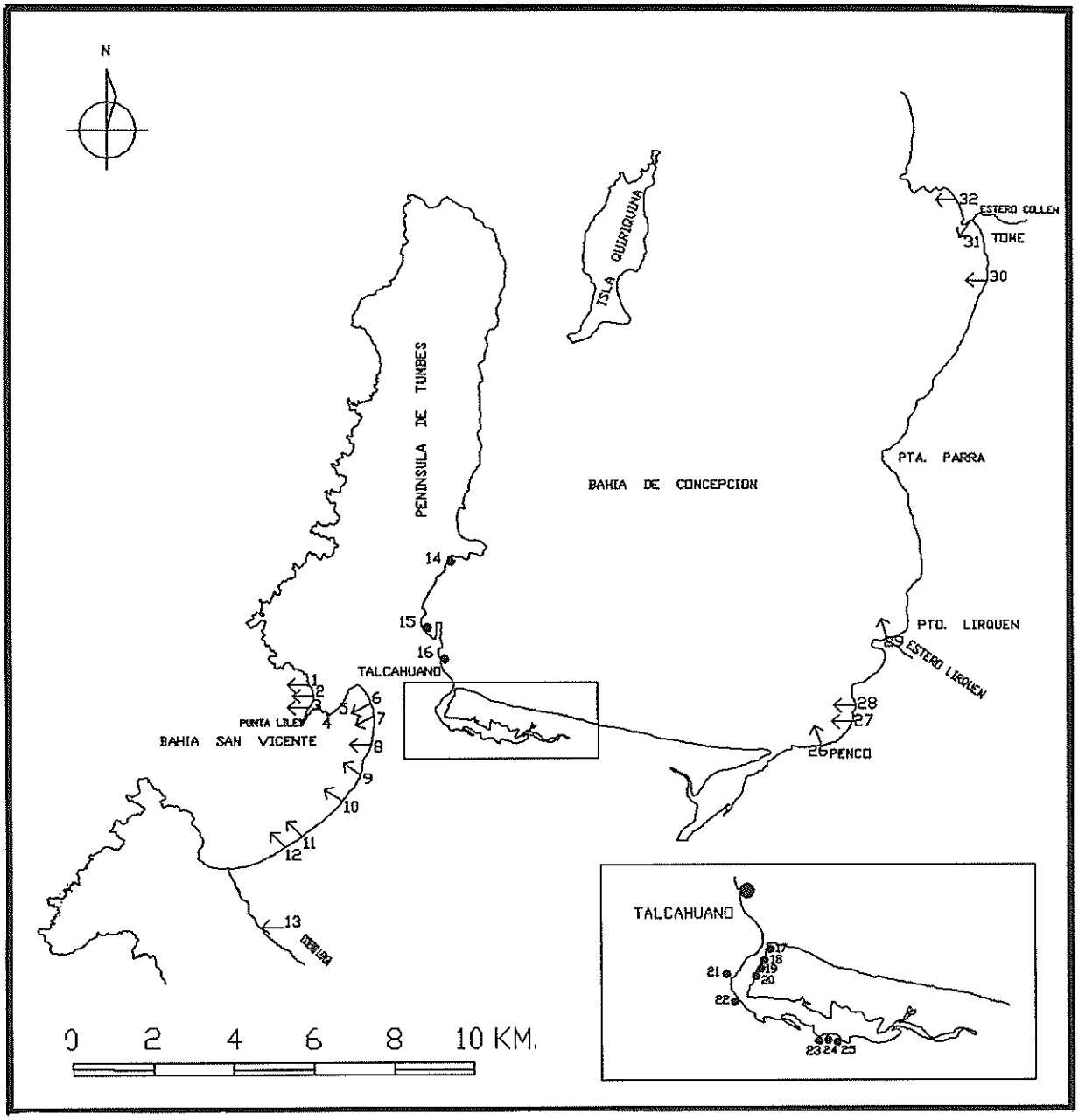


Fig.8.3.10 Localización de las descargas presentes en la Bahía de Concepción y en la Bahía de San Vicente (1,2 y 3: descargas de alcantarillado de Talcahuano; 4: actividad portuaria; 5: descarga industrial pesquera; 6: efluente industria pesquera; 7: descarga desembarque de pescados; 8: efluente industrial; 9: efluente coquería Huachipato; 10: efluente industrial; 11: descarga urbana; 12: efluente industria química; 13: aguas lluvia; descarga urbana; 14, 15, 16: descarga del desembarque de pescado; 17: efluente pesquera Tamarugal; 18: efluente pesquera Interpolar; 19: efluente pesquera Golfo; 20: efluente pesquera Landes; 21: efluente pesquera Iquique; 22: efluente pesquera Golfo (congelados); 23: efluentes pesquera San Miguel; 24: efluentes pesquera Vásquez; 25: efluentes pesquera Indumar; 26: efluentes pesquera Biobío; 27: efluente Loza Penco; 28: alcantarillado Penco (2 emisarios); 29: alcantarillado Lirquén, efluentes vidrios Lirquén; 30: efluente industria Bellavista; 31: descarga en Collén del alcantarillado de Tomé y de la pesquera Camanchaca; 32: alcantarillado Tomé

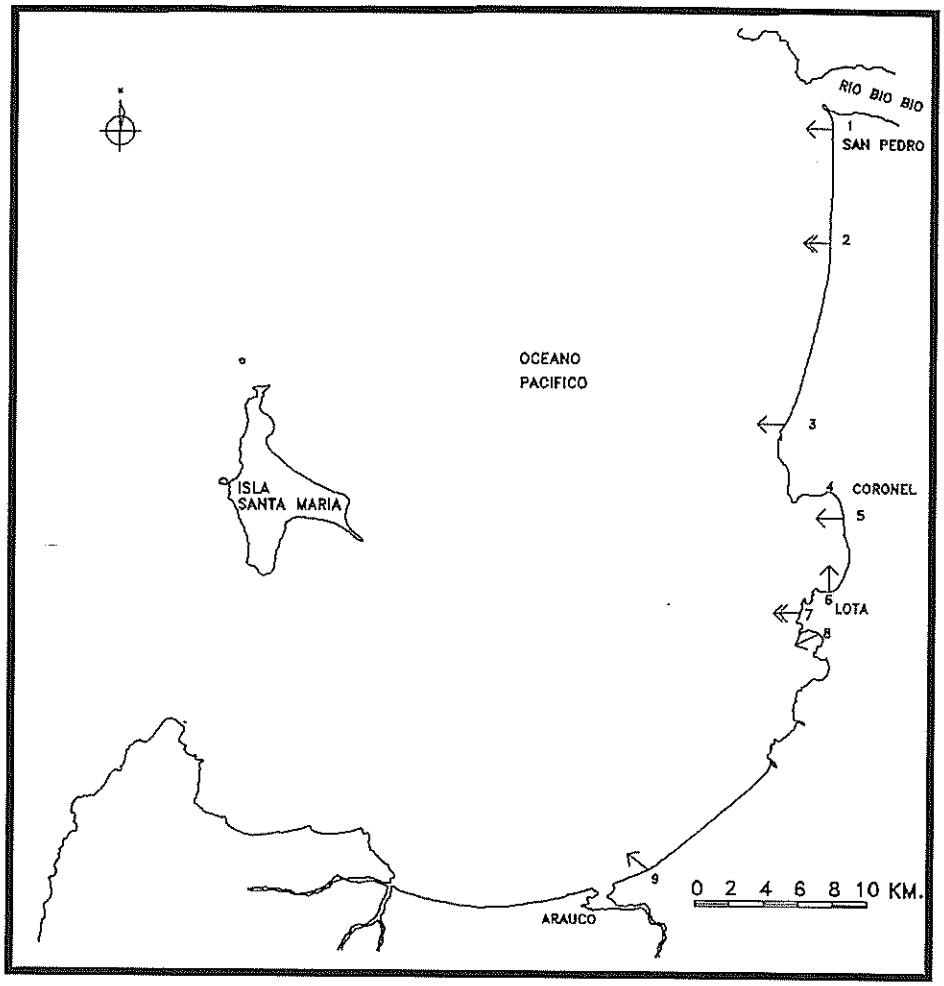


Fig.8.3.11 Ubicación de las descargas presentes en el Golfo de Arauco (1: alcantarillado de San Pedro; 2: descargas industriales del Parque Escuadrón; 3: alcantarillado Coronel; 4: descargas del desembarque de pescados; 5: emisario submarino de Coronel; 6: alcantarillado Lota; 7: efluente ENACAR; 8: descarga alcantarillado Lota; 9: efluentes industriales de Arauco I y II

largo de la bahía, con valores mínimos concentrados en la zona del puerto. Mediciones efectuadas a lo largo de una sección vertical central de la bahía, muestran que los valores mínimos presentes a una profundidad de 30-40 m, son de 2-3 mg/l en el mes de enero y de cerca de 5 mg/l en junio.

La transparencia del agua, obtenida como profundidad del Disco Secchi, presenta un comportamiento muy homogéneo en el transcurso del año (Fig.8.3.13) con valores mínimos en la zona del puerto [Ahumada y Rudolph, 1988], mostrando, por lo tanto, una buena relación entre la necesidad de oxígeno y la presencia de material particulado. Los valores de los nutrientes inorgánicos medidos en la superficie presentan una distribución bastante homogénea para nitratos y nitritos, con valores de 0.6-0.7 mg/l de nitrógeno nítrico y 0.02-0.03 mg/l de nitrógeno nitroso en agosto [EULA-Universidad de Concepción, 1992]. El amonio presenta valores de 0.2 mg/l de NH_4-N, con mayores concentraciones en las proximidades de los puntos de descarga de las aguas urbanas. Los fosfatos, por último, presentan valores similares a los en-

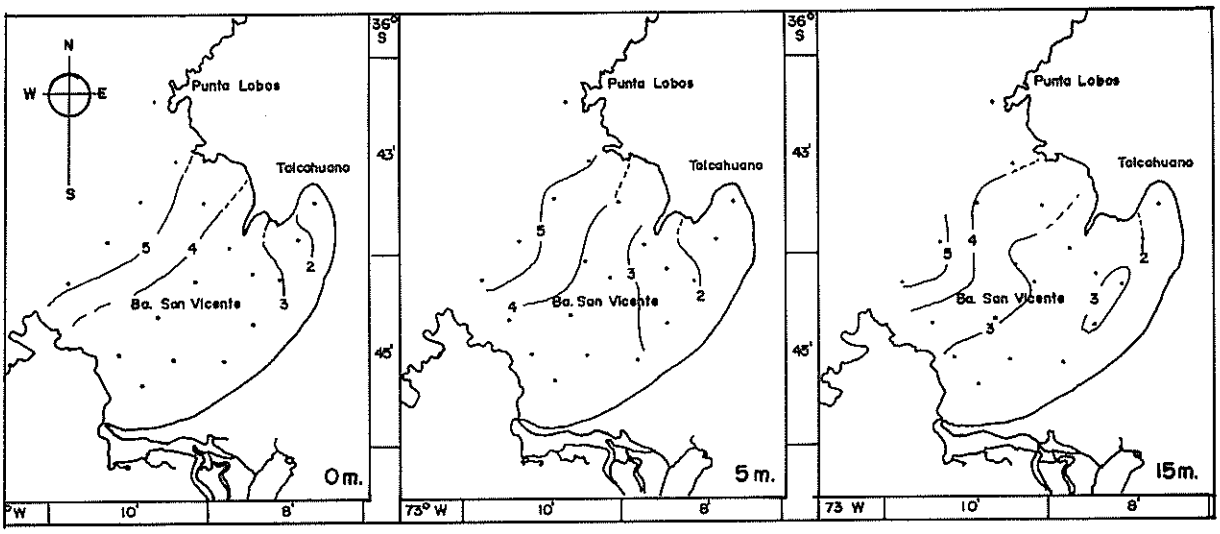


Fig.8.3.12 Isolíneas de oxígeno disuelto presentes a distintas profundidades en la Bahía de San Vicente. Abril 1988 [Ahumada et al., 1989]

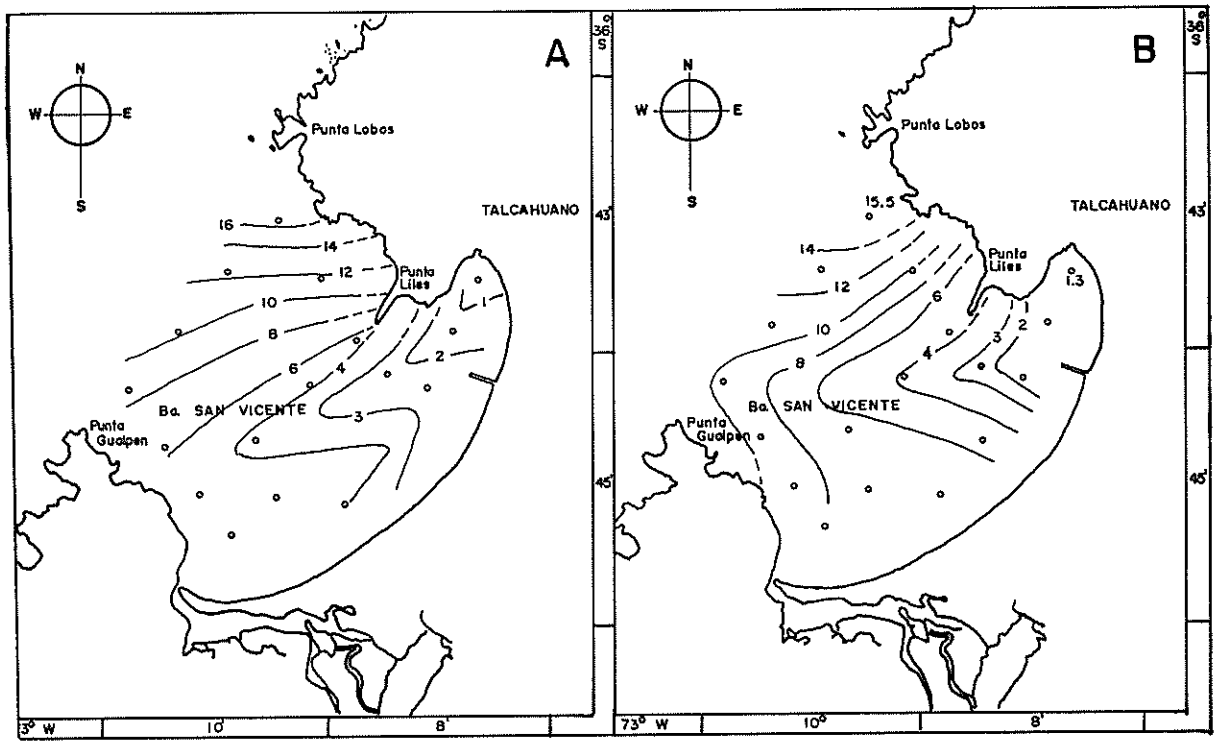


Fig.8.3.13 Transparencia del agua, expresada como profundidad del Disco Secchi (m) en otoño (a) y primavera (b) [Ahumada et al., 1989]

contrados para el nitrógeno amoniacal. En Ahumada et al. [1989] se observa que la proporción entre nitrógeno y fósforo presente en esta bahía, varía entre los 2.5 en verano y 1.6 en invierno por lo que se encuentra fuera de los valores de proporción entregados en Redfield [1963, citado en Ahumada et al., 1989] como típicos de un ambiente marino no contaminado.

BAHÍA DE CONCEPCIÓN

La bahía de Concepción presenta un elevado porcentaje de sustancias orgánicas en el sedimento (ver Fig.8.3.9b), con porcentajes que van de un 5 a un 15%. Estos altos porcentajes de materia orgánica se deben a un fenómeno de contaminación en algunos puntos, como la zona cercana al puerto de Talcahuano. En las otras zonas (toda la parte central de la bahía, por ejemplo), esta elevada concentración se debe a una alta productividad de la biomasa planctónica del ambiente marino [Rudolph et al., 1984 y Arcos y Wilson, 1984]. Esta, a su vez, se debería al surgimiento de aguas ecuatoriales durante los meses de verano (agua que es muy rica en nutrientes). Esto se evidencia claramente en Fig.8.3.14, que muestra un perfil vertical de $P\text{-}PO_4$, $N\text{-}NO_3$ Y O_2 en la boca de la bahía.

La distribución de nutrientes en el sedimento [Rudolph et al., 1984] sigue isolíneas muy parecidas a las de la sustancia orgánica. Al valor de porcentaje de sustancia orgánica de 5% se asocia generalmente un contenido de fósforo total de 0.01 µmolP/g y de 0,01 µmolN/g de nitrógeno-orgánico (a porcentajes de 15% se asocian valores de 0,02µmolP/g y 0,02 µmolN/g).

Este cuadro parece mostrar entonces la existencia de una activa mineralización y diagénesis del sedimento en toda la bahía [Ahumada et al., 1989], causada casi siempre por fenómenos naturales. Los efectos de la contaminación debido a las descargas y a la actividad portuaria permanecen bastante confinados a la zona costera.

El sedimento resulta muy anóxico, incluso en los períodos del año en que no hay surgencia; la composición química del agua intersticial muestra una distribución típica de ambiente reductor, con alta concentración de H_2 y NH_4 [Farías, 1992].

El fenómeno de surgencia influye notoriamente en la concentración de oxígeno disuelto en la bahía, imponiendo dos regímenes anuales. El primero, asociado a la surgencia (en primavera-verano), en el cual el agua a profundidades mayores de 15 m tiene un contenido de oxígeno inferior a 1 mg/l (ver Fig.8.3.14); y el segundo, en el período invernal, toda la columna de agua presenta contenidos de oxígeno superiores a 5mg/l (ver Fig.8.3.14).

Los efectos de las descargas contaminantes presentes en la zona Suroeste de la bahía (puerto, canal El Morro, descargas civiles) son, en cambio, claramente identificables en las aguas superficiales y en los períodos de actividad de la industria pesquera. En Fig.8.3.15 se muestran las isolíneas de concentración de nitrógeno amoniacal y de ortofosfato en la zona, medidas en el verano de 1986 (período de surgencia). Tanto los valores de amonio como los de ortofosfato presentan claramente un efecto de pluma superficial con centro en la zona de la desembocadura del canal El Morro y el puerto.

GOLFO DE ARAUCO

La carta de sedimentos y el contenido de sustancias orgánicas indica una situación generalmente satisfactoria, a parte de algunas zonas, como el área cercana a Arauco, donde se observa un contenido de sustancias orgánicas muy elevado, síntoma de una contaminación evidente debida al estero Carampangue y, posiblemente, a las descargas de las plantas de celulosa Arauco I y II.

Sobre otras características cualitativas de las aguas del golfo, se dispone sólo de información relativa a la zona de la desembocadura del Biobío.

El oxígeno disuelto superficial (Fig.8.3.16) presenta valores muy elevados (9-10 mg/l), con una leve tendencia a la disminución en las zonas cercanas a la desembocadura [Acuña et al., 1991]. En zonas más profundas, la concentración de oxígeno disuelto disminuye, llegando a valores

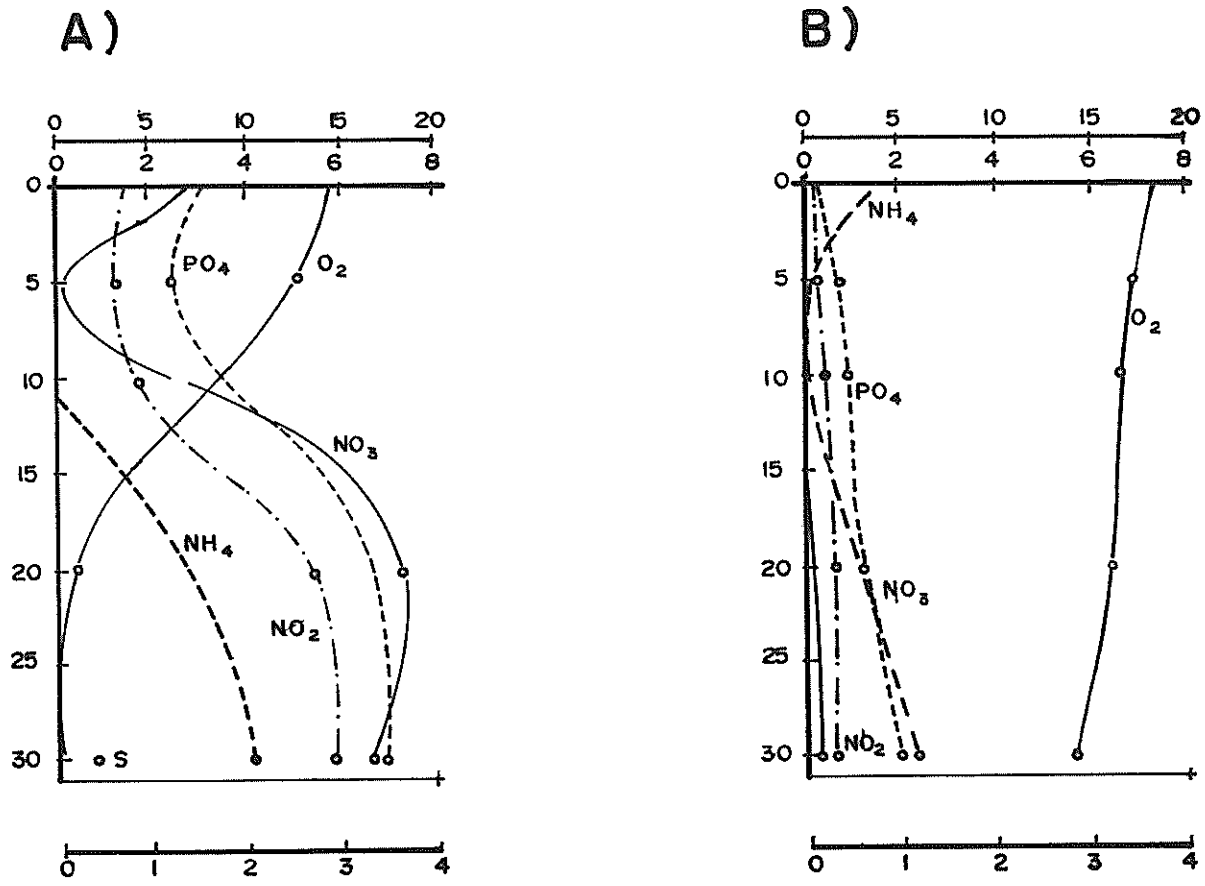


Fig.8.3.14 Perfiles verticales de oxígeno disuelto, fosfatos y nitratos en la boca de la Bahía de Concepción, en el período estival de surgencia (A) y en el período invernal (B) en el cual no se registra surgencia. Verano 1986. [Ahumada y Rudolph, 1988]

inferiores a 1 mg/l, característicos de las AEES.
En general, las concentraciones de micronutrientes vegetales, medidas en el curso de una campaña del EULA [Acuña et al., 1991], muestran en la superficie un aumento en la dirección de la desembocadura del río Biobío. Esto lleva a suponer que el río sea una fuente de nutrientes para el Golfo de Arauco, en particular de silicatos. El contenido de nitratos aumenta con la profundidad (Fig.8.3.17) y esto sugiere un aporte de estas sustancias de las aguas profundas.
El amoniaco, en cambio, presenta una distribución más uniforme, con valores comprendidos entre 1.5 y 2.5 µmol/l en casi toda la columna de agua.
El aporte de silicatos provenientes del río Biobío se manifiesta en el perfil vertical de este nutriente. Como se puede observar en Fig.8.3.18, los mayores valores de silicatos se presentan en las estaciones más cercanas a la desembocadura (sobre 60 µmol/l), para disminuir notablemente en las estaciones más externas.
Los fosfatos presentan una distribución vertical muy similar a la de los nitratos y el amonio, con un

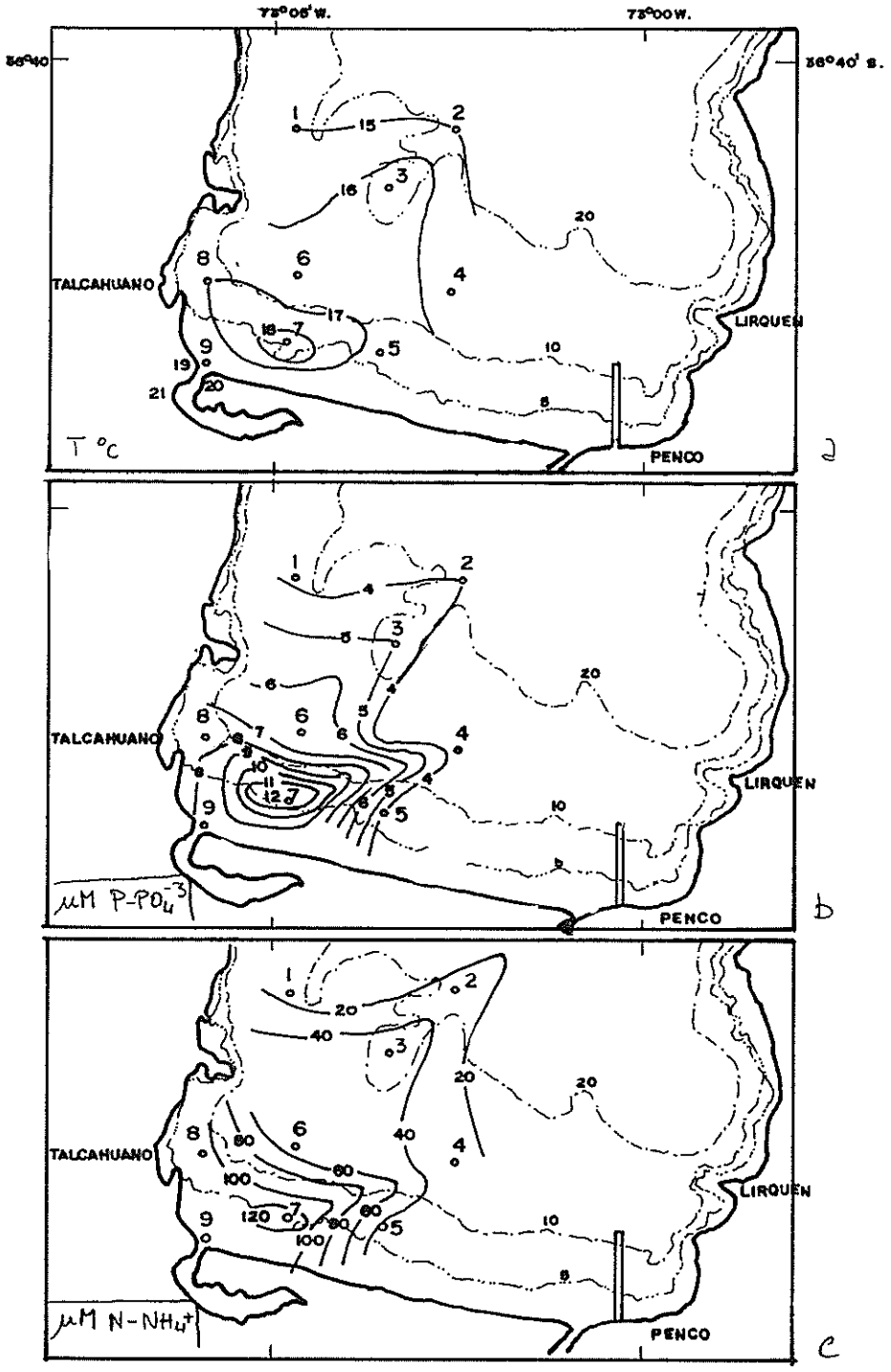


Fig.8.3.15 Isolíneas de temperatura (a), ortofosfato (b) y nitrógeno amoniacal (c) en la Bahía de Concepción. Verano 1986. [Ahumada y Rudolph, 1988]

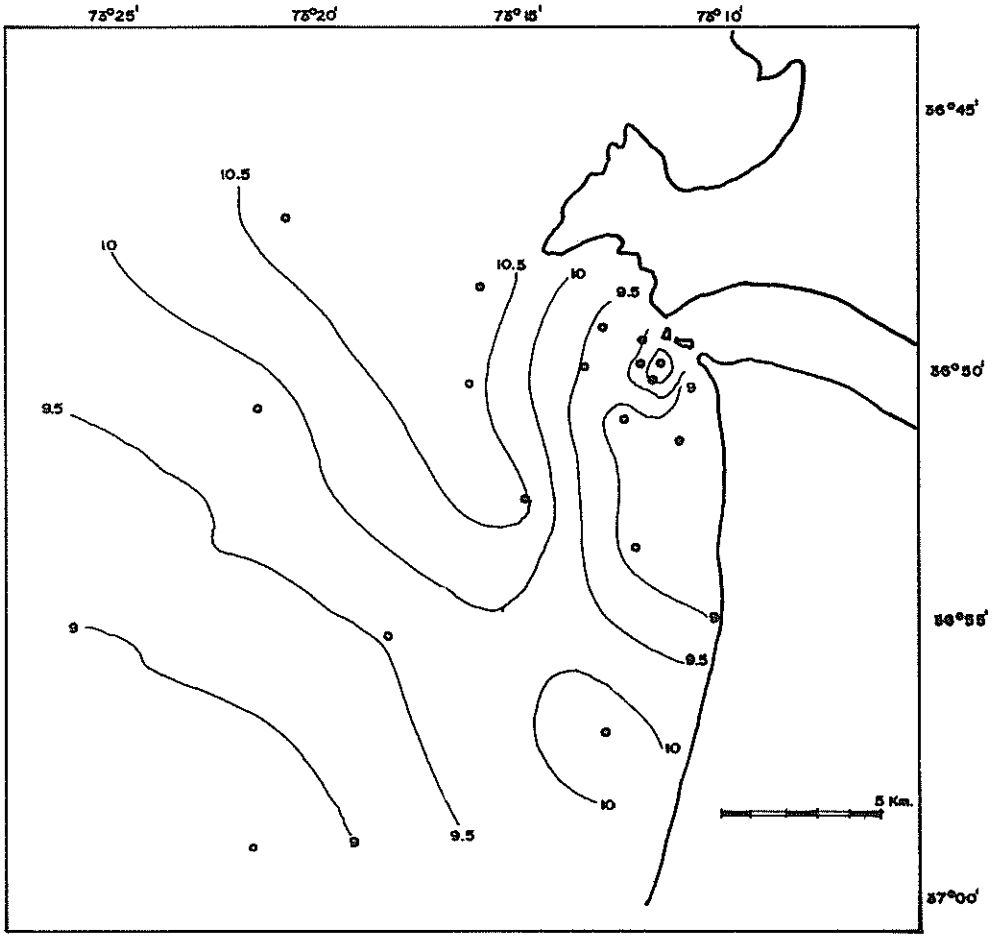


Fig.8.3.16 Isolíneas de oxígeno disuelto (mg/l) en la superficie, en la zona de la desembocadura del Biobío. Marzo 1991 [Acuña et al., 1991]

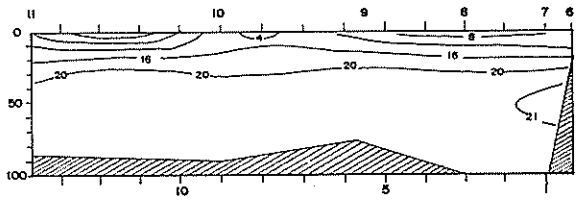


Fig.8.3.17 Distribución vertical de nitratos (µmol/l) en una sección cercana a la desembocadura del río Biobío (ver Fig.8.3.7) [Acuña et al., 1991]

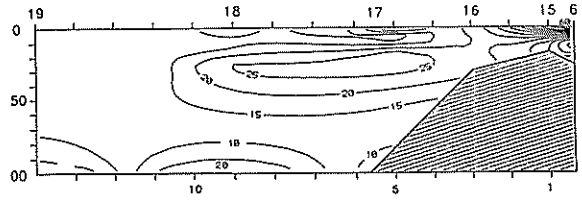


Fig.8.3.18 Distribución vertical de silicatos (µmol/l), en una sección cercana a la desembocadura del río Biobío (ver Fig.8.3.7) [Acuña et al., 1991]

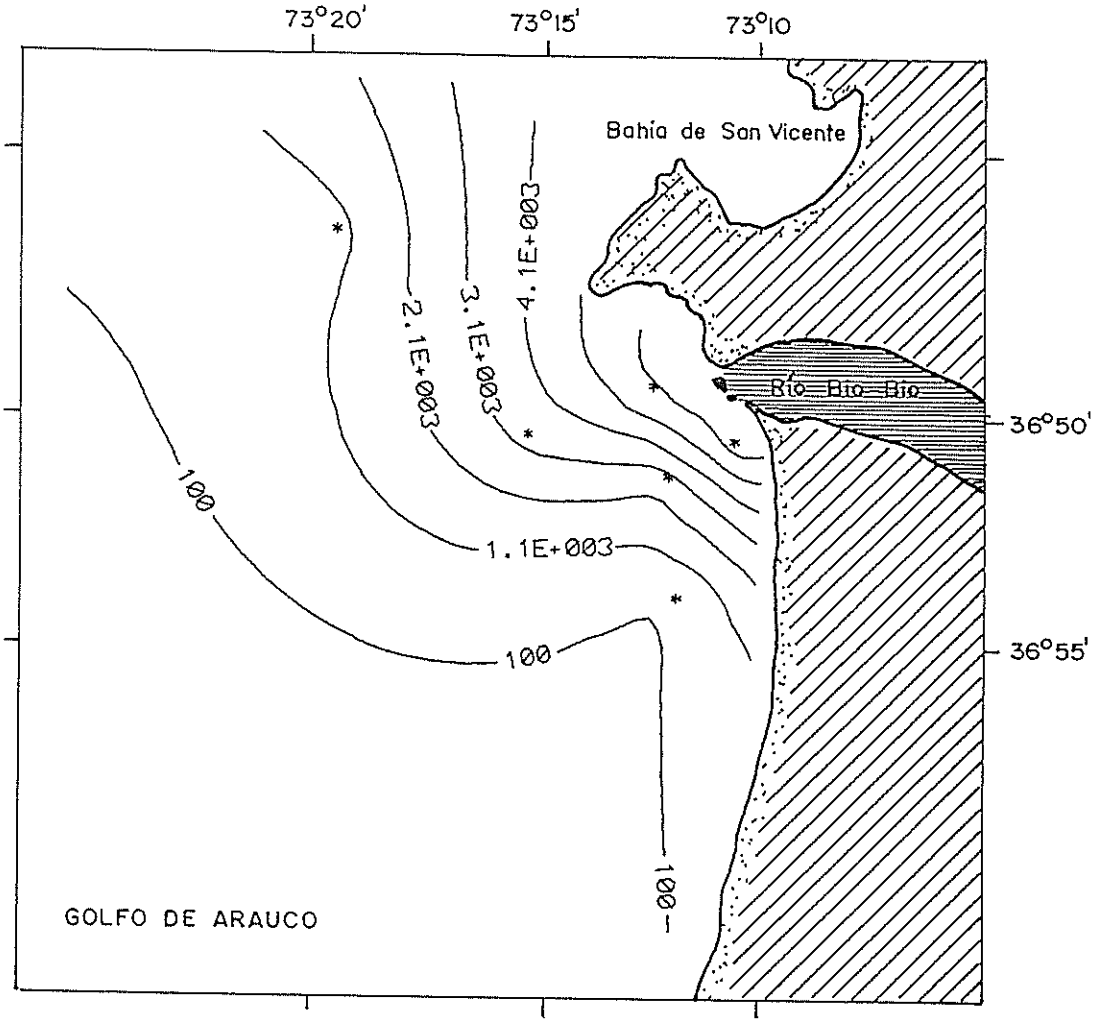


Fig.8.3.19 Distribución superficial de coliformes totales (UCF/100 ml) en las cercanías de la desembocadura del Biobío, en condiciones de estiaje (marzo 1991) [Acuña et al., 1991]

aumento de la concentración con la profundidad. (valores en la superficie comprendidos entre 1 y 1.5 µmol/l y valores en profundidad superiores a 3 µmol/l).Los coliformes totales presentan un comportamiento diferente en condiciones de estíaje (Fig.8.3.19) o de crecida (Fig.8.3.20). En ambas situaciones es claro el aporte debido al Biobío y se observa que, en las proximidades de la costa al sur de la desembocadura, se encuentran concentraciones de coliformes superiores a 1.000 UFC/100 ml.

8.4 Estado cualitativo de las aguas subterráneas

Como se ha detallado anteriormente, el agua subterránea en la cuenca del río Biobío y zona costera adyacente es explotada principalmente con fines de abastecimiento potable y como agua de consumo industrial (ver Cap.3 y Cap.5.). Dentro de la zona de interés, la Depresión Central es el lugar de mayor importancia en términos hidrogeológicos y, por lo tanto, de caudal producido.

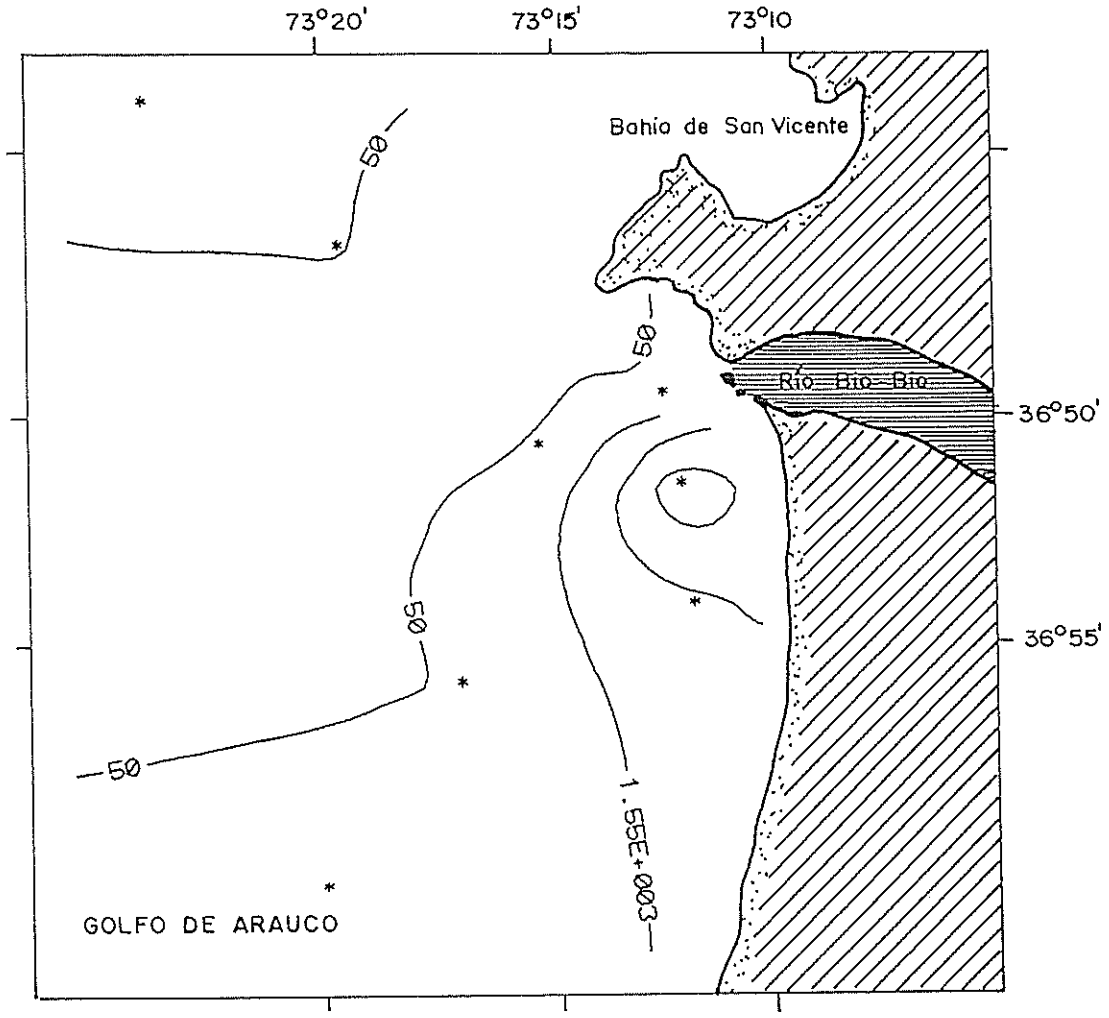


Fig.8.3.20 Distribución superficial de coliformes totales (UCF/100 ml) en las cercanías de la desembocadura del Biobío, en condiciones de crecida (agosto 1991) [Acuña et al., 1991]

Como fue dicho en Cap.3, la información hidrológica disponible no es suficiente como para conocer, en detalle, cuántas napas potencialmente explotables existen en la zona ni a que profundidades. Pero, de todos modos, la profundidad de los pozos entrega una idea respecto de si las napas que se utilizan son libres o en presión. Esto último se puede relacionar con las características cualitativas del agua captada.

Para establecer la calidad del agua subterránea en la zona se cuenta con los análisis realizados por ESSBIO [1992], ESSAR [1992], por el Centro EULA, por Bustamante [1990] y Pérez [1992]; el conjunto de estos datos abarca la totalidad de las localidades urbanas y rurales de la zona, que son abastecidas con aguas subterráneas.

Los últimos análisis disponibles son básicamente para redes de distribución. Los análisis considerados para juzgar la calidad del agua subterránea, son aquéllos de localidades que no tienen ningún tratamiento, salvo la adición de cloro. Esta selección lleva implícita la hipótesis de que no existe

Tab.8.4.1 - Calidad de las aguas subterráneas en la cuenca del río Biobío y zona costera adyacente

TIPO DE PROBLEMA PRESENTADO SEGUN NCh 409.OF.84										
LOCALIDAD	PROV.	FE	MN	pH	AMONIO	COLOR	OLOR	SABOR	TURB.	Hg
			mg/l	mg/l	mgN/l	U.PtCo	(*)	(*)	UNT	mg/l
NCH409-OF.84		0,30	0,10	6-8,5	0,25	20	INOD	INSIP	5	0,001
LOS ANGELES	BIOBIO									
MULCHEN	BIOBIO									
NACIMIENTO	BIOBIO									
LAJA	BIOBIO									
YUMBEL	BIOBIO									
S. BARBARA	BIOBIO									
CABRERO	BIOBIO	1,80	0,25		28	TERR	TERR			
NEGRETE	BIOBIO									
SAN ROSENDO	BIOBIO									
MON. AGUILA	BIOBIO	0,70	0,60		40			12,8		
QUILLECO	BIOBIO									
TUCAPEL	BIOBIO									
QUILACO	BIOBIO									
LONCOPANGUE	BIOBIO									
RUCALHUE	BIOBIO									
VIL.ROSAS	BIOBIO									
CHILLANCITO	BIOBIO									
TOMECO	BIOBIO									
COIHUE	BIOBIO									
SANTA FE	BIOBIO		0,19							
VIL.MERCEDES	BIOBIO									
TRUPAN	BIOBIO									
POLCURA	BIOBIO		5,5							
AGUA Y SOL	BIOBIO									
LA AGUADA	BIOBIO									
RIO CLARO	BIOBIO									
SANTA JUANA	CONCEP									
SAN PEDRO	CONCEP									
TALCAMAVIDA	CONCEP			0,95						
QUILACOYA	CONCEP									
UNIHUE	CONCEP			0,65						
PANGAL LAJA	ÑUBLE									
ERCILLA	MALLECO									
RENAICO	MALLECO									
MININCO	MALLECO									
CURACO	MALLECO									
L.ESPERANZA	MALLECO									
PIDIMA	MALLECO									
SIE.NEVADA	MALLECO									
TROYO	MALLECO									
VIL.TIJERAL	MALLECO									
NCH409-OF.84		0,30	0,10	6-8,5	0,25	20	INOD	INSIP	5	0,001

(*) TERR: indica un color u olor terroso

una contaminación dentro de las redes de distribución y, por lo tanto, los análisis serían representativos de la calidad del agua subterránea.
En Tab.8.4.1 se presenta, para cada localidad (39 en total), los principales problemas encontrados en relación con la norma NCh. 409-Of.84 (se ocupa ésta al no existir una normativa específica para juzgar la calidad del agua subterránea como fuente de abastecimiento). Los análisis ocupados en la realización de esta tabla son los más recientes con que cuenta cada servicio (marzo-abril 1991 para ESSBIO y verano 1982-83-84-85 en el caso de ESSAR). Cabe hacer notar que los datos presentados en Tab.8.4.1 corresponden al período marzo-abril y, por lo tanto, representan las condiciones más desfavorables de calidad que se pueden presentar.
A través de estos datos y de la bibliografía antes mencionada, se pueden identificar los problemas de calidad más comunes.
Contenido de fenoles, las siguientes localidades presentan contenidos elevados de fenoles:

- MULCHEN, probablemente los fenoles provienen del pozo hincado que, por problemas de funcionamiento, capta agua casi superficial del río Bureo;
- NACIMIENTO, cuenta con pozos poco profundos (menos de 30 metros), muy cercanos al río Vergara;
- YUMBEL, capta desde pozos de profundidad menor a 30 metros muy cercanos al río Claro;
- SANTA BARBARA, se abastece a través de un pozo hincado (de profundidad menor a 15 metros) muy cercano al río Biobío;
- CABRERO, capta agua en pozos de 30 metros de profundidad, no hay cursos importantes de agua cercanos, salvo pequeños canales de riego utilizados durante el verano;
- NEGRETE, cuenta con pozos poco profundos (menos de 30 metros) muy cercanos al río Biobío;
- MONTE AGUILA, al igual que Cabrero cuenta con pozos de 30 metros de profundidad sin cursos de agua importantes en las cercanías;
- QUILACO, capta desde pozos poco profundos (menos de 20 metros), muy cercanos al estero Quilaco;
- SAN PEDRO, capta desde punteras en el lecho del río Biobío.

Análisis anteriores, que no corresponden al período de verano, no denuncian la presencia de problemas de fenoles. Esto puede significar que: 1) los fenoles son un problema reciente o 2) los fenoles son un problema sólo durante el verano. En todo caso, dado que el problema se presenta en localidades que captan de pozos poco profundos, no se puede concluir que la napa subterránea está contaminada con fenoles.

Contenido de Fierro-Manganeso: en la zona de Monte Aguila y Cabrero, las concentraciones recomendadas en la norma para el fierro y el manganeso son sobrepasadas. Todos los análisis disponibles revelan este problema en la zona individualizada.

Contenido de Amonio: en las localidades rurales de Talcamávida y Unihue se encuentran problemas en las concentraciones de amonio. En análisis anteriores se encuentran problemas también en Cabrero, Monte Aguila y la localidad rural de Río Claro (que se abastece de punteras en el lecho del río del mismo nombre).

Los demás problemas identificados son bastante puntuales, básicamente de color, olor y turbiedad, no alcanzando un nivel regional. Las aguas subterráneas presentan, en general, tendencia corrosiva y en cuanto a su dureza, se encuentran desde aguas muy duras a muy blandas.

9. OBJETIVOS Y EXIGENCIAS DEL SANEAMIENTO CUALITATIVO DE LOS RECURSOS HIDRICOS

9.1 Aguas superficiales

9.1.1 Ríos

En Par.8.1 se presenta una evaluación de la calidad de los cursos de agua de la cuenca (río Biobío y principales afluentes). Esta evaluación se ha realizado en base al Plan de Saneamiento de la Regiónn de Lombardía (ha sido modificado transformándose en la propuesta de Tab.8.1.1, ver Cap.8), el cual está concebido como un criterio de planificación y de gestión multiuso de los recursos hídricos.
A continuación se resume, para cada zona del río Biobío, la situación de calidad encontrada a la luz de los estándares de Tab.8.1.1.

SECTOR A (nacimiento Biobío - Santa Bárbara)
- La mayor parte de los parámetros resultan en la clase A-B.

SECTOR B (Santa Bárbara - Negrete):
- *pH*, valores ligeramente elevados.
- *Níquel*, no se evidencia una concentración creciente a lo largo del río, en todo caso se encuentran valores de la clase E.
- *Organoclorurados*, a pesar de no contar con una secuencia temporal y espacial de estos parámetros, se han encontrado valores altos de fenoles totales, pentaclorofenol, lindano, aldrín, DDT atribuibles a la clase E. Esto se confirma a través de los análisis físico-químicos realizados por ESSBIO.
- *Parámetros microbiológicos*, los coliformes totales y fecales se encuentran en la clase C.

SECTOR C (Negrete - desembocadura):
- *pH*, valores muy bajos (clase E).
- *Nitritos*, valores de las clases C y D.
- *DBO*, ocasionalmente valores en la clase C.
- *Metales Pesados*, para el cobre y el níquel se encuentran concentraciones correspondientes a la clase E.
- *Organoclorurados*, misma situación que la del sector B.
- *Parámetros microbiológicos*, los coliformes totales y fecales se encuentran en las clases: C entre Negrete y Nacimiento; D entre Nacimiento y el Puente Nuevo en Concepción y E entre el Puente Nuevo y la desembocadura.

En cuanto a los principales afluentes del río Biobío, los ríos Pangue, Queuco, Huequecura, Duqueco y Bureo presentan, para la mayoría de los parámetros, una calidad óptima. La situación del río Vergara es la más preocupante: se encuentran valores de pH, amoniaco, DBO y cobre típicos de la clase E.
En cuanto a los usos actuales y potenciales del río Biobío y de sus principales afluentes se puede mencionar:
- el sector A del Biobío junto a sus afluentes presenta básicamente un uso recreativo-paisajístico (pesca, balneario, etc.). Esta situación podría verse alterada con la construcción de las centrales hidroeléctricas en el Biobío (ver Par.4.3.2);
- el sector B del Biobío junto a sus afluentes permite actualmente los siguientes usos: riego, fuente de agua potable, fuente de agua industrial, receptor de desechos urbanos e industriales y recreativo-paisajístico durante la temporada de verano;
- el sector C del Biobío junto a sus afluentes presenta: un intenso uso como fuente de agua potable de los centros urbanos más inportantes de la zona, un intenso uso como fuente de agua para las industrias más importantes de la zona (en términos de producción), una gran cantidad de descargas de desechos urbanos e industriales, un uso de riego (principalmente en la zona cercana a Los Angeles), un uso re-

creativo en ciertas zonas durante la temporada de verano y lugares de atractivo paisajístico importante como el Salto del Laja (la inminente materialización del canal Laja-Diguillín podría tener alguna influencia sobre estos usos).

Actualmente en Chile la norma que impone exigencias de calidad del agua para diversos usos es la NCh1333.Of78. Esta norma establece los requisitos de calidad para:

1) agua para consumo humano;
2) agua para la bebida de animales;
3) riego;
4) recreación y estética (distinguiendo entre estética, recreación con y sin contacto directo) y
5) vida acuática.

La situación de desarrollo de la zona en estudio reflejada, por ejemplo, en el crecimiento de los centros urbanos, la presencia actual y la potencial ampliación del sector industrial y la demanda creciente del uso del suelo por el sector forestal, no permite el uso eficiente de normas como la actualmente vigente. Esto, ya que los usos actuales del agua (y más aún los futuros) son diversos y simultáneos, pudiendo incluso generarse conflictos entre distintos usuarios.

Ejemplos de esta situación, lo podrían constituir las centrales hidroeléctricas proyectadas por ENDESA en el río Biobío y la inminente construcción del canal de regadío Laja-Diguillín. Respecto de este último, un enfoque de gestión integrada del río Laja se puede revisar en [Nardini y Montoya, 1992].

Por otra parte, la norma chilena no permite clasificar el agua en distintas clases o categorías. Una clasificación de este tipo, constituye una manera de fijar criterios u objetivos de calidad que pueden ser instrumentos eficientes para ayudar a tomar decisiones de inversión.

De lo anterior, resulta la necesidad de contar con una normativa capaz de clasificar los cursos superficiales de agua considerando un uso múltiple. Pese a lo anterior, parece necesario considerar diferentes normativas o clasificaciones según si el uso es múltiple (vida acuática, recreación, pesca, riego, industrial, conservación del ambiente natural) o es un uso potable. Debido a que una comparación de normas actualmente existentes, como por ejemplo, CEE 440/75 (agua potable) y la propuesta de Tab.8.1.1 (multiuso), refleja que el destino multiuso es, en general, bastante más restrictivo (en términos de estándares de calidad) que uno de agua potable.

La norma chilena que regula la calidad del agua superficial que puede ser usada como fuente de suministro de agua potable, es la NCh777.Of71 (ver Par.5.1.3 y Ane.5.1B). Califica la calidad del agua en base a diez parámetros y especifica el tratamiento requerido del siguiente modo:

- *buena*: requiere sólo desinfección;
- *regular*: tratamiento hasta satisfacer límites de NCh409/1.Of84;
- *deficiente*: tratamiento hasta satisfacer límites de NCh409/1.84.

La norma no parece ser adecuada a las exigencias de la zona en estudio, al considerar sólo 10 parámetros de calidad, entre los cuales no figuran, por ejemplo: metales pesados, pesticidas, sustancias tóxicas, etc. Se considera necesario implementar normas más completas y exigentes para conseguir una clasificación adecuada.

Los requisitos cualitativos usados en este estudio tanto para evaluar la situación cualitativa actual como para definir los objetivos y criterios de intervención futura son:

- los requisitos propuestos por EULA en Tab.8.1.1 (para uso múltiple);
- la norma CEE 440/75 (ver Ane.9.1), para las aguas destinadas a uso potable.

Normas como las anteriores debieran ser adoptadas, en el corto a mediano plazo, para contar con criterios estandarizados que permitan evaluar la calidad de las aguas superficiales para fines multiuso y potable y realizar una adecuada planificación y gestión del recurso.

La información disponible no es suficiente para realizar una clasificación exacta del agua según CEE 440/75 (ver Ane.9.1), pero el hecho que los parámetros microbiológicos (en la zona de la captación La Mochita) se encuentren en clase A3 hace presumible el hecho que el agua de esta zona se encuentre, al menos, en esta clase.

Las prioridades de intervención incluidas en

Cap.11, fueron identificadas considerando la evaluación del estado cualitativo del Cap.8 y están orientadas a satisfacer los requerimientos normativos antes mencionados, para así, respetar los usos actuales y futuros de los cursos de agua superficial. Además, están destinadas a solucionar los problemas calificados como más urgentes en la zona.
Como exigencias y objetivos que se deben alcanzar y respetar, se identifican:

- en el mediano plazo, que el agua superficial que actualmente presenta un intensivo uso como fuente de agua potable (zona correspondiente a Concepción-Talcahuano-San Pedro-Chiguayante), junto a aquélla que en el futuro podría presentar este uso, se recupere a la clase A2 (CEE 440/75); además, debe ser controlado el riesgo de contaminación accidental o dolosa al cual está sujeta la población que ocupa agua superficial, en zonas caracterizadas por una presión antrópica elevada;

- en el largo plazo, que el agua superficial que actualmente se encuentra en clase D según la clasificación EULA de Tab.8.1.1 (multiuso), se recupere a la clase C; además, que las aguas superficiales actualmente clasificadas en la clase A-B sean protegidas para conservar esta clase.

9.1.2 Lagos

A partir de los datos relativos al estado cualitativo de los lagos, presentados en Par.8.3, resulta un panorama bastante claro de la situación actual:

- debido a su ubicación en la cuenca, los lagos Galletué, Icalma y Laja no sufren problemas de eutrofización y son clasificados como oligotróficos;
- las lagunas de Concepción-San Pedro presentan actualmente un estado eutrófico de sus aguas, con la excepción de la laguna Chica de San Pedro.

Los objetivos y las exigencias del saneamiento, están directamente relacionados con el uso que se le quiera dar en el futuro a cada laguna. Un modo de definir los posibles usos de cada laguna, sería a nivel vecinal; que cada junta de vecino (o unidad comunal interesada equivalente), decida el uso de la laguna que le o les compete.
Con el fin de tener una idea de cuáles son las intervenciones que se deben realizar, en la Tab.9.1.1 se presenta, para cada laguna, un resumen de sus características, su uso actual y una propuesta de uso futuro. Según esta tabla los posibles usos son:

- esparcimiento;
- balneario, deportes acuáticos, pesca;
- reserva natural.

Las exigencias de calidad para alcanzar estos objetivos son, en el caso del esparcimiento y reserva natural, cumplir con los requisitos de la clase D de la Tab.8.1.1; en el caso de balneario, deportes acuáticos y pesca se debe cumplir con los requisitos de la clase C de la misma tabla.
No se ocupan aquí los límites del Par.9.3, ya que estos están concebidos (a excepción de la norma chilena) para los usos del mar.
Según lo anterior, el objetivo del saneamiento es mejorar el estado cualitativo de las lagunas de manera que sea posible darles un uso como los propuestos en la Tab.9.1.1.
El uso propuesto a las lagunas de la villa San Pedro (laguna Chica y Grande), coincide con la opinión de la comunidad del sector, como se ha podido comprobar a través de la información de la prensa y de contactos sostenidos con los organismos involucrados. El uso propuesto para las demás lagunas, parece ser el más realista, dada la situación actual y futura de éstas.
En Par.10.7 se detallan las soluciones técnicas propuestas para alcanzar estos objetivos. En el Cap.11 se analiza la prioridad que tiene esta intervención en un contexto regional, considerando todos los otros problemas identificados en la zona. Esto no significa que las soluciones no se puedan aplicar antes si se logran mecanismos de financiamiento y de gestión apropiados.
En cuanto al tiempo de realización de las soluciones proponibles, debe tenerse en cuenta que los lagos son áreas sensibles que requieren plazos

Tab.9.1.1 - Lagunas de Concepción-San Pedro: usos actuales y propuestos

LAGUNAS	CARACTERISTICAS GENERALES			USO ACTUAL	USO FUTURO O POTENCIAL
Lo Méndez	Vol.	(m^3)	87.000	Ninguno	Esparcimiento
	Superf.	(m^2)	52.000		
	Prof.Md.	(m)			
	Est.Trof.	Eutrófico			
Lo Custodio	Vol.			Ninguno	Esparcimiento
	Superf.	m2	10.000		
	Prof.Media				
	Est.Trof.		Eutrófico		
Lo Galindo	Vol.			Esparcimiento	Esparcimiento
	Superf.	m2	40.000		
	Prof.Media				
	Est.Trof.		Eutrófico		
Tres Pascualas	Vol.		300.135	Ninguno	Esparcimiento
	Superf.		58.950		
	Prof.Media		5.1		
	Est.Trof.		Eutrófico		
Redonda	Vol.		373.100	Esparcimiento	Esparcimiento
	Superf.		41.000		
	Prof.Media		9.1		
	Est.Trof.		Eutrófico		
Lag. Chica (S.P.)	Vol.		8.640.000	Deportes acuáticos, pesca, baño, esparcimiento	Deportes acuáticos pesca, baño, esparcimiento
	Superf.		871.750		
	Prof.Media		10.3		
	Est.Trof.		Eutrófico/Mesotróf.		
Lag. Grande (S.P)	Vol.		12.902.877	Ninguno	Reserva Natural
	Superf.		1.557.250		
	Prof.Media		8.3		
	Est.Trof.		Eutrófico		

más amplios que otros cuerpos hídricos, para conseguir el saneamiento planificado.

9.2 Agua subterránea

El Par.8.4 entrega un análisis de los datos disponibles respecto de la calidad del agua subterránea en la zona. De este análisis emerge lo siguiente: los análisis provenientes de pozos profundos (de profundidades mayores a 30 metros), no presentan problemas de calidad, según los parámetros considerados en la norma chilena NCh409/1.84; los fenoles superan la norma antes mencionada en los siguientes lugares: Mulchén, Nacimiento, Yumbel, Santa Bárbara, Cabrero, Negrete, Monte Aguila, Quilaco y San Pedro. Todos estos lugares tienen captaciones poco profundas y, la mayoría de estas captaciones, se encuentran cercanas a cursos de agua. Es decir, la contaminación por fenoles sería atribuible a los cursos de agua superficial que contaminarían el acuífero libre en algunas zonas como las mencionadas. Este ra-

zonamiento no explica la situación de Cabrero y Monte Aguila;
las concentraciones de fierro-manganeso, resultan permanentemente muy por sobre los valores límites de la norma chilena antes mencionada en la zona de Cabrero y Monte Aguila;
la concentración de amonio ocasionalmente supera la norma en la zona de Cabrero, Monte Aguila y Río Claro. Esto se puede deber a infiltraciones puntuales y cercanas a los puntos de captación o tener su origen en la degradación de los residuos del manejo del bosque.
Actualmente en Chile no existe una norma para clasificar el agua subterránea como fuente de agua potable. La CEE tampoco tiene una normativa a este respecto; si existe una norma (80/68/CEE) relativa a la protección del agua subterránea de la contaminación provocada por ciertas sustancias peligrosas y una resolución relativa a la futura política comunitaria para las aguas subterráneas (92/C/59/02).
En esta última se subraya la importancia del agua subterránea para todas las formas de vida, para la salud humana y para la salvaguarda de los ecosistemas. Se declara la preocupación por el descenso del nivel de la napa freática y por la contaminación de algunos acuíferos. Se constata que este recurso es importante y limitado, que su salvaguarda para el futuro constituye un imperativo categórico desde el punto de vista político, económico y ambiental y que ésta puede ser explotada sólamente respetando rigurosamente el principio del desarrollo sustentable. Se observa que la política de gestión del agua dulce puede ser realizada solamente mediante acciones coordinadas de todos los organismos del sector público y privado, teniendo en cuenta el principio de subsidiariedad. Finalmente, se invita a elaborar en el corto plazo una normativa que, complementada con lo que existe, constituya una política general de gestión del agua dulce.
Dado que actualmente no existe en Chile una normativa específica que regule la explotación del agua subterránea y, dada la importancia y la vulnerabilidad de este recurso (como lo evidencia la preocupación de la CEE), se hace urgente comenzar a regular su explotación en términos de cantidad y de protección de su calidad.
A nivel de este estudio se considera como exigencia del saneamiento del agua subterránea la norma chilena de abastecimiento potable, esto es, la NCh409/1.Of84. Por lo tanto, el objetivo del saneamiento sería que el agua subterránea de la zona cumpla con la norma antes mencionada.
Las intervenciones requeridas para alcanzar este objetivo son indirectas; son las requeridas para dar solución a los problemas de calidad de los cursos superficiales de agua, y corresponden a las detalladas en Cap. 11. A lo anterior, hay que agregar la necesidad de desarrollar estudios que permitan identificar claramente las fuentes de contaminación (en particular el caso de los fenoles). Los estudios que se requieren para satisfacer éste y otros objetivos se detallan en Cap. 14.

9.3 Mar

De los datos relativos al estado cualitativo del mar entregados en Cap.8.4 emerge un cuadro de la calidad del ambiente marino que, aparte de algunas zonas localizadas, no resulta particularmente comprometido, considerando las características de "fondo" del ambiente marino, que recibe aguas subecuatoriales ricas en nutrientes.
En base a la información disponible, las zonas más comprometidas resultan ser:

- zona Suroeste de la Bahía de Concepción: tal área es afectada de importantes aportes contaminantes, debido a la descarga de las industrias pesqueras directa o a través del canal El Morro, del puerto de Talcahuano y de algunas descargas civiles. La parte restante de la bahía (zona central y costa Noreste) aparece menos comprometida y debe su alta productividad al surgimiento de las aguas subecuatoriales;
- zona Este y Noreste de la Bahía de San Vicente: esta área que forma una ensenada, recibe las descargas del puerto y de los efluentes industriales;

Dada la presencia de industrias pesqueras en Coronel, de la carbonífera Schwager y Lota y, además, de las descargas de los efluentes de las dos ciudades, es razonable pensar que también esta área sufra problemas de contaminación relevantes que, por falta de información, es imposible cuantificar.

El golfo de Arauco, en la zona de la desembocadura del río Biobío, no tiene problemas de contaminación relevantes, salvo por la presencia de coliformes en las aguas superficiales (concentraciones del orden de $3*10^3$ coliformes fecales/100 ml), que son evidentemente debidas al aporte del río y también de otras descargas civiles presenten en la zona.

El uso actual del mar consiste en la pesca, el transporte marítimo (puertos) y el uso recreativo asociado al balneario. Estos usos son los que se pueden suponer para el futuro y para los cuales se deben garantizar las adecuadas características ambientales. Pareciera que no existe una actividad organizada de cultivo de moluscos de parte de privados, para uso personal o para la venta directa. El uso más exigente es el del cultivo de moluscos, seguido del uso como balneario, asociado a la práctica de deportes que tienen contacto directo con el agua (pesca submarina, surf, etc.). El uso para cultivo de algas no considera el consumo humano y no tiene particulares requisistos microbiológicos.

Los requisistos cualitativos requeridos por la norma chilena y la de la Comunidad Económica Europea para el agua destinada a balnearios se muestran en Tab.9.3.1.

Entre las dos normas existen algunas diferencias, la más significativa de ellas se refiere al límite de la concentración de coliformes fecales que, para la norma chilena, es de un orden de magnitud superior al de la CEE. El límite de la CEE está de acuerdo con lo aconsejado también por la Organización Mundial de la Salud y por otras normativas extranjeras (Estados Unidos).

Resulta que los requisistos cualitativos a los cuales hacer referencia para el uso como balneario, inspirados en un criterio de seguridad, pero sobre todo con un criterio de salud pública, son los propuestos en la última columna de Tab.9.3.1. Estos se refieren a la norma CEE para los parámetros relativos a los coliformes y a los microorganismos patógenos (parámetros de primera importancia para la protección de la salud pública) y los parámetros menos restrictivos entre los valores de la norma chilena y de la norma CEE, para los demás.

En relación a los otros usos (pesca, uso recreativo sin contacto directo, paisaje) no existen criterios uniformes y estandarizados para definir las características cualitativas adecuadas o mínimas.

En Gran Bretaña existe un criterio de evaluación de la calidad del agua marina, pero no está relacionado con los posibles usos, que se basa en puntajes atribuibles a la calidad del mar (ausencia de tóxicos en cantidad elevada de la biota, comunidad bentónica y de peces relacionados a las condiciones físicas e hidrográficas), a la calidad estética y a la calidad química, sobre la base de un porcentaje de saturación del oxígeno disuelto.

Otro criterio, aplicado en Francia, se basa en atribuir un juicio cualitativo (siempre desvinculado de los usos), sobre la base de una variación de los valores indicados en la Directiva CEE 170/76 como estándard para uso balneario.

En Tab.9.3.2 se indica una propuesta de criterios cualitativos que se deben satisfacer para garantizar los usos de la pesca y del uso recreativo. Por uso recreativo se entiende la actividad que se desarrolla en la costa o cercano al mar, pero que significa el contacto, sólo ocasional o por accidente, con el agua.

En relación a la pesca, la productividad del mar en la VIII Región siempre ha sido óptima y de un rápido crecimiento (ver Fig.4.2.2) y, hasta ahora, no muestra señas de estar influenciada negativamente por las características ambientales "inducidas" en el mar.

La pesca, además, se desarrolla en una zona del mar bastante alejada del área que ha sido estudiada y que probablemente no se encuentra comprometida. Se recuerda que la zona está sujeta a fenómenos naturales, como la surgencia, que lleva a un enriquecimiento de nutrientes (y un empobrecimiento del oxígeno disuelto) que parece ser

Tab. 9.3.1 - Requisitos para las aguas destinadas a uso balneario

PARAMETRO	U.M.	Directiva CEE n. 76/160	Norma Chilena 1333.Of78	Objetivos cualitativos
pH		6 - 9	6,5 - 8,3	6 - 9
Temperatura	°C	-	< 30	-
Transparencia	m Disco Secchi	1	1,2	1
Sólidos flotantes, y en suspension		-	ausentes	ausentes
Aceite y grasas en emulsión	mg/l	-	10	10
Aceite mineral	mg/l	< 0,5	-	< 0,5
Color		color ausent. anormales	color ausent. artificiales	color ausent. anormales
Turbiedad	U. Silice	-	< 50	-
Coliformes totales	/100ml	2000	-	2000
Coliformes fecales	/100ml	100	1000	100
Streptococcos fecales	/100ml	100	-	100
Salmonella	/l	0	-	0
Tensioactivos que reaccionan al azul de metileno	mg/l	< 0,5	-	-
Fenoles	mg/l	< 0,05	-	< 0,05
Oxígeno disuelto	% sat.	70-120	-	70-120
Sustancias que producen olores o sabores desagradables		-	ausentes	ausentes

Tab. 9.3.2 - Criterios de calidad para usos recreativos (sin contacto con el agua) y de pesca (cultivo de moluscos)

PARAMETRO	U.M.	Uso recreativo	Pesca y cultivo de moluscos
Coliformes	MPN/100 ml	-	< 70
Oxígeno disuelto	%	> 40%	> 60%
Materiales flotantes		ausentes	-
Turbiedad		ninguna que no sea de origen natural	ninguna que no sea de origen natural
Aceites flotantes		ausentes	ausentes
Color		ninguno que no sea de origen natural	-
Tóxicos persistentes		-	ausentes en la biota

la causa principal de la elevada productividad de la zona.
Los estándares cualitativos identificados para la pesca son, entonces, entendibles más como límites para un actividad de cultivo de moluscos o captura de crustáceos, que como límites para la pesca en mar abierto.
Otras exigencias cualitativas ligadas al uso balneario, deben ser contempladas entre los objetivos del saneamiento, de la conservación ambiental en el sentido amplio y de la restauración de las características cualitativas originales. Esto vale para las áreas indicadas anteriormente, en las cuales, independientemente de las exigencias de uso real o potencial, la calidad ambiental se ve altamente comprometida y debe ser restaurada.
Más allá de cualquier aspecto ético, se debe también tener presente que muchas de las industrias pesqueras que descargan en la zona del canal El Morro, toman el agua, que les sirve para algunos de los procesos, de la misma zona y existe, entonces, un peligro de contaminación del pescado en el transcurso de la elaboración.
En base a Tab.9.3.1, Tab.9.3.2 y a las consideraciones hechas hasta este momento, se pueden identificar los objetivos de saneamiento de la zona costera adyacente a la cuenca del río Biobío.

GOLFO DE ARAUCO

En esta área se deberá garantizar el uso como balneario, respetando los límites individualizados en Tab.9.3.1. Las zonas más indicadas para ser utilizadas para el baño y las cuales ya en este momento se utilizan intensamente son las que se encuentran en las proximidades de la ciudad de Lota y Coronel. No existen datos para caracterizar la calidad del agua de esta zona en relación al uso balneario pero, como se ha dicho, es muy probable sostener que actualmente no son adecuadas.
Deberá, por lo tanto, ser verificado el estado cualitativo de las aguas marinas de esta área y, en función de esto, establecer la prioridad de las soluciones para el saneamiento y reducir su contaminación.
Excepciones al uso balneario podrán ser consideradas zonas limitadas de la costa, en las inmediaciones de las ciudades.
La zona del Golfo de Arauco al sur de la desembocadura del río, no se utiliza actualmente como balneario porque la playa es poco acogedora y poco refugiada y porque en las cercanías se encuentra la Laguna Chica de San Pedro, que es preferida como balneario. En el futuro, de todas maneras, se debe garantizar que esta zona pueda ser frecuentada como balneario y para recreación (surf, etc.).
En base a los datos de colimetría, relativos sólo a un muestreo, la calidad del agua de la zona no cumple con las especificaciones requeridas para balneario. También en este caso deberá ser alcanzado el objetivo cualitativo de Tab.9.3.1, pero no con una urgencia inmediata, dado que actualmente el área no es utilizada.
Se observa además que el objetivo de calidad identificado para esta zona necesita el cumplimiento de la mayoría de los objetivos de calidad previstos para el río Biobío.

BAHÍA DE SAN VICENTE

Esta bahía no es utilizada como balneario (más aún está prohibido el baño en algunas de sus zonas), pero tiene un interés paisajístico, en particular en la zona húmeda del estero Lenga, que debe ser salvaguardado y potenciado.
Por lo tanto, los objetivos de saneamiento son dos:
- salvaguardar y conservar las características cualitativas y naturales en la zona Sur,Suroeste (Punta Hualpén, la desembocadura del estero Lenga, hasta casi la mitad de la ensenada), en modo de permitir una utilización estética y recreativa, para los cuales se mantienen válidas las consideraciones de calidad de Tab.9.3.2, como un objetivo de mediano plazo. Además, no se debe excluir completamente la posibilidad que esta área sea utilizada como balneario en el futuro, para lo cual los objetivos de largo plazo deberían respetar las características de Tab.9.3.1. Dado el régimen de corrientes y el

estado cualitativo actual de esta área, alcanzar estos objetivos se traduce esencialmente en un control de las eventuales aportes contaminantes al estero Lenga y de las pocas habitaciones que se encuentran a lo largo de la bahía. Además, en el caso que se encontraran problemas para el desarrollo de la actividad de cultivo de algas se deberán verificar sus causas y tomar las medidas respectivas.

- mejorar las características cualitativas de las zonas entre el puerto, Punta Liles y Punta Lobos. Esta zona recibe actualmente muchas descargas de distinto origen, que alcanzan a ser depuradas naturalmente sin un grave compromiso para la zona. Además , no se ha considerado para esta área un uso futuro de tipo recreativo y balneario, dada la presencia de la infraestructura portuaria y, más al norte, de costas altas, es necesario, de todos modos, reducir los aportes contaminantes y evitar su descarga en una zona limitada, donde la capacidad de autodepuración del ecosistema no es suficiente para su degradación.

BAHÍA DE CONCEPCIÓN

También aquí se han identificado objetivos diferenciados por zonas, en razón de posibles usos actuales y futuros:

- mejoramiento de las características cualitativas del área comprendida entre el puerto de Talcahuano, el canal El Morro y la desembocadura del río Andalién. Para esta área valen consideraciones análogas a las expuestas para la Bahía de San Vicente, en el sentido que se trata de un área en la cual no se han previsto en el futuro usos recreativos o de balneario, pero que se debe alcanzar un mejoramiento de las condiciones ambientales,en la actualidad gravemente comprometidas, incluso considerando el hecho que algunas de las industrias pesqueras se abastecen de agua en este lugar. Será entonces necesario reducir los aportes contaminantes y disponerlos de una manera compatible con la capacidad de autodepuración del sistema natural;
- alcanzar o mantener las condiciones ambientales adecuadas para el balneario a lo largo de todo el litoral de la bahía, desde Penco hasta Tomé y más al norte. Esta área es utilizada intensamente como balneario desde hace muchos años, no siempre con una garantía que los requisitos para el baño sean respetados. Se entiende el por qué la prioridad de este objetivo es elevada, ya que se trata de un área donde el baño es fuertemento requerido y realizado. De los requisitos de calidad para el baño serán excluidas las áreas portuarias y las zonas cercanas a éstos, pero estas áreas deben ser tratadas de un modo tal que no comprometen el uso del litoral cercano donde este uso sí se practica.

10. SOLUCIONES PROPUESTAS PARA EL SANEAMIENTO

10.1 Escenario

El planteamiento de las soluciones para el saneamiento deriva de la formulación de :

- horizonte de planificación: que entrega los plazos y las referencias temporales de las soluciones y del plan;
- hipótesis de planificación: que entrega la previsión y los escenarios de desarrollo demográfico, territorial, económico y social en el horizonte temporal antes definido;
- elección de planificación: que depende del nivel de detalle y de la escala territorial de la planificación, que se traduce en la elección del campo de aplicación del plano, de las tipologías de problemas afrontados, de la entidad territorial considerada, etc.

Sobre esta base, las soluciones para el saneamiento vienen individualizadas y desarrolladas teniendo en consideración las exigencias y los objetivos del saneamiento cualitativo de las aguas y las prioridades discutidas en el capítulo precedente. En relación a los tres aspectos antes individualizados, se identifican y se resumen a continuación los puntos de referencia adoptados en el presente estudio.

Horizonte

Se han individualizado los años 1998, 2010 y 2022, como puntos de referencia de horizonte temporal de breve, mediano y largo plazo. Tales fechas representan de hecho un buen equilibrio entre los tiempos técnicos y operativos necesarios para la realización de las obras.

Hipótesis

Como previsión de desarrollo demográfico de los centros urbanos, se han utilizado los valores entregados en Tab 10.1.1. La base de cálculo son los valores de población en el año 1992 elaborados en Par.4.1, a los cuales se les ha aplicado las tasas de crecimiento o decrecimiento indicados en Tab. 10.1.1. Estas tasas corresponden en general a los valores medios registrados en el decenio 1982-1992 en las comunas (Tab. 4.1.7) o, donde se encuentra una diferencia significativa, la tasa media de crecimiento urbano en el mismo decenio (Tab. 4.1.5). Se exceptúan algunos centros, para los cuales se ha adoptado una tasa diferente a la precedente. Es el caso de Concepción, para el cual se ha adoptado una tasa igual a 1,5 % anual (en vez de 2,1, que corresponde a la tasa comunal), porque se observa que el crecimiento demográfico de la comuna es más intenso en Chiguayante y San Pedro que en Concepción. Cabe señalar que este tipo de previsiones, desde el punto de vista ingenieril, representan una primera aproximación a las obras, y los valores de población deben ser corregidos en el futuro.

Elección

El área estudiada corresponde a toda la cuenca del río Biobío y la zona costera adyacente, comprendiendo el tramo que va de Lota a Tomé. No se han considerado los problemas de la ciudad de Arauco, que resulta muy alejada del área de la cuenca, tanto geográficamente como territorialmente.

El nivel de detalle del presente estudio es el de Pre-factibilidad y, por lo tanto, se han individualizado y desarrollado sólo las soluciones relativas a la realidad urbana.

Esta dimensión de escala no es homogénea para todos los problemas enfrentados. Para un centro de dimensiones muy modestas, por ejemplo, el estudio para la recolección y el tratamiento de las aguas residuales urbanas puede ser llevado a un nivel de detalle en términos generales. Lo mismo no se puede decir para el servicio de agua potable.

Tab.10.1.1 - Previsión de desarrollo demográfico de los centros urbanos en el breve, mediano y largo plazo

	Población	Tasa crec.en 1992	Población anual media			
			1998	2010	2022	
Angol	41.600	1,62	45.644	53.731	61.818	C
Cabrero	8.301	1,60	9.078	10.632	12.186	C
Collipulli	11.913	1,70	13.104	15.487	17.869	C
Concepción	222.966	1,50	243.033	283.166	323.301	M
Chiguayante	52.706	2,10	59.379	72.724	86.070	C
Coronel	83.406	1,90	92.664	111.180	129.629	C
El Progreso	3.557	1,30	3.826	4.364	4.902	C
Ercilla	1.674	-0,20	1.657	1.623	1.589	C
Hualqui	9.579	1,40	10.383	11.993	13.602	M
Laja	17.589	1,00	18.602	20.629	22.655	U
Lonquimay	2.925	-0,60	2.821	2.612	2.404	C
Los Angeles	94.041	2,30	107.019	132.974	158.929	C
Los Sauces	3.377	-0,40	3.296	3.134	2.972	C
Lota	49.972	0,30	50.872	52.670	54.469	C
Mininco	1.302	1,70	1.433	1.693	1.954	C
Monte Aguila	5.946	1,60	6.502	7.615	8.728	C
Mulchén	19.719	1,20	21.079	23.800	26.521	U
Nacimiento	14.767	1,30	15.884	18.116	20.349	C
Negrete	3.892	0,30	3.962	4.102	4.242	M
P. Canteras	1.664	0,50	1.714	1.814	1.914	M
Penco	39.333	2,00	44.053	53.493	62.933	C
Quilaco	1.467	-1,00	1.379	1.203	1.027	U
Quilleco	2.139	0,50	2.203	2.332	2.460	M
Renaico	4.729	0,50	4.879	5.180	5.481	C
San Pedro	49.351	2,10	55.569	68.006	80.442	C
Sta. Bárbara	5.861	0,60	6.072	6.494	6.916	C
San Rosendo	3.338	0,20	3.379	3.458	3.538	C
Santa Fe	2.043	2,30	2.325	2.889	3.453	C
Santa Juana	5.337	3,00	6.297	8.219	10.140	M
Talcahuano	244.840	1,90	272.752	328.575	384.399	C
Tomé	40.983	0,30	41.720	43.196	44.671	C
Tucapel	1.674	0,40	1.714	1.795	1.875	U
Villa Merced	1.719	0,50	1.770	1.874	1.977	M
Villa Tijera	1.239	0,50	1.279	1.358	1.436	C
Yumbel P.	6.802	-0,80	6.475	5.823	5.170	M
Yumbel Est.	2.771	-0,80	2.638	2.372	2.106	M
TOTAL	1.064.522		1.166.456	1.370.324	1.574.126	

Nota: C = Tasa igual a la tasa de crecimiento comunal en el decenio 1982-1992; U = tasa igual a la tasa de crecimiento urbano en el decenio 1982-1992; M = tasa modificada

En relación a los problemas inherentes a la recolección, tratamiento y disposición de las aguas residuales urbanas, la dimensión mínima considerada para el estudio de las soluciones es la de un centro urbano con más de 1.000 habitantes. Además, para los centros urbanos de dimensiones más modestas, serán de todas maneras indicadas las tipologías de planta y las soluciones más oportunas, pero sin estudiar en detalle los casos específicos.
Las soluciones necesarias para garantizar un abastecimiento correcto de agua potable, desde un punto de vista de la calidad y de la cantidad, serán analizadas caso por caso, para las localidades con servicios urbanos, y a un nivel global para las restantes localidades (servicios rurales o sin ningún servicio).
Los problemas industriales, tanto como abastecimiento hídrico, como la disposición de las descargas líquidas y sólidas, serán afrontados a nivel general, por categoría o por unidades singulares.
En relación a los residuos sólidos urbanos se limitará a un enfoque general, en la imposibilidad de analizar los casos específicos, debido a una carencia de información adecuada.

10.2 Abastecimiento hídrico para uso potable

Como se ha detallado en Cap.5, el sistema de abastecimiento de agua potable se ha desarrollado según distintos tipos de servicios: el urbano y el rural. Una parte de la población no está considerada en ninguno de los dos grupos y satisface sus necesidades privadamente. En términos de población, la división entre los tres tipos resulta la siguiente: 80% urbano, 3% rural y 17% de ninguno de los tipos anteriores.
Los datos disponibles de calidad y cantidad consideran sólo a los dos servicios (urbano y rural), pero permiten individualizar claramente cuales son los problemas en la zona.
En cuanto al abastecimiento rural, es principalmente del tipo subterráneo. En general, el único tipo de tratamiento previsto es la desinfección.
El abastecimiento urbano, en términos de cantidad, es prevalentemente de tipo superficial.
Dentro de cada servicio la cobertura de agua potable es siempre bastante alta: 96% para el urbano, 90% para el rural.
La dotación hídrica media garantizada por los servicios rurales alcanza a 75 l/hab/d. En el caso urbano, el valor medio de la cuenca resulta 178 l/hab/d, mientras que en el área costera alcanza los 130 l/hab/d. Los valores son relativamente bajos ya que los grandes grupos industriales presentes en la región han instalado sus plantas fuera de los centros urbanos, dotándolas de servicios independientes.
A continuación se resumen las características más importantes de los sistemas de tratamiento de las localidades de la cuenca y la zona costera adyacente. Las localidades no mencionadas y que cuentan con servicio de agua potable, sólo tienen desinfección como tratamiento. La Tab.10.2.1 presenta esta información.
Según estos antecedentes un 57% de la población abastecida con agua potable (correspondiente a 6 localidades urbanas de un total de 31 en la zona de interés), cuenta con un tratamiento del agua que consume. Las localidades presentadas en la Tab.10.2.1 junto a Hualqui, Renaico y Lonquimay cuentan con abastecimiento superficial; estas tres últimas no cuentan con tratamiento.

10.2.1 Evaluación de las necesidades futuras de producción de agua potable

La necesidad de planificar, dimensionar y evaluar a un nivel de prefactibilidad los requerimientos de infraestructura para el abastecimiento hídrico, obliga a realizar una estimación de las demandas futuras de agua. La demanda que interesa a este nivel es aquélla que afecta a la fuente, es decir, la demanda de producción. Esta, por motivos de diseño de los sistemas de abastecimiento, se expresa como caudal máximo diario.
A continuación se explica el procedimiento utilizado para proyectar las necesidades de agua potable de las localidades urbanas y rurales de la zona.

Las localidades que actualmente no cuentan con agua potable, debido al nivel de este estudio y a la

Tab.10.2.1 - Sistemas de tratamiento de localidades de la cuenca

LOCALIDAD	PROVINCIA	REGION	DESCRIPCION
CONCEPCION	CONC.	VIII	precloración,flocul.,decant.,filtr.,desinf.
TALCAHUANO	CONC.	VIII	recibe las aguas tratadas de Concepción
TOME	CONC.	VIII	floculación,decantación,filtración,desinfección
ANGOL	MALLECO	IX	floculación,decantación,filtración,desinfección
COLLIPULLI	MALLECO	IX	floculación,decantación,filtración,desinfección
LOS SAUCES	MALLECO	IX	floculación,decantación,desinfección

carencia de información, no son consideradas pero debieran tenerse presente en estudios posteriores.

10.2.1.1 Localidades urbanas de la zona

Para estimar las necesidades de las localidades urbanas se han considerado los siguientes parámetros:

- proyecciones de población para el breve, mediano y largo plazo (desarrolladas en Cap.4);
- cobertura, su proyección se realizó bajo los siguientes criterios: (1) dentro del mediano plazo (2010) se debe alcanzar una cobertura mínima de 85% ; (2) dentro del largo plazo (2022) la cobertura debe llegar a ser de 100%; (3) en el breve plazo se adopta una cobertura intermedia;
- dotación, se tomaron en cuenta las recomendaciones de ESSBIO, ESSAR y bibliografía a este respecto [Rosso, 1991], [Colombo, 1990]. Se consideró el hecho que los grandes conglomerados urbanos, como Concepción y Talcahuano, tienen sus dotaciones hídricas fuertemente influenciadas por el sector industrial, lo que se traduce en dotaciones civiles reales menores a las calculadas. Además, ha parecido razonable pensar, dada la situación económica chilena actual, en un desarrollo económico importante en los próximos años, lo que se traduciría en un aumento de las dotaciones hídricas. En base a lo anterior se realizó la proyección de la dotación, para esto, fue necesario realizar ajustes de manera de suavizar la evolución de la dotación en el caso de las localidades que actualmente presentan valores demasiado bajos. El caso de las localidades que actualmente presentan valores cercanos o mayores a los propuestos, también fue tratado de una manera particular, previendo un aumento de sus dotaciones en el tiempo;
- pérdidas de distribución, las pérdidas en las localidades de la zona de interés alcanzaron el año 1991 a 36% (ver Cap.5). Parece razonable suponer que éstas disminuyan en el tiempo (debido a cambios y/o mejoramientos en los servicios de distribución), así, se ha supuesto que serán de 35, 30 y 25% para los años 1998, 2010 y 2022 respectivamente;
- coeficiente para convertir caudal medio diario en caudal máximo diario: este se ha considerado igual a 1,5, de acuerdo a la bibliografía y a la experiencia chilena.

La Tab.10.2.2 presenta la totalidad de los datos (como situación actual y como proyección para los años de previsión) que son ocupados en la estimación de la demanda futura: población, cobertura, pérdidas y dotación.

Con estos parámetros, el método seguido para estimar la demanda de agua para cada año de previsión fue: con las poblaciones proyectadas y las coberturas, calcular la población abastecida, con las dotaciones proyectadas y considerando las pérdidas, resulta el caudal medio diario que se requiere. Dado que la fuente debe proveer el caudal máximo diario, es necesario multiplicar el caudal medio diario por el coeficiente de conversión, de esta manera, se obtienen las demandas de agua (como caudal máximo diario en l/s).

Tab.10.2.2 - Datos utilizados en la proyección de la demanda

			SITUACION 90/91				SITUACION 1998			
LOCALIDADES	PROV.	REG.	POB. TOTAL	COB. %	% NO FACT.	DOT. l/h/d	POBL. PROY.	COB. %	% NO FACT	DOT. l/h/d
CONCEPCION	CONC.	VIII	213,636	97	35	209	243,033	97	35	220
TALCAHUANO	CONC.	VIII	252,733	99	41	184	272,752	99	35	220
CHIGUAYANTE	CONC.	VIII	50,501	77	36	161	59,379	90	35	200
SAN PEDRO	CONC.	VIII	47,286	100	47	181	55,569	100	35	200
HUALQUI	CONC.	VIII	8,464	89	28	108	10,383	95	28	130
STA.JUANA	CONC.	VIII	4,093	99	-26*	154	6,297	99	35	160
LOS ANGELES	BIOBIO	VIII	84,453	99	28	170	107,019	99	28	200
MULCHEN	BIOBIO	VIII	19,810	90	43	115	21,079	90	35	120
NACIMIENTO	BIOBIO	VIII	15,041	100	3	170	15,884	100	3	180
LAJA	BIOBIO	VIII	18,253	85	13	132	18,602	90	13	150
YUMBEL	BIOBIO	VIII	8,729	97	28	124	9,113	97	28	130
SANTA BARBARA	BIOBIO	VIII	4,911	97	40	140	6,072	97	35	140
CABRERO	BIOBIO	VIII	7,306	95	8	135	9,078	95	8	134
NEGRETE	BIOBIO	VIII	2,803	99	37	118	3,962	99	35	120
SAN ROSENDO	BIOBIO	VIII	2,834	55	31	208	3,379	85	31	210
MONTE AGUILA	BIOBIO	VIII	5,233	75	31	100	6,502	85	31	130
QUILLECO	BIOBIO	VIII	1,911	82	39	141	2,203	85	35	141
TUCAPEL	BIOBIO	VIII	1,468	99	31	106	1,714	99	31	130
QUILACO	BIOBIO	VIII	1,223	85	32	97	1,379	85	32	100
ANGOL	MALLECO	IX	35,605	99	34	160	45,644	99	34	180
ERCILLA	MALLECO	IX	2,015	99	36	105	1,657	99	35	110
COLLIPULLI	MALLECO	IX	11,932	96	26	129	13,104	96	26	150
RENAICO	MALLECO	IX	5,273	99	11	116	4,879	99	11	120
MININCO	MALLECO	IX	1,349	83	11	293	1,433	85	11	300
LOS SAUCES	MALLECO	IX	3,962	100	27	117	3,296	100	27	130
LONQUIMAY	MALLECO	IX	3,386	100	47	76	2,821	100	35	80
CORONEL	CONC.	VIII	74,256	99	38	127	92,664	99	35	150
LOTA	CONC.	VIII	28,872	98	66	127	50,872	98	35	150
TOME	CONC.	VIII	36,781	78	44	124	41,720	85	35	130
PENCO+LIRQUEN	CONC.	VIII	35,106	86	46	143	44,053	85	35	150
LOC. RURALES	--	--	32705	90	20	75	35,415	100	20	80

** En el período se ha recuperado una deuda anterior*

(Continúa)

Tab.10.2.2 - *(Continuación)*

			SITUACION 2010				SITUACION 2022			
LOCALIDADES	**PROV.**	**REG.**	**POB. PROY.**	**COB. %**	**% NO FACT.**	**DOT. l/h/d**	**POBL. PROY.**	**COB. %**	**% NO FACT**	**DOT. l/h/d**
CONCEPCION	CONC.	VIII	283,166	97	30	300	323,300	100	25	350
TALCAHUANO	CONC.	VIII	328,575	99	30	300	384,399	100	25	350
CHIGUAYANTE	CONC.	VIII	72,724	100	30	240	86,070	100	25	280
SAN PEDRO	CONC.	VIII	68,006	100	30	240	80,442	100	25	280
HUALQUI	CONC.	VIII	11,993	100	28	170	13,602	100	25	200
STA.JUANA	CONC.	VIII	8,218	99	30	180	10,139	100	25	200
LOS ANGELES	BIOBIO	VIII	132,974	99	28	280	158,930	100	25	350
MULCHEN	BIOBIO	VIII	23,800	90	30	160	26,521	100	25	200
NACIMIENTO	BIOBIO	VIII	18,116	100	3	240	20,349	100	3	280
LAJA	BIOBIO	VIII	20,629	100	13	170	22,655	100	13	200
YUMBEL	BIOBIO	VIII	8,194	97	28	130	7,275	100	25	200
SANTA BARBARA	BIOBIO	VIII	6,494	97	30	170	6,916	100	25	200
CABRERO	BIOBIO	VIII	10,632	95	8	170	12,186	100	8	200
NEGRETE	BIOBIO	VIII	4,103	99	30	160	4,243	100	25	200
SAN ROSENDO	BIOBIO	VIII	3,459	95	30	240	3,539	100	25	280
MONTE AGUILA	BIOBIO	VIII	7,615	95	30	160	8,728	100	25	200
QUILLECO	BIOBIO	VIII	2,332	95	30	170	2,460	100	25	200
TUCAPEL	BIOBIO	VIII	1,795	99	30	160	1,875	100	25	200
QUILACO	BIOBIO	VIII	1,203	95	30	150	1,027	100	25	200
ANGOL	MALLECO	IX	53,731	99	30	230	61,818	100	25	280
ERCILLA	MALLECO	IX	1,623	99	30	150	1,589	100	25	200
COLLIPULLI	MALLECO	IX	15,487	96	26	170	17,869	100	25	200
RENAICO	MALLECO	IX	5,180	99	11	160	5,481	100	11	200
MININCO	MALLECO	IX	1,693	95	11	325	1,954	100	11	350
LOS SAUCES	MALLECO	IX	3,134	100	27	170	2,972	100	25	200
LONQUIMAY	MALLECO	IX	2,612	100	30	110	2,404	100	25	130
CORONEL	CONC.	VIII	111,180	99	30	210	129,696	100	25	280
LOTA	CONC.	VIII	52,671	98	30	210	54,470	100	25	280
TOME	CONC.	VIII	43,196	95	30	170	44,671	100	25	200
PENCO+LIRQUEN	CONC.	VIII	53,493	95	30	210	62,933	100	25	280
LOC. RURALES	--	--	39906	100	20	90	44967	100	20	120

Los resultados obtenidos se presentan en Tab.10.2.3, se incluye aquí la demanda máxima actual la que se ha estimado a través de la producción media (ver Cap.5).
En Tab.10.2.4 se presentan los déficit estimados para cada localidad y año de previsión, éstos fueron calculados como la diferencia entre la demanda proyectada y la capacidad máxima de producción. En cuanto a ésta última:

- los servicios de la VIII Región (ESSBIO) estiman su capacidad máxima de producción de acuerdo a la media mensual, esta capacidad estaría determinada siempre por la fuente (no por la distribución);
- los servicios de la IX Región ESSAR) tienen estimada su capacidad máxima de producción de acuerdo a los valores de Tab.10.2.4, además han distinguido si estos valores vienen determinados por la fuente o por la distribución según Tab.10.2.5.

10.2.1.2 Localidades rurales

Las localidades rurales, debido a su menor importancia (3,3% de la población total de la zona de interés) y al nivel de este estudio, han sido consideradas como un todo. La metodología seguida fue análoga a la ocupada para las localidades urbanas.
Para la proyección de población, se ha debido recurrir a métodos indirectos ya que no se ha podido tener acceso a información detallada del crecimiento de estas localidades. Al estudiar las tasas de crecimiento de los sectores rurales se puede ver que, en general, éstas disminuyen, aquéllas que crecen lo hacen a tasas cercanas al 1 %. Considerando el nivel de este estudio (prefactibilidad) y la poca importancia cuantitativa de estas localidades, se ha asumido un crecimiento medio anual de 1%.
La cobertura en las localidades rurales es actualmente bastante alta alcanzando casi 100%, por esta razón, parece razonable suponer que esta cobertura se mantendrá cercana a 100%.
La dotación asumida (según la bibliografía y en concordancia con las dotaciones actualmente encontradas) para el largo plazo es 120 l/hab/día, para el mediano plazo 90 l/hab/día y para el breve plazo es 80 l/hab/día.
Las pérdidas en el abastecimiento rural, actualmente son en promedio 20%. Se ha supuesto que permanecerán constantes dentro del plazo de previsión de este estudio.
Con estos parámetros se ha estimado la demanda futura de agua de las localidades rurales, los resultados están incluidos en Tabs.10.2.2, 10.2.3 y 10.2.4.

10.2.2 Evaluación de las necesidades futuras de redes de agua potable

10.2.2.1 Análisis de los materiales utilizables en las redes de distribución de agua potable

En la cuenca del Biobío los materiales para conducciones de agua potable más comúnmente utilizados son, en orden decreciente, cemento asbesto, PVC, fierro fundido y acero.
La decisión de usar un material se toma actualmente por consideraciones técnicas (presión de servicio, presión de la tierra sobre el tubo) más que por consideraciones que resulten de un análisis económico, ya que no se tienen en cuenta las diferentes duraciones de los materiales.
Actualmente no existe en la literatura una metodología de análisis técnico-económico de validez general.
Entre los diversos problemas asociados al abastecimiento de agua destinada a uso potable, con el fin de conservar sus características, merece particular atención la entrega, por parte de la tubería, de componentes que puedan contaminar el agua conducida.
Las investigaciones efectuadas sobre la presencia de fibras de asbesto en el agua que provienen de las tuberías fibro-cementadas, han puesto en evidencia que tales fibras pueden provenir del natural deterioramento erosivo de la superficie interna de las tuberías al contacto con el agua [Albano et al, 1983].

Tab.10.2.3 - Demandas de producción de agua potable (como caudal máximo diario, l/s)

			DEMANDA ACTUAL	DEMANDAS PROYECTADAS		
LOCALIDADES	**PROV.**	**REG.**	**1990/91**	**1998**	**2010**	**2022**
CONCEPCION	CONC.	VIII	1114	1381	2037	2619
TALCAHUANO	CONC.	VIII	1285	1582	2413	3114
CHIGUAYANTE	CONC.	VIII	171	285	433	558
SAN PEDRO	CONC.	VIII	281	297	405	521
HUALQUI	CONC.	VIII	19	31	49	63
STA.JUANA	CONC.	VIII	9	27	36	47
LOS ANGELES	BIOBIO	VIII	338	515	895	1288
MULCHEN	BIOBIO	VIII	64	61	85	123
NACIMIENTO	BIOBIO	VIII	45	51	77	102
LAJA	BIOBIO	VIII	43	50	70	91
YUMBEL	BIOBIO	VIII	24	27	25	34
SANTA BARBARA	BIOBIO	VIII	20	22	26	32
CABRERO	BIOBIO	VIII	18	22	33	46
NEGRETE	BIOBIO	VIII	9	13	16	20
SAN ROSENDO	BIOBIO	VIII	8	15	20	23
MONTE AGUILA	BIOBIO	VIII	10	18	29	40
QUILLECO	BIOBIO	VIII	6	7	9	11
TUCAPEL	BIOBIO	VIII	4	6	7	9
QUILACO	BIOBIO	VIII	2	3	4	5
ANGOL	MALLECO	IX	149	215	304	401
ERCILLA	MALLECO	IX	6	5	6	7
COLLIPULLI	MALLECO	IX	35	45	60	83
RENAICO	MALLECO	IX	12	11	16	21
MININCO	MALLECO	IX	6	7	10	13
LOS SAUCES	MALLECO	IX	11	10	13	14
LONQUIMAY	MALLECO	IX	8	6	7	7
CORONEL	CONC.	VIII	281	369	576	841
LOTA	CONC.	VIII	224	200	269	353
TOME	CONC.	VIII	109	123	173	207
PENCO+LIRQUEN	CONC.	VIII	133	150	265	408
LOC. RURALES	--	--	29	61	78	117

Tab.10.2.4 - Déficits en la produccion de agua potable (l/s)

			CAPACIDAD ACTUAL	DEFICIT ACTUAL	DEFICITS PROYECTADOS		
LOCALIDADES	**PROV.**	**REG.**	**(l/s)**	**1990/91**	**1998**	**2010**	**2022**
CONCEPCION (1)	CONC.	VIII	1,053	--	267	923	1,505
TALCAHUANO (1)	CONC.	VIII	1,068	--	297	1,128	1,829
CHIGUAYANTE	CONC.	VIII	171	--	115	262	387
SAN PEDRO	CONC.	VIII	281	--	16	124	240
HUALQUI	CONC.	VIII	19	--	12	30	44
STA.JUANA	CONC.	VIII	9	--	17	27	38
LOS ANGELES	BIOBIO	VIII	338	--	177	558	950
MULCHEN	BIOBIO	VIII	64	--	(3)	21	59
NACIMIENTO	BIOBIO	VIII	45	--	6	33	57
LAJA	BIOBIO	VIII	43	--	8	27	48
YUMBEL	BIOBIO	VIII	24	--	3	0	9
SANTA BARBARA	BIOBIO	VIII	20	--	2	7	12
CABRERO	BIOBIO	VIII	18	--	4	14	28
NEGRETE	BIOBIO	VIII	9	--	3	7	10
SAN ROSENDO	BIOBIO	VIII	8	--	7	12	15
MONTE AGUILA	BIOBIO	VIII	10	--	8	19	31
QUILLECO	BIOBIO	VIII	6	--	1	3	5
TUCAPEL	BIOBIO	VIII	4	--	1	3	5
QUILACO	BIOBIO	VIII	2	--	0	2	2
ANGOL(2)	MALLECO	IX	287	(138)	(72)	17	114
ERCILLA	MALLECO	IX	10	(4)	(5)	(4)	(3)
COLLIPULLI (2)	MALLECO	IX	82	(47)	(37)	(22)	1
RENAICO	MALLECO	IX	11	1	0	5	10
MININCO	MALLECO	IX	5	2	3	6	9
LOS SAUCES	MALLECO	IX	14	(3)	(4)	(1)	(0)
LONQUIMAY	MALLECO	IX	15	(7)	(9)	(8)	(8)
CORONEL	CONC.	VIII	281	--	89	295	560
LOTA	CONC.	VIII	224	--	(25)	45	129
TOME(3)	CONC.	VIII	250	--	15	65	98
PENCO+LIRQUEN	CONC.	VIII	133	--	17	132	275
LOC. RURALES	--	--	29	--	33	49	89

NOTAS: 1) Capacidad estimada por ESSBIO para La Mochita (suma Concepcion-Talcahuano); 2) Estas localidades actualmente tienen obras en ejecucion que incrementan la capacidad de la fuente hasta el valor senalado; 3) Capacidad estimada por ESSBIO para la planta de tratamiento de Tome; 4) Valores entre paréntesis son negativos e indican que la capacidad actual es superior a la demanda.

Tab.10.2.5 - Capacidad máxima de producción, localidades urbanas de la IX Región [ESSAR, 1992]

LOCALIDAD	OFERTA Q max (l/s)	DETERMINADO POR
ANGOL	287	FUENTE
ERCILLA	10	CONDUCCION
COLLIPULLI	81,5	FUENTE
RENAICO	11	CONDUCCION
MININCO	4,5	FUENTE
LOS SAUCES	14	CONDUCCION
LONQUIMAY	15	FUENTE

Las primeras noticias sobre la presencia de fibras de asbesto en el agua potable son del comienzo de los años 70, cuando fueron encontradas, en 1971, en algunas localidades de Canadá [Commins, 1983].
Las invetigaciones siguientes han considerado la posible correlación estadística que podría existir entre la presencia de fibras de asbesto en el agua potable y el riesgo de cáncer.
Por este motivo, en 1977 la American Water Works Association ha publicado recomendaciones para el uso de tubos de cemento-asbesto en función de la agresividad del agua conducida. Las características de agresividad del agua, por sí solas, constituyen, de todos modos, una condición necesaria pero no suficiente para prever el deterioro de la parte interna de la conducción. La presencia de fierro, zinc y manganeso en condiciones especiales de pH, alcalinidad y temperatura pueden dar lugar a un revestimiento protector que puede impedir el desprendimiento de fibras de asbesto.
Se han realizado numerosos estudios epidemológicos a largo plazo en USA y en Canadá; algunos de éstos han considerado niveles de asbesto en el agua potable muy elevados [Commins, 1983].
Un exámen crítico de estas investigaciones, ha demostrado que no existe ninguna prueba evidente de la existencia de consecuencias negativas para la salud de la población que bebe agua que contenga fibras de asbesto [Commins, 1983]. Estos resultados son concordantes con aquéllos presentados en el US EPA Workshop de octubre de 1982 respecto del consumo de asbesto [AAVV, 1983]. Las dosis usadas en los experimentos sobre animales eran tan elevadas, como para representar al menos 200.000 veces la cantidad presente en el agua potable más contaminada jamás registrada. Por esta razón la Organización Mundial de la Salud no ha especificado un valor guía para la concentración de asbesto en el agua potable.
De todos modos, para tener una política ambiental completa, hay que evitar la dispersión de fibras de asbestos en el ambiente. Por esta razón, la CEE se ha orientado hacia la prohibición del uso de tubos de cemento-asbesto a partir del 1º de enero de 1993.
Las entubaciones en cemento-asbesto no son, de todas formas, las únicas que tienen problemas de liberación; tanto las entubaciones de acero zincado, como las de cobre, liberan metales en el agua según mecanismos que dependen del tiempo de contacto del agua con las paredes internas y de las características del agua.
En cuanto a los fenómenos de cesión de sustancias desde los tubos en materiales plásticos, en algunos países se consideran normas técnicas precisas de manera de garantizar la calidad.
En conclusión, se considera que en el futuro, la realización-gestión de las redes de agua potable deberá tener en cuenta las siguientes indicaciones:

* *para las redes nuevas:*

a) el material de las tuberías deberá ser elegido teniendo en cuenta las implicaciones económicas de su duración;
b) deberá ser promovido el uso de materiales producidos en el territorio chileno, es decir: PVC, Polietileno Alta Densidad (PAD), acero;
c) deberá ser evitado, siempre que sea posible, el uso de cemento-asbesto.

* *para las redes antiguas:*

– cuando sea necesaria la sustitución de tubos de cemento-asbesto, éstos deberán ser reemplazados por tubos de material diferente.

10.2.2.2 Necesidades futuras de redes de agua potable

Los problemas de cantidad relacionados con el abastecimiento hídrico son de dos tipos: por un lado se debe tener en cuenta el incremento demográfico del área en estudio y, por el otro, se necesita prever un aumento de la dotación hídrica per cápita, relacionada con el rápido desarrollo económico actualmente registrado.

La población excluida de los servicios de abastecimiento del agua potable está dividida en dos grupos: los que satisfacen los requisitos mínimos para acceder al financiamento autorizado del BID (Banco Interamericano de Desarrollo) y aquéllos que no los satisfacen. Este financiamento es el que actualmente utiliza ESSBIO para poder desarrollar sus servicios.

En este párrafo se ha hecho una estimación aproximada de las necesidades futuras de redes de agua potable en las localidades urbanas y rurales de la cuenca. Los resultados finales se presentan en Tab.10.2.6, se incluye también un cálculo aproximado de los costos de construcción del total de metros lineales requeridos hasta el año 2022. Para esta estimación se ha usado un costo por metro de tubería instalada de 27.000 pesos ($ agosto 1992), estimado a partir de proyectos ya realizados por ESSBIO y ESSAR, considerando un diámetro representativo de las redes de agua potable actualmente utilizadas.

En el caso de las localidades urbanas, se ha calculado (con los datos disponibles) el coeficiente: metros lineales de tubería / población abastecida (ver Cap.5). A partir de estos coeficientes calculados se han asumido tres valores (4; 2,4; 1,8 ml/hab) según la población abastecida de la localidad: de 0 - 5.000, de 5.000 - 50.000 y mayor que 50.000, respectivamente.

Con las proyecciones de población (ver Cap.4) y las coberturas supuestas (ver Par.10.2.1), se obtiene para cada localidad, una estimación de la población abastecida.

Los coeficientes asumidos y las poblaciones abastecidas estimadas, permiten obtener los metros lineales de redes necesarios (de agregar a la estructura ya existente) para cada localidad y para cada período considerado, estos resultados se presentan en Tab.10.2.6.

Las localidades rurales, según la información demográfica disponible presentan, mayoritariamente, tasas de crecimiento negativas en los últimos 10 años. Por las mismas razones expuestas en Par.10.2.1.2, las localidades rurales son consideradas aquí como un todo. El proceso utilizado para calcular las necesidades futuras de redes de agua potable, es análogo al ya explicado para el caso de las localidades urbanas.

En base a los coeficientes calculados (ml/hab), se ha adoptado un valor de 4,8 ml/hab para el conjunto de las localidades rurales.

Se ha asumido que la cobertura permanecerá cercana al 100% y, por lo tanto, la población proyectada resulta igual a la abastecida. El producto de la población abastecida con el coeficiente asumido, entrega una aproximación de los metros lineales de tuberías que se requerirán para cada plazo considerado. Los resultados se incluyen en Tab.10.2.6, se oresentan como diferencias a agregar a lo existente.

10.2.3 Requisitos de calidad del agua potable

Debido a que la norma chilena de agua potable actualmente vigente (NCh409.Of84) es, en general, más permisiva que, por ejemplo, la norma CEE 80/778 y las recomendaciones de la OMS, parece necesario recomendar, dentro del plazo de previsión de este estudio una norma más restrictiva y completa.

La norma recomendada ha sido concebida haciendo una comparación entre los estándares actualmente vigentes en Chile (Norma NCh409.Of84), los de la CEE (Comunidad Económica Europea)

Tab.10.2.6 - Proyección de las necesidades de redes de agua potable (de agregar a lo existente)

			POBL. ABAST.	LARGO RED	COEFIC. ASUMIDO (M/HAB)	NECESIDADES FUTURAS			TOTAL A AGREGAR (ML)	COSTOESTIMADO (M$ AGO.92)
						RED (ML)	RED (ML)	RED (ML)		
LOCALIDADES	**PROV.**	**REG.**	**1992**	**1990/91**		**1998**	**2010**	**2022**	**92/2022**	**2022**
CONCEPCION	CONC.	VIII	206.545	382.264	1.8	51.158	69.842	89.159	210.159	5.674.293
TALCAHUANO	CONC.	VIII	249.441	429.996	1.8	35.565	99.173	108.187	242.924	6.558.959
CHIGUAYANTE	CONC.	VIII	38.974	78.777	2.4	34.721	46.279	32.030	113.030	3.051.821
SANPEDRO	CONC.	VIII	47.280	119.021	2.4	19.877	29.845	29.867	79.589	2.148.898
HUALQUI	CONC.	VIII	7.566	26.285	2.4	5.515	5.110	3.862	14.486	391.133
SANTAJUANA	CONC.	VIII	4.067	15.204	4.0	8.760	7.635	7.893	24.288	655.776
LOSANGELES	BIOBIO	VIII	83.853	114.189	1.8	40.330	46.387	48.421	135.139	3.648.742
MULCHEN	BIOBIO	VIII	17.809	44.244	2.4	2.738	5.871	12.300	20.909	564.538
NACIMIENTO	BIOBIO	VIII	14.971	28.696	2.4	2.014	5.332	5.562	12.907	348.494
LAJA	BIOBIO	VIII	15.450	30.826	2.4	3.100	9.329	4.862	17.292	466.884
YUMBEL	BIOBIO	VIII	8.437	27.846	2.4	891	0	0	891	24.051
SANTABARBARA	BIOBIO	VIII	4.752	11.441	4.0	4.494	1.633	2.529	8.656	233.712
CABRERO	BIOBIO	VIII	6.959	15.613	2.4	4.051	3.552	4.942	12.545	338.710
NEGRETE	BIOBIO	VIII	2.779	9.799	4.0	4.596	559	701	5.856	158.112
SANROSENDO	BIOBIO	VIII	1.560	5.553	4.0	5.249	1.656	1.012	7.916	213.732
MONTEAGUILA	BIOBIO	VIII	3.925	11.203	4.0	6.407	6.830	5.975	19.212	518.724
QUILLECO	BIOBIO	VIII	1.565	6.301	4.0	1.230	1.371	978	3.580	96.660
TUCAPEL	BIOBIO	VIII	1.458	10.387	4.0	977	322	369	1.668	45.036
QUILACO	BIOBIO	VIII	1.036	5.611	4.0	529	0	0	529	14.272
ANGOL	MALLECO	IX	35.372	102.847	2.4	23.936	19.282	20.253	63.470	1.713.701
ERCILLA	MALLECO	IX	1.996	9.608	4.0	0	0	0	0	0
COLLIPULLI	MALLECO	IX	11.498	28.410	2.4	2.710	5.511	7.069	15.290	412.841
RENAICO	MALLECO	IX	5.239	13.980	2.4	0	718	803	1.520	41.048
MININCO	MALLECO	IX	1.116	4.750	4.0	408	1.561	1.383	3.352	90.504
LOSSAUCES	MALLECO	IX	3.949	10.625	4.0	0	0	0	0	0
LONQUIMAY	MALLECO	IX	3.386	16.030	4.0	0	0	0	0	0
CORONEL	CONC.	VIII	73.843	122.980	1.8	32.950	33.143	34.442	100.535	2.714.456
LOTA	CONC.	VIII	28.300	70.321	2.4	51.754	4.232	6.822	62.808	1.695.816
TOME	CONC.	VIII	28.692	70.961	2.4	16.248	13.378	8.724	38.350	1.035.439
PENCO+LIRQUEN	CONC.	VIII	25.251	53.137	2.4	29.266	32.096	29.075	90.437	2.441.794
LOC.RURALES	--	--	32.705	118.206	4.8	13.008	21.557	24.293	58.858	1.589.155

y los valores recomendados por la OMS (Organización Mundial de la Salud). Los valores de la CEE que han sido utilizados corresponden a los máximos admisibles. Las columnas finales de las Tabs.10.2.7 a 10.2.11 presentan los valores propuestos para Chile y fueron obtenidos según la fórmula siguiente (aplicada a cada parámetro): MIN (Norma Chilena,MAX(Norma CEE,Valores OMS)).

En este párrafo se recomienda además, una modalidad de frecuencia de los análisis según el tipo de parámetro considerado: organoléptico, químico-físico, indeseado, tóxico o microbiológico. Esta modalidad de frecuencia corresponde a la recomendada actualmente por la CEE (Tab.10.2.12). Se recomienda que una norma de este tipo se adopte en el corto plazo (1998) y que se haga plenamente vigente en el mediano plazo (2010).

En las normas de la CEE y OMS, no se encuentran recomendaciones muy claras respecto de la desinfección, pero sí se hace hincapié que cuando se usa cloro la turbiedad debiera ser menor a 1 (unidades nefelométricas). Se recomienda mantener las recomendaciones de la norma chilena (las que se detallan a continuación), pero considerando que al usar cloro la turbiedad no debiera exceder 1 (unidades nefelométricas). Además, parece necesario imponer un límite máximo a la concentración de cloro residual, dado los posibles problemas de generación de trihalometanos.

En cuanto a esto último, cabe señalar que casi todos los servicios que utilizan agua superficial, tienen como fuente el río Biobío y, por lo tanto, presentan los problemas asociados al tratamiento de agua que, en su origen, está contaminada. Esta condición obliga a un alto consumo de cloro (desinfectante más utilizado en la actualidad en Chile); lo que puede tener como consecuencia la formación de Trihalometanos ($CHCl_3$). Según la OMS, el riesgo (de referencia) sólo para el $CHCl_3$, corresponde a un incremento de un caso adicional de tumor en una población de 100.000 personas que, durante toda su vida , consumen agua con un nivel de 30 µg/l de $CHCl_3$ [OMS, 1984]. La normativa de la CEE establece una concentración máxima admisible (CMA) de sólo 0,1 µg/l; en cambio, la normativa italiana establece una CMA de 30 µg/l para los compuestos organoclorados, esta normativa entró en vigencia en mayo de 1991.

Según la norma chilena, el agua potable distribuida por redes debe ser sometida a un proceso de desinfección, debiendo existir una concentración residual de desinfectante activo en la red en forma permanente (cloro residual).

En el caso de usar cloro o compuestos clorados como desinfectante, la concentración residual mínima de cloro libre debe ser de 0.20 mg/l en cualquier punto de la red, determinada en forma clorométrica.

Tab.10.2.7 - Requisitos Físicos

REQUISITO	UNIDAD	CHILE	CEE	WHO	PROPUESTO
Turbiedad	U. nef.(formazina)	5	4	5	5
Color	U. esc. plat-cob.	20	20	15	20
Olor	---	inodora	TD 2(12°C) TD 3(25°C)(1)	inodora	inodora
Sabor	--	insípida	TD 2(12°C) TD 3(25°C)(1)	insípida	insípida
pH	--	6-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5

Tab 10.2.8 - Requisitos Químicos

SUST.(mg/l)	EXPRESADO COMO	CHILE	CEE	WHO	*PROPUESTO*
Amoníaco	N	0.25	0.39	---	0.25
Arsénico	As	0.05	0.05	0.05	0.05
Cadmio	Cd	0.01	0.005	0.005	0.005
Cianuro	CN^-	0.2	0.05	0.1	0.1
Cloruros	Cl^-	250(*)	200(2)	250	250
Cobre	Cu	1.0(*)	0.1(3)	1.0	1.0
Comp.fenól.	Fenol	0.002	0.0005	---	0.0005
Cromo hex.	Cr	0.05	0.05	0.05	0.05
Detergente	SAAM	0.5	0.2	---(4)	0.2
Flúor	F^-	1.5	1.5 8-12°C 0.7 25-30°C	1.5	1.5
Hierro	Fe	0.3(*)	0.2	0.3	0.3
Magnesio	Mg	125	50	---	50
Manganeso	Mn	0.10(*)	0.05	0.1	0.1
Mercurio	Hg	0.001	0.001	0.001	0.001
Nitratos	N	10(*)	11.3	10	10
Nitritos	N	1.0	0.03	---	0.03
Plomo	Pb	0.05	0.05	0.05	0.05
Res.sol.fil	-	1000(*)	--	1000	1000
Selenio	Se	0.01	0.01	0.01	0.01
Sulfatos	$SO^{-2}4$	250(*)	250	400	250
Zinc	Zn	5.0(*)	5	5	5

NOTAS: (*) El Ministerio de Salud puede aceptar un contenido mayor de estas sustancias. (1) El olor y el sabor en la norma CEE están medidos como tasas de dilución. (2) Según la CEE, con concentraciones superiores a 200 mg/l se corre el riesgo de encontrar efectos. (3) La CEE propone 3 mg/l como máximo después de 12 horas en la red y en la llave del consumidor (valores superiores a este pueden producir sabor, coloración y/o corrosión (4) Según la OMS, no debe haber espuma ni gusto ni olor

Tab.10.2.9 - Requisitos Radiactivos

ELEMENTOS RADIOACTIVOS	CHILE pCi/l (*)	CEE	OMS	*PROPUESTO*
Estroncio 90 (1)	10.00			10
Radium 226(2) Actividad Beta total (excluyendo Sr-90, Ra-226 y otros emisores alfa)	3.00 1000			3 1000
Actividad Beta total (incluyendo Sr-90, corregida para el K-40y otros radioemisores naturales)	50.00		27	27
Actividad Alfa total(incluyendo Ra-226 y otros emisores alfa)	15.00		2.7	2.7

NOTAS:(*) 1 $p^{Ci} = 10^{-12}$ Ci (1) Según la normativa Canadiense [Canadian Council of Resource and Enviromental Ministers, March 1987, Canadian Water Quality Guidelines], el Estroncio 90 no debe superar 10 Bq/L. (2) Según la normativa Canadiense, el Radium 226 no debe superar 1 Bq/L. Según la normativa de EEUU no debe superar 5 p^{Ci}.

Tab.10.2.10 - Requisitos Biológicos y Bacteriológicos

PARAMETROS	UNID.	CHILE (1)	CEE (2)	OMS (3)	*PROPUESTO*
Coliformes totales	membrana NMP/100	0 <1	0	0-3	OMS
Coliformes fecales	membrana NMP/100	--	0 <1	0	OMS
Streptococos fecales	membrana NMP/100	--	0 <1	--	---

NOTAS:

—

(1) Norma Chilena

El agua potable debe estar exenta de microorganismos de origen fecal, cuya presencia se establece en base a la determinación de gérmenes del grupo coliforme. Sin embargo, cuando se trate de agua distribuida por redes, se considera como potable desde el punto de vista bacteriológico, a aquélla que cumpla simultáneamente con las condiciones que se indican a continuación:

- De todas las muestras que se analicen mensualmente en un servicio de agua potable, puede indicar la presencia de gérmenes del grupo coliforme:

a) el 10%de las muestras, cuando se haya analizado 10 o más muestras en el mes; y

b) una muestra, cuando se haya analizado menos de 10 muestras en el mes.

- De todas las muestras que se analicen mensualmente en un servicio de agua potable, puede indicar la presencia de gérmenes del grupo coliforme en una concentración igual o superior a 5 gérmenes por 100 ml:

a) el 5% de las muestras, cuando se haya analizado 20 o más muestras en el mes; y

b) una muestra, cuando se haya analizado menos de 20 muestras en el mes.

En los puntos correspondientes a muestras que hayan evidenciado la presencia de gérmenes del grupo coliforme, se deben realizar pruebas diarias hasta que, por lo menos en 2 muestras consecutivas, no se detecte la presencia de dichos gérmenes. Estas muestras de repetición se hacen sin perjuicio del programa de muestreo rutinario establecido en la norma NCh409/2 y se incluyen en la evaluación mensual que deben realizar los servicios de agua potable según lo dicho anteriormente.

—

(2) Norma CEE

El contenido de coliformes totales debe ser cero o NPP<1, bajo la condición que se hayan examinado un número suficiente de muestras (95% de los resultados conformes).

El agua destinada a consumo humano no debe contener organismos patógenos. A fin de completar el exámen microbiológico del agua destinada al consumo humano, es necesario investigar además de los parámetros contenidos en la Tab.10.2.!x, los gérmenes patógenos, en particular:

- la salmonella

- los stafilococos patógenos

- los bacteriófagos fecales

- los enterovirus

Por otro lado, tales aguas no deben contener:

- ni organismos parasitarios

- ni algas

- ni otros animales microscópicos

—

(3) Norma OMS

Los coliformes totales deben ser 0 (cero) en el 95% de las muestras examinadas dentro del año (en el caso de grandes abastecimientos cuando se han examinado suficientes muetras.

Los coliformes no deben exceder 3 (tres) en el caso de muestreos ocasionales, pero ésto no puede ocurrir en muestreos consecutivos.

Tab.10.2.11 - Concentración máxima de pesticidas y triclorometano

PESTICIDA NOMBRE TECNICO	CHILE µg/l	CEE µg/l	OMS µg/l	*PROPUESTO* µg/l
DDT	1	--	1	1
Heptaclor	0,1	--	--	0,1
Heptaclor epóxido	0,1	--	0,1	0,1
2,4 D	100	--	100	100
Clordano	0,3	--	0,3	0,3
Lindano(1)	3	--	3	3
Metoxiclor	30	--	30	30
Hexaclorobenceno	0,01	--	0,01	0,01
Aldrín	0,03	--	--	0,03
Dieldrín	0,03	--	--	0,03
Endrín	0,2(2)	--	--	0,2
Fenoprop (2, 4, 5 TP)	10(2)	--	10	10
Toxafeno (camfeclor)	5(2)	--	--	5
Triclorometano(3)	100	10	--	100

NOTAS:
(1) La concentración máxima de Lindano según la norma Canadiense y la norma de EEUU es 0,4 µg/l
(2) Coincide con los valores recomendados por las normas Canadiense y de los EEUU
(3) La norma de EEUU admite un máximo de 100 µg/l y la norma Canadiense 350 µg/l

Tab.10.2.12 - Método de análisis tipo: modalidad y frecuencia

	Análisis Tipo			
Parámetros a considerar	**Control mínimo**	**Control normal**	**Control periódico**	**Control ocasional por situaciones particulares o accidentales**
Organolépticos	Olor (1) Sabor (1)	Olor Sabor Dureza		La competente autoridad nacional deberá establecer los parámetros, tomando en consideración todas las condiciones que podrían tener efectos negativos sobre la calidad del agua potable suministrada a los consumidores.
Químico-Físicos	Conductividad u otro parámetro químico-físico Cloro residual pH	Temperatura (2) Conductividad u otro parámetro químico-físico Cloro residual(3)		
Indeseables		Nitratos Nitritos Amonio	Análisis de control normal + otros parámetros(4)	
Microbiológicos	Coliformes totales o gérmenes totales a 22 y 37C Coliformes fecales	Coliformes totales Coliformes gérmenes totales a 22 y 37C		

NOTAS: (1) Evaluación cualitativa; (2) Salvo para agua suministrada por recipiente; (3) U otras sustancias y sólo en el caso de tratamiento; (4) Estos parámetros serán determinados por la autoridad nacional competente, tomando en consideración todas las condiciones que podrían alterar la calidad del agua potable abastecida al consumidor y que podrían permitir la evaluación del equilibrio iónico de los componentes.

El uso de otro desinfectante debe ser autorizado por el Ministerio de Salud, el cual debe además establecer la concentración mínima de desinfectante activo residual en la red.
De todas las muestras que se analicen mensualmente en un servicio de agua potable, un número menor o igual al 20% de ellas puede tener una concentración residual de desinfectante activo inferior al mínimo establecido. Pero sólamente un 5% de ellas puede tener una concentración residual de 0.0 mg/l.
Cuando la concentración de desinfectante activo residual es inferior al mínimo establecido, deben tomarse muestras diarias adicionales en el mismo punto de la red de distribución, hasta que por lo menos dos muestras consecutivas indiquen que el agua ha alcanzado este nivel. Estas muestras de repetición se hacen sin perjuicio del programa de muestreo rutinario establecido en norma NCh409/2 y se incluyen en la evaluación mensual que deben realizar los servicios de agua potable, según el párrafo anterior.
Se aconseja considerar dentro del largo plazo, la inclusión de los parámetros que en este momento no aparecen en la norma chilena, pero que la OMS considera dentro de sus recomendaciones, éstos son:

- Benzeno
- Benzopireno
- Carbón tetraclorideo (tetrachloride)
- Cloroformo
- 1,2-Diclorohetano
- 1,1-Diclorohetano
- Pentaclorofenol
- Tetrachloroethene
- Aluminio
- Dureza (CaCO3)
- Sodio

10.2.4 Descripción de la tecnología de potabilización disponible

En el agua a potabilizar se pueden encontrar sustancias suspendidas, coloidales y disueltas.
Las sustancias suspendidas (de dimensiones comprendidas entre 0,1 y 1 μm) se distinguen en sólidos sedimentables (eliminables por sedimentación) y en sólidos no sedimentables (eliminables por filtración).
La sustancias coloidales (dimensiones entre 10^{-7} y 10^{-5} cm) y la sustancias en solución no son removibles por sedimentación o filtración.
El tratamiento de clarificación consigue la purificación de las aguas que presentan turbiedad elevada debida a la presencia de sustancias coloidales y sustancias suspendidas no sedimentables.
Muchas de las propiedades de las sustancias coloidales, están relacionadas con la elevada razón superficie/volumen de cada partícula. Una característica importante de las sustancias coloidales es la tendencia a concentrar otras sustancias en su superficie, en particular iones oxidrilos (agua con enlaces). Otra característica importante de las sustancias coloidales es la tendencia a adquirir cargas eléctricas; éstas (del mismo signo) son suficientemente elevadas para determinar una acción repulsiva que mantiene en suspensión las partículas. Agregando electrolitos en el agua es posible provocar dentro del agua enlazada (no libre) una acumulación de iones de signo opuesto al de la partícula, que neutraliza la carga presente en el coloide. Así, tiene lugar el fenómeno de coagulación electrocinética que elimina las fuerzas de repulsión y hace posible la fase sucesiva de floculación, con la agregación de las partículas formando flóculos, separables con un proceso de sedimentación y/o filtración.
Los coagulantes más frecuentemente utilizados en el tratamiento del agua de abastecimiento potable son a base de sales de aluminio o de fierro.
La clarificación puede ser precedida de un pretratamiento para eliminar materiales sedimentables y/o materiales de grandes dimensiones pero no sedimentables. En tal caso la unidades operacionales son: rejas, tamices y microtamices; estanques de sedimentación (desarenadores).
Los tamices y los microtamices son utilizados para una prefiltración destinada a retener los materiales pasantes a través de las rejas.

Los desarenadores son estanques de presedimentación para la eliminación de una parte de los materiales sedimentables (sobretodo arenas).
Para la clarificación las unidades operacionales comprenden: introducción de electrolitos (dosificación de los coagulantes) con eventuales modificaciones del pH, mezcla rápida, coagulación; mezcla lenta, floculación; sedimentación; filtración. No todas las unidades mencionadas están necesariamente presentes en todas las plantas de tratamiento.
La floculación tiene lugar en estanques donde el agua, después del tratamiento de coagulación, se mantiene bajo una agitación lenta para facilitar la formación y el crecimiento de los flóculos.
La sedimentación se produce en estanques, generalmente de hormigón, en los cuales los flóculos sedimentan sobre el fondo y forman el lodo que debe ser separado.
La filtración se realiza, en las grandes plantas de tratamiento, en filtros rápidos por gravedad; el material filtrante está constituido, en general, por arena de canteras.
La desinfección se realiza prevalentemente mediante cloración y está destinada a la destrucción de microrganismos patógenos de modo de garantizar la salud pública; la acción bactericida deriva de la acción oxidante, de la acción tóxica sobre el protoplasma de la célula bactérica y de la inhibición de los procesos enzimáticos. Las reacciones están influenciadas por el pH, temperatura, tiempo de contacto, presencia de sustancias reductoras y de sustancias orgánicas.
A través de la desinfección con sales de cloros se forman las cloraminas, que sirven para obtener un efecto desinfectante a largo plazo, con el objetivo de prevenir la formación de subproductos de la desinfección. En general, el método usado es la adición de sales de iones amonio después de la agregación de hipoclorito (o cloro gas).
La ozonización considera la producción de ozono a partir del aire u oxígeno, para obtener una oxidación muy eficaz de sustancias inorgánicas y orgánicas presentes en el agua. Es utilizado también para la desinfección. Existen diversas soluciones aplicables a plantas de tratamiento: desde las torres de difusión a los sistemas que utilizan turbinas; un punto importante es la elección del sistema de abatimiento del ozono en exceso.
El empleo de oxígeno atmosférico como agente oxidante está muy difundido: puede ser, por ejemplo, utilizado para agua con altos contenidos de fierro, cuando son aceptables valores residuales inferiores a 0,1 mg/l. Se puede distinguir entre sistemas con aireación en presión y sistemas a presión atmosférica; estos sistemas difieren esencialmente en el criterio adoptado para incrementar el área interfacial aire-agua, favoreciendo la cinética de transferencia del oxígeno y la cinética de oxidación.
El carbón activado está siendo cada vez más importante en el tratamiento del agua desde que se ha descubierto su capacidad de eliminar, por adsorbimiento, el color, el sabor y el olor; sus posibilidades como agente de decloración y como adsorvente de microcontaminantes orgánicos. Las ventajas y las desventajas que se pueden encontrar durante el empleo de carbón activado en polvo o granulado, dependen mucho del dónde se incluya esta tecnología en la secuencia del tratamiento y de la conformación de ésta última (filtración rápida, lenta o biológica en el caso de empleo de carbón activado granular, o la utilización del carbón en polvo en la fase de coagulación en vez de la dosificación continua en una fase sucesiva).
El intercambio iónico puede ser utilizado para disminuir la dureza de un agua (debida a una excesiva presencia de sales de calcio y de magnesio). Se usa una resina sintética que puede combinar o intercambiar iones con la solución a tratar.
La electrodiálisis se basa en la posibilidad de separar un soluto iónico de una solución mediante el uso de energía eléctrica y de membranas a distintas permeabilidades.
Con la destilación es posibles remover sulfatos y cloruros presentes en exceso; el proceso se basa en el principio de calentar el líquido a depurar de manera de separar la sustancia no deseada en fase gaseosa, para después hacerla condensar a parte.
Con la nitrificación se transforman, por oxidación biológica, las formas amoniacales del nitrógeno.

El proceso se realiza usualmente en reactores con lechos sólidos (arena, carbón activado, etc.) sobre los cuales crecen las especies bactéricas nitrificantes, si el medio acuoso es rico en oxígeno disuelto.
Con la denitrificación se busca la remoción de los nitratos a través de bacterias nitrato-reductoras, que son capaces de transformarlos casi enteramente en nitrógeno molecular gaseoso, que se libera a la atmósfera. El proceso se aplica, en general, en reactores con lecho sólidos, tanto operando directamente sobre el agua a producir, como sobre los flujos concentrados de otros procesos (osmosis inversa, resinas intercambiantes).
La osmosis inversa se puede considerar como un proceso de filtración à nivel molecular o iónico, que utiliza membranas semi-impermeables, es decir, impermeables al agua en ambas direcciones, pero no a los solutos.
El "stripping" puede ser adoptado para separar del agua solventes clorados, amoniaco y sulfuros. Se basa en la creación de condiciones que favorezcan el paso de las sustancias a remover de la fase líquida a la fase gaseosa (aire). En algunos casos es necesario corregir el pH.
Una vez señaladas las soluciones tecnológicas disponibles, es posible asociar a cada constituyente (o característica) no deseado de un agua a potabilizar un grupo preciso de tratamientos. En Ane.10.2.A se analizan las soluciones más comunes.
En cuanto a la elección del tipo de tratamiento más conveniente entre todos los disponibles, en la bibliografía se encuentran tablas del tipo de Tab.10.2.13.

10.2.5 Soluciones propuestas a los problemas de abastecimiento potable

10.2.5.1 Generalidades

A continuación, se detallan las soluciones a los problemas de abastecimiento de agua potable que se presentan en las localidades de la cuenca del río Biobío y de la zona costera adyacente.

Las soluciones propuestas aquí corresponden a las soluciones del largo plazo (2022). Las prioridades de solución en toda la zona, considerando las interrelaciones entre las localidades del estudio y cuándo se debe intervenir, se discuten en Cap.11.
Las soluciones se analizan según la siguiente subdivisión: conglomerado Concepción-Talcahuano-San Pedro-Chiguayante y Hualqui; localidades con problemas primarios y localidades con problemas secundarios. Esta subdivisión se justifica en el hecho que aproximadamente el 60% de la población de la zona se encuentra en Concepción y las localidades vecinas.
Los datos de calidad utilizados son: los análisis físico-químicos y bacteriológicos realizados por ESSBIO, ESSAR y por el Centro EULA para la confección de las cartas de calidad del río Biobío y sus principales afluentes y para el modelo de calidad que actualmente se está desarrollando. Estos abarcan un período de aproximadamente 5 años y fueron recogidos y analizados por diversos organismos (ver Caps.5 y 8). Los estándares utilizados para su evaluación son, básicamente, para las aguas superficiales: la norma Chilena NCh777.Of71 (clases "buena", "regular", "deficiente", ver Ane.5.1B) y la norma CEE 75/440 (clases A1, A2, A3, ver Par.9.1). Para las aguas subterráneas la calificación de la calidad se ha hecho según la norma chilena de agua potable NCh409/1.Of84.
Es necesario mencionar que las capacidades máximas de producción han sido estimadas por los propios servicios (ESSBIO y ESSAR); en el caso de ESSBIO las capacidades las estima iguales a las producciones actuales (como caudales máximos diarios), es decir, la mayoría de las localidades funcionan actualmente a sus máximas capacidades. Esta suposición puede no ser exacta, sobretodo si se considera, por ejemplo, que la mayoría de los pozos en la zona (con la excepción de la ciudad de Los Angeles) funcionan sólo algunas horas al día. A pesar de lo anterior, y de manera de obtener una proyección confiable, se han considerado las estimaciones de este servicio en los cálculos siguientes. Se exceptúa de lo

Tab.10.2.13-Eficiencias potenciales de los tratamientos de potabilización.

Parámetro	Airea.	Oxidac. química	PACGAC O	Neutraliz. con cal	Coagulac. floculac.	Filtrac.	Carbón activo	Stripp.	Desmineralización (smosisinv.)	Interc. iónico	Ozono
Aldrín	0-25		0-25			70-90	90-100				90-100
Asbesto			70-100		70-90						
Cadmio			25-90	90-100	A		0-50				
Cromo			70-90	70-90	A	0-25	0-25		X	X	
Color			90-100		A						90-100
Cobre	A		50-100		A						
DDT		0-25	25-100	50-70		90-100	X				0-25
Dieldrín			0-50		A		70-100	25-50			
Fluor									70-90	70-100	
Fierro	A	A		A	90-100					90-100	
Plomo			70-100	90-100	A		X		70-100	X	
Lindano		0-25	0-25		0-25	70-90	70-100				
Manganeso		A	25-90	70-90	A					90-100	
Mercurio			70-90	50-90	A	90-100	90-100				
Nitrato									50-70	50-100	
Olor	A	90-100				90-100	90-100				90-100
Fenoles		70-90	0-25			70-100	70-100				70-100
Sulfatos									70-100	70-100	
Sulfuros	50-100	50-100									50-100
SolidosD.T.									70-100	70-100	
Trialometan.							50-90	50-90			
Turbiedad			70-100		A						
Zinc			0-25	50-90	A						

Nota: A=*proceso auxiliar*; X=*proceso candidato posible(faltan datos)*; PAC=*carbón activado en polvo*; GAC=*carbón activado granular*

anterior, la captación de Concepción-Talcahuano, cuya capacidad viene dada por la capacidad de la planta de tratamiento La Mochita.
En cuanto al cálculo de los costos, los valores son expresados en pesos ($) de Agosto de 1992.

10.2.5.2 Conglomerado Concepción-Talcahuano - San Pedro-Chiguayante y Hualqui

Actualmente la intercomuna Concepción-Talcahuano cuenta con dos sistemas de produc-

ción: la planta La Mochita (capta superficialmente las aguas del río Biobío, capacidad máxima de producción 2,2 m^3/s) y el sistema Nonguén (que capta sus aguas del estero del mismo nombre, con una capacidad de producción de 0,1 m3/s. El tratamiento realizado en la planta La Mochita consiste en: pre-cloración, floculación, decantación, filtración y desinfección (ver Fig.5.1.7).

Dada la importancia de este servicio, los problemas de calidad de las aguas a potabilizar se presentarán con mayor detalle. El río Biobío a la altura de la planta La Mochita, presenta frecuentemente los siguientes problemas de calidad (ver Par.8.1):

- turbiedad elevada durante las crecidas (NCh777.Of71 la clasifica como regular)
- alto índice de coliformes: los últimos datos disponibles (24/03/92), la clasifican como posible A3. La NCh777Of.71 la clasifica como "regular", no existen suficientes datos como para clasificarla "deficiente" (se requieren más muestreos para analizar la frecuencia)
- el cobre está dentro del valor imperativo de la clase A1, pero no así del valor guía
- la DBO5 la clasifica ocasionalmente en la clase A3
- el amonio la clasifica ocasionalmente en la clase A3
- los fenoles la clasifican ocasionalmente en la clase A2

No se tienen datos respecto de los compuestos organoclorurados, pero las actividades desarrolladas en la cuenca permiten suponer su presencia en concentraciones que superan los límites.

El estero Nonguén presenta, en general, buena calidad de sus aguas.

El agua de red presenta ocasionalmente problemas de turbiedad, hierro y fenoles.

La demanda de agua potable que debe ser producida en el largo plazo, alcanza a 5,7 m^3/s (caudal máximo diario para Concepción-Talcahuano), dado que actualmente la planta La Mochita funciona a su máxima capacidad, es necesario suministrar en el largo plazo 3,4 m^3/s adicionales a lo que hoy día se produce.

En cuanto a San Pedro, su fuente de abastecimiento es subterránea, consiste en una malla de punteras en el río Biobío. El tratamiento aplicado es sólo desinfección.

Actualmente, el servicio presenta algunos problemas en el suministro, especialmente en época de verano, debido a que la fuente de abastecimiento no es capaz de entregar los caudales requeridos por deficiencias en la captación. El descenso de los niveles del río hace que la zona de punteras quede en ocasiones totalmente rodeada de bancos de arena.

Ocasionalmente, tiene problemas con los contenidos de fenoles, que sobrepasan la norma chilena de agua potable NCh409/1.Of84. Según los datos disponibles, no tiene problemas bacteriológicos. Su producción máxima actual alcanza 280 l/s; para el largo plazo, suponiendo que actualmente produce a su capacidad máxima, se estima un déficit de 240 l/s.

Chiguayante se abastece principalmente de manera subterránea a través de punteras en el Biobío (99%); el 1% restante proviene del estero Ceballos. Antes de la distribución se realiza una desinfección.

El estero Ceballos presenta ocasionalmente problemas de color. Las punteras en el río Biobío tienen, también ocasionalmente, problemas de color, altos contenidos de detergentes, fenoles y hierro. En cuanto a la calidad bacteriológica, el estero Ceballos presenta en forma permanente problemas en su contenido de coliformes.

Actualmente la producción máxima diaria alcanza 171 l/s; el déficit para el largo plazo, suponiendo que actualmente se produce la capacidad máxima, se ha estimado en 387 l/s.

Hualqui se abastece superficialmente a través del estero El Chivato (o Hualqui). Cuenta con desinfección como tratamiento. El agua abastecida presenta frecuentemente problemas de color, turbiedad y fenoles. Además se ha detectado, irregularmente, la presencia de contaminación microbiológica. Su producción actual es 19 l/s, el déficit para el largo plazo se estima, bajo el supuesto que actualmente se produce la capacidad máxima, en 44 l/s.

Los problemas de abastecimiento de San Pedro, Chiguayante y Hualqui deben ser resueltos al mismo tiempo que los de Concepción-Talcahuano, ya que actualmente estas localidades captan sus aguas en la zona final del Biobío (San Pedro y Chiguayente) o de esteros con problemas frecuentes de calidad (Hualqui): para el largo plazo se requiere, por lo tanto, prever una producción máxima total diaria igual a 6,2 m3/s para el conglomerado Concepcion-Talcahuano-San Pedro, 0,6 para Chiguayante y sólo 0,06 m^3/s para Hualqui. En términos de producción media anual se requerirían 4,5 m^3/s en total.

La solución más simple es, seguramente, la que considera la ampliación y el mejoramiento de la planta existente en Concepción y la realización de una planta de potabilización avanzada en Chiguayante, San Pedro y Hualqui, es decir, aceptar el hecho de continuar captando el agua de una fuente riesgosa como es el Biobío, considerando que su calidad debiera mejorar producto de las soluciones que se deben aplicar a los problemas de contaminación industrial y civil, propuestas en este estudio. De todos modos, vale la pena precisar que se requeriría verificar con mayor detalle la clase CEE en la que actualmente se clasifican las aguas del Biobío; porque está previsto que los valores de una clase puedan ser superados ocasionalmente: la cantidad actual de datos a disposición no permite clasificar actualmente las aguas como A3 en un sentido absoluto.

La situación actual, que presenta el abastecimiento hídrico de la zona, con una concentración antrópica importante en la cuenca, no puede ser considerada de manera favorable, teniendo en cuenta que la captación se realiza aguas abajo de las descargas de todas las actividades industriales y de las localidades ribereñas.

Por lo tanto, el imperativo de satisfacer en el futuro las necesidades de agua potable de la población con agua de buena calidad y sin riesgo de accidentes o acciones dolosas que puedan hacer inutilizable la captación del agua superficial, impone la necesidad de estudiar fuentes alternativas que sean protegidas del riesgo de contaminación químico o bacteriológico y que entreguen, por lo tanto, agua potable de acuerdo a las tablas del Par. 10.2.3 o, de todos modos, agua que requiera un tratamiento elemental para cumplir con los límites de las tablas mencionadas.

Siguiendo estos criterios, se ha desarrollado una investigación territorial con el objetivo de reconocer:

- las cuencas hidrográficas no urbanizadas, próximas al área en cuestión, de capacidad correspondiente a la producción de un caudal de 4-6 m^3/s;
- las áreas eventualmente utilizables para la captación de la napa subterránea.

Se han excluido, por obvias razones de costos, las zonas que se encuentren a más de 100 km de Concepción, se han verificado las posibilidades de captación de agua superficial en la zona de la cordillera de la costa al noroeste del último tramo del Biobío y al sur, en el costado occidental de la misma cordillera.

La investigación en el área noroeste no dió resultados positivos, ya que no existe una cuenca del orden de 200-300 km^2 (área requerida para obtener un caudal como el ya mencionado). En cambio, al sur podría ser utilizado la cuenca del río Carampangue, en la Cordillera de Nahuelbuta.

El estudio de prefactibilidad desarrollado a este respecto, ha entregado resultados negativos, ya que la captación podría ser realizada sólo construyendo una presa, para la regulación estacional, de notables dimensiones; además, la papelera Arauco actualmente capta 2 m^3/s, por lo tanto, es incompatible, por problemas de cantidad, la captación para uso potable.

Por lo tanto, la investigación se ha dirigido al Valle Central; considerando las zonas aguas arriba de las primeras fuentes contaminantes (industrias, ciudades), las zonas más seguras se encuentran bastante lejanas (a lo largo del Biobío) de los centros habitados a servir, con una obvia repercusión sobre los costos de las obras de aducción.

En cuanto al río Laja, sus características aguas abajo del canal Laja-Diguillín, si es que es construido, podrían empeorar debido a la disminución de caudal y al consiguiente aumento de la concentración de contaminantes. Sin embargo, desde el

punto de vista de la calidad del agua, los datos a disposición permiten afirmar que actualmente una captación superficial requerirfa, al máximo, un tratamiento de las aguas del tipo ya realizado en La Mochita.
La zona del Laja, encontrándose en el Valle Central, resulta idónea para una captación subterránea. Concentrando la atención en el área comprendida entre el Salto del Laja y Puente Perales (Fig.10.2.1), aparece la posibilidad de utilizar los recursos hídricos subterráneos (a confirmar con estudios ulteriores), ya que se está en presencia de arenas negras, que se apoyan sobre un horizonte lahárico a pocas decenas de metros de profundidad, que son alimentadas por el escurrimiento subterráneo que proviene de Los Andes hacia la incisión del Biobío a través de la Cordillera de la Costa [Agostini, Blanco, 1992]. Por lo tanto, en esta área se encuentra disponible un recurso hídrico suficiente para ser utilizado de dos maneras:

- superficialmente, a través de una captación de las aguas del Laja, aguas arriba del Puente Perales;
- subterráneamente, a través de un conjunto de pozos en las cercanías de la captación superficial.

Considerando que es razonable suponer un caudal específico de 30 l/s por cada pozo y un radio de influencia cercano a los 200 m, para asegurar la captación de 4-6 m^3/s de la napa subterránea se deben perforar 150-200 pozos en un área de 12-16 km^2. En cuanto a la disponibilidad superficial, el régimen del Laja en Puente Perales está caracterizado por un caudal medio anual de aproximadamente 200 m^3/s [DGA, 1992].
La ventaja de una captación en esta zona, está en el hecho que puede ser privilegiado el uso de, ya sea, la fuente superficial o la subterránea, de modo de evitar los riesgos de contaminación; además, en el largo plazo, la experiencia podrá sugerir usar sólo la fuente superficial o ir abandonando progresivamente la captación de las aguas del Laja y priviligear la captación subterránea, que corresponde a la menos sensible, si es adecuadamente protegida, de la presencia y del desarrollo de la actividad antrópica a lo largo del río.

En Tab.10.2.14 se presentan las características sustanciales de los sistemas de captación, conducción y tratamiento de las solucines propuestas (soluciones S2, S3, S4 de la tabla). Estas soluciones fueron generadas como una secuencia temporal a partir de la situación actual, de manera de poder afrontar dinámicamente eventuales "empeoramientos" en la calidad de las aguas captadas.
Naturalmente, la propuesta antes descrita no debe ser considerada la única solución al problema: de hecho, se puede suponer, como alternativa, la ampliación y mejoramiento de la planta La Mochita (solución S1 de Tab.10.2.14).

SOLUCION S1: mejoramiento del esquema de tratamiento de las plantas de Concepción-Talcahuano (La Mochita), San Pedro, Chiguayante y Hualqui, agregando en todos los casos carbón activado y ozonización; ampliación de las mismas plantas en función del aumento de la demanda en el tiempo.

Es la solución que acepta el riesgo asociado a la captación de agua en una zona de alta presión antrópica, como es el último tramo del Biobío.
Un esquema en bloques de las fases de la planta La Mochita modificado se puede ver en Fig.10.2.2.
Una característica del actual sistema de abastecimiento de Concepción-Talcahuano es la de servir una pequeña parte de Concepción con agua captada desde el estero Nonguén con la desinfección como único tratamiento.
Como ya fue visto, el estero Nonguén ocasionalmente presenta problemas de calidad y, por lo tanto, existen dos posibilidades: conducir el agua captada del estero a la planta La Mochita y llenar el estanque del sistema Nonguén con agua tratada, o renunciar al estero como fuente de abastecimiento y utilizar exclusivamente el agua del Biobío; en el primer caso el costo asociado a la construcción de la entubación es seguramente mayor y, por lo tanto, se escoge la segunda solución. De todos modos, debería realizarse un bombeo para llenar el estanque que abastece el actual sistema Nonguén.
Suponiendo que el estero Nonguén no se utiliza más como fuente de abastecimiento potable, en el

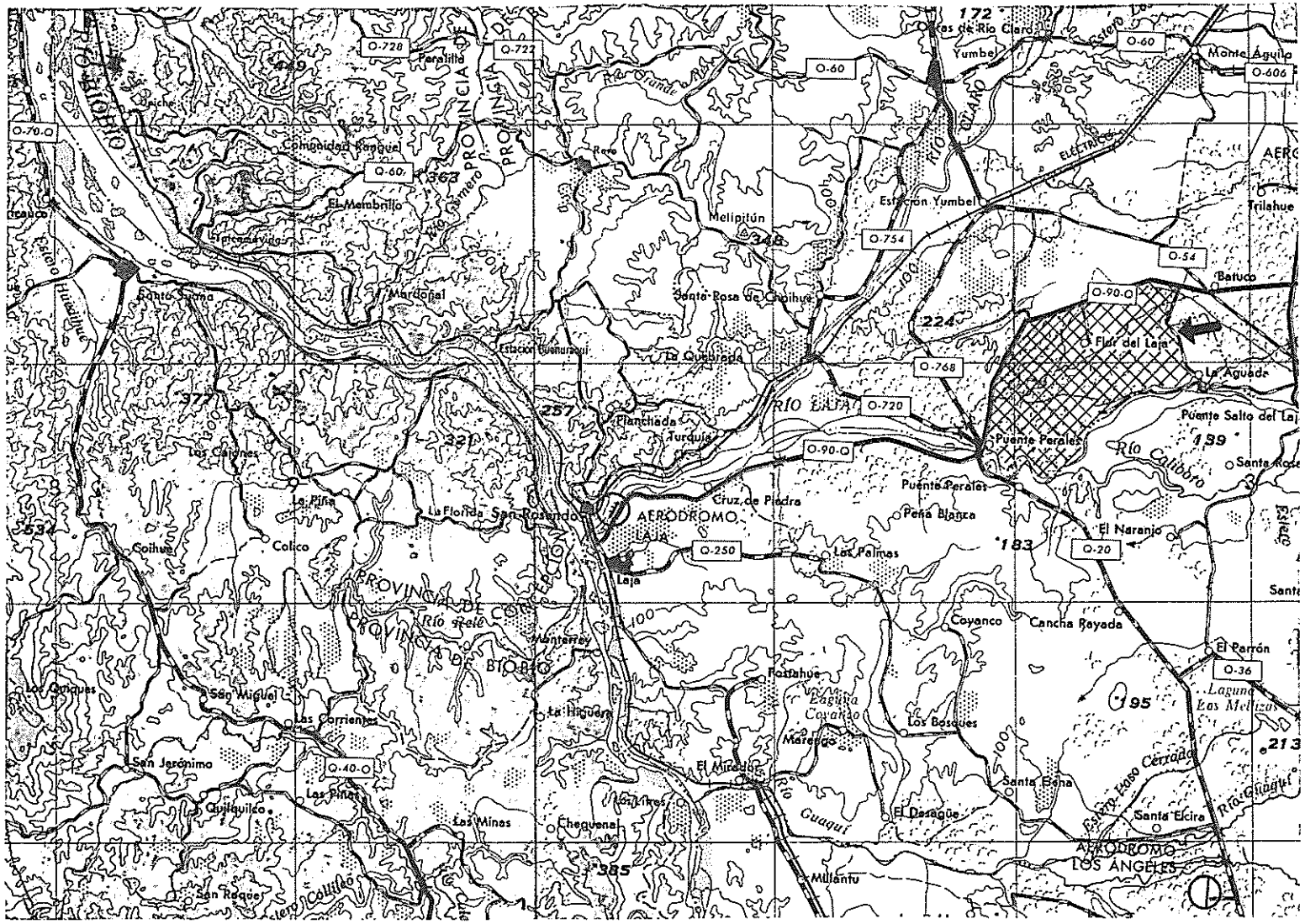


Fig.10.2.1 - Area de interés para captaciones subterráneas entre Puente Perales y Salto del Laja.

Tab.10.2.14 - Posibles soluciones para Concepción-Talcahuano-San Pedro-Chiguayante y Hualqui en relación al desarrollo de la calidad del agua del Biobío y del Laja (Aj es la clase CEE; con A4 se entiende una calidad peor que la A3) según dos distintos enfoques.

	calidad Biobió	calidad Laja	criterio	Solución
S1	A3	cualquiera	aceptar riesgo Biobío	mejoramiento del esquema de tratamiento de las plantas de Concepción-Talcahuano (La Mochita), San Pedro, Chiguayante y Hualqui, agregando en todos los casos carbón activado y ozonización; ampliación de las plantas en función del aumento de la demanda en el tiempo utilizando punteras
S2	A3,A4	A1,A2	minimizar riesgo	implementación fase carbón activado en La Mochita, en San Pedro, en Chiguayante y en Hualqui para satisfacer las exigencias cualitativas en el breve plazo, mientras se realiza una conducción desde la zona del Laja (agua superf.) dimensionada para un caudal medio de largo plazo; realización de una planta de potabilización convencional en Laja para utilizar una vez realizada la conducción; conexión de Concepción, Talcahuano, San Pedro, Chiguayante e Hualqui al nuevo acueducto; desinfección en La Mochita, Chiguayante y Hualqui; utilización de La Mochita para cubrir las "puntas" superiores a la media anual
S3	A3,A4	A3	minimizar riesgo	captación aguas subterráneas en las proximidades del río Laja más captación y tratamiento in situ para aguas superficiales río Laja; desinfección en cada localidad; utilización de La Mochita para las "puntas".
S4	A3,A4	A4	minimizar riesgos	captación subterránea en las proximidades del río Laja, desinfección en cada localidad; utilización de La Mochita y/o Laja para las "puntas"

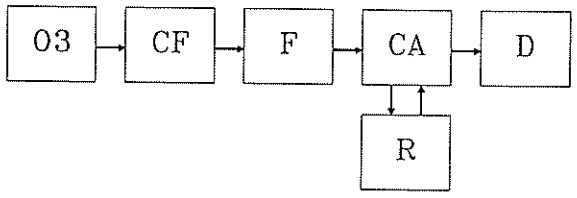


Fig.10.2.2 - Esquema de la planta La Mochita modificada; Leyenda:
O3: ozonización; CF: clarifloculación; F : filtración ;CA: carbón activado ;R : regeneración ;D : desinfección

largo plazo sería necesario producir 3,5 m^3/s adicionales a la producción actual.

En la hipótesis de conectar incluso San Pedro, el caudal máximo diario por producir adicionalmente al actual resultaría igual a 4 m^3/s.
El caudal a producir podría ser garantizado con un sistema de bombeo del agua superficial, como el que se usa actualmente, o con un sistema de punteras del tipo de las utilizadas en San Pedro.
La experiencia adquirida por ESSBIO con las punteras de San Pedro, que han demostrado poder producir un sensible mejoramiento de la turbiedad del agua (abatimiento de un 90% y, por lo tanto, también un menor riesgo de trihalometanos, según la OMS [1984]) y las características bacteriológicas, hace factible la proposición de este sistema como solución cualitativamente conveniente para las captaciones a realizar en el futuro.

El aumento de caudal a tratar, hace también necesaria la ampliación del grupo de bombas utilizadas para llenar los estanques del sistema de distribución, que también deben ser ampliados.
En términos de costo de planta, para compensar cuantitativamente la demanda en el largo plazo de Concepción-Talcahuano-San Pedro, renovar completamente las plantas existentes y garantizar una calidad segura del agua potable, serían necesarios las siguientes inversiones (pesos):

planta de potabilización convencional	$ 12.000.000.000
carbón activado	$ 8.700.000.000
ozonización	$ 2.500.000.000
punteras Biobío	$ 800.000.000
estanques redes	$ 3.400.000.000
conexión San Pedro-La Mochita	$ 1.300.000.000
bombas de elevación a estanques	$ 3.600.000.000
TOTAL	$ 32.300.000.000

En cuanto a los costos de la planta de potabilización se ha hecho referencia a los sistemas de tratamiento ya realizados en la zona cuyo costo de tratamiento se ha estimado en 40 US$/habitante [ESSAR, 1992]. Se ha considerado adecuado prever, de todos modos, un tratamiento convencional, ya que la filtración debida a las punteras no parece suficiente para un óptimo funcionamiento de la unidad de carbón activado.
Los costos asociados al carbón activado han sido calculados sobre la base de un costo de 1,4 millones de pesos por cada litro al segundo tratado, considerando una unidad en presión instalada al aire libre, dimensionada para una velocidad de filtración de 10 m/h aproximadamente, con todas las obras necesarias para complementar esta unidad incluidas. Para pasar de los costos italianos [Regione Lombardia, 1991] a los chilenos se ha tenido en cuenta la distinta incidencia sobre el costo final de las obras civiles y electromecánicas.
El costo de la ozonización considera: una unidad dimensionada para dosis de 2-3 mg/l de ozono; todos los equipos electromecánicos; los edificios necesarios y los estanques de contacto para tiempos de retención de aproximadamente 10 minutos. Al igual que en el caso precedente, para pasar de los costos italianos a los chilenos se ha tenido en cuenta la distinta incidencia sobre el precio final de las obras civiles y electromecánicas.
La solución de punteras en el Biobío para el abastecimiento futuro de la intercomuna Concepción-Talcahuano, ya ha sido considerado anteriormente; en 1990 fue contratado por parte de SENDOS, un estudio respecto de la ampliación y mejoramiento del sistema de agua potable de Concepción-Talcahuano [Santa Cruz, 1990].
La captación propuesta para complementar la producción actual superficial, quedaría configurada por un grupo de módulos captantes que convergen a pozos herméticos, en cuyo interior se alojan grupos motobomba que impulsan el agua hacia el sector de tratamiento.
Cada módulo contaría con 24 pozos, instalados en ejes distanciados en 20 y 25 m. Los pozos se instalarían a una distancia de 5 metros entre sí, a lo largo de los ejes. Uniendo grupos de 12 pozos de dos ejes consecutivos, se constituirían módulos de 24 pozos en forma de H, los cuales serían conectados por cañerías independientes hasta la orilla del río. La construcción de las punteras necesarias para cubrir la demanda, ocuparía aproximadamente una hectárea y media de río.
Cada pozo se haría funcionar con un gasto de régimen de aproximadamente 10 l/s, de manera de no sobrepasar la velocidad de entrada a la rejilla recomendada por los fabricantes y de no tener interferencias entre los pozos bajo la configuración proyectada.
A través de los costos calculados en el estudio mencionado, se ha construido una fórmula que permite obtener una estimación del costo total en función del número de módulos requeridos y del caudal producido:

CP ($) = (13,968 * NM + 147,037 * Q) * 10^6

con:
CP : costo total del sistema de punteras
NM : número de módulos de 24 pozos cada uno
Q : caudal que se debe producir con las punteras (m3/s)

Los costos relacionados a la ampliación de los estanques han sido evaluados sobre la base de la siguiente fórmula (válida para volúmenes mayores a 100 m3) recopilada de Santa Cruz [1990]:

$$CS = (2358000 + 13870 * V) * K$$

donde:
CS : costo del estanque en pesos
V : volumen de estanque en m^3
K : coeficiente de actualización de la moneda igual a 1,91

En cuanto al volumen necesario, la capacidad de los estanquues (129.000 m^3) ha sido estimada sobre la base de las siguientes consideraciones:
- el volumen de compensación (Vc) es igual a aproximadamente el 20% del volumen del día de máximo consumo;
- el volumen antincendio (Va) se evalúa según la fórmula de Conti:
  Va=6+(P/1000)^0,5 * 3600 * 3/1000 [m^3] (con P población);
- el volumen de emergencia (Ve) está calculado según la siguiente fórmula:
  Ve = 0,2 (Vc + Va)

Además, se ha supuesto que los estanques existentes, en el largo plazo, deberán ser sustituidos.
Los costos de las bombas de elevación de los estanques han sido calculados según la curva de Fig.10.3.18.
El costo de la conducción de conexión entre La Mochita y San Pedro ha sido estimada considerando utilizar un tubo de acero de 700 mm de diámetro para limitar a 1,5 m/s la velocidad del agua.
En cuanto a los costos de gestión para la conducción del agua, se entregan los valores relativos a la elevación necesaria, en el ámbito de las modificaciones a aportar al sistema en el largo plazo.

punteras Biobío	80.000.000 $/año
bombas de elevación a los estanques	1.170.000.000 $/año
bombeo a San Pedro	10.000.000 $/año

Para los cálculos se ha tenido en cuenta un costo de 25 $/kWh y se ha utilizado la fórmula:

$$E = V*H/367/r \text{ (kWk/año)}$$

donde:
E : energía eléctrica necesaria en un año
V : volumen anual elevado (m3/año)
H : altura a elevar por la bomba (m)
r : rendimiento de los grupos motobombas (asumidos igual a 0,75)

Los costos de gestión del carbón activado están relacionados a la necesidad de regenerar periódicamente el carbón utilizado y resultan de aproximadamente 17 $/$m^3$ de agua tratada y, por lo tanto, aproximadamente 2.200 millones de pesos al año.
En cuanto al ozono los costos de gestión han sido estimados en aproximadamente 2 $/$m^3$ de agua tratada y, por lo tanto, aproximadamente 300 millones de pesos al año.
Resumiendo, los costos *adicionales* de instalación y gestión para pasar desde un tipo de tratamiento como el actual a uno más exigente (ozonización y carbón activado) resultarían para Concepción-Talcahuano y San Pedro iguales a:

32.300 mill.$ + 3.760 mill.$/año

En cuanto a los costos en $/año es importante mencionar que su incidencia está ligada a la fecha de realización de la solución dada. Los costos de instalación se pueden transformar en gastos anuales de amortización y, por lo tanto, su incidencia también depende del año de realización de la obra.
Para tener una idea de cuanto incidiría el mejoramiento cualitativo de la planta sobre las tarifas de agua potable se puede suponer la realización inmediata de todo la planta (y no por fases como se hace en la realidad) y de amortizar la inversión en 30 años; se trata de una suposición que tiende a

sobrestimar los costos por m3 producido; por otra parte, de este modo se calcula el costo por metro cúbico considerando una producción mayor de la que se tendrá en la práctica, supuesto en este caso que subestima la incidencia sobre un metro cúbico; razonando a nivel de prefactibilidad la aproximación del cálculo resulta de todos modos aceptable. A una tasa de interés media anual igual a 5% la incidencia sobre un metro cúbico de agua producida sería de 6 $/m^3$ a lo cual se debería agregar 19 $/m^3$ para tener en cuenta los costos de gestión. Actualmente los usuarios pagan aproximadamente 50 $/m^3$ de agua tratada por La Mochita; con el tratamiento avanzado pasaría a 75 $/m^3$.

Cabe señalar, que se ha supuesto que solamente los usuarios interesados pagan la solución propuesta.

La amortización en 30 años de las punteras y de las obras de conexión entre La Mochita y San Pedro llevaría la tarifa a 77 $/m^3$.

Estos valores son utilizados para realizar una comparación con soluciones que preven el uso de fuentes alternativas al Biobío.

Vale la pena recordar que, en los EEUU, el costo por metro cúbico del agua tratada con un tratamiento clásico, para una ciudad de un millón de habitantes (actualizando el costo a 1992), es cercano a los 30 pesos/m^3 [EPA, 1987], es decir, bastante semejante a los costos que se encuentran en la planta de Concepción.

Siempre según los datos de la EPA [1987], agregar una unidad de carbón activado a una planta de potabilización clásica de medianas dimensiones (1 millón de habitantes) implica un aumento de las tarifas desde cerca de 30 pesos/m^3 a aproximadamente 80 pesos/m^3. Este incremento resulta confirmado también por los costos de remoción de microcontaminantes orgánicos en plantas de dimensiones media-grandes con concentraciones en la salida inferiores a 1 µg/l (por cada sustancia) [EPA, 1987]. Por lo tanto, se pueden considerar, en general, confirmados los valores encontrados para la realidad chilena.

En el caso de Chiguayante se debería realizar ozonización y utilizar carbón activado para un caudal medio de 0,4 m^3/s. Los costos de instalación y de gestión de las nuevas fases serían, en total, iguales a aproximadamente un décimo de lo que se ha calculado para La Mochita. Para garantizar un correcto funcionamiento del carbón activado debería ser realizada también una planta de tratamiento convencional, su costo se puede estimar en 1.300 millones de pesos.

La incidencia de las soluciones a realizar para Hualqui es inferior, ya que el caudal medio a garantizar, en el largo plazo, sería menos de 30 l/s: el costo del tratamiento convencional sería de aproximadamente 200 millones de pesos, sin considerar carbón activado y ozono.

En cuanto a los estanques a realizar durante el largo plazo en Chiguayante y Hualqui se requerirían 12.600 m^3 en el primer caso y 1.300 m^3 en el segundo, con un costo general de 373 millones de pesos.

SOLUCION S2: realizar una unidad de carbón activado en La Mochita, en San Pedro, en Chiguayante y en Hualqui para satisfacer las exigencias cualitativas en el corto plazo, mientras se realiza una conducción desde la zona del Laja (aguas superficiales) dimensionada para el caudal medio del largo plazo; realización de una planta de tratamiento tradicional en el Laja para utilizar una vez construida la conducción; conexión de Concepción, Talcahuano, San Pedro, Chiguayante y Hualqui al nuevo acueducto; desinfección en La Mochita, Chiguayante y Hualqui; utilización de La Mochita para cubrir la demanda superior a la media anual.

Se debe realizar una conducción de aproximadamente 87 km y de 2 m de diámetro, si se quiere limitar la velocidad a 1,5 m/s, en el caso del caudal medio para el largo plazo; bajo la suposición de utilizar un tubo de acero con revestimiento interno, podría ser posible conducir el agua a Chiguayante y a La Mochita por gravedad, aprovechando un desnivel de aproximadamente 80 m. Es necesario interrumpir el acueducto con dos estanques, uno a la altura de Hualqui, uno en Chiguayante, de manera de poder abastecer estos dos centros urbanos.

La tubería se debe desarrollar a lo largo del Laja y el Biobío, con la ventaja de poder utilizar la zona de la línea del tren para el transporte de la tubería. Los costos de la obra de conducción serían del orden de 80 mil millones de pesos que, amortizados en 50 años, implicarían un incremento del costo por m^3 del agua potable igual a aproximadamente 30 \$/m^3, llegando a un total de 80 \$/m^3.
Junto a este costo debe considerarse la amortización de las obras de mejoramiento de las plantas actualmente existentes; las fases agregadas (carbón activado y ozonización), a diferencia de la solución S1, serían realizadas sólo para el caudal necesario para los próximos 5-10 años, ya que al término de este período se debería concuir la construcción de la conducción desde el Laja. El tratamiento avanzado debería, por lo tanto, garantizar la potabilización de aproximadamente 4 m^3/s con un costo adicional de aproximadamente 15 \$/m^3 en treinta años. En total, la tarifa debería llegar a cerca de 95 \$/m^3.
Se ha supuesto que la realización de la planta de potabilización de las aguas superficiales del Laja no hace cambiar la tarifa base de 50 \$/m^3, ya que esta obra sustituiría la necesaria ampliación de La Mochita.
Este costo, comparado con el de la solución S1 (tratamiento avanzado de las aguas captadas del Biobío), demuestra que la utilización de una fuente alternativa como la del río Laja puede ser bastante competitiva incluso en términos de costos, además de entregar una mayor garantía de seguridad del abastecimiento hídrico.
Es necesario subrayar que en el caso que las aguas del Biobío empeoraran su calidad hasta la categoría A4, es probable que esta situación se verifique sólo por un par de meses al año y que, por lo tanto, la población utilizaría agua del Biobío sólo para las necesidades "punta" de esos períodos y para una parte del caudal. Esta situación es, por otro lado, permitida por la norma CEE respecto de las fuentes de agua potable (ver Cap.9).

SOLUCION S3: captación de agua subterránea en las proximidades del río Laja más captación y tratamiento in situ del agua superficial del río Laja; desinfección en cada centro urbano; utilización de La Mochita para las "puntas".

En el caso de un empeoramiento de la calidad del agua del río Laja hasta la clase A3, se deberían realizar pozos de manera de garantizar una parte del caudal necesario.
La otra fracción del caudal estaría constituida por agua superficial a tratar en la planta de potabilización convencional en el Laja según la solución S2.
Respecto a la solución anterior los costos a agregar están relacionados con la realización de los pozos.
En cuanto al aprovechamiento de los pozos, cada uno de estos podría garantizar aproximadamente 30 l/s, con un radio de influencia de 200 m [Agostini y Blanco, 1992]. La superficie requerida para los pozos sería de aproximadamente 8 km^2.
Los costos de realización de un pozo pueden ser asumidos aproximadamente iguales 200.000 \$/m.
Suponiendo una captación subterránea total de 3 m^3/s con perforaciones de 30 m, se requeriría una inversión de aproximadamente 600 millones de pesos. A este costo deberían agregarse los costos de la red de tuberías y las demás obras necesarias, que resultan del orden de los de las perforaciones.
Además, se deberían considerar aproximadamente 250 millones de pesos/año por la energía necesaria para el bombeo.
En cuanto a las "puntas", se debería captar un caudal de 1 m^3/s desde el Laja, además del entregado por La Mochita y de la captación subterránea.
Claramente la zona del Laja, desde la cual se quiere captar agua superficial, debe ser cuidada de futuros asentamientos humanos o industriales, potencialmente contaminantes.

SOLUCION S4: captación subterránea en las proximidades del río Laja, desinfección en cada centro urbano; utilización de La Mochita para las "puntas".

Es el caso de contaminación del río Laja hasta la clase A4, se considera la construcción de pozos

para cubrir todo el caudal a conducir. Los costos de los pozos a agregar a la solución S3 resultarían iguales a aproximadamente 800 millones de pesos. La posibilidad de encontrarse en esta situación resulta, de todos modos, relacionada a una pésima gestión futura de los recursos hídricos.
A partir de todo lo anteriormente visto, se puede concluir que la solución de conducir agua desde el Laja, además de tener una incidencia aceptable sobre la tarifa del agua potable a aplicar, garantiza la posibilidad de adaptarse en el tiempo al desarrollo de la situación de contaminación de la cuenca.
También es posible pensar en la realización de una obra ligeramente más grande para resolver el abastecimiento de algunos centros urbanos de la costa como: Penco-Lirquén, Coronel y Tomé.

10.2.5.3 Otras ciudades con problemas primarios

A continuación se analizan las posibles soluciones a los problemas de abastecimiento potable de las localidades de Cabrero, Monte Aguila, Mulchén, Nacimiento, Los Angeles, Coronel y Penco-Lirquén, que se han considerado con problemas primarios de calidad.
Se incluyen para cada localidad:
- el tipo de abastecimiento (superficial o subterráneo);
- el tratamiento actualmente efectuado;
- la capacidad máxima de producción (como caudal máximo diario, estimada por los propios servicios de distribución: ESSBIO y ESSAR);
- los problemas de calidad frecuentes u ocasionales identificados en Caps.5 y 8;
- la demanda de producción actual (como caudal máximo diario);
- el déficit a satisfacer en el largo plazo (diferencia entre la demanda futura y la capacidad actual, como caudal máximo diario, según Tab.10.2.4);
- la propuesta de solución.

La gran parte de esta información se puede encontrar también en Cap.5.
Las soluciones a los problemas identificados se deberían aplicar dentro del breve-mediano plazo. Las propuestas de solución se han cuantificado, respecto al dimensionamiento de las obras, teniendo en cuenta un horizonte temporal de largo plazo (2022).

CABRERO
Cuenta con abastecimiento subterráneo, constituido por dos sondajes. ESSBIO estima la capacidad máxima de producción igual a la producción actual. Las aguas captadas son cloradas antes de su distribución.
Presenta frecuentemente problemas de color, olor, sabor, elevados contenidos de hierro, manganeso y, ocasionalmente de amonio y fenoles. No se detectan problemas bacteriológicos.
Actualmente su producción es de 18 l/s, el déficit a satisfacer en el largo plazo se ha estimado en 28 l/s.
En base a los antecedentes hidrogeológicos del sector, se conluye que las necesidades cuantitativas futuras pueden ser abastecidas sin problemas a través de la fuente subterránea actual.
Será necesario determinar con certeza la capacidad actual del sistema para, en base a ésta, decidir si se requiere la construcción de otro sondaje de modo de satisfacer las demandas futuras.
En cuanto al problema de calidad se consideran dos posibles soluciones:
A) Si se demuestra que las captaciones actuales no serán suficientes para abastecer la demanda futura, será necesario habilitar otro pozo de captación. Se considera, además, el acondicionamiento de una planta de potabilización convencional con abatimiento del fierro-manganeso y la protección de la zonas cercanas a la captación de manera de evitar la contaminación. Los costos aproximados asociados a esta solución se presentan a continuación (para un caudal máximo diario de 46 l/s).
- construcción 2 pozos adicionales (prof. 30 m, bomba incluida):M$ 52.000
- construcción planta de potabilización convencional con abatimiento de fierro-manganeso

(floculación, decantación, filtración, abatimiento del fierro-manganeso por oxidación y filtración y cloración): M$ 230.000

TOTAL M$ 282.000

– gestión planta de potabilización (costo a agregar al actual): 20 $/m3

B) Si se demuestra la existencia de acuíferos más profundos que el actualmente captado, se podría pensar en profundizar las captaciones actuales, de modo de captar aguas más seguras en términos de calidad. Esta solución podría, de todos modos, requerir un abatimiento del fierro-manganeso; una estimación de los costos se presenta a continuación (para un caudal máximo diario de 46 l/s).

– profundización pozos actuales (por metro): M$ 200
– planta abatimiento fierro-manganeso (abatimiento por oxidación y filtración en filtros de arena en presión, conexiones hidráulicas) M$ 80.000
– gestión de planta de abatimiento Fe-Mn (costo a agregar al actual): 5 $/m3

MONTE AGUILA

Se abastece subterráneamente por medio de sondajes. Según ESSBIO, la producción actualmente iguala la capacidad máxima. Se aplica desinfección antes de la distribución.

Presenta frecuentemente problemas en sus contenidos de fierro, manganeso y, ocasionalmente de amonio y fenoles. También, el color y la turbiedad sobrepasan frecuentemente los límites de la norma vigente. No se detectan problemas bacteriológicos.

Actualmente su produción de agua potable alcanza 10 l/s, el déficit a satisfacer en el largo plazo se ha estimado en 30,8 l/s.

Las características de abastecimiento y los problemas de calidad identificados coinciden, bastante bien, con aquéllos identificados en Cabrero, por lo que las soluciones propuestas coinciden con las ya mencionadas para esta localidad. A continuación, se resumen los costos aproximados asociados (para un caudal máximo diario de 40 l/s).

A)

- construcción 2 pozos adicionales (prof. 30 m): M$ 52.000
– construcción planta de potabilización (floculación, decantación, filtración, abatimiento del fierro-manganeso por oxidación y filtración y cloración):M$ 230.000

TOTAL M$ 282.000

– gestión planta de potabilización (costo a agregar al actual): 20 $/m3

B)

- profundización pozos actuales (por metro): M$ 200
– planta abatimiento fierro-manganeso (abatimiento por oxidación y filtración en filtros de arena en presión, conexiones hidráulicas) M$ 80.000
– gestión de planta de abatimiento Fe-Mn (costo a agregar al actual): 5 $/m3

MULCHEN

Se abastece de agua potable a través de un pozo hincado en el río Bureo y de pozos profundos ubicados en la ribera de dicho curso de agua. La capacidad de este sistema es bastante variable; el pozo hincado en el río Bureo capta (por problemas de diseño) agua superficial, por lo tanto, cuando la turbiedad es demasiado elevada el pozo no se puede utilizar; los sondajes funcionan actualmente restringidos, ya que la depresión alcanza un nivel inferior al de los equipos. ESSBIO estima la capacidad máxima de producción igual a la producción actual. Antes de ingresar a la red el agua es desinfectada.

Se detectan frecuentemente problemas de turbiedad y ocasionalmente de fenoles que sobrepasan la norma NCh409/1.Of84 (pozo hincado en el río Bureo). Según los datos disponibles, no hay problemas bacteriológicos.

En la actualidad su producción de agua potable alcanza 64 l/s. El déficit a satisfacer en el largo plazo se estima en 59 l/s.

Dado que los problemas de calidad del agua captada están relacionados con el pozo hincado en

el río Bureo (ver Par.5.1.3) y que, según estudios hidrogeológicos realizados en la zona los recursos de agua subterránea existentes son óptimos en cantidad [Agostini y Blanco, 1992]; la solución considerada, consiste en el mejoramiento de la situación de los sondajes actuales y la implementación de nuevos sondajes capaces de abastecer la demanda futura. Lo anterior, implica dejar la captación del pozo hincado sólo para casos de emergencia o de problemas de funcionamiento de los pozos. Una estimación de los costos asociados se incluye a continuación:

- 2 sondajes de 90 m de profundidad c/u (se estima un caudal de 30 l/s por c/u): M$ 80.000
- mejoramiento sondajes actuales (90 m prof.): M$ 8.000

  TOTAL M$ 88.000

NACIMIENTO

El abastecimiento se realiza casi exclusivamente por medio fuentes subterráneas (sondajes cercanos al río Vergara) y sólo en época de verano entra en funcionamiento la fuente superficial (vertiente Los Pellines). Actualmente, se encuentra en construcción una captación a través de punteras en el río Taboleo. ESSBIO estima la capacidad máxima (del sistema actual) igual a la producción actual. Las aguas captadas son desinfectadas antes de ingresar a la red.

Ocasionalmente presenta problemas de color, turbiedad, contenidos de hierro, amonio, manganeso, fenoles y nitritos. El manganeso estaría asociado a suelos limosos intercalados en el relleno reciente, y los nitritos se podrían asociar a condiciones reductoras de estos mismos suelos o a una expresión de materia orgánica contaminante. Problemas bacteriológicos no presenta, según los datos disponibles.

En la actualidad se producen 45 l/s, el déficit de producción del largo plazo se estima en 57 l/s.

Teniendo en cuenta 1) que los sondajes actualmente utilizados no son demasiado profundos (30 m aprox.); 2) que se encuentran muy cercanos al río Vergara (30 m aprox.); 3) que las recuperaciones de los acuíferos son casi instantáneas terminado un período de bombeo [Agostini y Blanco, 1992] y 4) las características de contaminación encontradas (ver Pars.5.1.3 y 8.4), se puede concluir que el agua captada corresponde, en la práctica, a la del río Vergara.

Lo anterior unido a la presencia de descargas de aguas residuales, tanto industriales como civiles, aguas arriba de la captación, obligan a pensar en la necesidad de implementar una planta de potabilización convencional. Una estimación de los costos asociados se presenta a continuación (para un caudal máximo diario de 102 l/s):

- construcción planta de potabilización convencional (floculación, decantación, filtración y cloración):M$ 400.000
- gestión planta de potabilización (costo a agregar al actual): 20 $/m3

LOS ANGELES

Se abastece en un 100% a través de recursos subterráneos: sondajes profundos y un dren denominado San Antonio. Actualmente, según ESSBIO, los pozos son explotados a su máxima capacidad. El agua es desinfectada antes de su distribución.

El agua captada y distribuída, en general, no presenta problemas de calidad.

Actualmente la producción alcanza 338 l/s, el déficit de largo plazo se estima en 950 l/s.

Se ha incluido aquí debido a la exigente situación a que están sometidos actualmente sus pozos; funcionan casi contínuamente y no se cuenta con equipos alternativos para casos de emergencia. Además, se debe considerar que su población actual (84.453 hab.), la convierten en la tercera ciudad de la cuenca, después de Talcahuano y Concepción.

Para satisfacer los requerimientos actuales y futuros de agua potable la mejor solución, dada la disponibilidad y calidad del agua actualmente captada, parece ser la construcción de nuevos pozos. A continuación, se presenta una estimación del costo de construcción de los pozos necesarios:

- 19 pozos de 100 m de profundidad (suponiendo un caudal de 50 l/s por cada pozo): M$ 360.000

CORONEL

La fuente de abastecimiento es superficial y subterránea. Está compuesta por los siguientes sis-

temas: esteros Calabozo y los Maquis; laguna Quiñenco; punteras Lagunillas (captan sus aguas del subsuelo situado al Norte de la confluencia de los esteros Calabozo y La Mora) y recientemente la captación particular denominada AGUACOR S.A. (captación de pozos hincados que vende sus aguas previamente cloradas a ESSBIO). La capacidad máxima, según ESSBIO, es igual a la producción actual. Este servicio no cuenta con tratamiento; se aplica desinfección y se distribuye en las redes.

El agua distribuida presenta frecuentemente elevados contenidos de fierro y manganeso, turbiedad elevada y, ocasionalmente, de fenoles (según la normativa vigente NCh409/1.Of84 y la normativa propuesta en Par.10.2.3). No se cuenta con datos bacteriológicos del agua distribuida.

La producción actual es de 281 l/s, el déficit estimado para el largo plazo alcanza a 560 l/s.

Según los antecedentes disponibles, la fuente actual más segura, en términos de calidad y cantidad, es la explotada por AGUACOR; en base a esto, la solución más recomendable parece ser la de potenciar esta captación. Lo anterior coincide con las intenciones de ESSBIO y con el estudio desarrollado por Bustamante y Schudeck [1992]. En este estudio se abordan en detalle las obras necesarias para satisfacer las necesidades futuras que, aproximadamente, coinciden con las estimadas en este trabajo. Las obras requeridas son, básicamente, las siguientes [Bustamante y Schudeck 1992]:

- obras necesarias para ampliar planta AGUACOR (impulsión, estanque en sector Cerro Maule, matriz principal);
- construcción y habilitación de una nueva captación mediante drenes localizados en el sector Corcovado y Lagunillas;
- equipos de macromedición;
- planta elevadora e impulsión a estanque Corcovado y a estanque La Peña;
- refuerzos a la red de distribución y sectorización de la misma;
- nuevo estanque en sector Lo Peña (2.000 m3);
- otras obras complementarias.

Los costos asociados a la realización de estas obras alcanzan, según el mismo estudio, a aproximadamente 1.100 millones de pesos ($1.100.000.000).

Cabe señalar, que la solución antes mencionada lleva implícita los siguientes supuestos, que será necesario confirmar a través de estudios posteriores:

- que la captación AGUACOR está en condiciones de incorporar al sistema 100 l/s adicionales;
- que el acuífero costero debería ser capaz de abastecer el déficit restante.

PENCO-LIRQUEN

Se abastecen a través de tres sistemas: sistema Nonguén (capta sus aguas en los cinco afluentes del estero Nonguén), sistema El Cabrito (capta sus aguas en el estero El Cabrito, afluente del estero Lirquén) y el sistema Lirquén (capta desde el estero La Higuera, afluente del estero Lirquén). La capacidad, estimada por ESSBIO, sería igual a la producción actual. Antes de la distribución las aguas son desinfectadas.

El agua distribuida tiene problemas ocasionales de color, turbiedad, hierro y de fenoles. No se dispone de datos bacteriológicos.

La producción actual es 133 l/s, el déficit a abastecer en el largo plazo es 275 l/s.

La satisfacción de las demandas cuantitativas del largo plazo, se alcanzaría con una serie de obras ya en construcción [Bustamante y Schudeck 1992], éstas son :

- mejoramiento sistema Nonguén;
- mejoramiento aducción Collao-Penco;
- mejoramiento planta elevadora Landa;
- mejoramiento en Penco Chico e incorporación del sistema de abastecimiento Penco Alto;
- mejoramiento aducción El Cabrito-Lirquén Alto;
- interconexión Penco Chico-Cerro Verde;
- mejoramiento de las redes de distribución

En cuanto a la calidad del agua, los problemas actualmente presentes y el hecho de que sea una captación superficial, hacen necesaria la construcción de una planta de potabilización convencional para las aguas captadas. Esto lleva implí-

cita la necesidad de unir las aguas captadas desde las diversas fuentes; dada la falta de datos y el nivel de prefactibilidad de este estudio, ésta no se detalla ni cuantifica aquí. A continuación, se presenta una estimación de los costos relativos a la implementación de una planta de potabilización.

- construcción planta de potabilización M$ 950.000 (floculación, decantación, filtración y cloración)
- gestión planta de potabilización (a agregar al actual): 20 $/m3

10.2.5.4 Localidades con problemas secundarios

Se analizan en este párrafo las localidades que, a la luz de los datos disponibles, no presentan problemas importantes en su situación de abastecimiento potable.

Las soluciones a los problemas menores que, ocasional o frecuentemente, se presentan; no se analizan para cada una de las localidades, sólo se hacen las siguientes recomendaciones generales:

- las localidades que actualmente cuentan con abastecimiento superficial, en zonas que presentan o presentarán dentro del largo plazo asentamientos civiles o industriales; deben dentro del mediano-largo plazo considerar la construcción de una planta de potabilización de sus aguas para, de esta manera, minimizar la vulnerabilidad y el riesgo de contaminación a que están o estarán expuestas. Las localidades que podrían encontrarse en esta situación son:
  + Lota;
  + Renaico (los planes de desarrollo de ESSAR, indican que esta localidad no necesita planta de potabilización);
  + Lonquimay.
- las localidades que cuentan con abastecimiento subterráneo poco profundo, es decir, punteras, pozos hincados y sondajes que capten el acuífero libre (de menos de 30 metros de profundidad), en zonas que presentan o presentarán dentro del largo plazo asentamientos civiles o industriales; deben dentro del mediano-largo plazo considerar la construcción de una planta de potabilización de sus aguas para, de esta manera, abatir posibles microcontaminantes infiltrados en el acuífero. Además, se debe considerar un estricto plan de protección tanto de las zonas de captación como del acuífero aguas arriba de la captación. Una solución alternativa para estas localidades sería, si es que los estudios hidrogeológicos específicos lo avalan, habilitar sondajes profundos que capten aguas más seguras en términos de calidad y que no requieran tratamiento. Las localidades que podrían encontrarse en esta situación son:
  + Santa Juana
  + Laja
  + Yumbel
  + Santa Bárbara
  + Negrete
  + San Rosendo
  + Quilleco
  + Quilaco
- las localidades que actualmente cuentan con captaciones subterráneas profundas (mayores de 30 metros), deben considerar un estricto plan de protección de las zonas de captación, en esta situación se encontrarían:
  + Tucapel
  + Ercilla
  + Mininco

A continuación se presenta para la totalidad de las localidades anteriormente mencionadas, un resumen de sus principlales características de abastecimiento:

- el tipo de abastecimiento (superficial o subterráneo);
- el tratamiento actualmente efectuado;
- la capacidad máxima de producción (como caudal máximo diario, estimada por los propios servicios de distribución: ESSBIO y ESSAR);
- los problemas de calidad frecuentes u ocasionales identificados en Caps.5 y 8;
- la demanda de producción actual (como caudal máximo diario);
- el déficit a satisfacer en el largo plazo (diferencia entre la demanda futura y la capacidad actual, como caudal máximo diario, según Tab. 10.2.4).

Las principales características de abastecimiento de las localidades con problemas secundarios se incluyen en Ane.10.2.B.

10.3 Recolección, tratamiento y disposición del agua residual doméstica

10.3.1 Directrices para las soluciones propuestas

Una vez identificados los objetivos para el saneamiento de la cuenca, se pueden adoptar dos criterios para poder alcanzarlos, que corresponden, a su vez, a dos estrategias políticas de gestión del ambiente actualmente discutidas a nivel internacional:

- un criterio *normativo* o de *control difuso*, que consiste en la imposición de valores límites a las concentraciones o a las cargas máximas (mg/l o mg/día) en el territorio, sin hacer una distinción para las exigencias particulares o locales, condiciones ambientales comprometidas o requisitos en función de los usos;
- un criterio *gestional* o de *programación*, que consiste en determinar las soluciones necesarias y el abatimiento de los contaminantes en función de los objetivos individualizados y establecidos. Así, en las distintas áreas, se definen estándares de calidad ambiental en base a los usos, a la potencialidad del territorio y a las soluciones. Por lo tanto, las normas y los límites están estrechamente relacionados con el cumplimiento de los objetivos ambientales.

En principio, parece más adecuado el segundo enfoque, que optimiza técnica y económicamente las soluciones y los resultados que se pretenden alcanzar. Este enfoque requiere, eso sí, un gran esfuerzo, ya sea técnico o de recursos, para efectuar todos los estudios ecológicos de base (conocimiento de todos los aportes contaminantes, capacidades de depuración del sistema, etc.), para la definición científica de todas las soluciones necesarias y óptimas, para ejercer un control planificado de la compatibilidad de actividades o estructuras que quieren ubicarse en el territorio y, por último, para el control y verificación en el tiempo que las soluciones materializadas consiguen los resultados previstos. Además, este enfoque tiene éxito cuando se tiene la posibilidad de controlar eficazmente todos los responsables de la degradación ambiental (centros urbanos, industrias, agricultura) y la certeza de la materialización de las soluciones propuestas.

En general, entonces, éste es un enfoque que requiere una marcada capacidad de planificación y de programación, estructuras consolidadas y adecuadas para el desarrollo de las tareas antes identificadas y, en general, una experiencia y un conocimiento de la problemática ambiental.

El primer enfoque, en cambio, puede parecer como menos correcto, pero tiene la ventaja de requerir un esfuerzo planificador y programador mucho menor, limitándose la actividad de la administración pública a controlar el respeto de los límites impuestos, sin necesidad de estructuras complejas y expertas. Por lo que se adapta mejor a una alta difusión de las soluciones de protección ambiental en el territorio y permite obtener resultados más rápidos. Este enfoque es el que actualmente se aplica en la mayor parte de las naciones, que cuentan con una norma técnica que indica los valores máximos aceptables en la descargas de parámetros químico-físicos y biológicos (estándares).

Existen distintos criterios en la formulación de los estándares para las descargas, es decir:

a) estándares basados en la producción, donde el límite de contaminación está fijado en términos de la cantidad de contaminantes admitidos por unidad de producto;
b) estándares basados en límites a la concentración de los contaminantes en las descargas, tipo "end of pipe";
c) estándares basados en límites a la carga contaminante presente en las aguas, para lo cual el límite de contaminación está fijado en una cierta cantidad de contaminantes al día o a la semana. Estos estándares representan, entonces, una doble restricción, para la concentración (como en el caso b) y para el caudal descargado.

Los criterios tipo b) o c) son considerados más

operativos que el criterio a), que resulta poco verificable en la práctica.

Las directrices adoptadas para una planificación de las soluciones de recolección, tratamiento y disposición de las aguas residuales civiles en la cuenca del Biobío se han inspirado, en principio, en el criterio de control difuso, debido a las razones expuestas precedentemente, ya que este criterio es el más adecuado y funcional para enfrentar estos problemas. Después de una planificación con este enfoque, la evolución de las normas y de los criterios de control podría y debería tender hacia el criterio planificador, que permite una solución racional y funcional a los problemas (ver Cap.11).

Para la definición de los límites y estándares se deben tener en cuenta distintos factores, entre los cuales se encuentran:

- *persistencia*: los límites deben ser más restrictivos para las sustancias persistentes o escasamente degradables;
- *factor de dilución*: se deberá tener en cuenta la posibilidad, en casos excepcionales, de relaciones de dilución muy bajas entre las descargas y el cuerpo receptor (1/10 o 1/5)
- *efectos sobre los organismos*: se deben imponer límites más restrictivos para las sustancias cancerígenas o bioacumulables.

adecuación tecnológica: se deberán tener en cuenta los problemas relacionados con el tiempo necesario para la realización de las obras de tratamiento idóneo, imponiendo límites diferenciados en el tiempo.

En general, entonces, el límite puede ser formulado según la siguiente expresión:

$$SE = CM * FD * FR * FTB * FA$$

donde:

SE : estándard del efluente;
CM : criterio de calidad del cuerpo hídrico receptor que se quiere salvaguardar (en el caso de la cuenca del Biobío éstos son los criterios de calidad para el uso múltiple descrito en Par.8.1);
FR : factor representativo de la degradación;
FD : factor representativo de la dilución;
FTB: factor representativo de la toxicidad y bioacumulación;
FA : criterio de adecuación tecnológica.

Tab. 10.3.1 - Estándares propuestos para las descargas civiles de la cuenca (ver Tab.10.5.2 para los valores de las tablas A, A2, C)

MAR:	
P < 1.000	descarga al menos 200 m de la costa, eventual desinfección
P < 5.000	emisario + desinfección
5.000 < P < 20.000	Tab. C(*) + desinf. + emisario + diluc. inicial min. 1:10
P > 20.000	Tab. C(**) + desinf. + emisario + diluc. inicial min. 1:10
RIOS:	
P < 20.000	Tab. A2 + desinfección
P > 20.000	Tab. A + desinfección
LAGOS Y LAGUNAS:	Tab. A + Ptot < 1mg/l y Ntot< 10 mg/l

Está prohibida la descarga directa en el suelo y subsuelo

Comentarios: Todas las concentraciones son sobre una muestra media de 24 horas (mínimo 6 muestras/24 horas). La muestra instantánea no puede ser más del doble del límite.

Descarga artesanal, comercial, etc.: están equiparadas a la descarga civil en acuerdo al reglamento del alcantarillado y para caudal < 200 mc/d.

En todas las plantas se considera desinfección si es necesario.

(*) sin limitación para DBO y DQO

(**) a excepción de los límites para DBO y DQO, que se cambian a: no más del 80% del valor anual en la planta de tratamiento.

Un criterio de este tipo ha sido adoptado para la formulación de los límites de las descargas civiles e industriales, a pesar que no se ha seguido un esquema rígido de cálculo. Los límites se entregan en Tab.10.3.1 y se diferencian para las descargas en el mar y para las descargas en los ríos o en lagunas, para tener en cuenta su distinta capacidad de depuración. Estos límites sirven también como una referencia para proyectar las plantas de tratamiento previstas para la cuenca.
Retomando al tema de las diferencias entre criterio normativo y criterio gestional, se debe notar que este estudio de prefactibilidad se aplica en una cuenca, donde gracias a la investigación científica efectuada por el EULA, ya se han realizado la mayor parte de los estudios ecológicos de base, por lo que existe un conocimiento del territorio que permite obtener la relación causa-efecto entre los aportes contaminantes y la degradación ambiental. Para individualizar las prioridades de las soluciones (ver Cap.11), se utilizará el criterio de tipo gestional, identificando las soluciones más urgentes a la luz de los objetivos de calidad previstos.

10.3.2 Consideraciones sobre la situación actual y las prioridades generales

Como se ha descrito en el precedente Cap.6, la situación de las redes de alcantarillado al interior de la cuenca es bastante satisfactoria, por lo menos si se compara con el estado de otras infraestructuras (calles, casas, etc.).
De los centros urbanos considerados, nueve de ellos, con una población variable entre 1.000 y 9.000 habitantes, se encuentran actualmente sin alcantarillado; 15 tienen un porcentaje de cobertura que supera el 50% y 3 tienen un porcentaje de cobertura que supera el 80%. Entre estos últimos se encuentran Talcahuano, Los Angeles y San Pedro.
Las plantas de tratamiento son, en cambio, prácticamente inexistentes, a excepción de un sistema de lagunas existente en Cabrero, de fosas sépticas en Quilaco y Santa Bárbara y de un emisario en el mar (sin un tratamiento antes de la descarga) para Coronel.
El aspecto negativo de esta situación, buena cobertura de alcantarillado y ausencia de plantas de tratamiento, es que las descargas de las aguas residuales urbanas vienen recolectadas y descargadas en uno o pocos puntos, creando emisiones concentradas de carga orgánica en los cuerpos hídricos, que resultan más dispersas y parcialmente depuradas cuando no existe el alcantarillado.
Por otra parte, la ausencia de redes de alcantarillado lleva, como es obvio, a importantes riesgos higiénicos y sanitarios a la población y es, por lo tanto, una situación que debe ser saneada a la brevedad.
Debido a lo anterior, se entiende que la realización de la red de alcantarillado trae un mejoramiento de las condiciones higiénicas de la población servida, pero representa sólo el primer paso, de por sí insuficiente, en el camino de un mejoramiento de las condiciones higiénicas y ambientales generales de la cuenca.
Las soluciones para el saneamiento y protección ambiental relativas a la recolección y tratamiento de las aguas residuales urbanas deben estar inspiradas en una optimización en el breve, mediano y largo plazo entre los criterios de saneamiento y de mejoramiento de las condiciones higiénicas de toda la cuenca y de la conservación de los distintos usos de los recursos, considerando en primer lugar el abastecimiento de agua potable.
Sobre la base de las observaciones precedentes se puede individualizar un criterio general para establecer la prioridad entre la construcción de una red de alcantarillado, una ampliación de la misma y la construcción de una planta de tratamiento:

- para los centros urbanos desprovistos de red de alcantarillado, es prioritario, como es obvio, construir la red respecto a realizar la planta de tratamiento. Una vez alcanzado un cierto porcentaje de cobertura en el centro urbano, la prioridad entre realizar una planta de tratamiento y una ampliación de la red será en función de las características y de la ubicación del centro estudiado. En líneas generales se puede afirmar que hasta un porcentaje de cobertura de un 40-50%, es prioritaria la am-

pliación de la red y, que sobre tal valor, la prioridad debe ser valorada en función del número de habitantes del centro urbano. Para centros urbanos con más de 10.000 habitantes puede ser prioritario la construcción de la planta, o de alguna de sus fases, mientras para centros urbanos más pequeños, puede ser más importante continuar en la ampliación de la red, a favor de las condiciones higiénicas locales.
- para centros urbanos con una cobertura de más de 60-70%, la prioridad se traslada a la planta de tratamiento, teniendo en cuenta el hecho que las ciudades que se encuentran en esta condición son las que tienen el mayor número de habitantes.

Las consideraciones anteriormente expuestas no se confunden ni sustituyen, en ningún caso, con las indicaciones de las prioridades en el sentido absoluto de las soluciones para el saneamiento propuestas en este estudio de prefactibilidad, que serán individualizadas en Cap.11.

10.3.3 Evaluación global de las proyecciones de desarrollo de las redes de alcantarillado

10.3.3.1 Consideraciones sobre los materiales utilizables para las redes de alcantarillado

La elección del tipo de material a utilizar en las redes debe ser efectuada teniendo en consideración distintos factores, como las características y la capacidad hidráulica de las tuberías, resistencia estática, resistencia a la agresión química y a la abrasión, facilidad de instalación y duración. A la luz de estas características deben ser valorados los costos de construcción del alcantarillado, porque la economía en las construcciones debe ser considerada en un sentido global, en términos de la relación entre inversión y duración de las obras.
Tomando en cuenta sólo las tuberías prefabricadas, dado que en una red de tipo separado la exigencia del diámetro que requieren las tuberías construidas en la obra es muy reducida, los materiales comúnmente utilizados en el alcantarillado son: cemento, asbesto-cemento, resinas (PVC, PAD, etc.), gres. A continuación serán comparadas las características de estos materiales, incluyendo para cada uno sus bondades y defectos:

Cemento
Las tuberías de cemento pueden ser armadas o no. En el primer caso vienen realizadas mediante un proceso de centrifugación, mientras en el segundo caso mediante vibración o vibrocompresión.
Las tuberías de hormigón presentan una buena resistencia estática, sobretodo cuando está armado. Estas últimas son más resistentes a la corrosión que las no armadas, dada su mayor compactación; de todas maneras, la resistencia está siempre limitada a la composición del hormigón, que ofrece una resistencia mediocre a la acción de ácidos, predominante en muchos alcantarillados. También la resistencia a la abrasión de las tuberías de hormigón no es óptima y está muy influenciada por la absorción granulométrica de los materiales inertes y por la calidad de la elaboración.
El problema del revestimiento protector del hormigón (mediante resinas, barnices o capas cerámicas) debe, por lo tanto, siempre ser examinado y, a menudo, se necesita un revestimiento con un incremento relevante en el costo de la tubería.
La duración media de una tubería de hormigón puede ser estimada entre un mínimo de 20 años (inferior en el caso de no existir ningún tipo de revestimiento protectivo) y un máximo de 50 años [de Fraja et al., 1989]. El primer valor se verifica en presencia de líquidos fuertemente sépticos (por sus características o por su larga permanencia en la red), mientras el segundo en presencia de líquido no sépticos y de revestimiento protectivo.

Asbesto-cemento
Las tuberías de asbesto-cemento contienen cerca de un 15% de asbesto, que entrega a la tubería una resistencia a la corrosión superior a la de las

tuberías de hormigón simple. La estructura compacta de este material la hace muy impermeable y liso, lo que evita la formación de incrustaciones. También la resistencia mecánica de este material es óptima.
Suscita, eso sí, dudas respecto al impacto que puede traer el desprendimiento de partículas de asbesto que, como es sabido, es un elemento cancerígeno. La resistencia a la agresión química de estas tuberías, superior a las de hormigón simple, no es del todo absoluta y existe, por lo tanto, una cierta tendencia a la no utilización de este material. A nivel de la Comunidad Económica Europea existe, por cierto, una directiva reciente [n. 127 de 1987], que prohibe el uso del asbesto en todos los procesos productivos y, por lo tanto, este tipo de tuberías no podrá ser construida ni utilizada en los países miembros de la CEE.

PVC
Las tuberías de PVC presentan una elevada inercia química y resistencia a la corrosión; por otra parte, tienen una baja resistencia estática y no superan los diámetros de 400 mm. Además, no son aptas para recibir descargas de elevada temperatura, como las de lavanderías o de grandes cocinas. Su longitud llega hasta los 10 m y esto constituye una ventaja, porque se necesitan menos uniones.
Los constructores de estas tuberías, sobre la base de envejecimiento acelerado, garantizan una duración de 50 años. Por otra parte, el uso de este material sólo lleva 30 años y no ha sido posible verificar esta estimación.
Este material es más caro que el hormigón y que el asbesto-cemento, pero tiene la ventaja de una resistencia a la corrosión y una duración más elevada.
Se encuentra, eso sí, limitado en el diámetro máximo que es posible producir con este material, lo que no es demasiado importante en el caso de sólo una red de alcantarillado (sin aguas lluvia), pero siempre existe el problema de su baja resistencia a la carga estática.

Tuberías metálicas
Las tuberías metálicas utilizadas en el alcantarillado son de fierro fundido o de acero.
Estas no han sido comúnmente utilizadas en redes de alcantarillado, sólo en condiciones particulares, como los tramos en presión o sumergidos, sifones, plantas de elevación, tramos de pendientes fuertes o muy tortuosos.
Estos materiales presentan comúnmente una elevada resistencia a las solitaciones externas, a las presiones internas y a la abrasión, pero siempre necesitan revestimientos (a menudo interno y externo) contra la corrosión y la oxidación.

Gres
Este material no es utilizado en Chile, pero es en cambio uno de los materiales más utilizados para la técnica del alcantarillado italiano y europeo, con excelentes resultados.
El gres pertenece a la categoría de los productos cerámicos, construido con una pasta compacta y sinterizado a altas temperaturas. El componente base del gres es la arcilla cuya calidad condiciona la calidad final del producto.
La parte interna viene esmaltada para aumentar la impermeabilización y mejorar las condiciones de flujo. En realidad un buen gres es ya prácticamente impermeable, liso y resistente, incluso sin esmalte, por lo que en algunos países, como Estados Unidos, se produce sin esmalte.
Las tuberías de gres tienen elevadas características de resistencia química y de resistencia a la abrasión, por lo que se puede decir que la duración media de las tuberías es de 80 años (se hace notar que este límite se basa en la duración de las uniones, generalmente realizadas en poliuretano, más que la tubería en sí, que puede ser considerada de una duración ilimitada).
Entre los defectos de este material se encuentran su baja resistencia mecánica y su costo, superior al de las tuberías de hormigón (en la situación italiana, el costo de construcción total de un alcantarillado en gres es de un 15 % superior al del hormigón vibrado). Pero por sus excelentes con-

diciones, es considerado uno de los materiales más idóneos para ser utilizados en el alcantarillado y tiene la mejor relación entre costo y beneficio.

En Fig.10.3.1 se comparan los costos de construcción en pesos chilenos (1 US$ = 380 pesos), en 1992, de tuberías de alcantarillado realizadas en cemento comprimido, asbesto-cemento y PVC; éstos son, como se ha descrito, los tipos de tuberías utilizados principalmente en el alcantarillado existente en la región del Biobío.

Para el mismo diámetro, las tuberías de PVC tienen un costo de 10-20% superior cercano al de las de asbesto-cemento.

Para los materiales utilizados en la construcción de nuevas redes de alcantarillado en el área de estudio se pueden hacer las siguientes observaciones, en base a todo lo descrito hasta el momento:

- la directiva CEE antes citada, reconociendo que no existen actualmente tecnologías de depuración para remover el asbesto y que este elemento es altamente peligroso, afirma que "... la solución más segura es la eliminación de este elemento de todos los productos..". Esta orientación está presente a nivel de CEE, pero también en otras naciones, como Estados Unidos. Aparece, entonces, como no aconsejable el uso futuro de este material, en la óptica de una eliminación del uso y el empleo de asbesto, para evitar su difusión y dispersión en el ambiente, de donde no es eliminable;
- actualmente no se encuentran disponibles en Chile tuberías de gres; los materiales utilizados son PVC y cemento centrifugado. El PVC, como se ha visto, es un material que ofrece una buena inercia química y resistencia a la corrosión, que lo transforman en un material de mayor durabilidad que el cemento centrifugado. Este debe, eso sí, ser debidamente protegido, para evitar que, en el transcurso de unos pocos años, dé lugar a filtraciones, au-

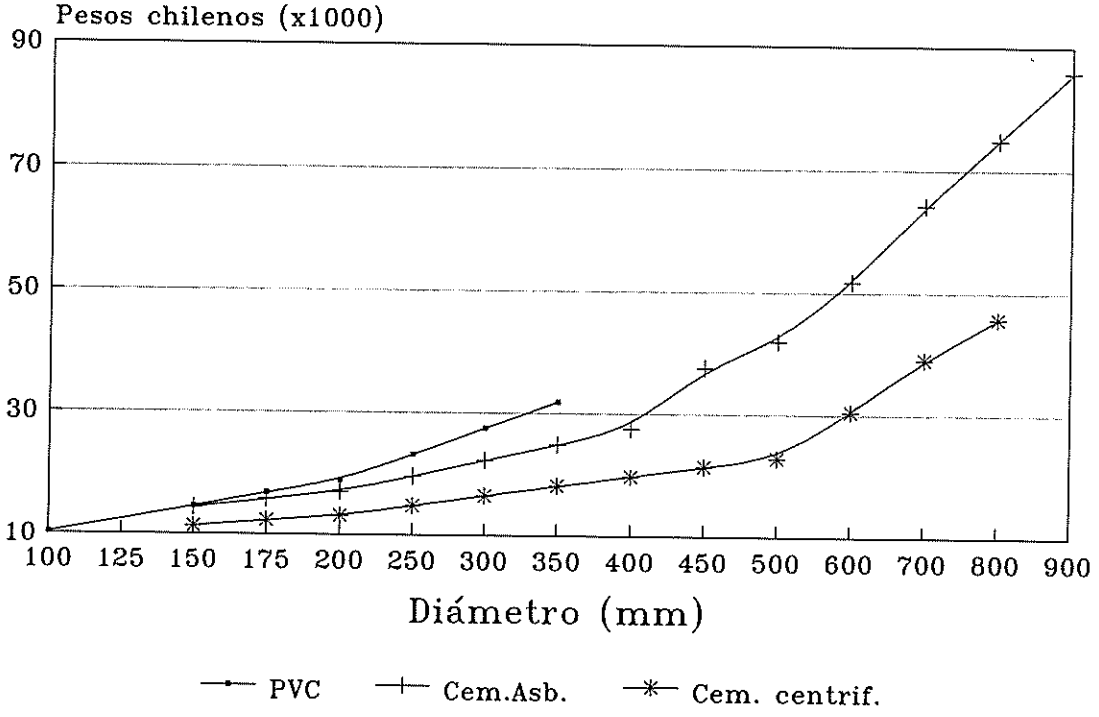


Fig.10.3.1 Costos de construcción, actualizados a 1992, de las tuberías de red de alcantarillado con distintos materiales

mentando el costo respecto a lo entregado en Fig.10.3.1. Cuando los diámetros requeridos y las condiciones de carga lo permiten parece que son perfectamente utilizables las tuberías de PVC, como lo demuestra la orientación tomada por ESSBIO y ESSAR en los últimos años. En los otros casos, las tuberías de cemento centrifugado deberían estar siempre revestidas, obteniendo así una mayor duración, una menor filtración de agua de la red y una mejor protección ambiental.

10.3.3.2 Consideraciones sobre la elección del tipo de red de alcantarillado

Las redes de alcantarillado presentes en la cuenca son, en general, del tipo separado. Las obras de ampliación y terminación de la red deberán continuar con la misma tipología, por obvias consideraciones de homogeneidad y de mantención de la posibilidad de utilizar las tuberías ya existentes y de colegarse a éstas.
Para las ciudades donde la red de alcantarillado debe ser construida completamente, la posibilidad permanece entre adoptar una red separada o de tipo mixto.
Muchos y diversos son los argumentos, a favor y en contra, de los dos sistemas de recolección y no es posible concluir a priori las reglas o los juicios definitivos, sin tener en cuenta de las distintas condiciones locales.
En Tab.10.3.2 se comparan las características generales, con las ventajas, desventajas y posibilidades de aplicación de los dos tipos.
Sintéticamente, los criterios para elegir pueden ser agrupados en tres categorías: económico, ambiental y administrativo-territorial.
Las redes mixtas, como se puede observar, son más económicas que las separadas, en la hipótesis que además de la red de aguas servidas exista también la de aguas lluvia, que realicen la misma función que la red mixta. Además, con el sistema separado, se puede realizar inicialmente sólo la red de aguas servidas y después la de aguas lluvia, difiriendo en el tiempo los gastos y permitiendo una solución a las aguas servidas en una zona más extensa del territorio. Esta situación es, de hecho, la que caracteriza la realidad actual de la cuenca del río Biobío, donde las redes de recolección de las aguas lluvia es inexistente o subdimensionada, como se ha descrito en Cap.6.
Se debe tener presente que ni la red separada ni la red mixta son inocuas del punto de vista de la contaminación de los cursos de agua. La red de aguas lluvia del sistema separado transporta agua que, sobre todo en el momento inicial, se carga con todos los contaminantes encontrados en el curso de su flujo, siendo más contaminantes las

Tab. 10.3.2 - Ventajas y desventajas relativas a los sistemas de alcantarillado separado o mixto

ALCANTARILLADO SEPARADO	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
Más adaptado a terrenos planos / Mayor adaptabilidad a la expansión y conexiones aguas arriba / Funcionamiento uniforme de la planta de tratamiento y de la red /Menor costo de construcción y operación de la planta de tratamiento / Menor costo de los emisarios finales	Menor facilidad de inspección /Dos conexiones por cada usuario/ Riesgo de conexiones ilegales a la red de aguas lluvia /Necesidad de mayor espacio en las calles / Más contaminante en el caso de lluvia breve y poco intensas
ALCANTARILLADO MIXTO	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
Mayor facilidad de inspección / Una conexión por cada usuario / Red más económica / Menor aporte de sólidos al cuerpo receptor	Funcionamiento no uniforme de la planta de tratamiento y de la red / Más contaminante en el caso de lluvias largas e intensas / Mayor aporte de DBO, DQO, N, P y coliformes

áreas urbanizadas, con tráfico e industrializadas. El afloramiento de las aguas lluvia en las redes mixtas, por otra parte, presenta una dilución aparente, a causa de la elevada cantidad de materiales sedimentables en la red y del lavado del alcantarillado. Incluso a diluciones elevadas, tiene un contenido de sustancias orgánicas, nutrientes y bacterias no despreciable. Esto se puede observar en Fig.10.3.2, donde se comparan las condiciones medias de las aguas de rebalse de alcantarillados mixtos y separados, con el agua servida. [Field y Lager, 1975].

En la evaluación del impacto ambiental global, debe además ser considerada la influencia de las aducciones de agua mixtas en el correcto funcionamiento de la planta de tratamiento. Sobretodo cuando ésta contempla una fase biológica, porque es frecuente una reducción importante en el rendimiento medio de la planta, a causa del lavado de la biomasa presente.

Actualmente una de las soluciones que representa un mejor compromiso desde el punto de vista ambiental, a las situaciones hasta este momento descritas, es el sistema separado-mixto, que consiente la posibilidad de ingreso en la red de aguas servidas las primeras aguas de lluvia, que lavan la atmósfera y las superficies pavimentadas y son caracterizadas, como se ha dicho, de una contaminación no despreciable.

Del punto de vista administrativo-territorial, se

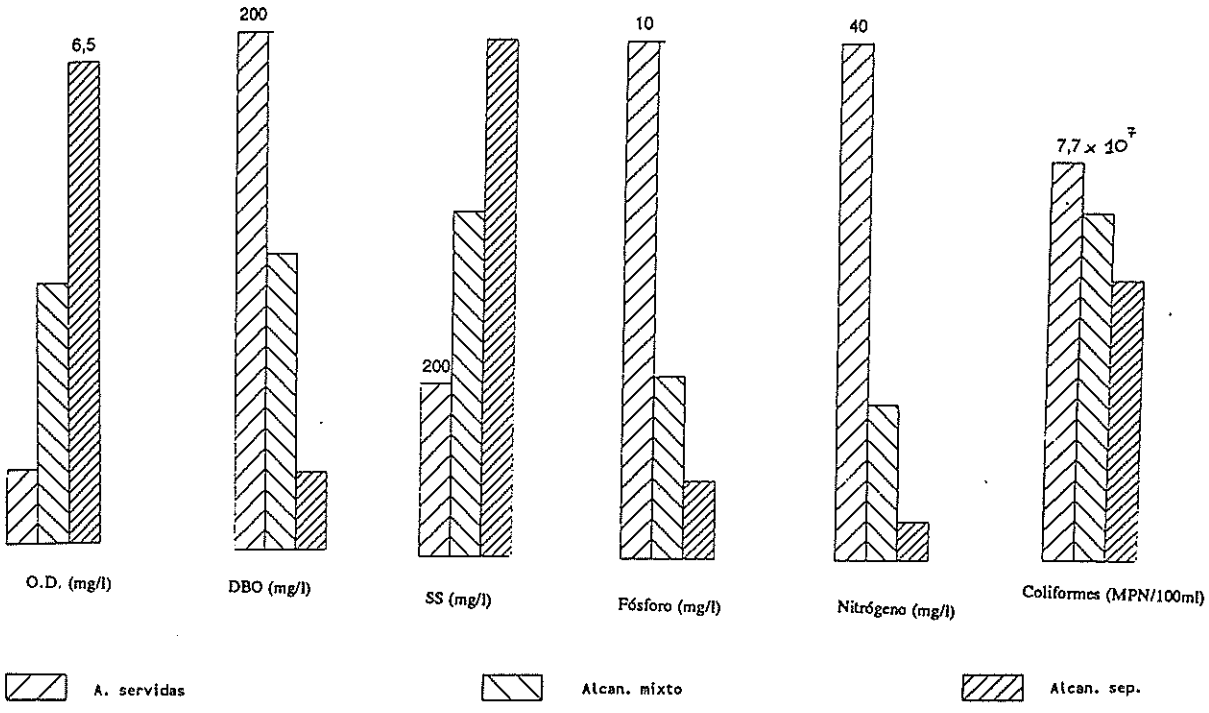


Fig.10.3.2 Valores comparativos de la composición media de las aguas de afloramiento provenientes del alcantarillado mixto, de las aguas afloradas del alcantarillado separado y de las aguas negras [Field y Lager, 1975]

debe destacar que las instituciones actualmente competentes para la realización de los dos tipos de redes son distintas (ESSBIO o ESSAR para la red de aguas servidas y las municipalidades para las redes de aguas lluvia), lo que constituye un elemento en contra de la realización de una red mixta, porque se deben unificar las competencias en una sola institución y esto retardaría la construcción de las redes.
Sobre la base de las consideraciones expuestas y de la realidad actual de la zona, se recomienda que la solución a llevar a cabo, en las zonas en las que el alcantarillado debe ser realizado completamente, sea un alcantarillado del tipo separado. Las consideraciones principales que aconsejan esto son:

- permite la construcción en menor tiempo de la red de aguas servidas en áreas más extensas, postergando para el futuro la construcción de la red de aguas lluvia. Sobre esto, se debe considerar que los centros actualmente desprovistos de red de alcantarillado tienen en general una pavimentación de las calles limitada, por lo que actualmente no es urgente la construcción de la red de aguas lluvia;

- la mayor parte de los centros urbanos desprovistos de red de alcantarillado no presentan características (contaminación atmosférica, tráfico, industrias) para considerar un aporte importante de contaminantes tóxicos y peligrosos (metales pesados, etc.) en las aguas lluvia y, por lo tanto, desde el punto de vista ecológico la solución con una red separada parece ser la más idónea;

- es preferible, sobretodo en plantas de tratamiento de pequeñas dimensiones y/o de tecnología simple (como las previstas para la mayor parte de los centros desprovistos de alcantarillado: laguna, estanque Imhoff, etc.), para que lleguen a la planta sólo las aguas servidas.

Es necesario, tanto para la red separada realizada completamente como para la ampliación de las ya existentes, incluir en el dimensionamiento de las redes de aguas servidas y en la construcción, el aporte debido a las aguas de las primeras lluvias. Esto debe ser previsto en las áreas industriales y productivas y, eventualmente, también para las áreas residenciales y comerciales (actuales o futuras) de los grandes centros urbanos, teniendo en cuenta la contaminación presente, debida al tráfico vehicular y la sedimentación de las partículas de la atmósfera en las calles.
A nivel indicativo, para la evaluación del caudal de las aguas de la primera lluvia que deben ser desviadas a la red de aguas servidas, se puede hacer referencia a los caudales correspondiente a una lluvia de 5 mm, caída con una intensidad constante en 15 minutos. Tal valor es el adoptado en la normativa italiana [Ley Regional de la Lombardía n. 62/85].
El volumen de las aguas de la primera lluvia calculado según este criterio no es despreciable: cerca de 50 m3 de agua por hectárea de superficie impermeable.
Es necesario recalcar la importancia en la planificación urbanística futura de las ciudades y de las áreas industriales, a fin de limitar a lo necesario las pavimentaciones completamente impermeables y considerar otros tipos (adoquines, etc.) que permitan la infiltración de las aguas al subsuelo, haciendo disminuir las redes de recolección de las aguas lluvia, los caudales de las primeras lluvias y constribuyendo, por último, al recargamiento de la napa.
Como se ha señalado en Tab.10.3.2, uno de los riesgos de la red separada son las conexiones ilegales a la red de aguas lluvia de descargas de aguas servidas, que lleva a menudo a la reducción de las ventajas ambientales de esta red respecto a la mixta. El control de la regularidad de las conexiones, en los centros que poseen algunos colectores de aguas lluvia y, en el futuro, en los centros en que se construirá, deberá ser meticulosamente realizado.

10.3.3 Necesidades futuras de redes de alcantarillado

En Tab.10.3.3 se entrega un primer escenario (escenario A) de previsión de desarrollo de las redes de alcantarillado y los distintos horizontes temporales. Se ha supuesto que al horizonte de largo plazo (2022), todos los centros tendrán una cobertura igual a un 95% partiendo de la cobertura actual (1992).
Se obtiene así, un cuadro temporal detallado sobre las obras realizadas en varias fases.
La fase en la cual vienen completadas las redes de alcantarillado no son iguales para todos los centros urbanos, por las razones expuestas en el precedente Par.10.3.2.
Para los centros ya servidos de alcantarillado, se ha supuesto que en el año 1998 estarán servidos de alcantarillado en un área correspondiente a un 10% del territorio y que la red será terminada en los años sucesivos. Con la excepción de las ciudades de Santa Juana y Hualqui, para las cuales se ha previsto que la cobertura en el año 1998 alcance el 20%, en consideración de las prioridades atribuidas (ver también Par.10.3.4) a la construcción de una planta de tratamiento.
La base de cálculo ha sido el porcentaje de cobertura y el número de habitantes que, en un cierto período, deben ser servidos de alcantarillado. Tal porcentaje está referido a la población y al año considerado. Sobre la base del dato estimado para cada centro urbano de la densidad poblacional se ha calculado el caudal descargado (ver Tab.10.3.3).
La red de alcantarillado que deberá ser realizada para satisfacer los porcentajes de cobertura prevista en los distintos años, ha sido calculada por un parámetro, calculado en el Cap.6, que representa, para las distintas ciudades, la relación entre los metros lineales de red de alcantarillado existente y los habitantes servidos y es, por lo tanto, un valor de la necesidad per cápita de alcantarillado.
Se ha considerado que este parámetro entrega una buena estimación, a este nivel de estudio, para efectuar evaluaciones globales que no pueden considerar un dimensionamiento exacto del alcantarillado.
Además, ya se ha dicho en Cap.6 que tal relación es bastante homogénea entre los distintos centros urbanos (comprendido en la mayoría de los casos entre 2.5 y 3.5 m/habitante servido), esto demuestra que la estructura urbana y la tipología residencial de las distintas ciudades es bastante similar (casas bajas y urbanización de tipo extensivo) y que es realístico pensar que presenta un valor uniforme.
Para las ciudades en las cuales el alcantarillado no existe, se ha adoptado un valor de este parámetro diferenciado para el corto y mediano plazo (5 a 2.4), considerando que en la fase inicial es necesario construir proporcionalmente más metros por cada habitante servido, que cuando la red se encuentra en ampliación.
Además, se han analizado distintos escenarios de desarrollo cuantitativo y temporal de las redes de alcantarillado al interior de la cuenca, teniendo todos el horizonte de 2022.

Escenario B (Tab.10.3.4): dentro 2010, realización del alcantarillado en centros carentes, hasta un porcentaje de cobertura de un 70%. Del 2010 al 2022 ampliación de la red de alcantarillado de todos los centros urbanos hasta un porcentaje de cobertura del 80%. Ningún trabajo en los centros que ya cuentan con un porcentaje de cobertura superior al 80%.

Escenario C (Tab.10.3.5): dentro del 2010, ampliación de la red de alcantarillado ya existente, hasta alcanzar un porcentaje de cobertura del 80%. Del 2010 al 2022, realización de las redes de alcantarillado de los centros desprovistos, hasta alcanzar un porcentaje de cobertura de un 80%.
Se obtiene así un panorama global sobre las distintas previsiones de desarrollo relativo a las redes. Esto entrega al mismo tiempo los datos necesarios para analizar (en el Par. sucesivo) los costos, en los distintos escenarios, de la construcción de las obras.
Es necesario señalar que el desarrollo de las redes

Tab. 10.3.3 - Previsión de las necesidades futuras de alcantarillado según escenario A

	POBLA-CION	POB SERV.	% POB. SERV.	POBLACION			% COBERTURA EN LOS DISTINTOS AÑOS		
	al 1992	al 1992	al 1992	1998	2010	2022	1998	2010	2022
ANGOL	41.600	30.913	74,3	45.644	53.731	61.818	74,3	84,7	95
ANTUCO	1.618	0	0	1.065	1.065	1.065	10,0	52,5	95
CABRERO	8.301	1.484	17,9	9.078	10.632	12.186	17,9	56,5	95
COLLIPULLI	11.913	8.722	73,2	13.104	15.487	17.869	73,2	84,1	95
CONCEPCION	222.966	170.402	76,4	243.033	283.166	323.300	76,4	85,7	95
CHIGUAYANTE	52.706	18.615	35,3	59.379	72.724	86.070	35,3	65,2	95
CORONEL	83.406	53.658	64,3	92.664	111.180	129.696	64,3	79,7	95
ERCILLA	1.674	990	59,1	1.657	1.623	1.589	59,1	77,1	95
HUALQUI	9.579	0	0	10.383	11.993	13.602	20	57,5	95
LAJA	17.589	9.471	53,8	18.602	20.629	22.655	53,8	74,4	95
LONQUIMAY	2.925	2.100	71,8	2.821	2.612	2.404	71,8	83,4	95
LOS ANGELES	94.041	82.220	87,4	107.019	132.974	158.930	87,4	91,2	95
LOS SAUCES	3.377	2.692	79,7	3.296	3.134	2.972	79,7	87,4	95
LOTA	49.972	17.600	35,2	50.872	52.671	54.470	35,2	65,1	95
MININCO	1.302	0	0	1.433	1.693	1.954	10	52,5	95
MONTE AGUILA	5.946	0	0	6.502	7.615	8.728	10	52,5	95
MULCHEN	19.719	6.331	32,1	21.079	23.800	26.521	32,1	63,6	95
NACIMIENTO	18.324	7.442	40,6	19.710	22.480	25.251	50,4	72,7	95
NEGRETE	3.892	2.310	59,3	3.962	4.103	4.243	59,3	77,2	95
POBL. CANTERAS	1.664	0	0	1.714	1.814	1.914	10	52,5	95
PENCO	39.333	15.262	38,8	44.053	53.493	62.933	38,8	66,9	95
QUILACO	1.467	236	16,1	1.379	1.203	1.027	16,1	55,6	95
QUILLECO	2.139	0	0	2.203	2.332	2.460	10	52,5	95
RENAICO	4.729	3.664	77,5	4.879	5.180	5.481	77,5	86,3	95
SAN PEDRO	49.351	44.384	89,9	55.569	68.006	80.442	89,9	92,5	95
STA. BARBARA	5.861	3.388	57,8	6.072	6.494	6.916	57,8	76,4	95
SAN ROSENDO	3.338	0	0	3.379	3.459	3.539	10	52,5	95
SANTA FE	2.043	0	0	2.325	2.888	3.452	10	52,5	95
SANTA JUANA	5.337	0	0	6.297	8.218	10.139	20	57,5	95
TALCAHUANO	244.840	226.246	92,4	272.752	328.575	384.399	92,4	93,7	95
TOME	40.983	10.901	26,6	41.720	43.196	44.671	26,6	60,8	95
TUCAPEL	1.674	0	0	1.714	1.795	1.875	10	52,5	95
VILLA MERCEDES	1.719	0	0	1.770	1.874	1.977	10	52,5	95
VILLA TIJERAL	1.239	0	0	1.279	1.358	1.436	10	52,5	95
YUMBEL P.	6.802	3.202	47,1	6.475	5.822	5.169	47,1	71,1	95
YUMBEL EST.	2.771	816	29,4	2.638	2.372	2.106	29,4	62,2	95

(Continúa)

Tab. 10.3.3. - *(Continuación)*

	POB. A SERVIR EN LOS INTERVALOS TEMP.			ML Alc por habit.	ML red alcantarillado		
	1992-98	98-2010	2010-22		1992-98	98-2010	2010-22
ANGOL	3000	11570	13244	2,5	7.500	28.925	33.110
ANTUCO	107	453	453	3,5	375	1.133	1.133
CABRERO	141	4377	5575	2,4	338	10.943	13.938
COLLIPULLI	870	3432	3951	1,2	1.044	8.580	9.878
CONCEPCION	15275	56996	64462	1	15.275	142.490	161.155
CHIGUAYANTE	2346	26419	34387	2,6	6.100	66.048	85.968
CORONEL	5925	28972	34656	1,4	8.295	72.430	86.640
ERCILLA	0	271	259	4,8	0	678	648
HUALQUI	2077	4819	6026	5/2,4	10.385	11.566	14.462
LAJA	537	5340	6174	3	1.611	13.350	15.435
LONQUIMAY	0	153	105	2,4	0	383	263
LOS ANGELES	11315	27738	29711	1,1	12.447	69.345	74.278
LOS SAUCES	0	111	86	4,6	0	278	215
LOTA	307	16382	17458	1,9	583	40.955	43.645
MININCO	143	746	967	5/2,4	715	1.790	2.321
MONTE AGUILA	650	3348	4294	5/2,4	3.250	8.035	10.306
MULCHEN	435	8359	10070	2,6	1.131	20.898	25.175
NACIMIENTO	2492	6409	7645	1,6	3.987	16.023	19.113
NEGRETE	39	816	865	3,3	129	2.040	2.163
POBL. CANTERAS	171	781	866	5/2,4	855	1.874	2.078
PENCO	1831	18694	24000	2,2	4.028	46.735	60.000
QUILACO	0	446	307	5/2,4	0	1.070	737
QUILLECO	220	1004	1113	5/2,4	1.100	2.410	2.671
RENAICO	117	687	739	3	351	1.718	1.848
SAN PEDRO	5573	12915	13548	1,6	8.917	32.288	33.870
STA. BARBARA	122	1452	1609	3	366	3.630	4.023
SAN ROSENDO	338	1478	1546	5/2,4	1.690	3.547	3.710
SANTA FE	233	1284	1763	5/2,4	1.165	3.082	4.231
SANTA JUANA	1259	3466	4907	5/2,4	6.295	8.318	11.777
TALCAHUANO	25777	55852	57304	1,7	43.821	139.630	143.260
TOME	197	15166	16174	1,5	296	37.915	40.435
TUCAPEL	171	771	839	5/2,4	855	1.850	2.014
VILLA MERCEDES	177	807	894	5/2,4	885	1.937	2.146
VILLA TIJERAL	128	585	651	5/2,4	640	1.404	1.562
YUMBEL P.	0	1087	774	3,6	0	2.718	1.935
YUMBEL EST.	0	700	525	3,6	0	1.750	1.313

Tab. 10.3.4 - Previsión de las necesidades futuras de alcantarillado según escenario B

	POBLA-CION	POB SERV.	% POB. SERV.	POBLACION			% COBERTURA EN LOS DISTINTOS AÑOS		
	al 1992	al 1992	al 1992	1998	2010	2022	1998	2010	2022
ANGOL	41.600	30.913	74,3	45.644	53.731	61.818	67,7	74,3	80
ANTUCO	1.618	0	0	1.065	1.065	1.065	20,0	70	80
CABRERO	8.301	1.484	17,9	9.078	10.632	12.186	20	70	80
COLLIPULLI	11.913	8.722	73,2	13.104	15.487	17.869	66,6	56,3	80
CONCEPCION	222.966	170.402	76,4	243.033	283.166	323.300	70,1	60,2	80
CHIGUAYANTE	52.706	18.615	35,3	59.379	72.724	86.070	31,3	70	80
CORONEL	83.406	53.658	64,3	92.664	111.180	129.696	57,9	50	80
ERCILLA	1.674	990	59,1	1.657	1.623	1.589	59,7	61,0	80
HUALQUI	9.579	0	0	10.383	11.993	13.602	20	70	80
LAJA	17.589	9.471	53,8	18.602	20.629	22.655	50,9	50	80
LONQUIMAY	2.925	2.100	71,8	2.821	2.612	2.404	74,4	80,4	87,4
LOS ANGELES	94.041	82.220	87,4	107.019	132.974	158.930	76,8	61,8	80
LOS SAUCES	3.377	2.692	79,7	3.296	3.134	2.972	81,7	85,9	90,6
LOTA	49.972	17.600	35,2	50.872	52.671	54.470	34,6	70	80
MININCO	1.302	0	0	1.433	1.693	1.954	20	70	80
MONTE AGUILA	5.946	0	0	6.502	7.615	8.728	20	70	80
MULCHEN	19.719	6.331	32,1	21.079	23.800	26.521	30,0	70	80
NACIMIENTO	18.324	7.442	40,6	19.710	22.480	25.251	37,8	70	80
NEGRETE	3.892	2.310	59,3	3.962	4.103	4.243	58,3	56,3	80
POBL. CANTERAS	1.664	0	0	1.714	1.814	1.914	20	70	80
PENCO	39.333	15.262	38,8	44.053	53.493	62.933	34,6	70	80
QUILACO	1.467	236	16,1	1.379	1.203	1.027	20,0	70	82,0
QUILLECO	2.139	0	0	2.203	2.332	2.460	20	70	80
RENAICO	4.729	3.664	77,5	4.879	5.180	5.481	75,1	70,7	80
SAN PEDRO	49.351	44.384	89,9	55.569	68.006	80.442	79,9	65,3	80
STA. BARBARA	5.861	3.388	57,8	6.072	6.494	6.916	55,8	52,2	80
SAN ROSENDO	3.338	0	0	3.379	3.459	3.539	20	70	80
SANTA FE	2.043	0	0	2.325	2.888	3.452	20	70	80
SANTA JUANA	5.337	0	0	6.297	8.218	10.139	20	70	80
TALCAHUANO	244.840	226.246	92,4	272.752	328.575	384.399	82,9	68,9	80
TOME	40.983	10.901	26,6	41.720	43.196	44.671	26,1	70	80
TUCAPEL	1.674	0	0	1.714	1.795	1.875	20	70	80
VILLA MERCEDES	1.719	0	0	1.770	1.874	1.977	20	70	80
VILLA TIJERAL	1.239	0	0	1.279	1.358	1.436	20	70	80
YUMBEL P.	6.802	3.202	47,1	6.475	5.822	5.169	47,1	70	80
YUMBEL EST.	2.771	816	29,4	2.638	2.372	2.106	29,4	70	80

(Continúa)

Tab. 10.3.4 - *(Continuación)*

	POB. A SERVIR EN LOS INTERVALOS TEMP.			ML Alc por habit.	ML red alcantarillado		
	1992-98	98-2010	2010-22		1992-98	98-2010	2010-22
ANGOL	0	9009	9532	2,5	0	22.523	23.830
ANTUCO	213	533	107	3,5	746	1.333	268
CABRERO	332	5627	2306	2,4	797	14.068	5.765
COLLIPULLI	0	0	5573	1,2	0	0	13.933
CONCEPCION	0	0	88238	1	0	0	220.595
CHIGUAYANTE	0	32292	17949	2,6	0	80.730	44.873
CORONEL	0	1932	48167	1,4	0	4.830	120.418
ERCILLA	0	0	281	4,8	0	0	703
HUALQUI	2077	6319	2487	5/2,4	10.385	15.166	5.969
LAJA	0	844	7810	3	0	2.110	19.525
LONQUIMAY	0	0	0	2,4	0	0	0
LOS ANGELES	0	0	44924	1,1	0	0	112.310
LOS SAUCES	0	0	0	4,6	0	0	0
LOTA	0	19270	6706	1,9	0	48.175	16.765
MININCO	287	899	378	5/2,4	1.435	2.158	907
MONTE AGUILA	1300	4030	1652	5/2,4	6.500	9.672	3.965
MULCHEN	0	10329	4557	2,6	0	25.823	11.393
NACIMIENTO	0	8294	4465	1,6	0	20.735	11.163
NEGRETE	0	0	1084	3,3	0	0	2.710
POBL. CANTERAS	343	927	261	5/2,4	1.715	2.225	626
PENCO	0	22183	12901	2,2	0	55.458	32.253
QUILACO	0	566	0	5/2,4	0	1.358	0
QUILLECO	441	1192	336	5/2,4	2.205	2.861	806
RENAICO	0	0	721	3	0	0	1.803
SAN PEDRO	0	0	19970	1,6	0	0	49.925
STA. BARBARA	0	0	2145	3	0	0	5.363
SAN ROSENDO	676	1746	410	5/2,4	3.380	4.190	984
SANTA FE	465	1557	740	5/2,4	2.325	3.737	1.776
SANTA JUANA	1259	4493	2359	5/2,4	6.295	10.783	5.662
TALCAHUANO	0	0	81273	1,7	0	0	203.183
TOME	0	19336	5500	1,5	0	48.340	13.750
TUCAPEL	343	914	244	5/2,4	1.715	2.194	586
VILLA MERCEDES	354	958	270	5/2,4	1.770	2.299	648
VILLA TIJERAL	256	695	198	5/2,4	1.280	1.668	475
YUMBEL P.	0	1026	60	3,6	0	2.565	150
YUMBEL EST.	0	885	24	3,6	0	2.213	60

Tab. 10.3.5 - Previsión de las necesidades futuras de alcantarillado según escenario C

	POBLA-CION	POB SERV.	% POB. SERV.	POBLACION			% COBERTURA EN LOS DISTINTOS AÑOS		
	al 1992	al 1992	al 1992	1998	2010	2022	1998	2010	2022
ANGOL	41.600	30.913	74,3	45.644	53.731	61.818	67,7	80	80
ANTUCO	1.618	0	0	1.065	1.065	1.065	,0	0	80
CABRERO	8.301	1.484	17,9	9.078	10.632	12.186	30	80	80
COLLIPULLI	11.913	8.722	73,2	13.104	15.487	17.869	66,6	80	80
CONCEPCION	222.966	170.402	76,4	243.033	283.166	323.300	70,1	80	80
CHIGUAYANTE	52.706	18.615	35,3	59.379	72.724	86.070	45	80	80
CORONEL	83.406	53.658	64,3	92.664	111.180	129.696	64,3	80	80
ERCILLA	1.674	990	59,1	1.657	1.623	1.589	59,7	80	81,7
HUALQUI	9.579	0	0	10.383	11.993	13.602	0	0	80
LAJA	17.589	9.471	53,8	18.602	20.629	22.655	60	80	80
LONQUIMAY	2.925	2.100	71,8	2.821	2.612	2.404	74,4	80,4	87,4
LOS ANGELES	94.041	82.220	87,4	107.019	132.974	158.930	76,8	80	80
LOS SAUCES	3.377	2.692	79,7	3.296	3.134	2.972	81,7	85,9	90,6
LOTA	49.972	17.600	35,2	50.872	52.671	54.470	45	80	80
MININCO	1.302	0	0	1.433	1.693	1.954	0	0	80
MONTE AGUILA	5.946	0	0	6.502	7.615	8.728	0	0	80
MULCHEN	19.719	6.331	32,1	21.079	23.800	26.521	45	80	80
NACIMIENTO	18.324	7.442	40,6	19.710	22.480	25.251	55	80	80
NEGRETE	3.892	2.310	59,3	3.962	4.103	4.243	65	80	80
POBL. CANTERAS	1.664	0	0	1.714	1.814	1.914	0	0	80
PENCO	39.333	15.262	38,8	44.053	53.493	62.933	50	80	80
QUILACO	1.467	236	16,1	1.379	1.203	1.027	30,0	80	93,7
QUILLECO	2.139	0	0	2.203	2.332	2.460	0	0	80
RENAICO	4.729	3.664	77,5	4.879	5.180	5.481	75,1	80	80
SAN PEDRO	49.351	44.384	89,9	55.569	68.006	80.442	79,9	80	80
STA. BARBARA	5.861	3.388	57,8	6.072	6.494	6.916	60	80	80
SAN ROSENDO	3.338	0	0	3.379	3.459	3.539	0	0	80
SANTA FE	2.043	0	0	2.325	2.888	3.452	0	0	80
SANTA JUANA	5.337	0	0	6.297	8.218	10.139	0	0	80
TALCAHUANO	244.840	226.246	92,4	272.752	328.575	384.399	82,9	80	80
TOME	40.983	10.901	26,6	41.720	43.196	44.671	40	80	80
TUCAPEL	1.674	0	0	1.714	1.795	1.875	0	0	80
VILLA MERCEDES	1.719	0	0	1.770	1.874	1.977	0	0	80
VILLA TIJERAL	1.239	0	0	1.279	1.358	1.436	0	0	80
YUMBEL P.	6.802	3.202	47,1	6.475	5.822	5.169	55	80	90,1
YUMBEL EST.	2.771	816	29,4	2.638	2.372	2.106	40	80	90,1

(Continúa)

Tab. 10.3.5 - *(Continuación)*

	POB. A SERVIR EN LOS INTERVALOS TEMP.			ML Alc por habit.	ML red alcantarillado		
	1992-98	98-2010	2010-22		1992-98	98-2010	2010-22
ANGOL	0	12072	6470	2,5	0	30.180	16.175
ANTUCO	0	0	852	3,5	0	0	2.130
CABRERO	1239	5782	1243	2,4	2.974	14.455	3.108
COLLIPULLI	0	3668	1906	1,2	0	9.170	4.765
CONCEPCION	0	56131	32107	1	0	140.328	80.268
CHIGUAYANTE	8106	31459	10677	2,6	21.076	78.648	26.693
CORONEL	5925	29361	14813	1,4	8.295	73.403	37.033
ERCILLA	0	308	0	4,8	0	770	0
HUALQUI	0	0	10882	5/2,4	0	0	26.117
LAJA	1690	5342	1621	3	5.070	13.355	4.053
LONQUIMAY	0	0	0	2,4	0	0	0
LOS ANGELES	0	24159	20765	1,1	0	60.398	51.913
LOS SAUCES	0	0	0	4,6	0	0	0
LOTA	5292	19244	1439	1,9	10.055	48.110	3.598
MININCO	0	0	1563	5/2,4	0	0	3.751
MONTE AGUILA	0	0	6982	5/2,4	0	0	16.757
MULCHEN	3155	9554	2177	2,6	8.203	23.885	5.443
NACIMIENTO	3399	7144	2217	1,6	5.438	17.860	5.543
NEGRETE	265	707	112	3,3	875	1.768	280
POBL. CANTERAS	0	0	1531	5/2,4	0	0	3.674
PENCO	6765	20768	7552	2,2	14.883	51.920	18.880
QUILACO	0	549	0	5/2,4	0	1.318	0
QUILLECO	0	0	1968	5/2,4	0	0	4.723
RENAICO	0	480	241	3	0	1.200	603
SAN PEDRO	0	10021	9949	1,6	0	25.053	24.873
STA. BARBARA	255	1552	338	3	765	3.880	845
SAN ROSENDO	0	0	2831	5/2,4	0	0	6.794
SANTA FE	0	0	2762	5/2,4	0	0	6.629
SANTA JUANA	0	0	8111	5/2,4	0	0	19.466
TALCAHUANO	0	36614	44659	1,7	0	91.535	111.648
TOME	5787	17869	1180	1,5	8.681	44.673	2.950
TUCAPEL	0	0	1500	5/2,4	0	0	3.600
VILLA MERCEDES	0	0	1582	5/2,4	0	0	3.797
VILLA TIJERAL	0	0	1149	5/2,4	0	0	2.758
YUMBEL P.	0	1096	0	3,6	0	2.740	0
YUMBEL EST.	842	0	3,6	0	2.105	0	0

de alcantarillado indicadas en este párrafo, tienen una relación estrecha con las decisiones de construcción de plantas de tratamiento y, debido a la complejidad de decisiones de este tipo, necesitan de un estudio caso por caso. Por lo tanto, los escenarios de desarrollo de la red de alcantarillado, se presentan como indicativos para los estudios posteriores.

10.3.3.4 Estimación de los costos de las obras de alcantarillado

En Par. precedente se han evaluado las necesidades futuras de red de alcantarillado, en términos de metros lineales de red que deberán ser construidas en los distintos horizontes temporales.
Para estimar el costo de las obras, se ha hecho referencia a los costos de la instalación de tuberías de alcantarillado y una hipótesis sobre la distribución de los diámetros en las nuevas construcciones.
Los costos de instalación de la red de alcantarillado utilizados son los entregados por ESSBIO (ver Fig.10.3.1), que representan los valores actualizados a junio de 1992 y comprenden todos los gastos (cámaras de inspección, etc.).
En relación a la distribución de los diámetros de las redes de alcantarillado en nuevas construcciones, se ha supuesto que el diámetro más utilizado es 200 mm y que cubre un 80% de los diámetros de las tuberías utilizadas. El restante 20% se ha considerado que está contituido por tuberías de un diámetro de 600 mm.
Calculando los costos correspondientes a los dos tipos de diámetros y haciendo una media de los costos entre los distintos materiales de las tuberías, se han obtenido los siguientes costos unitarios para la estimación del costo de las obras de ampliación de las redes de alcantarillado:

- 25.000 pesos el metro lineal, en todos los casos en los cuales la red existe;
- 35.000 pesos el metro lineal, para las nuevas construcciones de alcantarillado hasta alcanzar un porcentaje de cobertura de un 20%.
- En el caso de nuevas construcciones el costo es obviamente mayor que en el caso de una ampliación de la red existente, también por el hecho que es necesario no sólo realizar la red, sino también los emisarios finales. Se ha estimado el incremento del costo en un 40% del costo calculado en el punto precedente.

Sobre la base de estos parámetros y retomando Tabs.10.3.3-10.3.5, se han calculado en Tabs.10.3.6-10.3.8 los costos totales de las obras de alcantarillado a realizar en los distintos intervalos temporales, según la hipótesis de ampliación del alcantarillado considerado en las Tabs.10.3.3-10.3.5.
El costo estimado para alcanzar una cobertura de la red de un 95% en todas las ciudades de la cuenca y del área costera adyacente, dentro del 2022, es casi 50.000 millones de pesos chilenos.
En el caso de que esta cobertura se reduce a un 80%, siempre para todas las ciudades, el costo deciende a 33.000-34.000 millones de pesos chilenos.
Para Concepción el costo de las obras de recolección pasa de cerca de 5.000 millones de pesos en el caso de una cobertura del 80% a 8.000 millones en el caso de una cobertura de 95%. Análogos son los costos para Talcahuano.
Respecto a la subdivisión de los costos entre varios horizontes temporales, se puede observar que la solución que requiere el menor esfuerzo económico dentro del corto plazo es la de realizar la red en los centros desprovistos, desplazando al mediano y largo plazo completar la red.

10.3.4 Evaluación de las necesidades de tratamiento y soluciones propuestas

10.3.4.1 Descripción de las diversas tecnologías de depuración

En general las plantas de tratamiento del agua están compuestas de dos líneas de proceso: la remoción de las sustancias contaminantes del agua y el tratamiento para la estabilización y la reducción del volumen de lodos producidos.

La mayor parte de las plantas están constituidas de una unión de procesos físico-químicos y biológicos que tienen la función de remover sustancias contaminantes presentes en forma soluble y en forma suspendida. La Tab.10.3.9 [Metcalf y Eddy, 1979] presenta los distintos tipos de tratamiento existentes en relación a la sustancia contaminante removida.

Una explicación más detallada de algunos de estos tratamientos se encuentra a continuación:

Rejas: consiste en la remoción de las sustancias gruesas (>2 cm) por medio de barras, mallas de distintas formas (inclinadas, convexas, etc.) y con limpieza manual o automática.

Desarenador: consiste en la remoción de la arena (proveniente del lavado de las calles y de las plazas) mediante una separación por gravedad en canales o por fuerza centrífuga en estanques de planta circular.

Estanque IMHOFF: consiste en un estanque que recibe las aguas residuales domésticas, en su parte baja tiene un compartimento que permite la acumulación de los sólidos (donde se desarrolla el fango) y por la parte superior sale el agua y los sólidos que no sedimentan.

Sedimentador: consiste en la remoción de partículas, incluidas las de tamaño menor que la arena, mediante una separación por gravedad utilizando estanques de diversas formas.

Lodos activados: corresponde al proceso biológico más utilizado, en sus varios tipos considera la remoción de DBO, DQO, sólidos suspendidos, nitrógeno y fósforo, mediante una fermentación bactérica en estanques aireados o no, donde se encuentran en contacto al agua residual y el lodo bactérico; un sedimentador ubicado aguas abajo recicla las células bactéricas y retira el agua depurada.

Lecho percolador: corresponde a un filtro biológico que realiza la misma remoción de los lodos activados, pero el proceso ocurre en torres de filtro (con grava o material plástico) sobre las cuales viene rociada el agua residual que, percolando hacia la base, es degradada por la población bactérica aeróbica adherida al material del filtro.

Discos biológicos: corresponde a un proceso biológico con una función y funcionamiento análogo al anterior, pero la población bactérica está adherida en grandes soportes circulares (diámetro de hasta 4 m) que giran lentamente semi-sumergidos en el agua.

Lagunas de oxidación: existen varios tipos de laguna, las lagunas aeróbicas, anaeróbicas y aereadas, que son lagunas artificiales donde se desarrollan los fenómenos de sedimentación y de depuración biológica.

Cada uno de los procesos indicados en Tab.10.3.9 tienen eficiencias de remoción distintas, relacionadas con las características propias del proceso y de las características de las aguas tratadas. En Tab.10.3.10 [Vismara,1982] se indican las eficiencias de remoción de los contaminantes presentes dependiendo del proceso seleccionado.

Cabe señalar que el costo de una planta de tratamiento debe considerar la relación entre los costos de construcción y los costos de operación, ya que, en general, no se encuentra una relación clara entre estas variables. En algunos casos un tratamiento tiene un costo de construcción alto y un costo de operación bajo, o viceversa. Desde un punto de vista comparativo se incluyen Tab.10.3.11 y Tab.10.3.12 para visualizar el efecto de los costos para cada tipo de tratamiento [Masotti, 1978] referida a la situación italiana, pero al ser una tabla comparativa se ha considerado también válida para la situación chilena.

Se observa que, desde el punto de vista constructivo, para tratamientos recomendados para ciudades de más de 80.000 habitantes (ver Tab.10.3.10), es decir, lodos activados y lecho percolador, presentan los mayores costos tanto de construcción como de operación.

Esquemas detallados para las plantas de tratamiento de lodos activados, lecho percolador, estanque Imhoff y Lagunas de oxidación se encuentran en Figs.10.3.3-10.3.11 .

Existen otros factores que influyen en la selección de un determinado tipo de tratamiento, que pueden ser, entre otros: la cantidad de habitantes servidos; la disponibilidad de superficie suficiente, costo de construcción; el costo de operación; la

Tab. 10.3.6 - Costos de construcción del alcantarillado, según escenario A

	ML red de alcantarillado			Costo (10^3 Pesos)		
	1992-98	98-2010	2010-22	1992-98	98-2010	2010-22
ANGOL	7.500	28.925	33.110	187.500	723.130	827.750
ANTUCO	375	1.133	1.133	13.130	31.160	28.330
CABRERO	338	10.943	13.938	8.450	273.580	348.450
COLLIPULLI	1.044	8.580	9.878	26.100	214.500	246.950
CONCEPCION	15.275	142.490	161.155	381.880	3.562.250	4.028.880
CHIGUAYANTE	6.100	66.048	85.968	152.500	1.651.200	2.149.200
CORONEL	8.295	72.430	86.640	207.380	1.810.750	2.166.000
ERCILLA	0	678	648	0	16.950	16.200
HUALQUI	10.385	11.566	14.462	363.480	289.150	361.550
LAJA	1.611	13.350	15.435	40.280	333.750	385.880
LONQUIMAY	0	383	263	0	9.580	6.580
LOS ANGELES	12.447	69.345	74.278	311.180	1.733.630	1.856.950
LOS SAUCES	0	278	215	0	6.950	5.380
LOTA	583	40.955	43.645	14.580	1.023.880	1.091.130
MININCO	715	1.790	2.321	25.030	49.230	58.030
MONTE AGUILA	3.250	8.035	10.306	113.750	220.960	257.650
MULCHEN	1.131	20.898	25.175	28.280	522.450	629.380
NACIMIENTO	3.987	16.023	19.113	99.680	400.580	477.830
NEGRETE	129	2.040	2.163	3.230	51.000	54.080
POBL. CANTERAS	855	1.874	2.078	29.930	51.540	51.950
PENCO	4.028	46.735	60.000	100.700	1.168.380	1.500.000
QUILACO	0	1.070	737	0	26.750	18.430
QUILLECO	1.100	2.410	2.671	38.500	66.280	66.780
RENAICO	351	1.718	1.848	8.780	42.950	46.200
SAN PEDRO	8.917	32.288	33.870	222.930	807.200	846.750
STA. BARBARA	366	3.630	4.023	9.150	90.750	100.580
SAN ROSENDO	1.690	3.547	3.710	59.150	97.540	92.750
SANTA FE	1.165	3.082	4.231	40.780	84.760	105.780
SANTA JUANA	6.295	8.318	11.777	220.330	228.750	294.430
TALCAHUANO	43.821	139.630	143.260	1.095.530	3.490.750	3.581.500
TOME	296	37.915	40.435	7.400	947.880	1.010.880
TUCAPEL	855	1.850	2.014	29.930	50.880	50.350
VILLA MERCEDES	885	1.937	2.146	30.980	53.270	53.650
VILLA TIJERAL	640	1.404	1.562	22.400	38.610	39.050
YUMBEL P.	0	2.718	1.935	0	67.950	48.380
YUMBEL EST.	0	1.750	1.313	0	43.750	32.830
Total	**144.429**	**807.766**	**917.456**	**3.892.920**	**20.282.670**	**22.936.490**

Tab. 10.3.7 - Costos de construcción del alcantarillado, según escenario B

	ML red de alcantarillado			Costo (10^3 Pesos)		
	1992-98	98-2010	2010-22	1992-98	98-2010	2010-22
ANGOL	0	22.523	23.830	0	563.080	595.750
ANTUCO	746	1.333	268	26.110	33.330	6.700
CABRERO	797	14.068	5.765	19.930	351.700	144.130
COLLIPULLI	0	0	13.933	0	0	348.330
CONCEPCION	0	0	220.595	0	0	5.514.880
CHIGUAYANTE	0	80.730	44.873	0	2.018.250	1.121.830
CORONEL	0	4.830	120.418	0	120.750	3.010.450
ERCILLA	0	0	703	0	0	17.580
HUALQUI	10.385	15.166	5.969	363.480	379.150	149.230
LAJA	0	2.110	19.525	0	52.750	488.130
LONQUIMAY	0	0	0	0	0	0
LOS ANGELES	0	0	112.310	0	0	2.807.750
LOS SAUCES	0	0	0	0	0	0
LOTA	0	48.175	16.765	0	1.204.380	419.130
MININCO	1.435	2.158	907	50.230	53.950	22.680
MONTE AGUILA	6.500	9.672	3.965	227.500	241.800	99.130
MULCHEN	0	25.823	11.393	0	645.580	284.830
NACIMIENTO	0	20.735	11.163	0	518.380	279.080
NEGRETE	0	0	2.710	0	0	67.750
POBL. CANTERAS	1.715	2.225	626	60.030	55.630	15.650
PENCO	0	55.458	32.253	0	1.386.450	806.330
QUILACO	0	1.358	0	0	33.950	0
QUILLECO	2.205	2.861	806	77.180	71.530	20.150
RENAICO	0	0	1.803	0	0	45.080
SAN PEDRO	0	0	49.925	0	0	1.248.130
STA. BARBARA	0	0	5.363	0	0	134.080
SAN ROSENDO	3.380	4.190	984	118.300	104.750	24.600
SANTA FE	2.325	3.737	1.776	81.380	93.430	44.400
SANTA JUANA	6.295	10.783	5.662	220.330	269.580	141.550
TALCAHUANO	0	0	203.183	0	0	5.079.580
TOME	0	48.340	13.750	0	1.208.500	343.750
TUCAPEL	1.715	2.194	586	60.030	54.850	14.650
VILLA MERCEDES	1.770	2.299	648	61.950	57.480	16.200
VILLA TIJERAL	1.280	1.668	475	44.800	41.700	11.880
YUMBEL P.	0	2.565	150	0	64.130	3.750
YUMBEL EST.	0	2.213	60	0	55.330	1.500
Total	**40.548**	**387.214**	**933.142**	**1.411.250**	**9.680.410**	**23.328.640**

Tab. 10.3.8 - Costos de construcción del alcantarillado, según escenario C

	ML red de alcantarillado			Costo (10^3 Pesos)		
	1992-98	98-2010	2010-22	1992-98	98-2010	2010-22
ANGOL	0	30.180	16.175	0	754.500	404.380
ANTUCO	0	0	2.130	0	0	58.580
CABRERO	2.974	14.455	3.108	74.350	361.380	77.700
COLLIPULLI	0	9.170	4.765	0	229.250	119.130
CONCEPCION	0	140.328	80.268	0	3.508.200	2.006.700
CHIGUAYANTE	21.076	78.648	26.693	526.900	1.966.200	667.330
CORONEL	8.295	73.403	37.033	207.380	1.835.080	925.830
ERCILLA	0	770	0	0	19.250	0
HUALQUI	0	0	26.117	0	0	718.220
LAJA	5.070	13.355	4.053	126.750	333.880	101.330
LONQUIMAY	0	0	0	0	0	0
LOS ANGELES	0	60.398	51.913	0	1.509.950	1.297.830
LOS SAUCES	0	0	0	0	0	0
LOTA	10.055	48.110	3.598	251.380	1.202.750	89.950
MININCO	0	0	3.751	0	0	103.150
MONTE AGUILA	0	0	16.757	0	0	460.820
MULCHEN	8.203	23.885	5.443	205.080	597.130	136.080
NACIMIENTO	5.438	17.860	5.543	135.950	446.500	138.580
NEGRETE	875	1.768	280	21.880	44.200	7.000
POBL. CANTERAS	0	0	3.674	0	0	101.040
PENCO	14.883	51.920	18.880	372.080	1.298.000	472.000
QUILACO	0	1.318	0	0	32.950	0
QUILLECO	0	0	4.723	0	0	129.880
RENAICO	0	1.200	603	0	30.000	15.080
SAN PEDRO	0	25.053	24.873	0	626.330	621.830
STA. BARBARA	765	3.880	845	19.130	97.000	21.130
SAN ROSENDO	0	0	6.794	0	0	186.840
SANTA FE	0	0	6.629	0	0	182.300
SANTA JUANA	0	0	19.466	0	0	535.320
TALCAHUANO	0	91.535	111.648	0	2.288.380	2.791.200
TOME	8.681	44.673	2.950	217.030	1.116.830	73.750
TUCAPEL	0	0	3.600	0	0	99.000
VILLA MERCEDES	0	0	3.797	0	0	104.420
VILLA TIJERAL	0	0	2.758	0	0	75.850
YUMBEL P.	0	2.740	0	0	68.500	0
YUMBEL EST.	0	2.105	0	0	52.630	0
Total	**86.315**	**736.754**	**498.867**	**2.157.910**	**18.418.890**	**12.722.250**

Tab. 10.3.9 Procesos y tratamientos utilizados para remover los contaminantes más importantes presentes en las aguas civiles.

Contaminante	Proceso o tratamiento
Sólidos suspendidos	Sedimentación / Desarenador / Rejas y conminutor /Filtración / Flotación / Adición de químicos / Coagulación-floculación-sedimentación /Disposición en terreno
Sustancias orgánicas biodegradables	Lodos activados /Lecho percolador / Discos biológicos /Lagunas de oxidación /Filtros de arena / Disposición en terreno / Coagulación-floculación
Patógenos	Cloración
NUTRIENTES:	
Nitrógeno	Nitrificación y denitrificación con biomasa en suspensión Nitrificación y denitrificación con biomasa fija / "Stripping" de amoniaco / Intercambio iónico / Cloración al "breakpoint" / Disposición en terreno
Fósforo	Adición de sales metálicas/ Coagulación-sedimentación / Remoción química-biológica / Disposición en terreno
Sustancias orgánicas poco o no biodegradables	Adsorción en carbón activado/ Ozonización / Disposición en terreno

presencia de contaminantes específicos y limitaciones locales (clima, geología,etc.)
Una comparación entre los tipos de tratamiento según estos factores se puede apreciar en Tab.10.3.13 [Vismara, 1992], donde se incluye qué tipo de tratamiento presenta ventajas o desventajas dependiendo de la cantidad estimada de habitantes a servir (potencialidad), como primera variable, y después como influyen las demás para una selección en un caso particular. Además, se observa que no todos los tratamientos son recomendables dependiendo de la cantidad de habitantes, como el caso de las ciudades de más de 80.000 habitantes en que se recomienda sólo lodos activados o lecho percolador.

10.3.4.2 Criterios para seleccionar las plantas de tratamiento a realizar en la zona

Para seleccionar las plantas de tratamiento de las aguas residuales urbanas de las ciudades de la cuenca del río Biobío y del área costera adyacente ha sido elaborada una tabla con las indicaciones de las plantas más adecuadas, en función de la potencialidad de los centros servidos y del receptor final, como un objetivo a realizar en el largo plazo (Tab.10.3.14).

Tab. 10.3.10 Objetivos y límites de remoción de contaminantes presentes en las aguas descargadas domésticas en distintos procesos biológicos

			Remoción (%)				
Tipo de proceso	**S. Susp.**	**DBO**	**N**	**P**	**Metales(1)**	**Bacterias**	**Virus**
Sedimentación primaria(2)	40-70	25-40	5-10	5-10	30-50	30-50	---
Lodos Activados	85-95	90-95	20-45	10-30	35-70	90-99	50-99
Lecho percolador	70-92	90	20-45	10-30	--	90-99	50-99
Discos biológicos	70-92	90	20-45	10-30	--	90-99	50-99
Lagunas de oxidación(3)	60-90	70-95	20-40	10-20	--	>99	>90
Disposición en terreno	100	99	>90	>90	--	>99.9	>90
Denitrificación	85-95	85-90	70-95	10-30	--	--	--

(1) Obviamente no para todos los metales y en cada caso en concentración no relevante.; (2) Obviamente no es un proceso biológico pero sí una parte de él; (3) Depende si es anaeróbica, aeróbica o facultativa

Tab. 10.3.11 Condiciones favorables y desfavorables para varios tipos de plantas de tratamiento biológico subdivididos por potencialidad en función de exigencias particulares o condiciones locales.

Habitantes	Tipo de Tratamiento	Costo	Costo constr.	Superfi. Pend.	terreno opera.	Complej. Operación	Presen. tóxicos N y P	Rem.	Adapta.
>80.000	Lodos Activados alta carga	+	-	+	-	-	-	0	0
	Lecho percolador alta carga	-	++	- -	+	+	+	0	0
>5.000 <50.000	Lodos activados baja carga	+	- -	0	-	-	0-	0	0
	Lecho percolador baja carga	-	+	0	+	+	0+	0	0+
>1.000 <5.000	Lodos activados oxigenación total	- -	- -	+	0^{1}	-	0-	-	0-
	Lecho percolador baja carga	- -	+	+	+	+	0+	-	0+
	Discos biológicos	-	+	+	0-	+	0+	-	+
	Laguna aireada	+	+	+	- -	+	0+	-	+
	Laguna facultativa	+	+	- -	- -	+	0-	0	0
	Irrigación	+	+	- -	+ -	+	0+	+	+
>200 <1.000	Lodos activos semi-batch	- -	- -	+	- -	+	0+		0-
	Lecho Percolador a baja carga con recirculación	- -	+	+	+	+	0+	-	0-
	Discos biológicos	- -	+	+	0-	+	0+	-	+
	Laguna aireada	-	-	+	- -	+	0+	-	+
	Lagunas Facultativas	+	+	- -	- -	+	0-	0^{14}	+
	Lagunas aeróbicas	+	+	- -	- -	+	0-	0+	+
	Irrigación	+	+	- -	+ -	+	0+	+	+
	Subirrigación	+	+	- -	+ -	+	0+	+	+
0-200	Discos biológicos	- -	- -	+	0-	-	0+	-	+
	Lagunas aireadas	-	- -	+	- -	-	0+	-	+
	Lagunas Facultativas	+	+	-	- -	+	0-	0-	+
	Lagunas aeróbicas	+	+	- -	- -	+	0-	0-	+
	Irrigación	+	+	- -	+ -	+	0+	+	+
	Subirrigación	+	+	- -	+ -	+	0+	+	+

Simbología *(Continúa)*

\+ *tipo de tratamiento recomendable respecto a otros de la misma clase*

++ *tipo de tratamiento particularmente recomendable respecto a otros de la misma clase*

\- *tipo de tratamiento no recomendable respecto a otros de la misma clase*

\- - *tipo de tratamiento particularmente no recomendable respecto a otros de la misma clase*

0 *tipo de tratamiento que no se diferencia sustancialmente respecto a otros de la misma clase*

Tab. 10.3.11 *(Continuación)*

Habi-tantes	Tipo de Tratamiento	Produc.	Estabil. fango	Limit. fango	Limit. higié.	Limit. climát.	Territ. geológ.	Territ. urbano agrícola
>80.000	Lodos Activados alta carga	0-	0	++[6]	+		++[6]	0[7]
	Lecho percolador alta carga	0+	0		-		0+	0
>5.000 <50.000	Lodos activados baja carga	0	0		-	0	0	
	Lecho percolador baja carga	0	0		-		0	0-
>1.000 <5.000	Lodos activados oxigenación total	+	+	+[2]	0+[3]		+	0
	Lecho percolador baja carga	+	+	+	0+		+	0
	Discos biológicos	+	+	+	+		+	+
	Laguna aireada	0+	0+	0	-		-	+
	Laguna facultativa	0	0	0	- -	- -	- -	+
	Irrigación	+	+	-	- -	- -	- -	+
>200 <1.000	Lodos activados semi-batch	0+	+	+	+	+	+	0
	Lecho Percolador a baja carga con recirculación	+	+	+	0+	+	+	0
	Discos biológicos	+	+	+	+	+	+	0
	Laguna aereada	0+	0+	0	-	0-	- -	+
	Lagunas Facultativas	+	+	0	- -	-	- -	
	Lagunas aeróbicas	-	-	+	-	-	- -	+
	Irrigación	+	+	- -	- -	- -	- -	+
	Subirrigación	+	+	+	-	- -	- -	+
0-200	Discos biológicos	- -	-	+	+	+	+	0-
	Lagunas aireadas	-	-	+	+	0	- -	0+
	Lagunas Facultativas	-	-	+	-	-	- -	
	Lagunas aeróbicas	-	-	+	-	-	- -	+
	Irrigación	+	+	- -	-	- -	- -	+
	Subirrigación	+	+	+	+	- -	- -	+

Leyenda

1 *Leve pendiente favorece la irrigación, fuerte pendiente favorece lecho percolador.*
2 *Las limitaciones higiénicas relativas a las lagunas se refieren a la impermeabilización: si es efectuada con revestimientos artificiales son consideradas inexistentes.*
3 *Las limitaciones climáticas se refieren a zonas con temperaturas bajo cero y alta pluviosidad: localidades de alta montaña no son consideradas que pongan limitaciones a todos los tipos de plantas biológicas.*
4 *La remoción de nutrientes en las lagunas está condicionada a la remoción de las algas.*
5 *Las limitaciones geológicas se refieren a la proximidad de la napa y a las características de permeabilidad del terreno.*
6 *Por pequeñas localidades se entiende el caso de hospitales, hoteles, campings, etc.*
7 *Para una alta potencialidad circundante de territorio prevalentemente agrícola o con déficit de agua se puede considerar también las lagunas e irrigación no indicadas aquí.*

Tab. 10.3.12 Costo de construcción comparativo entre distintos sistemas de tratamiento (en orden creciente)

Sistema de tratamiento
- Laguna de oxidación anaeróbica
- Laguna de oxidación facultativa
- Laguna de oxidación aeróbica
- Laguna aireada
- Descarga al mar
- Sedimentación primaria
- Lodos activados con contacto-estabilización
- Lodos activados con esquema simplificado alta carga
- Lodos activados con esquema simplificado baja carga
- Lodos activados con aereación prolongada
- Lecho percolador alta carga
- Lecho percolador baja carga
- Fosa séptica (o sistema aeróbico) + irrigación

Tab. 10.3.13 Costo de operación comparativo entre los distintos sistemas de tratamiento (en orden creciente)

Sistema de tratamiento
- Laguna de oxidación aeróbica
- Laguna de oxidación facultativa
- Laguna de oxidación anaeróbica
- Descarga al mar
- Disposición intensiva en terreno
- Disposición extensiva en terreno
- Fosa séptica (o sistema aeróbico)+ irrigación
- Laguna aireada
- Sedimentación primaria
- Lecho percolador baja carga
- Lecho percolador alta carga
- Lodos activados aireación prolongada a baja carga
- Lodos activados con esquema simplificado alta carga con contacto-estabilización

El criterio general ha sido la potencialidad: se han identificado rangos de habitantes servidos para los cuales se han propuesto una o más soluciones. Los criterios utilizados para la elección de plantas propuestas, además de la potencialidad son:

tipología del cuerpo receptor: se han considerado los casos de descarga en los ríos y en el mar. Actualmente no existen descargas en lagos, sólo casas particulares o grupos de casas, que deberán conectarse a la red de alcantarillado, para salvaguardar estos cuerpos hídricos de fenómenos de eutrofización. La tipología de la planta que pudiese existir para descargas futuras en los lagos de los centros urbanos debería referirse, como eficiencia de depuración requerida, a los límites de Tab.10.3.1.
Para las descargas en el mar se ha previsto siempre un emisario submarino. Al crecer la potencialidad, el emisario deberá ser precedido de tratamiento (rejas, eventual desinfección y eventual sedimentación primaria), para reducir la concentración de sólidos suspendidos y la carga bactérica. Para este propósito se debe considerar que debe ser evaluada la capacidad de depuración total del sistema tratamiento-emisario submarino, la cual puede ser alcanzada en general con tratamientos menos exigentes, pero con una longitud de conducción más elevada. Una vez proyectado y realizado el emisario submarino (garantizando los usos previstos en la costa, en particular el baño y el cultivo de moluscos), la necesidad de posteriores tratamientos como la sedimentación primaria, podrá ser evaluada en función de los resultados obtenidos y de la eficiencia del emisario. Es oportuno, entonces, que se prevea siempre un espacio adecuado en la zona al inicio del emisario, donde realizar sucesivamente, si es necesario, tratamientos a la descarga. Las descargas en el mar mediante emisario submarino deberán respetar las indicaciones entregadas en Tab.10.3.1, que contemplan limitaciones a las descargas de tipo orgánico, así como la presencia de ciertas sustancias tóxicas o de nutrientes;

posibilidad de construcción por etapas: en la imposibilidad de financiar en el corto plazo una planta completa, se ha orientado la propuesta hacia plantas que puedan ser construidas por etapas sucesivas y autónomas, consiguiendo un resultado de depuración parcial;
costo de construcción y operación: en cuanto ha

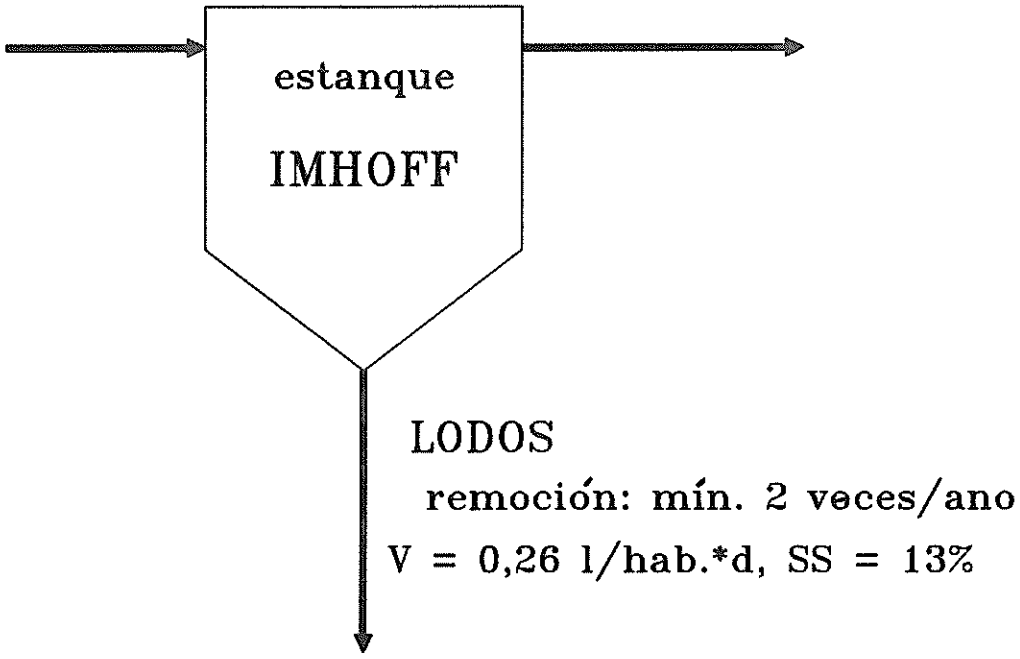


Fig.10.3.3 Esquema de proceso del estanque Imhoff y producción específica de lodos

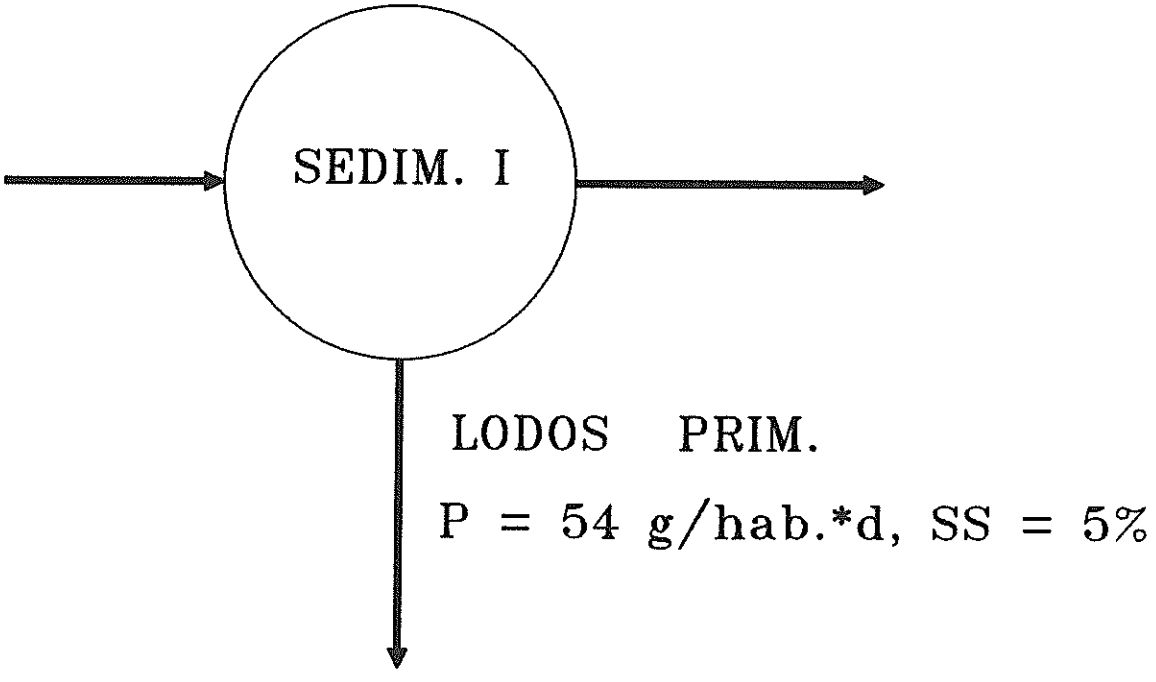


Fig.10.3.4 Esquema de proceso de la sedimentación primaria y producción específica de lodos

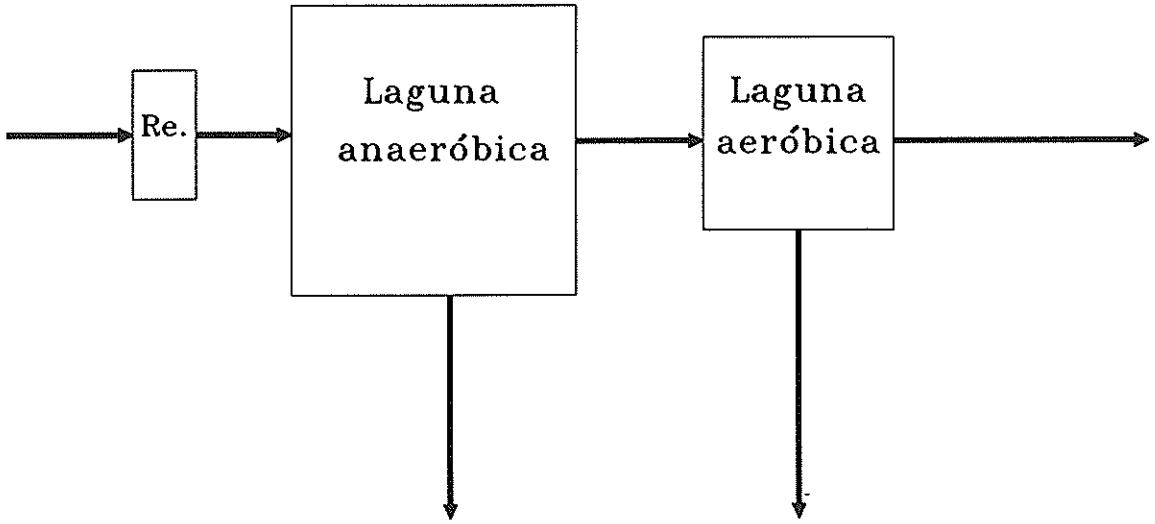


Fig.10.3.5 Ejemplo de esquema de lagunas, con laguna anaeróbica y laguna aeróbica en serie

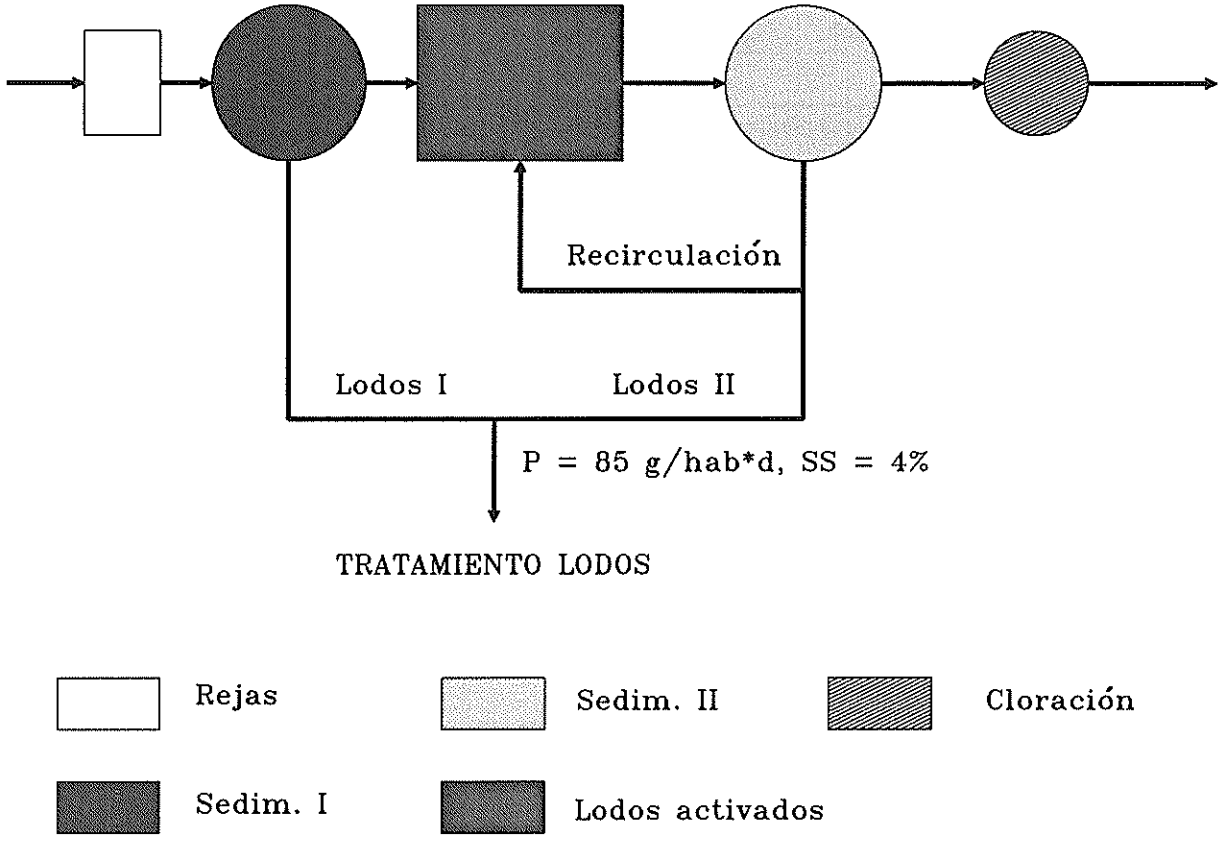


Fig.10.3.6 Esquema de proceso de una planta de lechos percoladores y producción específica de lodos

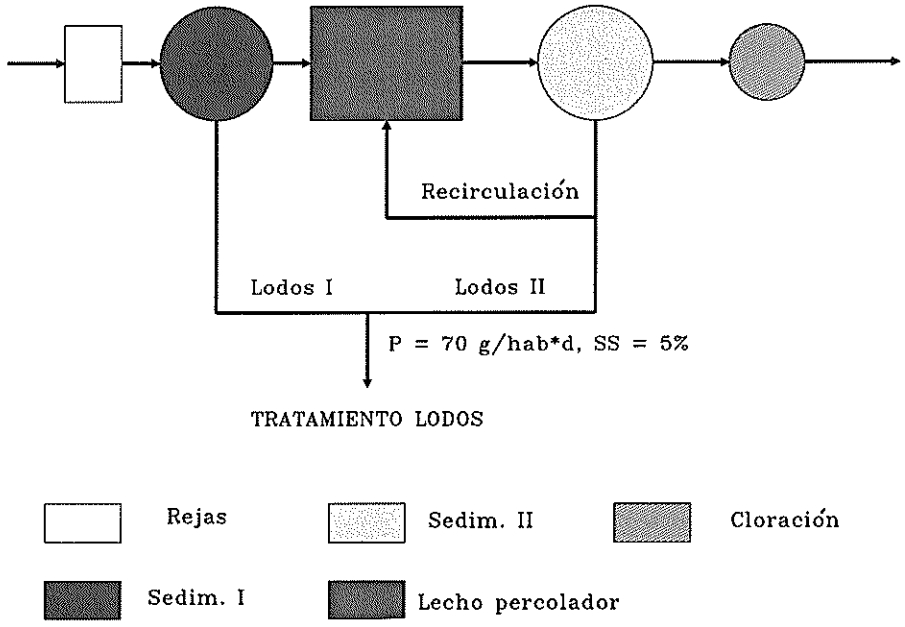


Fig.10.3.7 Esquema de proceso de una planta de lodos activados y producción específica de lodos

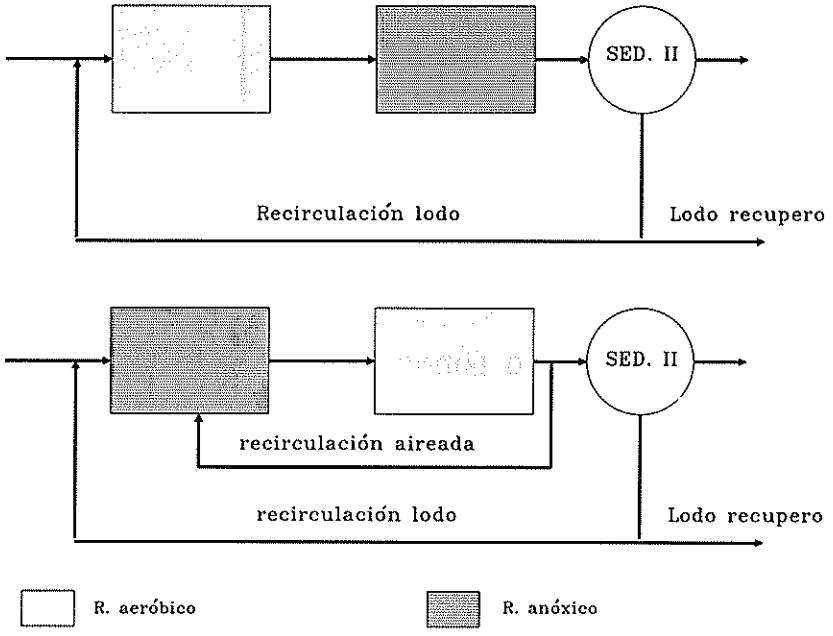


Fig.10.3.8 Esquema de proceso para la remoción por vía biológica de nitrógeno en una planta de lodos activados (arriba: esquema de post-denitrificación; abajo: esquema de pre-denitrificación)

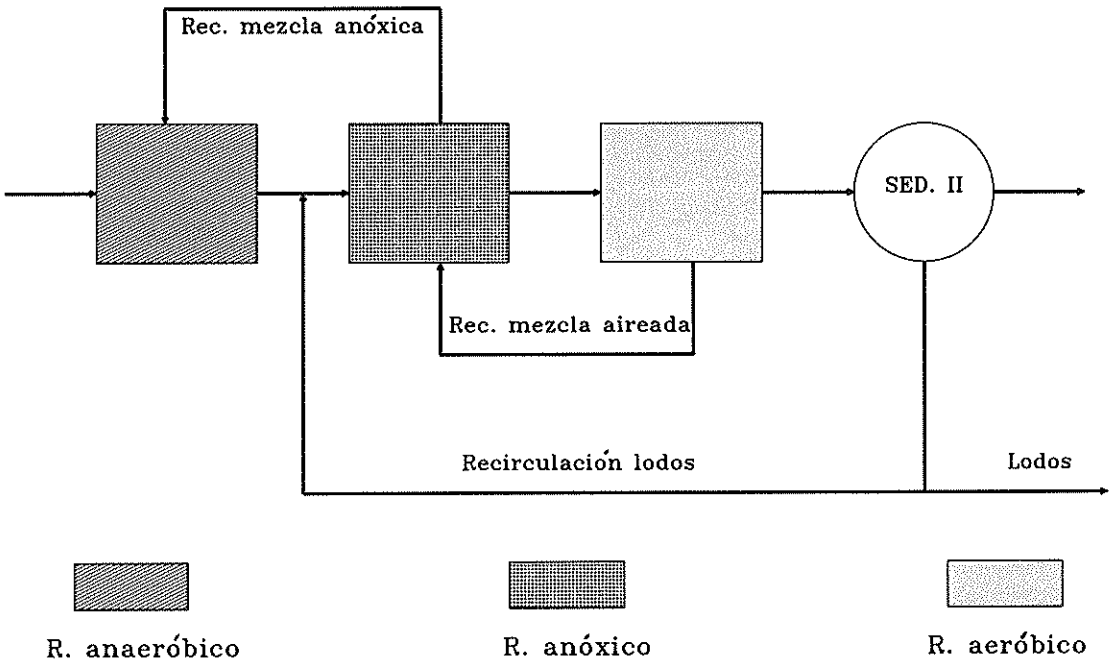


Fig.10.3.9 Esquema de proceso para la remoción biológica del fósforo en una planta de lodos activados

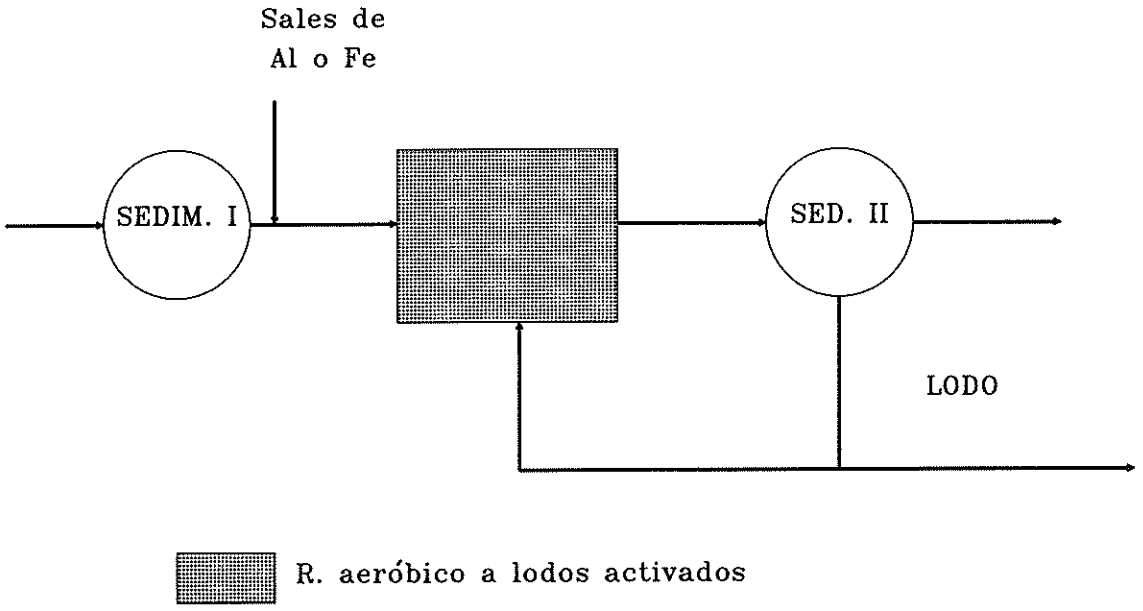


Fig.10.3.10 Esquema de proceso para la remoción química (pre-precipitación) del fósforo

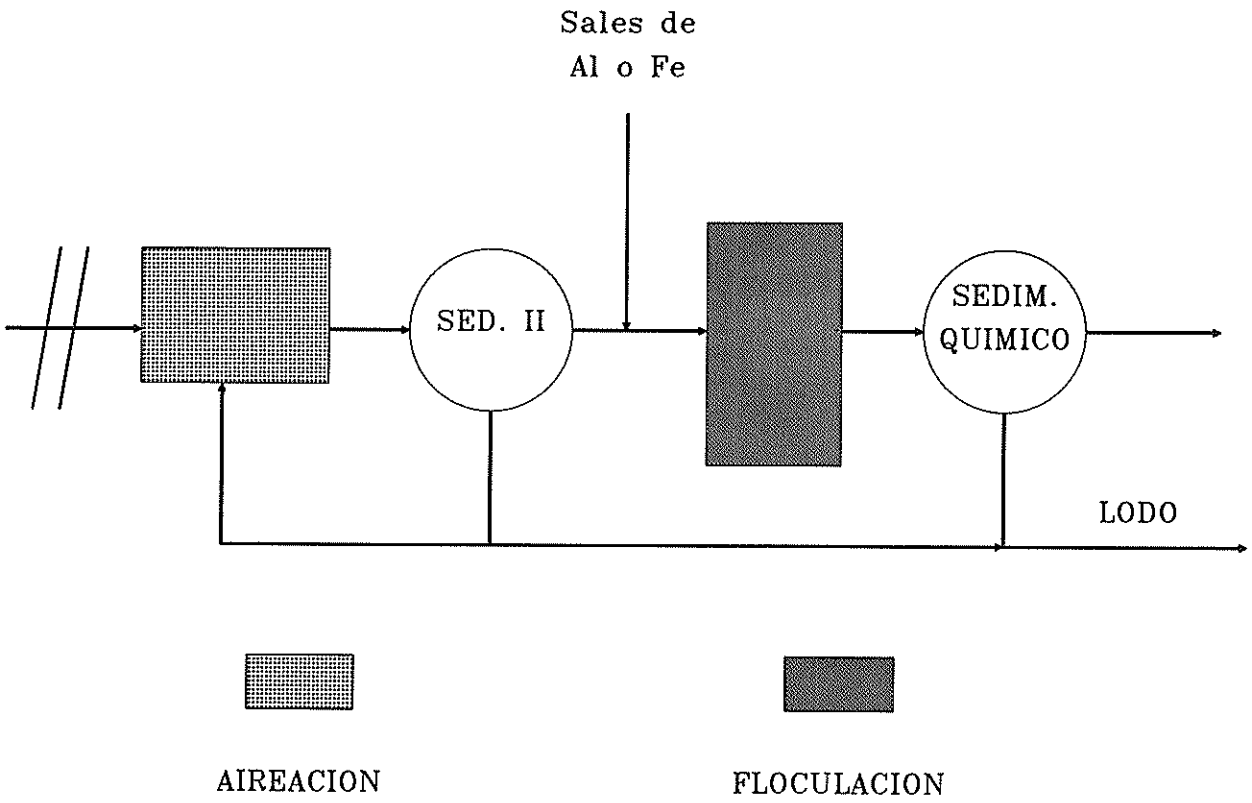


Fig.10.3.11 Esquema de proceso para la remoción química (post-precipitación) del fósforo

sido posible, se ha orientado siempre hacia las soluciones de un menor costo y de simple operación. Es obvio, además, que la economía de las obras es un criterio importante en la evaluación en la actual situación chilena, pero no se puede prescindir de las consideraciones de funcionalidad, eficiencia y problemática de conducción de la planta;

espacio disponible: para cada potencialidad se han identificado generalmente dos soluciones, de menor o mayor uso de espacio, en modo de elegir la solución más adecuada a la superficie disponible;

lodos: para las potencialidades menores, se ha orientado hacia las soluciones que simplifican al máximo el problema de los lodos y no necesitan una fase separada de estabilización (estanque Imhoff o laguna). Para estos tratamientos es necesario entonces prever sólo una recolección periódica de los lodos, que están ya estabilizados, y una eventual deshidratación, antes de su uso en agricultura o su disposición en los vertederos.

Todas las soluciones de plantas propuestas (Tab.10.3.14) permiten, adecuadamente dimensionadas y operadas, alcanzar las concentraciones de las descargas civiles identificadas en Par.10.3.1.

La Tab.10.3.14 representa obviamente un esquema general de referencia, que no considera situaciones particulares o específicas, que podrían sugerir otras propuestas o tecnologías de depuración.

En relación al esquema de plantas propuesto en Tab.10.3.14, se deben hacer las siguientes consideraciones:

Tab. 10.3.14 - Tipología de planta de tratamiento propuesta para las ciudades de la cuenca del Biobío y del área costera adyacente

Descargas en río	
POTEN.(hab.)	**TIPO PLANTA**
< 1.000	Estanque IMHOFF + irrigación en zona cercanas sin uso agrícola y ganadero simultáneo
1.000-5.000	Imhoff + Laguna aeróbica+ Desinfección (eventual)
5.000-20.000	Imhoff + Lecho percolador Desinfección (eventual) Re.+ Laguna anar. y aerob.+ Desinfección (eventual)
20.000-50.000	Sed. + Lecho Per. + Desinfección (eventual) Re.+ Sed. + Lodos activados (aireación prolongada)+Desinf.(eventual)
>50.000	Re.+ Sed. + Lecho percolador + Desinf.(eventual) Re.+ Sed. + Lodos activados + Desinf.(eventual)
Descarga al mar, mediante emisario submarino	
POTEN.(hab.)	**TIPO PLANTA**
< 1.000	Emisario y eventual desinfección
1.000-5.000	Rejas, emisario y eventual desinfección
5.000-50.000	Rejas, emisario y eventual desinfección
50.000-100.000	Rejas, sedimentador primario (eventual), emisario y eventual desinfección
> 100.000	Rejas, sedimentador primario (eventual), emisario y eventual desinfección (eventualmente otros trat.)

- todos los tipos de plantas deberán contemplar una fase de desinfección específica (es decir un estanque de cloración), a utilizar en los casos que sea necesario. Este representa un criterio de seguridad, ya sea en relación de las situaciones particulares (epidemias, etc.), o por las condiciones particulares del cuerpo receptor (bajo caudal, uso para riego, etc.) que aconsejen la adopción del abatimiento particularmente eficiente de la carga bactérica. Deberá, sin embargo, ser verificado que el cloro utilizado para desinfección, no provoque efectos tóxicos en el receptor de la descarga (río o mar);
- la tipología de laguna identificada en la tabla (aeróbica para potencialidades < 5.000 habitantes, anaeróbica + aeróbica para potencialidades mayores) se entienden como indicativas. Sólo después de una profundización de las situaciones específicas, teniendo en cuenta las características y la disponibilidad del terreno, será posible individualizar la tipología de laguna, o de serie de lagunas, más adecuada. En relación a las lagunas, además, deberá ser siempre valorada la necesidad, después de un estudio de las condiciones hidrogeológicas locales, de utilizar lagunas impermeabilizadas artificialmente.

10.3.4.3 Criterios para seleccionar el tratamiento y la disposición de los lodos producidos

Como se ha anticipado en los capítulos precedentes, la depuración de las aguas produce siempre una cierta cantidad de lodos, que constituyen un material putrescible, que debe ser tratados y dispuesto apropiadamente.
El problema de los lodos no es de una importancia secundaria respecto a la depuración de las aguas; además del tratamiento, que constituye siempre un costo adicional respecto al tratamiento de las aguas, se encuentra disposición final de los lodos, para la cual no existen hasta ahora soluciones completamente satisfactorias.

En Fig.10.3.12 se entregan las distintas opciones de tratamiento y disposición final de los lodos, mientras en Fig.10.3.13 se entregan los esquemas de tratamiento de los lodos más adecuados para cada potencialidad.
Entre las opciones de disposición final de los lodos, que se pueden proponer para la realidad de la cuenca, se encuentran son la disposición en vertederos o el uso en agricultura.
Se descartan el inceneramiento y la producción de "compost". La primera porque los costos son muy elevados y la segunda porque resulta un proceso de tratamiento más complejo y costoso respecto al necesario para el uso directo en agricultura (una fase de pre-estabilización y deshidratación de los lodos, la adición de otras sustancias orgánicas biodegradables para obtener una composición óptima (RSU, aserrín, etc.), sin ventajas importantes respecto a otro uso.
A favor del uso agrícola, en la realidad de la cuenca, se tiene que la mayor parte del alcantarillado, además de ser sólo de aguas servidas, no recibe aportes industriales importantes. Por lo tanto, debería ser muy limitado el riesgo de presencia de elementos tóxicos (metales pesados, microcontaminantes, etc.) debido a las industrias, que comprometan el uso seguro en la agricultura.
Para la correcta aplicación de los lodos en la agricultura, sin provocar efectos nocivos en el suelo, la vegetación, los animales y los seres humanos; deben ser garantizadas algunas condiciones, sobretodo en relación al enriquecimiento del terreno de nitrógeno y sustancias peligrosas, a la presencia de organismos patógenos y al tiempo de aplicación desde la recolección.
En este sentido, se identifican en la normativa europea y estadounidense existente algunas indicaciones sobre las características y la cantidad máxima de lodos aplicables en agricultura:

Metales pesados: según la Directiva CEE n. 278 del 12/6/1986, la cantidad de metales pesados que pueden ser suministrados en terrenos agrícolas, calculado sobre la media de 10 años, son:

Cadmio:	0.15	kg/há/año
Cobre :	12	kg/há/año
Níquel:	3	kg/há/año
Plomo :	15	kg/há/año
Zinc :	30	kg/há/año
Mercurio :	0.1	kg/há/año

Sobre la base de estos límites, conociendo exactamente la concentración de metales en el lodo y calculando todos los otros eventuales aportes, puede ser establecida la cantidad máxima de los lodos aplicables en el terreno.
Nitrógeno: por una parte el nitrógeno constituye un elemento fertilizante útil a los cultivos, pero no se debe exceder el suministro, porque puede ser lavado y provocar daños en el ambiente o en la napa. Para establecer la justa dosificación de lodo, para no crear un riesgo de contaminación, algunas normativas [USA y Dinamarca:Genevini et al., 1986] proponen el cálculo de la dosis de fango requerida, estableciendo el requerimiento de nitrógeno de la agricultura como:

$$\text{Dosis de lodo (t/há/año)} = A - D/(B + C)$$

donde:
A : requerimiento de nitrógeno en la agricultura (kg/há)
B : 90% del nitrógeno amoniacal presente en el lodo * 10, o bien el 56% del nitrógeno amoniacal presente en el lodo * 10, en el caso de la aplicación superficial (kgN4/t)
C : 3.5 para el % de N orgánico en el lodo (kgN/t)
D : kg de N residual de la aplicación precedente, para cantidades de lodos ya aplicados (kg/há).

Normas higiénicas: casi todas las normativas preven que el fango debe ser pasterizado o que la carga bactérica sea reducida mediante otros procesos (digestión, cloración), antes de su aplicación. Se permite el uso de los lodos no higienizados, con la restricción que en el terreno utilizado no puedan comer animales por seis meses.

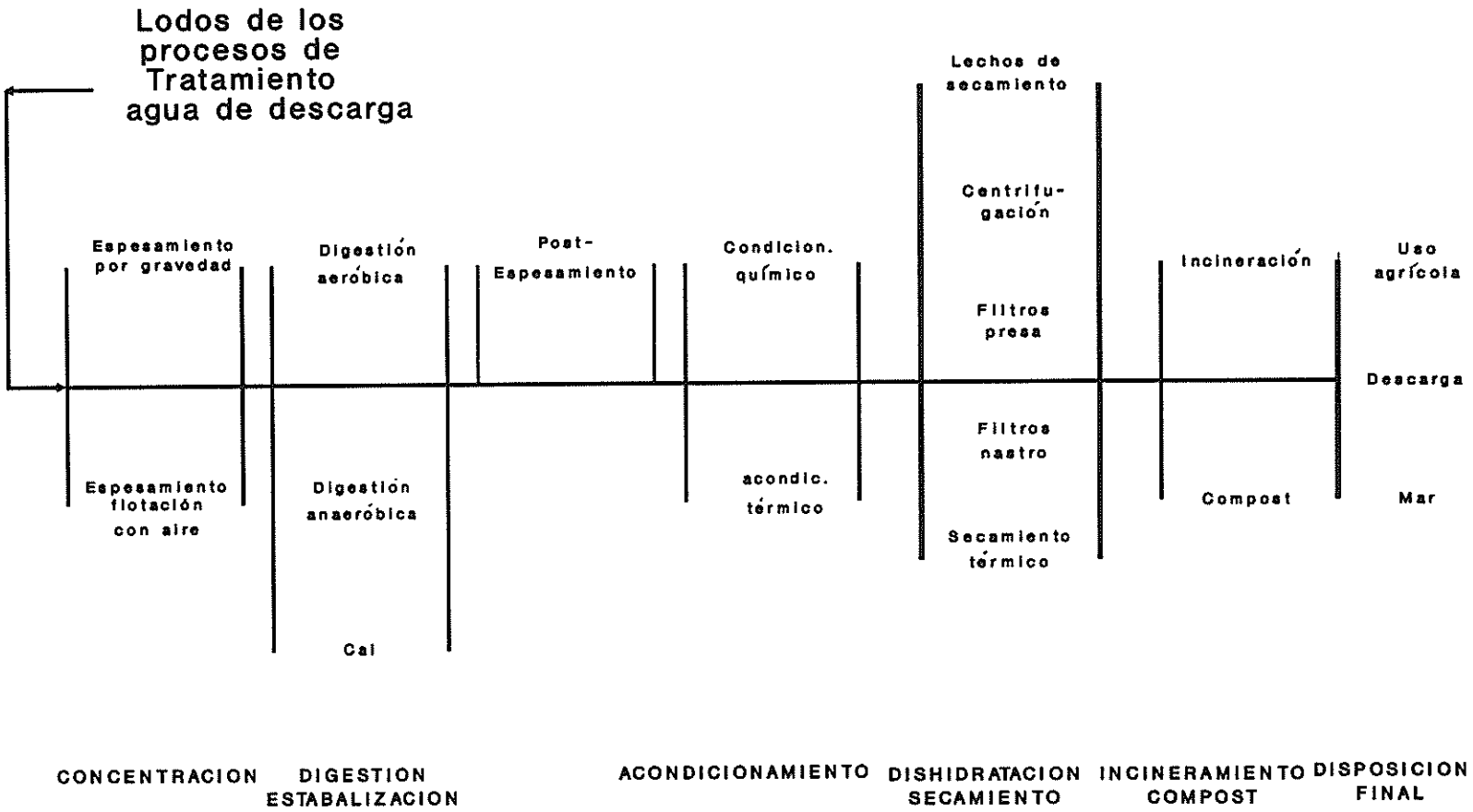


Fig.10.3.12 Tecnologías utilizables para las distintas etapas de tratamiento y disposición final de los lodos

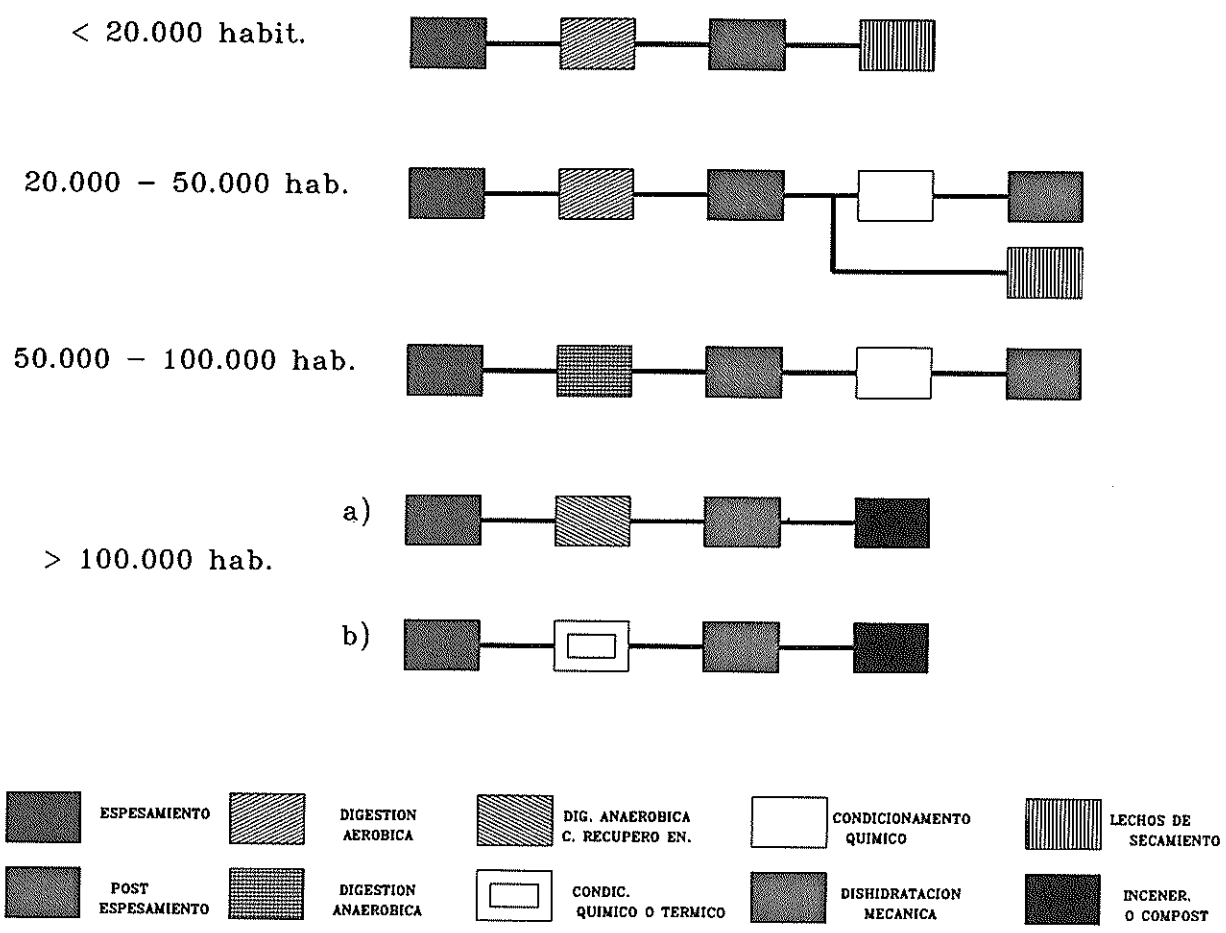


Fig.10.3.13 Esquema de tratamiento de lodos utilizables en función de la potencialidad a servir

Modalidad y tiempo de aplicación: la norma CEE antes citada establece períodos mínimos entre la disposición de los lodos en el terreno y la recolección de los vegetales cultivados:

- para pasto y cultivo de forraje, deben pasar al menos tres semanas entre la disposición de los lodos y el inicio del crecimiento del pasto y de la recolección;
- para terrenos destinados a la horticultura o a la fruticultura, con excepción del cultivo de árboles frutales, los lodos no deben ser usados durante todo el período vegetativo;
- para terrenos destinados a la horticultura o a la fruticultura cuyos productos están generalmente en contacto directo con el suelo y comúnmente se consumen crudos. Los lodos no

deben ser utilizados en los meses precedentes.

La opción más económica [Genevini et al., 1986] es la de utilizar lodo estabilizado, con un porcentaje de humedad de cerca del 90%. Este resulta bombeable y puede ser transportado con un camión y dispuesto con el mismo medio, por aspersión en el terreno o por descarga en los surcos.
Se debería prever un tiempo largo entre la producción de lodo y su utilización, ya que es preferible una deshidratación, hasta hacerlo paleable, para reducir los volúmenes de almacenamiento y los problemas de olor y fermentación residual asociado al depósito de los lodos líquidos.
En el caso del lodo paleable, la aplicación en el suelo tiene una modalidad similar a la utilizada para el abono animal.
La disposición final de los lodos en vertedero representa la forma de disposición más difundida. La disposición se realiza comúnmente en los vertederos de RSU, dado que los vertederos sólo de lodos presentan inconvenientes técnicos (poca estabilidad de la descarga). La disposición de los lodos en vertederos de RSU debe tener en cuenta la necesidad de drenaje, de vialidad y operación de los medios de transporte (palas, compactadores). Los lodos deben ser estabilizados, es decir tener un porcentaje seco de al menos un 25%. En todo caso, es posible una reducción parcial de la estabilidad y, en caso que la carga sea elevada, es necesario adoptar técnicas apropiadas de depósito. Tanto para el uso en agricultura como para la disposición en vertedero, es necesario realizar la estabilización del lodo y su eventual deshidratación.

Las opciones de establización consideradas son:

1) Digestión aneróbica (Fig.10.3.14): permite completar el proceso de degradación de las sustancias orgánicas, ya iniciado en la fase de oxidación biológica. Es un proceso costoso, desde el punto de vista energético (para la aireación), pero tiene costos de instalación reducidos y una operación simple; es aconsejable para plantas de baja potencialidad (máx. 30.000 habitantes). El proceso se desarrolla en estanques alimentados discontinuamente, con aireación intermitente, para permitir el espesamiento de los lodos y la descarga del sobrenadante. El dimensionamiento viene sobre la base del tiempo de residencia hidráulica (15 días en media) y de la carga de sólidos alimentados (1.6-4.8 kg SSV/m3). La digestión aeróbica reduce la carga bactérica, de un modo muy significativo (reducción de cerca de un orden de magnitud). Mucho más eficientes, desde este punto de vista, es la digestión aeróbica en estanques conectados que, aprovechando la isotermicidad de la reacción biológica, permiten desarrollar la reacción a una temperatura de 60 °C, con un efecto muy similar al de la pasterización. Esta aplicación no es todavía muy difundida. En el caso que la planta de tratamiento sea con lodos activados, es posible operar la estabilización aeróbica del lodo directamente en el estanque de lodos activados, sin considerar una fase separada. En este caso, el dimensionamiento del proceso debe considerar una edad del lodo de al menos 20-30 días. Esta solución requiere largos tiempos de aireación y baja carga orgánica y, por lo tanto, sirve sólo para pequeñas plantas (hasta 20.000 habitantes).

2) Digestión anaeróbica (Fig.10.3.15): tiene dos notables ventajas energéticas, ya que el proceso de degradación requiere la emisión de energía y la producción de metano (en el curso del proceso biológico), que puede ser utilizada. Entre las desventajas, se puede decir que es un proceso que da mayores problemas respecto a la digestión aeróbica y requiere un control más cuidadoso. Es un proceso aconsejable para plantas que tienen una alta potencialidad. La reducción de la carga bactérica obtenida con este sistema es de uno o al máximo dos órdenes de magnitud.

3) Estabilización con cal: se basa en la inhibición de la vida de las bacterias a través de la formación de un ambiente caracterizado por valores

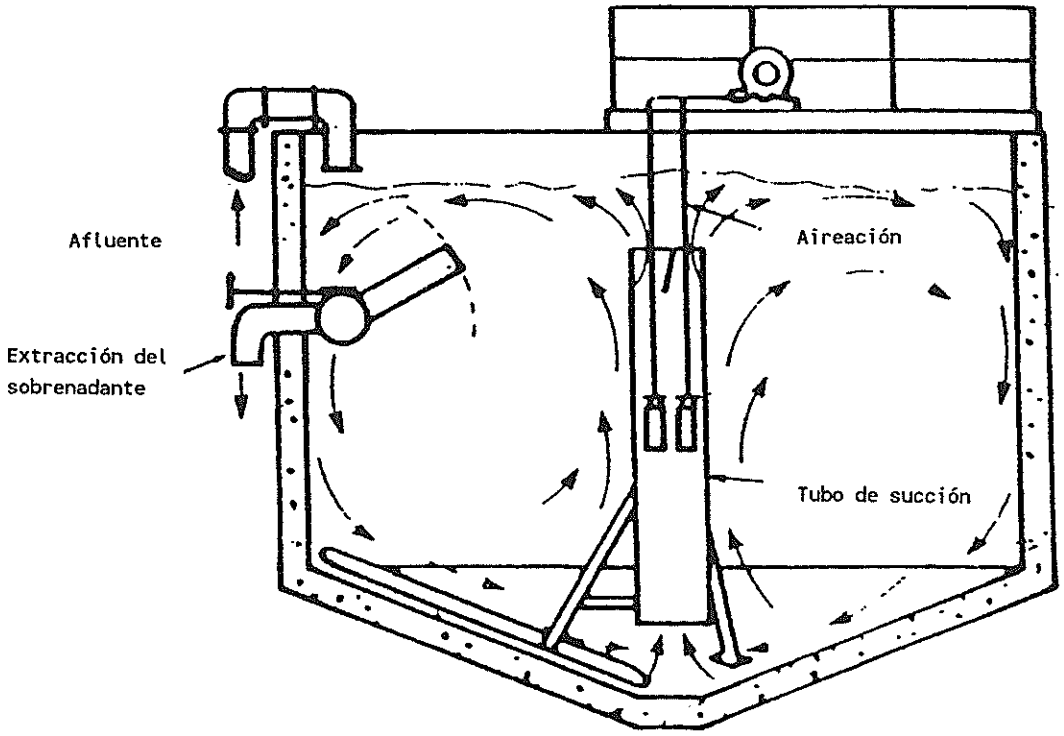


Fig.10.3.14 Digestor aeróbico discontinuo (WPCF-AS CE, 1982)

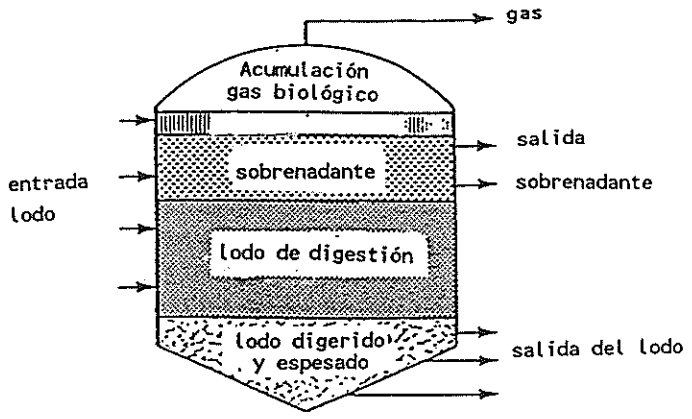


Fig.10.3.15 Esquema de digestor de baja carga de tipo estratificado [Masotti, 1989]

de pH muy elevados. Entre las ventajas de esta técnica, se puede decir que tiene una elevada acción desinfectante, una gestión muy simple, un funcionamiento inmediato y una seguridad del mismo. Entre las desventajas se encuentran el costo del reactivo, una mayor cantidad de lodos finales de localizar, una menor estabilización respecto a los procesos biológicos y, en el caso de utilización en agricultura, un enriquecimiento en cal y un aumento del pH, que pueden desequilibrar el pH del terreno, en el caso que éste sea ya básico naturalmente.

En la propuesta de las plantas de tratamiento a utilizar en la cuenca y en el área costera adyacente, se ha puesto atención a prever, para las potencialidades menores, esquemas de plantas que no necesitan de tratamiento de lodos, resultando éste ya estabilizado (es el caso del estanque Imhoff y de las lagunas).
Para los esquemas de planta que poseen una sedimentación, lecho percolador y/o lodos activados, es necesario considerar una fase de estabilización de los lodos.

Según la potencialidad se propone:
- plantas que sirven a menos de 25.000-30.000 habitantes: deberá considerarse una digestión aneróbica de los lodos, efectuada eventualmente en el mismo estanque de los lodos activados, cuando se ha previsto. Como solución a adoptarse en una etapa transitoria, antes que la planta de tratamiento trabaje con todas las unidades, se puede pensar en el tratamiento con cal;
- para potencialidades mayores se deberá considerar una digestión anaeróbica de los lodos o, en la transición en algunas plantas, todavía el uso de la cal;
- los lodos producidos en el tratamiento antes de los emisarios submarinos (rejas y eventual lodos primarios) deberán ser tratados con cal y enviados al vertedero.

Como forma de disposición final de los lodos deberá ser considerada siempre, como primera opción, el uso en agricultura. En el caso que de esta forma no se alcance a utilizar toda la cantidad de lodos producidos se recurrirá a la disposición en vertedero de RSU.
Los lodos que se utilicen en la agricultura, a menos que sean estabilizados con cal, deberán considerar una desinfección, dado que la reducción bactérica en la digestión biológica no es totalmente suficiente para garantizar la higiene del producto y una aplicación inocua en el terreno.
El sistema de desinfección más usado y más eficiente en relación al costo es la pasterización, que consiste en llevar al lodo a una temperatura de 70 °C y mantenerlo en estas condiciones por al menos 30 minutos. De este modo se destruye completamente la flora bacteriana. Parece aconsejable efectuar la pasterización antes de la fase de estabilización, porque se ha demostrado que así el lodo se encuentra protegido de una recontaminación.
Comúnmente el lodo que se utiliza en agricultura deberá estar deshidratado, pero deberá ser aplicado líquido. Deberán ser respetados los límites descritos anteriormente relativos a los valores máximos de lodos aplicados en la agricultura.
Los lodos enviados a un vertedero no necesitan desinfección, pero deben estar deshidratados, hasta poder palearlos.
Para esta operación se pueden usar los lechos de secamiento, que consisten en lagunas poco profundas con un fondo drenante, en la cual el lodo se dispone en estratos de 15-30 cm y es dejado ahí por un tiempo variable (raramente inferior al mes) para que se deshidrate naturalmente. Esta tecnología se encuentra en desuso, a causa del elevado uso de espacio (de 0.1 a 0.5 m^2 por habitante) y del desarrollo de malos olores y de condiciones higiénicas precarias.
La alternativa posible es la de medios de deshidratación mecánicos, entre los cuales se encuentran las nastropresas (Fig.10.3.16), que permiten obtener el porcentaje seco requerido para la disposición en vertederos, garantizan un funcionamiento continuo y son de simple gestión respecto a los sistemas más costosos que garantizan un mayor porcentaje seco (filtropresa).
En relación a los valores de lodos producidos, en Figs.10.3.3-10.3.11 se entregan los valores típicos de lodos producidos en los distintos sistemas de depuración.
En Tab.10.3.15 se entregan los valores de lodos producidos en los distintos tipos de tratamiento propuestos para la cuenca, en función del esquema de planta y de la potencialidad. La producción de lodos (sin tratamiento ni deshidratación), en la hipótesis que se encuentren funcionando todas las plantas previstas, se ha estimado en 1.600-1.700 m^3/d aproximadamente.

10.3.4.4 Descripción de las soluciones específicas

Las soluciones técnicas propuestas para tratar las aguas de las ciudades de la cuenca del Biobío y del área costera se han identificado en base a las características específicas de cada ciudad y sobre la base de Tab.10.3.14, que identifica los tipos de plantas de tratamiento más adecuadas en función de las potencialidades.

Sobre la base de la cartografía 1:25.000 del Instituto Geográfico Militar de Chile se han identificado las posibles ubicaciones de estas plantas y los puntos de descarga de los efluentes depurados, también se ha calculado la longitud de los colectores necesarios para llevar los líquidos a las plantas y para la descarga final. Para las ciudades más importantes (Concepción, Talcahuano, Los Angeles, Penco, Coronel, Lota, Angol,Laja, Mulchén y Collipulli) estas posibles localizaciones se han verificado en terreno, junto a personal de ESSBIO. Para las otras la ubicación se ha identificado en base a la información de las cartas, que no siempre se encuentran actualizadas o en la escala suficiente para tomar una decisión con precisión.

Además, las ubicaciones propuestas son consideradas como una primera tentativa, que se debe verificar y profundizar con mayor detalle, considerando todos los aspectos que, a este nivel de estudio, no ha sido posible analizar (disponibilidad efectiva en el área, compatibilidad con los Planos Reguladores, levantamiento topográfico detallado, etc.).

A continuación se presentan las soluciones propuestas, subdividiéndolas entre las relativas a las ciudades que descargan (actualmente o en el futuro) en el mar o en los ríos.

En Tab.10.3.15 se resumen las soluciones propuestas para todos los centros, con las potencialidades para el año 1992, las características, la superficie aproximada requerida para la planta, la línea de lodos y la producción de lodos que se estima para cada planta.

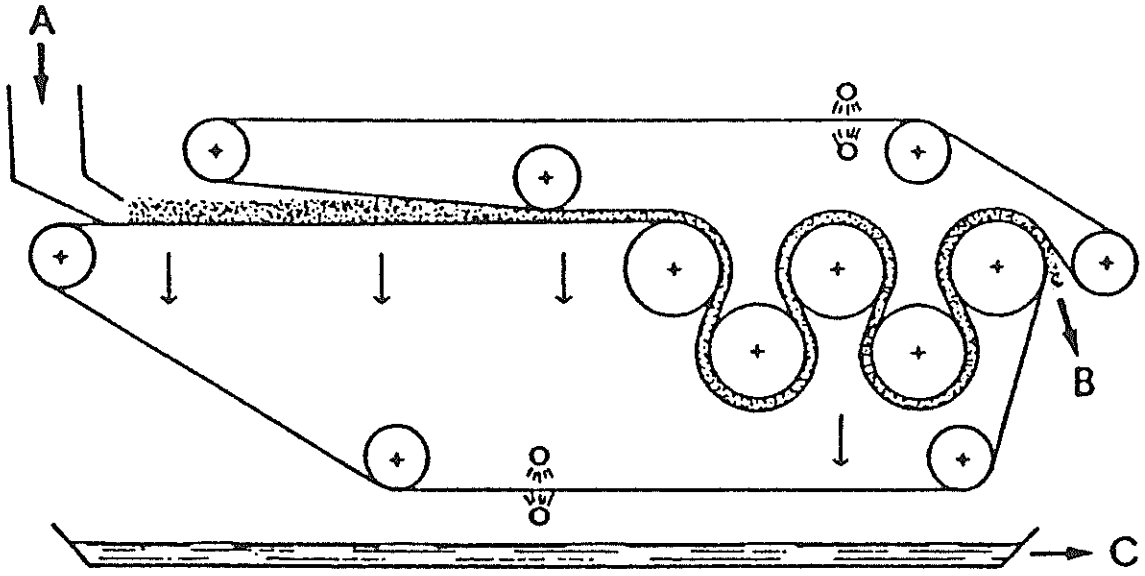


Fig.10.3.16 Sección esquemática de una nastropresa. Leyenda: A) alimentación lodo, B) lodo deshidratado, C) filtro

Tab. 10.3.15 - Soluciones de plantas propuestas para todos los centros urbanos de la cuenca con longitud de los colectores y producción de lodos

Ciudad	Sol.	Potenc. al 2022 hab.	Dot.hidr. al 2022 hab.	Solución propuesta a largo plazo	Longitud colectores	Longitud emis.imp. (m)
Concep.-Talcahuano-Chiguayante	a/1	645000	311	Sedim. I - emisario sub.	12700	
	a/2	645000	311	Sedim. I - emisario sub.	17500	
	b/1	876000	322	Sedim. I - emisario sub.	23700	
	b/2	876000	322	Sedim. I - emisario sub.	28500	
	c/1	890000	320	Sedim. I - emisario sub.	33700	
	c/2	890000	320	Sedim. I - emisario sub.	38500	
	d/2	565000	327	Sedim. I - emisario sub.	11000	
Talcahuano		231000	350	Sedim. I - emisario sub.	5000	
San Pedro		80000	200	Emisario submarino	5000	
Coronel	a)	130000	280	Sedim. I - emisario sub.	3000	
	b)	65000	280	Emisario submarino	0	
	b')	65000	280	Emisario submarino	0	
Penco		65000	280	Emisario submarino	s.i.	
Lota	a)	55000	280	Emisario submarino	2500	
	b)	41000	280	Emisario submarino	0	
	b')	14000	280	Emisario submarino	0	
Tomé		45000	200	Emisario submarino	s.i.	
Los Angeles		160000	350	Lodos activados	2500	500
Angol		62000	280	Lodos activados		250
Mulchén	1)	27000	200	Lecho percolador	0	100
	2)	27000	200	Lecho percolador	1250	100
Nacimiento-El Progreso		25000	200	Lecho percolador	2750	250
Collipulli	a/1	18000	200	Lecho percolador	400	500
	a/2	18000	200	Lecho percolador	1000	
	b	18000	200	Lagunas	1000	100
Laja-San Rosendo		27000	200	Lecho percolador	3050	50
Hualqui	1)	14000	200	Lecho percolador	250	50
	2)	14000	200	Lecho percolador	1500	50
Cabrero		12000	200	Laguna aeróbica(4)	0	50
Santa Juana		10000	200	Lagunas	500	100
Yumbel-Y. Estación		7000	200	Lagunas	250	100
Monte Aguila	1)	9000	200	Lagunas	450	250
	2)	9000	200	Lagunas	3750	50
Santa Bárbara		7000	200	Lecho percolador	1500	50
Renaico	1)	6000	200	Lagunas	750	50
	2)	6000	200	Lagunas	750	50
Negrete		4000	200	IMHOFF-lecho percolador	300	250
Santa Fé		3500	200	IMHOFF-laguna aeróbica	s.i.	s.i
Los Sauces		3000	200	IMHOFF-laguna aeróbica	600	150
Quilleco		2500	200	IMHOFF-laguna aeróbica	400	250
Lonquimay		2500	130	IMHOFF-laguna aeróbica	0	0
Villa Mercedes		2000	100	IMHOFF-laguna aeróbica	100	100
Mininco		2000	350	IMHOFF-laguna aeróbica	400	500
Población Canteras		2000	100	IMHOFF-laguna aeróbica	100	100
Tucapel		2000	200	IMHOFF-laguna aeróbica	250	1250
Ercilla	1)	1500	200	IMHOFF-laguna aeróbica	400	50
	2)	1500	200	IMHOFF-laguna aeróbica	400	50
Villa Tijeral		1500	100	IMHOFF-laguna aeróbica	250	250
Quilaco		1000	200	IMHOFF	0	400

(Continua)

Tab. 10.3.15 - *(Continuación)*

Ciudad	Sol.	Cuerpo receptor	Q cuerpo receptor (m^3/s)	Q descar. (l/s)	Dilución	Producción lodo (kgSS/d)	Humedad lodo %	Vol. de lodos m3/d
Concep.-Talcahuano-	a/1	Golfo de Arauco		2322		34830	95	697
Chiguayante	a/2	Golfo de Arauco		2322		34830	95	697
	b/1	Golfo de Arauco		3265		47304	95	946
	b/2	Golfo de Arauco		3265		47304	95	946
	c/1	Golfo de Arauco		3296		48060	95	961
	c/2	Golfo de Arauco		3296		48060	95	961
	d/2	Golfo de Arauco		2138		30510	95	610
Talcahuano		Bahía de S.Vicente (1)		936		12474	95	249
San Pedro		Golfo de Arauco		185		eventualmente sólo las rejas		
Coronel	a)	Bahía de Coronel		421		7020	95	140
	b)	Bahía de Coronel		211		eventualmente sólo las rejas		
	b')	Golfo de Arauco				eventualmente sólo las rejas		
Penco		Bahía de Concepción		211		eventualmente sólo las rejas		
Lota	a)	Golfo de Arauco		178		eventualmente sólo las rejas		
	b)	Golfo de Arauco		133		eventualmente sólo las rejas		
	b')	Golfo de Arauco		45		eventualmente sólo las rejas		
Tomé		Bahía de Concepción		104		eventualmente sólo las rejas		
Los Angeles		Quilque	3	648	1:5	13600	96	340
Angol		Rehue (2)	2	201	1:10	5270	96	132
Mulchén	1)	Bureo	5	63	1:79	1890	95	38
	2)	Bureo	5	63	1:	1890	95	38
Nacimiento-El Progreso		Biobío	130	58	1:2241	1750	95	35
Collipulli	a/1	Malleco	3,50	42	1:83	1260	95	25
	a/2	Malleco				1260	95	25
	b	Malleco	3,50	42	1:83			
Laja-San Rosendo		Laja (3)	150	63	1:2381	1890	95	38
Hualqui	1)	Biobío	150	32	1:4688	980	95	20
	2)	Biobío	150	32	1:4688	980	95	20
Cabrero		Estero Coihueco	1 (*)	28	1:36			
Santa Juana		Biobío	150	23	1:6522			
Yumbel-Yumbel Estación		Claro	2	16	1:125			
Monte Aguila	1)	Estero Monte Aguila	1 (*)	21	1:48			
	2)	Estero Coihueco	1 (*)	21	1:48			
Santa Bárbara		Biobío	60	16	1:3750	490	95	10
Renaico	1)	Renaico	5	14	1:357			
	2)	Renaico	5	14	1:357			
Negrete		Biobío	90	9	1:10000	212	91	2
Santa Fé		s.i.		8		123	87	0,9
Los Sauces		Rehue	1 (*)	7	1:143	105	87	0,8
Quilleco		Estero Quilleco	1 (*)	6	1:167	88	87	0,7
Lonquimay		Lonquimay	7	4	1:1750	88	87	0,7
Villa Mercedes		Estero Borracho	1 (*)	2	1:500	70	87	0,5
Mininco		Estero Mininco	2	8	1:250	70	87	0,5
Población Canteras		Estero Borracho	1 (*)	2	1:500	70	87	0,5
Tucapel		Laja	40	5	1:8000	70	87	0,5
Ercilla	1)	Huequén	,60 (**)	3	1:200	53	87	0,4
	2)	Huequén	1 (*)	3	1:333			
Villa Tijeral		Vergara	2	2	1:1000	53	87	0,4
Quilaco		Biobío	60	2	1:30000	23	87	0,2

(Continúa)

Tab. 10.3.15 - *(Continuación)*

(1) Emisario ubicado en Punta Lobos, hacia el mar abierto
(2) 600 m aguas abajo, el río Rehue confluye con el Malleco, formando el Vergara
(3) Esta descarga se puede considerar en el Biobío, después de la confluencia con el río Laja
(4) Proyecto ejecutado por ESSBIO
(*) En los esteros sin información hidrológica, se ha hipotizado que el caudal mínimo es de 1 m3/s.
(**) Valor entregado por ESSAR
s.i.: sin información

10.3.4.4.1 Ciudades que descargan en el mar

Según Tab.10.3.14, todas las ciudades que descargan en el mar deberán contar con un emisario submarino. A continuación se indicarán los diámetros de tales emisarios y su localización, que según los datos disponibles de correntometría y de calidad del mar, parecen los más idóneos para garantizar una óptima dispersión y autodepuración de las aguas descargadas. No se indican la longitud de estos emisarios, porque sólo en fase de proyecto, después de una análisis más detallado y específico de las condiciones de circulación, se pueden determinar las condiciones efectivas de dispersión y de dilución de las aguas, las que determinan la longitud requerida del emisario.

Concepción, Talcahuano, San Pedro, Chiguayante y Hualqui

Situación actual: las descargas de Concepción se ubican en el tramo final del Biobío, a lo largo de la ribera norte. También el 40% de Talcahuano descarga en el Biobío, mientras la parte restante descarga en la Bahía de San Vicente, en las proximidades de Punta Lobos. Los emisarios de Chiguayante descargan en la misma zona en la que descargan los de Concepción. La mayor parte de San Pedro descarga en el Biobío (ribera sur), mientras sólo una pequeña parte descarga directamente en el mar.

Solución propuesta: se han considerado cuatro posibles soluciones de planta, todas consideran un emisario submarino, precedido de una sedimentación primaria y de una desinfección eventual (y otros tratamientos si son necesarios), que puedan servir a las siguientes poblaciones:

a) toda la población de Concepción, Chiguayante, San Pedro y el 40% de Talcahuano, es decir las descargas en el Biobío. La población a servir en el año 2022 sería cercana a los 645.000 habitantes;
b) como la situación precedente, pero sirviendo totalmente la ciudad de Talcahuano. La población a servir de este modo alcanza los 876.000 habitantes (siempre en el año 2022);
c) como la situación precedente, pero sirviendo también a la ciudad de Hualqui. La población a servir es de cerca de 890.000 habitantes (en 2022);
d) la población de Concepción, Chiguayante y el 40% de Talcahuano. La población a servir alcanza los 565.000 habitantes (al 2022).

Debe ser considerada la conveniencia económica de las soluciones precedentes y el hecho de concentrar en un sólo punto el tratamiento de las descargas de estas ciudades, que representan ya casi un único polo urbano.

Las ubicaciones propuestas para las plantas, entregadas en Ane.10.3.1, son:

1) Boca sur de la desembocadura del río Biobío, donde ciertamente existe la disponibilidad de terreno para realizar la planta. Esta ubicación requiere bombear desde la ribera norte a la ribera sur del Biobío las descargas de la mayor parte de la población servida, para las soluciones de planta a), b) y c). Esta ubicación no se ha considerado en el caso de la solución de planta d).
2) Ribera norte del Biobío, cerca del sector de Hualpencillo, considerando un emisario que

lleve hasta el mar el efluente depurado, para conectarlo al emisario submarino. Esta solución tendría la ventaja de requerir sólo el bombeo, de una parte a la otra del Biobío, del caudal descargado por San Pedro, pero no es seguro que en esta zona se encuentre disponible un espacio para la realización de la planta y debe ser además estudiado el problema de la presencia de la napa muy superficial y el riesgo de inundación de la zona.

Desde el punto de vista de la protección ambiental, se puede afirmar que las dos ubicaciones precedentes son equivalentes, por cuanto en ambas la disposición final del efluente depurado sería en una zona a casi a mar abierto, con un régimen hidrodinámico similar.

Se subraya la necesidad de prever, para todas estas ciudades, la descarga en el mar en vez que en el Biobío (también después de la depuración), por las siguientes razones:

- los niveles de depuración requeridos para una descarga en el mar mediante un emisario submarino son menos restrictivos de los necesarios para una descarga en el Biobío, donde además podrían haber problemas, en condiciones de estiaje del río, en la adecuada mezcla del efluente con el río y de estancamiento;
- la solución, en este caso, puede ser realizada por etapas, realizando inicialmente sólo el emisario submarino y obteniendo de esta forma un rápido mejoramiento de las condiciones ambientales y la descarga en un receptor que tiene la potencialidad de una autodepuración natural elevada (realizando sucesivamente, por ejemplo, el sedimentador primario).

La dimensión y la longitud de estos emisarios submarinos no debería cambiar, en función de la ubicación de la descarga al sur o al norte del río Biobío. Los diámetros de tales emisarios deberían tener las siguientes dimensiones (en la hipótesis de una velocidad en la tubería no superior a 1.5 m/s):

a) 1.800 mm en la hipótesis de efectuar una desinfección a la entrada del emisario que reduzca cerca del 98% la carga de coliformes (que se ha supuesto igual a 10^6/ml), la longitud del emisario debería garantizar una dilución de, al menos, 1.000 veces respecto a la de la costa (en ausencia de desinfección la dilución debería ser al menos 75.000 veces), donde se deben garantizar al menos los requisistos para el baño.

b) y c) 2.100 mm, con las mismas consideraciones hechas en el punto precedente en relación a la dilución mínima;

d) 1.700 mm, con las mismas consideraciones hechas en el punto a) en relación a la dilución mínima.

Los diámetros indicados representan dimensiones importantes, sobretodo en la hipótesis b) y c), por lo que se pueden encontrar problemas en la obra. Se deberá, por lo tanto, profundizar en una fase de proyecto desde un punto de vista técnico (construcción y funcionamiento del emisario) si son preferibles dos emisarios de menores dimensiones en paralelo, o bien se puede utilizar un sólo emisario.

De la comparación económica (ver Tab.10.3.16, Tab.10.3.19 y Tab.10.3.20), se demuestra que para todas las hipótesis, resulta más conveniente la ubicación del emisario y de la planta en la zona 2), es decir, a lo largo de la ribera norte del Biobío. Por otra parte, esta ubicación, como se ha dicho, es la que presenta las mayores dudas técnicas, por el riesgo de inundación y porque es una zona de vegas. La diferencia entre las soluciones a) y la solución b), es decir, uniendo también la parte de Talcahuano que descarga en la Bahía de San Vicente, es cerca de $350*10^6$ pesos, sobre una base anual. La diferencia entre la solución b) y la solución c), es decir, uniendo Hualqui, es de cerca de $27*10^6$ pesos, sobre una base anual.

Por último, la diferencia entre la solución a) y la solución d), es decir, uniendo San Pedro, es de cerca de $160*10^6$ pesos sobre una base anual.

TALCAHUANO

Solución propuesta: en alternativa al tratamiento

conjunto con Concepción, descrito anteriormente, se ha analizado también la hipótesis de tratar en forma autónoma la parte de la ciudad que descarga actualmente en la Bahía de San Vicente (cerca del 60%). La población a servir sería, al 2022, igual a 230.000 habitantes. Como se ha mencionado en Par.10.5, en la zona en la cual descarga Talcahuano, deberá ser realizado un emisario submarino para las descargas de la industria pesquera, que dada su biodegradabilidad, pueden ser dispuestas sin practicar un tratamiento preliminar exigente. Sólo para disponer estas descargas (2-2.5 m^3/s), el emisario debería tener un diámetro de 1.600-1.800 mm. Se entiende, entonces, que agregar en este emisario el caudal de las aguas servidas de Talcahuano, estimadas en unos 700 l/s, no significaría una variación importante de sus dimensiones. Dada la estacionalidad de la elaboración del pescado, por algunos períodos llevaría sólo el caudal de la ciudad y podrían existir riesgos de embancamiento y de un funcionamiento irregular de la tubería. Este aspecto debe ser estudiado en detalle , para verificar si existe una garantía sufuciente del funcionamiento de un emisario o es más conveniente realizar dos emisarios en paralelo. La ubicación que parece ser la más indicada se encuentra en Ane.10.3.2. Esta localización garantiza una buena dispersión del efluente y su afloramiento en la bahía, en base a las consideraciones hechas en Par.3.4.3 relativas al régimen hidrodinámico. Se ha evaluado que (en la hipótesis de descargar sólo las aguas civiles) el emisario debería tener un diámetro de al menos 800 mm. Esta solución, en la hipótesis que deba ser realizado sólo para la ciudad de Talcahuano (ver Tab.10.3.16, Tab.10.3.19 y Tab.3.20) tiene un costo total de $346*10^6$ pesos. Se observa que esta obra tiene un costo de construcción comparable con la posibilidad de incluir estas aguas a las de Concepción. Pero, por otra parte, se debe tener en cuenta que en el caso de que estas aguas servidas fuesen descargadas junto a las de la industria pesquera (incluso en dos emisarios paralelos instalados simultáneamente), el costo de la solución se reduce considerablemente. Por lo tanto, se desprende que esta última solución es la mejor para el tratamiento de las aguas de esta parte de la ciudad.

SAN PEDRO

Solución propuesta: también en este caso, se ha evaluado una alternativa al tratamiento centralizado con Concepción, constituida por un emisario submarino (diámetro cercano a 600 mm), ubicado en la Boca Sur de la desembocadura del Biobío. Este emisario debería estar precedido de rejas y de una eventual desinfección. La ubicación de este emisario podría ser la misma indicada en Ane.10.3.1 (propuesta para Concepción, Talcahuano, San Pedro y Chiguayante). Los niveles de dilución en la costa, que debe respetar este emisario, son los mismos indicados para los emisarios de Concepción-Talcahuano-San Pedro-Chiguayante para garantizar el uso balneario.
El costo de esta solución (ver Tab.10.3.16, Tab.10.3.19 y Tab.10.3.20) es del orden de $100*10^6$ pesos. Parece más conveniente realizar un tratamiento y un emisario separado para la ciudad de San Pedro, sin unirse a las descargas de Concepción-Chiguayante. Esta estimación deberá ser confirmada en el momento en el cual sea posible evaluar más en detalle los costos de los emisarios submarinos.

CORONEL

Solución propuesta: antes de analizar las posibles soluciones para la ciudad de Coronel, se ha verificado si el emisario existente es suficiente para recibir la descargas futuras de toda la ciudad y garantiza una dilución suficiente respecto a los requisistos de calidad del agua de la costa, que se ha previsto un uso como balneario.
En el año 2022 se estima que la ciudad de Coronel tendrá 130.00 habitantes. El caudal medio que se debe descargar debería ser del orden de 300-350 l/s. Del punto de vista hidráulico el emisario debería poder recibir este caudal, con una velocidad no superior a 1.5 m/s, sin garantizar márgenes

respecto a las puntas de los caudales. Respecto al uso balneario, en cambio, la longitud existente no garantiza una dilución suficiente (la dilución se ha estimado en 1.800-2.000 veces). Por lo tanto, la solución de unir las descargas de la ciudad al emisario submarino existente parece practicable sólo si se efectúa un tratamiento que reduzca la carga bactérica y, eventualmente, también un tratamiento primario. Esta solución significa además bombear, con una altura de al menos 30 metros, las aguas recolectadas de la parte norte de la ciudad, para conducirlas a la parte sur de la red y, de ahí, al emisario.

Por lo tanto, las soluciones estudiadas para Coronel son:

a) unificación de todas las descargas de la ciudad en el emisario submarino existente. Se debe considerar al menos una desinfección, con un abatimiento mínimo de la carga bactérica de un 98%;
b) y b') realización de un nuevo emisario submarino para la parte norte de la ciudad, que actualmente representa el 30% de la población servida, pero en el futuro debería estar sujeta a una fuerte expansión, llegando al 50% de la población futura. Este emisario, según Tab.10.3.14, debe estar precedido de rejas y desinfección.

El emisario existente continuaría sirviendo el área actual, pero se debería instalar una desinfección, actualmente ausente.
Entre las dos soluciones, la ambientalmente más correcta, es la segunda, ya que garantizaría la división del caudal en dos emisarios submarinos, con una mayor dispersión y dilución del efluente. También desde el punto de vista económico (ver Tab.10.3.16, Tab.10.3.19 y Tab.10.3.20) esta solución parece ser la más apropiada, ya que resulta más económica que una unificación de las descargas en el emisario existente. Para Coronel no se entregan ubicaciones para las plantas y los emisarios al no contar con las cartas 1:25.000 de esta zona.

PENCO

Situación actual: la ciudad descarga sus aguas servidas directamente en el mar, en la Bahía de Concepción y en el estero Lirquén que atraviesa la ciudad (que después desemboca en el mar).

Solución propuesta: también para la ciudad de Penco se deberá realizar un emisario submarino, precedido al menos de rejas y de una eventual desinfección. A esta "planta" deberán ser enviadas todas las aguas de la ciudad de Penco, más las de Lirquén. Dado que la Bahía de Concepción presenta en esta zona una baja profundidad y un régimen hidrodinámico variable y todavía no muy conocido, será necesario evaluar la longitud de este emisario con mucha cautela, para garantizar el respeto a los requisitos para el baño en la costa. Este emisario debería tener un diámetro no inferior a 500 mm y garantizar la dilución requerida para el respeto de estos límites.
También en este caso no es posible entregar una ubicación para la planta y el emisario, al no contar con las cartas 1:25.000 del IGM.

TOME

Situación actual: una parte de las aguas servidas de Tomé se descargan directamente en el mar, en la Bahía de Concepción y, la otra, en el estero Nonquén que atraviesa la ciudad.

Solución propuesta: también en este caso se debe considerar un emisario submarino (diámetro igual a 400 mm), al cual deben llegar todas las aguas de la ciudad, precedido de rejas y de desinfección. Valen las mismas consideraciones hechas para Penco, relativas a la precaución con la que deberá ser evaluada la longitud del emisario, para respetar los requisitos para un uso como balneario.

También en este caso no es posible ubicar la planta ni el emisario, al no disponer de las cartas 1:25.000 IGM.

LOTA

Situación actual: un 75% de la ciudad descarga directamente en el mar al sur de la ciudad, mientras la parte restante lo hace al norte (siempre en el mar).

Solución propuesta: considerando la situación geográfica de la ciudad, que para unir las aguas de la zona norte con los de la zona sur es necesario superar un desnivel de cerca de 35 m, se han identificado las siguientes soluciones (Ane.10.3.3):

a) unir la zona norte con la sur, mediante una elevación, y realizar sólo un emisario submarino, precedido de rejas y de una eventual desinfección;

b) y b') mantener separadas las dos descargas existentes y efectuar dos emisarios submarinos, precedidos de rejas y de desinfección (b:emisario sur, b':emisario norte).

Ambos emisarios deben garantizar condiciones de dilución tales que respeten, al menos, el uso como balneario. Del punto de vista técnico puede parecer preferible la solución de dividir en dos emisarios los efluentes de la ciudad; del punto de vista económico (ver Tab.10.3.16, Tab.10.3.19 y Tab.10.3.20) no parece que exista una diferencia importante entre las dos soluciones (resulta ligeramente más cara la solución de realizar dos emisarios). Las dos hipótesis tendrán que ser estudiadas en detalle, para identificar cuál es técnica y económicamente la más indicada.

10.3.4.4.2 Ciudades que descargan en cursos de agua superficial

LOS ANGELES

Situación actual: la ciudad de Los Angeles tiene varias descargas, principalmente en el estero Quilque y, en menor porcentaje, en el estero Paillihue. La industria IANSA descarga una cierta cantidad de sus propios efluentes en el alcantarillado, en colectores que después llegan al estero Quilque. El estero Quilque es utilizado para riego, en los meses en los cuales se efectúa esta práctica, por parte de la Asociación de Canalistas del Laja. En relación al tratamiento de las aguas residuales de la ciudad, existe un estudio encargado por ESSBIO [SENDOS,1987], en el cual se propone una planta de tratamiento con lagunas, ubicada en la zona oeste de la ciudad, a lo largo del estero Quilque; pero este proyecto no se podrá realizar debido a que el lugar seleccionado ya ha sido ocupado.

Solución propuesta:
a) la solución indicada en SENDOS [1987] no parece óptima, tanto por la enorme cantidad de espacio requerido para las lagunas que sirven a 160.000 habitantes (esta sería la población de Los Angeles en el año 2022), como por las dudas ligadas a la instalación de lagunas de esta extensión no impermeabilizadas (en el caso que se debe impermeabilizar artificialmente la ventaja económica de esta solución se reduce considerablemente) y, por último, por la gestión y la correcta operación de este tipo de plantas. Dada la potencialidad de la ciudad y dadas las características del cuerpo receptor (que se utiliza para riego, con un caudal del orden de los 3 m^3/s), se considera que la planta de tratamiento para Los Angeles debería ser del tipo de lodos activados. La ubicación hipotética de esta planta se encuentra en Ane.10.3.4; permanece siempre al oeste de la ciudad, al norte de la ruta 180 que va hacia Santa Fe. La unificación de las descargas existentes seguiría los mismos criterios descritos en el proyecto SENDOS (bombeo de las descargas que actualmente descargan en el Paillihue, etc.), a pesar que la ubicación de la planta no es coincidente. El efluente depurado por la planta sería descargado en el estero Quilque, teniendo presente la necesidad de efectuar una desinfección, por lo menos en el período de riego. En esta planta debería estar prohibido el ingreso de las aguas de IANSA, o bien debería ser acordado antes de la

construcción de la planta, porque la carga orgánica de la IANSA, como se especifica a continuación, es mayor que la de la ciudad.
b) una eventual solución, que viene sólo considerada como una posibilidad teórica, es la de tratar las aguas residuales de la ciudad conjuntamente con las de la IANSA. Del punto de vista técnico, esta solución sería factible, porque IANSA es una industria alimentaria y entonces sus residuos son casi exclusivamente orgánicos. El tratamiento de estas aguas sería adecuado también para las aguas de la ciudad, las cuales, en términos de carga, representan cerca del 10% de la carga orgánica producida por esta industria. En los efluentes de IANSA, además, una parte es estacional (azúcar) mientras la otra es continua. En esta solución existe la incertidumbre de un acuerdo entre la ciudad y la IANSA, que sea económicamente satisfactorio para ambos y que permita una operación eficiente de la planta. Acuerdos de este tipo son, de hecho, muy difíciles de encontrar en la práctica.

ANGOL

Situación actual: la ciudad descarga en tres ríos: Rehue, Picoiquén (que se une en la misma ciudad) y Huequén, que es un afluente del Malleco, con el cual el Rehue se une a 1 km aguas abajo de la ciudad, dando origen al río Vergara (Ane.10.3.5).

Solución propuesta: la población futura de Angol debería alcanzar a los 62.000 habitantes y, por lo tanto, es necesario una planta tipo lodos activados, según lo entregado en Tab.10.3.14. La ubicación más adecuada parece ser al norte de la ciudad, antes de la confluencia del Rehue con el Malleco, en un área donde actualmente hay terreno disponible.

MULCHEN

Situación actual: se ha realizado recientemente una obra en el cual la descarga, de todas las aguas de la ciudad, se encuentra en la confluencia de los ríos Bureo y Mulchén.

Solución propuesta: la población futura de Mulchén debería ser 27.000 habitantes. La planta de tratamiento debe ser del tipo lecho percolador. Para la ubicación de esta planta se proponen dos hipótesis (Ane.10.3.6):
1) justo en la confluencia de los ríos Bureo y Mulchén. En esta zona existe espacio disponible y se evitaría la necesidad de llegar más lejos con las aguas, pero podría tener problemas de anegamiento y de embancamiento de los ríos, por lo que se debe verificar con más detalle;
2) en alternativa, la planta se podría ubicar al oeste de la carretera Panamericana, pasando esta carretera a lo largo de la línea ferroviaria.
Desde el punto de vista económico, como es obvio (ver Tab.10.3.16, Tab.10.3.19 y Tab.10.3.20), la ubicación 1) es más conveniente, porque se necesita construir una menor longitud de colectores.

LAJA:

Situación actual: la ciudad dispone de dos emisarios, que descargan en el Biobío, antes de la confluencia con el Laja. Cerca de 40 km aguas arriba de la ciudad de Santa Juana, que se abastece de agua del Biobío. Al otro lado del río Laja se encuentra la localidad de San Rosendo, actualmente no dotada de alcantarillado.

Solución propuesta: dada la falta de espacio en las proximidades de la ciudad, la solución considera una planta de lecho percolador, ubicado a lo largo del borde sur del río Laja, cerca de donde descargan actualmente los dos emisarios de la ciudad (Ane.10.3.7). A esta planta serían enviadas, mediante bombeo, también las aguas del alcantarillado de San Rosendo (cuando se encuentre construido). La planta debería servir a una potencialidad de 27.000 habitantes.

NACIMIENTO

Nacimiento se encuentra unida a la localidad de El Progreso y ambas descargan en el río Vergara y Taboleo, justo antes de la confluencia con el Biobío.

Solución propuesta: la población que se debe servir en el año 2022 debería ser cercana a los 25.000 habitantes. La planta será entonces del tipo lecho percolador o, en alternativa, lodos activados. El uso de las lagunas se excluye, debido a las condiciones entregadas en Tab.10.3.14, ya que tratándose de lagunas que se encuentran en la proximidad del río Biobío o del Vergara, tendrían necesariamente una impermeabilización artificial, para impedir una percolación de los efluentes hacia el río, con el consiguiente aumento de precios.

Las ubicaciones propuestas son dos (Ane.10.3.8):

1) al sureste de la confluencia de los ríos Vergara y Biobío. Esta solución implica el bombeo de las aguas de Nacimiento más allá del río Vergara, a lo largo del puente existente;
2) al norte de la ciudad y al este del río Taboleo. Esta solución requeriría el bombeo de las aguas de El Progreso y de una parte de Nacimiento. En este área se podrían presentar los mismos problemas señalados para Mulchén, es decir, el riesgo de inundación y embancamiento del río.

Las dos soluciones resultan, desde el punto de vista económico, casi similares (ver Tab.10.3.16, Tab.10.3.19 y Tab.10.3.20) y la decisión se debe tomar con mayores antecedentes.

COLLIPULLI

Situación actual: la ciudad descarga en el río Malleco, con un desnivel desde la red hasta la descarga de más de 125 m, dado que el río se encuentra en un cañón.

Solución propuesta: la topografía de la zona dificulta la ubicación de la planta porque, como se ha dicho anteriormente, existe un desnivel importante entre el alcantarillado y el punto de descarga. Las soluciones individualizadas son:

a) planta con lecho percolador, ubicada en la zona cercana al cañón (1) o al lado del río Malleco (2) (Ane.10.3.9).
b) sistema de lagunas (aeróbica y anaeróbica) que se podrían localizar, debido a su necesidad de espacio, sólo al lado del río Malleco (2). En este caso se debería estudiar la hidrogeología del terreno, para evaluar la posibilidad de una impermeabilización de las lagunas y evitar la contaminación del río.

Incluso en el caso de realizar las lagunas impermeabilizadas, la solución más económica resulta ser la b), que permite un ahorro de cerca de $25*10^6$ pesos sobre una base anual. En fase de proyecto, de todos modos, se deberá profundizar el estudio de las dos soluciones y se verificará la disponibilidad de área para las lagunas.

YUMBEL Y ESTACIÓN YUMBEL:

Situación actual: estos dos centros, distantes entre ellos unos 4 km, descargan en el río Claro, en un punto cercano al puente sobre el mismo río (Ane.10.3.10).
Solución propuesta: las dos descargas se encuentran cercanas una de la otra y, por lo tanto, es correcto pensar en una planta de tratamiento única, constituida por un sistema de lagunas (aeróbica-anaeróbica). Tales lagunas estarían ubicadas al norte del puente, considerando el hecho que el caudal mayor debería venir de la localidad de Yumbel, que no se bombearía para atravesar el río Claro. También en este caso se deberá evaluar la posibilidad de una impermeabilización de las lagunas.

HUALQUI
Situación actual: actualmente no cuenta con una red de alcantarillado, por lo que no existe una

descarga puntual en el río Biobío. En el momento en que se comience a construir el alcantarillado, debería ser construido simultáneamente con la planta de tratamiento, porque esta ciudad es la más próxima al punto donde se capta el agua del Biobío para abastecer a Concepción y Talcahuano (planta La Mochita). Se debe destacar que a pesar que actualmente no cuenta con alcantarillado puede ser uno de los centros responsables de las características microbiológicas del Biobío aguas abajo, que se encuentra en Clase D en los períodos de menor caudal (ver Par.8.1).

Solución propuesta: además de la solución analizada anteriormente, de llevar las aguas residuales de Hualqui hasta Concepción, incluyéndolas en el tratamiento para esta ciudad; se ha analizado otra solución, representada por una planta lecho percolador, ubicada en uno de los dos puntos indicados en Ane.10.3.11. La decisión entre estas dos ubicaciones depende de las características del terreno y de la previsión de desarrollo de estas áreas urbanas.
La hipótesis de agregar las aguas de Hualqui en la planta centralizada de Concepción necesita la construcción de un colector de cerca de 13 km de longitud, que tiene asociado el ahorro por la no construcción de una planta en Hualqui, y la ventaja de llevar las aguas, independientemente de su depuración y del tiempo en realizarlo, aguas abajo de La Mochita, protegiendo, de esta manera, esta fuente de abastecimiento.

CABRERO

Situación actual: tiene un emisario que descarga en el estero Coihueco. En la proximidades de la descarga se ha construido recientemente una laguna aeróbica, todavía no en funcionamiento, de cerca de 11 hectáreas (Ane.10.3.12). Se trata, por lo tanto, de verificar si esta laguna será adecuada para tratar las descargas urbanas en el año 2022, con cerca de 12.000 habitantes. Considerando que la profundidad de la laguna parece ser 50-60 cm, en base al gráfico de Oswald [Metcalf & Eddy, 1979], resulta que en condiciones invernales la laguna puede depurar cerca de 70 kg DBO por hectárea al día, lo que da un total de 770 kg DBO. Considerando un aporte de 54 g BDO por habitante, resulta que la DBO producida por los habitantes de Cabrero, al 2022, es igual a 650 kg/día. La laguna parece, por lo tanto, adecuada para cubrir las necesidades futuras.

MONTE AGUILA

Situación actual: actualmente no cuenta con red de alcantarillado.

Solución propuesta: realizar un tratamiento mediante lagunas (acróbica-anaeróbica), ubicadas en las proximidades del estero Monte Aguila (Ane.10.3.13) y con descarga en el mismo. Dado que el abastecimiento hídrico de Monte Aguila se efectúa mediante pozos, deberá ser evaluado atentamente el eventual riesgo de contaminación de estos pozos por parte de la laguna. A continuación de esta evaluación, se podrá decidir la ubicación más adecuada y la necesidad de impermeabilización de las lagunas.

SANTA JUANA

Situación actual: actualmente no cuenta con red de alcantarillado. Valen para Santa Juana algunas de las consideraciones hechas a propósito de Hualqui, es decir, la necesidad de proceder simultáneamente con la realización del alcantarillado y la planta de tratamiento, porque la descarga puntual sin depuración empeoraría las condiciones cualitativas del río en la zona donde se encuentra la planta de captación aguas abajo.
Solución propuesta: se propone un sistema de lagunas (aeróbica-anaeróbica), seguidas de una etapa de desinfección, utilizable cuando las condiciones lo requieran (bajo caudal del Biobío, baja eficiencia de abatimiento de los coliformes en la laguna, etc.). Las lagunas podrían estar ubicadas al oeste de la ciudad, a lo largo del camino que une Santa Juana con Concepción (Ane.10.3.14). Dada la cercanía con el río, es necesario considerar la impermeabilización de tales lagunas.

SANTA BÁRBARA

Situación actual: descarga sus aguas residuales en el río Biobío, a través de dos emisarios, uno de los cuales (el que sirve a la menor parte de la población) cuenta con una fosa séptica.

Solución propuesta: como se puede observar en Ane.10.3.15, en las proximidades de Santa Bárbara el río Biobío tiene un lecho amplio y un curso variable, por lo cual no se puede garantizar la posibilidad de descargar el efluente de la planta de tratamiento en aguas corrientes. Además, la ubicación de la planta y de la descarga debe ser al oeste de la ciudad, porque aguas arriba se encuentra la captación de agua potable de la misma ciudad. La solución individualizada, en base a las consideraciones precedentes y de la exigencia de obtener un efluente bien depurado (dada las condiciones de poca o nula mezcla de la descarga), es la de una planta de lecho percolador, con una desinfección final utilizable cuando sea necesario, ubicada en el borde norte del Biobío.

QUILACO

Situación actual: cuenta con una fosa séptica al final de la red de alcantarillado, que se ubica cercana a un brazo secundario del Biobío.

Solución propuesta: a pesar de la cercanía con Santa Bárbara, no se ha considerado conveniente unir las aguas de Quilaco con las de Santa Bárbara, porque el costo de las obras de unificación y de elevación habría sido mayor al costo de la realización de un tratamiento en el lugar, dadas las pequeñas dimensiones de esta localidad (cerca de 1.000 habitantes en 2022). La solución identificada preve la sustitución de la actual fosa séptica por un estanque Imhoff, ubicado en el mismo lugar (Ane.10.3.15).

RENAICO

Situación actual: la localidad descarga en el río Renaico, por medio de dos emisarios.

Solución propuesta: una planta de tratamiento con lagunas (aeróbica-anaeróbica), con una descarga en el río Renaico. Las lagunas se podrían ubicar (Ane.10.3.16) al oeste de la ciudad, atravesando un pequeño canal de riego.

NEGRETE

Situación actual: descarga sus efluentes en el río Biobío, por medio de un emisario ubicado al oeste de la ciudad.
Solución propuesta: realizar un estanque Imhoff, seguido de un lecho percolador, ubicados al oeste de la ciudad, cercanos al río Biobío (Ane.10.3.17). La disponibilidad de espacio es muy limitada y, por lo tanto, no parece adecuado un tratamiento con lagunas.

LOS SAUCES
Situación actual: descarga sus aguas residuales en el río Rehue, por medio de un emisario.
Solución propuesta: realización de un estanque Imhoff, seguido de una laguna aeróbica, ubicado al norte de la localidad, cerca del punto de descarga actual (Ane.10.3.18).

POBLACION CANTERAS
Situación actual: no cuenta con servicio de alcantarillado.
Solución propuesta: realización de un estanque Imhoff, seguido de una laguna aeróbica.

QUILLECO
Situación actual: no cuenta con servicio de alcantarillado.
solución propuesta: realización de un estanque Imhoff, seguido de una laguna aeróbica, con una descarga del efluente en el estero Quilleco (Ane.10.3.19).

LONQUIMAY
Situación actual: descarga en el río Lonquimay, por medio de un emisario.
Solución propuesta: realización de un estanque Imhoff, seguido de una laguna aeróbica, localizada cerca de la actual descarga en el río Lonquimay.

VILLA MERCEDES
Situación actual: no cuenta con servicio de alcantarillado.
Solución propuesta: realización de un estanque Imhoff, seguido de una laguna aeróbica.

MININCO
Situación actual: no cuenta con servicio de alcantarillado.
Solución propuesta: realización de un estanque Imhoff, seguido de una laguna aeróbica, ubicados al norte de la localidad, con una descarga en el estero Mininco (Ane.10.3.20).

TUCAPEL
Situación actual: no cuenta con servicio de alcantarillado.
Solución propuesta: realización de un estanque Imhoff, seguido de una laguna aeróbica, ubicados al nor-oeste de la localidad, con una descarga en el río Laja (Ane.10.3.21).

ERCILLA
Situación actual: no cuenta con servicio de alcantarillado.
Solución propuesta: realización de un estanque Imhoff, seguido de una laguna aeróbica, ubicada al noroeste (1) o al oeste (2) de la localidad, según la disponibilidad de espacio (Ane.10.3.22). Del punto de vista, económico las dos soluciones son equivalentes (ver Tab.10.3.16, Tab.10.3.19 y Tab.10.3.20).

VILLA TIJERAL
Situación actual: no cuenta con servicio de alcantarillado.
Solución propuesta: realización de un estanque Imhoff, seguido de una laguna aeróbica, ubicados al norte de la localidad, con una descarga en el río Vergara (Ane.10.3.23).

SANTA FE
Situación actual: no cuenta con servicio de alcantarillado.
Solución propuesta: realización de un estanque Imhoff, seguido de una laguna aeróbica.

10.3.4.5 Costos de construcción de las plantas de tratamiento

En la evaluación de los costos de realización de las plantas de tratamiento, se deben considerar los costos de los colectores que llevan las aguas a las plantas y de los emisarios que las descargan depuradas en el cuerpo receptor final.
Es claro que para poder estimar correctamente estos costos, es necesario conocer la ubicación exacta de la planta, lo que no es posible en este nivel de prefactibilidad.
En Par.10.3.4.4 se han descrito las soluciones de plantas adecuadas para cada ciudad y se han identificado las posibles ubicaciones.
Aunque son ubicaciones solo hipotéticas, se hará de todas maneras referencia a ellas para la estimación del costo de los colectores de aducción y de descarga. El costo, así evaluado, no será correspondiente con los costos reales que tendrán estas obras, una vez que se haya decidido la ubicación efectiva, pero sirven para hacer una comparación estre las distintas hipótesis de solución propuestas y para entregar un orden de magnitud de la inversión.
Los costos unitarios de base para el cálculo han sido entregados por ESSBIO [Moreno,L., comunicación personal] y son los entregados en Par.10.3.1.
Los costos entregados por ESSBIO cubren todos los diámetros hasta 900 mm. Para dimensiones superiores, se han extrapolado los valores del costo según una función lineal, hasta el diámetro 2.000 mm. La extrapolación lineal se justifica por la observación de Fig.10.3.1, en la cual se evidencia un comportamiento casi lineal del costo de un diámetro mayor a 400 mm, que se encuentra dentro del nivel de aproximación requerido para una planificación.
Los costos adoptados, actualizados a junio de 1992, se resumen en Tab.10.3.16 y se encuentran en Fig.10.3.17. Los costos de los colectores ha realizar se encuentran en Tab.10.3.16.
Para la estimación del costo de plantas de tratamiento no ha sido posible referirse, a parte de

Tab. 10.3.16 - Costo de construcción de colectores (10^3 Pesos)

Diámetros (mm)	200	300	400	600	700	900	1200	1400	1600	Costo (10^3 Pesos)	Gasto anual amortización
Concepción-Talcahuano-Chiguayante											
a/1					2200		5500	5000		1.477.800	86.100
a/2			2500		4000			5000	6000	1.978.250	115.300
b/1					2200	11000		5500	5000	2.647.450	154.300
b/2			2500		4000	11000		3000	8000	2.964.650	172.800
c/1		10000			2200	11000		5500	5000	2.869.450	167.200
c/2		10000	2500		4000	11000		3000	8000	3.186.650	185.700
d/2								11000		1.525.700	88.900
Talcahuano						5000				429.000	25.000
San Pedro				5000						258.500	15.100
Coronel											
a)				3000						155.100	9.000
b)											0
b')											0
Penco	s.i.										s.i.
Lota											
a)		2500								55.500	3.200
b)											0
b')											0
Tomè	s.i.										s.i.
Los Angeles						3000				257.400	15.000
Angol			3800	1500						182.050	10.600
Mulchen											
1)			100							2.750	200
2)			1350							37.125	2.200
Nacimiento			3000							82.500	4.800
Collipulli											
a/1		900								19.980	1.200
a/2		1100								24.420	1.400
b		1100								24.420	1.400
Laja		1850								41.070	2.400
San Rosendo	1250									21.250	1.200
Hualqui											
1)		300								6.660	400
2)		1550								34.410	2.000
Cabrero		50								1.110	100
Santa Juana		600								13.320	800

(Continúa)

Tab. 10.3.16 - *(Continuación)*

Diámetros (mm)	200	300	400	600	700	900	1200	1400	1600	Costo (10^3 Pesos)	Gasto anual amortización
Yumbel-Y.Est.		350								7.770	500
Monte Aguila		700								15.540	900
Santa Barbara		1550								34.410	2.000
Renaico	800									13.600	800
Negrete		550								9.350	500
Los Sauces		750								12.750	700
Quilleco		650								11.050	600
Lonquimay										0	0
Villa Mercedes	200									3.400	200
Mininco	900									15.300	900
Pob. Canteras	200									3.400	200
Tucapel	1500									25.500	1.500
Ercilla											
1)	450									7.650	400
2)	450									7.650	400
Villa Tijeral	500									8.500	500
Quilaco	400									6.800	400

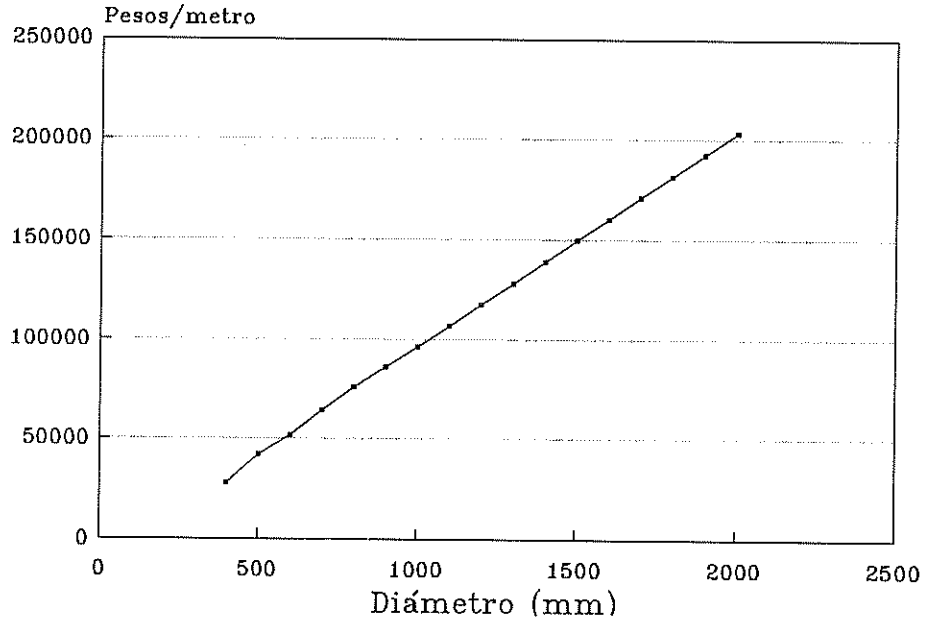


Fig.10.3.17 Costos de construcción por metro lineal, actualizados a 1992, utilizados para estimar el costo de la realización de los colectores de aducción a las plantas de tratamiento

pocas excepciones, a costos de obras similares realizadas en Chile, dado que prácticamente no existen obras de este tipo.
Se ha necesitado efectuar, por lo tanto, una estimación indirecta, en base a costos italianos, adecuadamente transformados al valor chileno, o bien, en base a costos unitarios a nivel de prefactibilidad estimados utilizando el libro de precios chileno de la construcción (ONDAC de junio 1992).
A continuación se describe el procedimiento para estimar los costos de las distintas obras:
Plantas de elevación
Se ha referido a los costos de plantas de elevación de aguas residuales, en función de la potencia instalada, entregada en SENDOS [1988]. Tales costos, actualizados a 1992, se entregan en Fig.10.3.18. Se puede observar que los valores, en función de la potencia instalada, recuperados del trabajo citado, se ajustan bien a una recta, a la cual se hará referencia para la estimación de los costos de construcción de las plantas de elevación, incluidos los equipos, la obra civil y la instalación eléctrica. Para valores menores a 20 kW, el gráfico entrega valores que no son reales. Para las plantas de tratamiento de pequeña potencialidad, se han adoptado costos menores, iguales a 5.000.000 pesos para plantas de elevación hasta 2 kW y 10.000.000 de pesos para plantas de elevación de hasta 10 kW.
Se ha considerdo que la altura que se debe entregar a la entrada de las plantas de tratamiento sea:

Laguna 2 m
Estanque Imhoff 2 m

En el costo de las plantas completas de lodos activados o lecho percolador, descritos a continuación, se entienden incluidos el costo de la planta de elevación a la entrada.

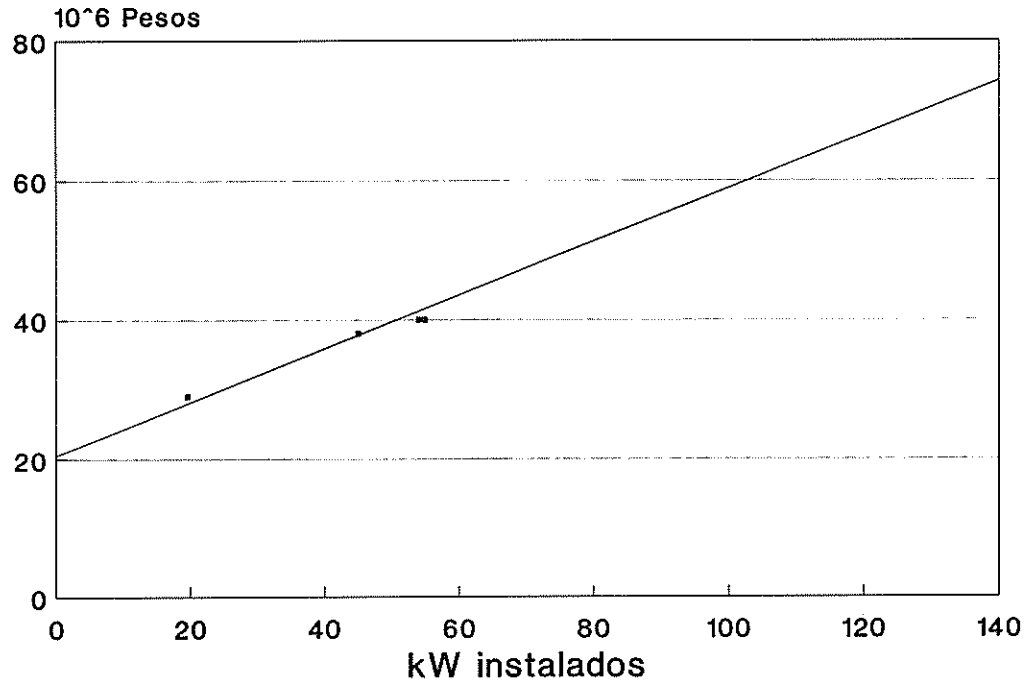


Fig.10.3.18 Curva para estimar los costos de construción de las plantas de elevación, en función de la potencia instalada

Estanque Imhoff

Se ha hecho referencia a los costos actualizados, entregados por un estudio técnico chileno [Dames&Moore, Santiago], relativos al costo de construcción, incluido también el costo de una bomba de elevación para distintas potencialidades:

1.000 habitantes	4.500.000 pesos
4.000 habitantes	7.000.000 pesos

Lagunas

Según lo publicado en SENDOS [1988], la mayor parte del costo de construcción de las lagunas está constituido por el costo de excavación, realización de terraplenes y expropiación del terreno. Estos tres valores cubren, de hecho, en los tres proyectos contenidos en este trabajo, el 70% del costo total de la obra.

La estimación del costo de construcción de las lagunas ha sido efectuada evaluando caso por caso los tres aspectos precedentes (expropiación, excavación y realización de terraplenes), en base a los siguientes parámetros proyectuales:

laguna aeróbica: 1.5-2 m^3/habitante, profundidad de 0.5 m;
laguna anaeróbica: 4 m^3/habitante, profundidad de 4 m
y de los siguientes costos unitarios, tomados del Manual ONDAC (junio de 1992):

excavación	:	855 pesos/m^3
terraplenes	:	2.200 pesos/m^3
expropiación	:	210 pesos/m^2
preparación fondo	:	150 pesos/m^2

Estas estimaciones no consideran la capa impermeabilizante, eventualmente necesaria, cuando las condiciones hidrogeológicas del terreno no garanticen una adecuada impermeabilidad y la protección del terreno y de la napa existente. El costo de la impermeabilización se ha estimado en 5.000 pesos/m^2, incluida la instalación. Para todas las lagunas consideradas se han evaluado los dos costos, con o sin capa de impermeabilización.

Planta completa de lodos activados

La estimación del costo de estas plantas es seguramente la más problemática, por cuanto no existen referencias en Chile.
Se ha considerado que la estimación más adecuada podría ser obtenida partiendo de un costo actualizado de estas obras en las situación italiana y transformarlo a la realidad chilena, en base a las tablas que entregan la ponderación de las distintas categorías de trabajo en las obras civiles y en los equipos electromecánicos. La estimación del costo de las plantas de lodos activados realizadas actualmente en Italia, se ha efectuado en base a criterios contenidos en Beccari et al. [1981] e Iannelli [1974], procediendo a la actualización de los costos a 1992. De este modo ha sido posible estimar incluso el costo de cada unidad de la planta, como las rejas, el tratamiento primario o la desinfección, que han sido consideradas, en algunos casos, como unidades por sí mismas. Obtenido el costo actual en liras italianas, se ha determinado el costo en pesos chilenos utilizando Tab.10.3.17 y Tab.10.3.18, que entregan la ponderación de las distintas categorías de trabajo en las obras civiles y en la instalación de equipos electromecánicos. La Tab.10.3.17 es la contenida en el Decreto Ministerial 11 diciembre 1978 [Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana n.357 del 23 diciembre 1978], mientras en Tab.10.3.18 es la propuesta en Beccari et al. [1981]. El traspaso a la realidad chilena se ha efectuado comparando los costos unitarios de los materiales y de los equipos, en base a una lista de precios italianos y chilenos de las obras civiles y considerando que el costo de la mano de obra en Chile es 1/7 del costo en Italia.
Se han obtenido así las relaciones entre los costos en pesos chilenos y en liras italianas, que resultan ser:

0.62 para las obras civiles;
0.68 para los equipos electromecánicos.

En Fig.10.3.19 se entrega la curva del costo así

Tab. 10.3.17 - Factores convencionales de incidencia para adoptarse en el cálculo de las obras civiles

A) Mano de obra			32 %
B) Materiales:			
1) Cemento 425	kg	11 %	
2) Arena	m^3	4 %	
3) Grava	m^3	7 %	
4) Fierro FeB 38K	kg	15 %	
5) Madera a medida	m^3	7 %	
			44 %
C) Trasporte:			
6) Camión	q/km	10 %	
D) Equipos:			
7) Excavador	hora	3 %	
8) Grúa	hora	5 %	
9) Betonera	hora	6 %	
			14 %
	Total		100 %

Tab. 10.3.18 - Porcentaje de incidencia de las distintas categorías de trabajo en la instalación y construcion de equipos electromecanicos

Elemento de costo	Unidad de medida	incidencia (%)	total (%)
Mano de obra(*)		35	35
Materiales:			
cobre	kg	5	
chapas	kg	17	
tubos de acero	kg	8	
Fierro fundido	kg	15	
			45
Equipos y transporte			
elevador	h	10	10
otros	10	10	
			100

(*) *Se considera una cuadrilla tipo formada de un obrero especializado, un obrero calificado y 2 obreros.*

elaborado, que sirve para estimar los costos asociados, expresados como pesos por habitante servido, en función de la potencialidad de la planta. Estos costos corresponden a la planta de lodos activados completa. En Fig.10.3.20 se entregan los costos de cada unidad (rejas, sedimentación primaria y desinfección). En las plantas en las cuales se ha considerado sólo un tratamiento primario, antes de la descarga mediante un emisario submarino, se ha estimado un costo de construcción del tratamiento de los lodos producidos en el sedimentador igual a 5.000 pesos por habitante servido.

Planta completa lecho percolador

Para estimar los costos de estas plantas se ha procedido análogamente a lo descrito para las plantas con lodos activados, modificando el costo del estanque de aireación por el del lecho percolador.
El costo de este último ha sido evaluado en base a los costos de excavación, de las obras civiles y del material del lecho, para el cual se ha considerado un precio de 5.200 pesos/m^3 (correspondiente al valor de la "piedra huevillo" 2 a 3 cm de ONDAC) y el uso de material plástico requerido, para el cual se ha considerado el mismo precio medio de este material en Italia (260.000 liras italianas/m^3, correspondientes a 70.300 pesos/m^3). Se ha tenido en cuenta también las distintas exigencias estructurales relacionadas al uso de materiales naturales o de material plástico.
Se han obtenido, de esta manera, los gráficos de costos (ver Fig.10.3.21), según el material empleado. En la estimación de los costos se ha utilizado el valor correspondiente al material natural.

Emisarios submarinos

Una estimación de los costos de construcción de los emisarios submarinos en acero, con revestimiento externo bituminoso, más hormigón, y revestimiento interno de resina epóxica, se entrega en Fig.10.3.22. Estos costos consideran también los necesarios anclajes de los conductos y son válidos hasta una profundidad máxima terminal de 50 m. No comprenden el costo de la

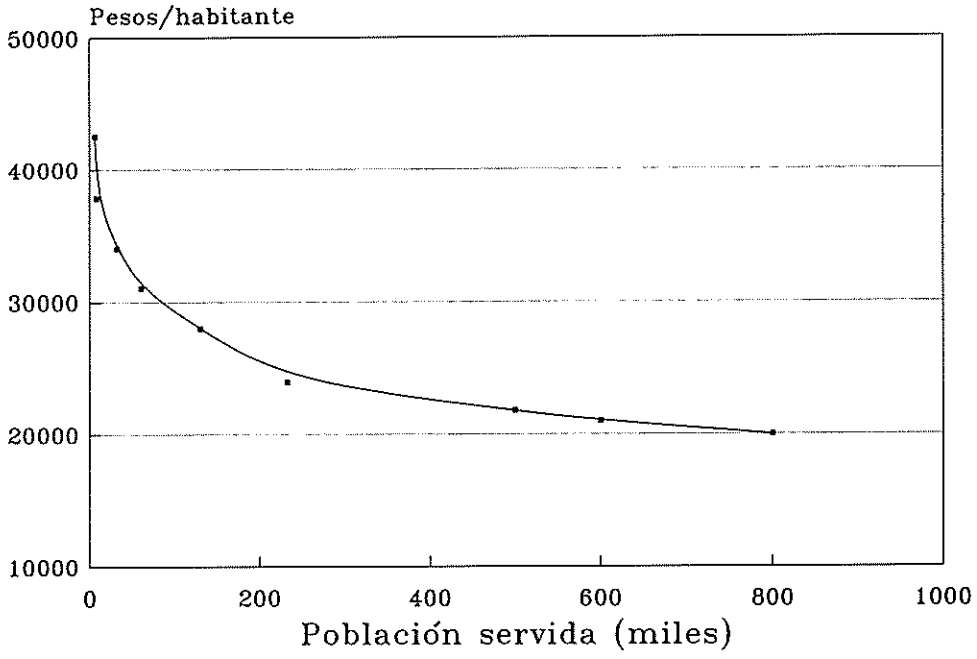


Fig.10.3.19 Curva para estimar los costos de construcción, por habitante servido, de las plantas con lodos activados completas, actualizados a 1992

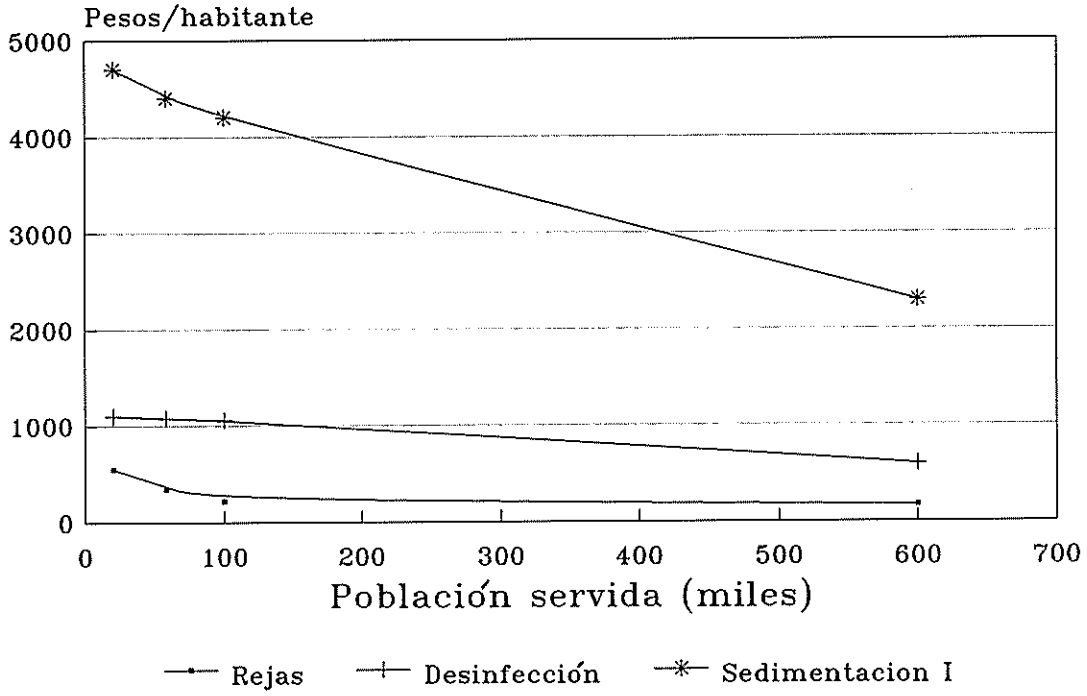


Fig.10.3.20 Curva para estimar los costos de construcción, por habitante servido, de algunas fases de tratamiento, actualizados a 1992

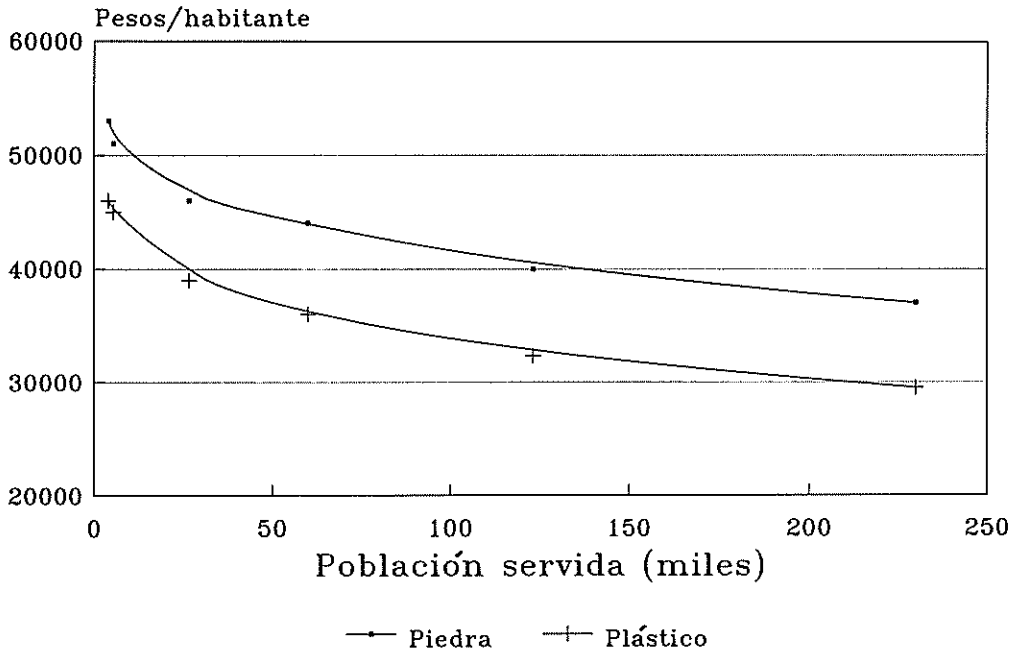


Fig.10.3.21 Curva para estimar los costos de construcción, por habitante servido, de las plantas de lechos percoladores, actuallizados a 1992

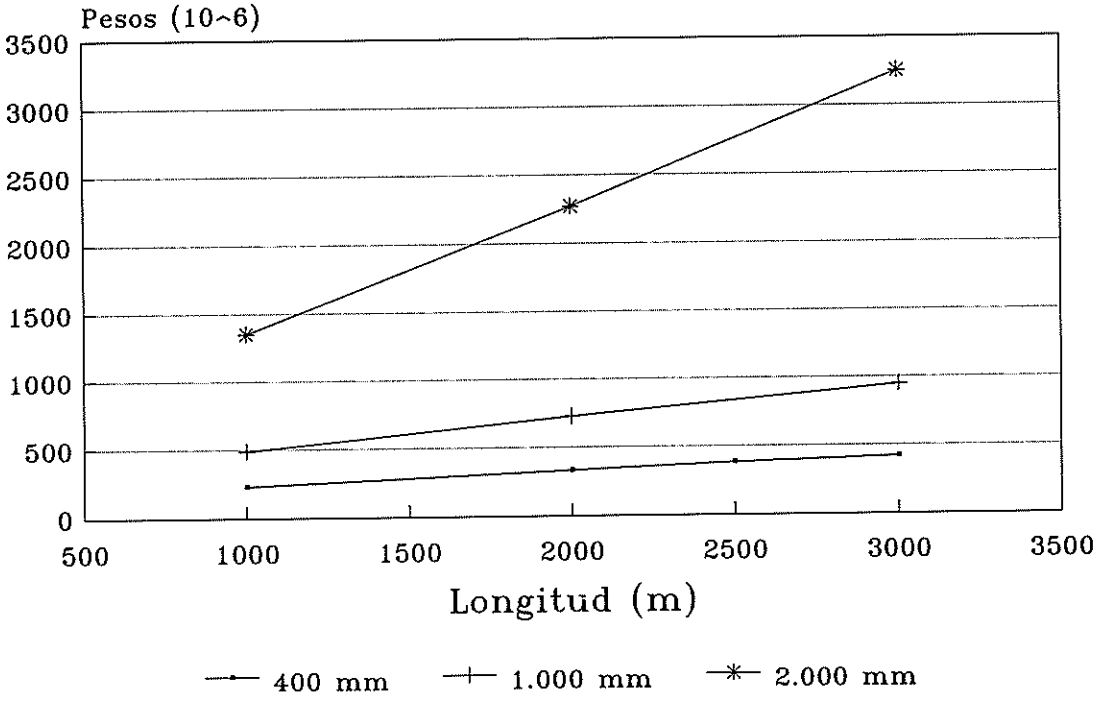


Fig.10.3.22 Curva para estimar los costos de construcción de emisarios submarinos, de distintos diámetros y longitudes

Tab. 10.3.19 - Costos de construcción de las plantas de tratamiento previstas para las ciudades de la cuenca (costos en miles de pesos chilenos, junio 1992)

Ciudad	Sol.	REJAS	IMHOFF o SEDIM.	LAGUNA	LAG.+ PLAN.	DESINFEC-CION	PLAN. COMPLET (L.A. o L. P.)
Renaico		10.000		58.000	184.000	3.000	
Collipulli	a)						702.000
	b)	15.000		173.000	543.000	6.500	
Santa Juana		13.500		96.000	304.000	4.000	
Yumbel		12.500		67.200	214.000	3.500	
Monte Aguila		13.300		86.500	274.000	4.000	
Negrete			7.000			2.000	45.000
Santa Fè			7.000	16.800	121.800	2.000	
Los Sauces			6.000	14.500	104.500	1.900	
Quilleco-Lonquimay			5.500	12.200	87.200	1.650	
Quilaco			4.500				
Villa Mercedes..Tucapel		5.000	10.500	70.500	1.400		
Ercilla V.Tijeral			4.500	7.500	52.500	1.200	
Conceepion...	a/1	193.500	1.613.000			516.000	
	a/2	193.500	1.613.000			516.000	
	b/1	262.800	2.190.000			700.800	
	b/2	262.800	2.190.000			700.800	
	c/1	267.000	2.225.000			712.000	
	c/2	267.000	2.225.000			712.000	
	d/2	169.500	1.412.500			452.000	
Talcahuano		69.300	577.500			170.400	
Coronel	a)	39.000	530.000			130.000	
	b)	26.000				78.000	
	b')	26.000				78.000	
Lota	a)	22.000				66.000	
	b)	20.500				49.500	
	b')	9.100				16.500	
Tomè		22.500				54.000	
Los Angeles							4.664.000
Angol							2.232.000
Penco		26.000				78.000	
San Pedro		32.000				96.000	
Mulchen							1.053.000
Hualqui							615.000
Laja							1.053.000
Nacimiento-El progr.	1)					975.000	
	2)						975.000
Santa Barbara			14.000			4.000	

(Continúa)

Tab. 10.3.19 - *(Continuación)*

Ciudad	Sol.	EMISARIO	ELEVACION	TRAT. LODOS	TOTAL	GASTO ANUAL DE AMORTIZACION
Renaico		5.000			76.000/202.000	3.000
Collipulli	a)				702.000	56.300
	b)	10.000			204.500/574.500	16.400/46.100
Santa Juana		5.000			118.500/326.500	9.500/26.200
Yumbel		10.000			93.200/240.000	7.500/19.200
Monte Aguila		5.000			108.800/296.300	8.700/23.800
Negrete		5.000	59.000	4.700		
Santa Fè		5.000			30.800/135.800	2.500/10.800
Los Sauces		5.000			27.400/117.400	2.200/9.400
Quilleco-Lonquimay		5.000			24.350/99.350	2.000/8.000
Quilaco		5.000			9.500	800
Villa Mercedes.Tucapel		5.000			21.900/81.900	1.800/6.600
Ercilla V.Tijeral		5.000			18.200/63.200	1.500/5.100
Concecpio - Talcahuano - San Pedro - Chiguayante – Hualqui	a/1	1.900.000	445.000		4.667.500	374.500
	a/2	1.900.000	173.000		4.395.500	352.700
	b/1	2.400.000	660.000		6.213.600	498.600
	b/2	2.400.000	193.000		5.746.600	461.100
	c/1	2.400.000	660.000		6.264.000	502.600
	c/2	2.400.000	193.000		5.797.000	465.200
	d/2	1.500.000	110.000		3.644.000	292.400
Talcahuano		680.000	48.000		1.545.200	124.000
Coronel	a)		145.000	650.000	1.494.000	119.900
	b)		58.000	325.000	487.000	39.100
	b')	450.000	30.000	325.000	909.000	72.900
Lota	a)	400.000	44.000	275.000	807.000	64.800
	b)	350.000	20.000	206.000	646.000	51.800
	b')	200.000	10.000	70.000	305.600	24.500
Tomè		400.000	33.000	225.000	734.500	58.900
Los Angeles					4.664.000	374.300
Angol					2.232.000	179.100
Penco		450.000	30.000		584.000	46.900
San Pedro		550.000	30.000		708.000	56.800
Mulchen					1.053.000	84.500
Hualqui					615.000	49.300
Laja			5.000		1.058.000	84.900
Nacimiento-El progr.	1)		20.000		995.000	79.800
	2)		5.000		980.000	78.600
Santa Barbara					96.750	7.800

(*) *El primer costo corresponde a laguna sin impermeabilización, el segundo a lagunas impermeabilizadas L.A.: lodos activados; L.P.: lecho percolador*

planta de bombeo. Al no conocer las longitudes efectivas de los emisarios, como se ha explicado en Par.10.3.4.4.1, la estimación de los costos para las distintas soluciones se debe considerar sólo como indicativa.
Para todas las plantas de tratamiento, a excepción de las lagunas, no se ha considerado el precio del terreno, considerando que éste puede ser muy variable entre las distintas soluciones.
En Tab.10.3.19 se resumen los costos de construcción de las plantas de tratamiento consideradas en la cuenca, según los esquemas ya indicados en Tab.10.3.14. Donde ha sido posible, se han subdividido los costos para las distintas fases de las plantas. Los costos de construcción se han evaluado como gastos de amortización anual, en la hipótesis de una vida útil de las obras de 20 años y de una tasa media anual de interés igual al 5%, según la siguiente fórmula:

$$r = i*(1 + i)^n/((1 + i)^n - 1)$$

donde:
r = gasto anual de amortización, para multiplicar por el costo de la inversión para obtener el gasto anual de amortización;
i = tasa de interés medio anual;
n = vida útil prevista para la obra.

En base a los gastos anuales así calculados, de los costos de los colectores (Tab.10.3.16), también calculados en términos de los gastos anuales de amortización y de los costos de ejercicio (ver Tab.10.3.20), se han calculado para cada año los costos de las soluciones propuestas, para permitir una comparación entre ellas. Estos costos totales se entregan en Tab.10.3.21.

10.3.4.6 Costos de ejercicio de las plantas de tratamiento

Los costos de ejercicio de las plantas de tratamiento, que cubren casi la totalidad de los gastos de operación, son:
- personal;
- energía eléctrica;
- costo de transporte y disposición final de los lodos.

La estimación de estos costos anuales ha sido efectuada con los siguientes criterios:

Personal: se han considerado cinco calificaciones para el personal que trabaja en las plantas, cuyo costo anual se ha estimado en:

Obrero	: 1.560.000 Pesos/año
Operario	: 3.250.000 Pesos/año
Perito	: 5.200.000 Pesos/año
Universitario	: 7.000.000 Pesos/año

(como jefe de laboratorio o ayuda del director)

Director	: 10.400.000 Pesos/año

La necesidad de personal se ha evaluado caso por caso en base a las indicaciones entregadas en Tab.10.3.20.
Energía eléctrica: se ha asumido un costo por kWh igual a 25 pesos, obtenido actualizando el precio de un kWh entregado en los boletines de ESSBIO.
El consumo de energía de proceso se ha considerado nulo para las plantas de tratamiento de tipo laguna y de estanque Imhoff, sí se ha considerado un consumo debido a la elevación a la entrada de la planta (2 m de carga). Para las plantas de tratamiento completas, se han adoptado los siguientes consumos por habitante servido:
30 kWh/habitante/año, para lodos activados
22 kWh/habitante/año, para lecho percolador
(incluido el costo de elevación a la entrada de la planta)

El consumo de energía por unidades de planta (por ejemplo sedimentador primario) ha sido evaluado reduciendo adecuadamente los valores precedentes.
En los casos en que se han considerado plantas de elevación en los colectores que llegan a la planta, el consumo energético de éstas se ha estimado según la fórmula: E = 159 * Q * H, donde E se expresa en kWh/año, Q es el caudal medio elevado (l/s) y H la altura en metros.
Disposición final de los lodos: se considera el costo del transporte y de la disposición en vertedero

Tab. 10.3.20 - Costos de operación en base anual de las plantas (costos en miles de pesos chilenos en junio 1992)

Ciudad	Sol.	PERSO-NAL	ENERGIA			DISPO. LODOS	MAN. LAGUNAS	TOTAL
			planta	Elevac.	Elv.emisario			
Renaico		1.560	111				630	2.301
Collipulli	a)	11.570	9.900					21.470
	b)	3.120	330				1.900	5.350
Santa Juana		1.560	184				1.050	2.794
Yumbel		1.560	129	110			735	2.534
Monte Aguila		1.560	165				950	2.675
Negrete		1.560	1.500					3.060
Santa Fé		780	64				630	1.474
Los Sauces		780	55				540	1.375
Quilleco-Lonquimay		780	46				450	1.276
Quilaco		780						780
Villa Mercedes..Tucapel		780	37				360	1.177
Ercilla V.Tijeral		780	28				270	1.078
Concepción	a/1	35.000	80.625	72.525	44.500	355.000		587.650
	a/2	35.000	80.625	9.200	44.500	355.000		524.325
	b/1	45.000	109.500	110.000	60.500	483.000		808.000
	b/2	45.000	109.500	9.200	60.500	483.000		707.200
	c/1	45.000	111.300	111.500	61.500	490.000		819.300
	c/2	45.000	111.300	9.200	61.500	490.000		717.000
	d/2	29.000	70.700		40.000	311.500		451.200
Talcahuano		24.000	28.900		16.000	128.000		196.900
Coronel	a)	15.000	16.250	18.000	9.000	71.540		129.790
	b)	6.500	1.630		4.500		12.630	
	b')	6.500	1.630		4.500		12.630	
Lota	a)	6.500	1.400	4.430	3.800			16.130
	b)	3.250	1.000		2.850			7.100
	b')	3.250	400		950			4.600
Tomé		6.500	1.100		3.600			11.200
Los Angeles		60.000	120.000			138.000		318.000
Angol		37.400	46.500			53.650		137.550
Penco		15.000	1.650		4.000		20.650	
San Pedro		20.000	2.000		5.500			27.500
Mulchén		15.300	14.850			20.440		50.590
Hualqui		8.300	7.700					16.000
Laja		15.300	14.850	300				30.450
Nacimiento-El progr.	1)	14.000	13.000	1.400				28.400
	2)	14.000	13.000	350			27.350	
Santa Bárbara		4.810	2.625					7.435

de los lodos, por cuanto se considera que el costo de una disposición final en agricultura tiene costo nulo.
El costo actual de la disposición final en vertedero de residuos sólidos es de cerca de 5.600 pesos/m3 (valor calculado para la ciudad de Los Angeles). Considerando que este costo debe aumentar en el momento en que se realicen descargas que cumplan con los requisitos técnicos y de operación de ellos y, considerando el costo de transporte, se ha estimado un costo total de este proceso igual a 7.000 pesos/m^3.

En Tab.10.3.21 se entregan los costos anuales de ejercicio de las plantas de tratamiento propuestas para la cuenca.

Tab. 10.3.21 - Resumen de los costos anuales totales (miles de pesos chilenos)

	Gasto anual construcción	Gasto anual construcción	Costo anual ejercicio	Gasto anual colectores	Total anual lagunas imper	Total anual lagunas imper.
Concepción-Talcahuano Chiguayante-San Pedro						
a/1	374.500		587.650	86.100	1.048.250	
a/2	352.700		524.325	115.300	992.325	
b/1	498.600		808.000	154.300	1.460.900	
b/2	461.100		707.200	172.800	1.341.100	
c/1	502.600		819.300	167.200	1.489.100	
c/2	465.200		717.000	185.700	1.367.900	
d/2	292.400		451.200	88.900	832.500	
Talcahuano	124.000		196.900	25.000	345.900	
San Pedro	56.800		27.500	15.100	99.400	
Coronel						
a)	119.900		129.790	9.000	258.690	
b)	39.100		12.630	0	51.730	
b')	72.900		12.630	0	85.530	
Penco	46.900		20.650	s.i.	67.550	
Lota						
a)	64.800		16.130	3.200	84.130	
b)	51.800		7.100	0	58.900	
b')	24.500		4.600	0	29.100	
Tomé	58.900		11.200	s.i.	70.100	
Los Angeles	374.300		318.000	15.000	707.300	
Angol	179.100		137.550	10.600	327.250	

(Continúa)

Tab. 10.3.21 - *(Continuación)*

	Gasto anual construcción	Gasto anual construcción	Costo anual ejercicio	Gasto anual colectores	Total anual lagunas imper	Total anual lagunas imper.
Mulchen						
1)	84.500		50.590	200	135.290	
2)	84.500		50.590	2.200	137.290	
Nacimiento						
1)	79.800		28.400	4.800	113.000	
2)	78.600		27.350	4.800	110.750	
Collipulli						
a/1	56.300		21.470	1.200	78.970	
a/2	56.300		21.470	1.400	79.170	
b	16400	46100	5.350	1.400	23.150	52.850
Laja	84.900		30.450	3.600	118.950	
Hualqui						
1)	49.300		16.000	400	65.700	
2)	49.300		16.000	2.000	67.300	
Cabrero				100	100	
Santa Juana	9500	26200	2.794	800	13.094	29.794
Yumbel-Yumbel Est.	7500	19200	2.534	500	10.534	22.234
Monte Aguila	8700	23800	2.675	900	12.275	27.375
Santa Bárbara	7.800		7.435	2.000	17.235	
Renaico	6100	16200	2.301	800	9.201	19.301
Negrete	4.700		3.060	500	8.260	
Los Sauces	2200	9400	1.375	700	4.275	11.475
Quilleco	2000	8000	1.276	600	3.876	9.876
Lonquimay	2000	8000	1.276	0	3.276	9.276
Villa Mercedes	1800	6600	1.177	200	3.177	7.977
Mininco	1800	6600	1.177	900	3.877	8.677
Pob. Canteras	1800	6600	1.177	200	3.177	7.977
Tucapel	1800	6600	1.177	1.500	4.477	9.277
Ercilla						
1)	1500	5100	1.078	400	2.978	6.578
2)	1500	5100	1.078	400	2.978	6.578
Villa Tijeral	1500	5100	1.078	500	3.078	6.678
Quilaco	800		780	400	1.980	

10.4 Abastecimiento hídrico para uso industrial

Se trata aquí el problema de abastecimiento de agua de las industrias que no están conectadas a las redes de agua potable, es decir, que tiene captaciones propias ya sea superficiales o subterráneas.
La situación legislativa actual deja un amplio espacio al mal uso o derroche del agua por parte del sector industrial (ver Cap.5).
Como ya se ha visto en Cap.5, las papeleras tienen un consumo de agua entre 66 y 158 m^3/t producida. Si se hace referencia a los límites impuestos en Europa, los ciclos de producción deberían ser revisados de modo de ajustar los valores de consumo entre 50 y 70 m^3/t.
El caso más importante de consumo irracional de agua es, seguramente, el de Petrox. En un contexto europeo debería ser impuesta una revisión del ciclo de modo de bajar los consumos desde 250.000 m^3/d a menos de 10.000 m^3/d.
No se debe olvidar que, en algunos casos, sólo con una reducción del agua descargada es posible realizar una planta de tratamiento de las aguas residuales.
Para resolver el problema del mal uso o derroche se requeriría prever la separación entre las aguas de enfriamento y aguas de proceso: el consumo de las primeras se podría liberalizar en el mediano plazo, bajo la condición que sean restituidas tal cual y que no produzcan una variación de la temperatura del cuerpo receptor superior a 3° C entre aguas arriba y aguas abajo de la descarga; para el largo plazo debería estudiarse una normativa que permita disminuir los consumos; las segundas deberían ser sujetas a requisitos de calidad de sus descargas dentro del mediano plazo. Desde un punto de vista administrativo los dos flujos estarían, por lo tanto, sujetos a controles conceptualmente diferentes. En cuanto a la limitación del agua de enfriamento, el control sobre el caudal deberá ser efectuado por un Ente capaz incluso de definir el valor límite aceptable sobre la base del ciclo productivo.
Además, se debe tener presente que en todos los países industrializados se realiza una tarifación del agua para usos industriales; esta tendencia debiera ser imitada por Chile.

10.5 Tratamiento y disposición de los residuos industriales líquidos

Se ha visto en Par.6.3 que el aporte contaminante industrial se estima en cerca de 10 veces el aporte de tipo civil (en términos de DQO), sin incluir los contaminantes específicos de cada sector industrial o de cada industria particular.
Por lo tanto, la reducción de la contaminación industrial constituye uno de los puntos más importantes para alcanzar los objetivos de saneamiento propuestos.
Tanto para las descargas industriales como para las civiles, no existen en Chile normas que hayan permitido un efectivo y eficiente control de la contaminación producida por las descargas líquidas, con el agravante que prácticamente no existen limitaciones administrativas o económicas al uso de los recursos hídricos por parte de las industrias, por lo que se presenta un mal uso del recurso.
El problema de la reducción de la contaminación industrial en la cuenca del Biobío y del área costera adyacente será enfrentado con los siguientes criterios:

- propuesta de estándares cualitativos para las descargas industriales líquidas, como referencia e indicación para el desarrollo y la elaboración de una norma legislativa y técnica que regule estas descargas;
- evaluación de los problemas de contaminación de los distintos sectores industriales presentes en la cuenca y en el área costera adyacente e indicaciones de las acciones indispensables para corregir la situación, tanto en el plano del ciclo productivo como del tratamiento de los efluentes, para garantizar los objetivos de ca-

lidad de los recursos hídricos indicados en Cap.9.

10.5.1 Propuesta de estándares cualitativos para las descargas líquidas industriales

En Par.10.3.1 se han comentado los distintos aspectos relativos a las funciones y la forma de utilización de los estándares cualitativos para las aguas descargadas y se ha mencionado que los criterios, para formular estos estándares, son agrupables en tres clases:

a) estándares basados en la producción, donde el límite de contaminación está fijado en términos de la cantidad de contaminantes admitidos por unidad de producto.

b) estándares basados en límites a la concentración de los contaminantes en las descargas, del tipo "end of pipe".

c) estándares basados en límites a la carga contaminante presente en las aguas descargadas, para lo cual el límite de contaminación está fijado en una cierta cantidad al día o a la semana. Estos estándares presentan, entonces, una doble restricción en la concentración (como en el caso b) y en el caudal descargado.

Para las descargas industriales se proponen estándares formulados según el criterio c), basados en el conjunto de los estándares de concentración de las descargas y de restricciones a los caudales descargados.
Es importante recalcar que la sola imposición de estándares de concentración a los efluentes industriales no representa una estrategia válida para la protección de las aguas.
La estrategia correcta y eficiente debe basarse en el concepto de carga máxima admisible, que se realiza con una doble imposición de estandard a la descarga y un límite en el caudal captado.
En efecto, la institución de control debe utilizar los estándares de concentración propuestos como valores fijos no superables, mientras el valor del caudal es el que se debe calcular, caso por caso, en base a los coeficientes de contaminación por sector productivo entregados por entes internacionales (criterio tipo a).
De este modo es posible alcanzar la estrategia de carga admisible en el cuerpo hídrico y cuidar el uso indiscriminado del agua de refrigeración, sólo con un objetivo de dilución.
Considerando una evidente dificultad en la aplicación de estándares muy restrictivos, se ha previsto una fase de mediano plazo, en la cual los valores son menos restrictivos, y una fase de largo plazo, donde los valores son más restrictivos. Estos plazos deben tener en cuenta la adecuación tecnológica, ya sea con modificaciones en el proceso productivo, reduciendo la contaminación en el origen, o con plantas de tratamiento adecuadas.
Indicativamente el mediano plazo podría ser dentro de 4-5 años desde la aplicación de la norma y, el largo plazo, 8-10 años desde la aplicación de la norma.
Las nuevas instalaciones productivas, que no se encuentren en construcción al momento de la puesta en vigencia de la normativa, deben respetar desde sus inicios los estándares más restrictivos.
En Tab.10.5.1 se entregan los estándares propuestos para los efluentes industriales, en función del cuerpo receptor, de los distintos horizontes temporales y, en algunos casos, del caudal.
Esta tabla, eso sí, debe ser utilizada conjuntamente con una restricción en el caudal descargado. A este respecto, una hipótesis que se puede adoptar para el mediano plazo, podría ser la de permitir la captación de aguas utilizadas sólo para refrigeración, con la condición que sean devueltas de tal forma que no signifiquen una variación de la temperatura del cuerpo receptor superior a 3 °C, entre aguas arriba y aguas abajo en la zona de mezcla, y exigir el cumplimiento de los estándares en las aguas de proceso (para mayor detalle ver Par.10.4).
Un caso particular, pero no poco frecuente, es el de la industrias que descargan en el alcantarillado público, que puede contar en el futuro con una

Tab. 10.5.1 - Propuesta de estándares cualitativos para las descargas industriales presentes en la cuenca (ver Tab.10.5.2 para los valores de la tabla A, C1, C2, C)

Descarga al mar	
Mediano Plazo:	Tab. C1 + dilución 1/10 (3)
Largo plazo :	Tab. C2 + dilución 1/100
Descarga en río	
Mediano plazo:	Tab. C
Largo plazo :	Tab. A
Descarga en lagos	
Mediano plazo:	Tab. A2+ Ptot < 5 mg/l y Ntot < 20 mg/l (1)
Largo plazo :	Tab. A + Ptot < 1mg/l y Ntot < 10 mg/l
Descarga en alcantarillado	
Q > 1.000 m^3/d (2)	Tab. C2
Q < 1.000 m^3/d	2 * Tab. C2, excepto grasas
Está prohibida la descarga en el suelo y en el subsuelo	

Nota:
Los límites se entienden como un régimen autorizativo. Las autorizaciones se concederán tomando en cuenta los caudales descargados respecto a los límites entregados en la tabla precedente.

Todas las concentraciones se entienden sobre muestras medias de 24 horas (mínimo 6 muestras en 24 horas). Cada muestreo no debe superar el doble de los valores indicados.

Descargas artesanales, comerciales, etc. pueden ser asimilados a las descargas civiles, en acuerdo al reglamento del alcantarillado y para caudales < 200 m3/d.

Industrias que descargan sustancias tóxicas y nocivas deben realizar un acuerdo en el cual se comprometen a reducir estas descargas, según lo que les será indicado por la autoridad pública.

(1) Esta norma debe referirse también a los ríos que sean afluentes de lagos o lagunas, si la descarga se ubica a 10 km en línea recta entre el punto de descarga y el perímetro del lago o de la laguna.

(2) Valores de referencia. Para autorizarse caso por caso en función del caudal, de la carga orgánico total de la red y de la compatibilidad con il tratamiento depurativo aguas abajo.

(3) 1/10 o 1/100 corresponden al factor de dilución instantáneo del efluente en el cuerpo receptor.

planta de tratamiento. En este caso los criterios para el permiso de conexión deben estar contenidos en una normativa especial, como la propuesta anteriormente (ver Tab.10.5.2), con límites al caudal y a las concentraciones.

10.5.2 Soluciones para la contaminación de cada tipología industrial

A pesar que actualmente no existe una legislación en Chile que permita ejercer un control de las descargas industriales y que no se puede hacer efectiva, en el corto plazo, una fiscalización en base a estándares cualitativos, descrita en el capítulo precedente, sí es posible e imperativo que la industria reduzca la contaminación por sus residuos líquidos y también, en el caso de la industria pesquera, reduzca los malos olores producidos.
Además, desde un punto de vista económico, se puede decir que [Nuti , 1992] las industrias, sobretodo en los sectores de alto nivel de concentración, se encuentran en una situación económica que les permite realizar las inversiones necesarias para reducir su contaminación.
A continuación se identifican, para cada tipología industrial, sus principales problemas y las soluciones que sirven para mejorar la situación actual (la información entregada a continuación, ha sido recopilada de comunicaciones personales con el subproyecto 15 del Centro EULA).

10.5.2.1 Industria de la celulosa y del papel

a) Situación actual y requisitos futuros
Según lo indicado por Munari et al. [1992], pareciera que la actual capacidad instalada es suficiente para absorver la produción de madera destinada a la industria de la celulosa por una decena de años más (hasta el inicio de los años 2000). Es muy probable que, teniendo en cuenta la situación actual, las empresas ya instaladas, algunas antes de los años '80, deban por motivos tecnológicos, realizar modificaciones y revisiones adecuadas de los procesos productivos.

Tab. 10.5.2 Concentraciones máximas admisibles de los distintos parámetros, para las tablas propuestas como estándares a las descarga de las industrias

PARAMETROS		Tab. A	Tab. A2	Tab. C	Tab.C1	Tab. C2
pH		5,5-9,5	5,5-9,5	5,5-9,5	5,5-9,5	5,5-9,5
Temperatura	°C			40	40	
Color (NP: no perceptible)		N.P 1:20	N.P 1:30	N.P 1:40	N.P 1:40	N.P 1:40
Olor						
Sólid .sed.	ml/l	,50	1,50	2	2	1,50
Sólidos susp.	mg/l	80	150	150	400	150
DBO_5	mg/l	40	150	250	-	1.500
DQO	mg/l	160	400	500	-	3000
Al	mg/l	1	2	2	4	2
As	mg/l	,50	,50	,50	1	1
Ba	mg/l	20	20	-	20	20
B	mg/l	10	10	10	10	10
Cd	mg/l	,02	,02	,02	,02	,02
Cr^{III}	mg/l	2	4	4	8	4
Cr^{VI}	mg/l	,20	,20	,20	,20	,20
Fe	mg/l	2	4	4	4	4
Mn	mg/l	2	4	4	4	4
Hg	mg/l	,005	,005	,005	,01	,005
Ni	mg/l	2	4	4	4	4
Pb	mg/l	,20	,30	,30	,30	,30
Cu [2]	mg/l	,30	,30	,40	1	1
Se	mg/l	,03	,03	,03	,03	,03
Sn	mg/l	10	10	10	10	10
Zn [2]	mg/l	2	2	2	5	5
Metales y no met. Tóxicos totales	mg/l	3	3	3	6	3
Cianuros totales	mgCN-/l	,50	1	1	1	1
Cloro gas	$mgCl_2/l$	,20	,20	,30	1	1
Sulfuros	mgH_2S/l	1	2	2	2	2
Sulfitos	$mgSO_3/l$	1	2	2	2	2
Sulfatos	$mgSO_4/l$	-	-	-	-	-
Cloruros	mgCl-/l	-	-	-	500	2000[3]
Floruros	mgF-/l	12	12	12	12	12
P totales	mgP/l	10	20	-	-	-
N. amoniacal	$mgNH_4+/l$	15	60	-	-	-
N. nitrosos	mgN/l	1	2,50	-	-	-
N. nítricos	mgN/l	20	60	-	-	-
Grasas y aceites veget. y anim.	mg/l	20	25	40	60	40
Grasas y aceites minerales	mg/l	5	5	10	10	5
Fenoles	mgC_6H_5OH/l	,50	1	1	1	1

(Continúa)

Tab. 10.5.2 *(Continuación)*

PARAMETROS		Tab. A	Tab. A2	Tab. C	Tab.C1	Tab. C2
Aldeideos	mgH-CHO/l	1	2	2	2	2
Solventes org. aromáticos	mg/l	,20	,30	,40	,40	,30
Solventes org. nitratos	mg/l	,10	,20	,20	,40	,20
Solventes org. cloruratos	mg/l	1	1,50	2	2	1,50
Tensioactivos	mg/l	4	3	4	4	4
Pesticidas clor.	mg/l	,05	,05	,05	,10	,05
Pesticidas fosf.	mg/l	,10	,10	,10	,20	,10

(3) no válido para descargas al mar (4) valores mas restrictivos que NCh409/1 of84

Después del año 2000 la disponibilidad de madera aumentará considerablemente y es muy probable, si el mercado continúa siendo positivo, que sea necesario construir nuevas plantas de celulosa, hasta alcanzar una capacidad productiva de 2,5-3 millones de toneladas de pasta. En una situación de este tipo el problema de las nuevas ubicaciones será muy delicado.

Por otra parte, se debe hacer notar que sólo recientemente (1991-1992) se tenido un gran incremento de la capacidad productiva instalada y, por lo tanto, no existe la información sobre el comportamiento de los cuerpos hídricos (ríos y mar) en relación al incremento de la carga contaminante.

Los mayores problemas de este sector derivan de la DBO, DQO, de la materia en suspensión, de las materias orgánicas cloradas conocidas como AOX, de los cloratos, de la carga salina y, en particular en el caso del proceso al sulfito, de las sustancias reductoras.

En Europa se consideran como plantas que cumplen con el mínimo aceptable a aquéllas cuyos efluentes están dentro de los siguientes límites:

Parámetro	Límite	
DQO	50	(kg/ton de pulpa seca)
DBO	12	(kg/ton de pulpa seca)
AOX	1.5	(kg/ton de pulpa seca)
Cloratos	3	(kg/ton de pulpa seca)

No existen estándares para las plantas con proceso al sulfito, principalmente porque este proceso se encuentra en abandono. Se considera que una buena aireación puede solucionar el problema.

La situación actual de las plantas de celulosa se encuentra en Tab.10.5.3.

Se puede apreciar que las industrias recién instaladas cumplen con el límite de 50 kg DQO/ton de celulosa producida. En cambio, las empresas más antiguas presentan valores demasiado altos.

Tab 10.5.3 Características de la industria de celulosa y papel

Industria	Producción (ton/año)	Caudal efluente (m^3/día)	DQO (kg/ton pulpa)
Arauco I	184.000	65	81
Arauco II	350.000	100	61
Celulosa Pacífico	315.000	60	30
Santa Fé	230.000	60	47
Inforsa	110.000	26	320
CMPC Laja	310.000	120	179
Papeles Biobío	110.000	22	93

b) *Soluciones propuestas*

Si se tiene en cuenta que, con cambios en el proceso productivo, es posible conseguir características de los efluentes mucho mejores que aquéllas presentadas por algunas industrias, es indudable que algunas acciones son indispensables. Estas son:

Industrias que descargan en ríos

CMPC Laja, Inforsa y Papeles Biobío: instalación de tratamiento primario efectivo, como clarificación, y lagunas aeróbicas para la remoción del material en suspensión y la DQO. Se debe tener en cuenta que en algunos procesos productivos, como el blanqueo de CMPC Laja (presencia de AOX) y el proceso al sulfito de Inforsa (presencia de reductores), la necesidad de mejorar la calidad del efluente es mayor, debido al abastecimiento hídrico para agua potable en las ciudades ubicadas aguas abajo.

Celulosa Pacífico: realizar un estricto control de los procesos de depuración en las instalaciones actuales y verificar si bajo el funcionamiento normal los estándares son respetados.

Celulosa Santa Fe: idem Celulosa Pacífico.

Industrias que descargan en el mar

Celulosa Arauco I y II: realizar un estricto control de los procesos de depuración en las instalaciones actuales y, de todas maneras, mejorar la eficiencia de las plantas.

La carga contaminante actual, en términos de DQO, que es descargada en los ríos corresponde a 350-400 ton /día (cerca de 105 toneladas de DQO son descargadas directamente al mar), asumiendo una reducción sustancial de la carga contaminante de CMPC Laja e Inforsa, es decir, cercana a los 50 kg DQO/ton de celulosa (situación menos fácil para Inforsa por la naturaleza de su proceso) y, manteniendo la actual carga de Celulosa Pacífico y Forestal Santa Fe, la carga total podría reducirse a cerca de 120 ton DQO/día aguas arriba de Concepción. Si se incluye Papeles Biobío, aguas abajo de Concepción, la carga total sería de 135 ton DQO/día. Valores que no son despreciables considerando los usos del agua del río, y esto indica que debe mantenerse una extrema cautela en la localización de futuras plantas de celulosa y papel, cuyos efluentes sean descargados en el río Biobío o en sus afluentes.

Particularmente delicado es el problema de los AOX en relación al uso del agua del río Biobío para el abastecimiento hídrico de Concepción-Talcahuano. Es indispensable y urgente una investigación de los contenidos y comportamiento de los AOX.

10.5.2.2 Industria pesquera

a) Situación actual de la industria pesquera

Entre las tipologías industriales examinadas, la industria de la pesca es seguramente la que ha sido más investigada en los últimos años, incluyendo la investigación que ha realizado el Centro EULA en conjunto con la Municipalidad de Talcahuano [Munari et al, 1992].

Las consideraciones que siguen se han referido exclusivamente a la producción de la harina de pescado que, como es sabido, representa en la VIII Región cerca del 90 % de toda la actividad del sector pesquero.

La industria de harina de pescado es causa de dos tipos de problemas: la contaminación atmosférica relacionada con la emisión de olores molestos y la contaminación del agua del litoral por el elevado DQO descargado.

En la VIII Región se capturan anualmente cerca de 2-2.4 millones de toneladas de pescado, que se elaboran en una cincuentena de industrias, de las cuales una quincena tienen dimensiones significativas (producción de harina entre 20 a 60 mil toneladas al año). Como es conocido la mayor captura corresponde al JUREL.
La actividad de la industria tiene carácter estacional, con una duración media de la campaña de 150 días, con variaciones entre los 120 y 180 días.

b) Contaminación hídrica y atmosférica en las distintas etapas de producción

Los resultados análiticos publicados en los diferentes informes, muestran que los efluentes presentan una gran variabilidad de la carga contaminante y que los valores recolectados varían en dos órdenes de magnitud. Fuera de los errores experimentales y de alguna incongruencia entre los valores, es indiscutible que los muestreos realizados son representativos de la situación real existente. Si se efectúa un análisis serio de la situación productiva y de las plantas industriales es posibible encontrar una explicación concluyente de los resultados y las posibles hipótesis de solución.

– Captura

El abastecimiento de pescado es efectuado mediante barcos con capacidad entre 500 y 1.000 toneladas, generalmente de propiedad de la industria productiva o trabajan exclusivamente para alguna de ellas. Las zonas más recorridas están localizadas en el área de 30 millas de la bahía de San Vicente.
Debido a que el pescado no es refrigerado a bordo, es un hecho real que el pescado llega para el desembarque en un estado de conservación no óptima.

– Desembarque

Después de la llegada, el pescado es desembarcado generalmente por medio de bombas que succionan el pescado de los contenedores de la nave, con 4-5 veces de agua, y cargado sobre cajones autotransportados después de la separación del agua, la que es descargada directamente en el mar sin ningún tratamiento.
En los casos más favorables, antes de la descarga en el mar, el agua viene someramente filtrada en filtros metálicos o mallas que retienen el material grueso.
La disponibilidad del pescado no es constante, pero fluctúa obviamente en relación a la abundancia de la captura, a las condiciones del mar y a la eficiencia de los pescadores. Sobre una base diaria la disponibilidad varía también en un orden de grandeza.
Dada la disponibilidad de producto para producir harina aceptable, el pescado debe ser faenado dentro de un tiempo máximo de 2 días después de la descarga. Una vez cargado en los camiones, es enviado a la empresa, generalmente próxima al punto de desembarque, y de los camiones es vertido en los pozos.

– Elaboración de la harina de pescado

La elaboración del pescado se inicia cuando es cargado de los pozos, por medio de elevadores, a los cocedores donde recibe un calentamiento hasta cerca de 90 °C, por medio del cual se tiene una destrucción de los patógenos y el desmembramiento del pescado. Del cocedor es desviado a la prensa y una parte se separa el líquido (agua, aceite, jugos) y por la otra se separa la masa proteínica. Esta masa es desviada al secador, siendo calentada directa o indirectamente. Los vapores que se forman, junto a los humos de la combustión, son emitidos a la atmósfera o son abatidos mediante una columna barométrica . La masa proteínica secada es molida y enviada a empaque . De los líquidos extraídos mediante la prensa (agua de cola) o mediante centrifugado, se separa la parte aceitosa que es encauzada a almacenamiento, mientras los restantes líquidos son desviados a concentración, que se realiza por equipos a múltiples efectos o por evaporadores de membrana. Los vapores del primer caso son abatidos mediante la columna barométrica, mientras que los del segundo caso entregan energía térmica al incenerador.

Los concentrados ricos en sustancias proteínicas vienen transportados al evaporador donde después de un secado ingresan al ciclo del harina.

c) Solución al problema de los olores de la industria pesquera

Como se ha dicho, la operación con mayor rendimiento en la producción de harina es el secador. Por lo tanto, las empresas están forzadas a privilegiar las inversiones en el secador, también porque el ingreso discontinuo de pescado y la vulnerabilidad del producto hacen necesario tener una gran capacidad instalada (históricamente las empresas han nacido, a menudo, sólo con el secador y el centrifugado).

Por otra parte , respecto a los ingresos de punta en la llegada del pescado, existe una limitada capacidad de las plantas en la etapa de concentración de los líquidos. Este cuadro es a menudo empeorado por el hecho que las operaciones de mantención involucran mucho más la sección evaporativa que el secador.

Una característica del secador directo es que los humos de combustión junto al vapor son emitidos a la atmósfera (son los responsables de los olores molestos bien conocidos en la zona), mientras las características del secador indirecto son que el calentamiento es efectuado por el vapor que se genera en la fase de concentración del agua de cola, con un ahorro energético de cerca de 400 kg de vapor/ton de harina; y que el agua evaporada en el secador viene condensada por la columna barométrica, consiguiendo, por lo tanto, la eliminación de los males olores.

Como se ha dicho, el problema de los olores puede ser fácilmente resuelto pasando del tipo de producción con secador directo a una con secador indirecto, esta tecnología permite conseguir las siguientes ventajas económicas y ambientales:

disminución de los olores, porque los vapores malolientes son absorvidos en la columna barómetrica y descargados al mar.

ahorro energético, ya que el calor utilizado en el secador de la harina viene en gran parte entregado por el evaporador.

mejoramiento de la calidad de la harina, debido a un mejor control de la temperatura en fase de secamiento.

Actualmente algunas industrias disponen de plantas de este tipo que significan una modificación sustancial del ciclo con una inversión no significativa.

d) Solución a la contaminación hídrica de la industria pesquera

Cuantificando en términos de DQO el impacto anual de la industria pesquera en la VIII Región se puede decir que la captura de pescado destinado a la industria de la harina es 2.000.000 ton/año y asumiendo un valor de 1.000.000 m3 de agua utilizada para el desembarque, se puede obtener un DQO descargado de 20.000-30.000 ton/año. Los consumos de agua en las plantas son cercanos a 15-20 m^3/ton de pescado elaborado. Una estimación no exagerada es pensar que un 0.5 % del pescado retorna al mar por esta vía, lo que significa que por 30-40 millones de m^3, la cantidad de pescado perdido está entre 15.000-20.000 ton/año. Los valores puntuales son muy variables como resulta de los resultados analíticos realizados de las campañas de muestreo.

La contaminación del agua en esta actividad, en condiciones de operación normal, es principalmente por a) la descarga en el mar de las aguas de desembarque del pescado; b) las aguas de descarga en la columna barométrica y c) del lavado de las plantas.

En relación a lo expuesto anteriormente, la operación normal de las plantas es sólamente teórico, ya sea por los flujos de ingreso que no son regulares, o por la eficiencia de las etapas productivas, de un modo particular, la etapa de evaporación. En un plano práctico, en cuanto al punto a) según la calidad del pescado y que tan fresco se encuentre, la calidad de las aguas descargadas en el mar presentan fluctuaciones relevantes: los numerosos análisis existentes revelan valores de DQO variables de 2.000 a 30.000 mg/l; en relación al punto b) son posibles oscilaciones del valor de DQO de 400 a 3.000 mg/l; la contaminación referida al punto c) no tiene una relevancia significativa.

Lo que resulta relevante son los vertidos accidentales y voluntarios del agua, que en teoría debería ser tratada en la sección de evaporación, y que en el caso de excedencia en la carga de ingreso, no puede ser descargada en el sistema de alcantarillado por problemas higiénicos.
Es necesario establecer si la posibilidad de imponer límites en la calidad de los efluentes de la industria pesquera puede tener buenas posibilidades de éxito, o si puede quedar como una norma no aplicable.
Tomando en consideración la tipología de la industria pesquera, en cuanto a las materias que ingresan y a su estacionalidad, se puede concluir que es altamente improbable que una normativa con límites cualitativos pueda tener una aplicación práctica.
Pero, debido a la situación ambiental actual derivada de la actividad pesquera, es necesario encontrar una solución alternativa que sea compatible con las exigencias de las industrias y el respeto al medio ambiente.
El problema de las descargas de las aguas, como se ha dicho, ya sea por la alta variabilidad de los descargas, por las descargas de "emergencia" de carácter discontinuo, por la estacionalidad de la producción y por tratarse de agua de mar contaminada, no se considera posible la posibilidad de efectuar una eficiente depuración de las descargas.
Dada la posibilidad de dispersión en el mar cercano, se propone la construcción de emisarios submarinos que descarguen las aguas de esta industria, cuyo número y longitud debe ser estudiado en base a criterios de optimización y de las características de las corrientes para garantizar una adecuada dilución y dispersión. Se debe estudiar la posibilidad de un pretratamiento antes del emisario, para lograr una reducción de la carga orgánica.
En el caso de las plantas pesqueras ubicadas en Talcahuano, se propone que el emisario submarino se encuentre cercano a Punta Liles (ver Ane.10.3.2). Se debe definir si es necesario construir dos emisarios en paralelo y la posibilidad de incluir las aguas servidas urbanas del 60% de Talcahuano, localizadas en la Bahía de San Vicente, en las cercanías de la Punta Liles.

Tab 10.5.4 Carcaterísticas de la industria agroalimentaria

Industria	Producción (ton/año)	Caudal efluente (m^3/día)	DQO total (t/día)	DQO específico (kg/ton)
Iansa	55.000	30.000	106	0,7
Soprole	1.390	1.000	1,5	0,4
Nestlé	-----	-----	----	----
CCU	28.800	1.000	0,8	10

10.5.2.3 Industria agroalimentaria

Las características de las descargas de las fábricas de mayor importancia se muestran en Tab.10.5.4. Se debe resaltar que Iansa posee dos líneas de proceso, una que produce azúcar y la otra alcohol. La primera trabaja aproximadamente 7 meses al año, la otra permanece en actividad continua durante todo el año. La carga contaminante está referida al período de plena actividad de la planta (Tab.10.5.4).
Soprole se encuentra en actividad durante todo el año y produce principalmente quesillo, queso mantecoso y leche envasada.
No se tiene información sobre Nestlé S.A., pero por su tipo de producción (leche condensada) no debiera ser muy importante su carga contaminante.
CCU, que produce cerveza, descarga directamente al río Biobío a través del alcantarillado.
Todas estas descargas tienen características compatibles con las aguas residuales civiles y podrían ser depuradas en una planta de tratamiento conjunta, obviamente en la eventual proyección de una planta de tratamiento conjunta (civil e industrial) se debe tener en cuenta que en términos de la carga contaminante de una tonelada al día producida equivale a la contribución de aproximadamente 10.000 habitantes.
Este problema llega a ser más importante en Los Angeles, donde se encuentra la Iansa, porque la carga de la industria supera en casi 10 veces la carga contaminante de la ciudad. Además, se descarga en el estero Quilque y el estero Paillihue, con un bajo caudal (3-5 m^3/s) en los períodos de

Tab 10.5.5 Características de la industria petroquímica y química

Industria	Producción (ton/año)	Caudal efluente (m^3/día)	DQO (kg/ton)
Petrox	3.232.000	250.000	8.5
Petrodow (*)	40.000	7.000	
Eka Nobel (*)	-------		
Oxy (*)	96.000	5.000	
Oxiquim	45.000	500	

(*) *estas tres industrias poseen un emisario común. Por la presencia de cloro en la descarga la medida de la DQO no es represenativa.*

verano, con un grave daño a la vida en estas aguas y un elevado riesgo para su uso en riego. No se debe olvidar el hecho que los efluentes de este tipo de actividad presentan un color muy marcado, que enturbia las aguas y provoca problemas de estética e impide el paso de la luz a través de la columna de agua.

10.5.2.4 Industria petroquímica y química

La industria de este sector está concentrada en la zona de la desembocadura del Biobío. En Tab.10.5.5 se entregan las principales característica de las industrias.

a) Petrox

Como se sabe Petrox S.A. es una refinería de petróleo de potencialidad media, con plantas de conversión profunda tales como el cracking catalítico, de reducción de viscosidad y el reformador catalítico de gasolina recientemente instalado. Petrox S.A. produce, por pirólisis de la gasolina ligera, etileno (materia prima de Petrodow). La configuración de la planta puede ser considerada como bastante moderna, al grado de permitir a la industria una permanencia segura en el mercado. En lo que respecta a su contaminación atmosférica emite el gas de combustión e hidrocarburos, un problema particular se puede presentar en el cracking catalítico por el polvo perdido durante la regeneración del catalizador.
En lo que respecta a la contaminación del agua los contaminantes más significativos están representados por los hidrocarburos, fenoles, sulfuros y mercaptanos.
La concentración de hidrocarburos medida en el efluente está compredida entre 5-10 mg/l, con los valores más bajos después que la empresa ha instalado una planta de flotación para sus efluentes. Estos valores no son muy elevados si se expresan en concentración, pero son considerables si se consideran como flujo másico (kg/día), ya que, con un volumen de 250.000 m^3/día de agua se descargan entre 1.5-2.5 toneladas de hidrocarburos persistentes.
No se debe olvidar que la cantidad de fenoles descargados está comprendida entre 50-100 kg/día.
Petrox consume aproximadamente 28 m^3/ton producida, que es un valor bastante elevado comparándolo con consumos entre 0.2-1 m^3/s en refinerías similares.
Para este caso particular, no es posible pensar en un tratamiento de las aguas por la gran magnitud de los caudales. Pero, es bien conocido, que la primera acción que se debe realizar en una refinería, para una reducción de la contaminación, es separar las aguas del proceso de las de refrigeración, construyendo redes separadas de recolección de aguas.
Por lo tanto, Petrox debe reducir sus niveles de contaminación, por lo menos en un orden de magnitud, identificando la fuente que puede ser a) agua de desplazamiento de los oleoductos, b) agua de decantación de los estanques, c) agua de los desaladores, d) agua de blow-down, e) aguas de tratamiento exhaustivo, f) aguas de líneas de drenaje de muestreos, sellos de bombas y servicios, g) agua de lavado de plantas de mantención y h) aguas lluvia del área de la planta y del área de carga de combustibles, para un posterior tratamiento exigente de las sustancias presentes.

b) Petrodow

Petrodow, que produce polietileno de baja densidad no debería presentar problemas importantes de contaminación del agua dado que el principal uso es el de refrigeración. La principal contami-

Tab 10.5.6 Características del sector siderúrgico

Industria	Producción (ton/año)	Caudal efluente (m^3/día)	DQO específico (kg/ton)
Huachipato		125.000	11.4
Inchalam		5.200	
Armco (*)	----		
Cementos Biobío	256	900	

(*) *sus descargas están conectadas a las de Huachipato.*

nación debe provenir del uso de lubricantes, pero existen métodos sencillos para su recuperación, como sistemas de decantación u otros.

c) Eka Nobel y Oxy
Eka Nobel y Oxy, de las cuales no hay datos confiables disponibles, presentan aparentemente problemas de control de pH y de presencia de cloro residual. La reciente sustitución de las celdas electrolíticas de Oxy ha reducido notablemente la problemática de la calidad del agua residual. El primer aspecto puede ser resuelto mediante un sistema de ecualización idóneo y de una eventual corrección del pH, mientras que para el cloro es necesario una mejora a nivel de proceso o en su punto de descarga.

d) Oxiquim
No existen datos significativos de las descargas de Oxiquim. Su caudal es bajo, pero dado que produce formalina, bien conocida por su toxicidad, sería necesario efectuar verificaciones y eventuales tratamientos para evitar la dispersión en el mar de esta sustancia.

10.5.2.5 Sector siderúrgico

El complejo industrial de mayor relevancia es la Compañía Siderúrgica Huachipato, que es un establecimiento de ciclo integral, además tiene un grupo de empresas estrechamente ligadas a la actividad.
Las principales características de las empresas del sector se encuentran en Tab.10.5.6.

a) Huachipato
Huachipato está dotada de una coquería, un alto horno, una acería L.D., una colada continua y de dos laminadores, uno caliente y el otro frío. Parte de la producción de COIL es destinada a zincado y parte al estañado electrolítico.

Coquería: es una fuente muy importante de contaminación del agua y de la atmósfera. El agua que se condensa del gas de la coquería no recibe ningún proceso de depuración refinado y, por lo tanto, son descargados al mar cantidades importantes de fenoles, cianuros, amoniaco, naftalina, aromáticos más complejos e hidrógeno sulfurado. Aunque los equipos son de reciente tecnología, el agua de carbón es un subproducto no eliminable, entonces para conseguir su depuración es necesario un tratamiento secundario, del tipo biológico. Otra fuente de contaminación es el agua de lavado del gas, del cual es necesario eliminar el amoníaco y probablemente el hidrógeno sulfurado.

Alto horno: no es causa de grandes problemas de contaminación hídrica. Si la remoción del polvo de gas del alto horno es realizada por vía húmeda, el efluente contendría una notable cantidad de material en suspensión, esencialmente constituida por hidratos metálicos y una pequeña cantidad de cianuro y fenoles. Si las descargas son tratadas por un eficiente sistema de decantación los problemas de este punto serían de pequeña importancia.

Acería L.D.: los problemas de contaminación del agua derivan de los lavadores de gases. En este caso un eficiente sistema de decantación del agua permitiría limitar el problema de la contaminación, principalmente debido a los materiales en suspensión y a los aceites de lubricación.

Colada continua: presenta problemas debido a las virutas de la laminación y de los aceites de lubricación. Un eficiente sistema de decantación puede puede eliminar el problema de las virutas y, en parte, también el problema de los aceites de lubricación.
Laminación en caliente: presenta problemas similares a los de colada continua.

Laminación en frío y terminaciones: existen problemas de aceites, generalmente bajo la forma de emulsiones, debido a las descargas del decapado que posee un alta acidez y metales en solución. En lo que respecta a las terminaciones, el agua presenta problemas de tensoactivos, alcali, fosfatos y metales en solución.
Generalmente todas las aguas derivadas de la elaboración secundaria (laminación en frío y recubrimiento) son expuestas a tratamientos de depuración específicos, pero pareciera que Huachipato no va a realizar otro tipo de tratamiento que no sea el de neutralización, el que en ningún caso puede considerarse suficiente.
Sobre la base de las consideraciones expuestas, sin tener en cuenta el problema del uso racional del agua en refrigeración, el juicio sobre la situación cualitativa de los efluentes de Huachipato es muy negativo y resulta indispensable realizar las acciones propuestas para cada uno de los efluentes.
Se debe resaltar que a los efluentes de Huachipato están conectados los efluentes de otras industrias, aunque su contribución a la carga contaminante global debe ser considerada pequeña respecto a Huachipato.

b) Inchalam
Esta empresa efectúa una elaboración secundaria sobre el "rollo" producido por Huachipato. El único tratamiento efectuado a sus efluentes es la decantación. Se puede decir que el problema es de dimensiones menores pero similar al de Huachipato.

c) Armco y Cementos Biobío
No presentan grandes problemas de contaminación hídrica, salvo por el material en suspensión. Es necesario, eso sí, verificar qué tipo de tratamiento térmico se utiliza en la producción de bolas de acero, para evaluar si la descarga líquida de Armco presenta problemas de contaminación.

10.5.2.6 Otras industrias

Se encuentran otras actividades en la zona cuyas principales características se encuentran en Tab.10.5.7.

Tab 10.5.7 Características principales de las restantes industrias

Industria	Producción	Caudal (m^3/día)	DQO (mg/l)
Machasa (m tela/año)	16.7	50.000	1.370
Gacel (pie2/año)(*)	1.200.000	150	
Gasco (m3 gas/año)	15.000.000	450	

(*) *cuero*

a) Machasa

Machasa produce principalmente tela de jeans y su descarga está contaminada del apresto del lavado enzimático y por los colorantes utilizados para la tintura (principalmente índigo). Estas aguas residuales son compatibles con un tratamiento de tipo biológico similar al utilizado para las aguas civiles, dado que la cantidad descargada es equivalente a 10.000 habitantes. Es oportuno, para obtener una reducción de costos, que se efectúen pretratamientos a nivel de cada línea productiva, que podrían permitir la recuperación de algunas sustancias que actualmente son descargadas al alcantarillado.

b) Gacel

Es una curtiembre que produce cuero y suela. Cada descarga de la fábrica ha sido estudiada en detalle por el departamento de Ingeniería Química de la Universidad de Concepción. Las descargas, generalmente de tipo discontinua, se caracterizan por la presencia de cromo hexavalente, alta carga salina, alta DQO y alto contenido de sulfuros. Debería construir una planta de tratamiento que permita reducir el color (precipitación química) y la DQO (tratamiento biológico).

c) Gasco

Gasco produce gas de ciudad a partir de carbón,

mediante una gasificación cíclica. Existen problemas de contaminación atmosférica, que se agravan por su ubicación en el área urbana, sobretodo en la fase de cambio de ciclo. El consumo de agua es pequeño, cerca de 20 m3/hora, pero dicha agua contiene fenoles, cianuros, hidrocarburos y amoniaco. Una solución es un agotamiento del agua en caliente en una columna, enviando los gases liberados al quemador de gases.
En el futuro los problemas pueden resolverse definitivamente cuando se transforme el servicio de gas domiciliario a un gas natural.

10.6 Tratamiento y disposición de los residuos sólidos

10.6.1 Exigencias de un marco legal sobre residuos sólidos

El campo de los residuos sólidos en Chile, está caracterizado por una carencia legislativa alarmante. No existe, por ejemplo, una clasificación precisa de los residuos sólidos ni de los vertederos que deberían recibirlos.
Por lo tanto, es necesario que el gobierno chileno proceda rápidamente a la definición de un normativa adecuada; para esto podría referirse esencialmente a tres normas de la CEE: la 91/156 del 18 de marzo de 1991 relativa a los residuos, la 78/319 del 20 de marzo de 1978 relativa a los residuos tóxicos y peligrosos y la 91/C190/01 relativa a las descargas de residuos.
Según la legislación de la CEE por "residuo" se debe entender cualquier sustancia u objeto que este considerada en Tab.10.6.1.
El 1 de abril de 1993 la Comisión CEE deberá preparar una lista detallada de los residuos que están considerados en las 16 categorías previstas. Para establecer cual de estos residuos debe ser considerado tóxico y nocivo, la CEE hará referencia a la Directiva 78/319, según la cual deben entenderse tóxicos y nocivos los residuos que

Tab.10.6.1 - Categorías de residuos según la Directiva CEE 91/156

Q1	Residuos de producción o de consumo en lugares no especificados
Q2	Productos fuera de norma
Q3	Productos vencidos
Q4	Sustancias accidentalmente vaciadas, perdidas o descargadas producto de accidentes; considera todos los materiales, los equipos, etc. contaminantes asociados al accidente en cuestión
Q5	Sustancias contaminantes o que ensucian, asociadas a actividades voluntarias (por ejemplo residuos de operaciones de limpieza, materiales de embalaje, contenedores, etc.)
Q6	Elementos inutilizables (por ejemplo baterías fuera de uso, catalizadores agotados, etc.)
Q7	Sustancias que se han convertido en no aptas para su empleo (por ejemplo ácidos contaminantes, sales de regeneración agotadas, etc.)
Q8	Residuos de procesos industriales (por ejemplo escoria, residuos de destilación, etc.)
Q9	Residuos de procedimientos anticontaminación (por ejemplo lodos del lavado de gases, polvos de filtros de aire, filtros usados, etc.)
Q10	Residuos de elaboración/moldeaje (por ejemplo virutas de tornos o de fresadora, etc.)
Q11	Residuos provenientes de la extracción de las materias primas (por ejemplo: residuos provenientes de actividades mineras o petrolíferas, etc.)
Q12	Sustancias contaminantes (por ejemplo aceite contaminado con PCB, etc.)
Q13	Cualquier materia, sustancia o producto cuya utilización esté prohibida por ley
Q14	Productos que ya no sirven a sus dueños (por ejemplo artículos descartados de la agricultura, de las viviendas, de las oficinas, de los negocios, etc.)
Q15	Materias, sustancias o productos contaminantes provenientes de actividades de recuperación de terrenos
Q16	Cualquier sustancia, materia o producto que no esté comprendida en las categorías mencionadas.

Tab.10.6.2 - Sustancias o materias tóxico-nocivas según la Directiva CEE 78/319

1	Arsénico y sus compuestos
2	Mercurio y sus compuestos
3	Cadmio y sus compuestos
4	Talio y sus compuestos
5	Berilio y sus compuestos
6	Compuestos de cromo hexavalente
7	Plomo y sus compuestos
8	Antimonio y sus compuestos
9	Fenoles y sus compuestos
10	Cianuros, orgánicos e inorgánicos
11	Isocianatos
12	Compuestos organohalogenados excluídos los polímeros inertes y otras sustancias consideradas en esta lista o en otras directivas relativas a la eliminación de residuos tóxicos o nocivos
13	Solventes clorurados
14	Solventes orgánicos
15	Sustancias fitofarmaceúticas
16	Productos a base de alquitranes derivados de procesos de refinación y residuos de alquitrán derivados de operaciones de destilación
17	Compuestos farmaceúticos
18	Peróxidos, clorados, perclorados y nitrogenados
19	Eteres
20	Sustancias químicas de laboratorios no identificados y/o sustancias nuevas cuyos efectos sobre el ambiente no sean conocidos
21	Asbesto (polvo o fibra)
22	Selenio y sus compuestos
23	Telurio y sus compuestos
24	Compuestos aromáticos policíclicos (con efectos cancerígenos)
25	Metales carboniles
26	Compuestos de cobre soluble
27	Sustancias ácidas y/o básicas empleadas en el tratamiento de superficies de metales

N.B.: Policlorodifenoles, policlorotrifenoles y sus compuestos están incluidos en la lista según la Directiva 76/403

contienen o han sido contaminados por las sustancias o materias incluidas en Tab.10.6.2, a concentraciones como para representar un peligro para la salud o el ambiente.
Para pasar al aspecto cuantitativo de la clasificación, se ha introducido el criterio de la concentración límite (CL), que se basa en la siguiente fórmula:

$$CL = C_n\text{eff.}/CL_n$$

donde:

CL concentración límite;

$C_n$eff. concentración límite de la especie química considerada en el residuo en exámen;

CL_n concentración límite tabulada relativa a la especie considerada.

Dada una lista de la especie química a analizar (Tab.10.6.3, válida en Italia), resulta ser tóxico y nocivo el residuo para el cual la sumatoria de los valores individuales de CL es mayor que 1. En el cálculo de la sumatoria, no se tiene en cuenta la sustancia presente en los residuos en concentraciones inferiores a 1/100 de las respectivas concentraciones límites.
Las concentraciones efectivas deben ser determinadas sobre el residuo, está prohibido cualquier

Tab.10.6.3 - Concentraciones límite de las sustancias tóxicas y nocivas

SUSTANCIA	CL mg/kg
Acrilonitrilo	500
Asbesto (polvo o fibra libre)	100
Arsénico y sus compuestos (como As)	100
Benzeno	500
Benzopireno	500
Berilio y sus compuestos (como Be)	500
Bis(clorometileno)éter	500
Cadmio y sus compuestos (como Cd)	100
Cadmio tetracloruro	500
N-cloroformilo morfolina	500
Cloroformo	500
Clorometil-metil éter	500
Cromo hexavalente y sus compuestos (como Cr)	100
1,2-Dibromoetano	500
3,3'-Diclorobenzidina	500
B,B'-Dicloroetil sulfuro	500
2,2'-Dicloro-N-metildietilamina	500
1,4-Diosano	500
Epicloridina	500
Mercurio y sus compuestos (como Hg)	100
Plomo y sus compuestos inorgánicos (como Pb)	5000
Policlorobifenoles	500
Cobre, compuestos solubles (como Cu)	5000
Selenio y sus compuestos (como Se)	100
Telurio y sus compuestos (como Te)	100
2,4,6-Triclorofenol	500
Vinil cloruro	500
1,2,3,6,7,8-Esaclorodibenzodioxina	0,001
1,2,3,7,8,9-Esaclorodibenzodioxina	0,001
1,2,3,7,8-Pentaclorodibenzodioxina	0,001
2,3,7,8-Tetraclorodibenzo-p-dioxina	0,001
2,3,7,8-Tetraclorodibenzofurano	0,001
Policlorodibenzodioxinas excluídas las ya mencionadas	0,5
Policlorodibenzofuranos excluídos los ya mencionados	0,5

tipo de dilución incluso si se obtiene por mezcla con otros residuos.

Con la Directiva 91/C190/01 los residuos tóxicos-nocivos son redefinidos "peligrosos", para distinguirlos de los inertes y de los no peligrosos.

Los residuos "inertes" son los que, si se depositan en un vertedero, no sufren ninguna transformación física, química o biológica significativa y satisfacen precisas pruebas (Anexo III de la Directiva citada).

Los residuos "no peligrosos" son los que no cumplen las características de las categorías precedentes; en esta categoría entran, por lo tanto, los "residuos urbanos", o residuos domésticos, además de los residuos comerciales de las empresas y los otros residuos asimilables, debido a su naturaleza o composición, a los residuos domésticos. En Tab.10.6.4 [Gervasonio, 1991] se presenta una lista de los residuos que pueden ser calificados como urbanos.

Una vez definidos los tipos de residuos, siempre siguiendo las indicaciones de la CEE, es posible individualizar las características de las categorías de vertederos necesarias para la disposición.

Existen, de todos modos, algunos tipos de residuos que no deben ser admitidos en un vertedero tipo relleno sanitario:

- residuos en estado líquido, a menos que sean compatibles con el tipo de vertedero;
- residuos que, bajo las condiciones existentes en el vertedero, son explosivos, oxidantes o inflamables;
- residuos provenientes de hospitales o institutos veterinarios, si es que son infecciosos.

La CEE considera una prueba para establecer si un residuo peligroso es compatible para una disposición con residuos urbanos.

En cuanto a las características técnicas de los vertederos, la normativa CEE deja la libertad para que las establezcan cada nación. A continuación se incluyen algunos de los principios que se consideran básicos para esta definición.

** Ubicación*

La elección de la ubicación del sitio de vertedero para materiales inertes puede no estar sujeta a limitaciones, mientras para otro tipo de vertederos

Tab.10.6.4 - Residuos calificados como urbanos

- envases o contenedores en general (de papel, cartón, pástico, madera, metal y similar);
- envases vacíos, barriles, vidrio, plástico y metal, latas y similares;
- bolsas de papel o plástico, hojas de papel, plástico, celofán;
- cajas y pallets;
- mezclas como: papel plastificado, papel metalizado, papel adhesivo, papel alquitrán, hojas de papel metalizado y similares;
- fragmentos y manufacturas de mimbre y de corcho;
- paja y productos de la paja;
- desechos de madera provenientes de elaboración y carpintería, virutas y aserrín;
- fibra y pasta de madera incluso húmeda;
- cortes y descartes de tejidos de fibra natural y sintética;
- fieltro y telas no tejidas;
- piel y similares;
- goma y caucho (polvo y pedazos) y manufacturas compuestas prevalentemente de estos materiales;
- resinas termoplásticas y termo-endurecidas en estado sólido y manufacturas compuestas de estos materiales;
- residuos no peligrosos de gran tamaño;
- rellenos acolchados, aislantes térmicos y acústicos constituidos por sustancias naturales y sintéticas (lana de vidrio y de roca, etc.);
- moquetas, linóleo, tapicería, revestimientos en general;
- materiales varios en tableros de leña, yeso seco;
- manufacturas de fierro tipo viruta metálica, hilo de fierro, esponja de fierro o similares;
- cintas abrasivas;
- cables y materiales eléctricos en general;
- película y placas fotográficas y radiográficas desarrolladas;
- desechos varios de la producción alimenticia, que no sean líquidos;
- desechos vegetales en general, incluso derivados de elaboración basada en procesos mecánicos;
- residuos animales y vegetales en general.

deben ser respetadas distancias de seguridad a las zonas de abastecimiento hídrico para uso potable, a los centros habitados y a los márgenes de lagos, ríos y esteros (para sus capacidades máximas). Estas distancias deben ser definidas para cada vertedero de acuerdo a las características geológicas e hidrogeológicas del sitio en estudio. Los vertederos para residuos peligrosos no deben estar ubicados en zonas de elevado riesgo sísmico, en áreas volcánicas activas, en zonas con formaciones cárcicas superficiales, en zonas protegidas por motivos hidrogeológicos.

* *Características geológicas e hidrogeológicas del sitio*

Para todos los tipos de vertederos se deben efectuar investigaciones geológicas (sobre el suelo y subsuelo) destinadas a definir la estabilidad original del substrato o aquélla inducida por obras artificiales; estas investigaciones sirven para prevenir riesgos de derrumbe de las paredes y hundimiento del fondo que podrían provocar alteraciones en el funcionamiento de los sistemas de seguridad e impermeabilización.

* *Características constructivas con fines de protección del agua*

Las descargas de residuos "no peligrosos" pueden realizarse sin impermeabilización artificial ni captación del percolado; pero, en este caso, es necesario verificar que el espesor, la permeabilidad, la capacidad de retención y de absorción de los estratos, del terreno sean apropiados para preservar las aguas de la contamina-

ción. En el caso que se recurra a un manto artificial, su espesor y sus características de resistencia deben impedir la salida de los percolados; el mismo manto debe ser protegido de los agentes atmosféricos y de eventuales daños durante el manejo del vertedero; el fondo debe encontrarse sobre el máximo nivel de la napa, por ejemplo a una distancia de 1,5 m (norma italiana); bajo el manto debe haber un estrato de terreno de 1 m (normativa italiana) y con una permeabilidad limitada (menos de 10^{-6} cm/s en Italia); deben, finalmente, ser adoptados sistemas de captación del percolado.
En cuanto a los vertederos para residuos inertes, no son necesarias indicaciones.
En el caso de vertederos para residuos peligrosos, deben ser previstas prescripciones más restrictivas para: las características del manto impermeabilizante (obligatorio); la distancia del fondo de la napa subyacente y las características de permeabilidad del terreno.

* *Sistemas de recolección del biogas*
En los casos en que se considera su formación, el biogas puede ser reutilizado a través de una instalación para este propósito, quemado en antorcha o disperso directamente en el ambiente (sólo en el caso de descargas pequeñas).

**Drenaje de las aguas superficiales*
El proceso de producción del percolado está unido a la presencia de agua en los residuos, debido a la humedad originaria, a reacciones internas o a infiltraciones laterales del suelo o de la superficie; las cantidades totales producidas resultan, de todos modos, relacionadas de un modo particular a la infiltración del agua lluvia. Para contener la producción de percolado, en los casos que se preve su formación, debe ser realizado un sistema de canalización para alejar el agua lluvia, dimensionado sobre la base de la intensidad de una lluvia con un período de retorno de 10 años.

* *Modalidad de gestión*
Deben ser evitadas las molestias debidas a malos olores, dispersión de polvo, ruidos, desarrollo de insectos y ratones. Por lo anterior, debe estar prohibido quemar los residuos en los vertederos y la descarga de residuos que generen cantidades excesivas de polvo, en ausencia de sistemas específicos de contención. Los residuos deben ser dispuestos compactadamente, con pendiente del frente de avance inferior al 30% y deben ser recubiertos diariamente con materiales adecuados para evitar su dispersión.

* *Equipamiento y servicios*
Un elemento común a todos los vertederos es el cierre que debe impedir, a los que no están encargados del trabajo y a los animales, la posibilidad de entrar en el área de disposición. Se debe evaluar la necesidad de un sistema anti-incendio de rápido empleo.

* *Registro de carga y descarga*
A excepción de los vertederos para residuos inertes, deben ser registradas diariamente las cargas y descargas de los residuos.

* *Recuperación final del área*
Para los vertederos de residuos inertes y para aquéllos destinados a acoger residuos no peligrosos, debe ser previsto un plan de recuperación final del área. En el caso de vertederos sujetos a la formación de percolados, debe ser previsto un estrato impermeabilizante de cobertura final. En cuanto a los vertederos para residuos peligrosos, el riesgo para el ambiente y la población, no aconsejan la reutilización de esas áreas.
Para ser completa, la legislación sobre residuos sólidos, deberá afrontar también el problema de las autorizaciones para nuevos vertederos y las sanciones a las infracciones.
Hasta ahora, se ha hablado de las exigencias de una normativa marco que regule esencialmente la disposición en vertederos de los residuos sólidos. Actualmente, no es conveniente pensar en un incineramiento de los residuos sólidos urbanos como alternativa al relleno sanitario y, por lo tanto, no parecería urgente la introducción de una normativa a este respecto; de todos modos, existen residuos sólidos industriales que deben ser

inevitablemente incinerados; debido a esto es necesario establecer límites a las emisiones.
Existen, además, algunas categorías de residuos que requieren disposiciones legislativas específicas. Es el caso de las baterías y acumuladores usados, que contienen sustancias clasificadas como peligrosas; en el ámbito de la CEE el problema está regulado por la Directiva 91/157.
En conclusión, parece oportuno que la legislación chilena en materia de residuos sólidos se renueve lo más rápido posible y considere las normas de la CEE, para evitar prolongar una situación de extremo riesgo ambiental.

10.6.2 Saneamiento de los vertederos de residuos sólidos

Además de los aspectos normativos, en la cuenca del río Biobío se deberá planificar el saneamiento de los vertederos utilizados hasta ahora.
Existe un estudio reciente que ha tenido el objetivo de clasificar 11 vertederos para RSU presentes en la cuenca y la zona costera adyacente [Céspedes y Reyes, 1992]; la falta de información suficiente respecto de las características hidrogeológicas de los sitios, no permite tener una información clara de los riesgos ambientales.
Del mismo estudio se puede, de todos modos, deducir que los vertederos de Concepción, Talcahuano, Los Angeles y Lonquimay podrían presentar un riesgo de potencial contaminación del agua subterránea y superficial .
Antes de proceder a la definición de un proyecto de saneamiento es necesario reconstruir la estructura hidrogeológica del área, determinar los parámetros hidrogeológicas del aquífero, identificar la fuente, caracterizar la dinámica de la contaminación y definir las características químico-físicas del contaminante [Gervasione, 1991].

* *Estructura geológica:*
- reconstrucción, sobre la base de la estratigrafía de los pozos disponibles, de la estructura geológica del área con indicaciones de los límites y de los espesores de los principales niveles litológicos, de su porosidad y su permeabilidad;
- morfología del área, descripción de la red hidrográfica de superficie, ubicación de las vertientes;
- identificación de los principales acuíferos y de los niveles impermeables de un cierto espesor;
- identificación de los límites divisores de las aguas subterráneas.

* *Estructura hidrogeológica:*
- catastro y ubicación de los pozos públicos y privados presentes en la zona de interés y sus períodos de funcionamiento;
- muestreo anual de los niveles piezométricos (estáticos y dinámicos) medidos en los pozos;
- reconstrucción de la variación general de la línea piezométrica, de la dirección de las líneas de flujo y cálculo del gradiente hidráulico;
- tipo y extensión de eventuales zonas de recarga de la napa interesada (áreas de riego, cuenca hídrica, pozos);
- determinación de los parámetros hidrogeológicos del acuífero: conductibilidad hidráulica (media, horizontal y vertical) de los diversos horizonte litológicos, transmisividad, coeficiente de almacenamiento, capacidad de intercambio, velocidad de percolación;
- distribución temporal y espacial de los parámetros que definen la calidad del agua subterránea (ver ejemplo de Fig.10.6.1);
- características meteo-climáticas locales;
- variaciones de los caudales de los cursos de agua superficial;
- distribución temporal y espacial de la calidad del agua de los cursos de agua;
- relaciones entre el agua superficial y la subterránea.

* *Características dinámicas de la contaminación:*
- delimitación de la extensión superficial alcanzada –por la contaminación;
- profundidad alcanzada por la contaminación;
- velocidad de propagación de la pluma de contaminación.

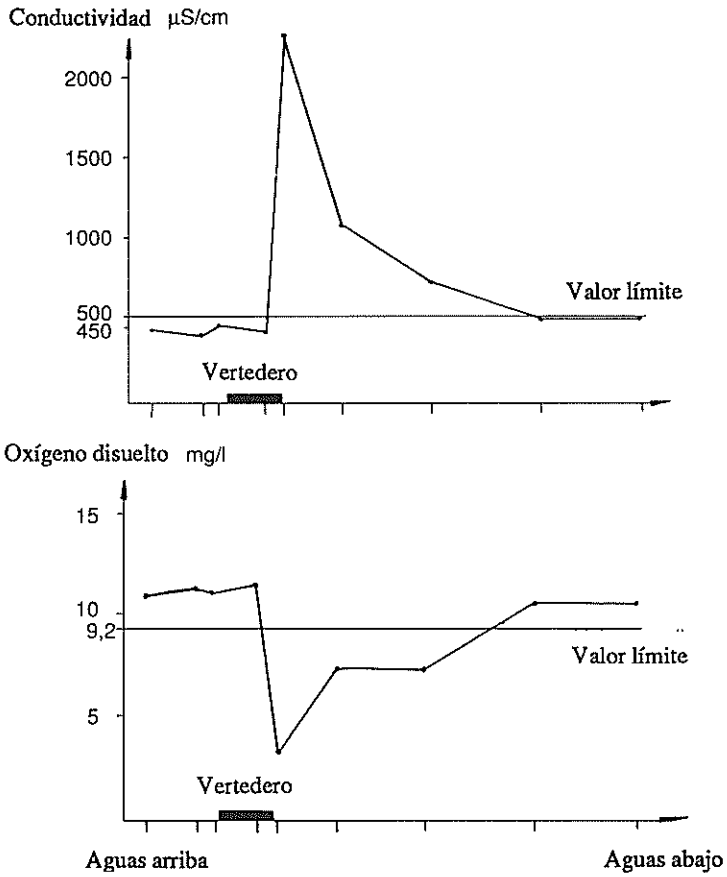


Fig.10.6.1 - Comparación entre los valores de la conductibilidad y del oxígeno disuelto medido aguas arriba y aguas abajo de un vertedero de RSU.

* *Características del sitio:*
- uso del suelo;
- otras potenciales fuentes de contaminación al interior y exterior del sitio;
- localización de estructuras enterradas (fuentes de contaminación, barreras y presas de defensa ambiental, etc.);
- localización de sistemas de monitoreo adoptados.

En la reconstrucción de la difusión, superficial y en profundidad, de la pluma de contaminación, puede ser útil tener en cuenta los siguientes principios generales [Gervasoni, 1991]:
- la pluma contaminante no se diluye con el resto de la napa acuífera, pero tiende a permanecer como un cuerpo intacto y a presentar sólo una ligera depresión y difusión a lo largo de los límites extremos;
- a causa del compromiso del movimiento de difusión (debida al gradiente de concentración) y al de dispersión mecánica, el contaminante se mueve con velocidad mayor a la velocidad media de la napa, debido sólo al movimiento de advección;
- la dirección de una pluma de un contaminante soluble sigue generalmente la dirección del flujo de la falda; variaciones locales en la dirección del flujo de la falda (por ejemplo a causa de pozos) producirán automáticamente un desvío en la trayectoría de la pluma;
- la dirección del flujo de un contaminante no diluible en agua está influenciado por la direc-

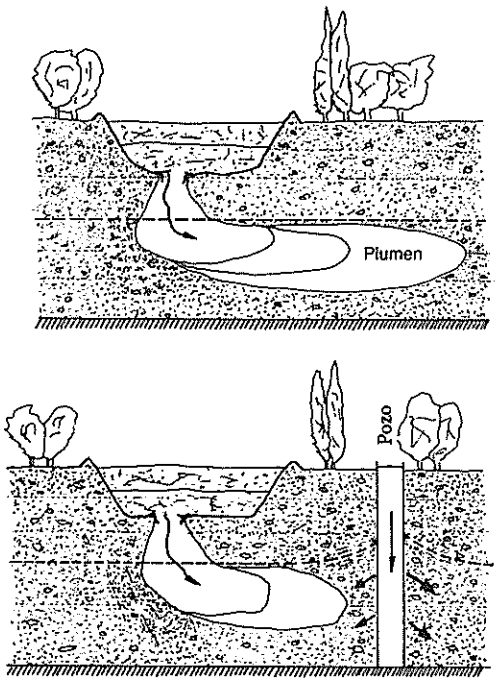


Fig.10.6.2 - Saneamiento de una napa contaminada mediante recarga artificial.

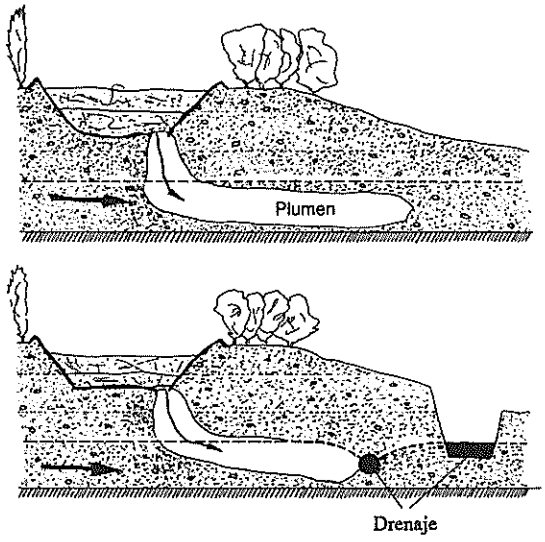


Fig.10.6.3 - Saneamiento de una napa contaminada mediante drenaje de la pluma contaminada.

ción del flujo de la napa, pero éstas no necesariamente coinciden;
- la profundidad alcanzada por la pluma es función del estado hidráulico y litológico del aquífero; el espesor vertical de la pluma en el acuífero aumenta con la distancia aguas abajo de la fuente;
- la distancia alcanzada y el tipo de movimiento de cada contaminante al interior de la pluma varia en función de su capacidad de reacción con los diversos procesos que ocurren en el suelo.

Con los resultados de las investigaciones propuestas es posible elegir y proyectar el sistema de saneamiento más idóneo.

Si el vertedero es pequeño y los residuos almacenados son tóxicos y nocivos, resulta a veces más económico removerlos completamente y transportarlos a un vertedero controlado específico.

En cambio, en el caso que el vertedero sea de grandes dimensiones y los residuos no sean tóxicos y nocivos, es posible autorizar el restablecimiento de la actividad de disposición, sobre la base de un proyecto que considere la cobertura de los viejos residuos con un estrato impermeable natural o con una membrana sintética de espesor adecuado. La cobertura tiene una función de saneamiento de la descarga anterior (en cuanto impide una posterior alimentación por parte del agua lluvia) y de impermeabilización del fondo para la nueva parte de vertedero controlado.

Una napa contaminada puede ser saneada, mediante la reducción de las concentraciones de los parámetros bajo los límites previstos por la legislación, mediante recarga artificial del acuífero (Fig10.6.2). Para esta solución se requiere agua de buena calidad no siempre disponible; este método no elimina la contaminación pero la diluye y, por lo tanto, puede ser utilizado sólo en casos particulares. Si el problema continúa, sea superficialmente como en profundidad, puede ser suficiente disponer drenajes que capten el contaminante antes que éste alcance el estrato saturado (Fig.10.6.3). Se trata, en general, de conducciones al aire libre o enterradas, realizadas de manera de captar y conducir por gravedad los líquidos con-

taminados. Funcionan como una línea infinita de pozos de purga o limpieza, creando una zona de influencia desde la cual el agua fluye hacia los drenes. Son utilizados aguas abajo del vertedero para interceptar agua contaminada poco profunda y en áreas de baja conductibilidad hidráulica. En cambio, en el caso que la contaminación alcance una área más vasta del terreno que de la napa, es posible proceder al aislamiento completo de la fuente de contaminación mediante barreras impermeabilizantes verticales (Fig.10.6.4).
Cuando la contaminación ha alcanzado una parte importante del agua subterránea, se bombea el agua contaminada a través de una serie de pozos de purga, adecuadamente ubicados. El agua bombeada debe ser recogida y tratada en una planta de tratamiento idónea, antes de ser restituida al sistema hidrográfico de superficie.
Hasta ahora se ha hablado de la información de detalle que se debe reunir para preparar un proyecto de saneamiento de un vertedero y de algunas soluciones técnicas. Falta afrontar el problema en términos de un plan general de saneamiento, de modo de establecer las prioridades de intervención.
El plan podría ser articulado en cuatro fases:
- fase A: elaboración de un catastro y de un mapa de las áreas potencialmente contaminantes;
- fase B: definición, en base a los resultados analíticos, de una primera lista de áreas contaminantes;
- fase C: primer programa de soluciones de saneamiento a breve término para los sitios de la fase B. El programa debe indicar, área por área, el plan de saneamiento, el proyecto técnico-económico de la solución, el manual operativo y el plan de monitoreo;
- fase D: elaboración del proyecto de programa de saneamiento a mediano plazo.

El catastro puede ser efectuado enviando encuestas a ser llenadas por organismos del siguiente tipo:
- administración regional, provincial y comunal;
- cuerpo forestal;
- administradores de vertederos;
- consorcios comunales;

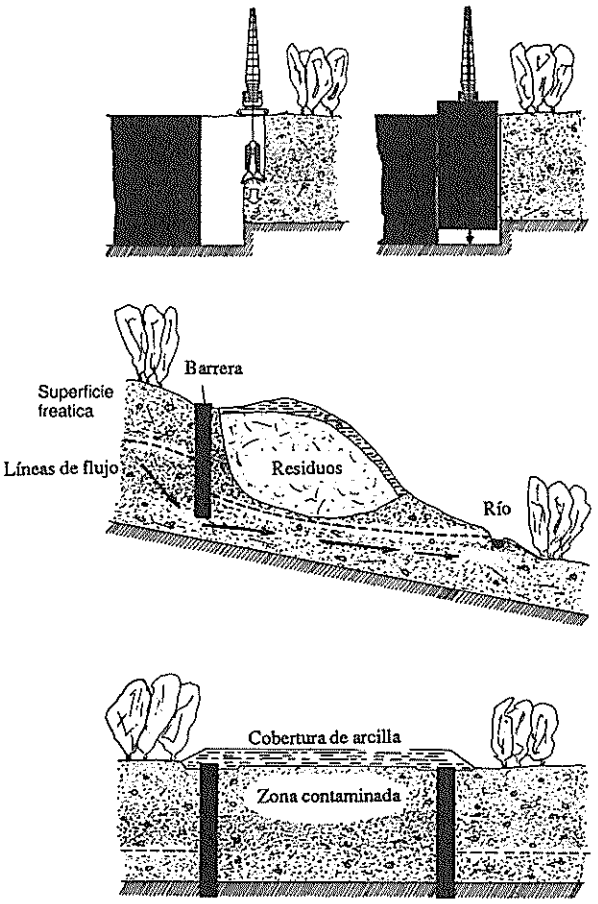


Fig.10.6.4 - Aislación total de una zona contaminada mediante tabiques verticales impermeables.

- asociaciones ambientales;
- organizaciones sindicales y empresariales;
- prensa.

Una vez recogida la información, la agrupación de sitios en unidades homogéneas puede ser realizado según el esquema de Fig.10.6.5.
Luego de efectuar visitas los sitios deberán ser clasificados según tipos de riesgo:

–R1: sitios con riesgos ambientales y/o sanitarios que requieren soluciones prioritarias;

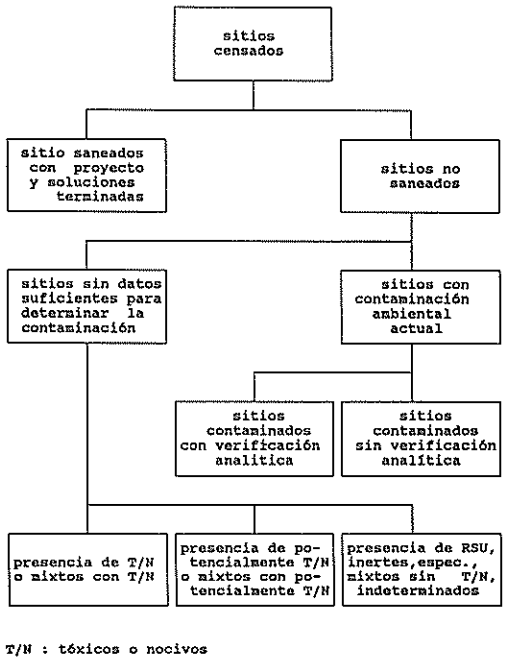


Fig.10.6.5 - Esquema para la subdivisión de los sitios en unidades homogéneas.

- R2: sitios con riesgo inferior a R1 o que necesitan de investigaciones ulteriores;
- R3: sitios con soluciones en realización;
- R4: sitios sin riesgo.

La distinción entre R1 y R2 debe entenderse con un margen de discreción, ya que la profundización del conocimiento entrega un cuadro de información y de elementos seguramente más completos que una simple división en dos grupos.
De todos modos, al interior de la clase R1 debe ser posible distinguir los sitios que requieren programas de soluciones a breve plazo. Para realizar esto se requiere implementar un modelo adecuado. Conceptualmente este modelo debe tener en consideración tres medios: agua superficial, agua subterránea y contacto directo (Tab.10.6.5). El puntaje se calcula de manera idependiente para cada medio, a través del producto de los puntajes parciales relativos a tres elementos: fuente, vehículo, receptor.

El mecanismo de multiplicación debe ser hecho de modo que un medio, de puntaje no nulo, resulte completo. Así, por ejemplo, la falta de fuentes de abastecimiento hídrico dentro de cierta distancia desde la fuente de contaminación anulará el puntaje relativo a las aguas subterráneas.

10.6.3 Recolección diferenciada

Las experiencias de recolección diferenciada, realizadas hasta hoy día, permiten clasificar la técnica de recolección en tres categorías [Canziani y Cossu, 1984]:

1) recolección intensiva; es paralela a la ordinaria y tiene el objetivo de llegar a todos los usuarios servidos y de obtener la máxima tasa posible de recuperación;
2) recolección para puntos dispersos sobre el territorio; requiere un mayor esfuerzo del usuario para la entrega del material seleccionado, que debe ser dispuesto en recipientes adecuados;
3) recolección en centros organizados; tiene el objetivo de minimizar el costo de recolección; para animar al usuario a entregar el material seleccionado, a menudo se utiliza un incentivo proporcional a la cantidad de material entregado.

No basta una organización de recolección eficiente para garantizar el éxito de la recolección diferenciada; de hecho es esencial garantizar la participación voluntaria y motivada del ciudadano a realizar las operaciones de preselección, almacenamiento doméstico y entrega del material a recolectar [Canziani y Serra, 1989].
En una primera etapa, es indispensable informar a los usuarios sobre la modalidad con la cual está organizada la inciativa, subrayando los motivos que han motivado al ente organizador a emprender la recolección. En general esta fase se desarrolla con la ayuda de la prensa y de las emisiones radiales locales, promoviendo debates públicos,

Tab10.6.5 - Esquema del modelo para la individualización del nivel de prioridad de saneamiento.

medios de contaminac.	agua subterránea	agua superficial	contacto directo
fuente	(a1.1*a1.2*a1.3)/3	(b1.1*b1.2*b1.3)/3	(c1.1*c1.2*c1.3)/3
vehículo	(a2.1*a2.2*a2.3)/3	(b2.1*b2.2*b2.3)/3	(c2.1*c2.2)/2
receptor	a3	b3	(c3.1*c3.2)/2

ai.j = 0 ningún riesgo; ai.j = 1 riesgo moderado; ai.j = 2 riesgo elevado; ai.j = 3 riesgo elevadísimo
a1.1: volumen de residuos que contienen sustancias tóxicas o nocivas; a1.2: toxicidad y solubilidad de sustancias presentes; a1.3: modalidad de contención de la descarga
a2.1: litología predominante; a2.2: porcentaje limo+arcilla; a2.3: profundidad de la napa bajo el vertedero
a3 : fuentes de abastecimiento hídrico
b1.1: volumen residuos que contienen sustancias tóxicas o nocivas; b1.2: toxicidad y solubilidad de sustancias presentes; b1.3: modalidad de contención de la descarga
b2.1: distancia a cursos de agua ; b2.2: topografía; b2.3: riesgo de erosión y/o inundación
b3 : uso del agua
c1.1: superficie residuos aflorantes; c1.2: toxicidad; c1.3: modalidad de descarga y contención
c2.1: cierros; c2.2: vigilancia
c3.1: uso del suelo; c3.2: viabilidad del acceso
$ai = \sum_{j=1,n} ai.j / n$

*R(subt) = (a1*a2*a3)/3*
*R(sup) = (b1*b2*b3)/3*
*R(con) = (c1*c2*c3)/3*
si uno de los R(...)≥2 la intervención de saneamiento debe ser programada en el breve plazo

proyectando audiovisuales en las escuelas y en las salas cinematográficas, difundiendo volantes o enviando folletos ilustrativos a domicilio, haciendo circular los medios de limpieza urbana con propaganda e ilustraciones, etc. [Canziani y Serra, 1989].

En un segundo momento se debe individualizar el medio más idóneo para incentivar o al menos mantener el grado de participación inicial de la ciudadanía. Todas las experiencias han demostrado que sin estímulos ulteriores la participación disminuye inevitablemente. La motivación puede consistir en un premio en especies o en dinero. Usualmente, donde no está previsto algún incentivo material, se les muestra a los ciudadanos las ventajas y los beneficios colectivos que la iniciativa significa (ahorro energético, menor derroche de recursos, etc.). Mientras el primer enfoque es a menudo aplicado en el caso de la recolección del papel de desecho y de las latas de aluminio, el segundo es común en el caso del vidrio y es ideal en el caso de la recolección de residuos peligrosos, por la fuerte presión psicológica que ejercen sobre el ciudadano las motivaciones relacionadas a la propia salud [Canziani y Serra, 1989].

Con la recolección diferenciada del vidrio se recuperan, en la práctica, envases vacíos de vidrio sódico-cálcico-magnésico, de color blanco, amarillo-pardo y verde. El residuo recuperado es, por lo tanto, clasificado usualmente del tipo "color mixto", mientras la recolección diferenciada por distintos colores parece técnicamente no confiable y económicamente negativa [AAVV, 1983]. Es decir, limita la utilización del residuo en vidrierías sólo al confeccionamiento de envases de vidrio "verde" y "medio-verde", menos valorado pero seguramente más difundido, ya que para el vidrio blanco no es posible tolerar que el 0,5% de vidrio sea de distinto color. El horno de fusión, destino principal del residuo, no admite que hayan compuestos como cerámicas, inertes y metales ya que se depositan en el fondo limitando la utilidad. La

utilización del residuo que es fácil de limpiar de la presencia de impurezas durante la operación de trituración y lavado, no es una peculiaridad exclusiva de la industria del vidrio. Mezclado con un 30% de arcilla puede servir a la industria de la construcción para producir baldosas. Desde el punto de vista de un balance energético las experiencias europeas han demostrado que la recolección diferenciada del vidrio resulta, en general, conveniente [Canziani y Serra, 1989]. Actualmente en Chile existen iniciativas de reutilizar el vidrio, basadas en el uso de envases retornables.

El papel recuperado es, en general, comercializado como "papel de desecho" y utilizado en las papeleras, siempre que el ciclo productivo lo permita. El desarrollo de técnicas de remoción de la tinta y de remoción de las impurezas; tratamientos preliminares de fraccionamiento de las fibras de recuperación (de manera de recuperar las más largas y permitir significativos ahorros energéticos) y apropiadas máquinas continuas para la producción del papel con más capas han permitido alcanzar resultados cualitativamente impensables en el pasado. Desde el punto de vista tecnológico existen, por lo tanto, soluciones para la reutilización del papel recolectado; queda el problema de la organización de la recolección que, además de cubrir territorialmente lo máximo posible, debe garantizar un nivel cualitativo suficiente del material recolectado. Actualmente en Chile, existen iniciativas de recolección diferenciada del papel, pero éstas no se encuentran encuadradas en un programa general.

En los países industrializados el desecho de fierro recuperado representa una parte importante del consumo (aproximadamente un tercio en los EEUU y en Japón [Canziani y Serra, 1989]). El desecho contenido en los residuos sólidos urbanos, en general, no supera unos pocos puntos porcentuales. El desecho recuperado es generalemente destinado a hornos eléctricos para la producción de manufacturas de requisitos químicos y mecánicos menos exigentes (barras de fierro para la construcción, cierros en fierro fundido y similares), pero debe ser pretratado para eliminar los componentes que comprometerían la fusión. Dado que la recolección del fierro entre los demás residuos es muy fácil (basta un separador magnético), la recolección diferenciada de este componente no es considerada conveniente. No se tienen noticias de actividades de este tipo en Chile.

El plomo es ampliamente reciclado, en Europa el 50% de los consumos de este metal se obtienen de los residuos [Canziani y Serra, 1989]. La tendencia actual es la de recuperar los acumuladores energéticos agotados desde los negocios de compraventa (artículos eléctricos para autos, taller de autos), para poner en marcha la recuperación usualmente efectuada por empresas especializadas, que proveen la remoción de la carcasa, el drenaje de los ácidos y la separación del plomo metálico (electrodos, polos) del no metálico (sulfato, óxidos). La componente metálica es después generalmente recuperada mediante fusión en hornos rotantes [Rousseau, 1987]. Actualmente en Chile, no se efectúa una recolección diferenciada del plomo.

Entre los metales no ferrosos, el aluminio es seguramente el más importante por su significativa presencia en los RSU. El interés en la recuperación de este componente de los residuos, está motivado de los elevadísimos ahorros financieros y energéticos (hasta el 95%) permitidos por el material de recuperación en reemplazo de la materia prima. En el caso de reutilización del desecho se pueden distinguir tres casos principales [Uhlig, 1982]:

1) la chatarra industrial reutilizable;
2) las planchas, partes de secciones, cables, que, antes de ser refundidos deben ser separados según la composición de sus aleaciones y deben ser preparados con un tratamiento mecánico para la remoción de la materia contaminante;
3) las planchas de desechos de cada tipo.

Estas últimas sólo corresponden a una fracción de la masa de desechos aluminosos heterogéneos que llegan al establecimiento; dado que estos materiales son muy oxidantes pueden ser fundidos sólo en horno rotatorio bajo un flujo salino.

Actualmente en Chile no existen iniciativas de recolección diferenciada del aluminio.
Los desechos plásticos, están constituidos por un grupo de materiales cuyos componentes son frecuentemente no mezclables entre sí, por incompatibilidad termodinámica [Canziani y Serra, 1989]. Para obtener materiales de buena calidad es, por lo tanto, necesaria la selección por tipo de polímero, lo que es posible para los descartes de elaboración, pero que crea grandes problemas en la recuperación de los RSU. Por esta razón, la tasa de recuperación de las materias plásticas distintas del reciclaje interno de las organizaciones de producción, es bastante baja en todos los países industrializados. La eventual separación de los diversos componentes es todavía más difícil, ya que algunas manufacturas están constituidas por piezas de matrices plásticas diversas: se pueden por ejemplo tener botellas de PVC con tapas de polietileno o botellas de PET (polietilentereftalato) con el fondo en polietileno.
El material plástico puede ser reciclado a dos distintos niveles: en mezcla no diferenciada o seleccionado por tipo de material. En el primer caso es posible efectuar componentes de grandes espesores y de color oscuro, aplicable en construcción, agricultura, comercio (recintos, postes, asientos) utilizando mezclas de materiales termoplásticos (PE, PP, PVC, PET, ABS). La selección por tipo de polímero obliga a costosos procesos no obstante permite una mayor valorización del material recuperado. La notable penetración del plástico en el mercado de los envases desechables, ha inducido a la autoridad de la CEE a dotarse de una Directiva (CEE 85/339: envases para líquidos alimentarios) para favorecer todas las posibles formas de recuperación y limitar la fermentación continua en los residuos. En Chile, se observan actualmente iniciativas de reutilización de algunos tipos de botellas de plástico con el sistema retornable.
Las baterías descargadas deben ser clasificadas como residuos peligrosos cuando están constituidas de varios metales pesados enrte los cuales, los más significativos, por sus implicaciones ambientales, son el Hg, el Cd, el Ni y el Pb. En los países industrializados, se han adaptado contenedores especiales en puntos de recolección estratégicos. Del tratamiento de las baterías usadas es posible recuperar algunos de los metales pesados contenidos. Pero, debe ser garantizada una forma de disposición final que tenga en cuenta la peligrosidad del material. Actualmente en Chile las baterías usadas son dispuestas con los RSU.
En cuanto a los remedios vencidos, en los países donde está prevista la recolección diferenciada, ésta es usualmente organizada ubicando contenedores adecuados cercanos a las farmacias. En Chile los remedios vencidos, cuando no provienen de hospitales, terminan en las descargas para RSU.
La factibilidad de una recolección diferenciada en la cuenca del Biobío y el área costera adyacente, debería definirse con un estudio específico. A priori se pueden, de todos modos, dar algunas indicaciones de validez general:

- la recolección diferenciada de las pilas descargadas, de las baterías para autos y de los remedios vencidos debería ser realizada inmediatamente, disponiendo de sitios de disposición para residuos peligrosos;
- paralelamente a la promoción de una recolección diferenciada de las pilas y de las baterías, debería realizarse una planta para la recuperación de metales pesados;
- debería ser incentivado el sistema de los envases retornables tanto para recipientes de vidrio, como para los de plástico.

Faltaría verificar la ventaja asociada a una eventual recolección diferenciada del vidrio, papel, aluminio y plástico. En cuanto al fierro ya se ha dicho que, de todos modos, resulta más conveniente un reciclaje de los RSU.

10.6.4 Reciclaje

El reciclaje se diferencia de la recolección diferenciada en cuanto se realiza con RSU ya obtenidos a través de procesos tecnológicos de separa-

ción y tratamiento. Se puede hablar de reciclaje incluso para residuos industriales.
La selección magnética de los materiales ferrosos presentes en los RSU es bastante simple. Se obtiene una mezcla de objetos, con una preponderancia de tarros de hojalata, que no son comercializables directamente por las notables impurezas todavía presentes: etiquetas, residuos de productos dentro de los tarros, arrastre de plástico y papel. Por lo tanto, son necesarias las instalaciones que limpian y concentran. Existen dos tecnologías: la pirolítica elimina las impurezas en un horno rotante y después confecciona paquetes comprimidos de material limpio; la tecnología de trituración utiliza la abrasión para limpiar y la compresión para reducir el peso específico. El sistema en frío también permite la posterior recuperación del estaño con procesos electrolíticos [La Diega, 1989]. Queda por verificar si en Chile existe un mercado del fierro recuperado. En cuanto al reciclaje de materiales de los RSU no parece, dentro del mediano plazo, que sea posible operar con objetivos diferentes.
En cuanto al sector industrial, se encuentran ejemplos de reciclaje tanto en la industria forestal como en la no forestal.
En la literatura existe un reciente estudio [Rubio, 1991] sobre el uso actual y potencial de los residuos que se generan durante la gestión de los bosques y la elaboración de la madera.
Actualmente los residuos que provienen directamente de los bosques son, prácticamente la mayoría, quemados en el lugar, con elevado riesgo de incendio (que de hecho ocurren). Por otro lado, quemando el material que queda en el suelo, la combustión absorbe desde el suelo minerales y nutrientes que se pierden en la atmósfera. Como consecuencia se requieren operaciones de fertilización, de otro modo, evitables. Como alternativa, se deberían dejar los residuos en el suelo sin quemarlos.
Aparte de los aspectos de la correcta gestión de los bosques, la industria del sector forestal, debe resolver el problema de la continua acumulación de aserrín producido por la elaboración de la madera.
Actualmente hay iniciativas dirigidas al reciclaje de este tipo de residuos, pero falta un programa a escala regional. Un uso racional del aserrín es la combustión para la producción de energía. Otros posibles usos son la preparación de compost, el empleo como carga comprimida, el uso químico, pero sólo tienen usos marginales.
El problema que se debe resolver antes que nada es el del poder calorífico (PCS: poder calorífico seco). La madera recién cortada tiene un 40-50% de agua; la madera secada al aire contiene 15-25% de agua. La madera perfectamente seca tiene un PCS de 4400-4500 Kcal/kg; la madera seca al aire tiene un PCS de 3300-3900 Kcal/kg. El aserrín normalmente seca al aire puede tener un PCS de 3500 Kcal/kg.
Disponiendo de una superficie cubierta con una buena aireación y con capas no excesivamente gruesas, se puede obtener "naturalmente" un aserrín que tenga un PCS de 3000-3100 Kcal/kg. Si esta operación no se puede realizar naturalmente, se requiere consumir energía. Si el aserrín tiene un contenido de humedad del 70%, para pasar a 25% se consumirá, teniendo en cuenta los rendimentos, aproximadamente 500 Kcal/kg, en cambio, si el aserrín tiene un contenido de humedad del 30% se requerirán 400 Kcal/kg aproximadamente. Las calorías disponibles para fines energéticos serán en el primer caso de 650 Kcal/kg y en el segundo 1100 aproximadamente.
Produciendo energía eléctrica, en el caso favorable de tener un rendimiento del 40% se obtendrían 0,3-0,5 kWh/kg. Racionalizando el sistema, es decir, utilizando el calor de los humos de combustión para secar el aserrín, es posible que el calor de los humos sea suficiente para hacer evaporar el agua y así, se podrían obtener 0,5-0,7 kWh/kg.
El costo de inversión de una planta que produce energía eléctrica (movimiento, caldera, turbina, generador, etc.) con una potencia instalada de 4-5 MW es de al menos 2.800-3.300 millones de pesos y, por lo tanto, es difícil pensar en una producción de energía eléctrica a costos competitivos a los actuales. Una planta de este tipo consumiría 60.000 ton/año de aserrín y, por lo

tanto, para cubrir la producción de la zona bastarían 4 plantas.
Es, de todos modos, necesario que el estado dé un incentivo al productor para nivelar los costos. Una solución podría ser utilizar el aserrín en las plantas existentes de auto producción de energía eléctrica de la industria de la celulosa y del papel, y obligar al ente distribuidor de energía eléctrica a comprarla. De este modo, se evitaría una buena parte de los costos de inversión.
En cuanto a la industria no forestal ejemplos, de reciclaje de los residuos sólidos producidos se pueden encontrar en el sector siderúrgico (ver Par.10.6.6).

10.6.5 Cuantificación de la producción de los residuos sólidos industriales

La cuantificación de la producción de residuos, por categorías y características, es fundamental para elaborar cualquier plan de disposición.
Más en general, la cuestión es si existen en la zona soluciones para la disposición de los residuos industriales adecuadas y ambientalmente compatibles y cuáles son las iniciativas a emprender para mejorar la situación.
La respuesta pasa a través de la definición de los siguientes puntos:

- cuál es la efectiva producción de residuos, ya sea como cantidad que como calidad, individualizando las particulares tipologías derivadas de cada ciclo de producción y asociando a éstas una característica de peligrosidad y la tecnología óptima de disposición;
- si está ya en ejecución una reducción de las cantidades y de la toxicidad de los residuos producidos o, al menos, de su recuperación, y cual sea la respuesta, en qué tiempo y a qué costo;
- cuáles son las necesidades de plantas de disposición, como tipología y como capacidad;
- cuál es el impacto asociado de tales plantas y cuál es el modo y costo para reducirlo.

Es evidente que la definición del primer punto tiene características prioritarias y la disposición de información, en cuanto a la tipología y a la cantidad producida de los residuos industriales, representa un punto de partida esencial para cualquier actividad de programación.
Resulta a priori necesario disponer de una codificación de las actividades industriales: se podría hacer referencia a la codificación ISTAT, utilizada en Italia, o la CIIU, utilizada en Chile.
Al mismo tiempo, incluso los residuos producidos deben ser referidos a una codificación: podría ser adoptada una codificación del tipo de la sugerida para Italia en DM 26/4/89 (decreto ministerial).
Además, debe ser establecida una clasificación de los residuos, por ejemplo, distinguiéndolos en inertes, peligrosos (tóxico-nocivos) y no peligrosos.
Para poder garantizar una disposición de los datos recolectados con el sistema de las encuestas llenadas por los productores, se considera necesario que el procedimiento sea regulado por una normativa específica (como en Italia con el D.P.R. 475/88). Responsabilizando al que contesta las encuestas se podrán limitar los errores que, de otro modo, podrían hacer inutilizables los datos para un análisis completo (parte de la experiencia del Centro EULA).
En cuanto al tipo de información a recoger, se considera que las encuestas deberían garantizar como mínimo la siguiente informacion:

- razón social de la empresa;
- dirección de la misma;
- código de la actividad;
- número de empleados;
- número de los residuos producidos.

Para cada residuo producido debería ser considerada la siguiente información:

- código del residuo;
- producción del mismo;
- humedad del mismo (puede ser utilizada para estimar la referir la producción de residuos fangosos a una humedad estándard);
- clasificación del residuo (si es tóxico/nocivo u otro);
- localización actual del residuo;
- información respecto de la disposición y el modo de la misma.

10.6.6 Principios de disposición de los residuos sólidos industriales de la cuenca y el área costera adyacente

En este párrafo se analizan, sector por sector, los tipos de residuos sólidos industriales producidos en la cuenca del Biobío y en el área costera adyacente y se sugieren la modalidad de disposición de disposición óptima.

–Industria de la celulosa y del papel

Por la naturaleza del ciclo productivo, casi todos los materiales de desecho son utilizados como combustible. Los lodos derivados de la sedimentación (del proceso y de la planta) tienen problemas para ser quemados, debido a su elevado contenido de agua y de las sustancias inorgánicas presentes como precipitados. Por otro lado, disponer estos residuos sobre el terreno, sin ninguna protección en la parte inferior en contacto con el suelo, es una solución inaceptable en la ausencia de un estudio completo que defina la probable presencia y las cantidades de microcontaminantes que, con el tiempo, podrían alcanzar el agua subterránea. Los desechos inorgánicos, principalmente cenizas y lodos de sedimentación, no deberían causar graves problemas: la solución de un vertedero controlado en un lugar idóneo podría, como primera aproximación, resultar suficiente.

–Industria agroalimentaria

Este problema no es muy diferente al anteriormente mencionado. También en este caso, la realización de un vertedero controlado adecuado puede ser suficiente para minimizar el problema.

–Industria de la pesca

Los pocos residuos sólidos producidos por esta actividad deberían ser ubicados en un vertedero para RSU y semejantes.

–Industria química y petroquímica

Las refinerías de petróleo producen una pequeña cantidad de residuos sólidos. Se trata esencialmente de mezclas aceitosas con una cantidad no despreciable de sales derivadas esencialmente de la limpieza de los estanques. En el caso específico de Petrox, parte de estos sólidos deriva también de los catalizadores agotados del cracking catalítico. Estos residuos son considerados peligrosos y no es conveniente disponerlos en vertederos sin impermeabilización y sin un tratamiento preventivo que los haga inertes.

Lo anterior, es particularmente importante para los lodos de la soda agotada de los estanques de bencina con plomo, para los cuales se debe realizar un proceso que los haga químicamente inertes y una posterior disposición en vertederos impermeabilizados. Evaluaciones análogas deben ser hechas para los residuos sólidos derivados de las otras actividades del sector.

–Industria siderúrgica

La mayor cantidad de desechos de la industria siderúrgica está constituida por las escorias del alto horno y por las de la acería. Las primeras tienen un uso como base para la fabricación del cemento (se producen aproximadamente 350 kg de escoria por tonelada de acero) y las otras son, en general, dispuestas en recintos de la empresa. Por su naturaleza la escoria de acería (aproximadamente 100 kg/t de acero) no representa un serio problema para el ambiente, pero una racionalización de su disposición es siempre adecuada. En algunos países, después de una hidratación, se utilizan para la operación de relleno, terraplenes, etc., dadas sus óptimas características mecánicas.

Más delicado es el problema de los residuos sólidos de las coquerías y de las mezclas aceitosas. En muchos centros siderúrgicos, las primeras se reciclan como carga fósil de la coquería, mientras las mezclas aceitosas son descargadas en el alto horno. Se consigue así la disposición del residuo y, al mismo tiempo, una cierta recuperación energética.

La disposición de los lodos de las plantas de depuración del gas proveniente del altohorno y de la acería, es un problema de mayor relevancia. No es posible su reciclaje total en alto horno, ya que en esto polvos se concentran metales como Zn, CD, Pb que sobre ciertas concentraciones no son tolerados en el proceso siderúrgico. Es, por lo tanto, necesario proceder a su disposición al menos parcial que, generalmente, se efectúa en vertederos impermeabilizados. El percolado recogido es tratado para evitar la dispersión de metales pesados.

A una suerte análoga, están destinadas las mezclas provenientes de las plantas de decantación de los laminadores y de las fases de perfeccionamiento final. Un sistema de disposición óptima de estos residuos podría ser también el reciclaje de los mismos en la industria del cemento, pero el problema mayor en este caso es la gran varibilidad de los flujos que llegan, que provocan modificaciones no deseadas en la calidad de la carga.

–Aserraderos
Debe ser resuelto el problema relacionado con las acumulaciones de aserrín que se forman cerca de los aserraderos y la contaminación potencial que representan. El aserrín dispuesto sin ninguna precaución puede liberar, por el lavado debido a la lluvia, sustancias contaminantes que alcancen los cuerpos hídricos; el mismo aserrín puede, por otra parte, ser transportado por el agua lluvia contribuyendo, de este modo, a la turbiedad de los cursos de agua. Por lo tanto, es necesario adoptar un sistema de recolección de las aguas contaminadas por el contacto con el aserrín, previendo su conducción a una adecuada planta de tratamiento. La contención de la producción de estas aguas es, de todos modos, un problema que se relaciona con las dimensiones de la colina de aserrín: un eventual sistema de protección del contacto con las aguas lluvia resulta seguramente costoso. También podría estudiarse un sistema de tratamiento económico del aserrín, de manera de poder disponerlo en vertederos (actualmente ésto no es posible).

–Otras industrias
La mayor parte de los residuos producidos podría ser dispuesta en vertederos para RSU. Debe considerarse la pequeña descarga de GACEL, que debería disponerse en un vertedero especial debido a sus contenidos de cromo y sulfuros.

10.7 Uso recreativo de los recursos hídricos

Dentro de este estudio se ha afrontado también el problema ambiental de las lagunas de Concepción-San Pedro:

- Laguna Grande de San Pedro
- Laguna Chica de San Pedro
- Tres Pascualas
- Lo Méndez
- Lo Galindo
- Lo Custodio
- Redonda

En cuanto a las soluciones posibles, se ha tenido en cuenta que:

- en caso de descarga de aguas residuales, una recuperación total del cuerpo hídrico puede obtenerse sólo realizando un colector perimetral de derivación; esta solución debe ser considerada prioritaria;

- el jacinto acuático, adecuadamente ocupado, tiene cualidades apreciables como mecanismo de tratamiento de la contaminación de las lagunas; confinando una porción de la laguna es posible crear un filtro biológico capaz de abatir incluso, de manera importante, la concentración de algunos sustancias contaminantes;
- precipitadores químicos, debe considerarse que generan materia muerta que no se sabe bien qué impacto puede tener en el equilibrio de la laguna; en general los resultados obtenibles no son persistentes;
- el dragaje de los sedimentos es uno de las soluciones más costosas y puede ser propuesta sólo si se demuestra que la liberación de nutrientes por parte de los sedimentos, es la causa principal de las condiciones eutróficas;
- la recirculación artificial de agua limpia, es factible sólo en presencia de un cuerpo hídrico de una calidad y cantidad apropiada y a poca distancia de la laguna a sanear;
- una derivación del agua lluvia, corre el riesgo de alterar el equilibrio hidrológico de la laguna; por otra parte, esta agua constituye, frecuentemente, una carga contaminante importante, cuando son existen uniones ilegales de casas que deberían descargar en el alcantarillado de aguas servidas.

LAGUNA GRANDE

Existe un proyecto para la creación de un parque de 20 há, con fines ecológicos y recreacionales a lo largo de la orilla de la laguna. Para realizarlo se requeriría una reforestación con flora nativa. Paralelamente, debería ser estudiado cómo reducir el aporte de nutrientes a la laguna.
Los sistemas sanitarios existentes en el área son sólo redes de obras sanitarias de la Villa San Pedro.

- *Red de drenaje*: la existencia de una poderosa napa de agua subterránea en gran parte del terreno donde se construyó la Villa de San Pedro exigió el diseño de un sistema de drenaje del terreno. Este consiste en una red de colectores paralelos a una cota inferior a la red de aguas servidas; estos colectores evacúan a la laguna las aguas subterráneas captadas.
- *Alcantarillado* de aguas servidas: en las zonas bajas de la Villa las redes conducen por gravedad las aguas hacia plantas elevadoras que impulsan el caudal hacia un emisario que descarga en el río Biobío; estas redes tienen dos rebalses directos y uno indirecto de emergencia que desemboca en la laguna. Las demás zonas descargan gravitacionalmente en un colector que desagua en el Biobío.
- *Alcantarillado de aguas lluvias*: la evacuación de aguas lluvias y superficiales se hace por una red que desagua en la laguna, esta red es en gran parte paralela al sistema de aguas servidas. Tres colectores de gran diámetro evacúan en la laguna. Adicionalmente, el antiguo canal de desagüe de la Laguna Chica que vertía sus aguas a la laguna Grande, fue entubado en un colector y se incorpora así a la red de aguas lluvias del sector oriente.

Las causas generadoras de contaminación tendrían que ser las siguientes: (1) las aguas lluvias evacuadas hacia la laguna arrastran desechos naturales que se encuentran en las calles; (2) posibles conexiones clandestinas de alcantarillado al sistema de drenaje de la napa subterránea, cuyas tuberías van en paralelo con el colector verdadero de alcantarillado de aguas servidas; (3) dado que el sistema de drenaje se inspecciona a través de las mismas cámaras del alcantarillado por medio de tapones que independizan los sistemas, es posible suponer que en 25 años algunos tapones se hayan deteriorado y pudieran traspasar agua de los diferentes sistemas; (4) las dos plantas elevadoras de aguas servidas poseen rebalses de emergencia; cualquier falla en las plantas incide con grandes cargas orgánicas en la laguna; estas fallas parecen ser frecuentes.
Una vez cuantificados los aportes de nutrientes a la laguna y precisado el balance hidrológico, será posible planificar soluciones que permitan mejorar la calidad de sus aguas, hasta hacerlas mesotróficas. No es necesario un objetivo más exigente, dadas las consideraciones respecto a los usos previstos. Podrá, por ejemplo, ser evaluado si es factible desviar la descarga de la red de drenaje (y, por lo tanto, los aportes de las conexiones ilegales de aguas servidas) sin alterar el equilibrio hidrológico. Ademas, deberá ser previsto un plan para una gestión adecuada de la cuenca de la laguna.

LAGUNA CHICA

Las causas de su estado de mesotrofía avanzada se pueden identificar como las siguientes:

- pozos sépticos mal construidos en la ribera este;
- la cantidad de bañistas durante la temporada de verano;
- tala indiscriminada de bosques cuya capa vegetal, rica en materias orgánicas, se deposita en el fondo;
- construcción de caminos de acceso a las viviendas que en el invierno se convierten en cauces;
- playas de la orilla, no siempre construidas adecuadamente, han significado eliminar especies vegetales útiles como batros (planta donde ponían sus huevos las taguas y era refugio de coipos, especies que a su vez consumían la materia orgánica);
- uso indiscriminado de lanchas que, con sus hélices, remueven del fondo nutrientes que facilitan la fertilidad.

Por otro lado está el problema de la carencia de un efectivo sistema de eliminación de las basuras producidas por los ribereños y el problema del desagüe de la laguna (que es intermitente).
También en el caso de esta laguna falta información cuantitativa relativa al balance hidrológico y al aporte de nutrientes; de todos modos se pueden identificar algunas soluciones:

- realización de un colector de derivación para la zona habitada en el sector oriental dotado de fosas sépticas;
- reforestación con especies nativas en la hoya;
- definición del uso del suelo de su cuenca hidrográfica;
- delimitación y reconsideración del plano regulador, definiendo un plan más restrictivo en cuanto a las construcciones;
- control en el verano de la cantidad de bañistas.

Para el saneamiento de la laguna no debería ser necesario recurrir al dragaje de los sedimentos ya que, siendo las aguas todavía mesotróficas, deberían tener aún la posibilidad de adsorber nutrientes y, por lo tanto, actualmente los sedimentos no deberían constribuir a los aportes.

LAGUNA TRES PASCUALAS

La laguna Tres Pascualas recibe tanto el agua lluvia de un sector vecino (Fig.10.7.1) como las descargas de aguas servidas de la población construida a lo largo de su orilla.
El colector de aguas lluvias que entra no debería tener conexiones ilegales, ya que durante el verano se presenta seco.
En cuanto a las soluciones posibles, debe ser realizado un colector perimetral de derivación y debe ser estudiada la posibilidad de utilizar el jacinto acuático para depurar naturalmente el aporte de nutrientes asociado a las aguas lluvia.
Vale la pena subrayar que no se debe proceder a la poda o cosecha del jacinto actualmente presente antes del término del colector de derivación.
Además, debería ser estudiado el rol que puede tener el sedimento de la laguna, en el retardo de la plena recuperación de la misma, una vez controlados los aportes.

LAGUNA LO MENDEZ Y LO GALINDO

Se podrá sanear la laguna Lo Galindo sólo cuando sean resueltos los problemas de la laguna Lo Méndez, que se encuentra aguas arriba de la primera (Fig.10.7.2).
La primera obra a realizar será, por lo tanto, la construcción de un colector perimetral para la derivación de las descargas a la laguna Lo Méndez.
Al mismo tiempo, o sucesivamente podrá realizarse el de la laguna Lo Galindo (si se demuestra que recibe descargas).

LAGUNA LO CUSTODIO

Aparentemente no existen descargas sobre esta laguna; debería ser realizado un jardín en su entorno y se podría evaluar la posibilidad de realizar un lavado de sus aguas con agua subterránea: los costos deberían ser razonables en consideración a las limitadas dimensiones de la laguna.

LAGUNA REDONDA

Para la laguna Redonda no se proponen soluciones ya que sus características, en relación a sus usos, no requieren modificaciones a la actual situación.

En cuanto a los criterios con los cuales elegir la secuencia de saneamiento de las lagunas, podría ser implementado un modelo que tenga en cuenta:

- uso actual;
- uso futuro;
- costo de las soluciones por número de usuarios;
- costo general en función del financiamiento.

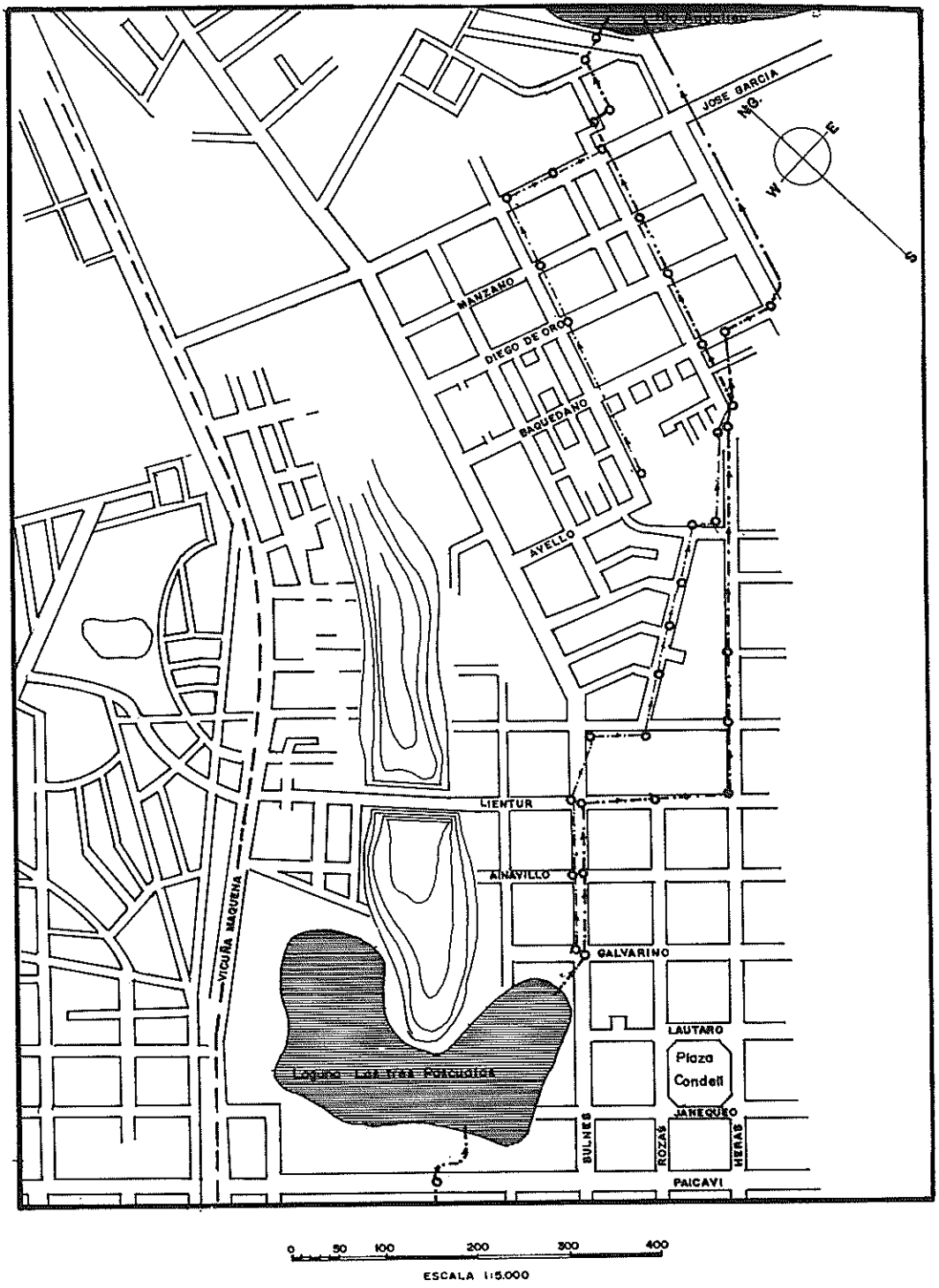


Fig.10.7.1 - Laguna Tres Pascualas; las líneas segmentadas indican los colectores de aguas lluvia.

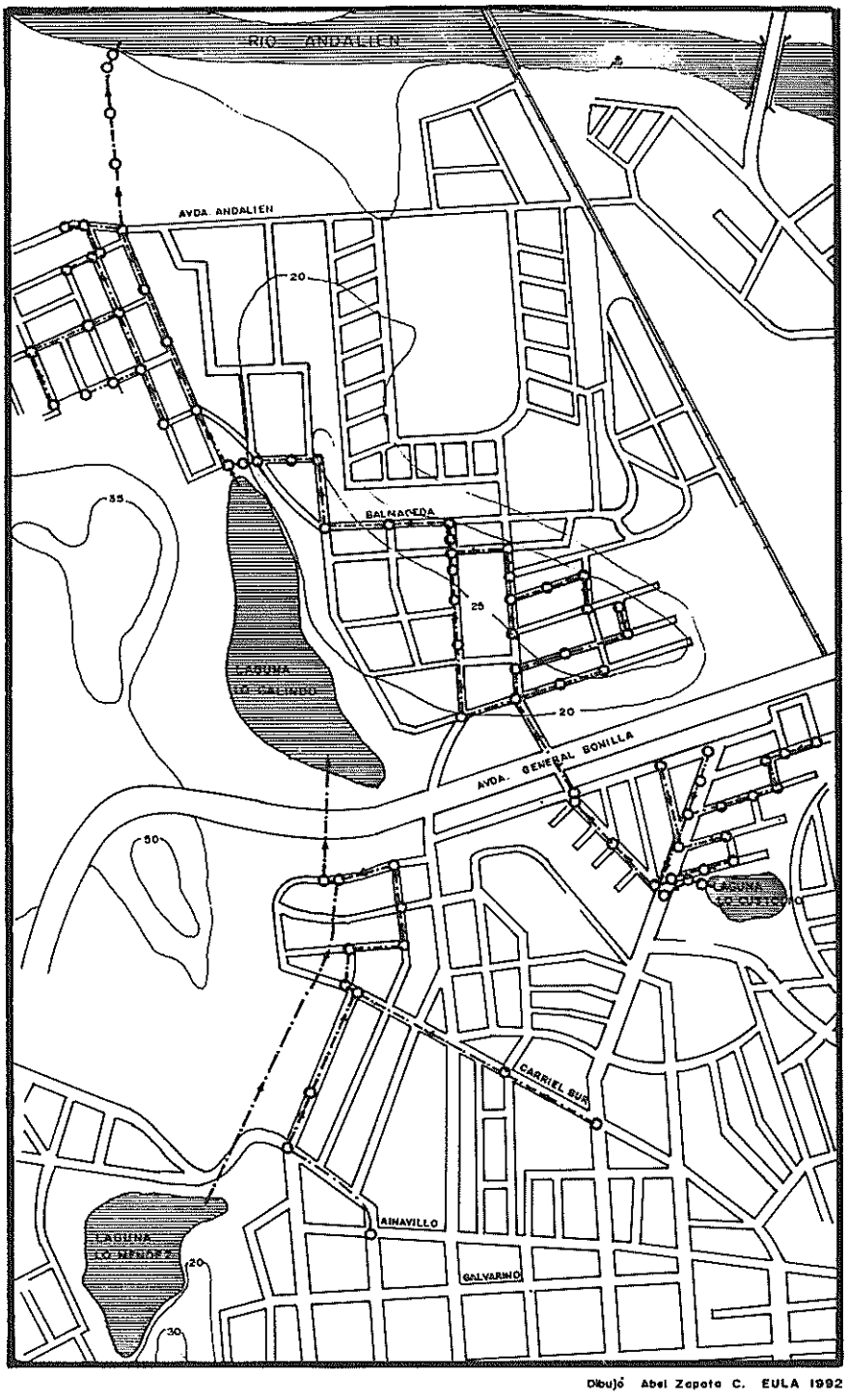


Fig.10.7.2 - Lagunas Lo Méndez, Lo Galindo y Lo Custodio; las líneas segmentadas indican los colectores de aguas lluvia.

11. PRIORIDAD DE LAS SOLUCIONES PROPUESTAS A LOS PROBLEMAS MAS URGENTES

En este capítulo se identifican y jerarquizan, en base a criterios definidos a continuación, las prioridades de solución para los principales problemas que afectan el uso múltiple de los recursos hídricos y la calidad del ambiente en la zona de estudio.

11.1 Criterios para definir la prioridad de las soluciones propuestas

Los objetivos principales de este Proyecto de Prefactibilidad para el Saneamiento de la Cuenca del Biobío y del Area Costera Adyacente son, como se ha dicho en Cap.1, garantizar la salud de sus habitantes y salvaguardar el ambiente y el paisaje.
A la luz de estos objetivos y de los problemas particulares de la zona, se desprenden los criterios para definir las prioridades de las soluciones que, en orden de importancia, son:

a) garantizar un abastecimiento hídrico adecuado de agua potable desde un punto de vista cualitativo y cuantitativo en todas las localidades.
b) asegurar los usos actuales y futuros de los cuerpos hídricos superficiales (mar, ríos, lagos y lagunas) y subterráneos.
c) mejorar la calidad de los ambientes naturales (agua superficial, agua subterránea, suelo y aire) y preservar la calidad de aquéllos que actualmente presentan condiciones similares a las naturales.

11.2 Prioridad de las soluciones propuestas a los problemas más urgentes

Al analizar problemas de esta complejidad, es necesario utilizar como base metodológica un enfoque sistémico, que considera a la cuenca y al área costera adyacente como un sistema integrado donde se interrelacionan el agua, el aire y el suelo, los cuales se encuentran, a su vez, influenciados por las actividades humanas. Con este enfoque y con los criterios anteriormente expuestos se han identificado las siguientes prioridades para las soluciones propuestas (ver Cap.10):

- Tratamiento exigente o abastecimiento alternativo de agua potable para el área Concepción, Talcahuano, San Pedro, Chiguayante y Hualqui.
- Solucionar la contaminación provocada por las plantas de celulosa que descargan en ríos.
- Eliminar la descarga en el Biobío de la procesadora de pescado ubicada en Chiguayante.
- Realización simultánea del alcantarillado y de planta de tratamiento de las aguas residuales domésticas de Hualqui.
- Realización simultánea del alcantarillado y de planta de tratamiento de las aguas residuales domésticas de Santa Juana.
- Realización de emisarios submarinos para las ciudades de Penco, Tomé y Lota.
- a) Solucionar los malos olores y la contaminación hídrica de la industria pesquera localizada en Concepción-Talcahuano, Coronel y Tomé; b) Solucionar la contaminación hídrica de IANSA ubicada en Los Angeles; c) Solucionar la contaminación hídrica de PETROX y HUACHIPATO; d) Solucionar la contaminación hídrica de las plantas de celulosa que descargan en el mar.
- a) Realización de la planta de tratamiento de las aguas residuales domésticas de la ciudad de Los Angeles; b) Construcción de emisario(s) submarino(s) para las ciudades de Concepción, Talcahuano, San Pedro y Chiguayante.

- Mejorar el tratamiento del agua potable de Cabrero, Monte Aguila y Mulchén. Asegurar el abastecimiento de Los Angeles.
- Mejorar el tratamiento del agua potable de Coronel, Penco-Lirquén, Hualqui y Nacimiento.
- Saneamiento de la Laguna Chica de San Pedro.
- Disposición de los residuos sólidos peligrosos, considerando criterios ambientales.
- Disposición de los residuos sólidos no peligrosos, considerando su tipología.

No se incluyen en esta lista de prioridades para solucionar los problemas presentes en la zona:

– el control de la contaminación del resto del sector industrial, que por su tamaño actual, no presenta problemas ambientales como los de las industrias ya incluidas;
– la construcción de las soluciones propuestas para las aguas residuales domésticas en todas las localidades de la cuenca y en el área costera adyacente;
– saneamiento del resto de las lagunas urbanas de Concepción-San Pedro (Lo Galindo, Tres Pascualas, Lo Méndez, Redonda, Lo Custodio y Laguna Grande de San Pedro);
– solución a problemas ocasionales en el abastecimiento de agua potable de otras localidades.

Esto problemas representan una prioridad distinta dentro de los problemas globales de la cuenca, pero no pierden su importancia como prioridades locales y, en algunos casos, se necesitan soluciones rápidas para detener los procesos actuales de contaminación o para iniciar su saneamiento definitivo (ver Cap.10).
Como se ha dicho en Cap.9, se pueden identificar para cada una de las prioridades los objetivos, exigencias y estándares de referencia para el saneamiento de los cuerpos hídricos y del ambiente. De esta manera se ha elaborado Tab.11.2.1, donde se incluyen los aspectos antes mencionados.
Se aprecia que las primeras cinco prioridades tienen como objetivo garantizar que el agua consumida por las ciudades de Concepción, Talcahuano, San Pedro, Chiguayante y Hualqui (que representan aproximadamente un 60% de los habitantes de la cuenca) se encuentre libre de problemas que pueden afectar la salud de la población. Por lo tanto, como primera medida, se deben acondicionar las plantas de La Mochita (Concepción-Talcahuano), de San Pedro y de Chiguayante para poder abatir la concentración de microcontaminantes y, en el corto-mediano plazo, asegurar una nueva fuente de abastecimiento para estas localidades (ver Cap.10.2.4).
Además, según el mismo criterio, se requiere una reducción de la carga contaminante de las plantas de celulosa que descargan en los ríos (ver Par.10.5.2.1), principalmente de la DQO y de microcontaminantes como los AOX.
Se incluye eliminar la descarga en el río Biobío de la planta procesadora de pescado que se encuentra en Chiguayante (El Cabo), ya que se encuentra aguas arriba de la captación de la planta La Mochita y de la de San Pedro.
En la misma línea, las localidades de Hualqui y Santa Juana (en este orden) deben sanear sus descargas de aguas servidas con la realización simultánea del alcantarillado y de una planta de tratamiento, ya que en este momento las concentraciones de coliformes fecales y totales, en el agua superficial cercana a Concepción, se encuentran en la Clase D (que corresponde para este parámetro a la Clase A3 de la CEE).
En cuanto a las prioridades relativas a los residuos sólidos, con nuevas normas se entiende tanto nuevos criterios de disposición futura como una solución a los problemas asociados a la forma de disposición utilizada hasta la fecha (ver Par.10.5).
Los objetivos, exigencias y estándares de referencia de las demás prioridades identificadas se pueden observar en detalle en la misma Tab.11.2.1.
Es necesario recordar que los estándares de referencia que se incluyen en Tab.11.2.1 no se encuentran vigentes en Chile y han sido recopilados de distintas fuentes (OMS, CEE, EULA, etc.), lo que subraya la necesidad de contar con un marco legal (general y específico) que permita la

implementación del Plan de Saneamiento propuesto y que asegure una fiscalización sobre todos los componentes que, directa o indirectamente, influyen en la calidad de las aguas, del suelo y del aire y, por lo tanto, en la salud y en la calidad de vida de las personas.

Tab. 11.2.1 Prioridad de las soluciones a los problemas más importantes de la cuenca del Biobío y del área costera adyacente

Propuesta de intervención	Objetivo y exigencia según Cap.9)	Objetivo específico	Estándard de referencia (según Cap.10)
Tratamiento exigente o abastecimiento alternativo para Concepción, Talcahuano, San Pedro, Chiguayante y Hualqui	Garantizar la salud pública del 60% de la población de la zona	Reducir concentración de microcontaminantes (fenoles ,AOX)	Tabs.10.2.7-10.2.12 (Agua Potable)
Solución a la contaminación hídrica de las plantas de celulosas que descargan en ríos	Garantizar fuente agua potable para Concepción, Talcahuano, San Pedro y Chiguayante (Clase A2 CEE)	Reducir carga contaminante de DQO y AOX	Tab.10.5.1 (Tab.C mediano plazo y Tab.A largo plazo)
Eliminación de descarga en el Biobío de la pesquera ubicada en Chiguayante	Garantizar fuente agua potable para Concepción, Talcahuano, San Pedro y Chiguayante (Clase A2 CEE)	Eliminar carga microbiológica y de DBO	Tab.10.5.1 (Tab.C2 para alcantarillado)
Realización alcantarillado y planta de tratamiento para Hualqui	Garantizar fuente agua potable para Concepción, Talcahuano, San Pedro y Chiguayante (Clase A2 CEE)	Reducir carga contaminante microbiológica	Tab.10.3.1 (Tab. A2 más desinfección)
Construcción alcantarillado y planta de tratamiento para Santa Juana	Garantizar fuente agua potable para Concepción, Talcahuano, San Pedro y Chiguayante (Clase A2 CEE)	Reducir carga contaminante microbiológica	Tab.10.3.1 (Tab. A2 más desinfección)
Realización emisarios submarinos para Penco, Tomé y Lota	Recuperación de la calidad de la faja marina costera en particular el balneario (Tab. 9.3.1)	Reducir carga contaminante microbiológica	Tab.10.3.1 (Tab. A2 más emisarios dilución 1:10)
Solución a la contaminación de las plantas pesqueras de Concepción-Talcahuano, Coronel y Tomé.	Recuperación de la calidad de la faja marina costera (Tab.9.3.1) y la calidad atmosférica	Remover los malos olores y reducir carga contaminante orgánica	Tab.10.5.1 (Tab. C1 mediano plazo y Tab. C2 largo plazo)
Solución a la contaminación hídrica para plantas de celulosa que descarguen en el mar	Recuperación de la calidad de la faja marina costera (Tab.9.3.1)	Reducir carga contaminante de DQO y AOX	Tab.10.5.1 (Tab. C1 mediano plazo y Tab. C2 (largo plazo)

(Continúa)

Tab. 11.2.1 *(Continuación)*

Propuesta de intervención	Objetivo y exigencia según Cap.9)	Objetivo específico	Estándard de referencia (según Cap.10)
Solución a la contaminación hídrica de IANSA (Los Angeles)	arantizar uso múltiple del río (Clase C EULA) (largo plazo)	Reducir carga contaminante orgánica	Tab.10.5.1 (Tab. C mediano plazo y Tab. A
Solución a la contaminación hídrica de PETROX	arantizar uso múltiple del río (Clase C EULA) y el mar (Tab 9.3.2)	Reducir consumo de agua y carga contaminante de hidrocarburos y fenoles	Tab.10.5.1 (Tab. C mediano plazo y Tab. A largo plazo)
Solución a la contaminación hídrica de Huachipato	ecuperación de la calidad de la faja marina costera Tab.9.3.1)	Reducir consumo de agua y carga contaminante de las distintas mediano plazo	Tab.10.5.1 (Tab. C1 y Tab. C2 (líneas de producción largo plazo)
Planta de tratamiento para la ciudad de Los Angeles	arantizar uso múltiple del río (Clase C EULA)	Reducir carga contaminante microbiológica y orgánica	Tab. 10.3.1 (Tab. A más desinfección)
Emisario(s) para Concepción, Talcahuano y San Pedro	Garantizar uso múltiple del río (Clase D EULA)	Reducir carga contaminante microbiológica y orgánica	Tab. 10.3.1 (Tab. A2 más emisarios dilución 1:10)
Mejorar Agua Potable para Cabrero, Monte Aguila y Mulchén	Garantizar la salud pública	Reducir las concentraciones de Fe y Mn	Tabs.10.2.7-10.2.12 (Agua Potable)
Mejorar Agua Potable para Coronel, Penco, Lirquén, Hualqui, Lota y Nacimiento	Garantizar la salud pública	Reducir las concentraciones de distintos parámetros	Tabs.10.2.7-10.2.12 (Agua Potable)
Asegurar abastecimiento de Los Angeles	Garantizar la salud pública	Aliviar la exigente situación de abastecimiento actual	
Saneamiento de la Laguna Chica de San Pedro	Garantizar sus aguas para uso balneario (Clase C EULA)	Controlar los aportes de nutrientes en la laguna	
Disposición de Residuos Sólidos Peligrosos	Garantizar la salubridad de la napa y del suelo	Evitar la formación de líquidos percolados y el contacto de la población con los desechos	Clasificación Tab. 10.6.3
Disposición de Residuos Sólidos No Peligrosos	Garantizar la salubridad de la napa y del suelo	Controlar los líquidos percolados y evitar contacto da la población con los desechos	Clasificación Tab. 10.6.3

12. CRITERIOS DE CONTROL Y GESTION DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO, DISTRIBUCION Y DISPOSICION

12.1 Abastecimiento potable

12.1.1 Criterios de control y gestión

El control necesario para garantizar una correcta gestión del agua potable, debe considerar [Paglia, 1990]:

- la gestión y el manejo de las plantas;
- la calidad del agua distribuida;
- el conocimiento del agua distribuida en cada red de distribución;
- el conocimiento de la cantidad de agua facturada a los usuarios.

La gestión y el manejo de las plantas de potabilización requieren una continua actualización de la información relativa a:

- caudal captado de la fuente;
- caudal conducido desde la aducción;
- caudal incorporado en las redes de distribución;
- condición de funcionamiento de los equipos;
- cantidad de agua disponible en los estanques de acumulación;
- niveles del agua en los estanques de acumulación;
- presión de trabajo en los puntos característicos de cada zona de distribución;
- desarrollo planimétrico de la red;
- caudales instantáneos relativos a cada zona.

Con los análisis de los caudales instantáneos medidos, es posible determinar los valores de algunos índices característicos de la distribución, por ejemplo, las razones entre caudal mínimo nocturno y medio diario y las razones entre el caudal de la hora de máximo consumo con el caudal medio diario, mensual y anual. Con este tipo de información es posible conocer las eventuales anomalías de la distribución en algunas zonas.

En cuanto a la calidad del agua distribuida, es necesario un sistema de control periódico del estricto respeto a la normativa en:

- el área de protección de los recursos hídricos;
- la fase de captación;
- la fase de aducción;
- la fase de distribución.

Los análisis químicos y bacteriológicos deberían ser realizados en un laboratorio centralizado del servicio, en vez de ser realizados por terceros, más aún cuando la cantidad de datos por analizar justifica económicamente tal elección.

En cuanto concierne al conocimiento de la calidad del agua distribuida y facturada, es importante que sea garantizado:

- una recolección exacta de los datos a intervalos de tiempo fijos y determinados;
- un control, dónde y cuándo sea necesario, del funcionamiento de los equipos de medición instalados aguas arriba de los usuarios;
- una inmediata sustitución de los equipos gastados o inadecuados;
- la individualización de alteraciones, fraudes o consumos anormales.

Confrontando los balances de los volúmenes de agua puestos en la red y de aquéllos facturados es posible individualizar, zona por zona, los casos en los cuales existe una excesiva diferencia entre las dos cantidades, de modo de establecer las prioridades territoriales de los controles y de las intervenciones de mantención programada.

Pasando de la problématica de control a aquélla de mantención, se pueden individualizar tres tipos de exigencias diferentes:

- mantención de intervención inmediata;
- mantención programada;
- mantención extraordinaria.

En el primer caso, la eficiencia de una correcta aplicación de la mantención de intervención inmediata, se puede cuantificar en la rapidez de ejecución de las intervenciones señaladas con el doble efecto de recuperar inmediatamente volúmenes de agua y evitar quejas por parte de los usuarios.
En el segundo caso se quiere garantizar:

- a eficiencia de la conducción, aducción y distribución;
- la eficiencia de los equipos de maniobra, seguridad y regulación;
- el correcto funcionamiento de las plantas elevadoras y de tratamiento;
- una reducción de las pérdidas técnicas reales (cantidad de agua que, por perderse, no es cuantificada por los instrumentos de medición de los usuarios).

En cuanto a la mantención extraordinaria, se trata de una actividad destinada a la individualización preventiva y a la sucesiva reconstrucción de las plantas en mal estado u obsoletas, o, en cualquier caso, no idóneas.

12.1.2 Organización y estructura necesaria

La estructura organizativa de control, en un ente de manejo del agua potable, debería ser dividida en dos secciones (Fig. 12.1.1): Técnico-Ambiental y Laboratorios [Lanzoni, 1990].
La Sección Técnico-Ambiental se ocuparía prevalentemente de los proyectos y de las intervenciones o soluciones, mientras la Sección Laboratorio de los análisis.
En el vértice de la estructura estaría el Jefe del Servicio apoyado por un Coordinador operativo. Uno tendría la responsibilidad del laboratorio de química, el otro del laboratorio de biología; deberían tener, por lo tanto, estudios universitarios en Química (o Química Industrial) y en Ciencias Biológicas (con relativa experiencia en el ejercicio de la profesión) para garantizar, sobre el plano profesional y legal, las actividades y certificaciones del Servicio.
El Jefe del Servicio controlaría directamente también las actividades de la Sección Técnico-Ambiental, realizando el Coordinador sólo funciones de reemplazo y de colaboración.
Las actividades de laboratorio serían desarrolladas por Asistentes y Analistas, mientras que las técnico-ambientales (programas de control, inspección, campañas de muestreo, pruebas o medidas in situ) por Asistentes y Operadores Técnicos.
Tanto los Asistentes y Analistas de laboratorio, como los Asistentes y los Operadores Técnicos, deberían tener estudios técnicos de químico, físico o biólogo con experiencia en la actividad analítica para los dos primeros y una preparación profesional por madurar dentro del servicio para los segundos.
Al personal auxiliar le corresponderían tareas de mantención general (lavado vidrios, productos de almacén, etc.).
En una fase inicial el organigrama podría estar limitado a 5 personas, número mínimo para garantizar una presencia continua en turnos

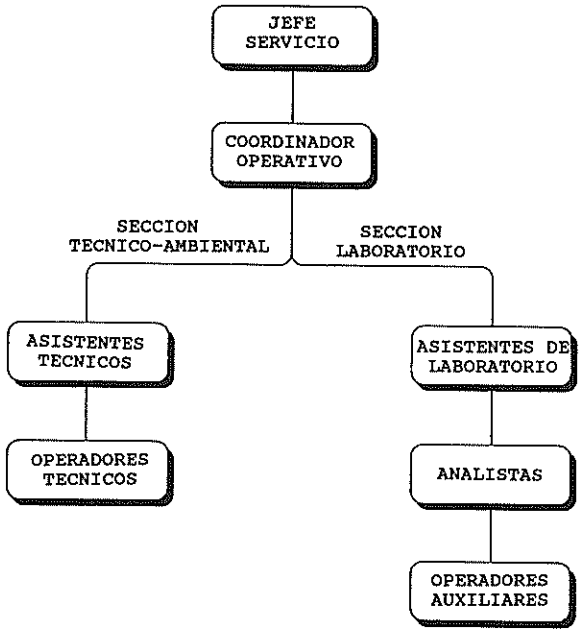


Fig.12.1.1 - Estructura de control del sistema de la red de agua potable

repetitivos. La disposición de las personas es necesaria para garantizar, fuera del horario normal de trabajo, la gestión de las emergencias y para satisfacer los correspondientes análisis de laboratorio (microbiológicos).
Lo anterior, también sería tarea del personal de la estructura de control de la gestión de los Sistemas Informativos, necesarios para el archivo de la información y de los datos analíticos; de hecho, problemas de interpretación y evaluación requieren la disponibilidad inmediata, incluso en series históricas, de los datos y de la información que resulta de los análisis de laboratorio y de las indagaciones inspectivas.
El Sistema Informativo constituiría además un cómodo soporte para racionalizar la actividad operativa.
En su configuración inicial el Sistema podría estar constituido por una red de Personal Computer de media capacidad consistente en al menos 3 puestos de trabajo (Servicio Técnico-Ambiental, Laboratorio de Química, Laboratorio de Biología). De este modo, sería posible desarrollar incluso una base de datos individual, de manera de permitir el procedimiento autónomo para la solución de problemas particulares.
Los laboratorios constituyen el núcleo de la estructura de control gestional; el lugar donde se realizan los análisis químicos y bacteriológicos para la verificación de los parámetros de calidad previstos a través de las disposiciones de las leyes.
Los equipos, debido a que deben determinar todos los elementos previstos en las normas, deberían necesariamente estar sujetos a un lento proceso de implementación.
En particular, el equipamiento necesario sería:

- equipamiento de base (probetas, etc.)
- mesas para análisis
- extractor de aire
- destilador
- lavadora de objetos de vidrio
- refrigeradores
- calentadores al seco
- balanzas
- agitadores
- centrífugas
- medidores de pH
- conductímetros
- medidores de turbiedad
- espectofotómetros
- gascromatógrafos
- termostatos
- bañomaría
- rampa filtrante
- distribudores de tierra
- cuenta colonias
- microscopio
- autoclave
- analizadores automáticos
- instrumentos portátiles para análisis en terreno

Dotados de ambientes separados para las actividades de química análitica general, de biología y de depuración, los laboratorios deberían disponer de salas para los instrumentos, las balanzas, los termostatos, el lavado de la vidriería, además de las necesarias oficinas para el personal , los almacenes para los materiales de uso (productos y vidriería), los archivos y los servicios.
La superficie mínima de las instalaciones (con un organigrama de 5 personas) se puede estimar en 300/350 m^2.
En la fase de proyecto ejecutivo se deben prever las necesarias precauciones para las instalaciones técnicas (instalación eléctrica, líneas de gas, etc.), sistemas particulares para la seguridad en el ambiente de trabajo (duchas, etc.), y para el respeto de la normativa sobre la tutela del medio ambiente externo (residuos, descargas, etc.).

12.2 Redes de alcantarillado

La correcta gestión y operación de las redes de alcantarillado debe estar basada en :

a) *normas y criterios técnicos generales* relativos a la instalación y al ejercicio de las redes de alcantarillado. Tales normas deberían tener autoridad de ley y ser uniformes para todos los países. Se sabe que ESSBIO y ESSAR cuentan con una regulación técnica de este tipo (Especificaciones Técnicas para la construcción), que no ha sido posible consultar en este estudio.

A nivel indicativo, una norma técnica relativa a la construcción e instalación de las redes de alcantarillado debe contener al menos:

- estándares de referencia que respetar en los elementos de base del proyecto (previsión demográfica y urbanística, dotación hídrica, datos pluviométricos, tipología, caudal y calidad de las aguas descargadas);
- eventuales investigaciones que se deben efectuar para la adquisición de los elementos técnicos necesarios para el proyecto (por ejemplo: investigaciones hidrogeológicas y geotécnicas, caracterización de las aguas, etc.);
- criterios que se deben adoptar para la elección del tipo de material de la canalización;
- características y requisitos de las tuberías prefabricadas;
- disposiciones relativas a la impermeabilización de las tuberías, la resistencia a las acciones de tipo físico, químico y biológico, el uso de revestimientos de protección, etc.
- procedimiento de prueba estática y de calidad hidraúlica de las tuberías, con las indicaciones de las presiones a las cuales se deben efectuar las pruebas y su duración, para las tuberías que funcionan a presión o por gravedad;
- indicaciones sobre la ubicación en el subsuelo de las redes de alcantarillado, con particular referencia a la distancia mínima bajo las redes de agua potable y a la posible interferencia con otros servicios;
- régimen de la velocidad de las aguas en las canalizaciones.

En relación a la gestión del alcantarillado, las normas deberían contener al menos:

- una obligación a la institución encargada de disponer de una planimetría con altitudes desarrollada en una escala adecuada, que permita la clara identificación de las redes de alcantarillado y la obligación de mantenerla actualizada;
- una obligación a la institución encargada de preveer un plan para la mantención ordinaria y extraordinaria de la red de alcantarillado. Tal programa debería definir los intervalos de tiempo dentro de las cuales se debe efectuar la normal operación de purga de las redes, la verificación de las condiciones estáticas de las tuberías y el estado de los revestimientos. Tales operaciones deberían ser anotadas en un registro especial.

A nivel gestional, es necesario señalar que es conveniente que las redes de aguas lluvia sean administradas por la misma institución encargada de las redes de alcantarillado de aguas servidas. Como un objetivo alcanzable, en forma compatible con los recursos financieros disponibles, se pueden implementar medidores de caudal, a lo menos en los emisarios terminales. Estos son útiles como instrumentos de control del funcionamiento de la red y de la posible emisión de caudales no autorizados y en la eventualidad de la realización de plantas de tratamiento.

b) *regulación del alcantarillado*, que defina los derechos de conexión y de utilización (y restricciones relacionadas), los límites de aceptabilidad en el servicio, las modalidades y autorizaciones de las conexiones particulares, las prescripciones que la institución gestora puede impartir en relación a las características y a la construcción de las redes de alcantarillado privadas e internas.

   La regulación del alcantarillado debe limitar la introducción de determinadas sustancias o aguas de descarga, que puedan dañar la red, las plantas de tratamiento o el cuerpo receptor y/o constituir un peligro para el personal que trabaja en la mantención de las redes o para el personal de las plantas de tratamiento. Además, debe ser limitada la introducción de aguas que no sean compatibles hidráulicamente con la red y la eventual planta de tratamiento.

   Las redes de alcantarillado pueden ser dañadas por depósitos en la canalización y en las cámaras de inspección, por lo cual el contenido de sustancias sedimentables en las aguas residuales no debe ser excesivo. Acidos, sulfatos y otros compuestos producen daños por corrosión, que pueden tener como consecuencia la contaminación de la napa subterránea. Análogamente, debe ser evitada la

introducción, en la red de alcantarillado, de sustancias inflamables o explosivas [Di Fidio, 1989].
La planta de tratamiento debe ser protegida del ingreso de sustancias que puedan destruir o dañar construcciones o maquinarias y, cuando se encuentre una fase biológica, de sustancias que inhiban o tengan un efecto tóxico para la actividad bacteriana. Entre estas últimas se cuentan las sustancias orgánicas (fenoles, hidrocarburos clorurados) e inorgánicas (cianuros, metales pesados, etc.). Tales sustancias, además de ser inhibitorias o tóxicas al proceso (con una consiguiente reducción en la eficiencia de remoción), se acumulan en los lodos y pueden perjudicar su uso en la agricultura, por ejemplo.
Es obvio que la introducción de límites cuantitativos y cualitativos para las descargas en el alcantarillado, es necesaria sobretodo para las descargas de origen doméstico en las localidades productivas o con actividad comercial (tintorerías, laboratorios fotográficos, etc.).
La autorización de una descarga en el alcantarillado deberá ser efectuada en base a los límites de aceptabilidad entregados en las normas, pero considerando también el caudal y la carga total contaminante recibida por el alcantarillado. El respeto a los límites debe constituir una condición necesaria pero no suficiente para ser aceptado en el alcantarillado, por lo que se debe autorizar caso por caso.
En Tab.10.3.2 se ha entregado un ejemplo que contiene los límites de aceptabilidad en el alcantarillado de las descargas productivas. En Ane.12.2 se entrega un ejemplo de regulación tipo para el alcantarillado [tomado de WHO, 1975].

12.3 Plantas de tratamiento de las aguas residuales domésticas

Personal

La operación de las plantas de tratamiento necesita obviamente de personal encargado, cuyo número y calificación aumentan al aumentar las dimensiones de la planta y su complejidad.
Antes de señalar los criterios para estimar el número de encargados y la preparación requerida, conviene definir las tareas del personal. Estas son múltiples y diferenciadas y dependen del tipo de planta, de las características de las descargas a tratar y de los límites impuestos a los efluentes ya depurados [Passino, 1980].
Lo que a continuación se expone se refiere a una planta de tratamiento de tamaño mediano y será oportunamente modificado para potencialidades menores o mayores:

Dirección: tareas principales del responsable de la dirección son las de dirigir la operación y mantención, al personal y abastecimiento, efectuar los presupuestos, controlar los gastos efectuados y controlar la regularidad del funcionamiento de la planta.

Operación: por operación se entiende el desarrollo de todas las medidas necesarias para el correcto funcionamiento de los equipos, con el objetivo de obtener la eficiencia de remoción fijada. Las operaciones más comunes son:

- limpieza de las rejas, canales, respiraderos, etc.;
- encender y parar los motores en el momento oportuno, hacer funcionar las bombas cuando está previsto, ubicar las válvulas en la manera correcta, etc.;
- efectuar los muestreos de las aguas en los puntos, con el intervalo de tiempo y con la modalidad prevista;
  verificar las condiciones de funcionamiento de las unidades operativas y de la planta en su conjunto;
- efectuar y mantener actualizados los registros de marcha.

Mantención: las operaciones de mantención ordinaria y extraordinaria más usuales son:
- verificar periódicamente las condiciones de

las diferentes unidades, efectuar la lubricación, sustitución o reparación de los mecanismos, controlar el estado de los equipos, etc.
- controlar y reparar las plantas eléctricas;
- controlar y reparar las conexiones hidráulicas;
- recopilar y mantener actualizados los registros de mantención.

Laboratorio: las tareas del personal encargado al laboratorio son coordinar la realización de los muestreos, realizar todos los análisis químicos, físicos y biológicos, cuidar el correcto funcionamiento del laboratorio y recopilar los boletines de análisis.

Administración: las actividades de la administración son la contabilidad, secretaría, archivos, conservación de los registros, asuntos legales, gestión del almacén y de la oficina de adquisiciones.

Varios: incluye las operaciones la custodia y guardia, mantención de las calles, plazas y zonas verdes, carga y descarga, etc.

No se ha indicado que para el desarrollo de las tareas descritas debe siempre ser considerada una o varias personas. Esto se verifica sólo para las plantas de tamaño mayor, mientras en el caso de potencialidades pequeñas se puede disponer incluso de una persona, a tiempo parcial, encargada de todas ellas.
Para la situación chilena, en la cual es lógico esperar que la construcción y conducción de las plantas de tratamiento será desarrollada por las mismas instituciones regionales que actualmente se ocupan de la construcción y mantención de la red de alcantarillado y que, por lo tanto, será una institución única que controle las diversas plantas de tratamiento, algunas de las tareas podrán ser desarrolladas por personal que sea responsable de varias de ellas.
Análogamente, por ejemplo, la instalación de almacenes y de oficinas será justificado sólo para las plantas de dimensiones grandes, mientras las plantas más pequeñas se podrán controlar desde una oficina centralizada.
En Tab.12.3.1 se entregan las estimaciones indicativas del número de encargados para plantas de tratamiento urbanas [Passino, 1980]. Esta tabla debe ser considerada válida para las plantas constituidas de una fase primaria, una secundaria y un tratamiento de lodos, es decir, en las plantas con lodos activados o lecho percolador.
Para las restantes tipologías de plantas previstas en la cuenca (estanque Imhoff y lagunas), se puede hacer referencia a Tab.12.3.2, siempre en función de la potencialidad. En esta estimación no se ha contemplado personal específico con funciones administrativas, directivas o de laboratorio, por cuanto se entiende que estas tareas puedan ser requeridas a personal existente a un nivel central, que sólo esporádicamente debe preocuparse de estas plantas.
En relación a la preparación profesional de los encargados indicados en la tabla precedente, se requiere lo siguiente:
- *Dirección*: necesita de una preparación especializada en el sector, al menos para una potencialidad grande (>100.000 habitantes), de nivel universitario (ingeniería sanitaria, química o mecánica o química industrial).
- *Administración*: necesita una preparación especial, a nivel de escuela superior.
- *Laboratorio*: necesita de una preparación especial, posiblemente en el área químico-biológico. Según el número de encargados en este sector y de la potencialidad de la planta, el personal encargado deberá tener una preparación universitaria o a nivel de escuela superior.
- *Conducción*: el personal que opera en este sector no necesita de una calificación elevada, pero debería tener el conocimiento de las características del proceso, de los principios de funcionamiento de la planta y de la modalidad de operación de cada unidad y de la planta en general.
- *Mantención*: el personal encargado debe tener el conocimiento de todos los procedimientos de mantención y debería tener la capacidad de

identificar los problemas y repararlos. La especialización necesaria depende del grado de complejidad de los equipos instalados y de los eventuales problemas, a menos que para la mantención se recurra a personal externo o que opere a nivel central.

Control analítico y de laboratorio

En general, un laboratorio al servicio de una o más plantas de tratamiento, realiza los análisis de los muestreos efectuados con el fin de controlar el funcionamiento de las plantas en su totalidad y de las unidades particulares. En el caso de un mal funcionamiento o de fugas, el laboratorio permite a los operadores identificar las causas y los procedimientos para corregir los problemas.
El laboratorio, entonces, constituye una parte necesaria e indispensable para el buen funcionamiento del proceso depurativo y para la verificación de la calidad del efluente depurado. Para poten-

Tab. 12.3.1 - Estimación indicativa del personal necesario para las distintas potencialidads de planta de tratamiento

HABITANTES SERVIDOS	**10.000**	**20.000**	**50.000**	**100.000**	**200.000**	**400.000**
Personal para:						
Dirección	-	0,5	0,5 - 1	1 - 1,5	2 - 3	2,5 - 3
Laboratorio	-	0,5	0,5 - 1	1 - 1,5	1,5 - 2	2,5 - 3
Administración	-	-	0,5	0,5	1	2
Conducción	-	1 - 2	2 - 3,5	4 - 6,5	7 - 13	12 - 21
Mantención	-	1 - 2	2 - 3	2 - 3,5	2,5 - 5	4 - 7
Varios	-	-	0,5 - 1	0,5 - 1,5	1 - 2	2 - 4
TOTAL	**2 - 3**	**3 - 5**	**6 - 10**	**9 - 15**	**15 - 26**	**25 - 40**

Tab. 12.3.2 - Estimación indicativa de la necesidad de personal para la gestión de la planta tipo laguna y estanque Imhoff

HABITANTES SERVIDOS	2.000 h/día	5.000 h/día	10.000 h/día	15.000 h/día	20.000 h/día
NECESIDAD DE PERSONAL	4	8	12	16	16

cialidades mediano-grandes (>150.000-200.000 hab.) es oportuno prever un laboratorio completo y capaz de efectuar todos los análisis requeridos por la planta. Para dimensiones menores, puede ser suficiente prever un laboratorio menos completo (que realice, por ejemplo, sólo mediciones de sólidos, pH, DBO o DQO) o bien enviar las muestras a un laboratorio externo centralizado.
El laboratorio debe efectuar también análisis del lodo producido en el proceso depurativo y, si es necesario y oportuno, también de los cuerpos hídricos que reciben las descargas.
Sin entrar en el detalle de la dotación de instrumentos requeridos en el laboratorio, que no se aleja de lo descrito en Par.12.1, se analizarán en cambio los parámetros que es necesario controlar en las distintas tipologías de plantas y su frecuencia. Estas indicaciones han sido inspiradas en un criterio de verificación del buen funcionamiento técnico de las plantas. En la definición de los controles analíticos necesarios, deben ser consideradas también indicaciones de carácter normativo. Estas son actualmente inexistentes en Chile, pero podrían condicionar la operación de las plantas.

a) *Estanque Imhoff*

Este es un tratamiento simple y, por lo tanto, los controles analíticos deben ser reducidos a lo indispensable.
La parte del proceso que necesita un mayor control es la digestión en el compartimento inferior del estanque. En condiciones normales, debería ser suficiente un análisis semanal de una muestra sacada de este lugar, con una determinación del pH, del contenido de agua y de las sustancias volátiles. Estos parámetros son buenos indicadores de la regularidad del desarrollo del proceso de digestión y del grado de concentración del lodo. Si la velocidad de digestión y la producción de gas disminuyen, sería necesario analizar la even-tual presencia de tóxicos (cobre, cromo, cianuro, etc.) en el lodo.

Dos veces a la semana se deberían controlar, en el líquido, en el ingreso y en el efluente, la DBO, el pH y los sólidos. Si se piensa utilizar los lodos producidos en el estanque Imhoff para irrigación, es oportuno analizar, cada dos semanas, el contenido de coliformes.

b) *Lagunas*

También en este caso el tratamiento es simple y se basa en el desarrollo de un proceso natural, por lo que el control es muy simple.
En el caso de una laguna aeróbica es necesario analizar, a diversas distancias desde el punto de entrada del agua, el contenido de oxígeno disuelto, para verificar el funcionamiento del proceso [CETESB, 1975].
Para tener indicaciones sobre la eficiencia depurativa del proceso, se deben determinar también, a la entrada y en el efluente, los sólidos suspendidos y sedimentables, la DBO y los coliformes (sólo en el efluente).
Todos estos controles pueden tener una frecuencia indicativa de una vez a la semana.
En algunos casos puede ser interesante efectuar análisis relativos al nitrógeno y fósforo, para una verificación de la disponibilidad e influencia de los nutrientes.
Los lodos obtenidos ya sea del estanque Imhoff y de las lagunas necesitan un control esporádico (una vez al mes o cuando se limpia la laguna) relativos al contenido de metales pesados y nitrógeno, para los que son utilizados en agricultura (ver Par.10.3.2.3)

c) *Lodos activados y lecho percolador*

Estas plantas comprenden en general varias fases y necesitan un control más preciso y frecuente del correcto funcionamiento del proceso biológico.
Para este tipo de plantas, entonces, los controles de laboratorio son más costosos y frecuentes y necesitan de un laboratorio en la planta.
A nivel indicativo, se entregan en Tab.12.3.3

[G.U. de la República Italiana n. 48 del 21 de febrero 1977] una lista de los controles más comunes a realizar en este tipo de plantas y su frecuencia. Estas últimas pueden variar en relación a la magnitud y complejidad de la planta, a la variabilidad observada en los caudales, a las características del afluente, etc. Esta tabla también se refiere a los controles para la sedimentación primaria, cuando ésta se ha previsto como único tratamiento antes del emisario submarino y para los análisis a efectuar en los procesos de la línea de lodos.

Tab. 12.3.3 - Control de los análisis a efectuar en la planta de tratamiento de lodos activados y lecho percolador

Proceso	Corriente	Parámetros (*)	Unidad	Frecuencia
Pretratamiento				
Desarenador	líquido	sólidos sedimentables	(mg/l)	diaria
Tratamiento primario				
Sedimentación primaria	líquido	sólidos sedimentables	(ml/l)	diaria
		pH	-	diaria
		DBO_5	(mg/l)	diaria
		sólidos suspendidos	(mg/l)	semanal
		DQO	(mg/l)	diaria
		Grasas	(mg/l)	semanal
Tratamiento secundario				
lodos activados	mixta en aireación	sólidos suspendidos total (SST)(105°)	(mg/l)	diaria
		sólidos suspendidos volátiles (%SST) (600°)	(mg/l)	diaria
		OD	(mg/l)	diari
Filtros o lecho percolador	líquido	sólidos sedimentables	(ml/l)	diaria
Sedimentación final		DBO	(mg/l)	diaria
		sólidos suspendidos totales	(mg/l)	diaria
		DQO	(mg/l)	diaria
		OD	(mg/l)	diaria
		turbiedad	(mg/l SiO_2)	diaria
		MBAS	(mg/l)	diaria
		coliformes	(MPN/100ml)	semanal
	lodo	concentración sólidos totales	(% in peso)	
		índice de volumen de lodo	(ml/g)	

(Continúa)

Tab. 12.3.3 - *(Continuación)*

Proceso	Corriente	Parámetros (*)	Unidad	Frecuencia
Desinfección				
cloración	líquido	cloro residual	(mg/l)	diaria
		coliformes	(MPN/100ml)	semanal
Línea lodos				
espesamiento	líquido	sólidos suspendidos total	(mg/l)	diaria
	lodo	concentración solidos total	(% in peso)	semanal
		concentración solidos volátiles	(% in peso)	semanal
digestión anaeróbica	líquido	solidos suspendidos total (SST)	(mg/l)	semanal
		sólidos suspendidos volátiles	(%SST)	semanal
	lodos en digestión	pH	-	semanal
		temperatura	(°C)	diaria
	gas	composición del gas	(% volume)	semanal
	lodo	alcalinidad	(mg/l come $CaCO_3$)	semanal
		concentración sólidos totales	(% peso)	semanal
centrifugación	líquido	sólidos suspendidos totales	(mg/l)	semanal
	lodo	concentración solidos totales	(% in peso)	semanal
filtración	lodo en ingreso	filtrabilidad de los lodos (CST)	(sec^{-1})	semanal
	lodo en salida	concent. solidos totales (% in peso)	semanal	
	líquido	sólidos suspendidos total	(mg/l)	semanal
		composición de los cenizas	(% in peso)	semanal
incineración	cenizas	metales y no metales tóxicos totales	(% in peso)	semanal
	lodo en ingreso	poder calorífico inferior	(Kcal/kg)	semanal
Tratamiento terciario				
coagulación y floculación	líquido	turbiedad	(mg/l SiO_2)	diaria
		fosforo total	P_{tot} (mg/l)	diaria
carbón activado	líquido	DQO	(mg/l)	diaria
recarbonatación	líquido	pH	-	diaria
stripping amoniaco	líquido	nitrógeno amoniacal	(mg/l)	diaria
		pH	-	diaria
filtración	líquido	DQO	(mg/l)	diaria
		turbiedad	(mg/l SiO_2)	diaria
microrejas		sólidos suspendidos totales	(mg/l)	diaria
		DQO	(mg/l)	diaria

(*) en los líquidos salientes

12.4 Disposición de los Residuos Sólidos

En la cuenca del Biobío el servicio de recolección y disposición de los RSU está encargado por concesión a empresas privadas. Sólo considerada superficialmente la concesión puede parecer, para la Municipalidad, una solución exenta de preocupaciones; en efecto, la concesión implica sustancialmente el abandono del servicio por parte del ente local sin la total garantía de un concreto desarrollo del servicio de público interés.
Paralelamente los residuos sólidos industriales son dispuestos directamente por la industria que los produce, sin que se efectúen controles sobre la modalidad de disposición.
Como queda claro en Cap.10, en este momento, la región se encuentra frente a tres graves problemas debidos a la falta de una normativa adecuada: el primero tiene que ver con la ausencia de una precisa metodología para la individualización de los residuos sólidos peligrosos (los tóxicos-nocivos), que deben ser colocados en sitios especiales; el segundo está relacionado con la falta de criterios técnicos adecuados para la realización de vertederos, diferenciados según el tipo de residuo a disponer; el tercer problema está relacionado con la ausencia de criterios de control para evaluar el impacto sobre el ambiente que deriva de la gestión del vertedero.
De los dos primeros problemas ya se ha hablado en Cap.10. En este capítulo se darán algunas indicaciones relacionadas al último punto.

12.4.1 El control del residuo sólido en su ingreso

Resulta fundamental, para una correcta gestión de un vertedero, poder evaluar si un residuo sólido que entra a la planta es idóneo para ser dispuesto en ese lugar.
El problema resulta de particular complejidad en el caso de vertederos para residuos peligrosos. Vale la pena recordar que no todos los residuos peligrosos pueden ser enterrados y que el conocimiento de las características del residuo a disponer puede ser fundamental, por ejemplo: si se debe prever un tratamiento específico antes de enterrarlo.
Un control de la entrada eficaz se debe basar en personal especializado (formación de base como químico industrial y conocimiento profundo de problemas ambientales y de tratamiento artificial y natural de residuos); en medios analíticos eficaces y en una biblioteca actualizada [Gandolla, Dugnani, 1991].
En particular, el control de entrada debe ser en grado de dar [Gandolla, Dugnani, 1991]:

- una rápida pero suficientemente precisa y confiable definición del residuo;
- las indicaciones sobre las condiciones de almacenamiento intermedio antes del tratamiento; la relación a los problemas de seguridad del personal; de prevención de incendios y de protección ambiental en general;
- las eventuales condiciones de transporte según las normas nacionales e internacionales en vigor;
- las indicaciones respecto del tratamiento adecuado;
- las indicaciones respecto del depósito final.

El problema se complica por el hecho que los residuos están normalmente mezclados dentro de diversos productos. Además, los compuestos a verificar son decenas de miles y sus concentraciones límites varían desde un cierto porcentaje hasta partes por mil, en función de su peligrosidad.
El instrumento principal e indispensable del control de la entrada es un sistema analítico capaz de [Gandolla y Dugnani, 1991]:

- entregar un análisis cualitativo del residuo, en tiempo relativamente breve (menos de una hora), en total ausencia de estándares de referencia;
- entregar un análisis semi-cuantitativo cuando se conocen limitadamente los estándares;
- entregar un análisis cuantitativo obligatorio, cuando se tienen estándares de referencia precisos.

Si se tiene en cuenta la complejidad del problema analítico, la velocidad de respuesta requerida y la

repetitividad de algunas operaciones, es evidente la oportunidad y la necesidad de tener un sistema computarizado.
Existen dos distintos métodos de enfoque del problema: el teórico y el experimental.
El método actualmente más utilizado en los países industrializados [Gondolla y Dugnani, 1991] se basa sustancialmente sobre principios teóricos; se definen procesos biológicos, químicos y físicos de la disposición basados en el conocimiento exacto del residuo asignado y en los conocimientos adquiridos o suponibles de las posibles reacciones que intervienen; en todo caso el conocimiento normal se limita al comportamiento de los compuestos por sí solos, no de las mezclas complejas.
La aplicación rigurosa de este método implica una definición puramente teórica de las varias reacciones que intervienen en la disposición; esto puede causar problemas de contaminación en el sitio de disposición, cuando no se verifiquen las mismas reacciones previstas teóricamente [Gandolla, Dugnani, 1991].
En contraposición al método teórico, el experimental no necesita una definición analítica del residuo que entra ni, menos aún, de las reacciones que podrían intervenir durante su degradación. El método requiere una simple distinción del residuo en la entrada (de manera de poder reconocerlo en casos análogos), pero por otra parte resulta más difícil la definición de la técnica de disposición: este método necesita, de hecho, una calibración de combustión, de degradación biológica, de inercia u otro, en distintas condiciones similares a aquellas que se pueden verificar en la realidad. Actualmente la aplicación de este método es bastante rara y se limita a casos particulares [Gandolla, Dugnani, 1991].
El conocimiento limitado de las reacciones relacionadas a mezclas de sustancias como es el caso típico de los residuos, puede hacer extremadamente difícil la evaluación del impacto ambiental que deriva de la disposición (haciendo referencia unicamente al método teórico); por otra parte una primera evaluación puramente teórica permite reducir el esfuerzo ligado a la definición puramente experimental. Bajo tal óptica es evidente la oportunidad de operar combinando los dos métodos: de aquí la definición de método mixto.
Es claro que un control analítico en la entrada está relacionado a la disponibilidad de instrumentación adecuada y costosa: por ejemplo, un gascromatógrafo unido a un espectómetro de masa.

12.4.2 El control del impacto sobre el ambiente

Los vertederos deben ser sometidos a monitoreo desde el comienzo de su uso y por muchos años después de su agotamiento. Este monitoreo deberá evidenciar por un lado, a través del análisis de las características del percolado que se forma en su interior, la carga contaminante y su evolución, y por otro, a través del control del agua subterránea y de la superficie, los efectos de una eventual pérdida.
El control del agua subterránea es el aspecto más importante del monitoreo de la potencial contaminación por el percolado. Este control debe realizarse a través de pozos de observación a lo largo de la dirección de la napa, aguas arriba y abajo del vertedero. En el caso de más napas y de situaciones de particular riesgo, se usan pozos a diversas profundidades que permitan, cada uno, el uso de una napa distinta.
Los parámetros que caracterizan frecuentemente la posible contaminación del agua son: temperatura, pH, alcalinidad, conductividad eléctrica, residuos fijos, DBO, DQO, Nitrógeno en cualquier forma, sustancias fenólicas, Fe, As, Pb, Se, Cr, Cu, Ni, Zn, Ca, Mg, Na, K, Cloruros, Sulfatos, Sulfuros.
El metano se forma por biodigestión en la descarga de RSU, se puede difundir en la atmósfera como también en los terrenos adyacentes, particularmente si es permeable.
Los controles relativos al estado de contaminación de la atmósfera, están relacionados con el espacio dentro y fuera del recinto de la descarga. Usualmente en el recinto de los vertederos se libera a la atmósfera metano e hidrógeno sulfurado; en realidad deberían ser analizados incluso otras clases de contaminantes, sobretodo los

microcontaminantes orgánicos potencialmente tóxicos o de malos olores.

En muchos casos sólo las determinaciones analíticas no son suficientemente representativas del efecto total de malos olores: la única determinación válida resulta entonces, el TON (Threshold Odor Number). Este tipo de determinaciones representa el número de diluciones, con aire no contaminado, que se requiere efectuar para superar el umbral de perceptibilidad olfativa. Para eliminar factores subjetivos se utiliza un grupo de "olfateadores".

13. CRITERIOS DE CONTROL DE LA CALIDAD AMBIENTAL

El monitoreo de los parámetros físico-químico-biológicos, de una cuenca como la del río Biobío, permite evaluar el impacto inmediato en el ambiente de cualquier situación anómala y, con campañas periódicas, permite conocer las tendencias evolutivas de la calidad.

Las campañas de monitoreo realizadas por el Centro EULA han entregado una fotografía de la situación actual de los recursos hídricos, mientras queda por definir quién, cómo y cuándo deberá ocuparse del problema en el futuro.

En cuanto a la individualización del Ente destinado a tal monitoreo, a priori se puede pensar en crear una nueva estructura o utilizar una ya existente.

Por otra parte, el esfuerzo de desarrollar los análisis de monitoreo en una cuenca de las dimensiones de la del Biobío, puede enfrentarse con una verificación económica: debe evaluarse si la creación o el aumento de la capacidad de un laboratorio del Ente propuesto para el monitoreo, resulta más conveniente que una solución alternativa, como podría ser la de mandar a hacer los análisis a laboratorios externos, por ejemplo, a centros de investigación como EULA.

De todos modos, parece necesario que la gestión completa del monitoreo sea confiada al Ministerio de Salud.

En realidad el concepto de monitoreo ambiental debería ser entendido en un sentido más amplio; de hecho, debería permitir la recolección de información relativa a:

- calidad del agua, del aire y del suelo;
- catastro de las descargas líquidas;
- catastro de los residuos sólidos;
- catastro de las fuentes de emisión atmosférica.

Las cartas de calidad así elaboradas resultarían fundamentales en el ámbito de una correcta planificación.

En cuanto a los criterios de monitoreo de la calidad de los cuerpos hídricos superficiales, se puede hacer referencia a las publicaciones específicas del Centro EULA.

Del catastro de los residuos sólidos y de los criterios de monitoreo del suelo (contaminantes) ya se ha hablado en Cap.10.

Entre las medidas destinadas al conocimiento y al control del estado ambiental de los cursos de agua y de los recursos hídricos superficiales, tiene mucha importancia el catastro de las descargas, de cualquier origen, que terminan en los cursos de agua superficial.

La elaboración de catastros de las descargas es un procedimiento difundido entre los países que han introducido normas y disposiciones de protección ambiental; su importancia ha sido confirmada en la Directiva CEE del 21 de mayo de 1991, concerniente al tratamiento del agua residual urbana.

El objetivo y función del catastro es individualizar y localizar todas las descargas presentes en los cuerpos de agua superficial, con la finalidad de conocer las fuentes potenciales de contaminación, los probables agentes contaminantes y cuáles son los cuerpos receptores.

Para el río Biobío, este catastro de las descargas está, en parte, ya realizado, gracias a todas las investigaciones y estudios del Centro EULA: de hecho, se han localizado y caracterizado las descargas de la mayor parte de las industrias. También, se han localizado casi la totalidad de las descargas de alcantarillado.

Sin embargo, en el momento en que Chile cuente con una política y una normativa de protección ambiental, el catastro de las descargas debería ser un instrumento aplicado y difundido en todo el territorio nacional, por lo tanto, la recolección, elaboración y archivo de los datos se debería realizar bajo criterios uniformes.

A continuación, se presentan los criterios que deberían ser la base de un catastro de las descargas. Sobretodo es necesario que el sistema sea implementado de manera uniforme en todo el territorio, de modo de obtener:

- uniformidad de los datos recolectados; la posibilidad de síntesis de los datos a varios niveles;
- la posibilidad de efectuar elaboraciones (estadísticas o de otro tipo) con los datos recogidos;
- homogeneidad en el archivo de los datos y en su actualización.

La información y los datos mínimos que serían recolectados son:

a) propietario de la descarga, con indicaciones generales de dirección y precisando si se trata de descarga pública o privada;
b) tipo de asentamiento que provoca la descarga (civil, industrial, agrícola y/u otro). Si se trata de descarga civil, deberían ser indicadas las dotaciones hídricas, la población normal y la población flotante, indicando además, si es posible, el período relativo a ésta última. Si se trata de descarga industrial, debería ser indicada la clasificación de la descarga, según lo vigente actualmente en Chile (Clasificación Industrial Internacional de todas las Actividades Económicas, emitida por el Instituto Nacional de Estadísticas). La clasificación anterior, debería ser utilizada incluso para descargas provenientes de otras actividades económicas, distintas a las industriales;
c) cuerpos de agua superficial en los cuales se descarga: deberán ser distinguidos los cuerpos de agua que reciben descargas según una clasificación del tipo: lagos, cuerpos de agua superficial natural o artificial y agua costera;
d) localización de la descarga: tal localización deberá ser individualizada en un plano a escala apropiada y, eventualmente, georeferenciada;
e) cantidad de agua captada por el propietario de la descarga, época y duración de la captación: se deberá indicar la fuente de abastecimiento y el volumen total anual.

En cuanto a la gestión de la calidad del aire, se debe considerar un sistema informativo junto con dispositivos para la recolección de los datos de emisiones y de calidad del aire. La elaboración e integración de los datos, conseguidos de esta manera, permite alcanzar los siguientes objetivos: gestionar la calidad del aire de modo de poder prevenir situaciones de riesgo;

- individualizar áreas con situaciones inaceptables y entregar indicaciones para el plan de recuperación;
- evaluar preventivamente el significado de las intervenciones para el territorio.

La definición de las emisiones de una fuente, se obtiene elaborando una serie de datos relativos a la capacidad de la misma fuente, a los tiempos y a los factores de emisión y a la eficiencia de los sistemas de tratamiento. Los primeros dos tipos de datos se consiguen en terreno, mientras los factores de emisiones tienen, en general, una base bibliográfica y deben ser adaptados a las situaciones particulares.

En la obtención de los datos de terreno puede ser útil organizar el esquema de recolección según la clásica distinción de la tipología de fuentes: combustión fija, combustión móvil y actividad industrial y, finalmente, cualquiera incluida dentro de las configuraciones espaciales de tipo puntual, lineal o superficial.

La actividad de las fuentes puede variar en el curso del año: por ejemplo, la calefacción y el tráfico vehicular pasan desde la completa inactividad a períodos muy intensos. Por este motivo la emisión global referida a todo el año puede no representar adecuadamente la situación de una zona en la cual, por cualquier razón, una gran actividad de la fuente se concentra en períodos muy breves. Así, contaminantes de agudos efectos pueden constituir situaciones peligrosas, aún cuando el dato de emisión global referido al año resulte aceptable.

14. INDICACIONES RELATIVAS A LA NECESIDAD DE ESTUDIOS ULTERIORES

No se hace referencia aquí a la profundización necesaria para pasar desde un nivel de prefactibilidad, como el de este estudio, a un nivel de factibilidad o proyecto. Se trata de la información y los estudios sin los cuales no es posible pasar a la formulación de una propuesta real, o los elementos sin los cuales no es posible individualizar la solución más adecuada o la prioridad de las intervenciones.

Estos son:

a) *Verificación del estado cualitativo del área costera de Lota y Coronel:*
no existe información al respecto, pero las descargas contaminantes existentes en el área hacen suponer que su estado cualitativo no es adecuado para los usos practicados actualmente como tampoco para los previstos (principalmente recreativo). Por lo tanto, es necesario recolectar información relativa a la concentración de coliformes, transparencia, presencia de aceites y sólidos flotantes, etc., para después decidir que prioridad atribuirle a la intervención de saneamiento relativa a esta área.

b) *Verificación del estado cualitativo del área costera de Penco, Lirquén y Tomé:*
la situación es análoga a la anterior.

c) *Verificar la presencia de fenoles en las aguas superficiales y subterráneas*
Dado la frecuente presencia de este contaminante tanto en el agua superficial como en la subterránea (ver Caps.5, 8 y 9), se hace necesario, primero, confirmar la idoneidad de los datos analizados; si estos valores son confirmados se debería proceder una investigación destinada a determinar el origen de esta contaminación para, de esta manera, salvaguardar con intervenciones adecuadas la calidad de los recursos hídricos.

d) *Estudio hidrogeológico de la zona de la Cordillera de la Costa*
Una alternativa posible de abastecimiento de agua potable al conglomerado Concepción-Talcahuano-San Pedro-Chiguayante y Hualqui, es la de captar aguas subterráneas en la zona de la Depresión Central (ver Par.10.2.5.2). Para poder decidir la factibilidad técnica de una obra de este tipo, se requiere la realización de un estudio hidrogeológico que avale la calidad y capacidad de este recurso.

e) *Estudio hidrogeológico de vertederos*
Actualmente no se cuenta con antecedentes de las consecuencias que podrían tener los vertederos de residuos sólidos urbanos (tanto los actuales como los que están fuera de uso) sobre el agua subterránea. Un estudio hidrogeológico que entregue esta información permitirá conocer el nivel del problema y, según éste, decidir las soluciones a realizar.

f) *Catastro de los residuos sólidos industriales*
La información a este respecto en la actualidad es muy limitada. Por las mismas razones expuestas anteriormente, junto al hecho que dentro de los residuos sólidos industriales se encuentran muchos clasificados como peligrosos (tóxico-nocivos), se considera necesaria la realización de este estudio.

g) *Estudio de la laguna Chica*
Sus características cualitativas actuales revelan un estado mesotrófico avanzado (ver Cap.8 y

Par.9.1.2). La proposición de soluciones definitivas al proceso de eutrofización que sufre, no se puede realizar sin antes conocer su balance de nutrientes y su balance hidrológico (lo anterior también es válido para las demás lagunas de Concepción-San Pedro).

h) *Aserrín*
El destino final del aserrín es un problema creciente en la VIII Región y, en particular, en la cuenca del río Biobío. Actualmente se dispone, sin ninguna consideración ambiental, en las proximidades de cada aserradero formando verdaderos cerros (ver Par.7.2.2.2).
Se hace necesario desarrollar estudios que 1) identifiquen y evalúen los impactos ambientales asociados a estos "cerros" de aserrín; 2) definan nuevas posibilidades de disposición y 3) estudien usos económicamente interesantes de este subproducto.

i) *Recolección diferenciada y reciclaje*
La recolección diferenciada de residuos sólidos y el reciclaje de los mismos, tienen asociada una serie de beneficios ambientales y energéticos que, desde luego, se traducen en económicos. Sin embargo, la posibilidad de realizar estas operaciones debe estar justificada en estudios que demuestren la existencia de mercado para los productos reciclados.

j) *Determinación de la calidad del agua del río Biobío aguas abajo de Santa Juana, según la CEE 440/75*
Como se menciona en Par.9.1, la normativa actualmente vigente (NCh777.Of71) no parece adecuada a la tipología de contaminación de la cuenca. El intensivo uso potable de este tramo del río (60% de la población total de la zona en estudio se abastece con agua de este sector), hacen necesario contar con una clasificación específica para este uso. De esta manera, se podrá realizar una gestión y planificación segura del recurso.

Se recuerda además, que en el estudio no han sido considerados los problemas relacionados con la contaminación atmosférica, dado que no se cuenta con información suficiente. Por lo tanto, sería necesario realizar lo más pronto posible estudios relativos a la contaminación atmosférica, que representa un problema de no menor importancia respecto a los tratados en el presente estudio.

15 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO

En el desarrollo de este estudio se han alcanzado los siguientes objetivos:

- obtener una síntesis de las investigaciones interdisciplinarias desarrolladas por el Centro EULA al cabo de 3 años;
- estimar los requisitos de servicios de agua potable y alcantarillado necesarios para los próximos años;
- proponer los posibles usos de los diversos recursos hídricos;
- evaluar las exigencias de saneamiento cualitativo para asegurar el correcto uso de los recursos hídricos;
- individualizar las intervenciones o propuestas de solución necesarias;
- definir las prioridades de las intervenciones para los problemas más urgentes;
- efectuar una primera estimación de los costos de saneamiento en el largo plazo;
- identificar las investigaciones necesarias para obtener la información que falta.

El estudio se ha desarrollado con una visión general e interdisciplinaria, considerando la cuenca y el área costera adyacente como un sistema integrado, en el cual los elementos naturales agua, aire y suelo y los elementos antrópicos, ciudad e industria, se encuentran relacionados entre sí e influenciados recíprocamente. Con este enfoque se ha llegado a la formulación del estudio, cuyas conclusiones se pueden resumir como sigue:

- La contaminación ambiental producida en el interior de la cuenca, por todas las diversas actividades, no sufre, en la práctica, ningún control o reducción. Las descargas líquidas de las ciudades no están sometidas a ningún tratamiento; los residuos sólidos son dispuestos según tecnologías cuyo impacto ambiental es desconocido; sólo una mínima parte de las descargas líquidas industriales son tratadas y no se sabe casi nada respecto del destino y la manera de disposición de los residuos sólidos industriales. El origen de estos problemas está relacionado con la falta de una política de control adecuada y con el contexto económico actual del país.
- Una de las necesidades más urgentes es, por lo tanto, la de implementar una normativa adecuada al nivel actual de los problemas ambientales, por otro lado, este camino ya empieza a tomarse en Chile con el proyecto de normativa actualmente en discusión.
- El estado de contaminación actual del río Biobío y de algunos afluentes, sin mostrar características dramáticas, de todos modos presenta índices de contaminación urbana e industrial. Se debe tener presente que, actualmente, tanto la densidad de población como la actividad industrial y agrícola, están relativamente localizadas y limitadas en la cuenca del Biobío si se compara con posibles alternativas de desarrollo futuro.
- Si en esta condición ya se presenta un deterioramiento de la calidad del agua, un mayor desarrollo futuro de estas actividades, sin una estrategia adecuada de control y de limitación de los aportes contaminantes, podría comprometer la disponibilidad de este recurso. Es decir el esfuerzo económico para el saneamiento sería mucho mayor que el necesario si las soluciones fueran realizadas de inmediato.
- Una primera comparación entre los aportes contaminantes de origen urbano y los de origen industrial muestra que estos últimos son, al menos, 10 veces superiores a los primeros, en términos de DQO. Además, la industria es responsable de las emisiones de contaminantes

tóxicos, persistentes y difícilmente removibles, como por ejemplo los microcontaminantes orgánicos. A la luz de la comparación de estos aportes se deberá actuar urgentemente con medidas de control y li limitación, según lo que ha sido propuesto en Cap.10.

- La situación del abastecimiento potable es buena, en términos de cobertura del servicio, pero se encuentran problemas de calidad, sobretodo en el caso de la utilización de fuentes superficiales.
- La situación del servicio de alcantarillado es también buena en términos de cobertura, pero, al no existir tratamiento, la buena cobertura se traduce en descargas concentradas de aguas residuales.
- Dado que el objetivo primario del saneamiento cualitativo debe ser la protección de la salud de la población, la principal intervención identificada es efectuar una serie de medidas dirigidas a garantizar que la población de Concepción, San Pedro, Talcahuano y Chiguayante (equivalente a aproximadamente el 60% de la población de toda la cuenca) sea abastecida con agua potable en calidad y cantidad óptima. Estas medidas (ver Cap.11) se traducen en mejoramientos en el breve plazo de los sistemas de captación y tratamiento, la limitación de los aportes contaminantes que llegan a la captación, en términos de patógenos y de microcontaminantes (debidos, estos últimos, a la industria de la celulosa).
- Los otros problemas relevantes, que se deben afrontar y resolver con urgencia, están indicados en Cap.11. Entre éstos se encuentran las intervenciones destinadas a garantizar el uso recreativo en las zonas vecinas a las ciudades de Coronel, Lota, Penco y Tomé y las intervenciones destinadas a resolver los problemas de contaminación hídrica debida a los restantes sectores industriales.
- Por lo tanto, este estudio traza un cuadro, a nivel de prefactibilidad, de las intervenciones o propuestas de solución que se consideran necesarias para el saneamiento de la cuenca y el área costera adyacente, bajo el respeto de los criterios de salud pública y el correcto uso de los recursos.

Para pasar a una etapa de proyecto u operativa de estas intervenciones, será obviamente necesario realizar ulteriores estudios, a escala más reducida, que profundicen en los aspectos técnicos y económicos de las diversas soluciones.

La primera estimación de los costos asociados a las soluciones a realizar dentro del largo plazo, ha llevado a los siguientes valores: para el abastecimiento potable se requieren inversiones que varian des 35 mil millones a 100 mil millones de pesos (más los costos de gestión) para servir adecuadamente todo la cuenca bajo la hipótesis de captar agua desde la zona del Laja para el conglomerado de Concepción y localidades limítrofes, lo que incide en un 90% del total; para el tratamiento de las aguas residuales civiles, se han estimado intervenciones del orden de 5-6 mil millones de pesos para el conglomerado de Concepción y del mismo orden de magnitud para la ciudad de Los Angeles. El costo de las soluciones de tratamiento de las aguas residuales civiles sobre toda la cuenca es de aproximadamente 25 mil millones de pesos. En cuanto al tratamiento de los residuos industriales y a la disposición de los residuos sólidos no ha sido posible realizar una estimación de costos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento a los siguientes organismos que han colaborado y entregado información útil para la realización de este estudio:
Empresa de Servicios Sanitarios de la Región del Biobío (ESSBIO) y Empresa de Servicios Sanitarios de la Región de la Araucanía (ESSAR);

Las Ilustres Municipalidades de Concepción, Talcahuano y Los Angeles;

Dirección General de Aguas (DGA).

BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS

AAVV (1983a): "Summary Workshop on Ingested Asbestos" - EPA, Cincinnati, Ohio; on Environmental Health Perspectives

AAVV (1983b): "Raccolta differenziata dei rifiuti solidi urbani" Studio condotto dall'Istituto di Ingegneria Sanitaria del Politecnico di Milano per conto di Lombardia Risorse S.p.A. nell'ambito del Piano di Smaltimento dei RSU della Regione Lombardia

AAVV (1985): "Trattamento e smaltimento dei rifiuti solidi" - XXX Corso di aggiornamento in Ingegneria Sanitaria, Politecnico di Milano

AAVV (1990): "Manuale dell'ingegnere", HOEPLI

ACUNA A., M.A. SALAMANCA y V.A. GALLARDO V.A. (1991): Campaña Oceanográfica Integrada I (CO-I). Marzo 1991. Proyecto EULA-CHILE Informe de avance preliminar.

Agostini, A. y H. Blanco. (1992): "Esquema preliminar del sistema acuífero aluvional en la depresión central de la cuenca del río Biobío", Monografía EULA

AHUMADA, R. y L.CHUECAS. (1979a): Oceanografía de la octava región y su estado actual de conocimiento. Seminario sobre Desarrollo e investigacion de los recursos marinos de la octava región, Concepción, 9/13 enero 1979:56-65.

AHUMADA, R. y L. CHUECAS. (1979b): Algunas características hidrográficas de la bahía de Concepción y areas adyacentes. Gayana, Miscelanea N°8.

AHUMADA, R., A. RUDOLPH, S. MADARIAGA y F. CARRASCO. (1989): Descripción de las condiciones oceanográficas de la Bahía San Vicente y antecedentes sobre los efectos de la contaminación. Biología Pesquera, 18:37-52.

AHUMADA R. ET AL., (1984): Circulation and fertility of waters in Concepcion bay. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 16:95-105.

AHUMADA, R.B. y A.J. RUDOLPH. (1988): Estudio de la selección de un sitio de descarga de RIL, provenientes de la industria pesquera. Informe Proyecto Técnico. Biotecmar, Pontificia Universidad Católica de Chile, Talcahuano.

Albano, M., S. De Fulvio, F. Gigliati, A. Misiti, N. Sarti, F. Ugolini, y U. Vescovi. (1983): "Aspetti igienico sanitari relativi alle tubazioni destinate alla adduzione dell'acqua per uso potabile", Convegno ANDIS, Roma

Angulo, M. (1991): Estudio de recursos hídricos para uso urbano en la cuenca del río Biobío, Informe de habilitación profesional para optar al título de Ingeniero Civil

Angulo, M. (1992): "Modelo de calidad del agua del río Biobío", ed. EULA, en publicación

ANTINAO, F. (1991): Indicadores Sociales del desarrollo en la Región del BioBío. Seminario Internacional "Gestión Ambiental de los recursos hídricos continentales y marinos y planificación territorial, Talcahuano, 25-27 septiembre 1991.

ANTINAO, F. (1992): "La población existente en la región del BioBío en 1991". CENTRO EULA.

ARCOS, D.F. y WILSON R.E. (1984): "Upwelling and distribution of chlorophyll a within the Bay of Concepción, Chile". Estuarine, Coastal and Shelf Science, 18:25-35.

Aros, V. y Vargas J., (1984): "Análisis de las Crecidas del río Biobío Bajo". Aplicación a problemas de Inundación en la Zona Hualqui-Concepción, VII Congreso Nacional de Ingeniería Hidráulica, Sociedad Chilena de Ingeniería Hidráulica.

Arumi, J.L. (1992): "Análsis estadístico y probabilístico de la información fluviométrica en la cuenca del Biobío". EULA Chile, Universidad de Concepción.

AAVV (1988a): Proyecto ejecutivo para el Programa de Investigación "Manejo de los Recursos Hídricos y Evaluación Ecológica de la Cuenca del río Biobío y de la Plataforma Continental adyacente", Universidad de Concepción.

AAVV (1988b): "Estudio Preliminar para la Evaluación del Impacto Ambiental del Sistema de

Centrales Hidroeléctricas del Alto Biobío", Convenio ENDESA-Universidad de Concepción.
BECCARI, M., A.C. DI PINTO, A. MAURI, R. PASSINO, M. SANTORI y F.M. SPAZIANI. (1981): Costi degli impianti di depurazione delle acque di scarico urbane. Quaderni dell'Istituto di Ricerca sulle Acque CNR, n.46.
BOARI, G. E I.M. MANCINI, (1990): Stabilizzaizone aerobica a freddo ed autotermica. Atti del Seminario di studio "Trattamento e smaltimento dei fanghi" - Bari, 10-13 dicembre 1990. Editore I.P.A..
Borgeaud, A. (1991): "Modelo Climatológico Empírico para Estimar la Precipitación de la Cuenca Hidrográfica del río Biobío", Tesis Magister en Física, Universidad Austral de Chile.
Bottari, A. y A. Cecioni. (1991): "Idrogeologia del bacino del Biobío: inquadramento strutturale e primi rilevamenti della falda", Seminario di Siena, EULA, 1991.
BRESSI, G. E M. RAGAZZI. (1990): Alternative di smaltimento dei fanghi. Atti del Seminario di studio "Trattamento e smaltimento dei fanghi" - Bari, 10-13 dicembre 1990. Editore I.P.A..
BRITO, F. (1992): "Estudio de la circulacion de la Bahía de San Vicente basado en la evolucion de sus campos de densidad y velocidad". Informe de avance: Tesis de doctorando en Ciencias Ambientales.
Bustamante, G.(1990): "El agua subterránea como fuente de agua potable en la cuenca del Biobío" - Informe de Habilitación profesional para optar al título de Ingeniero Civil, Concepción.
Bustamante y Schudeck Ingenieros Consultores Ltda. (1992), Estudio para la definición de planes de desarrollo de los servicios de agua potable y alcantarillado de las localidades de: Lota, Coronel y Penco-Lirqué, Revisión num.1. Estudio solicitado por ESSBIO.
CCREM (1987) Canadian Council of Resources and Enviromental Ministers, Canadian Water Quality Guidelines.
Canziani, R. e R. Cossu. (1984): "Recupero a monte dei rifiuti solidi urbani mediante raccolta differenziata" - Ingegneria Sanitaria, Vol.32 n.5
Canziani R. e R. Serra. (1989): "Tecniche di raccolta differenziata e materiali recuperabili" - XXXV Corso di aggiornamento in Ingegneria Sanitaria, Politecnico di Milano
Carrasco, P. (1990): "Efectos de la forestación con 'pino radiata' en el uso del suelo de la VIII Región", U. de Concepción.
Cecioni, A., A. Bottari y A. Duyvestein. (1991): "Estudios sobre las aguas subterráneas en la depresión central de la cuenca del río Biobío", Ed. EULA, septiembre 1991.
CEE (1980): Calidad del agua para consumo humano 80/778/CEE
Celis, L. (1984): Determinación de las Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia de las Precipitaciones en la intercomuna Concepción-Talcahuano, Tesis Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de Concepción.
CESPEDES, J., L. REYES y R. MELO. (1993): Caracterización de los residuos sólidos urbanos de 11 localidades de la cuenca hidrográfica de río Biobío y del área adyacente. Monografía Científicas EULA, Vol. 11: Catastro de la actividad industrial.
CETESB (1975) - COMPANHIA ESTADUAL DE TECNOLOGIA DE SANAMIENTO BASICO E DE CONTROLE DE POLUICAO DAS AGUAS. Lagoas de estabilizaço.
CIREN-CORFO (1965): Boletín
Commins, B.T. (1983): "Asbestos Fibres in Drinking Water", Scientific and Technical Report, Commins Associates, "Pippins", Altwood Close, Maidenhead, Berkshire, SL6 4PP, England
CONAF (1991): Boletín
Daza, R. (1992): comunicación personal (del Director Regional de Aguas, Región del Biobío)
Dellarossa, V. y M. González. (1982): "Estudios limnológicos en el sistema de lagunas al Sur del Biobío (Laguna Grande y Chica de San Pedro, La Posada y Quiñenco), VIII Región, Concepción, Chile Vicerrectoría de Investigación Científica, Proyecto 2.08.82, U. de Concepción
Dellarossa, V. y O. Parra. (1985):"Estudio de la Laguna Grande de San Pedro y del Lago Lanalhue - Departamento de Botánica; Facultad de Ciencias Biológicas y de Recursos Naturales Universidad de Concepción. 188 pp.
DI FIDIO, M. (1989): Fognature. IV Edizione Pirola Ed. - Milano.
Durán, L. (1989): Evaluación del Sistema de Aguas LLuvia de la Ciudad de Los Angeles, Tesis Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de Concepción.

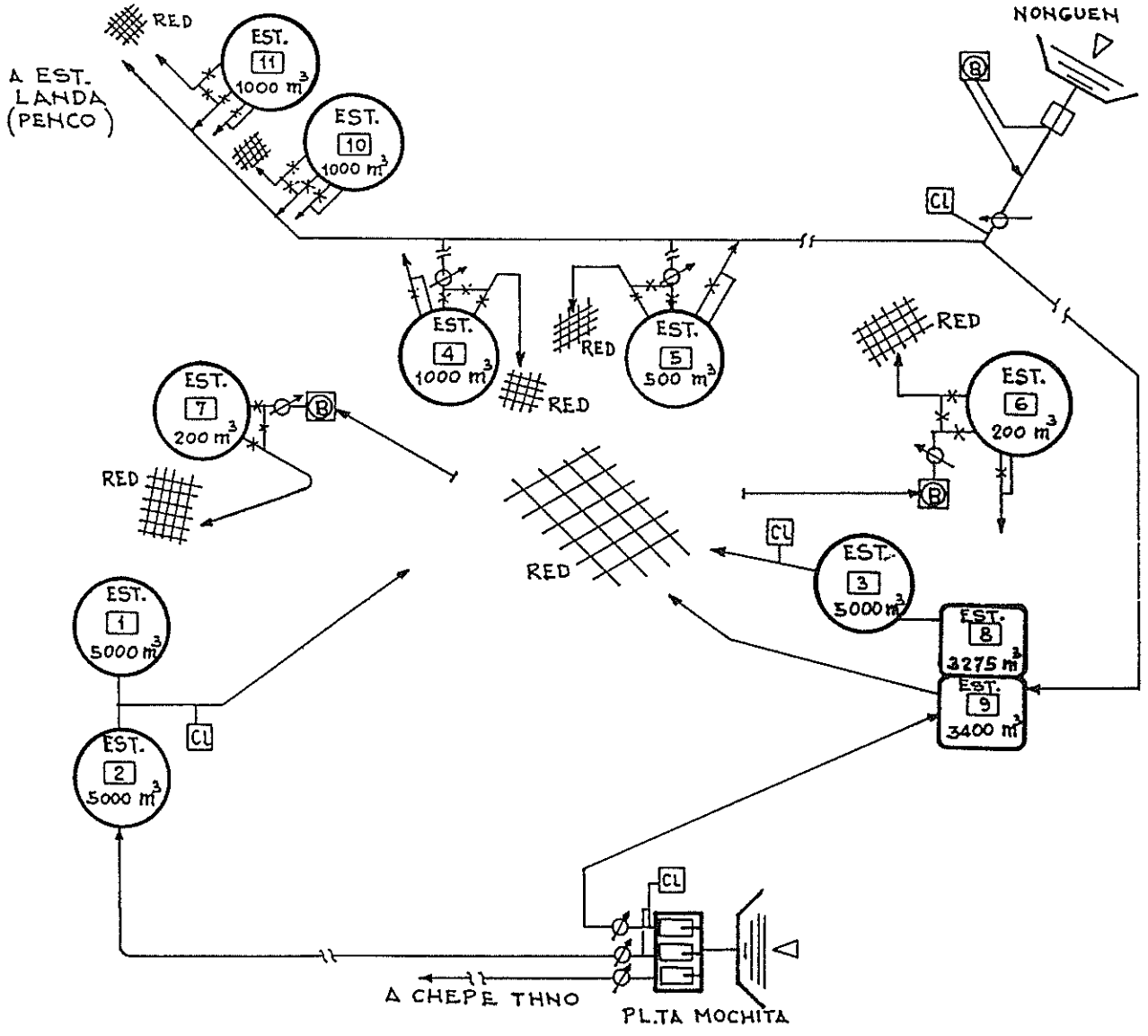
D.P.C.M. 236/1988, normativa italiana per l'acqua destinata al consumo umano
EMESA LTDA (1984): "Estudio de Laguna Grande de San Pedro, Concepción. Alternativas de uso del suelo riberano", Tomo 1, 116 pp.
ESSAR, Boletines estadísticos anuales, 1989-1992
ESSAR (1992), análisis del agua potable puesta a disposición del Centro EULA
ESSBIO, Boletines estadísticos anuales, 1979-1991
ESSBIO (1992), análisis del agua potable puesta a disposición del Centro EULA
EULA - UNIVERSIDAD DE CONCEPCION, (1991): Programa mínimo de evaluación de impacto ambiental en el ecosistema marino costero por descarga de efluentes doméstico en Bahía San Vicente. Informe de avance - Fase Final. Preparado para: Empresa de Servicios Sanitarios del Bio-Bio ESSBIO S.A..
EULA - UNIVERSIDAD DE CONCEPCION, (1992). Programa mínimo de evaluación de impacto ambiental en el ecosistema marino costero por descarga de efluentes doméstico en Bahía San Vicente. Informe final - fase preliminar. Preparado para: Empresa de Servicios Sanitarios del Bio-Bio ESSBIO S.A..
EULA-CHILE, UNIVERSIDAD DE CONCEPCION, (1991): Programa minimo de evaluacion de impacto ambiental en el ecosistema marino costero por descraga de effluentes domesticos en Bahia San Vicente. Informe Final - Fase Preliminar, Concepción, dicembre 1991.
E. DE FRAJA FRANGIPANE, R. CANZIANI y M. RAGAZZI. (1989): Confronto dei costi di costruzione di fognature a gravità realizzate con tubi di diverso materiale. IA-Ingegneria Ambientale, vol. 18, n. 6, 340-347.
FAO (1974): "Cte. Riego y Suelos Ñuble - Proyecto FAO/CHI/549"
FARIAS, L. (1992): Efectos inducidos por la contaminación en la macrofauna bentónica de la Bahía Concepción, esimados con los trazadores S_234TTh y S_210TPb. Tesis presentata para optar al grado de Magister en ciencias con mencion en oceanografía,UNIVERDIDAD DE CONCEPCION.
FIELD, R. and J.A. LAGER. (1975): Urban runoff pollution control State of the art. Journal of the Environmental Division. ASCE, 101.
FIGUEROA, D.M. y F.H. BRITO.: Modelo numérico tridimensional de la circulación de las aguas de Bahía Concepción, Chile. Por publicar.
Gandolla, M. e L. Dugnani. (1991): "Tecnologie di trattamento e smaltimento; aspetti gestionali", Rapporto 92/11 Istituto per l'Ambiente, Milano, Italia
GENEVINI, P.L., R. VISMARA e V. MEZZANOTTE. (1986): Utilizzo agricolo dei fanghi di depurazione. Quaderni di Ingegneria Ambientale, n. 5.
Gervasoni, S. (1991): "Discariche controllate", ed. Hoepli Milano Italia
Gervasoni, S. (1991): "Discariche controllate", HOEPLI Italia
Gonzáles, G.E. (1986): "Estudio bacteriológico de aguas de tipo recreacional de Concepción - Seminario de Investigación; Departamento de Botánica, Universitad de Concepción, 35 pp.
HOFFMANN, W. (1978): Evaluación del grado de contaminación del estero Lenga y Bahía San Vicente. Seminario sobre desarollo e investigación de los recursos marinos de la Octava Región, Concepción, 9-13/1/1978.
Hormazábal, P. (en publicación): Perfil del Sector Industrial, Publicaciones EULA, Concepción, Chile.
IANNELLI, G. (1974): Il costo degli impianti di depurazione. Ingegneria Ambientale, 3:270-284.
ICI INGENIEROS LTDA., (1985): Proyecto mejoramiento del sistema de alcantarillado de aguas servidas de Coronel.
ILPES (1991): La región del BioBío al encuentro del siglo XXI.
INE (1990): Encuesta Agropecuaria
INE (Instituto Nacional de Estadísticas) (1976): OEA Organización de Estados Americanos: Clasificación Internacional Uniforme de todas las actividades Económicas, Santiago, Chile.
INE - MINISTERO DE ECONOMIA, Chile: proyecciones y estimaciones por poblacion, por sexo y edad. Comunas 1980-1995.
INFOR (1991): "Estadísticas forestales 1991"
INFOR (1991): "Estadísticas forestales 1990", Boletín Estadistico n.21, Instituto Forestal, INFOR-CORFO, Agosto 1991
INN (1984): NCh 409.Of84/1, Agua potable - Parte 1: Requisitos

INN (1984): NCh 409.Of84/2, Agua Potable - Parte 2: Muestreo
INTEC (1980): "Evaluación de impacto causado por actividades industriales en el medio ambiente acuático. IV. Evaluación del grado de contaminación de las lagunas Grande y Chica de San Pedro", pp.89-130
INTENDENCIA VIII REGION - UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE (1976): Atlas Regional VIII Region, 2ª Edicion.
La Diega, N. (1989): "Riciclaggio dei materiali recuperati e loro commercializzazione" - XXXV Corso di aggiornamento in Ingegneria Sanitaria - Politecnico di Milano
Lanzoni, G. (1990): "Il controllo interno delle acque potabili in italia: situazione e prospettive", SEP Pollution Padova (Italia)
LARRAIN, A., P. NAVARRETE, R. RAGI y G. WAGEMANN. (1987): Estudio Entidad Coordinadora-Administradora de la Cuenca del BioBío: resultados preliminares. Origen, manejo y desarrollo de la hoya hidrográfica del río BioBío.
Leighton, E. (1991): Análisis y Evaluación de la Precipitación en la Hoya Hidrográfica del río Biobío, Tesis Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de Concepción.
Louvel Bert, R.(1988): Crónicas y Semblanzas de Concepción, Ed. I Municipalidad de Concepción.
MACKAY, E. (1973): Observaciones de corrientes superficiales en la Bahía de San Vicente. Compañía Aceros del pacifico, S.A., Talcahuano.
Masotti, L. (1978): Tecniche ed Impianti di Depurazione, Guida allo Studio delle Acque di Rifiuti, Ediziones Calderini, Bologna, Italia.
Melo, R., L. Reyes, A. Solis, J. Céspedes, O. Sepúlveda, C. Rubio y M. Arevalo. (1991b): Subproyecto EULA-16, Residuos Sólidos "Informe final fase no gubernamental del proyecto EULA", Ed. EULA
Melo, R., A. Solís, J. Céspedes, L. Reyes y O. Sepúlveda (1991a): "Manejo de los residuos sólidos en la cuenca hidrográfica del río Biobío y área costera adyacente", Ed. EULA, settembre.
METCALF & EDDY (1979): Wastewater Engineering: treatment, disposal, reuse. McGraw Hill Ed.
Nardini, A. y D. Montoya (1993): Planteamiento de un modelo de gestión integrada del río Laja, Monografía Científica EULA.
Nuti, S., (1992): Enfoque Económico Empresarial Cuenca Biobío Chile, Cap. 5 y 6, Publicaciones EULA, Universidad de Concepción.
ONDAC, (1992): El manual de la construcción Edición 141/Junio 1992.
Paglia, A. (1990): "Manutenzione e controlli nelle reti di acquedotto", SEP Pollution Padova (Italia)
Parra, O., C. Jara y L. Guzman. (1989): "Las lagunas intraurbanas de Concepción: estado actual y perspectivas de recuperación y uso", en "Chile piensa a Chile", 3er Encuentro Cientifico Sobre El Medio Ambiente, CIPMA Concepción, pagg.301-313
Parra, O. y M. Vighi. (in pubblicazione):"Mappa della qualità dell'acqua del fiume Biobío e dei principali affluenti", ed. EULA.
Parra, O. (1989): "Estudio de la eutroficación de la Laguna Grande de San Pedro y Laguna Tres Pascualas", Convenio de Cooperación Ilustre Municipalidad de Concepción, 175 pp.
PASSINO, R., (1980): La conduzione degli impianti di depurazione delle acque di scarico. Ed. Scientifiche A. Cremonese - Roma.
Pérez, R. (1992): "Calidad del agua subterránea de la cuenca hidrográfica del río Biobío" - Informe de Habilitación profesional para optar al título de Ingeniero Civil, Concepción.
Pradenas, E. y Rudolph, A. (1989): Comparación del Impacto Ambiental en la bahía de Concepción producido por los Residuos de las plantas de Harina, Aceite y Congelados, Biología Pesquera 18, pp. 115-122.
Ramirez, M.A. (1966): "Estudio limnológico en las lagunas Redonda y Lo Méndez, Concepción, Chile" - Tesis, Instituto Central de Biología, Departamento de Botánica, Universidad de Concepción, 97 pp.
Rast, W. y M. Holland. (1988): "Eutrophication of lakes and reservoirs: a framework for making management decisions" - Ambio 17, pagg.2-12
Regione Lombardia (1991): Settore Ambiente ed Ecologia, Piano Regionale di Risanamiento delle Acque. Criteri di pianificazione in rapporto alla gestione delle risorce idrici lombarde.
Rivera, S. y S. Munari. (1993): Catastro industrial, Ediciones EULA.
Riveros, J. y Aguilera, R. (1992): Descripción de la Economía Regional: sectores dominantes, Seminario Internacional de Planificación Territorial, Concepción, Chile.

Rosas, M. (1981): "Antecedentes de una población de Peridinium willei Huitfeld-Kaas, durante el invierno de 1981 en Laguna Redonda, Concepción" - Tesis, Departamento de Botánica, Universidad de Concepción, 64 pp.
Rosso, R. (1991): Infrastrutture idrauliche, CLUP.
Rousseau, M. (1987): "Lead scrap processing in rotary furnaces: a review" - Conservation and recycling - Vol.10 n.2/3
Rubio, C. (1991): "Potencialidad del aprovechamiento de los desechos del Pino Insigne" - Informe de habilitación profesional para optar al título de Ingeniero Civil Industrial - Universidad de Concepción, Facultad de Ingeniería.
RUDOLPH, A., R. AHUMADA y S. HERNANDEZ. (1984): Distribución de la materia orgánica, carbón orgánico, nitrógeno orgánico y fósforo total en los sedimentos recientes de la Bahía de Concepción. Biología Pesquera, 13:71-82.
Santa Cruz, J.M. (1990): Ampliación y mejoramiento sistema de agua potable Concepción-Talcahuano Anteproyecto.
Sayre, I.M. (1988): International Standards for Drinking Water, J. Am.Water Works Assoc., v. 80, no. 1, Copyright AWWA.
SENDOS (1978): Proyecto Alcantarillado San Carlos. Mejoramiento General del Servicio.
SENDOS (1987): Servicio de alcantarillado Los Angeles. Mejoramiento sistema de aguas servidas. Tratamiento de aguas servidas.
SENDOS (1987): Alcantarillado de Los Angeles. Mejoramiento del sistema de aguas servidas. Tratamiento de aguas servidas. Proyecto IFARLE.
Serplac (1989): "Censo Nacional Agropecuario - Encuestas Agropecuarias".
SILVA, J., O. CHAPARRO y H. VALDEBENITO (1977): Algunos aspectos ocenográficos de la Bahía San Vicente. Dpto. Biología Marina y Oceanografía, Universidad de Concepcíon.
SPINOSA, L. (1990): Disidratazione dei fanghi. Atti del Seminario di studio "Trattamento e smaltimento dei fanghi" - Bari, 10-13 dicembre 1990. Editore I.P.A..
Uhlig, G. (1982): "Riciclaggio: ancora un'illusione?" - Alluminio Dicembre
UNIVERSIDAD DE CONCEPCION (1991): Informe Económico Regional,9.
UNIVERSIDAD DE CONCEPCION (1992): Informe Económico Regional, Abril.
UNIVERSIDAD DE CONCEPCION (1992): Informe Económico regional, Abril.
UNIVERSIDAD DEL BIOBIO. FACULTAD DE ARQUITECTURA, CONSTRUCCION Y DISEÑO (1991): Seminario "Elaboracion base de datos rilevantes para diseñar planes de ordenamento territorial en la cuenca hidrografica del Bio-Bio y su area costera adiacente", Concepción, Octubre 1991.
U.S.EPA (1987): "League of Women Voters Education Fund - Safety on tap".
Varas, E. y S. Sánchez. (1984): Curvas Generalizadas de Intensidad-Duración-Frecuencia de Lluvias, Apuntes de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago.
VARELA, G.A. Y V.F. VIVEROS. (1984): Análisis de alternativas de tratamiento de aguas servidas para la ciudad de Los Angeles. Informe para optar al título de Ingeniero Civil. Universidad de Concepción, Facultad de Ingeniería.
Vighi, M., O. Parra, C. Valdovinos y R.Urrutia. (1992): Mapa de la Calidad del Agua del río Biobío y Afluentes Principales, Centro EULA.
Vismara, R. (1982): Depurazione biologica, Editore Enrico Hoepli, Milano, Italia.
Vismara, R. (1992): Ecologia Applicata, Editore Enrico Hoepli, Milano, Italia.
Von Bennewitz, R. (1989): "Recursos hidroeléctricos de la Cuenca del Biobío" - ed. ENDESA.
WHO - OKUKN D.A. and G. PONGHIS. (1975): Community wastewater collection and disposal. World Health Organization, Geneva.
World Health Organization (1984): Guidelines for Drinking-Water Quality, Vol 1, Recomendations.

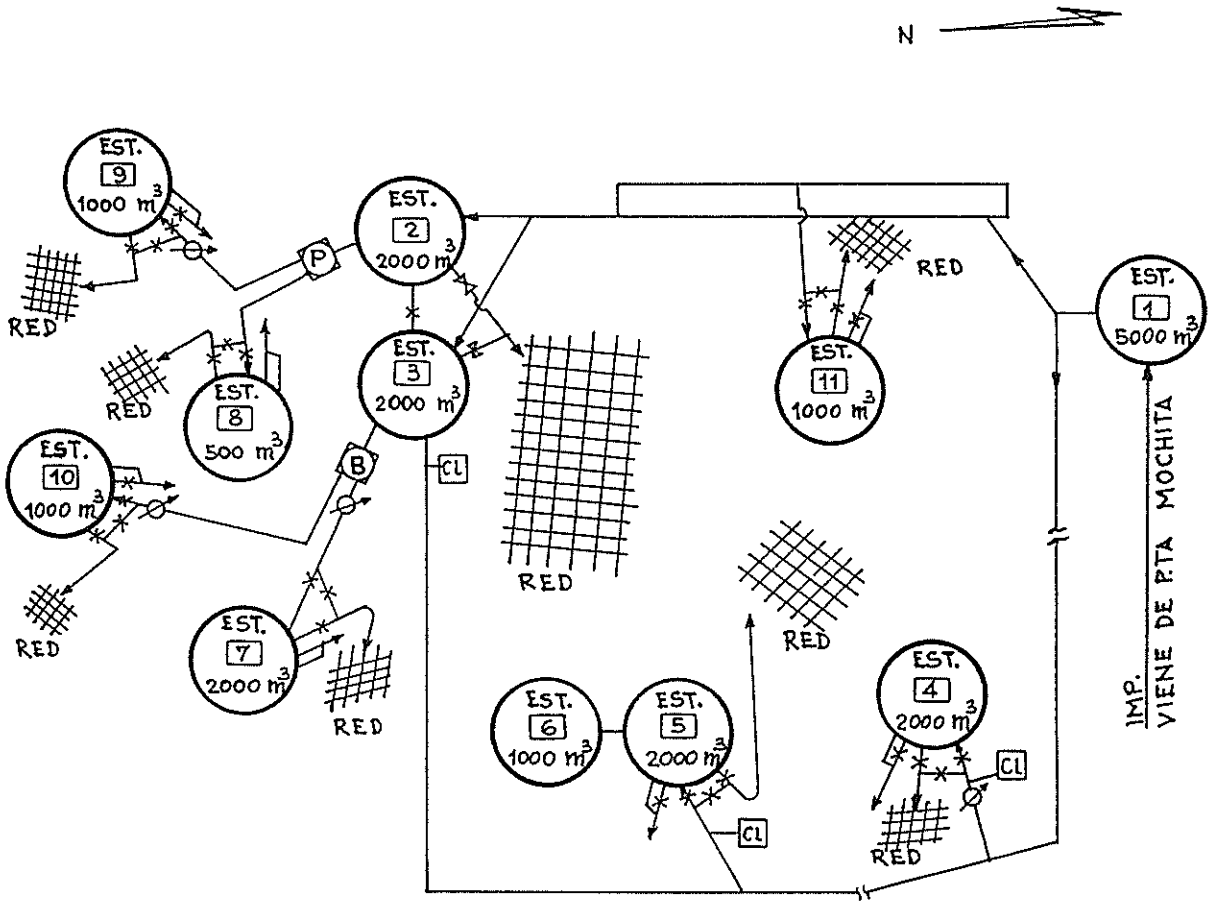
ANEXOS

ANEXO 5.1A - Esquemas de producción de los servicios de agua potable



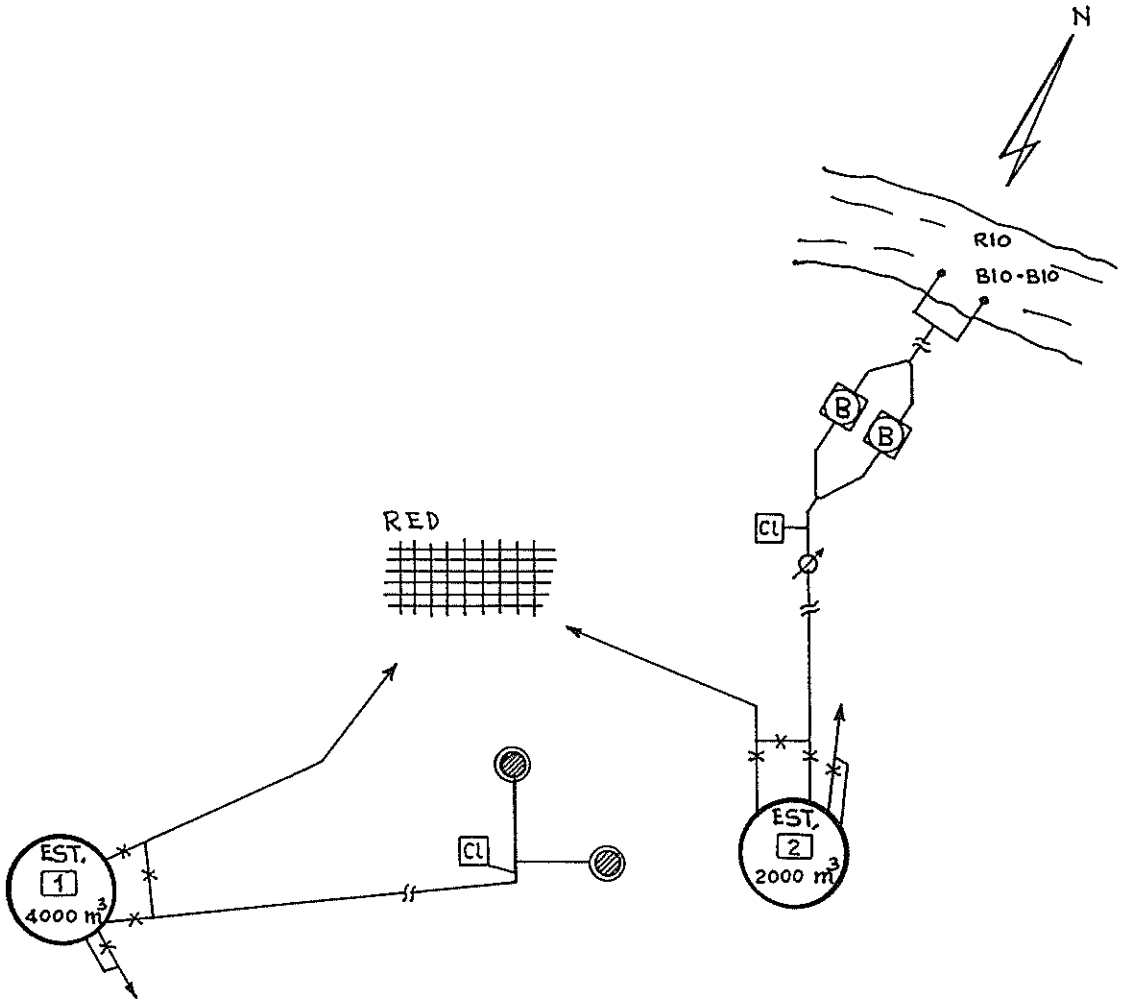
EST. ESTANQUE
Cl CLORACION
B BOMBEO

ESQUEMA DE PRODUCCION
A.P. DE CONCEPCION



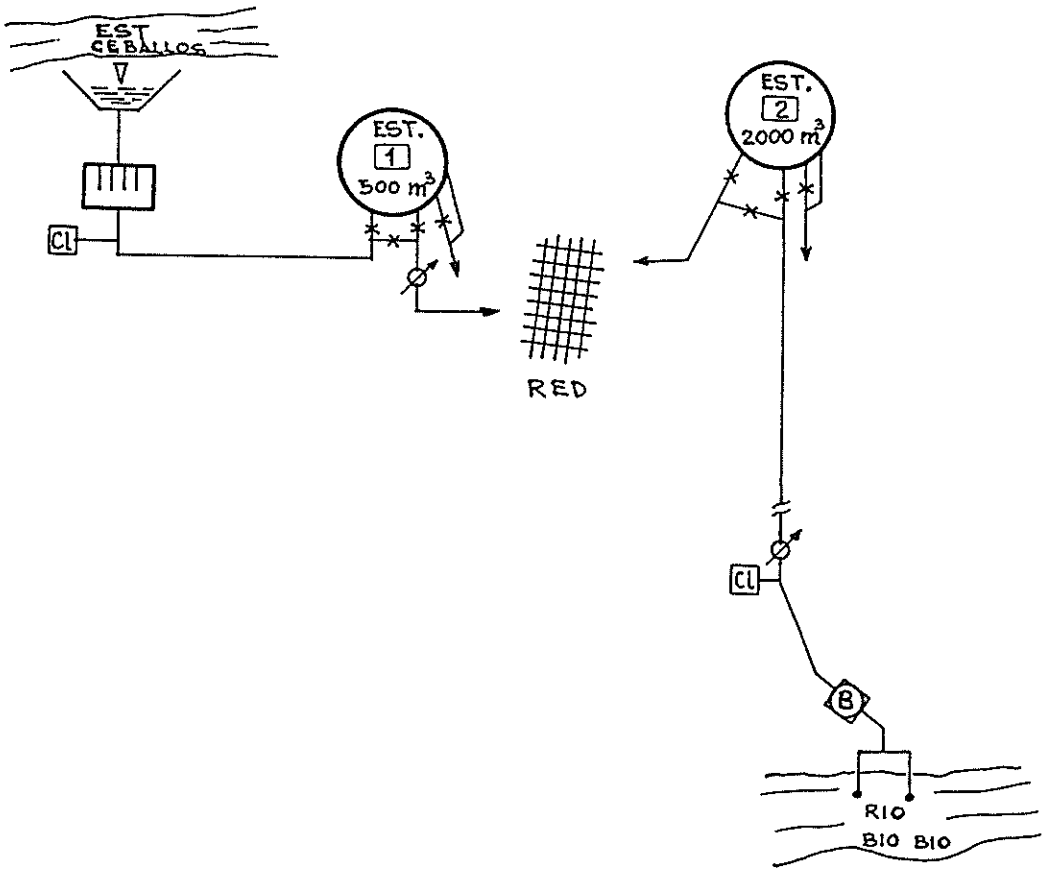
EST. ESTANQUE
Cl CLORACION
B BOMBEO

ESQUEMA DE PRODUCCION
A.P. DE TALCAHUANO



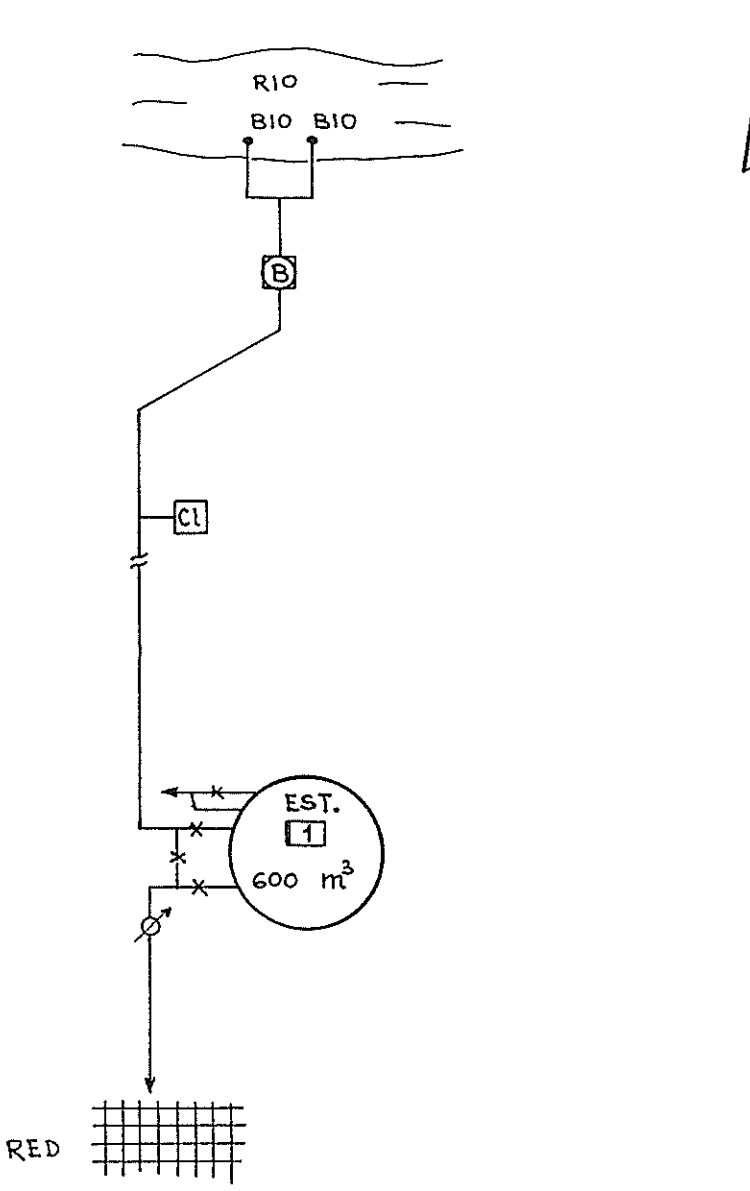
EST. ESTANQUE
POZO
Cl CLORACION
B BOMBEO

ESQUEMA DE PRODUCCION
A.P. DE SN PEDRO



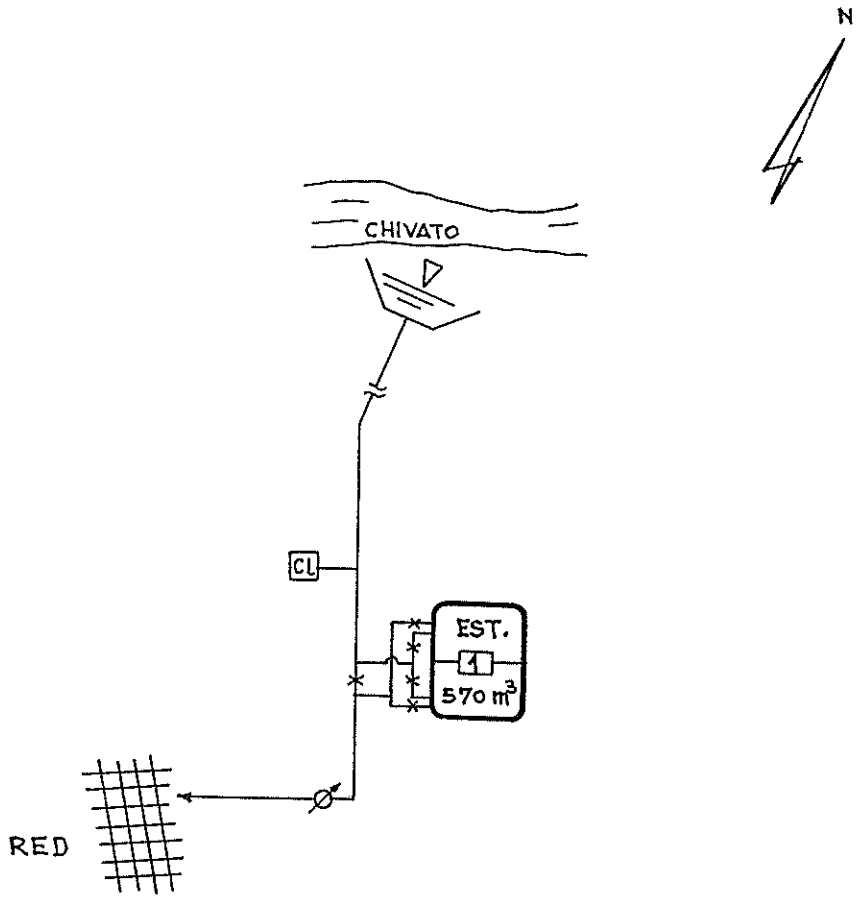
EST. ESTANQUE
Cl CLORACION
B BOMBEO

ESQUEMA DE PRODUCCION
A.P. DE CHIGUAYANTE



EST. ESTANQUE
Cl CLORACION
B BOMBEO

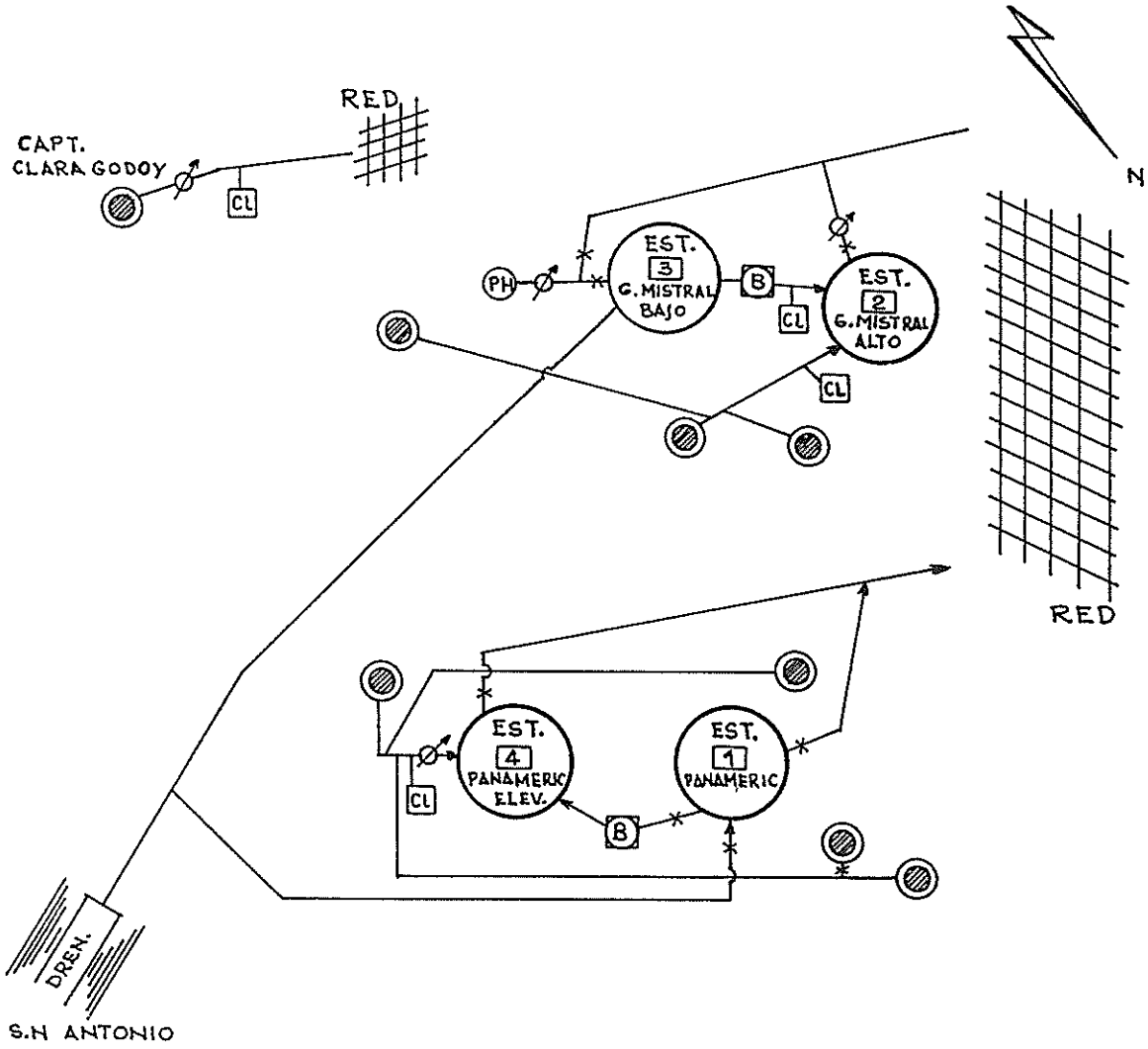
ESQUEMA DE PRODUCCION
A.P. DE S.TA JUANA



EST. ESTANQUE

CL CLORACION

ESQUEMA DE PRODUCCION
A.P. DE HUALQUI



EST. ESTANQUE

POZO

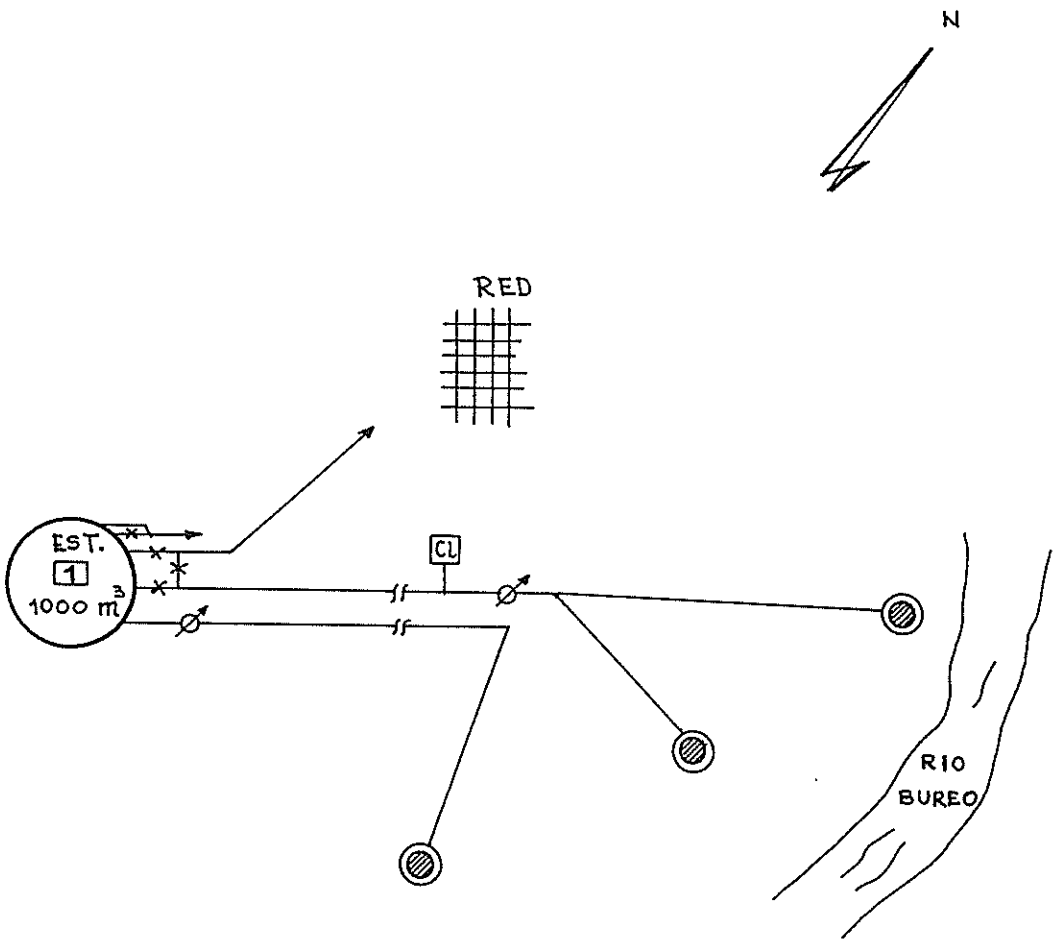
CL CLORACION

B BOMBEO

PH POZO HINCADO

ESQUEMA DE PRODUCCION

A.P. DE LOS ANGELES

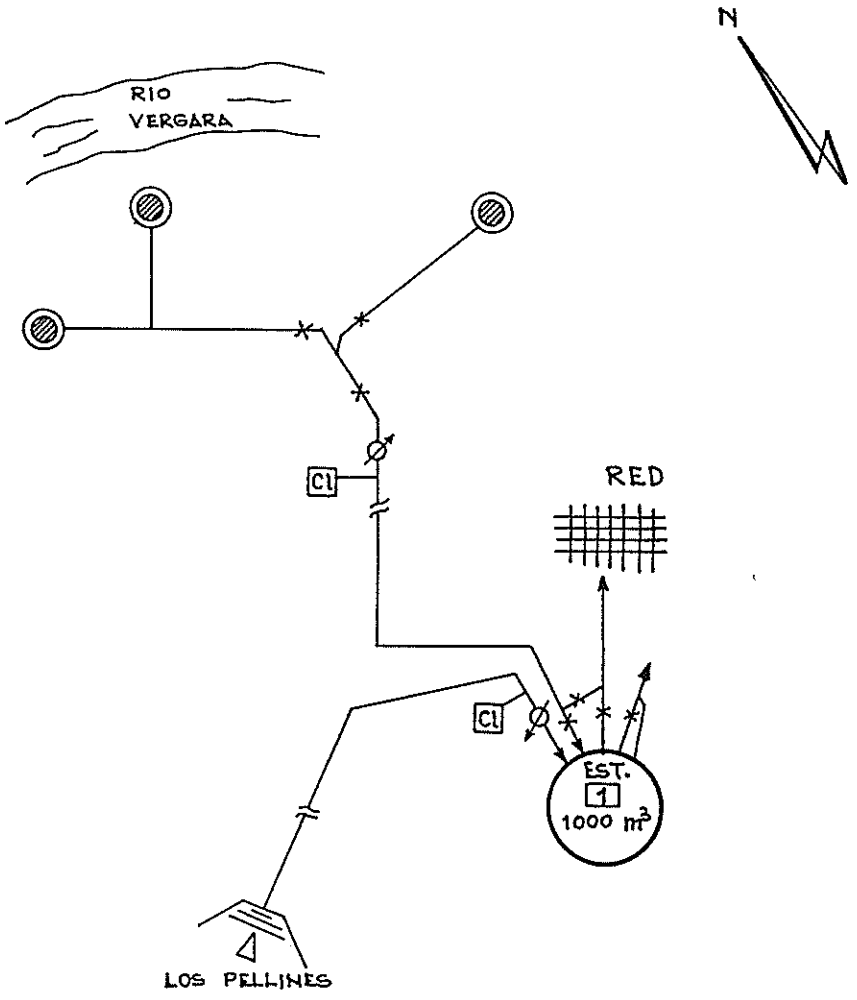


EST. ESTANQUE

POZO

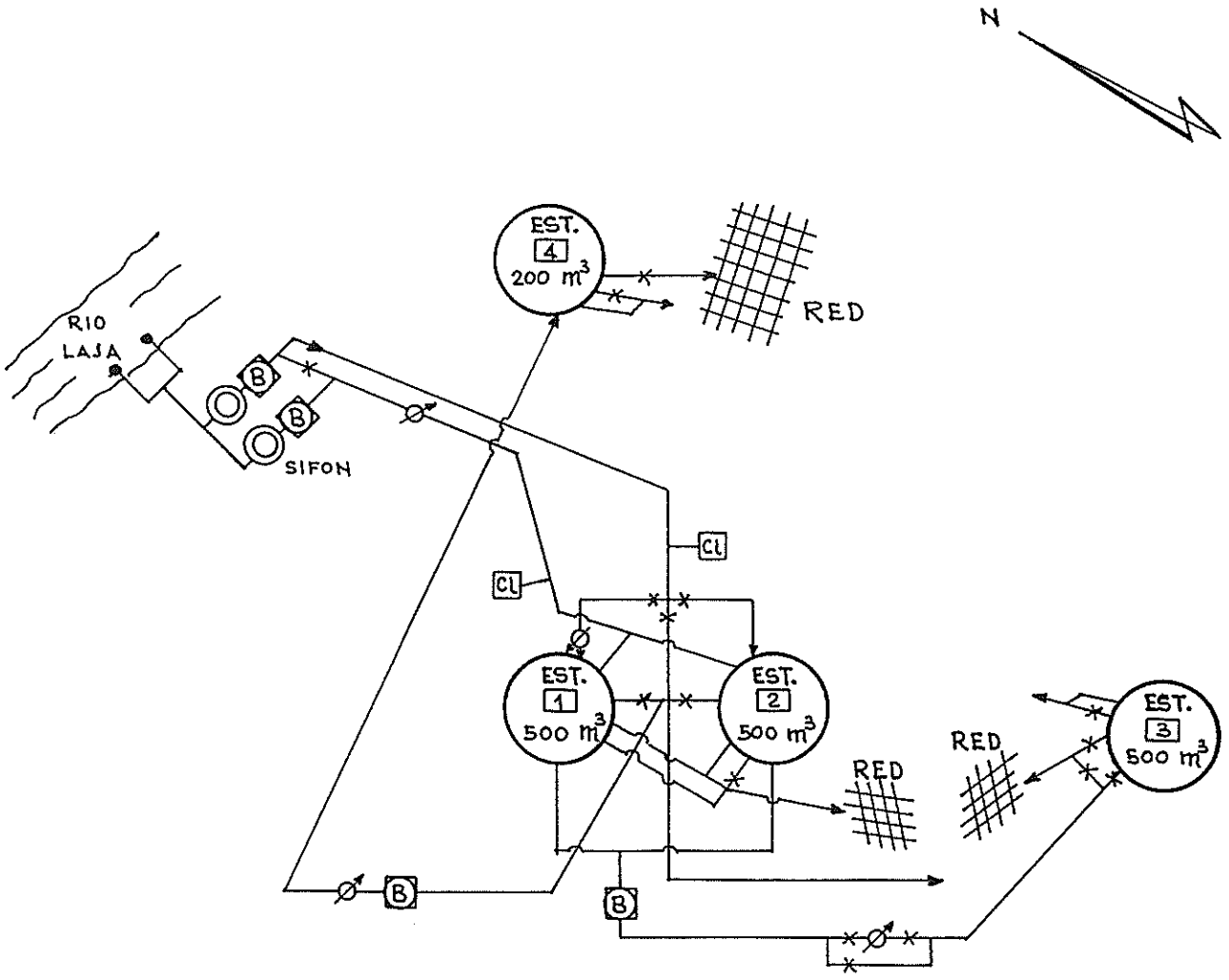
CL CLORACION

ESQUEMA DE PRODUCCION
A.P. DE MULCHEN



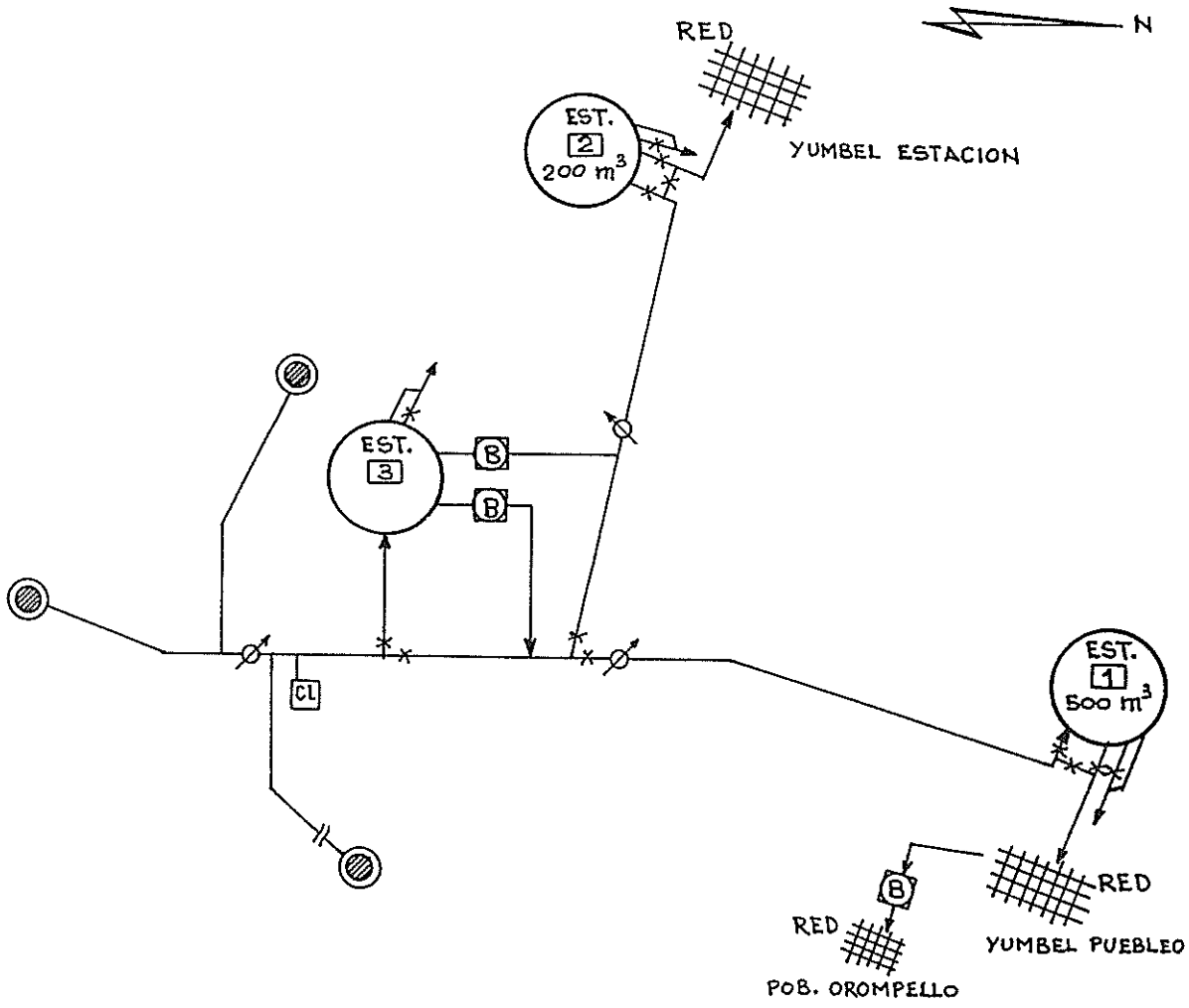
EST. ESTANQUE
POZO
Cl CLORANCION

ESQUEMA DE PRODUCCION
A.P. DE NACIMIENTO



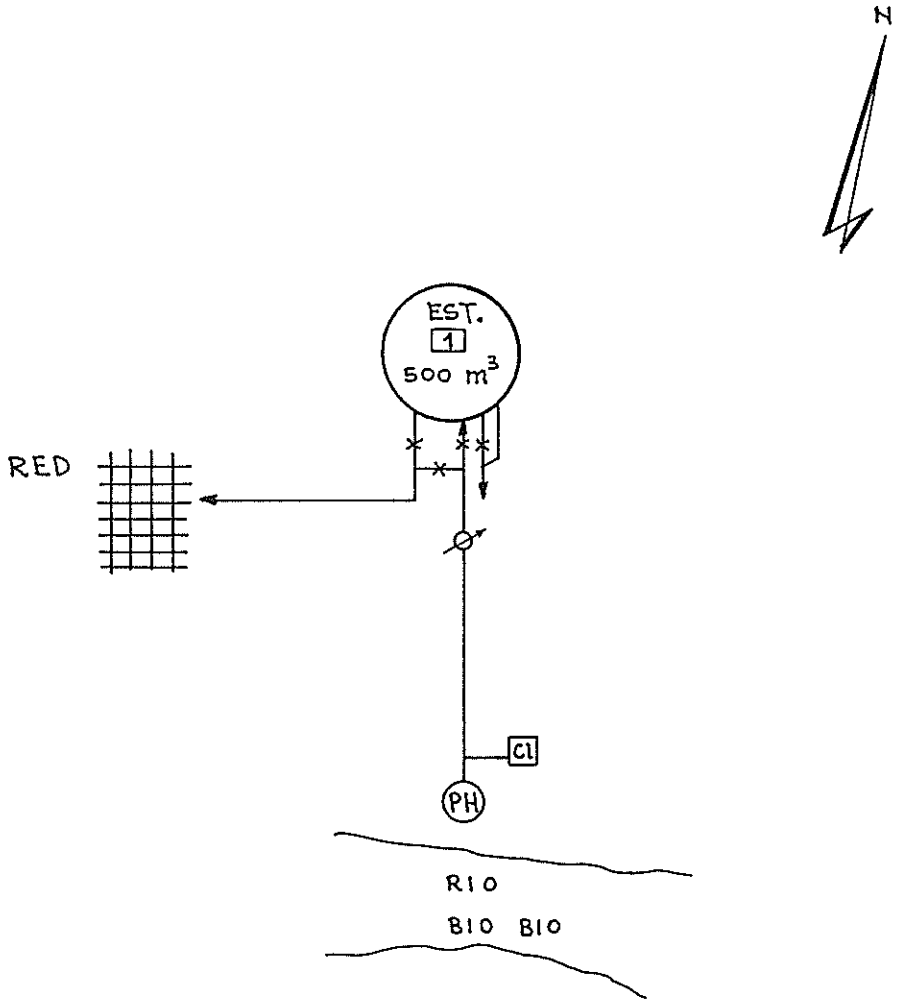
EST. ESTANQUE
Cl CLORACION
B BOMBEO

ESQUEMA DE PRODUCCION
A.P. DE LAJA



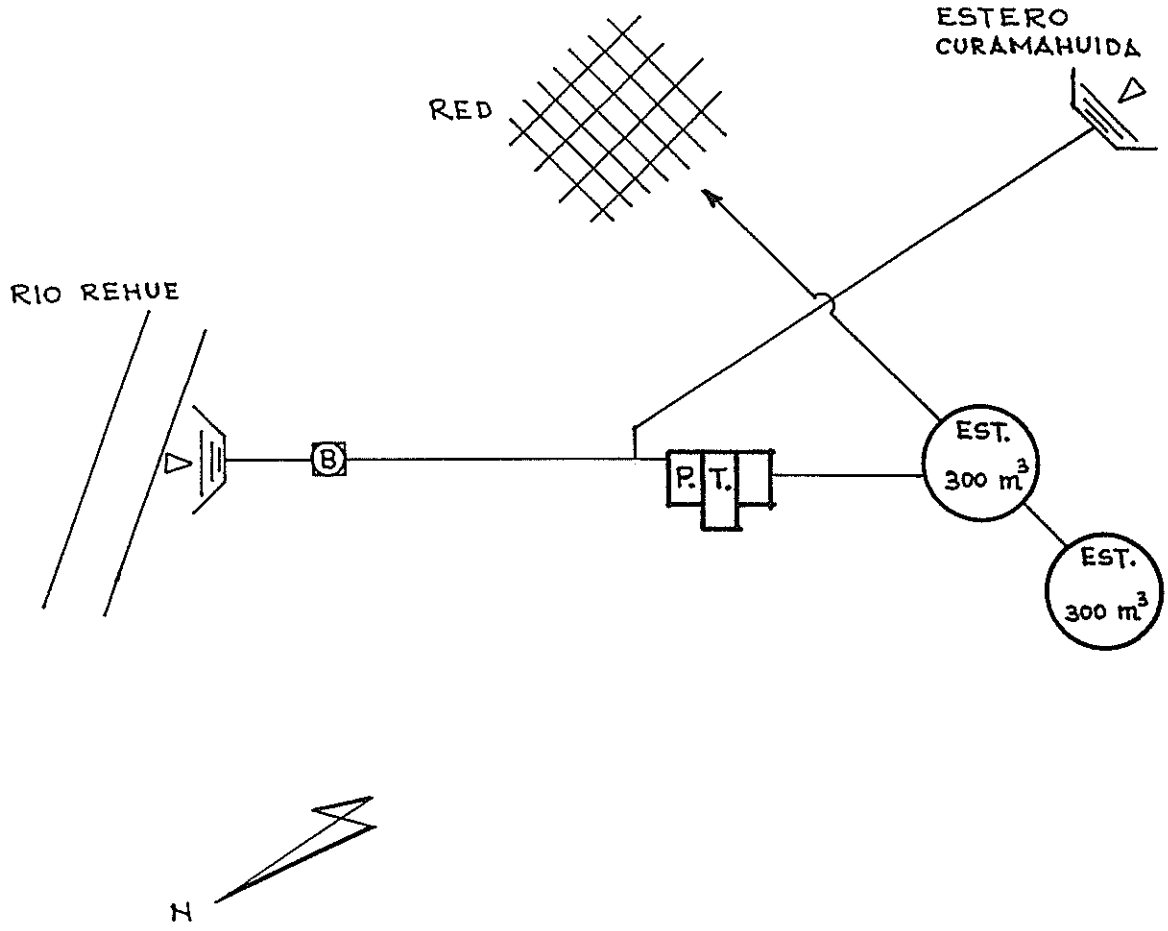
EST. ESTANQUE
POZO
Cl CLORACION
B BOMBEO

ESQUEMA DE PRODUCCION
A.P. DE YUMBEL



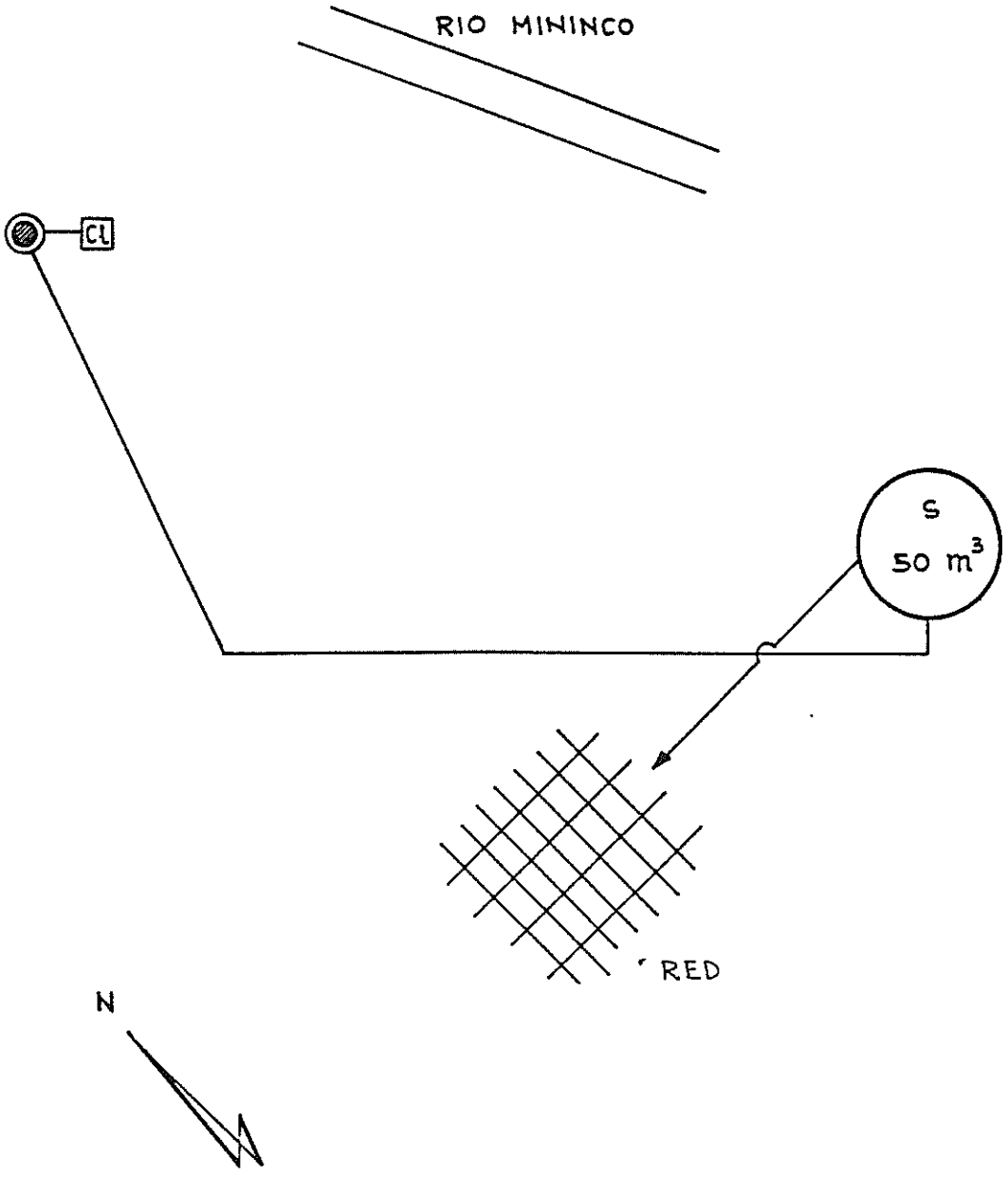
EST. ESTANQUE
Cl CLORACION
PH POZO HINCADO

ESQUEMA DE PRODUCCION
A.P. DE STA BARBARA



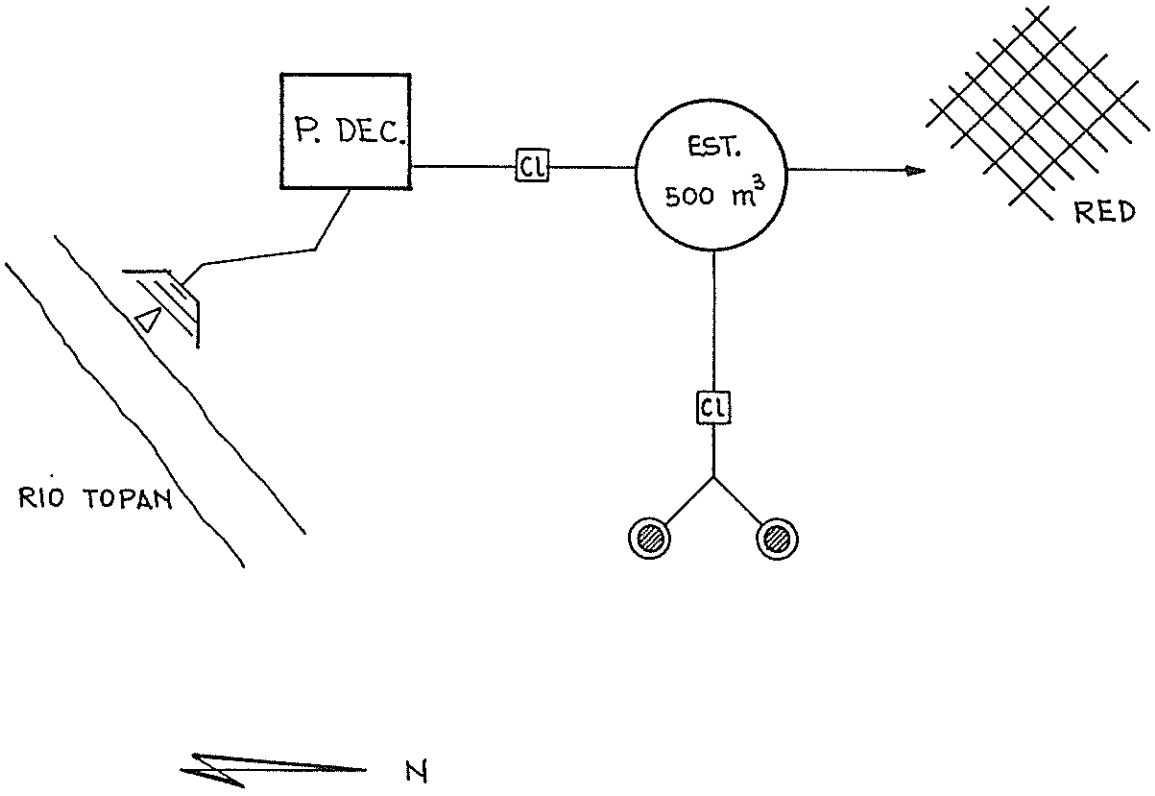
EST. ESTANQUE
B BOMBEO
PT PLANTA TRATAMIENTO

ESQUEMA DE PRODUCCION
A.P. DE LOS SAUCES



EST. ESTANQUE
Cl CLORACION
PH POZO HINCADO

ESQUEMA DE PRODUCCION
A. P. MININCO



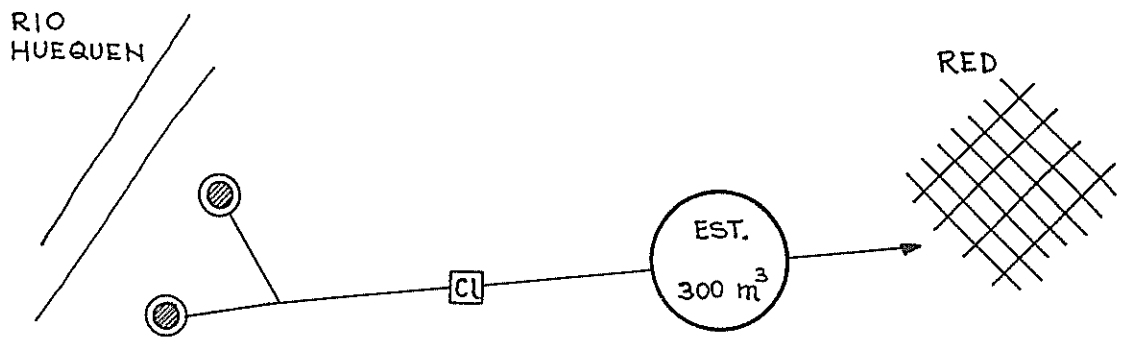
EST. ESTANQUE

POZO

Cl CLORACION

P. DEC PLANTA DECANTADORA

ESQUEMA DE PRODUCCION
A.P. RENAICO



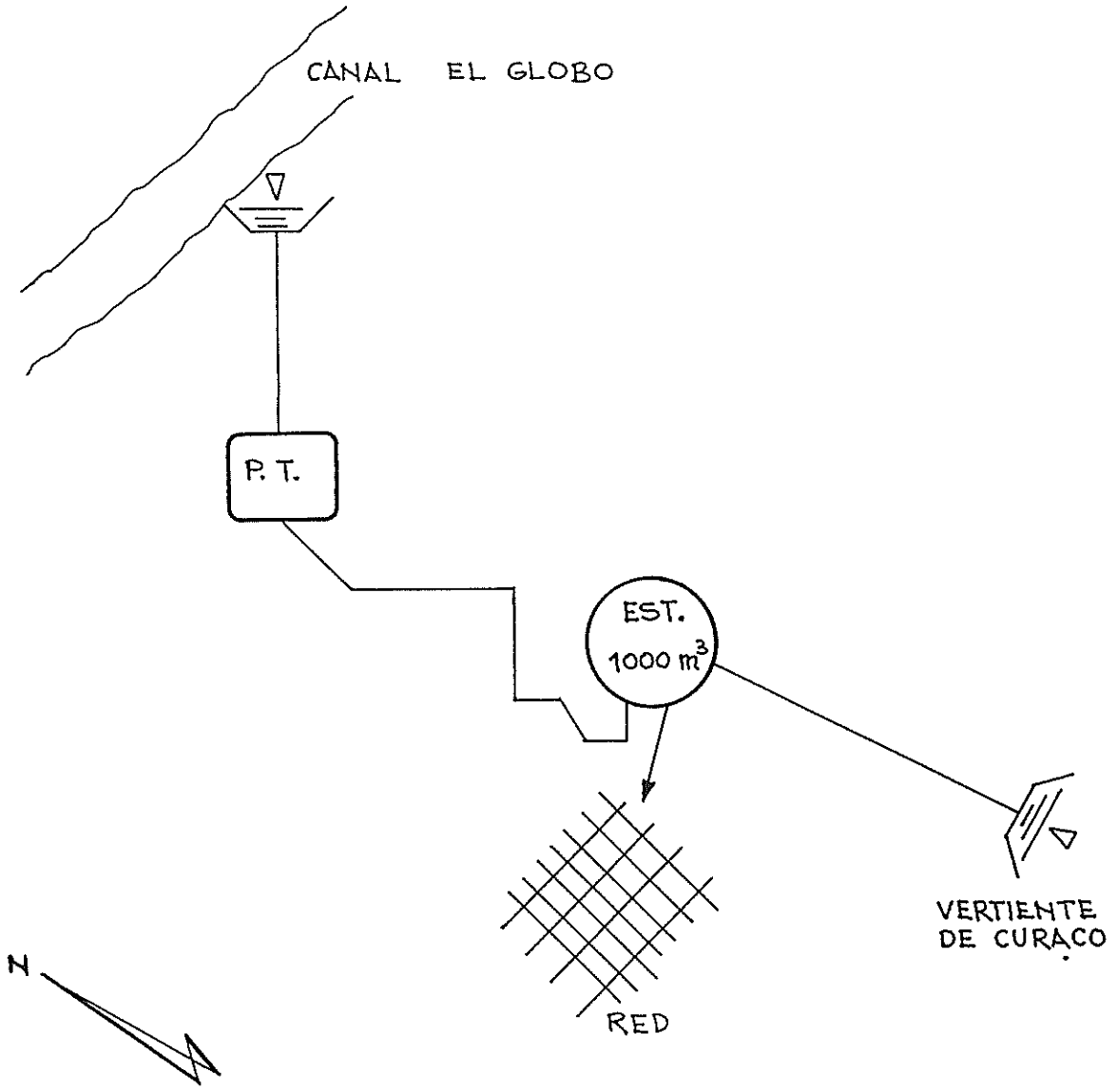


EST. ESTANQUE

POZO

CL CLORACION

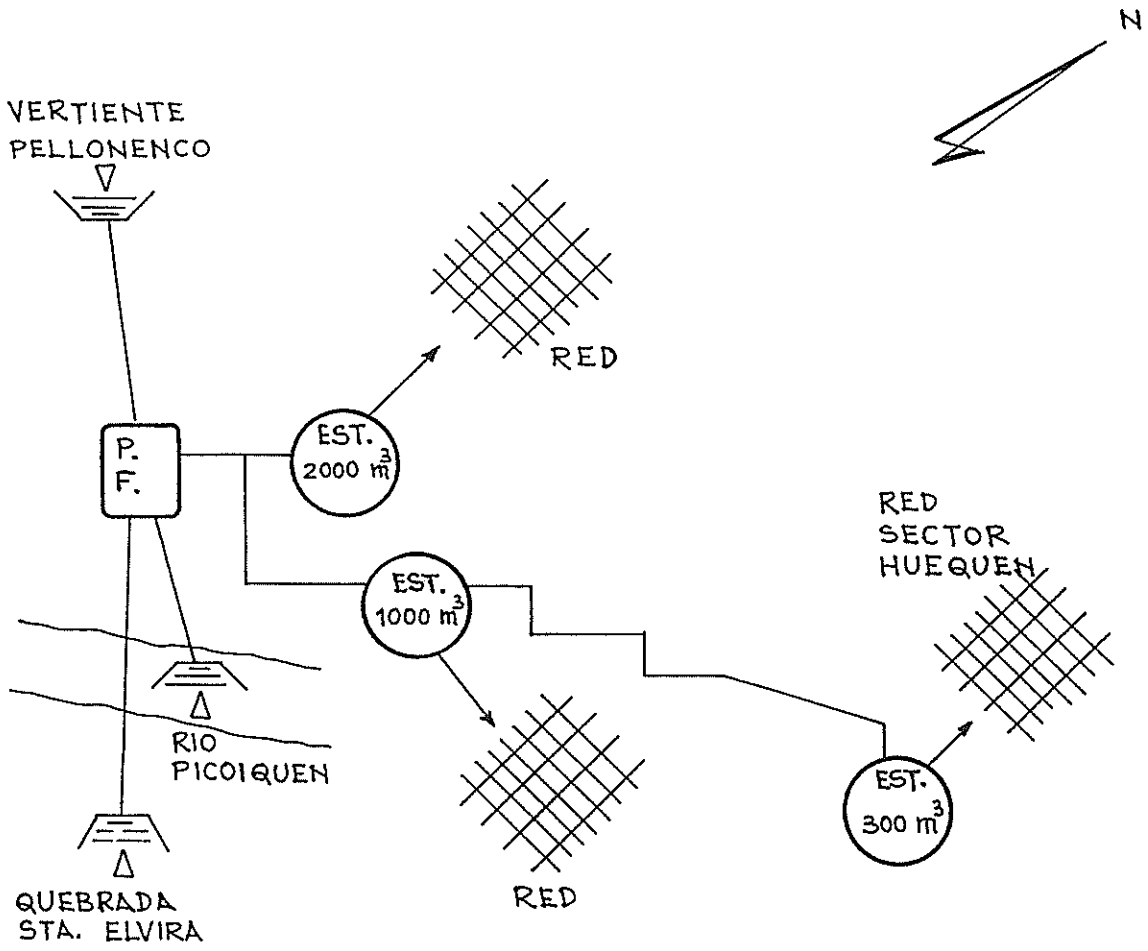
ESQUEMA DE PRODUCCION
A.P. ERCILLA



EST. ESTANQUE

P.T. PLANTA DE TRATAMIENTO

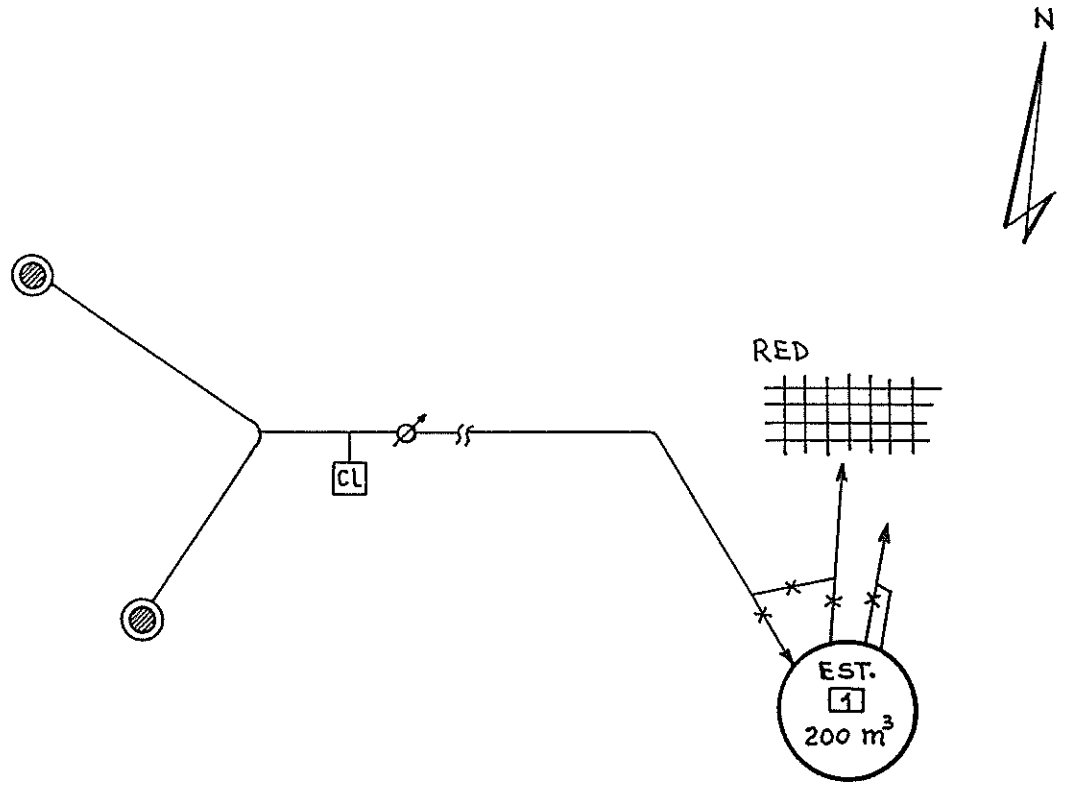
ESQUEMA DE PRODUCCION
A.P. COLLIPULLI



EST. ESTANQUE

P.F. PLANTA FILTRO

ESQUEMA DE PRODUCCION
A. P. ANGOL



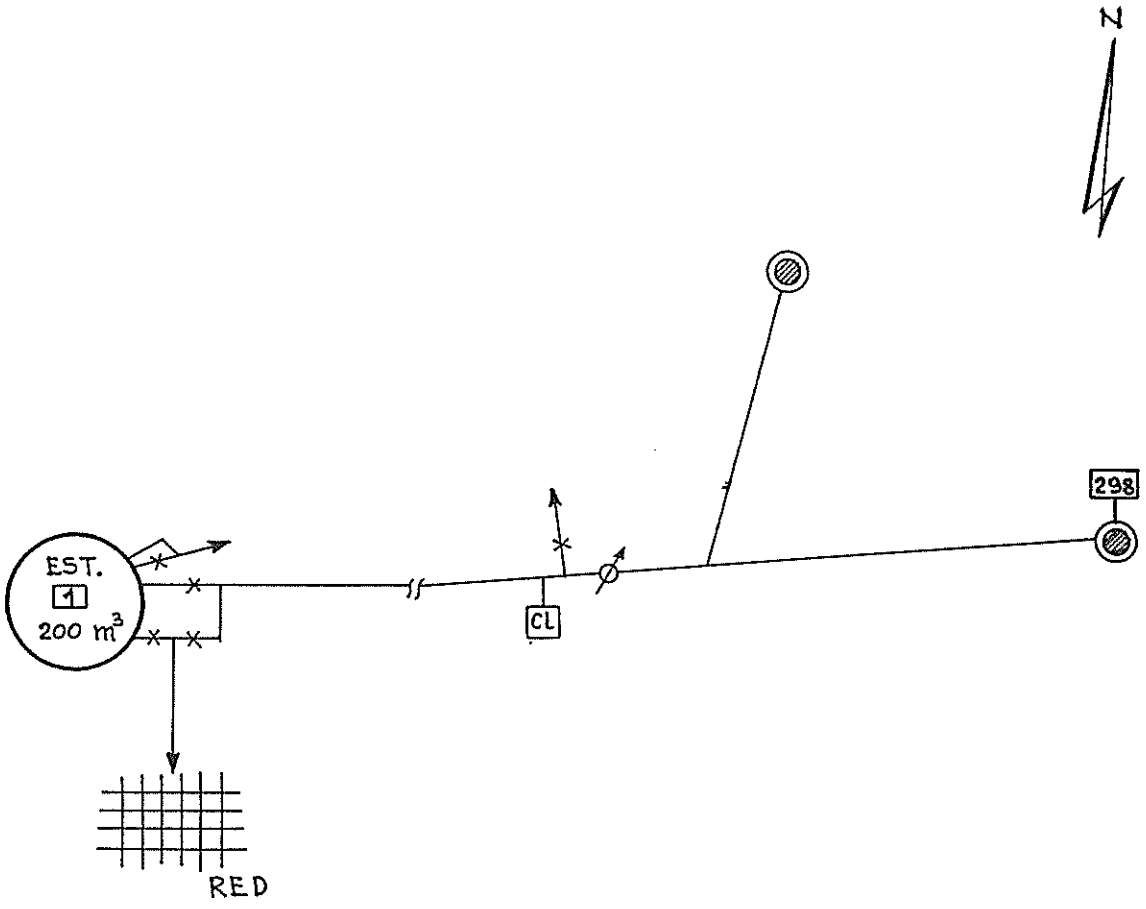
EST. ESTANQUE

POZO

CL CLORACION

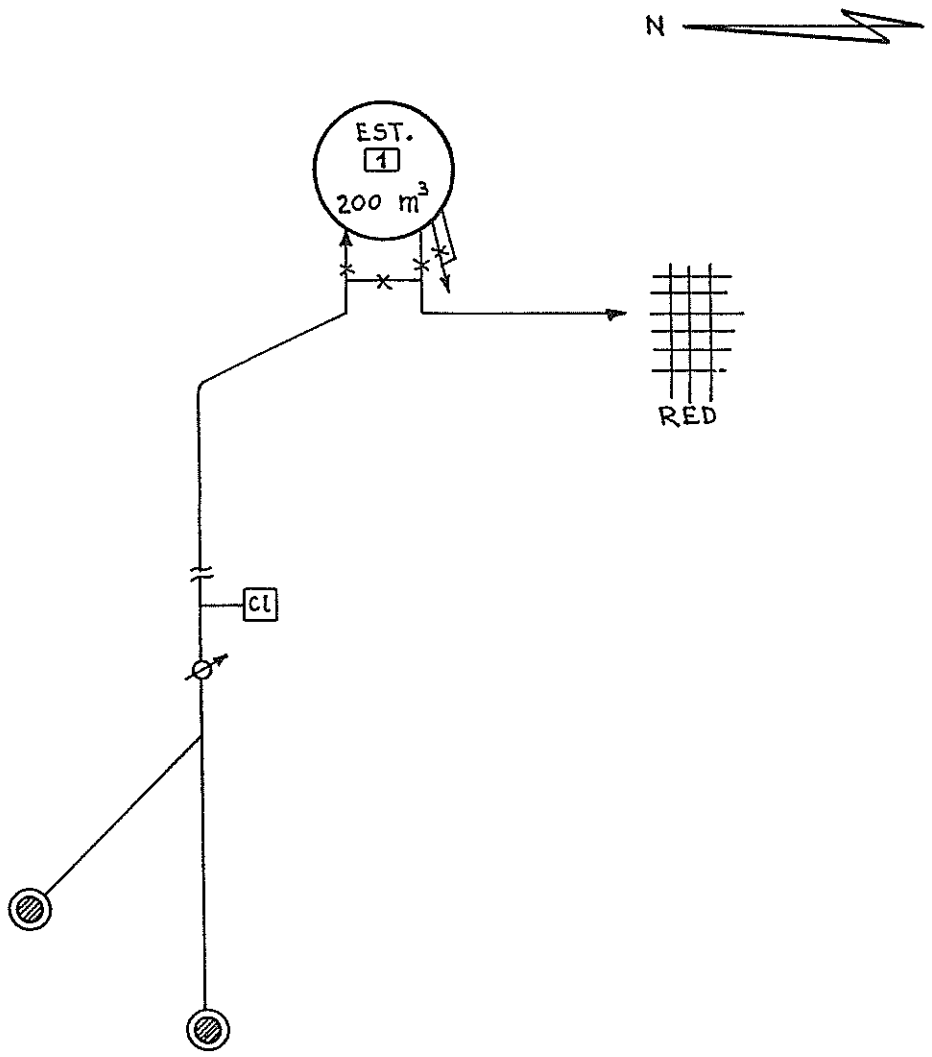
ESQUEMA DE PRODUCCION

A.P. DE QUILACO



EST. ESTANQUE
POZO
CL CLORACION

ESQUEMA DE PRODUCCION
A.P. DE TUCAPEL

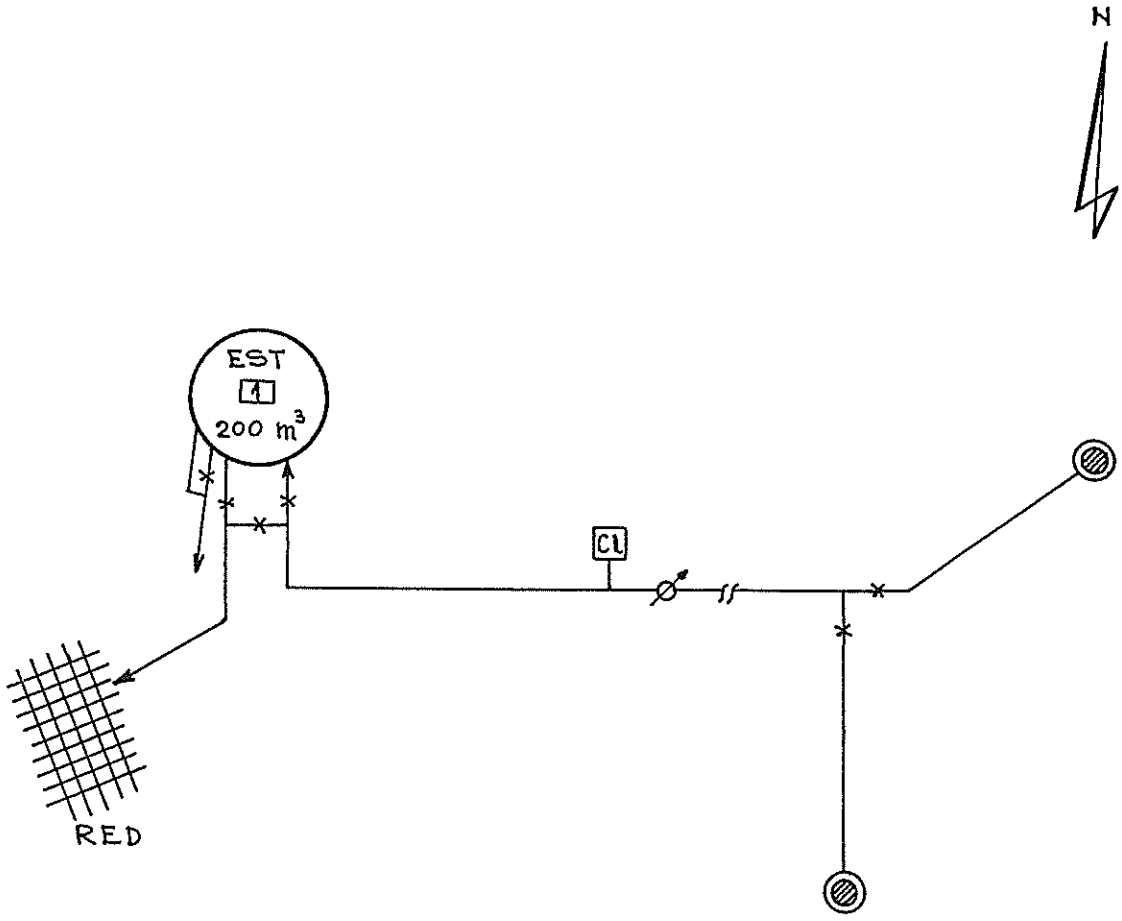


EST. ESTANQUE

POZO

Cl CLORACION

ESQUEMA DE PRODUCCION
A.P. DE QUILLECO

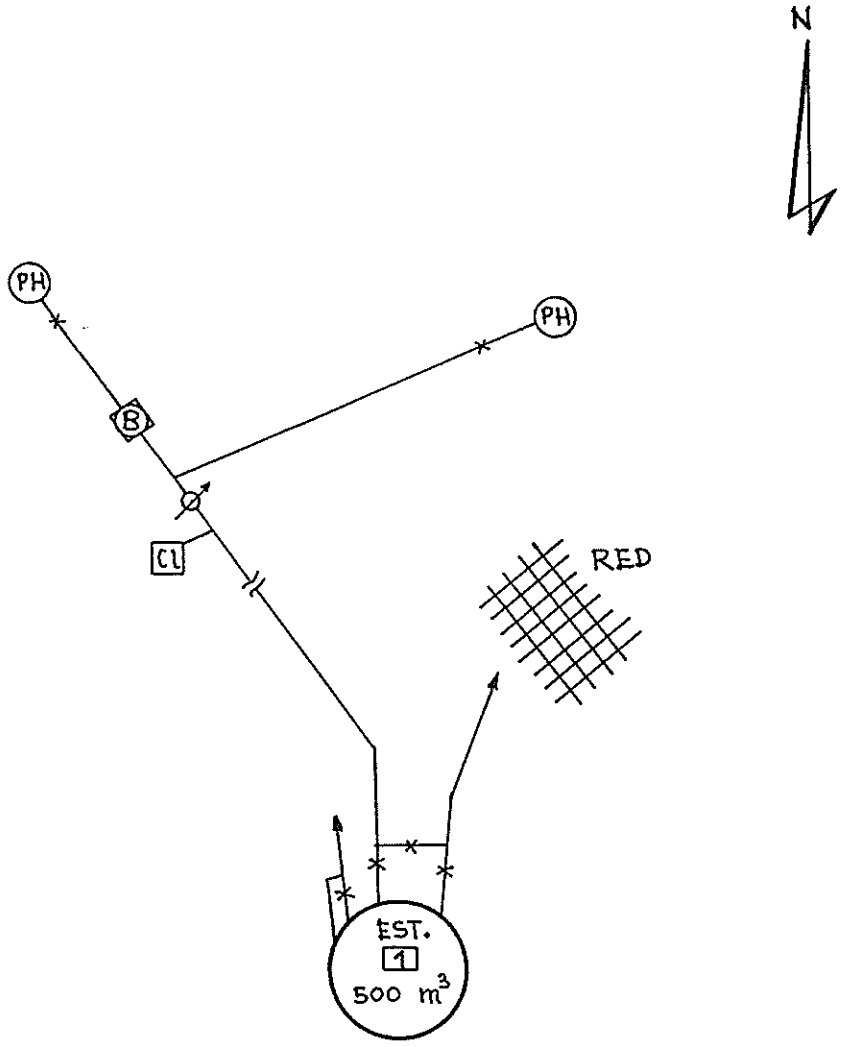


EST ESTANQUE

POZO

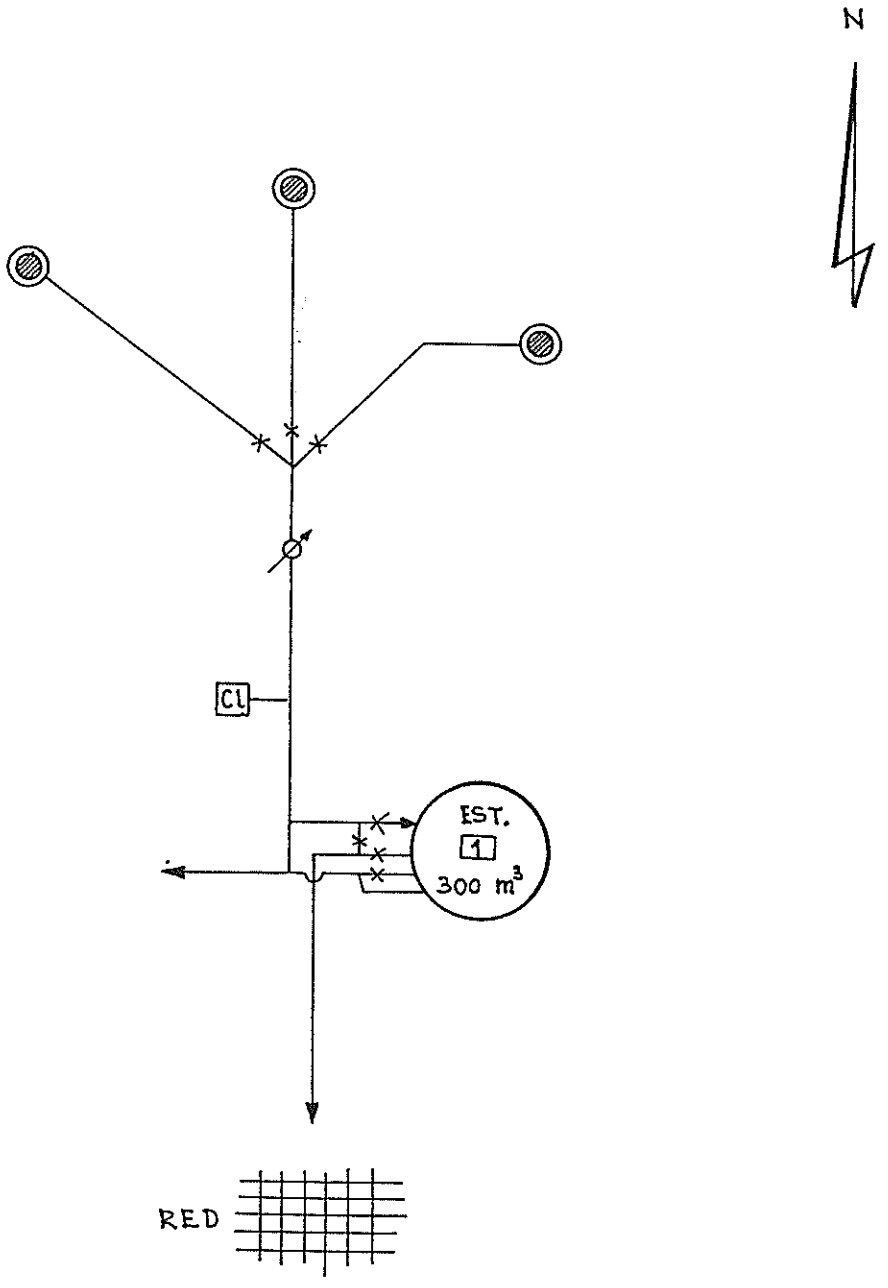
Cl CLORACION

ESQUEMA DE PRODUCCION
A.P. DE M. AGUILA



EST. ESTANQUE
CL CLORACION
B BOMBEO
PH POZO HINCADO

ESQUEMA DE PRODUCCION
A.P. DE SAN ROSENDO

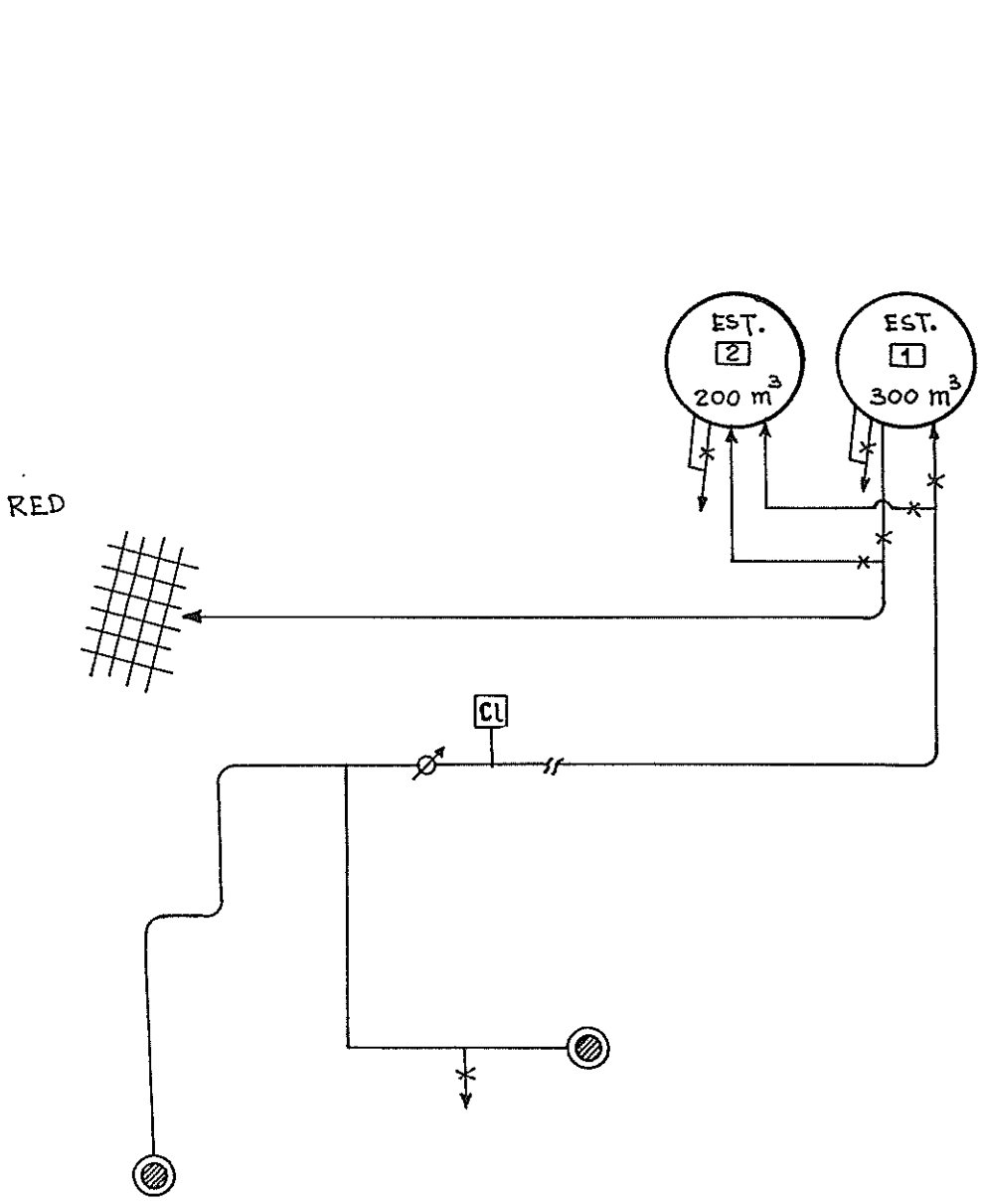


EST. ESTANQUE

POZO

Cl CLORACION

ESQUEMA DE PRODUCCION
A.P. DE NEGRETE

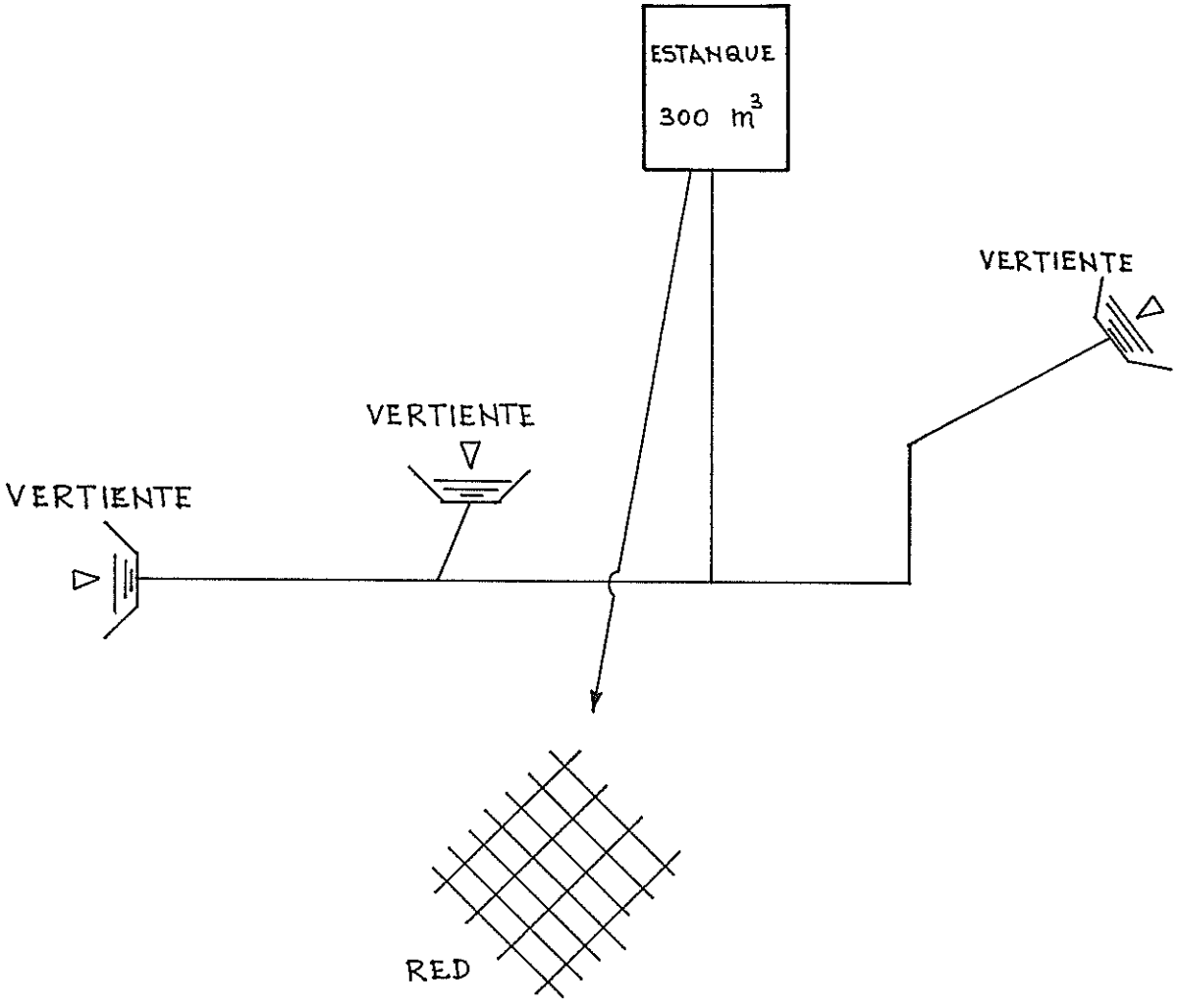


EST. ESTANQUE

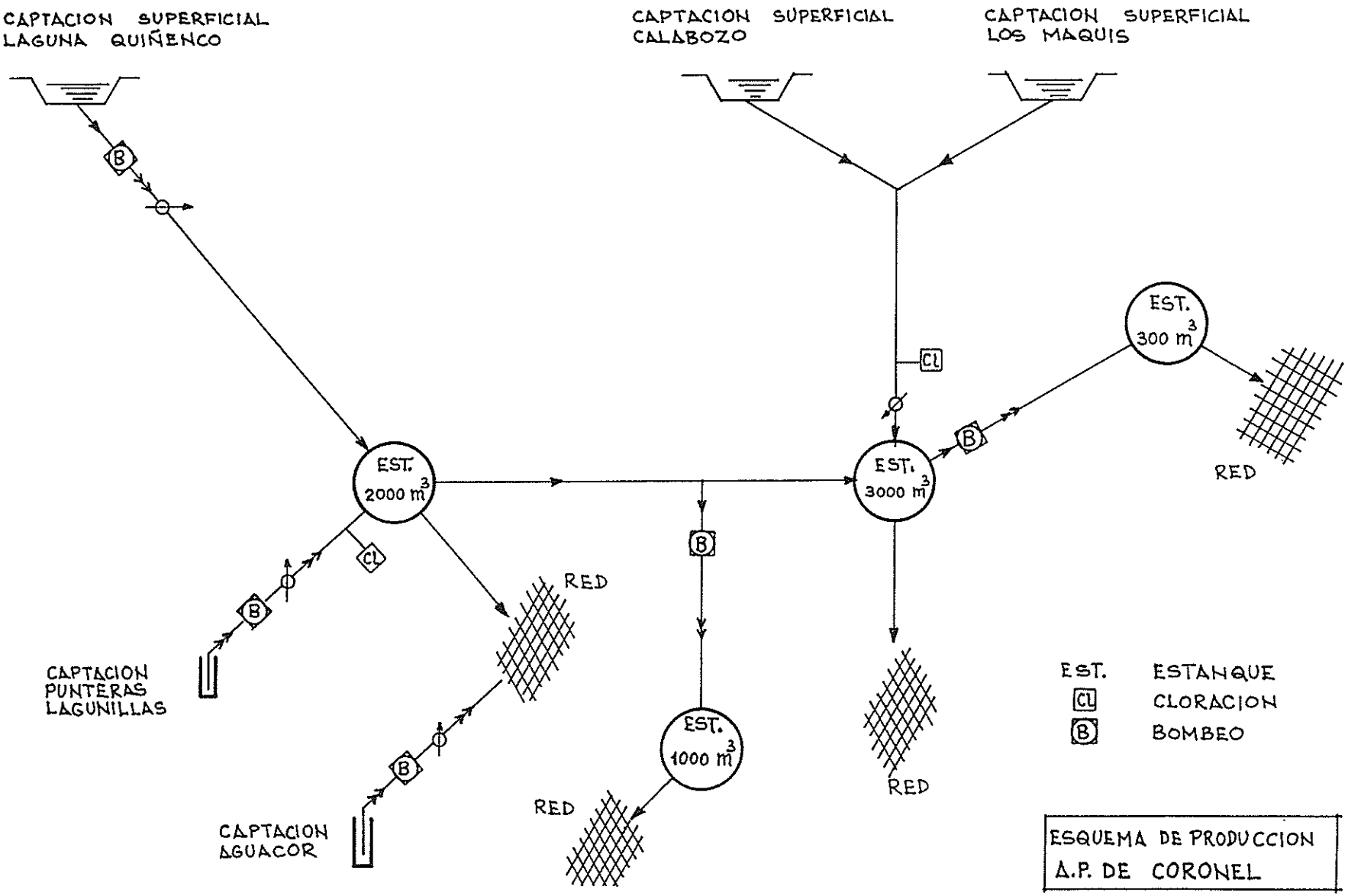
POZO

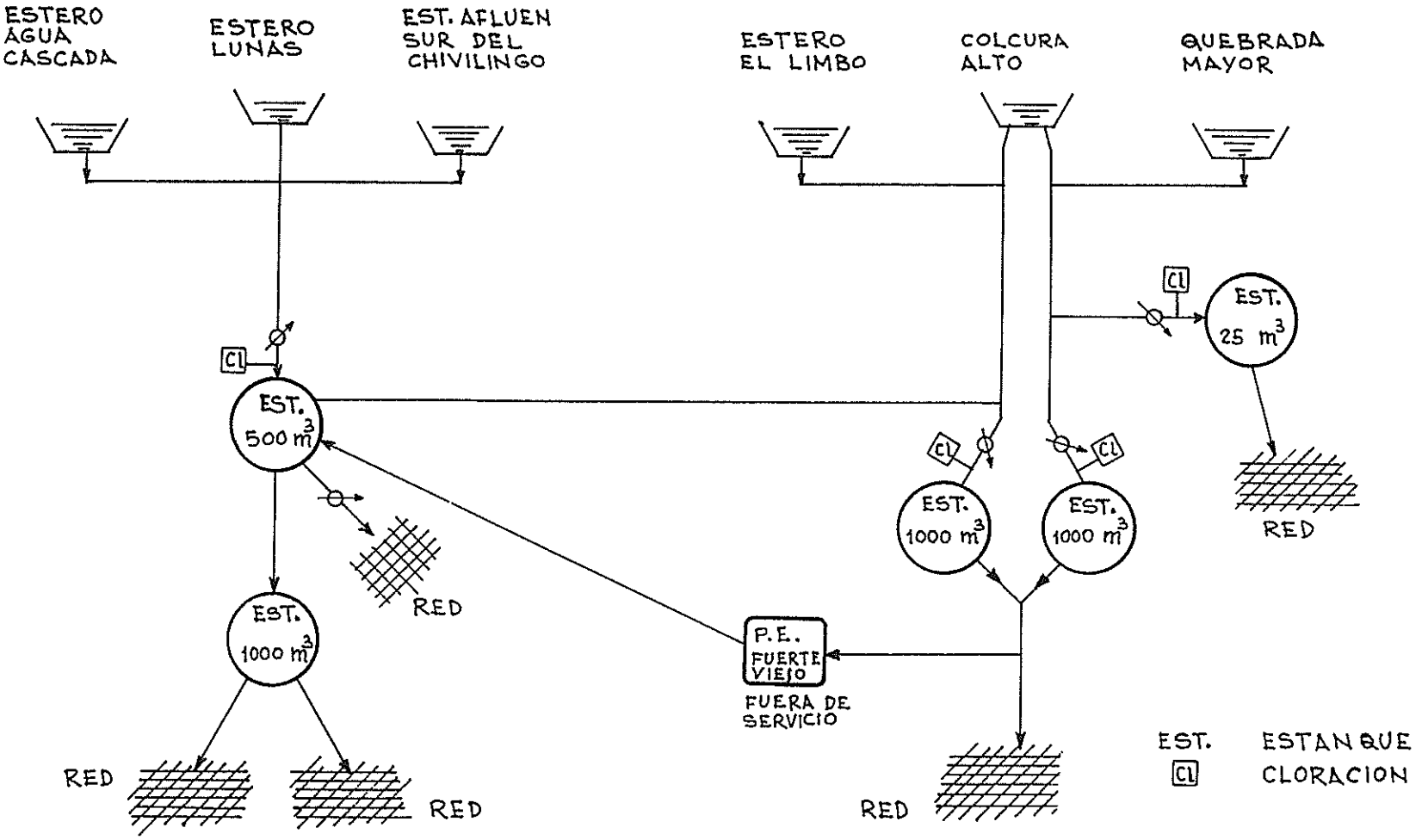
Cl CLORACION

ESQUEMA DE PRODUCCION
A.P. DE CABRERO

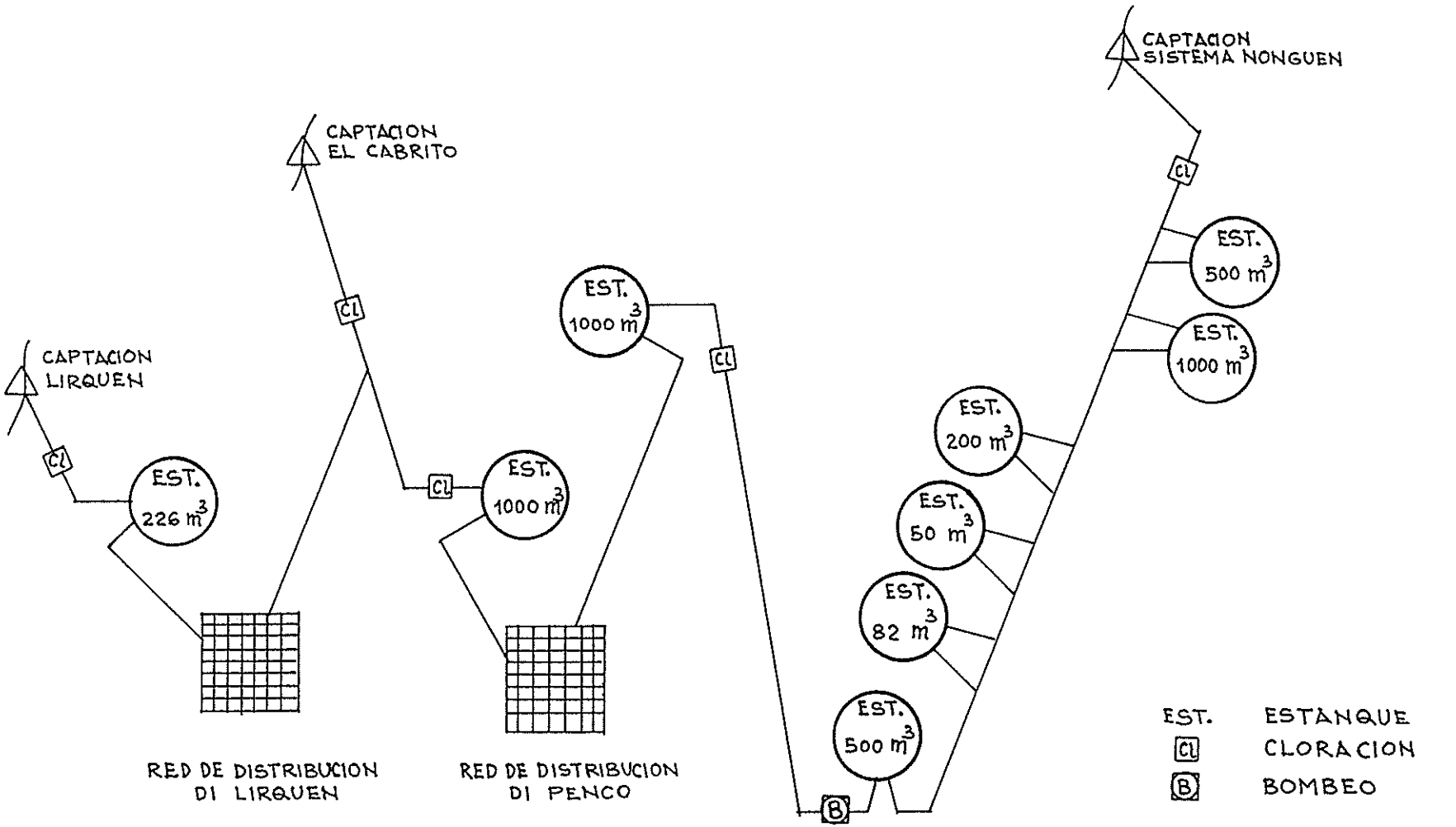


ESQUEMA DE PRODUCCION
A.P. LONQUIMAY


CAPTACION SUPERFICIAL
LAGUNA QUIÑENCO
CAPTACION SUPERFICIAL
CALABOZO
CAPTACION SUPERFICIAL
LOS MAQUIS
B
EST.
2000 m3
CL
RED
CAPTACION
PUNTERAS
LAGUNILLAS
CAPTACION
AGUACOR
EST.
1000 m3
RED
EST.
3000 m3
CL
EST.
300 m3
RED
RED
EST. ESTANQUE
CL CLORACION
B BOMBEO
ESQUEMA DE PRODUCCION
A.P. DE CORONEL



ESQUEMA DE PRODUCCION
A. P. DE LOTA



ESQUEMA DE PRODUCCION
A.P. DE PENCO Y LIRQUEN

ANEXO 5.1.B - Requisitos según normativa NCh.777.Of71 y NCh409.84

1.- Norma NCh777.Of71

Clasificación de la calidad del agua utilizada como fuente de abastecimiento:

Tab. 5.1.1 - CALIDAD DEL AGUA

		BUENA	REGULAR	DEFICIENTE
DBO (5 días)	mg/l			
promedio mensual		0,75-1,5	1,5-2,5	> 2,5
máximo diario		1,0 -3,0		> 4,0
Indice Coli-NMP	100 ml			
promedio mensual		50-100	100-5000	>5000
máximo diario		>100 en 5% muestras	>5000 en 20% muestras	>20000 en5% muestras
Oxígeno disuelto	(mg/l)	4,0 mínimo	4,0 mínimo	< 4,0
saturación	%	≥75	≥60	
pH promedio		6,0-8,5	5,0-9,0	3,8-10,5
Cloruros	(mg/l)	≤50	50-350	>350
Fluoruros	(mg/l)	<1,5	1,5-3,0	>3,0
Compuestos fenólicos	(mg/l)	0	0,005	>0,005
Color	(unidades escala Pt-Co)	0-20	20-150	>150
Turbiedad	(unidades jackson)	0-10	10-250	>250

2.- Norma NCh409.84

Requisitos físicos

El agua potable debe cumplir con los siguientes requisitos físicos indicados en Tab.5.1.2:

Tab. 5.1.2 - Requisitos físicos (*)

REQUISITO	UNIDAD	LIMITE MAXIMO
Turbiedad	Unidades nefelométricas (formazina)	5
Color verdadero	Unidades de la escala platino-cobalto	20
Olor	—	inodora
Sabor	—	insípida

(*) El Ministerio de Salud puede aceptar que no cumplan estos requisitos, siempre que ello no implique un peligro para la salud pública.

Requisitos químicos

El agua potable no debe contener elementos o sustancias químicas en concentraciones totales mayores que las indicadas en Tab.5.1.3:

Tab.5.1.3 - Contenido máximo de elementos y sustancias químicas

SUSTANCIA	EXPRESADO COMO	LIMITE MAXIMO (mg/l)
Amoníaco	N	0,25
Arsénico	As	0,05
Cadmio	Cd	0,01
Cianuro	CN^-	0,2
Cloruros	Cl^-	250(*)
Cobre	Cu	1,0(*)
Compuestos fenólicos	Fenol	0,002
Cromo hexavalente	Cr	0,05
Detergente	SAAM	0,5
Flúor	F^-	1,5
Hierro	Fe	0,3(*)
Magnesio	Mg	125
Manganeso	Mn	0,10(*)
Mercurio	Hg	0,001
Nitratos	N	10(*)
Nitritos	N	1,0
Plomo	Pb	0,05
Residuos sólidos filtrables		1000(*)
Selenio	Se	0,01
Sulfatos	SO^{-2}_4	250(*)
Zinc	Zn	5,0(*)

(*) El Ministerio de Salud puede aceptar un contenido mayor de estas sustancias,
El agua potable debe tener un pH comprendido entre 6,0 y 8,5,

Tab. 5.1.4 - Requisitos radioactivos

ELEMENTO RADIACTIVO	LIMITE MAX. pCi/l (*)
Estroncio 90	10,00
Radium 226	3,00
Actividad Beta total (excluyendo Sr-90, Ra-226 y otros emisores alfa)	1000
Actividad Beta total (incluyendo Sr-90, corregida para el K-40 y otros radioemisores naturales)	50,00
Actividad Alfa total (incluyendo Ra-226 y otros emisores alfa)	15,00

**) 1 pCi = 10^{-12} Ci*

Requisitos Radiactivos

El agua potable no debe contener sustancias radiactivas en concentraciones mayores que las indicadas en Tab.5.1.4:

Requisitos Bacteriológicos

El agua potable debe estar exenta de microorganismos de origen fecal, cuya presencia se establece en base a la determinación de gérmenes del grupo coliforme. Sin embargo, cuando se trate de agua distribuida por redes, se considera como potable desde el punto de vista bacteriológico, a aquella que cumpla simultáneamente con las condiciones que se indican a continuación:

De todas las muestras que se analicen mensualmente en un servicio de agua potable, puede indicar la presencia de gérmenes del grupo coliforme:

LM 10

a) el 10%de las muestras, cuando se haya analizado 10 o más muestras en el mes; y
b) una muestra, cuando se haya analizado menos de 10 muestras en el mes.

LM 1

De todas las muestras que se analicen mensualmente en un servicio de agua potable, puede indicar la presencia de gérmenes del grupo coliforme en una concentración igual o superior a 5 gérmenes por 100 ml:

LM 10

a) el 5% de las muestras, cuando se haya analizado 20 o más muestras en el mes; y
b) una muestra, cuando se haya analizado menos de 20 muestras en el mes.

LM 1

En los puntos correspondientes a muestras que hayan evidenciado la presencia de gérmenes del grupo coliforme, se deben realizar pruebas diarias hasta que, por lo menos en 2 muestras consecutivas, no se detecte la presencia de dichos gérmenes. Estas muestras de repetición se hacen sin perjuicio del programa de muestreo rutinario establecido en la norma NCh409/2 y se incluyen en la evaluación mensual que deben realizar los servicios de agua potable según lo dicho anteriormente.

La determinación de gérmenes del grupo coliforme se debe efectuar por la técnica de tubos múltiples o por la técnica de filtración por membrana, de acuerdo a lo establecido en NCh1620/1 o NCh1620/2, respectivamente.

Desinfección

El agua potable distribuida por redes debe ser sometida a un proceso de desinfección, debiendo existir una concentración residual de desinfectante activo en la red en forma permanente.

En el caso de usar cloro o compuestos clorados como desinfectante, la concentración residual mínima de cloro libre debe ser de 0.20 mg/l en cualquier punto de la red, deteminada en forma clorométrica.
El uso de cualquier otro desinfectante debe ser autorizado por el Ministerio de Salud, el cual debe además establecer la concentración mínima de desinfectante activo residual en la red.
De todas las muestras que se analicen mensualmente en un servicio de agua potable, un número menor o igual al 20% de ellas puede tener una concentración residual de desinfectante activo inferior al mínimo establecido. Pero solamente un 5% de ellas puede tener una concentración residual de 0.0 mg/l.
Cuando la concentración de desinfectante activo residual es inferior al mínimo establecido, deben tomarse muestras diarias adicionales en el mismo punto de la red de distribución, hasta que por lo menos dos muestras consecutivas indiquen que el agua ha alcanzado este nivel. Estas muestras de repetición se hacen sin perjuicio del programa de muestreo rutinario establecido en norma NCh409/2 y se incluyen en la evaluación mensual que deben realizar los servicios de agua potable según el punto 8.3.

Tab.5.1.5 - Contenidos máximos de pesticidas en agua potable.

PESTICIDA NOMBRE TECNICO	LIMITE MAXIMO RECOMENDADO µg/l
DDT	1
Heptaclor	0,1
Heptaclor epóxido	0,1
2,4 D	100
Clordano	0,3
Lindano	3
Metoxiclor	30
Hexaclorobenceno	0,01
Aldrín	0,03
Dieldrín	0,03
Endrín	0,2
Fenoprop (2, 4, 5 TP)	10
Toxafeno (camfeclor)	5

Concentración máxima de pesticidas y triclorometano

Pesticidas

En Tab.5.1.5 se indican las concentraciones máximas de ciertos pesticidas en agua potable.

Triclorometano

La concentración máxima de triclorometano en agua debe ser 0.1 mg/l.

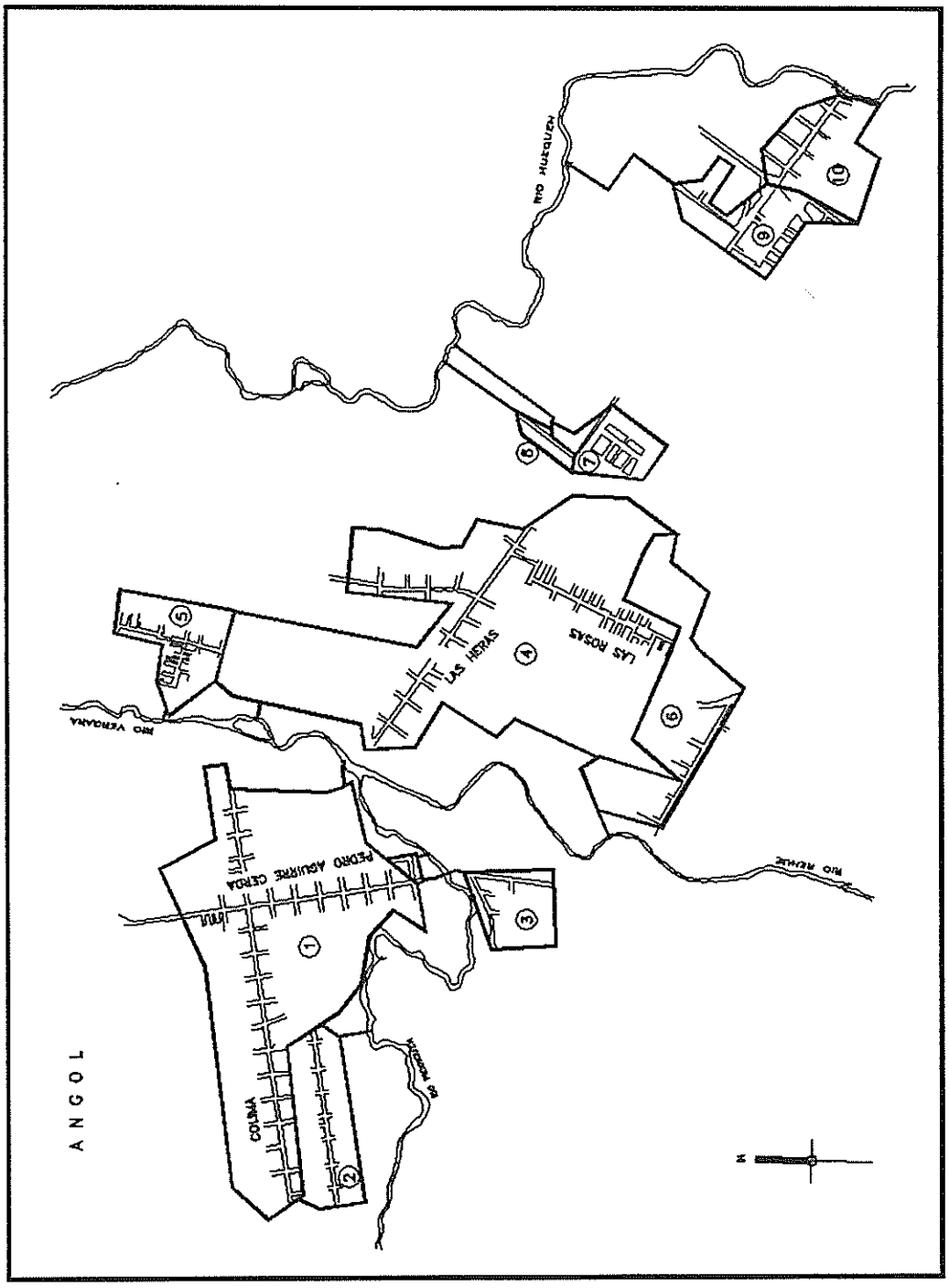
Muestreo

La extracción de muestras para determinar los requisitos establecidos en esta norma, se efectúa de acuerdo a lo señalado en norma NCh409/2.

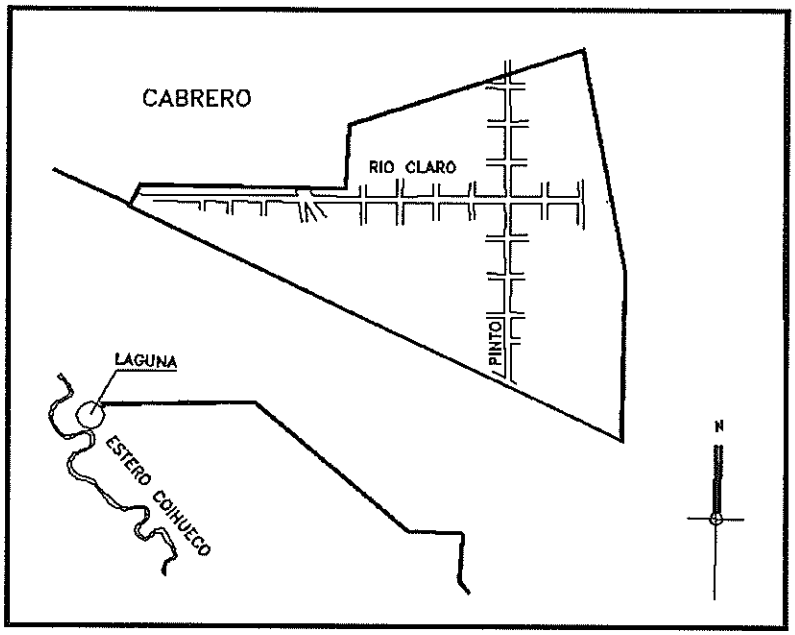
Métodos de ensayo

Cuando no exista norma chilena sobre el método de ensayo para un determinado requisito, se debe usar aquellos métodos señalados en la última edición del Standard Methods for Examination of Water and Wastewater.

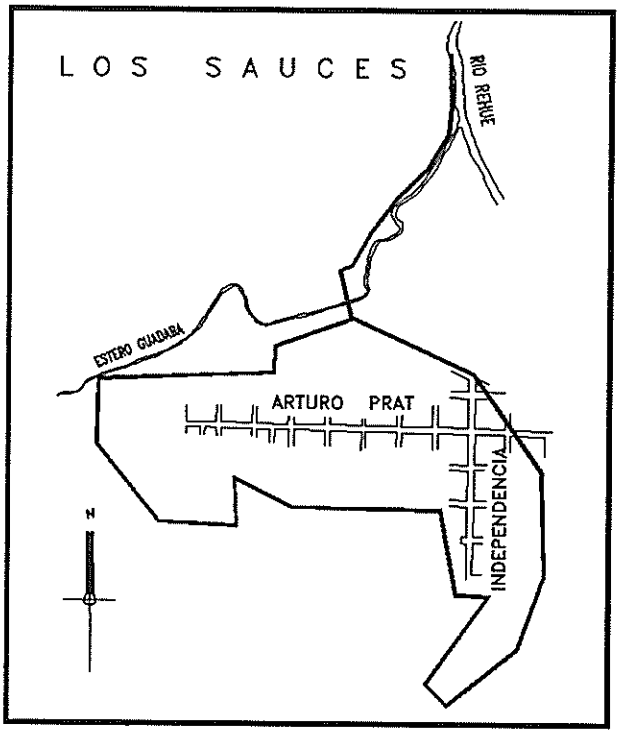
ANEXO 6.1 - Esquemas de las redes de alcantarillado



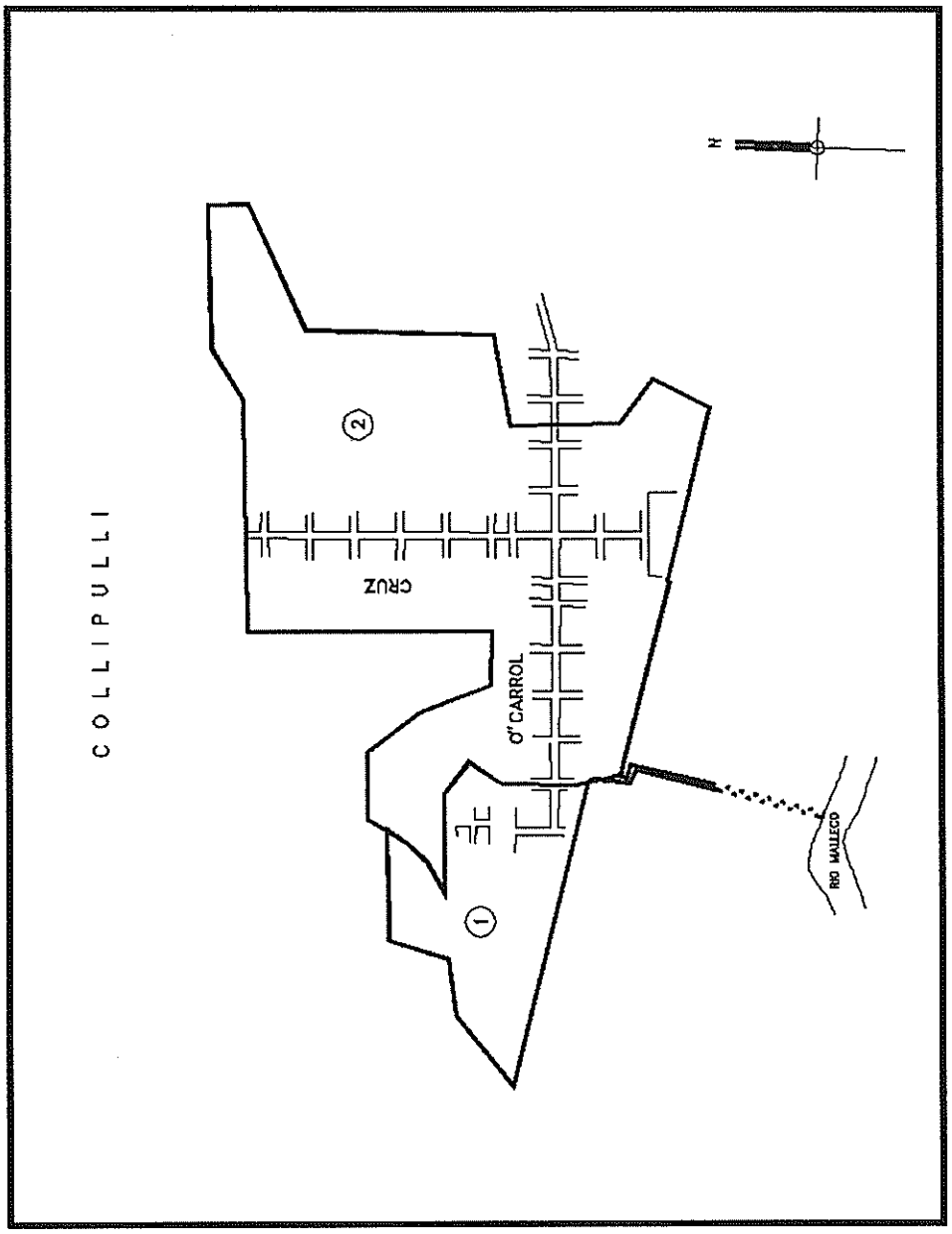
Ane. 6.1.1 - Esquema de la red de alcantarillado de ANGOL, con los emisarios finales y las áreas servidas por cada emisario.



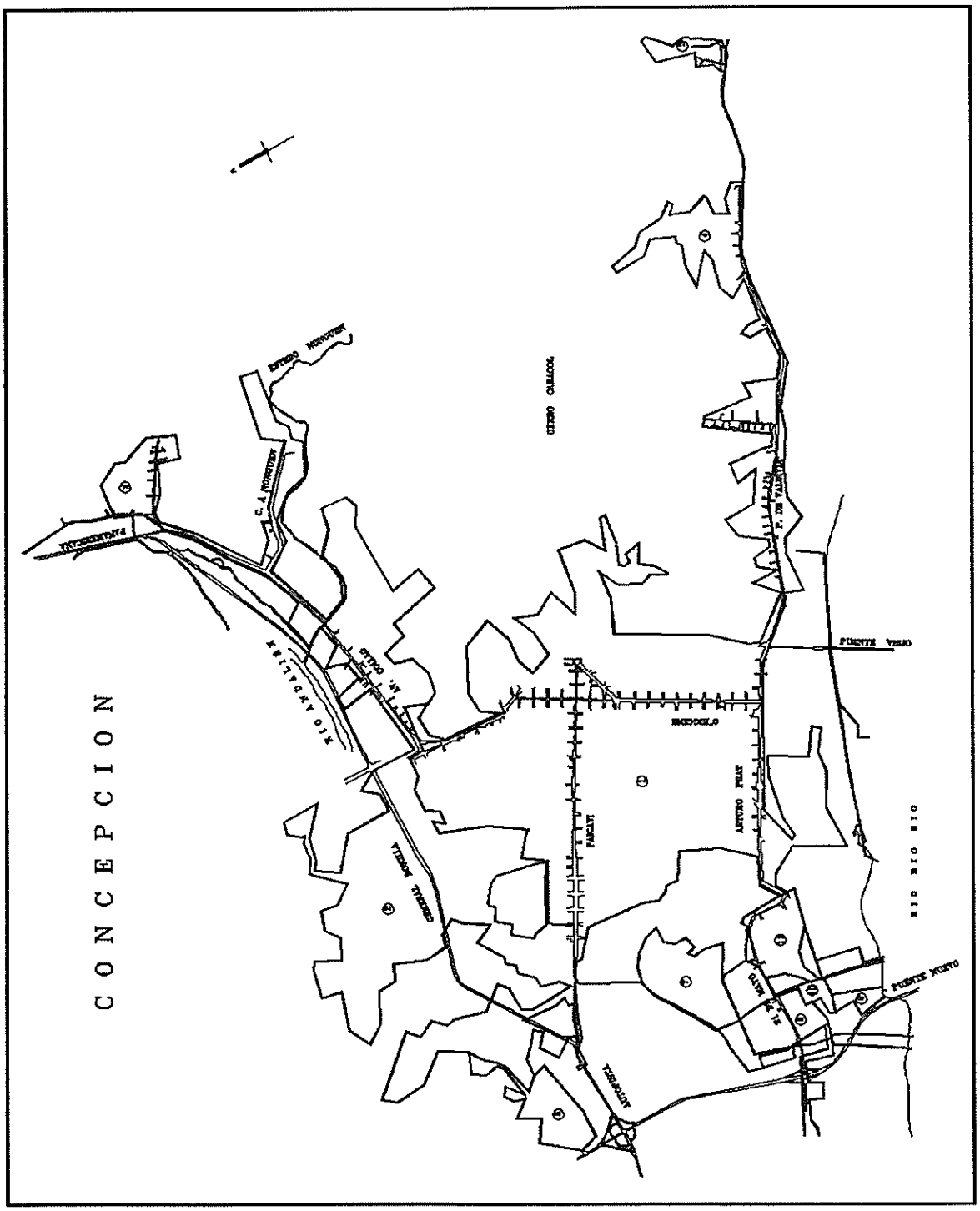
Ane. 6.1.2 - Esquema de la red de alcantarillado de CABRERO, con los emisarios finales y las áreas servidas por cada emisario.



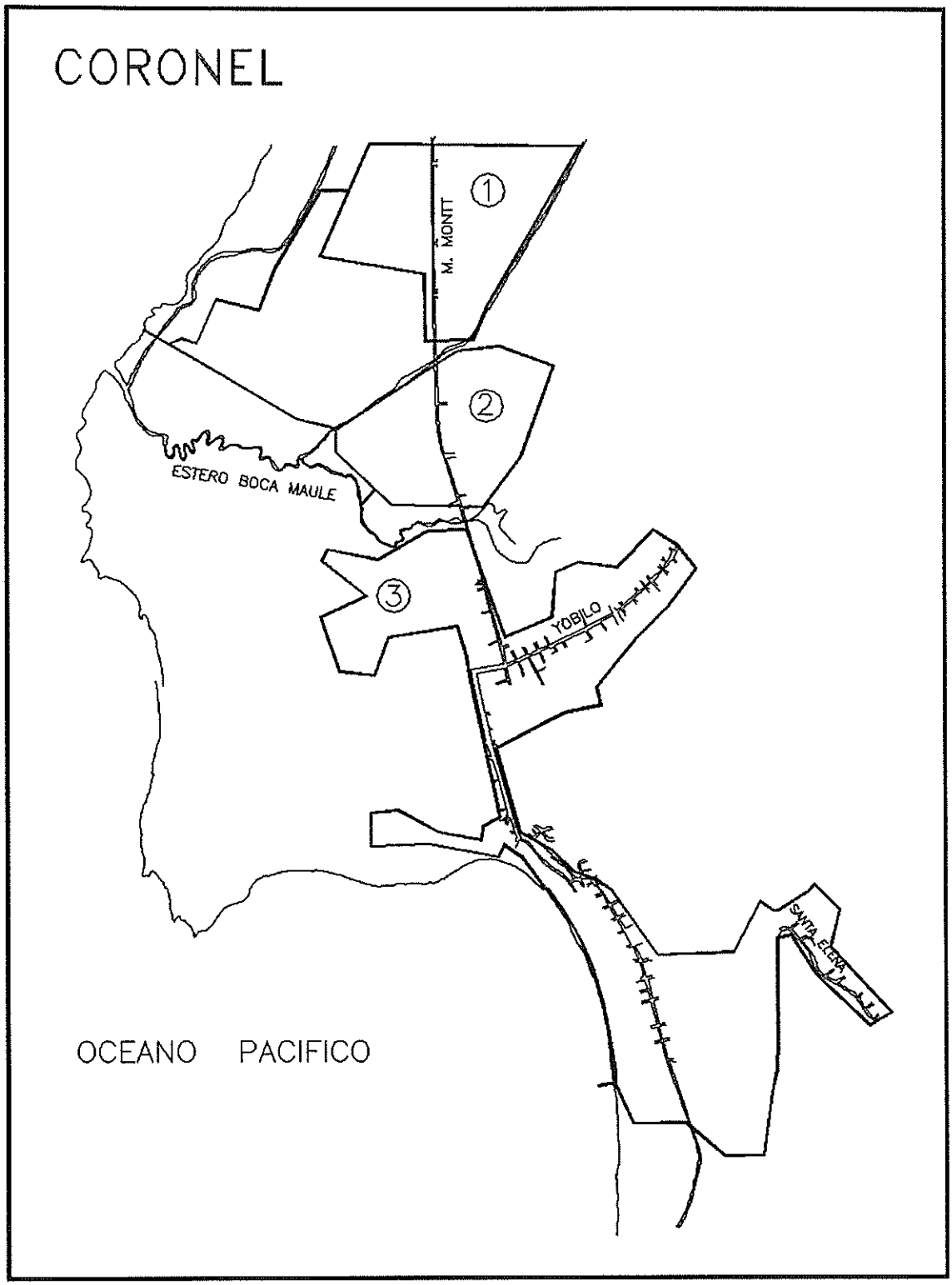
Ane. 6.1.3 - Esquema de la red de alcantarillado de LOS SAUCES, con los emisarios finales y las áreas servidas por cada emisario.



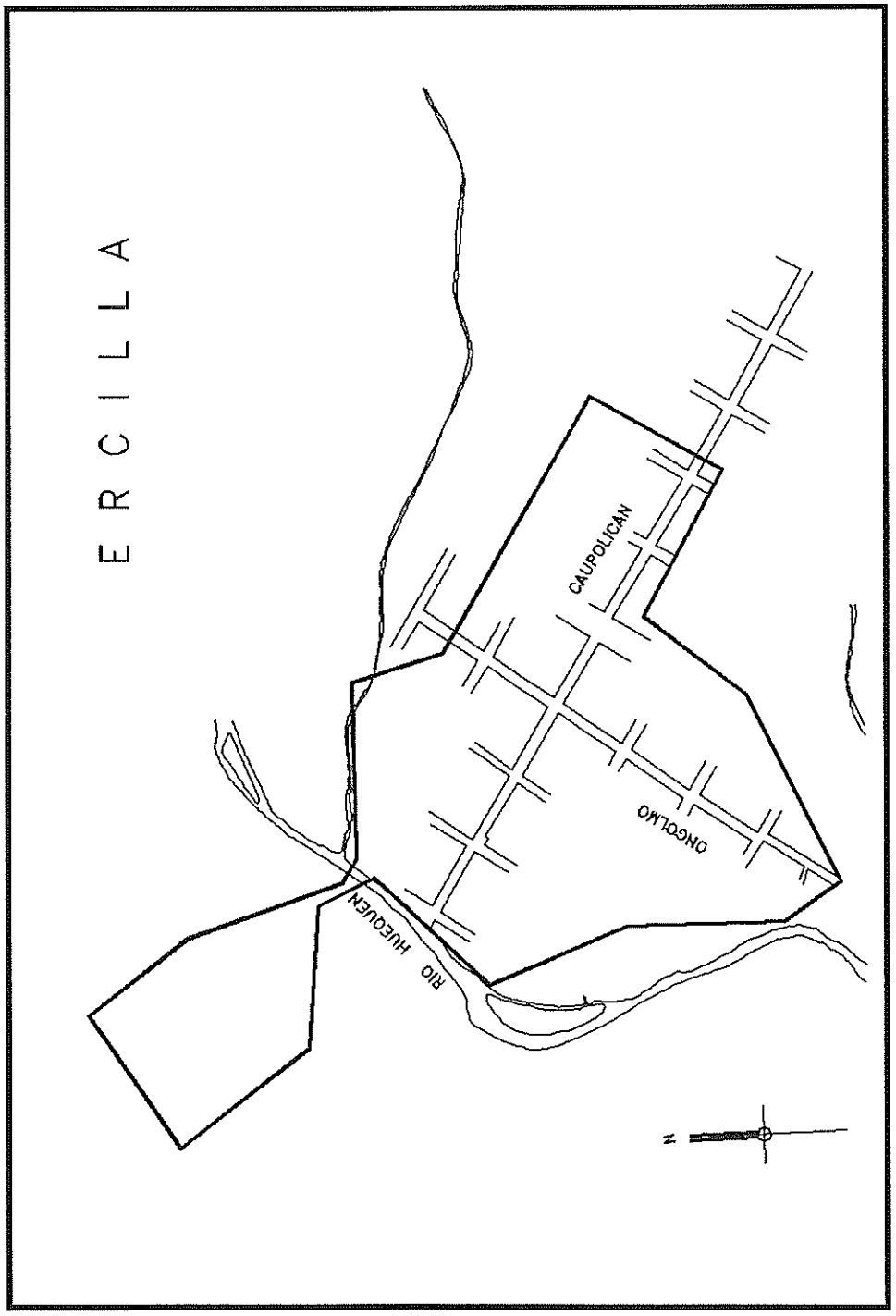
Ane. 6.1.4 - Esquema de la red de alcantarillado de COLLIPULLI, con los emisarios finales y las áreas servidas por cada emisario.



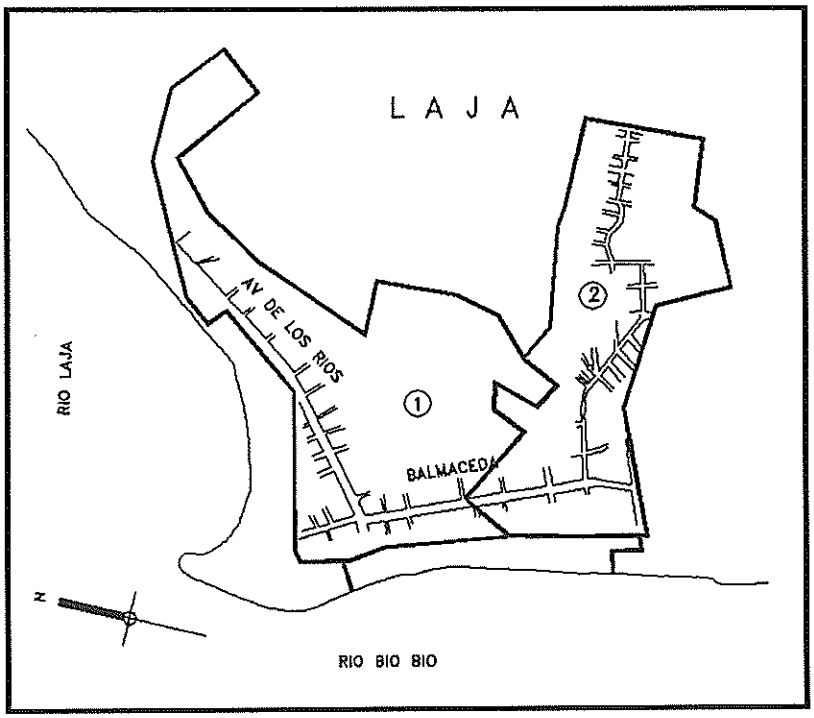
Ane. 6.1.5 - Esquema de la red de alcantarillado de CONCEPCION, con los emisarios finales y las áreas servidas por cada emisario.



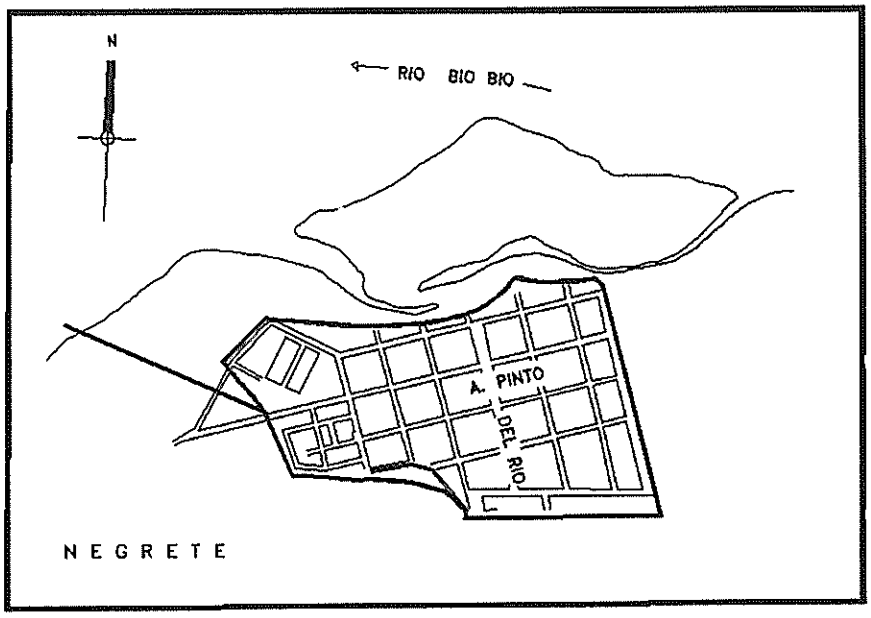
Ane. 6.1.6 - Esquema de la red de alcantarillado de CORONEL, con los emisarios finales y las áreas servidas por cada emisario.



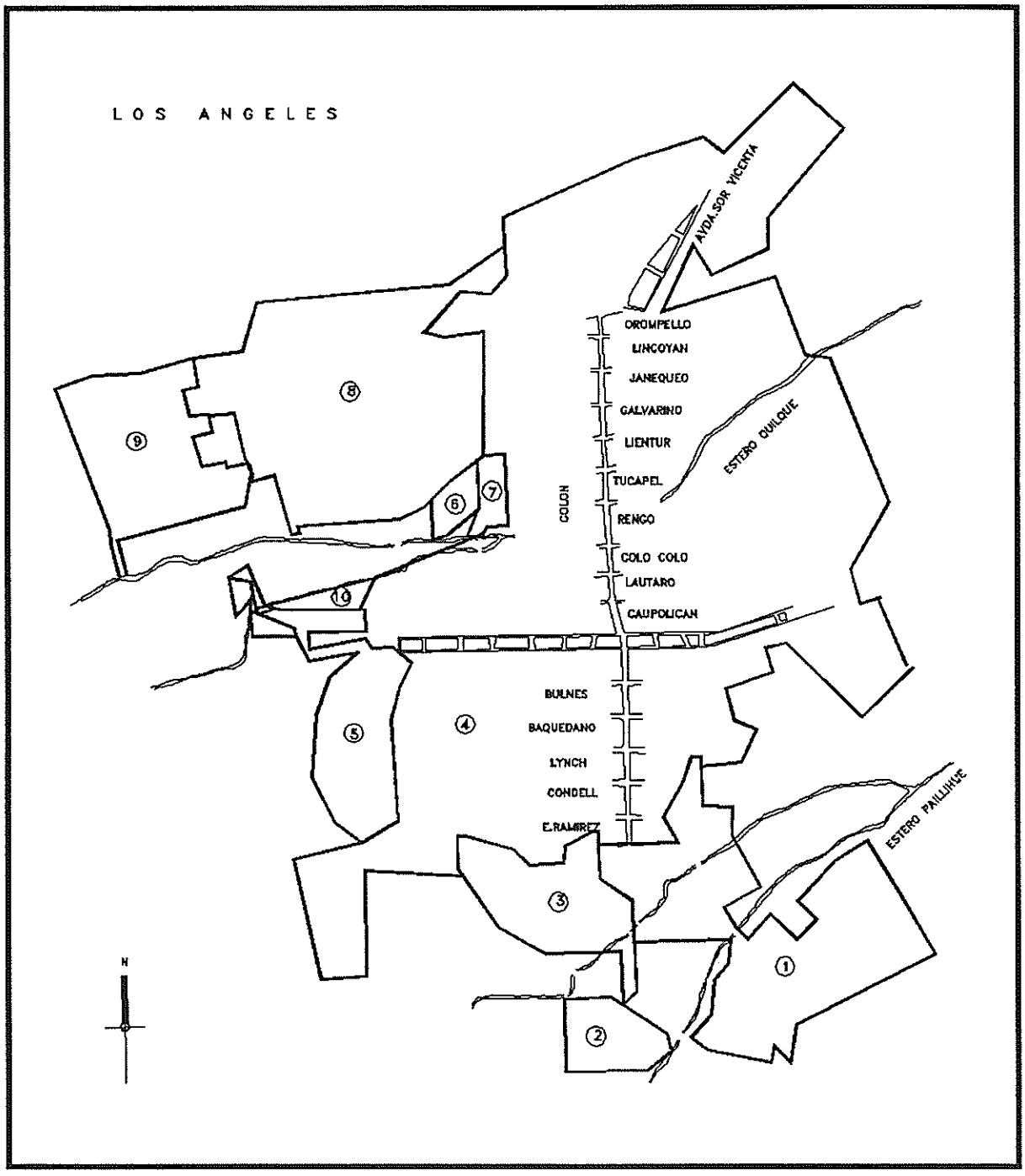
Ane. 6.1.7 - Esquema de la red de alcantarillado de ERCILLA, con los emisarios finales y las áreas servidas por cada emisario.



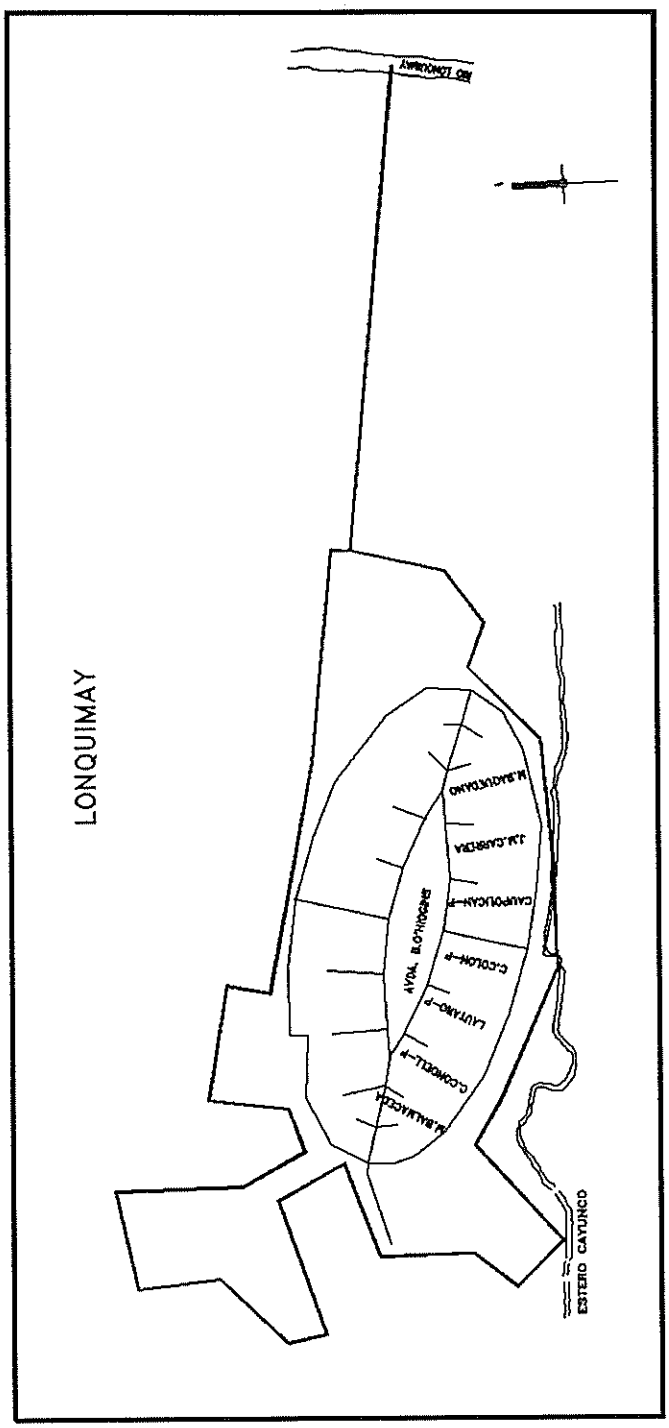
Ane. 6.1.8 - Esquema de la red de alcantarillado de LAJA, con los emisarios finales y las áreas servidas por cada emisario.



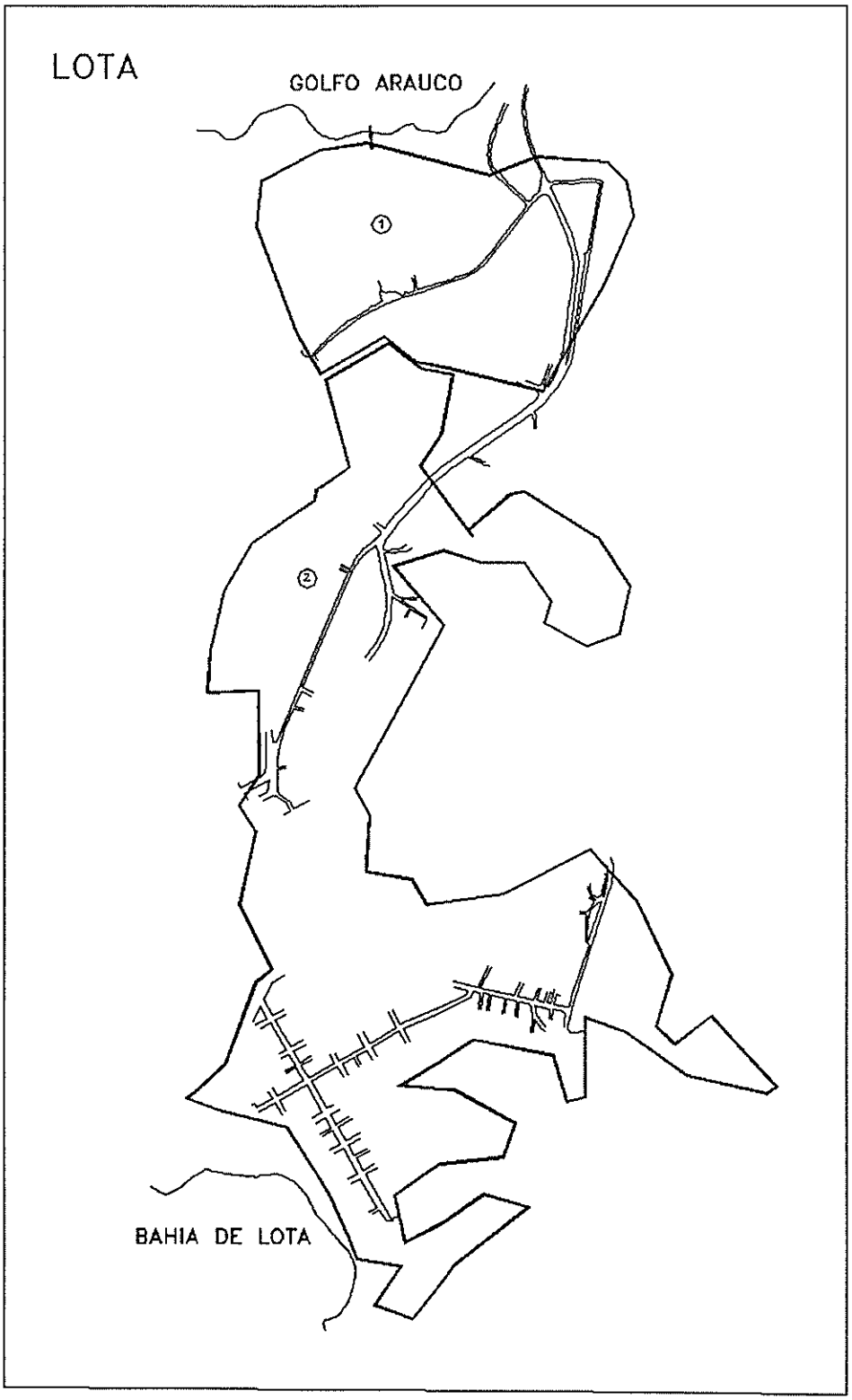
Ane. 6.1.9 - Esquema de la red de alcantarillado de NEGRETE, con los emisarios finales y las áreas servidas por cada emisario.



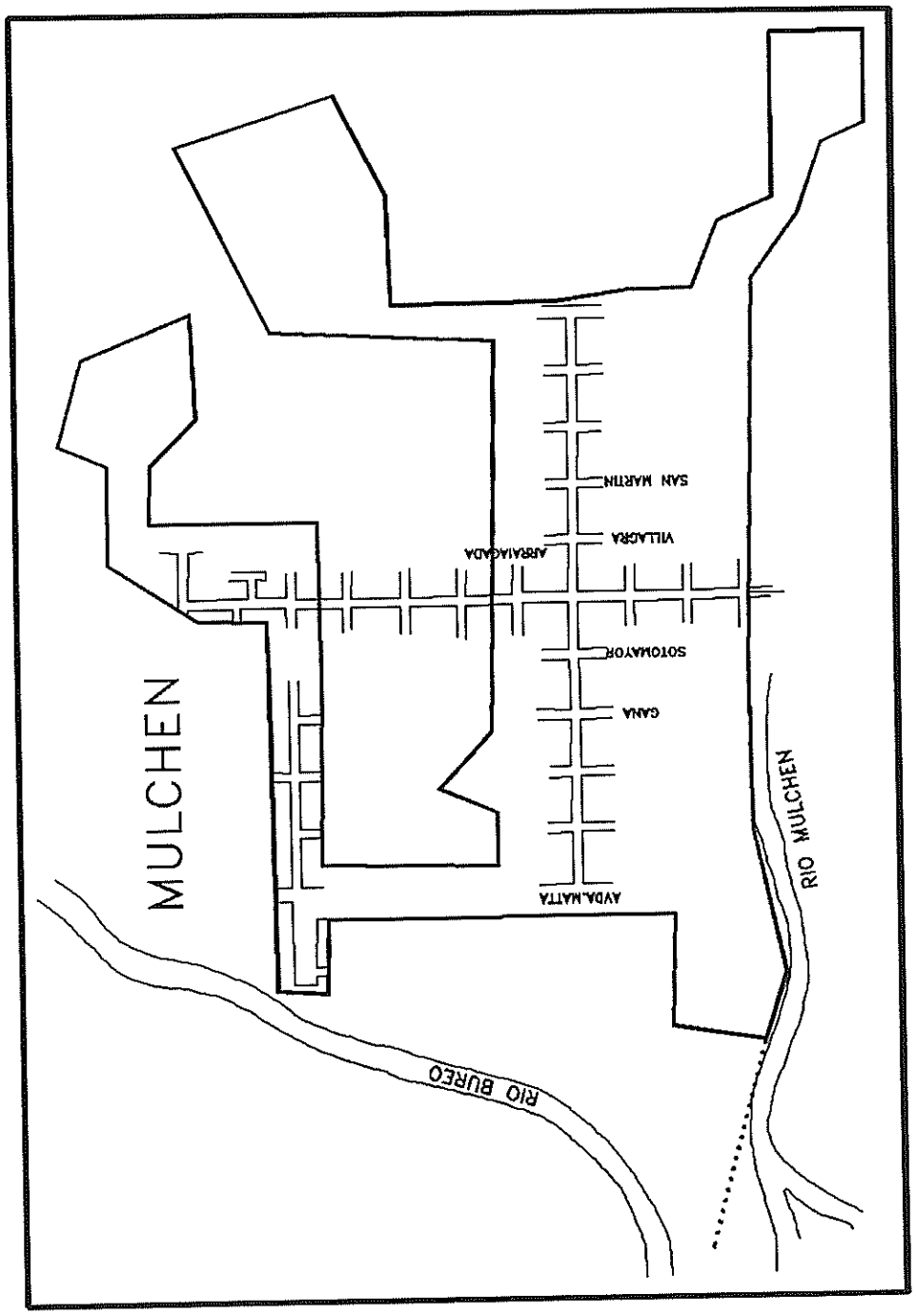
Ane. 6.1.10 - Esquema de la red de alcantarillado de LOS ANGELES, con los emisarios finales y las áreas servidas por cada emisario.



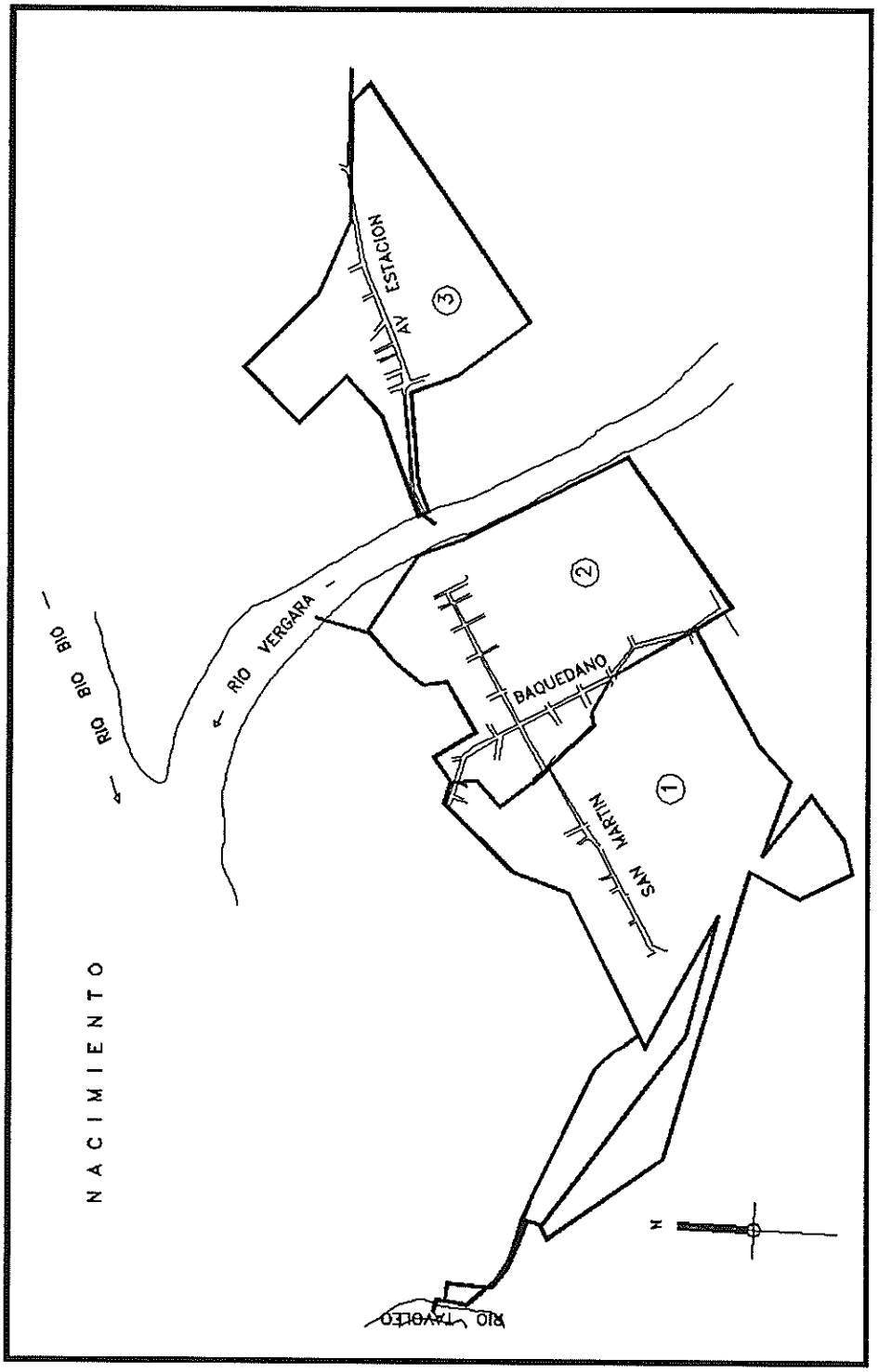
Ane. 6.1.11 - Esquema de la red de alcantarillado de LONQUIMAY, con los emisarios finales y las áreas servidas por cada emisario.



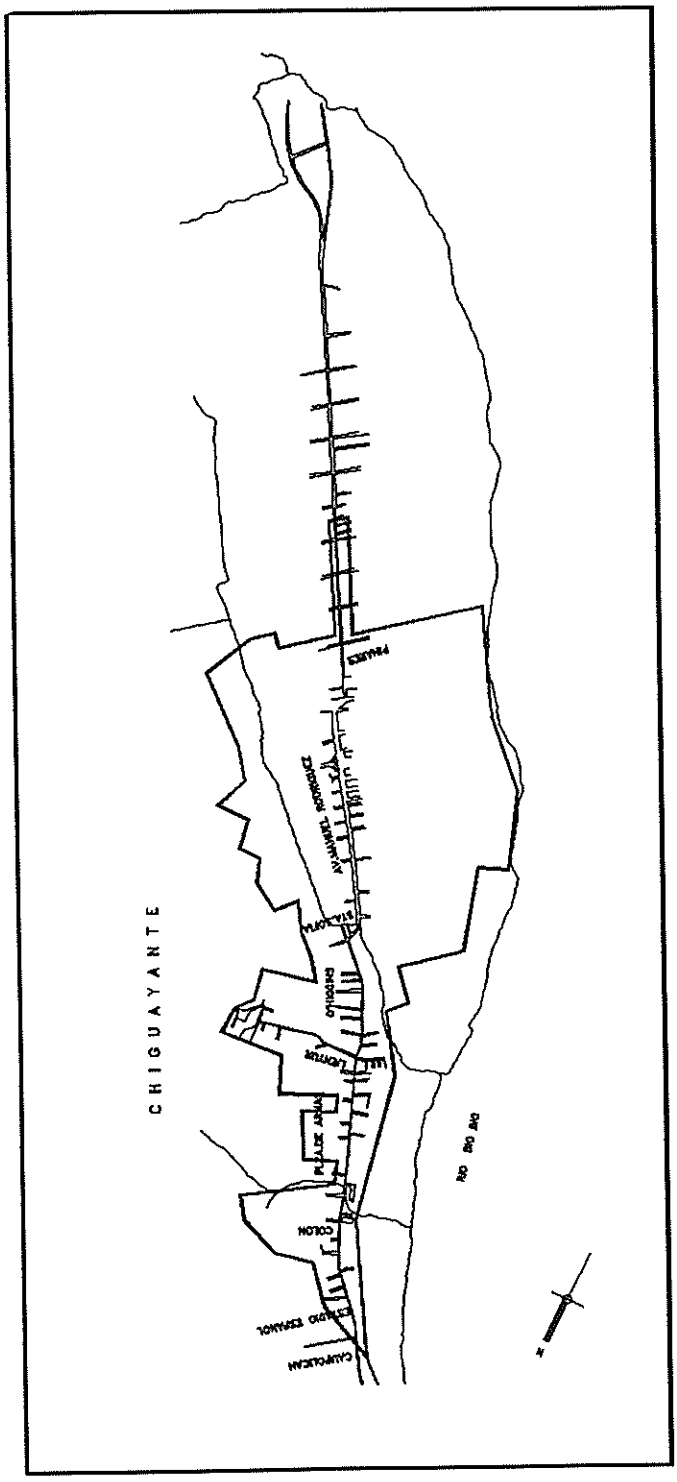
Ane. 6.1.12 - Esquema de la red de alcantarillado de LOTA, con los emisarios finales y las áreas servidas por cada emisario.



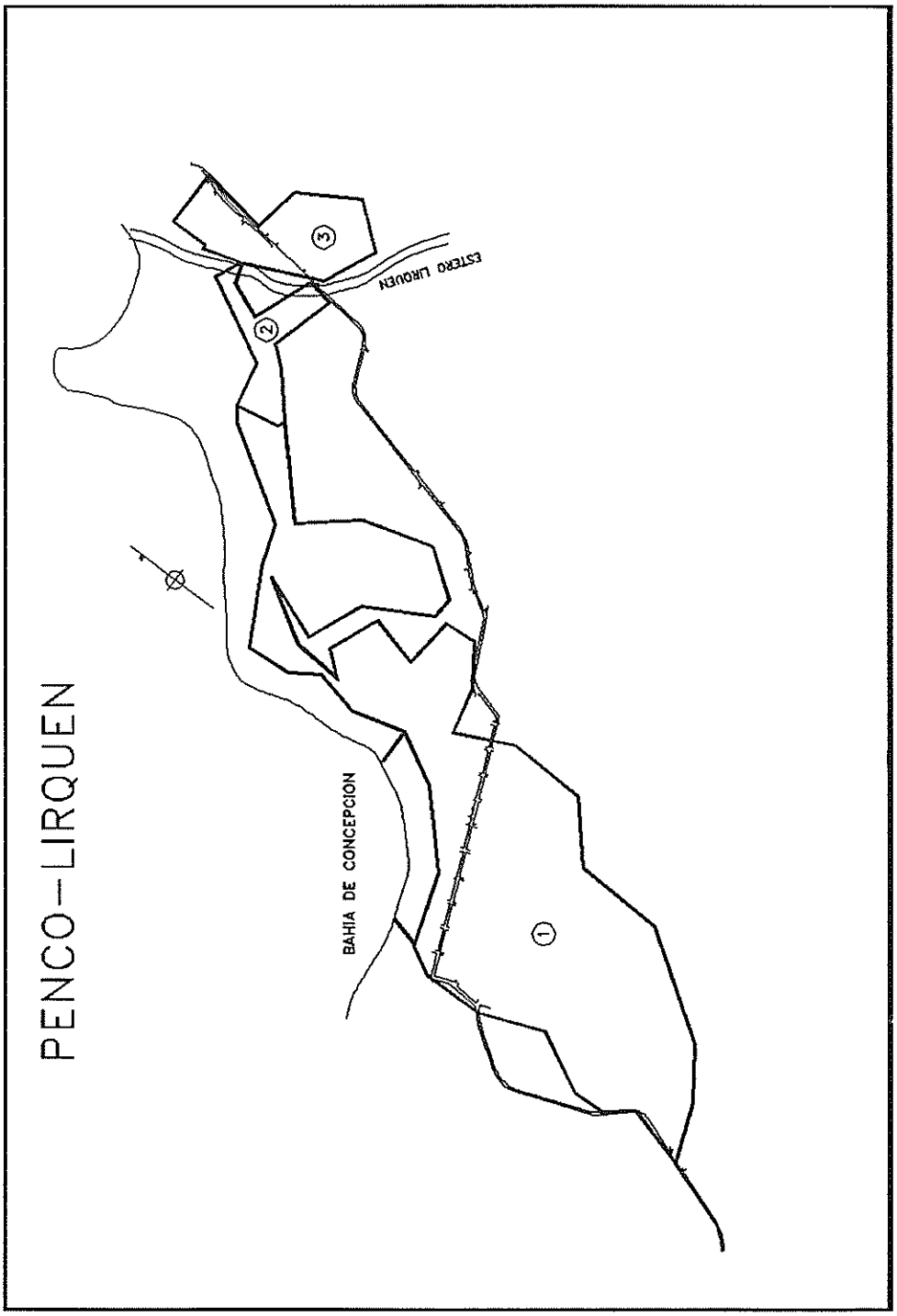
Ane. 6.1.13 - Esquema de la red de alcantarillado de MULCHEN, con los emisarios finales y las áreas servidas por cada emisario.



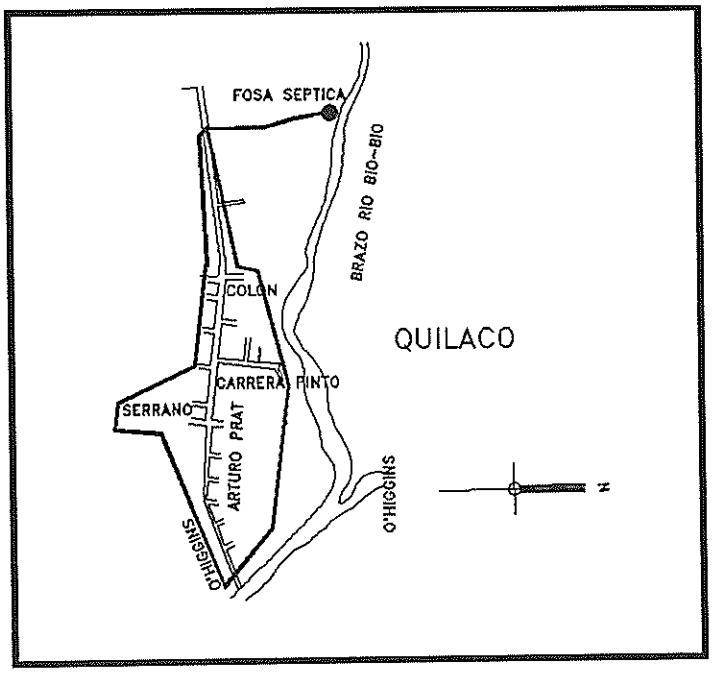
Ane. 6.1.14 - Esquema de la red de alcantarillado de NACIMIENTO, con los emisarios finales y las áreas servidas por cada emisario.



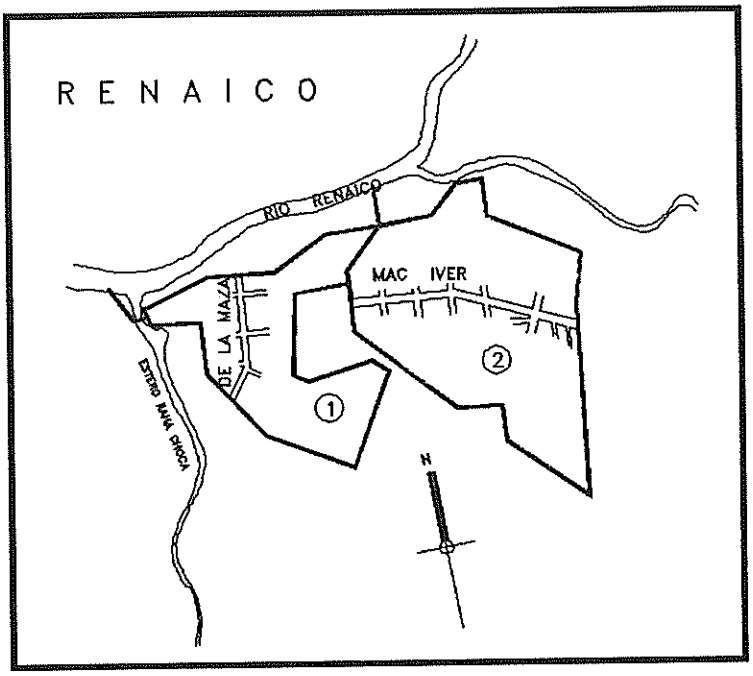
Ane. 6.1.15 - Esquema de la red de alcantarillado de CHIGUAYANTE, con los emisarios finales y las áreas servidas por cada emisario.



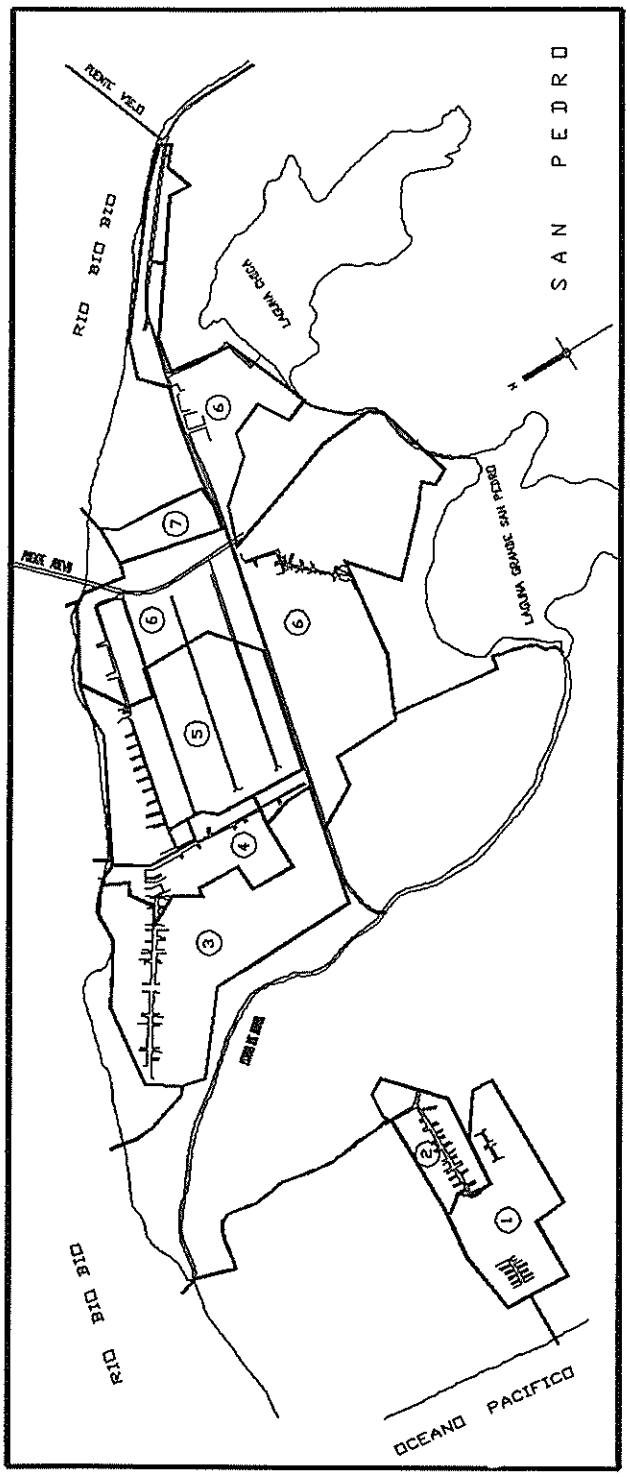
Ane. 6.1.16 - Esquema de la red de alcantarillado de PENCO-LIRQUEN, con los emisarios finales y las áreas servidas por cada emisario.



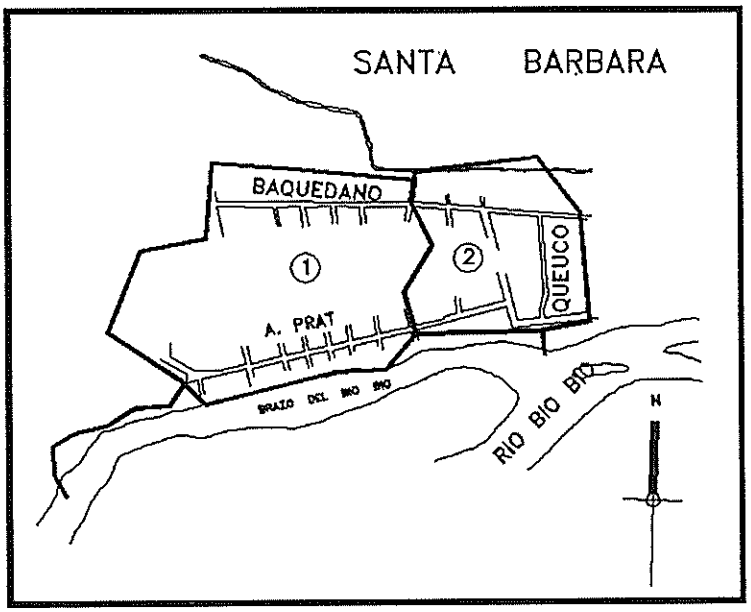
Ane. 6.1.17 - Esquema de la red de alcantarillado de QUILACO, con los emisarios finales y las áreas servidas por cada emisario.



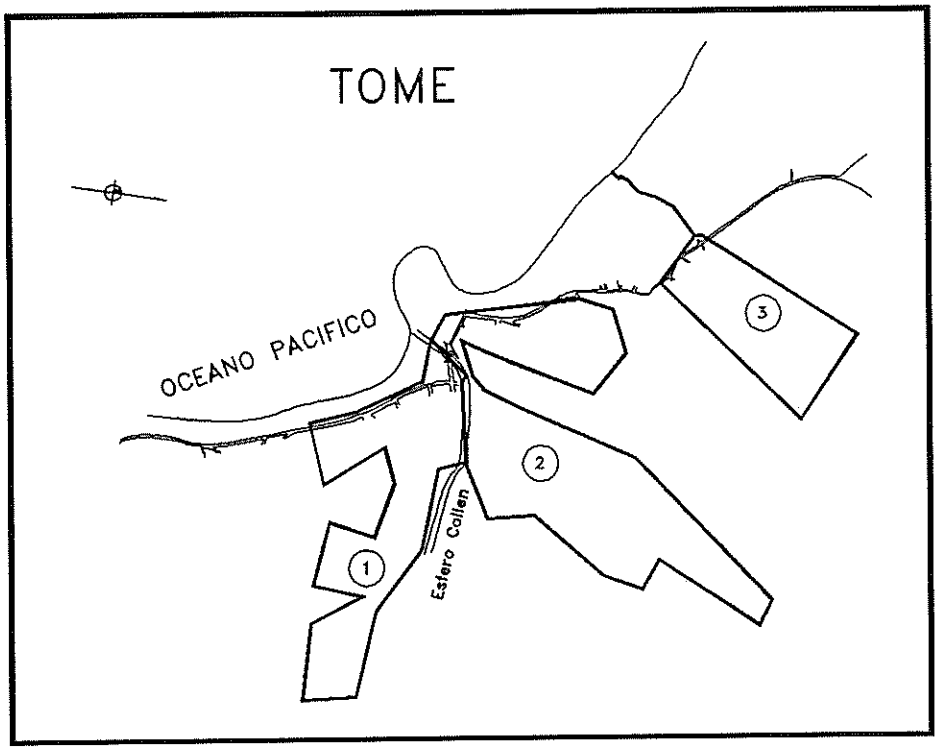
Ane. 6.1.18 - Esquema de la red de alcantarillado de RENAICO, con los emisarios finales y las áreas servidas por cada emisario.



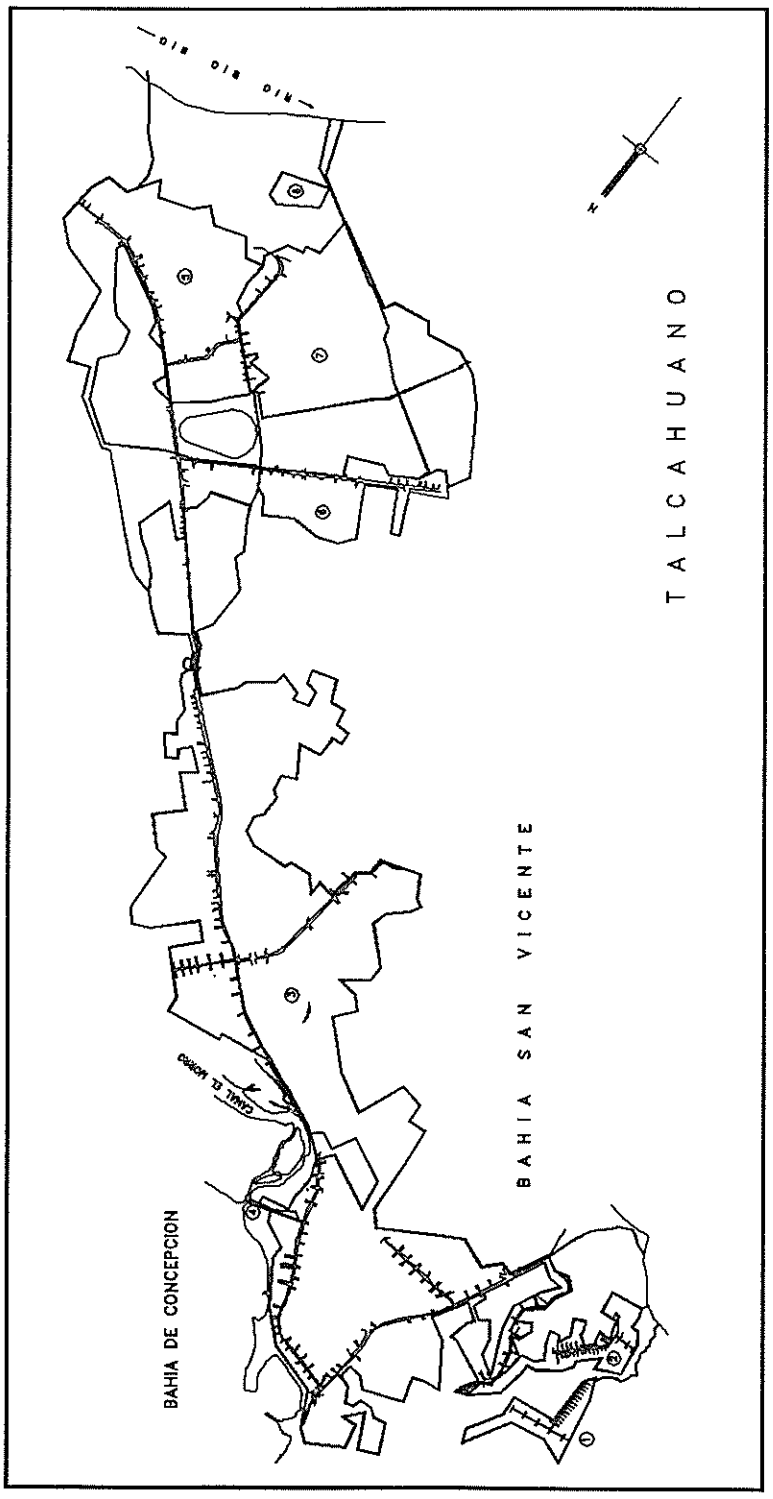
Ane. 6.1.19 - Esquema de la red de alcantarillado de SAN PEDRO, con los emisarios finales y las áreas servidas por cada emisario.



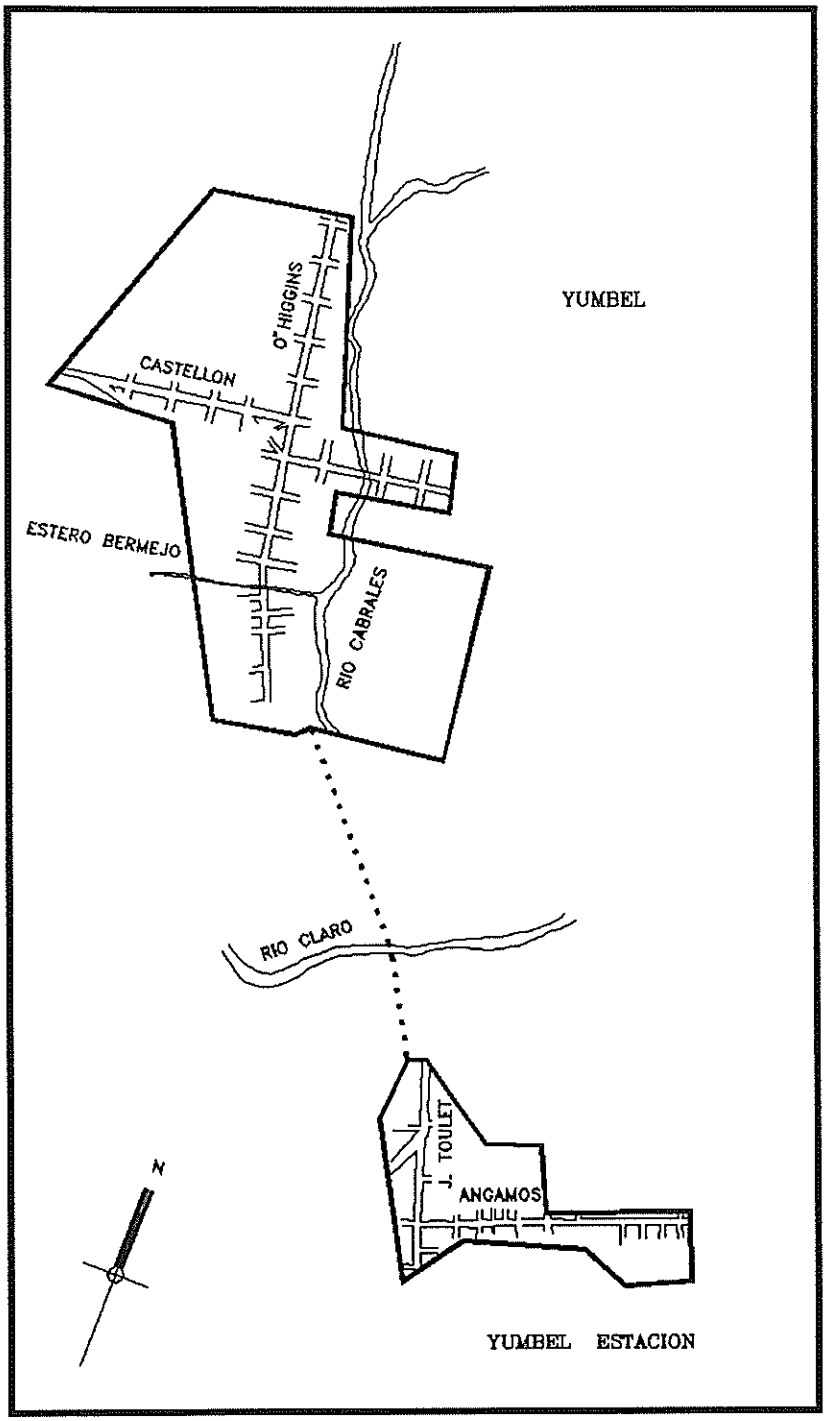
Ane. 6.1.20 - Esquema de la red de alcantarillado de SANTA BARBARA, con los emisarios finales y las áreas servidas por cada emisario.



Ane. 6.1.21 - Esquema de la red de alcantarillado de TOME, con los emisarios finales y las áreas servidas por cada emisario.



Ane. 6.1.22 - Esquema de la red de alcantarillado de TALCAHUANO, con los emisarios finales y las áreas servidas por cada emisario.



Ane. 6.1.23 - Esquema de la red de alcantarillado de YUMBEL y YUMBEL ESTACION, con los emisarios finales y las áreas servidas por cada emisario.

ANEXO 9.1 - Norma CEE 440/75 Clasificación del agua superficial destinada a uso potable

Definición de los procesos de tratamiento tipo que permiten transformar el agua superficial de la categoría A1, A2 y A3 en agua potable

Categoría A1:

- Tratamiento físico simple y desinfección, por ejemplo: filtración rápida y desinfección.

Categoría A2:

- Tratamiento físico y químico normal y desinfección, por ejemplo: precloración, coagulación, floculación, decantación, filtración, desinfección (cloración final).

Categoría A3:

- Tratamiento físico y químico profundo, refinación y desinfección, por ejemplo: cloración al «break point», coagulación, floculación, decantación, filtración, refinación (carbón activado), desinfección (ozono, cloración final).

A continuación se incluye la clasificación del agua superficial destinada a la producción de agua potable.

Parámetros		Unidad	A1 G	A1 I	A2 G	A2 I	A3 G	A3 I
1	pH		6,5-8,5		5,5-9	5,5-9		
2	Color (después filtración simple)	mg/l escala pt	10	20 (O)	50	100 (O)	50	200 (O)
3	Materia total en suspensión	mg/l MES	25					
4	Temperatura	°C	22	25 (O)	22	25 (O)	22	25 (O)
5	Condutibilidad	us/cm-1 a 20°	1000		1000		1000	
6	Olor	(factor de dilucion a 25 °C)	3		10		20	
7	Nitratos	mg/l NO3	25	50 (O)	50 (O)	50 (O)		
8	Fluoruros	mg/l F	0,7/1	1,5	0,7-1,7		0,7-1,7	
9	Cloro orgánico total extraíble	mg/l Cl						
10	Fierro disuelto	mg/l Fe	0,1	0,3	1	2	1	
11	Manganeso	mg/l Mn	0,05		0,11			
12	Cobre	mg/l Cu	0,02	0,05 (O)	0,05		1	
13	Zinc	mg/l Zn	0,5	3	1	5	1	5
14	Boro	mg/l B	1		1		1	
15	Berilio	mg/l Be						
16	Cobalto	mg/l Co						
17	Níquel	mg/l Ni						
18	Vanadio	mg/l V						
19	Arsénico	mg/l As	0,01	0,05		0,05	0,05	0,1
20	Cadmio	mg/l Cd	0,001	0,005	0,001	0,005	0,001	0,005
21	Cromo total	mg/l Cr		0,05		0,05		0,05
22	Plomo	mg/l Pb		0,05		0,05		0,05
23	Selenio	mg/l Se		0,01		0,01		0,01
24	Mercurio	mg/l Hg	0,0005	0,001	0,0005	0,001	0,0005	0,001
25	Bario	mg/l Ba		0,1		0,1		1
26	Cianuro	mg/l Cn		0,05		0,05		0,05
27	Sulfatos	mg/l SO4	150	250	150	250 (O)	150	250 (O)
28	Cloruros	mg/l Cl	200		200		200	
29	Tensioactivos (que reaccionan con el azul de metileno)	mg/l (sulfato de lauril)	0,2		0,2		0,5	
30	Fosfatos	mg/l P2O5	0,4		0,7		0,7	
31	Fenoles (índice fenoles)para nitroanilina, 4 aminoantipirina	mg/l C6H5OH		0,001	0,001	0,005	0,01	0,1

(Continúa)

Parámetros		Unidad	A1 G	A1 I	A2 G	A2 I	A3 G	A3 I
32	Hidrocarburos disueltos o emulsionados (después extracción mediante éter de petroleo)	mg/l		0,05		0,2	0,5	1
33	Carburos aromáticos policíclicos	mg/l		0,0002		0,0002		0,001
34	Antiparasitarios - totales (paration, HCH, dieldrina)	mg/l		0,001		0,0025		0,005
35	Demanda química oxígeno (DQO)	mg/l O2					30	
36	Tasa de saturación de oxígeno disuelto	% O2	> 70		> 50		> 30	
37	A 20 °C sin nitrificacion Demanda bioquímica oxígeno (DBO5)	mg/l O2	< 3		< 5		< 7	
38	Nitrógeno kjekdahl (salvo NO3)	mg/l N	1		2		3	
39	Amoniaco	mg/l HN4	0,05		1	1,5	2	4 (O)
40	Sustancias extraíbles al cloroformo	mg/l SEC	0,1		0,2		0,5	
41	Carbono orgánico total	mg/l C						
42	Carbono orgánico residual después floculación y filtración sobre membrana (5 u) TOC	mg/l C						
43	Coliformes totales 37 °C	/100 ml	50		5000		50000	
44	Coliformes fecales	/100 ml	20		2000		20000	
45	Streptococos fecales	/100 ml	20		1000		10000	
46	Salmonela	/100	mlausencia 5000 ml		enausencia en 1000 ml			

I = imperativo G = guia O = circunstancias climáticas o geográficas excepcionales

ANEXO 10.2.A - Constituyentes y características no deseadas de las aguas y tratamientos disponibles

* CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS

Color	
Problemas	**Tratamientos**
El agua puede causar manchas y/o ser de aspecto desagradable.	coagulación + floculación + sedimentación + filtración a través de arena;
	filtración rápida + coagulación + cloración + carbón activado.

Nota: La primera solución se adopta cuando el color se debe a la presencia de sustancias suspendidas o coloidales; en el caso de sustancias disueltas es aconsejable sobretodo el empleo de carbón activado con lo que se puede reducir a cero el color.

Olor	
Problemas	**Tratamientos**
El agua puede resultar no bebible.	stripping;
	empleo de carbón activado (en polvo o granular).

Nota: La elección de la solución depende de la sustancia que causa el olor.

Sabor	
Problemas	**Tratamientos**
El agua puede resultar no bebible.	empleo de carbón activado (en polvo o granular);
	cloración (con sales de cloro);
	ozonización;
	tratamiento con permanganato de potasio.

Nota: La utilización del permanganato de potasio es más conveniente en caso de aguas duras.

Turbiedad	
Problemas	**Tratamientos**
Puede arruinar eventuales aparatos en movimiento.	coagulación, floculación, sedimentación, filtración a través de arena.

Nota: Sólo los filtros rápidos permiten una reducción del 90% de la turbiedad; sólo los filtros lentos permiten una reducción del 95-100%.

* CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

Dureza	
Problemas	**Tratamientos**
Puede arruinar los tejidos durante el lavado; problemas de abrasión.	tratamiento con cal-soda (dosificación de reactivo, precipitación sales insolubles, sedimentación, filtración, recarbonatación);
	intercambio iónico.

Nota: El mayor problema de las resinas a intercambio iónico está dado por el destino de los líquidos del proceso; como consecuencia del proceso se tiene un aumento del contenido de sodio por vía del intercambio con el Ca y Mg removidos.

Agresividad	
Problemas	**Tratamientos**
Corrosión de las tuberías.	tratamiento con reactivos básicos (por adición o filtración).

Fierro	
Problemas	**Tratamientos**
Depósitos indeseados.	aireación (a veces precedida de pre-cloración), sedimentación (para elevadas cantidades de fierro), filtración;
	paso a través de productos catalizadores (a veces con empleo de permanganato de potasio).

Nota: La sola aireación permite una remoción del fiero soluble superior al 80%. Con los productos catalizadores se pueden alcanzar rendimientos del 90%.

Manganeso	
Problemas	**Tratamientos**
Depósitos indeseados.	oxidación energética (bióxido de cloro, permanganato de potasio, ozono), filtración;
	paso a través de productos catalizadores.

Sulfatos y cloruros	
Problemas	**Tratamientos**
En cantidad elevada pueden crear problemas de salud.	desalación por electrodiálisis;
	osmosis inversa;
	destilación.

Nota: Las plantas a electrodiálisis están prácticamente fuera de mercado, debido a los notables progresos logrados en el campo de la osmosis inversa.

Sulfuros	
Problemas	**Tratamientos**
En cantidad elevada el agua toma un sabor desagradable de beber.	stripping.

Fluor	
Problemas	**Tratamientos**
En cantidad excesiva causa daños a los huesos y a los dientes.	tratamiento con fosfato tricálcico;
	filtración a través de alúmina activada;
	tratamiento con cal (si el magnesio está presente en dosis importantes);
	filtración con carbón activado.

Fenoles y compuestos fenólicos	
Problemas	**Tratamientos**
Riesgos para la salud.	ozonización;
	empleo de carbón activado;

Nota: El carbón activado se usa en polvo por adición directa en el agua o en forma granular para filtración con reducción más avanzada.

Detergentes	
Problemas	**Tratamientos**
Riesgos para la salud.	aireación;
	ozonización;
	empleo de carbón activado;

Nota: El carbón activado se usa en polvo por adición directa en el agua o granular para filtración cuando se encuentran proporciones elevadas de detergentes.

Pesticidas	
Problemas	**Tratamientos**
Riesgos para la salud.	oxidación;
	empleo de carbón activado.

Nota: Sólo la oxidación no siempre es suficiente. El carbón activado se usa en granos para filtración; en polvo para adición directa.

Hidrocarburos	
Problemas	**Tratamientos**
Riesgos para la salud.	empleo de carbón activado.

Nota: El carbón activado se usa en polvo por adición directa; en granos para filtración; de las dos maneras, sucesivamente, para reducción más avanzada.

Sustancias orgánicas	
Problemas	**Tratamientos**
Algunas sustancias pueden ser cancerígenas.	oxidación (eliminación 10-30%);
	coagulación, floculación, sedimentación + empleo de carbón activado en polvo o granos.

Nota: Con la oxidación se obtiene una eliminación hasta del 30%. Con la segunda solución se obtiene una reducción del 75-95% .

Amoniaco	
Problemas	**Tratamientos**
Es tóxico sobre ciertas concentraciones.	cloración con formación de cloraminas;
	proceso de nitrificación;
	stripping.

Nota: Si el amoniaco está presente en pequeñas concentraciones, se puede usar la cloración con formación de cloraminas.

Nitritos	
Problemas	**Tratamientos**
	cloración;
	ozonización con transformación en nitratos.

Nitratos	
Problemas	**Tratamientos**
	proceso de denitrificación.

CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS

Algas	
Problemas	**Tratamientos**
	empleo de sulfato de cobre, cloro, cloraminas, cloro-cobre.

Plancton	
Problemas	**Tratamientos**
	microseparación;
	oxidación (cloro, bióxido de cloro, ozono), con posterior remoción de los organismos muertos;
	precloración, coagulación, sedimentación, filtración (este tratamiento permite una eliminación avanzada).

CARACTERÍSTICAS BACTERIOLÓGICAS

Microrganismos	
Problemas	**Tratamientos**
Pueden causar enfermedades y desórdenes intestinales incluso graves.	cloración;
	cloración (con formación de cloraminas);
	ozonización.

ANEXO 10.2.B - Características del abastecimiento potable de localidades con problemas secundarios

SANTA JUANA

Su fuente de abastecimiento es subterránea, consiste en punteras ubicadas en el lecho del río Biobío. Según ESSBIO actualmente funciona a su capacidad máxima. El agua es desinfectada antes de entrar a la red de distribución.

Ocasionalmente presenta contenidos de hierro que sobrepasan la norma NCh409/1.Of84. No presenta problemas bacteriológicos.
La producción actual de agua potable es 9 l/s, el déficit a satisfacer en el largo plazo se ha estimado de 38 l/s.

LAJA

Se abastece subterráneamente a través de un sistema de punteras en el río Laja, antes de su confluencia con el río Biobío. Este sistema, según ESSBIO, funciona actualmente a su capacidad máxima. Los sondajes que existían en la zona han quedado fuera de servicio por problemas de calidad, sólo uno de ellos funciona en casos de emergencia proporcionando cerca de 10 l/s. El agua es desinfectada antes de ingresar a la red.

No se detectan problemas en la calidad de las aguas captadas.

Actualmente Laja tiene una producción de 43 l/s, el déficit estimado para el largo plazo alcanza a 48 l/s.

YUMBEL

Su fuente de abastecimiento es subterránea; la constituyen sondajes ubicados en la ribera del río Claro. Actualmente funciona a su máxima capacidad según ESSBIO. Cuenta con desinfección como tratamiento.

En ocasiones presenta contenidos reprobables de amonio y fenoles. No presenta problemas bacteriológicos según los datos disponibles.

Actualmente se producen 24 l/s y para el año 2022 se ha estimado un déficit de 9 l/s.

SANTA BARBARA

Se abastece subterráneamente a través de un pozo hincado en el río Biobío. Según ESSBIO, la capacidad máxima corresponde a la producción actual. Las aguas son desinfectadas antes de ingresar a la red de distribución.

Presenta ocasionalmente problemas de color y de fenoles que sobrepasan la norma NCh409/1.Of84. Según los datos disponibles, no presenta problemas bacteriológicos.

Su producción actual es de 20 l/s, para el año 2022 se estima un déficit de 12 l/s.

NEGRETE

Se abastece subterráneamente por medio de captaciones ubicadas en las cercanías del río Biobío. Según ESSBIO, la capacidad máxima coincide con la producción actual. Se aplica desinfección antes de la distribución.

Las aguas captadas presentan, en general, buena calidad salvo la presencia ocasional de fenoles que sobrepasan la norma. No se detectan problemas bacteriológicos.

La producción actual alcanza 10 l/s, el déficit de producción a satisfacer en el largo plazo se estima de 10 l/s.

SAN ROSENDO

Su abastecimiento actual es subterráneo, consiste en dos pozos hincados en el río Laja. ESSBIO estima que actualmente se produce a la capacidad máxima. El agua es desinfectada antes de su distribución.

Presenta frecuentemente problemas de color y turbiedad. No se detectan problemas microbiológicos.

Su producción actual es de 8 l/s, para el año 2022 se ha estimado un déficit de producción de 15 l/s.

QUILLECO

La fuente de abastecimiento es subterránea, consiste en dos sondajes cercanos al estero Quilleco. ESSBIO estima que actualmente se produce la máxima capacidad. El agua es desinfectada antes de su distribución.

Las aguas captadas, según los antecedentes disponibles, no presentan problemas de calidad.

Su producción de agua es actualmente 7 l/s, el déficit del largo plazo se estima en 5 l/s.

TUCAPEL

Su fuente de abastecimiento es subterránea, la conforman sondajes ubicados en el sector denominado Las Lomas. Según ESSBIO actualmente se explota la capacidad máxima. Antes de la distribución las aguas son desinfectadas.

Presenta ocasionalmente problemas en sus contenidos de hierro y amonio. Según los datos disponibles, no presenta problemas bacteriológicos.

La producción de agua potable actual alcanza 4 l/s, el déficit para el largo plazo se estima en 5 l/s.

QUILACO

Se abastece subterráneamente a través de sondajes. Según ESSBIO actualmente se produce la capacidad máxima. El agua es desinfectada antes de su distribución.

El agua captada, en general, es de buena calidad pero ocasionalmente se encuentran problemas con los contenidos de fenoles que sobrepasan la norma NCh409/1.Of84. No se detectan problemas bacteriológicos.

La producción actual alcanza 3 l/s, el déficit que se requiere abastecer en el largo plazo se estima en 2 l/s.

LOTA

Los usuarios son abastecidos por dos empresas diferentes y totalmente independiente una de la otra. ESSBIO, que cubre aproximadamente el 75% de la ciudad, y ENACAR que cubre el 25% restante.

El sistema de ESSBIO capta sus aguas de los siguientes esteros: Agua Cascada, Lunas, afluente Sur del Chivilingo, Colcura (en su parte baja), Colcura alto, Quebrada Mayor y estero el Limbo. Según ESSBIO, la capacidad máxima es igual a la producción actual. Antes de la distribución se le aplica desinfección al agua captada.

El agua distribuída presenta buena calidad, salvo problemas ocasionales en sus contenidos de detergentes y amonio. No se cuenta con datos bacteriológicos.

La producción actual es de 224 l/s, el déficit a abastecer en el largo plazo se estima de 129 l/s.

TOME

Se abastece superficialmente por medio de los esteros: Collén, Las Quilas y Nachur o Bellavista. Cuenta con una planta de tratamiento convencional con decantadores de alta tasa y ocho filtros mixtos (arena-carbón). La capacidad de esta planta ESSBIO la estima de 250 l/s.

La fuente de abastecimiento presenta, frecuentemente, los siguientes problemas de calidad físico-química: color (clase A2), detergentes (clase A3). El agua distribuida presenta ocasionalmente problemas de turbiedad y fenoles. No se cuenta con datos bacteriológicos.

La capacidad actual de producción es suficiente para satisfacer los requerimientos del largo plazo.

ANGOL

Se abastece superficialmente a través de: el estero Pellomenco, la quebrada Elvira y el río Picoiquén. Cuenta con una planta de tratamiento donde se realiza decantación, filtración, y cloración. ESSAR estima la capacidad máxima de produción en 287 l/s (hay actualmente en ejecución obras para asegurar esta capacidad).

El agua captada presenta buena calidad físico-química, ocasionalmente la calidad bacteriológica es A2, debido a la presencia algo elevada de coliformes totales y fecales. El agua distribuida no presentan problemas.

El déficit a abastecer en el largo plazo se estima de 114 l/s.

ERCILLA

Su fuente de abastecimiento es subterránea, consiste en dos sondajes profundos. La capacidad de producción actual, ESSAR la estima de 10 l/s. Como tratamiento se le aplica sólo desinfección.

La fuente de abastecimiento presenta buena calidad físico-química y bacteriológica. El agua de red cumple con los requisitos de la norma chilena NCh409/1.Of84.
La capacidad de producción actual es suficiente para satisfacer los déficit estimados.

COLLIPULLI

Su fuente de abastecimiento actual es subterránea y superficial (vertiente Curaco y canal El Globo). La capacidad máxima de producción ESSAR la estima de 82 l/s (hay obras actualmente en ejecución para asegurar esta capacidad). A las aguas captadas se le aplica floculación, decantación, filtración y cloración.

La fuente de abastecimiento presenta ocasionalmente problemas bacteriológicos y de turbiedad (canal), la vertiente presenta valores elevados de fierro disuelto (clase A2). El agua distribuida es de buena calidad.

El déficit a abastecer en el largo plazo se estima de 1 l/s.

RENAICO

Se abastece superficial y subterráneamente: captación vertiente Tolpán y un sondaje, respectivamente. La capacidad máxima de producción, ESSAR la estima en 111/s. Cuenta con desinfección antes de la distribución.

La vertiente presenta buena calidad físico-química con la excepción del Bario que sobrepasa el límite de la clase A3, su calidad bacteriológica la clasifica en la clase A2. El sondaje tiene, frecuentemente, un contenido elevado de manganeso (clase A2). El agua distribuida se considera de buena calidad.

El déficit a abastecer en el largo plazo se estima en 10 l/s.

MININCO

Su fuente de abastecimiento es subterránea, consiste en un sondaje profundo. La capacidad de esta fuente, ESSAR la estima en 5 l/s. Al agua captada se le aplica desinfección con hipoclorito.

El agua distribuida presenta buena calidad, tanto físico-química como bacteriológica.

El déficit a abastecer en el largo plazo se estima de 9 l/s.

LOS SAUCES

Su fuente de abastecimiento es superficial (estero Curimahuida y río Rehue). Su capacidad máxima de producción, ESSAR la estima en 14 l/s. Cuenta con floculación, decantación y desinfección.

La fuente de abastecimiento tiene una óptima calidad físico-química, salvo problemas ocasio-

nales de turbiedad; la calidad bacteriológica es regular (clase A2). El agua distribuida presenta buena calidad, a excepción de los nitritos que bajo la normativa propuesta en este estudio (ver 10.2.3.3), sobrepasan el límite.

La capacidad de producción actual es suficiente para satisfacer las demandas estimadas para el largo plazo.

LONQUIMAY

Se abastece subterráneamente a través de tres vertientes. ESSAR estima la capacidad máxima de producción en 15 l/s. Antes de la distribución se aplica desinfección.

La calidad físico-química del agua es óptima, la calidad bacteriológica del agua captada es ocasionalmente regular (clase A2). El agua de red es de buena calidad.

La capacidad de producción actual es suficiente para satisfacer las demandas estimadas para el largo plazo.

LOCALIDADES RURALES

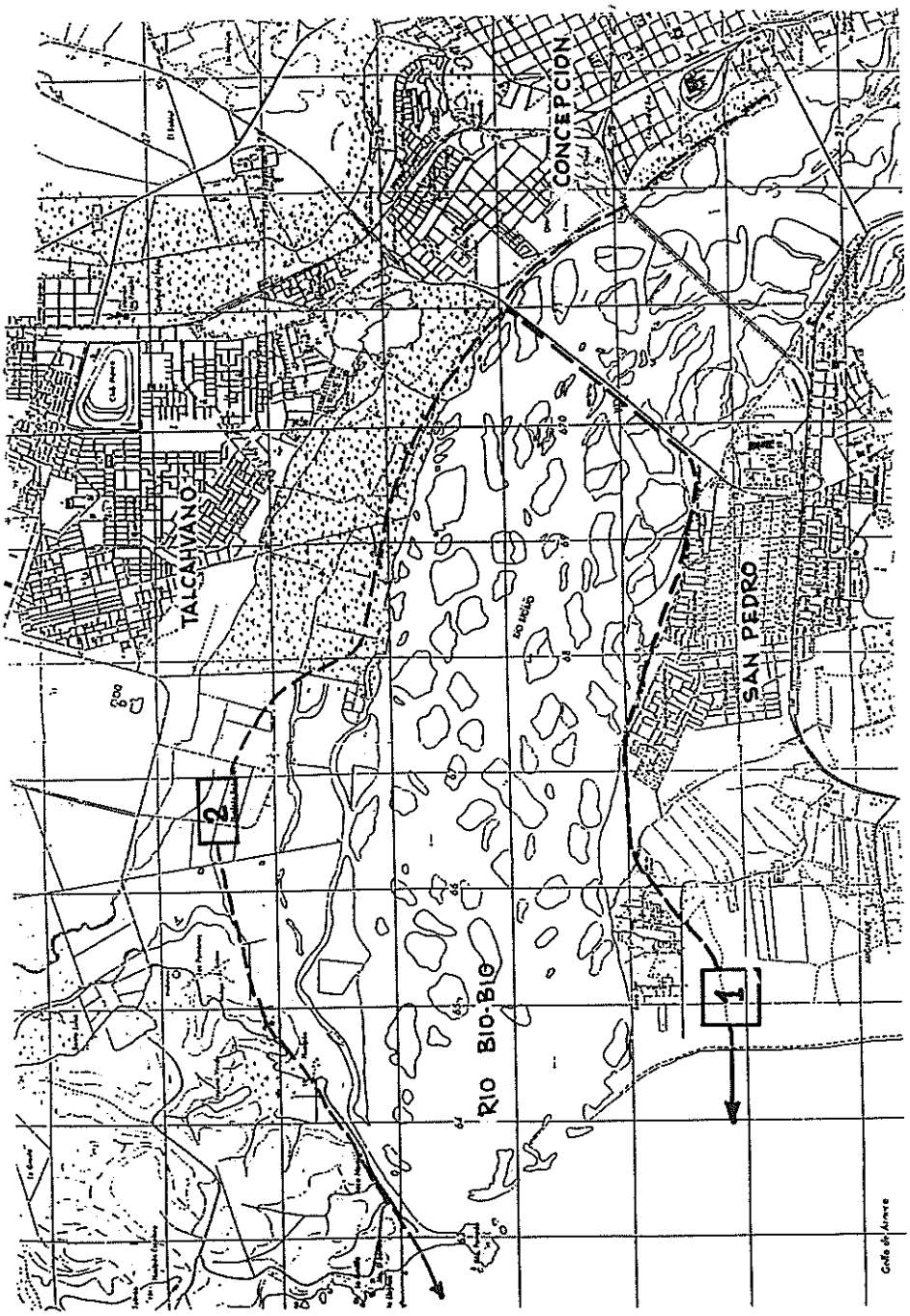
Las localidades rurales se abastecen principalmente de agua subterránea (83%) (ver capítulo 5). En general, no cuentan con sistemas de tratamiento, salvo la desinfeción antes de la distribución.

Se puede decir que no presentan serios problemas en la calidad de las aguas distribuidas, con la excepción de algunas localidades (no se dispone de datos bacteriológicos):

- Tomeco: (abastecimiento subterráneo: norias), ocasionalmente tiene problemas con sus contenidos de hierro y de nitratos;
- Millantú: (abastecimiento superficial: estero Quilvobueno), problemas ocasionales de turbiedad, color y hierro;
- San Carlos de Purén: (abastecimiento superficial: Canal Biobío Norte), problemas ocasionales de color, turbiedad y hierro;
- Chillancito: (abastecimiento subterráneo: sondaje), problemas ocasionales de turbiedad, hierro y manganeso;
- Río Claro: (abastecimiento subterráneo: punteras río Claro) problemas ocasionales de color, turbiedad, mercurio y fierro.

El déficit global de estas localidades alcanza a 69 l/s .Este déficit fue calculado bajo la suposición que las producciones actuales corresponden a las capacidades máximas de producción.

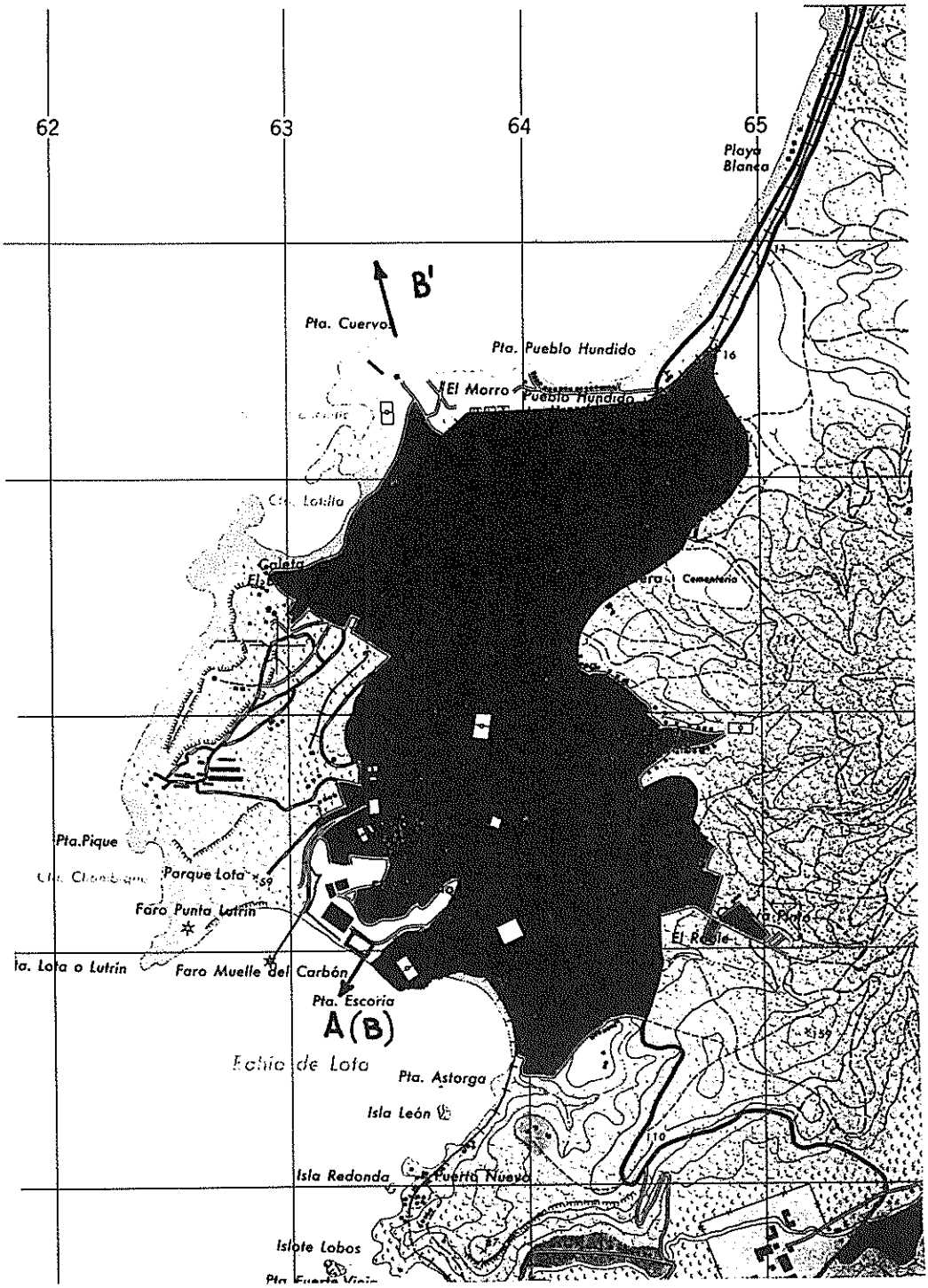
ANEXO 10.3 - Hipótesis de ubicación de las plantas de tratamiento para las aguas residuales domésticas



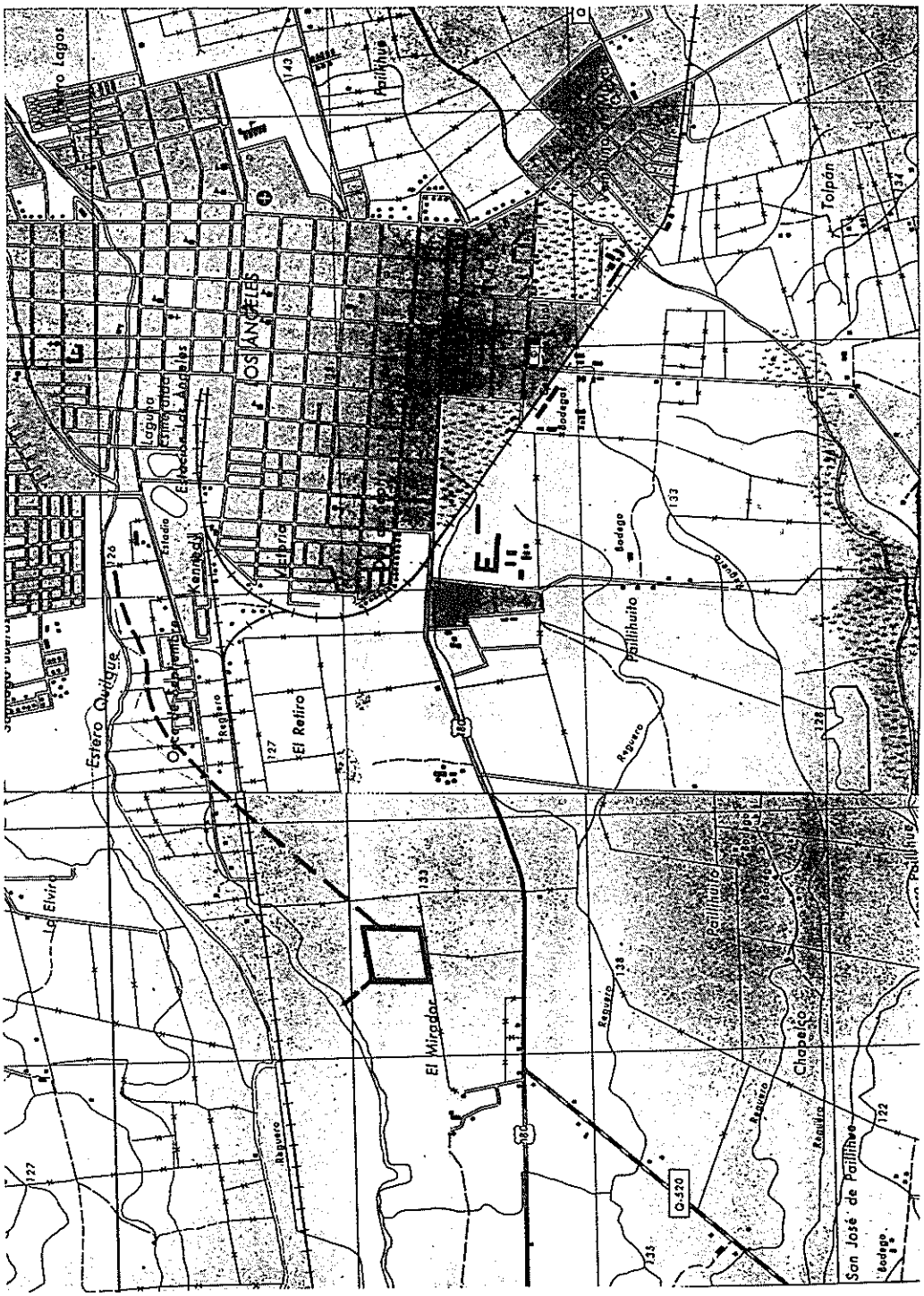
Ane. 10.3.1 - Hipótesis de ubicación de los emisarios y un pretratamiento eventual para Concepción-Chiguayante-Talcahuano-San Pedro.



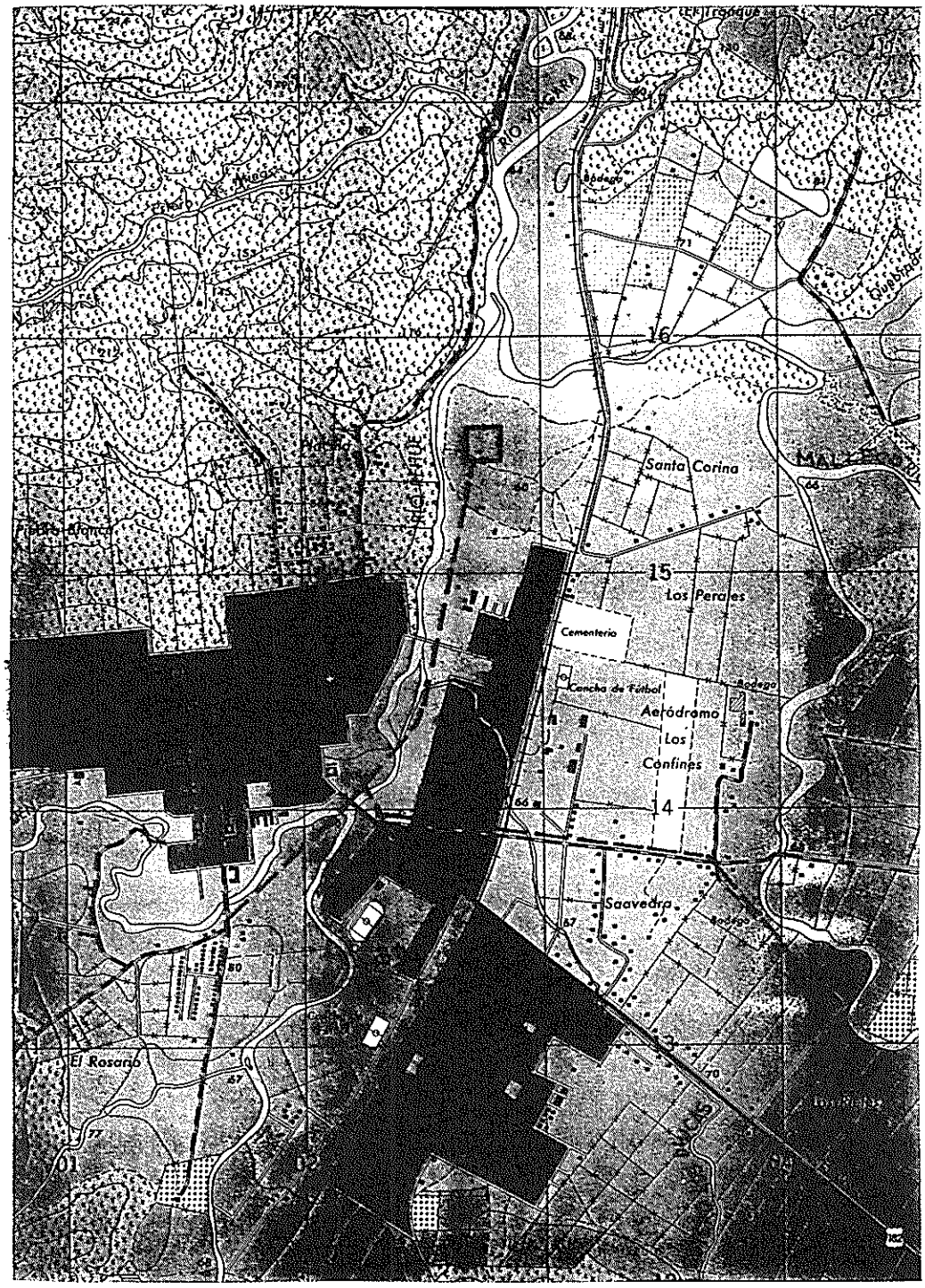
Ane. 10.3.2 - Hipótesis de ubicación del emisario submarino para Talcahuano. Esta ubicación sería también válida para el emisario de las descargas de la industria pesquera.



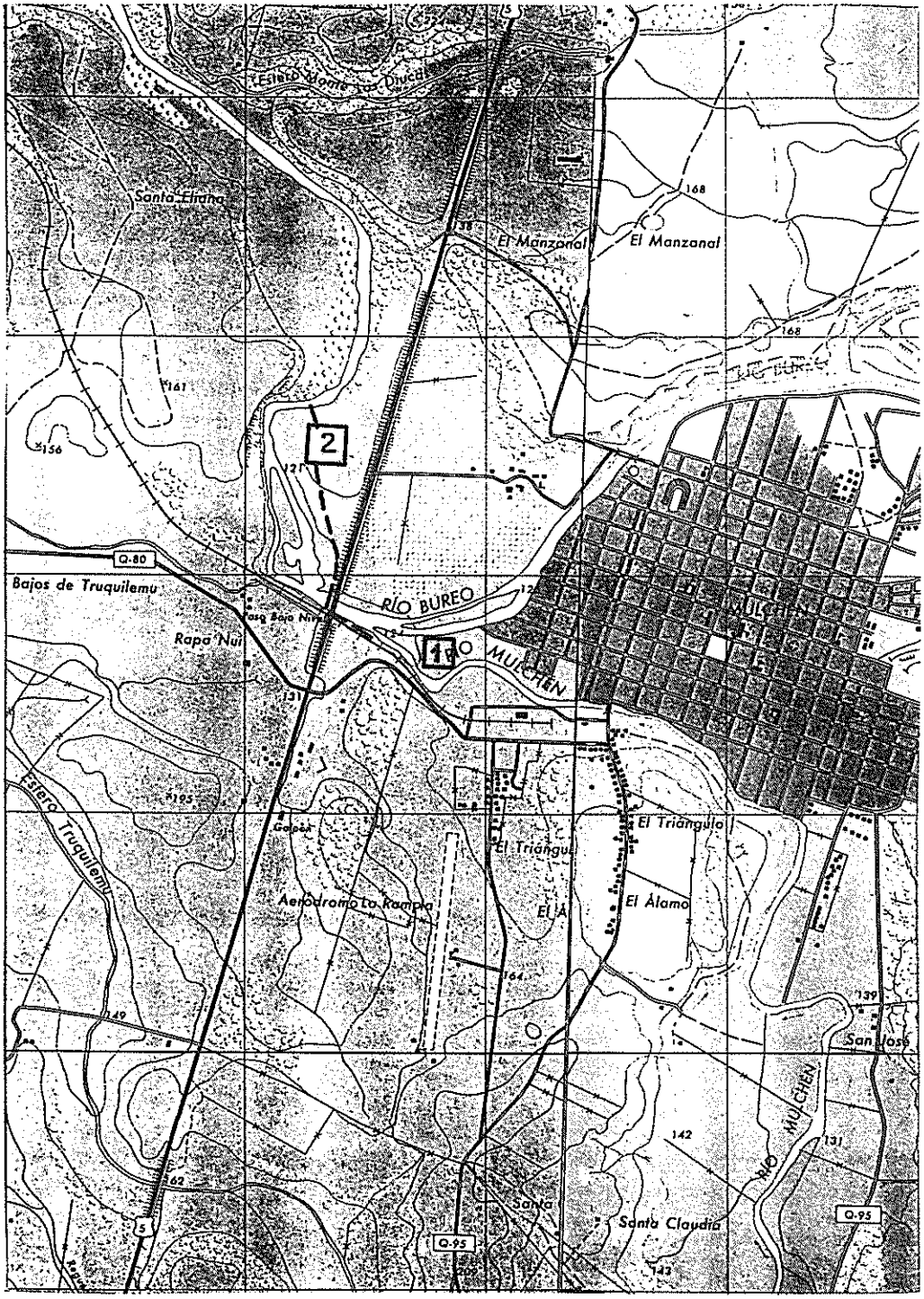
Ane. 10.3.3 - Hipótesis de ubicación del emisario submarino para Lota.



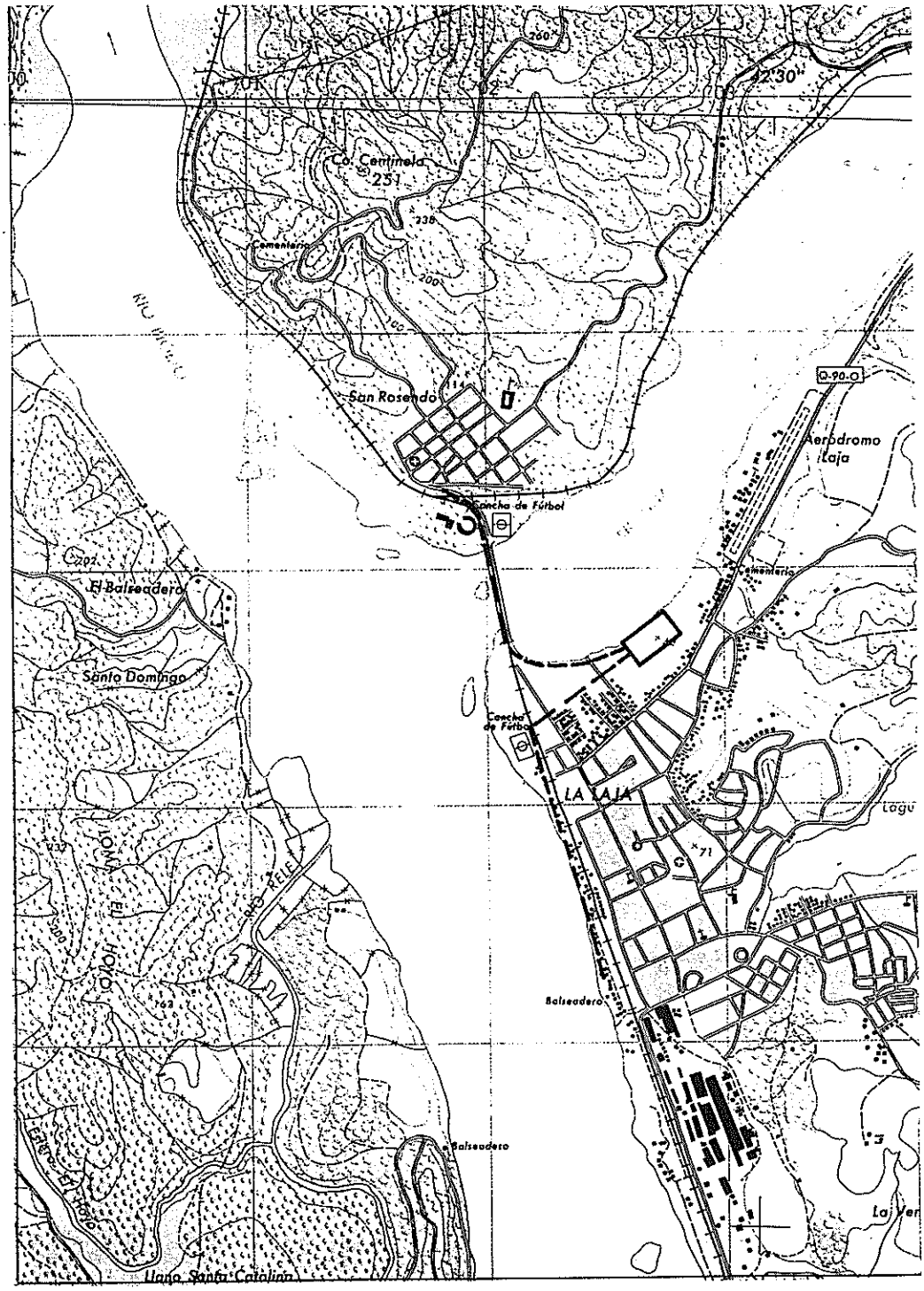
Ane. 10.3.4 - Hipótesis de ubicación de la planta de tratamiento para las aguas servidas domésticas de Los Angeles.



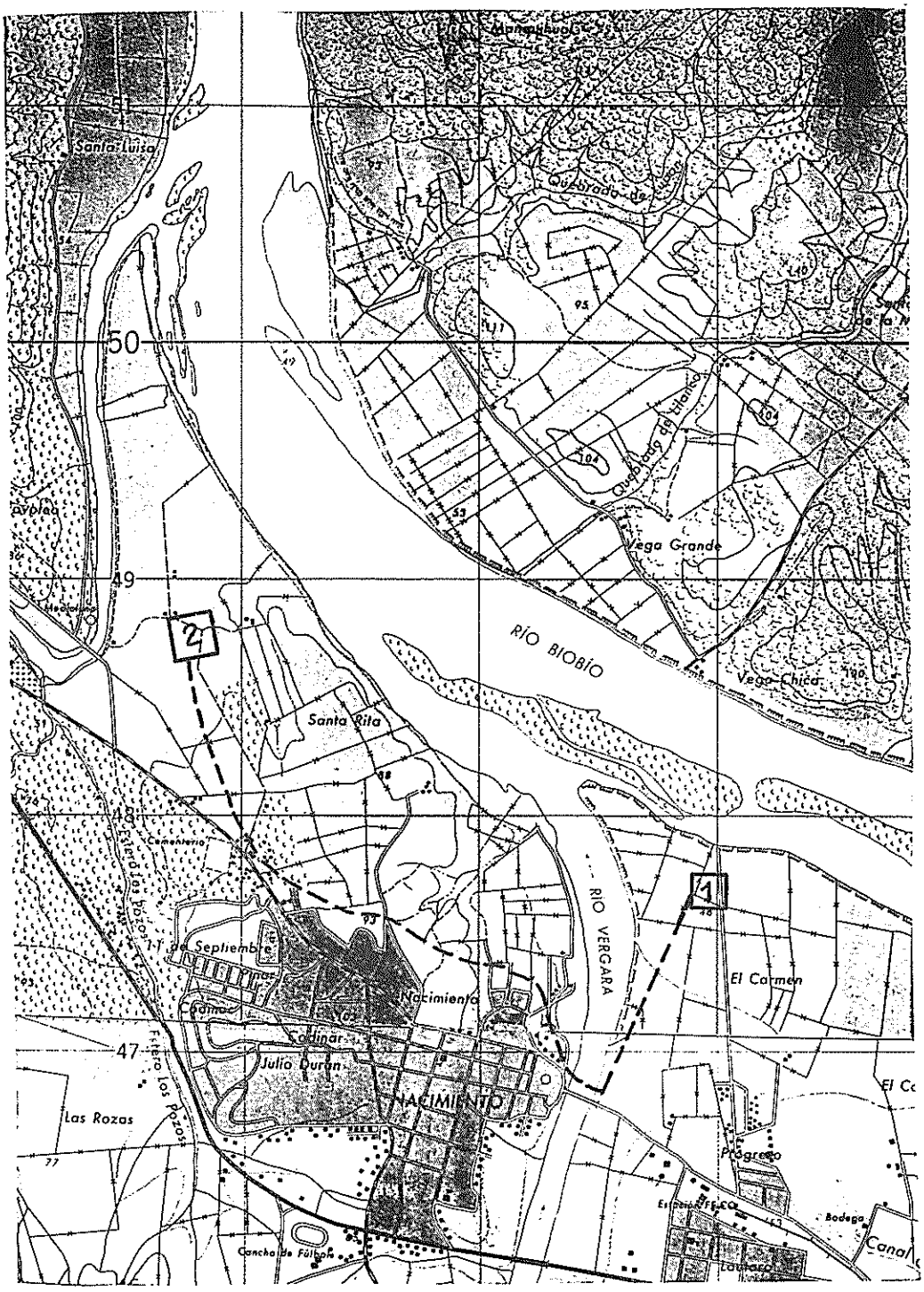
Ane. 10.3.5 - Hipótesis de ubicación de la planta de tratamiento para las aguas servidas domésticas de Angol.



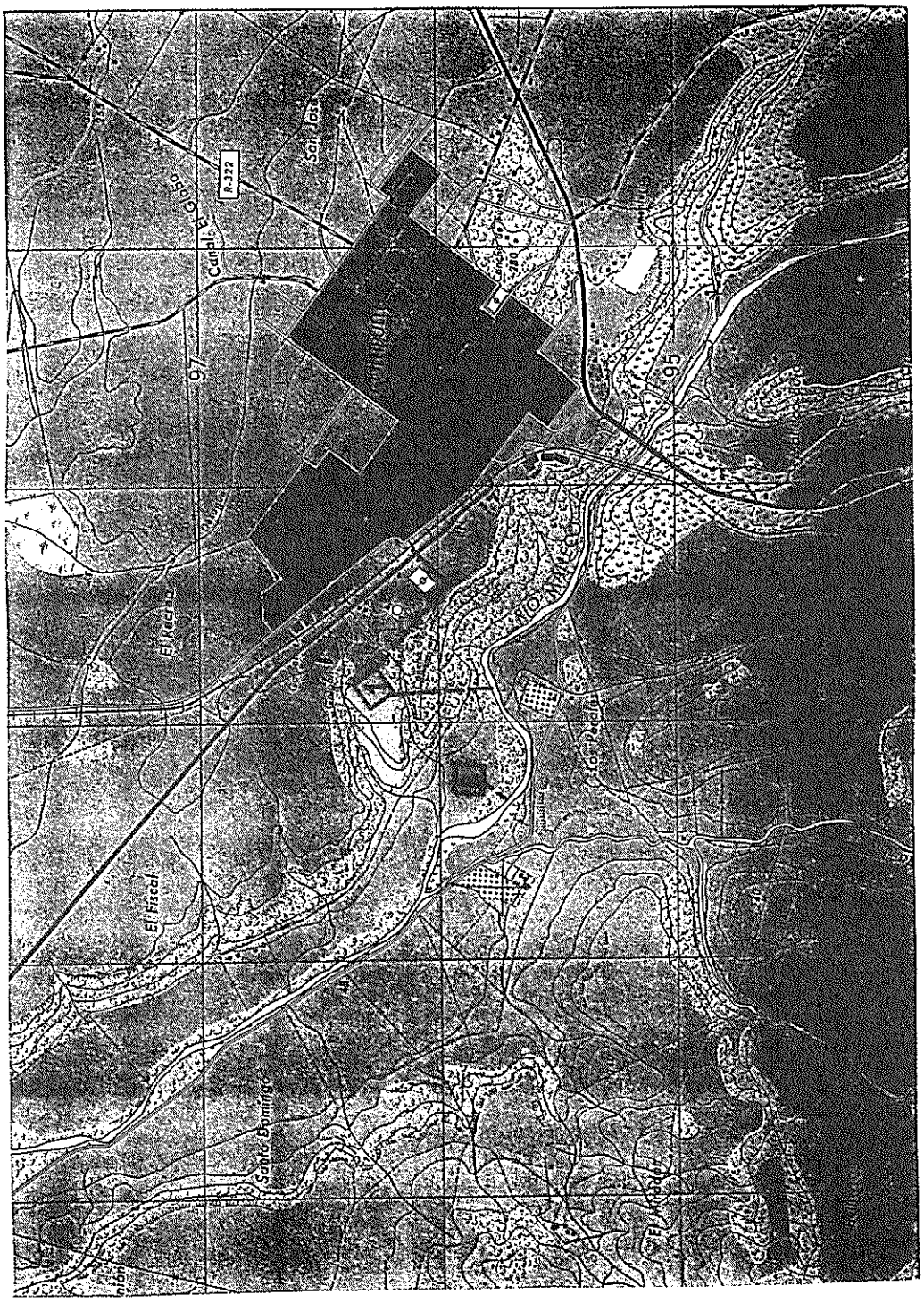
Ane. 10.3.6 - Hipótesis de ubicación de la planta de tratamiento para las aguas servidas domésticas de Mulchén.



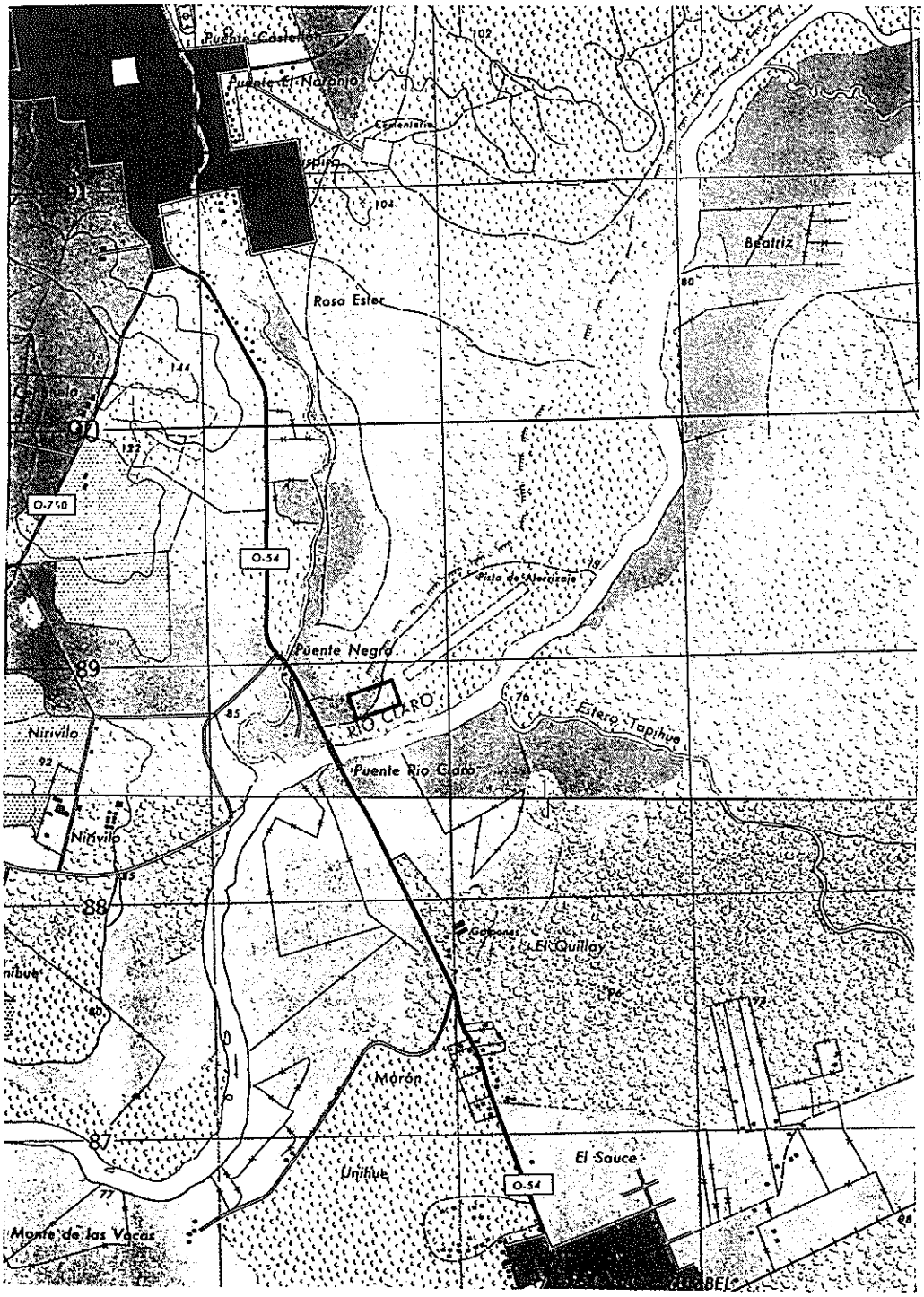
Ane. 10.3.7 - Hipótesis de ubicación de la planta de tratamiento para las aguas servidas domésticas de Laja.



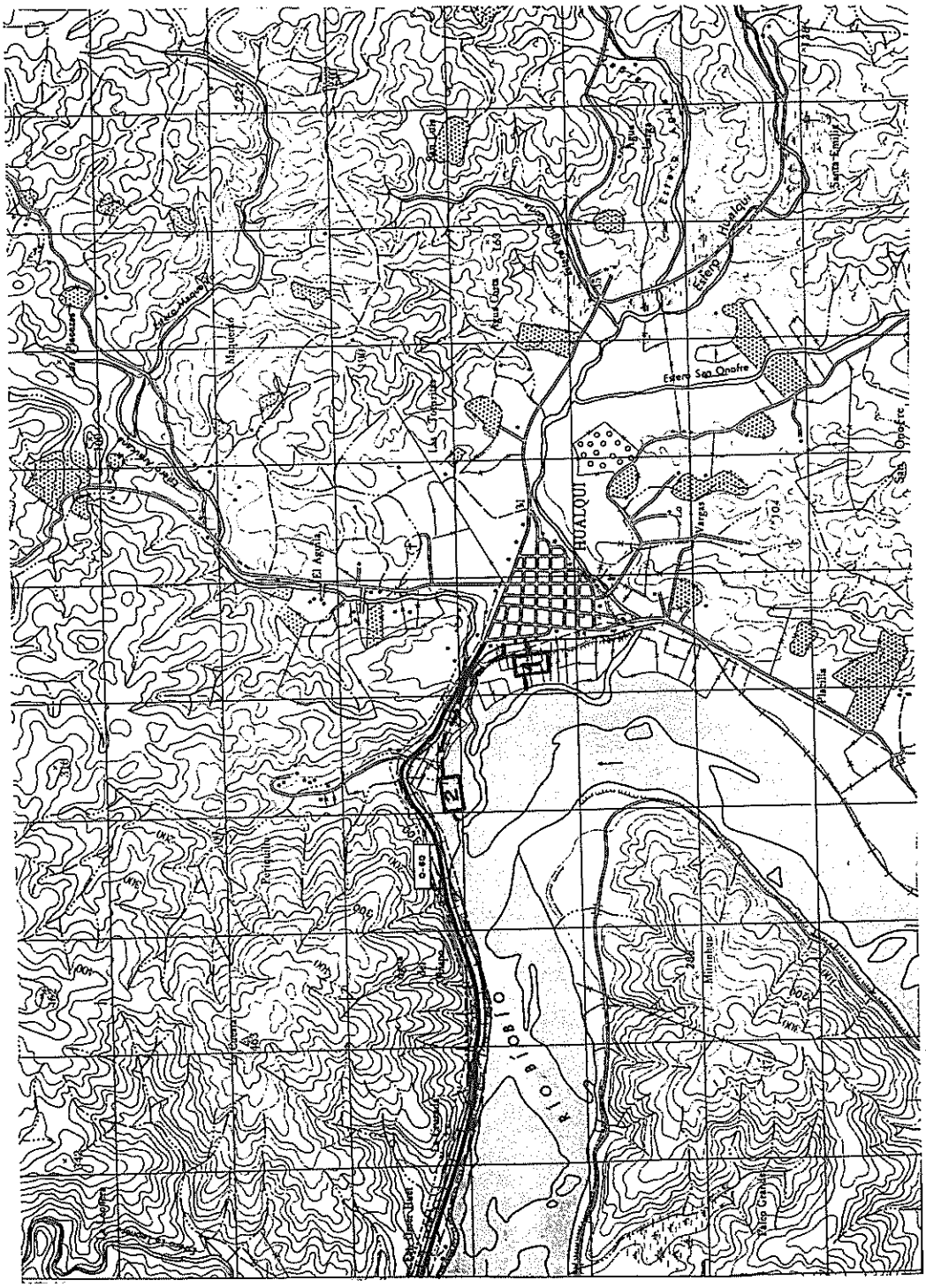
Ane. 10.3.8 - Hipótesis de ubicación de la planta de tratamiento para las aguas servidas domésticas de Nacimiento.



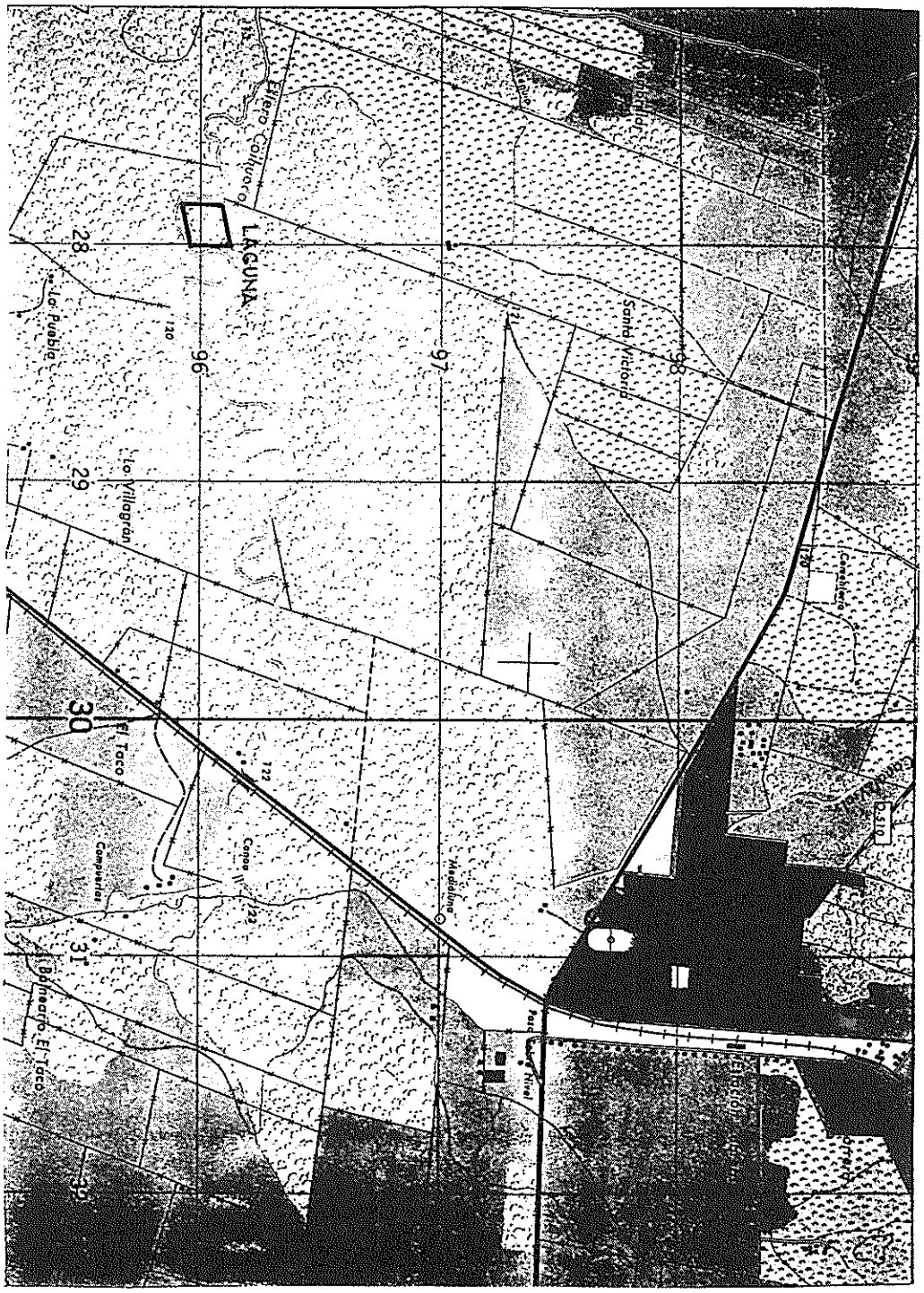
Ane. 10.3.9 - Hipótesis de ubicación de la planta de tratamiento para las aguas servidas domésticas de Collipulli.



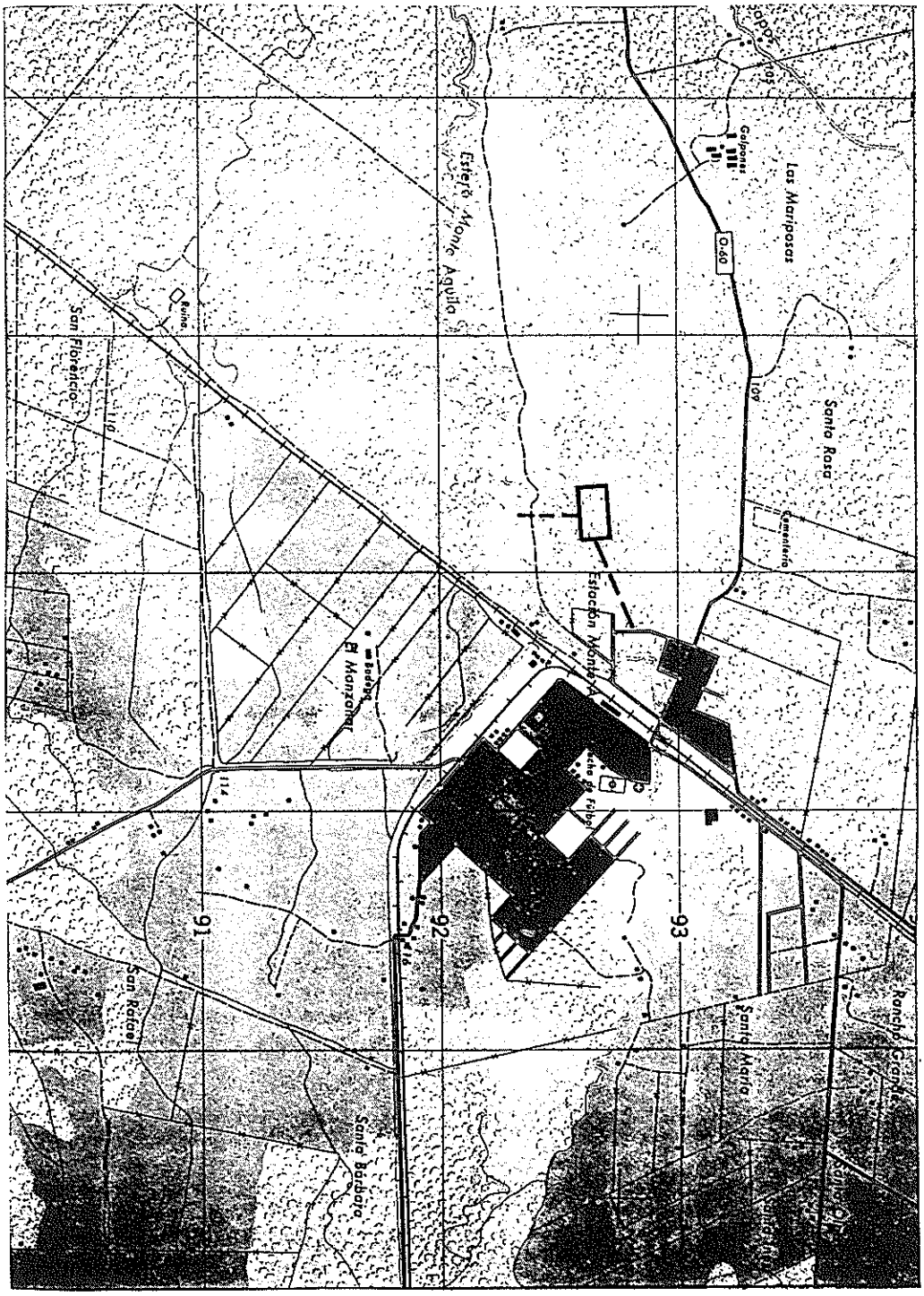
Ane. 10.3.10 - Hipótesis de ubicación de la planta de tratamiento para las aguas servidas domésticas de Yumbel y Yumbel Estación.



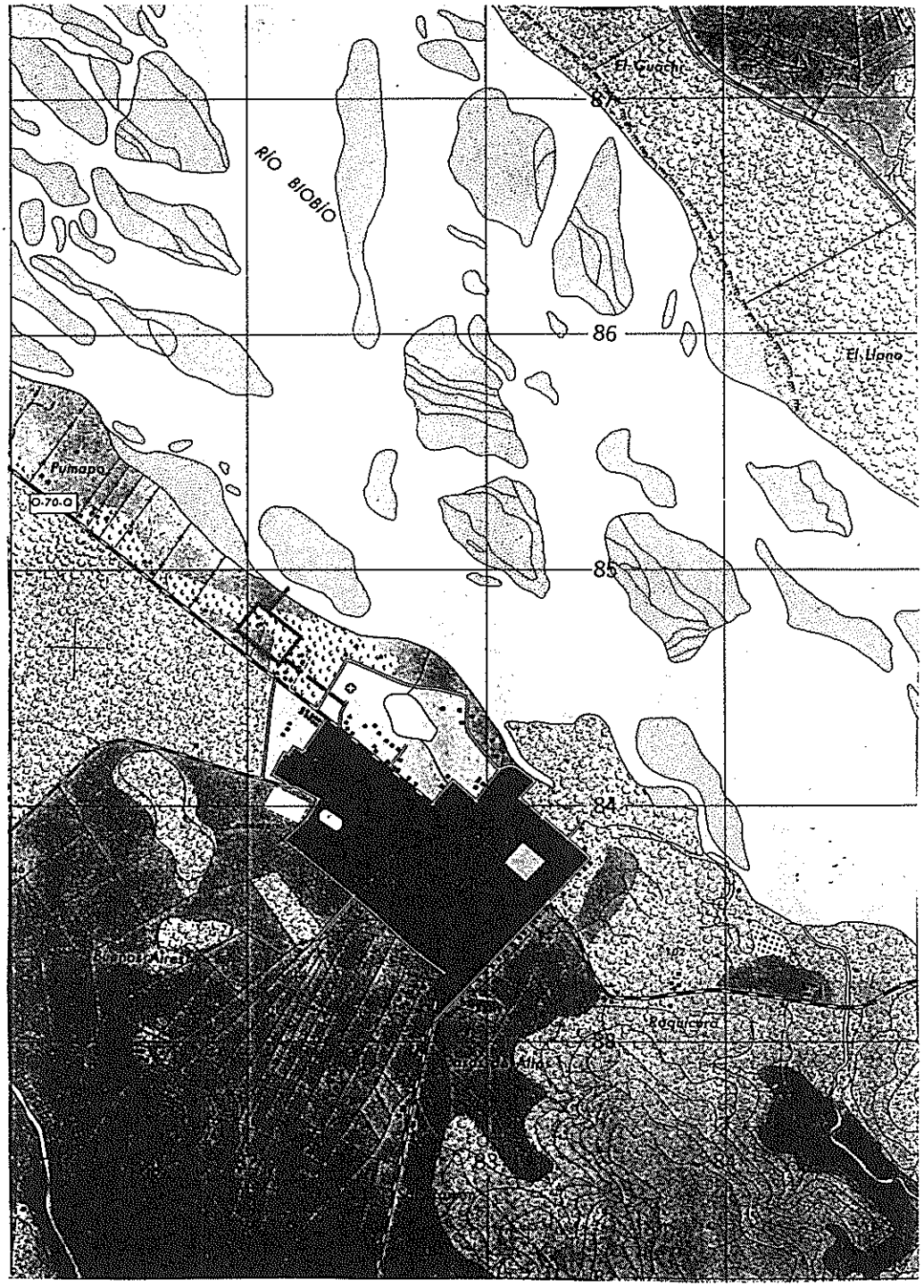
Ane. 10.3.11 - Hipótesis de ubicación de la planta de tratamiento para las aguas servidas domésticas de Hualqui.



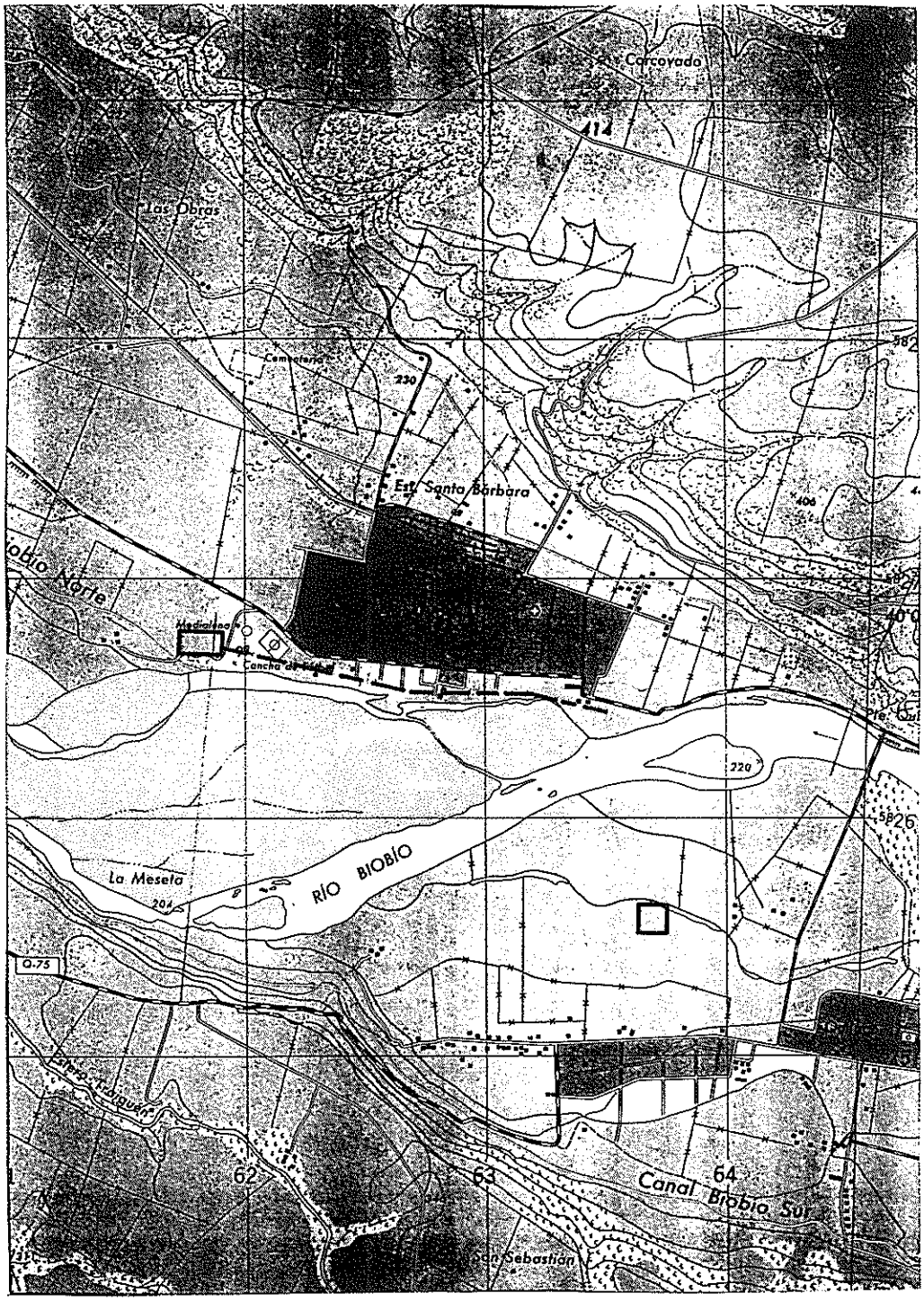
Ane. 10.3.12 - Hipótesis de ubicación de la planta de tratamiento para las aguas servidas domésticas de Cabrero.



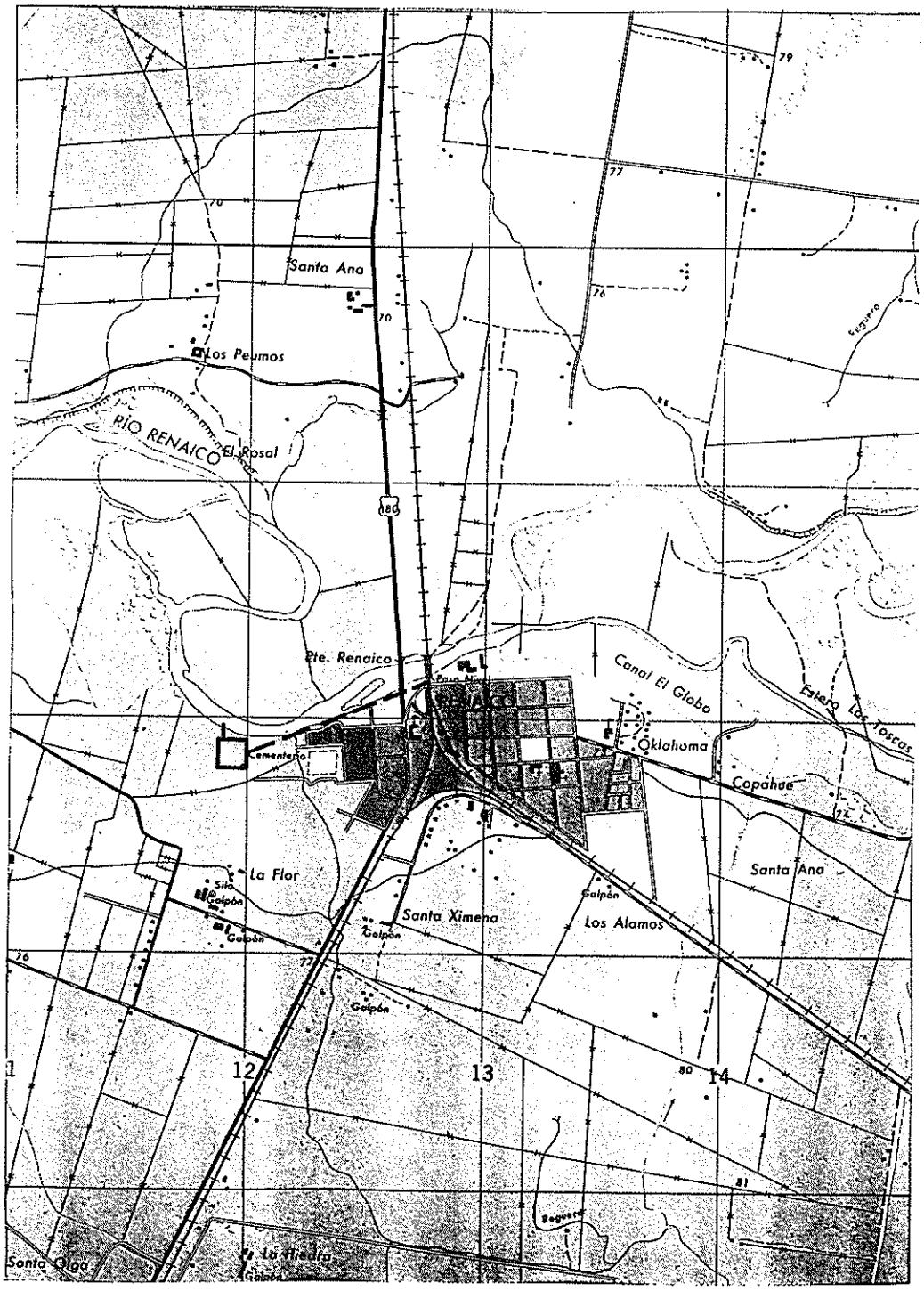
Ane. 10.3.13 - Hipótesis de ubicación de la planta de tratamiento para las aguas servidas domésticas de Monte Aguila.



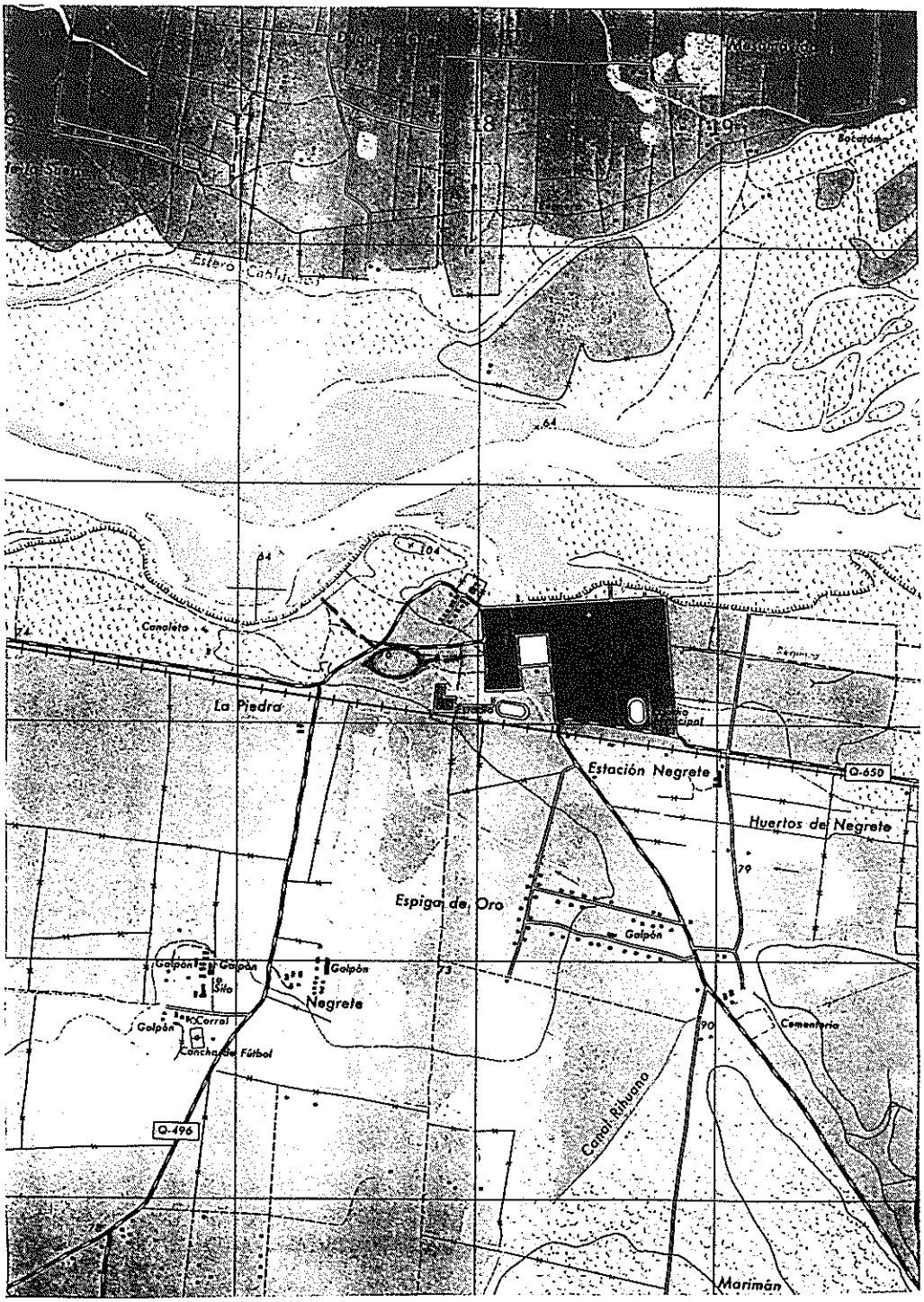
Ane. 10.3.14 - Hipótesis de ubicación de la planta de tratamiento para las aguas servidas domésticas de Santa Juana.



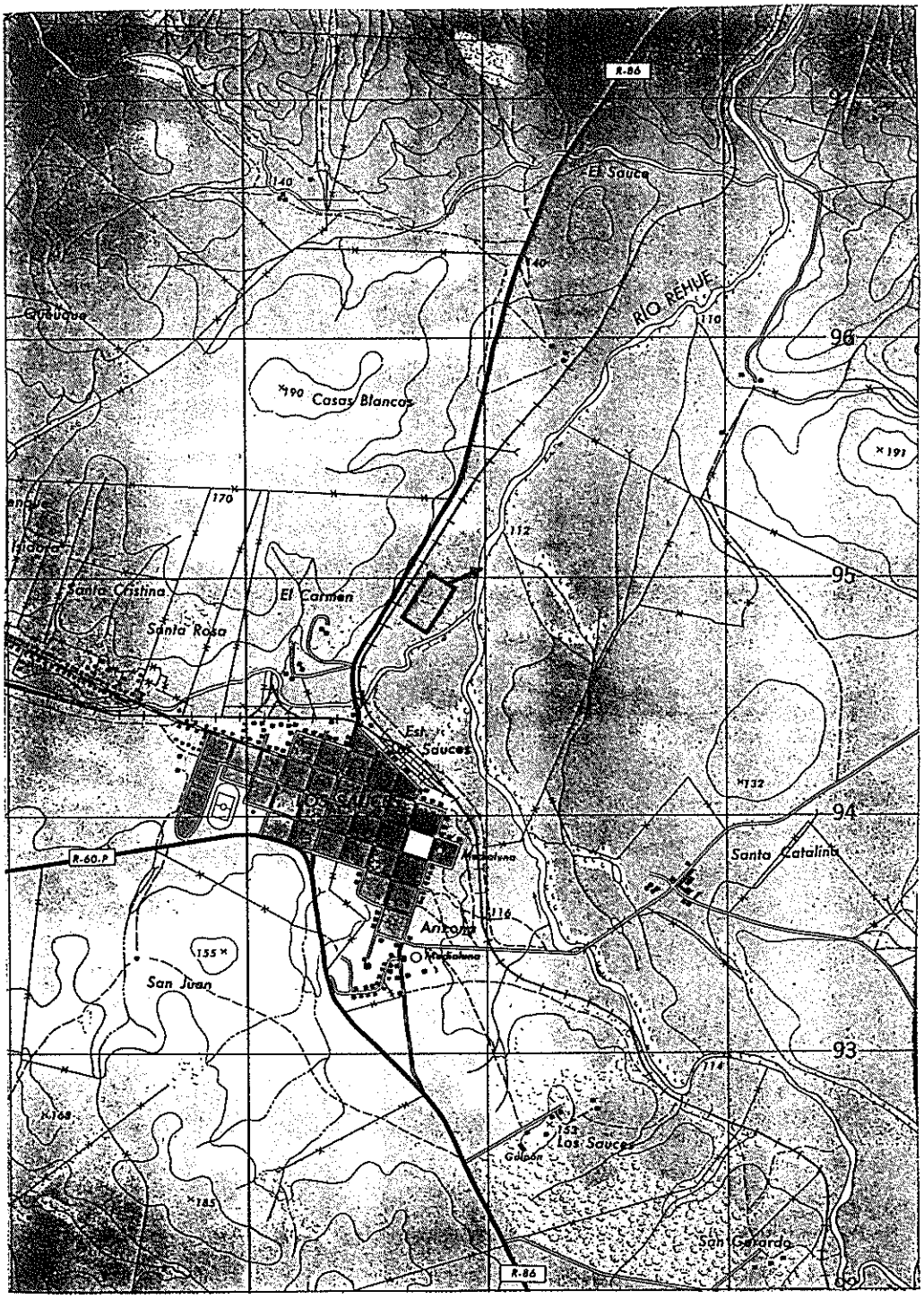
Ane. 10.3.15 - Hipótesis de ubicación de la planta de tratamiento para las aguas servidas domésticas de Santa Bárbara y Quilaco.



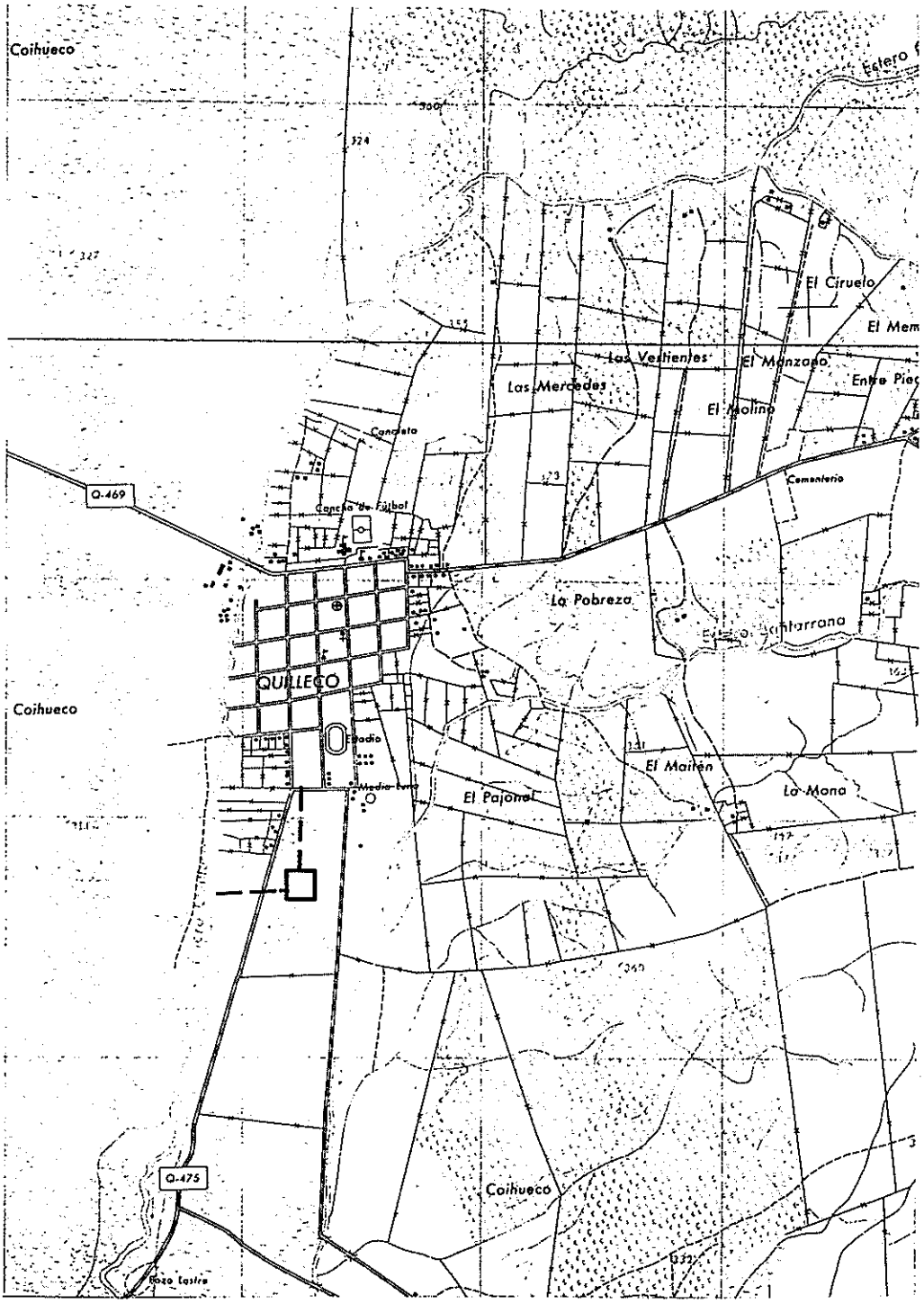
Ane. 10.3.16 - Hipótesis de ubicación de la planta de tratamiento para las aguas servidas domésticas de Renaico.



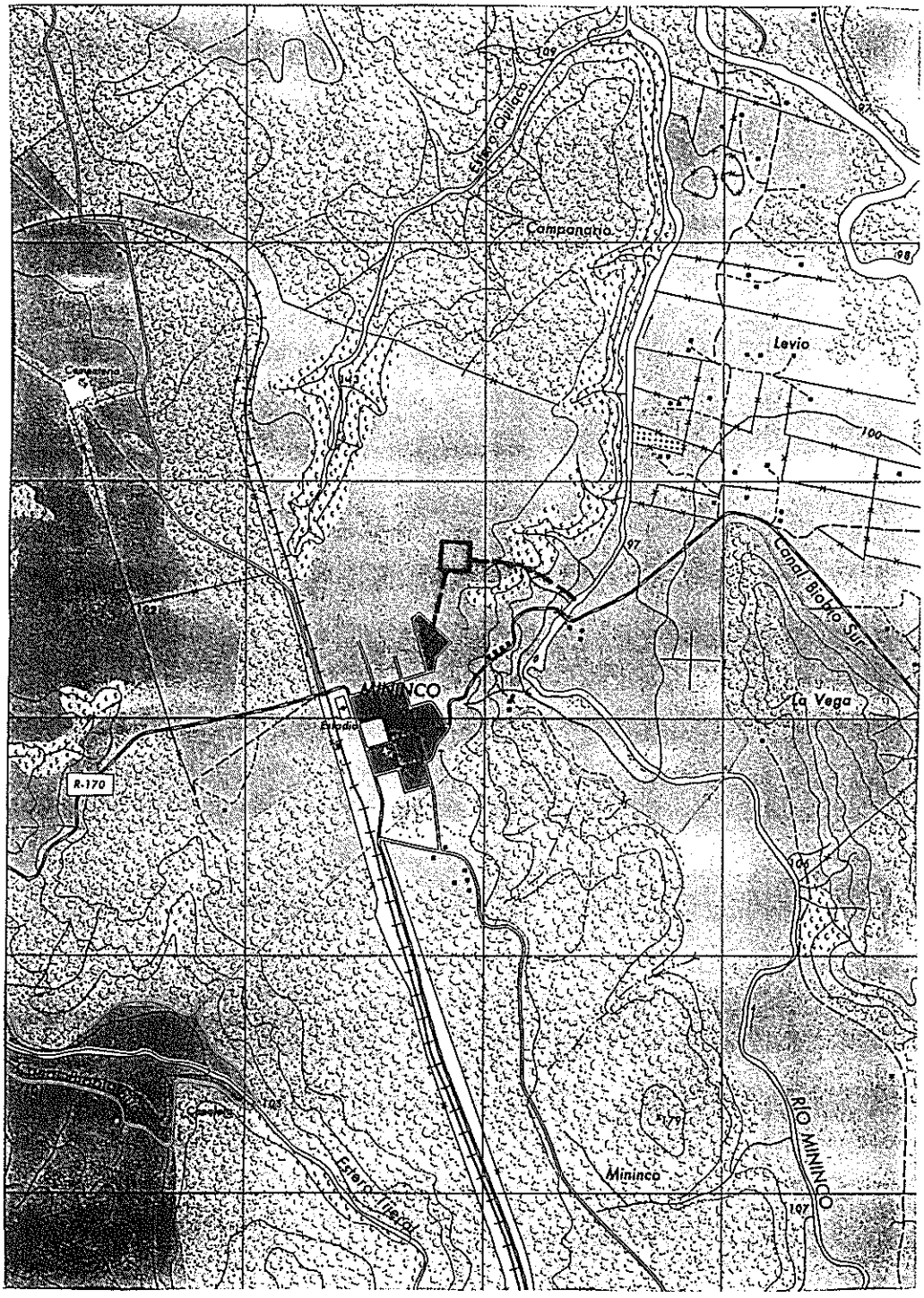
Ane. 10.3.17 - Hipótesis de ubicación de la planta de tratamiento para las aguas servidas domésticas de Negrete.



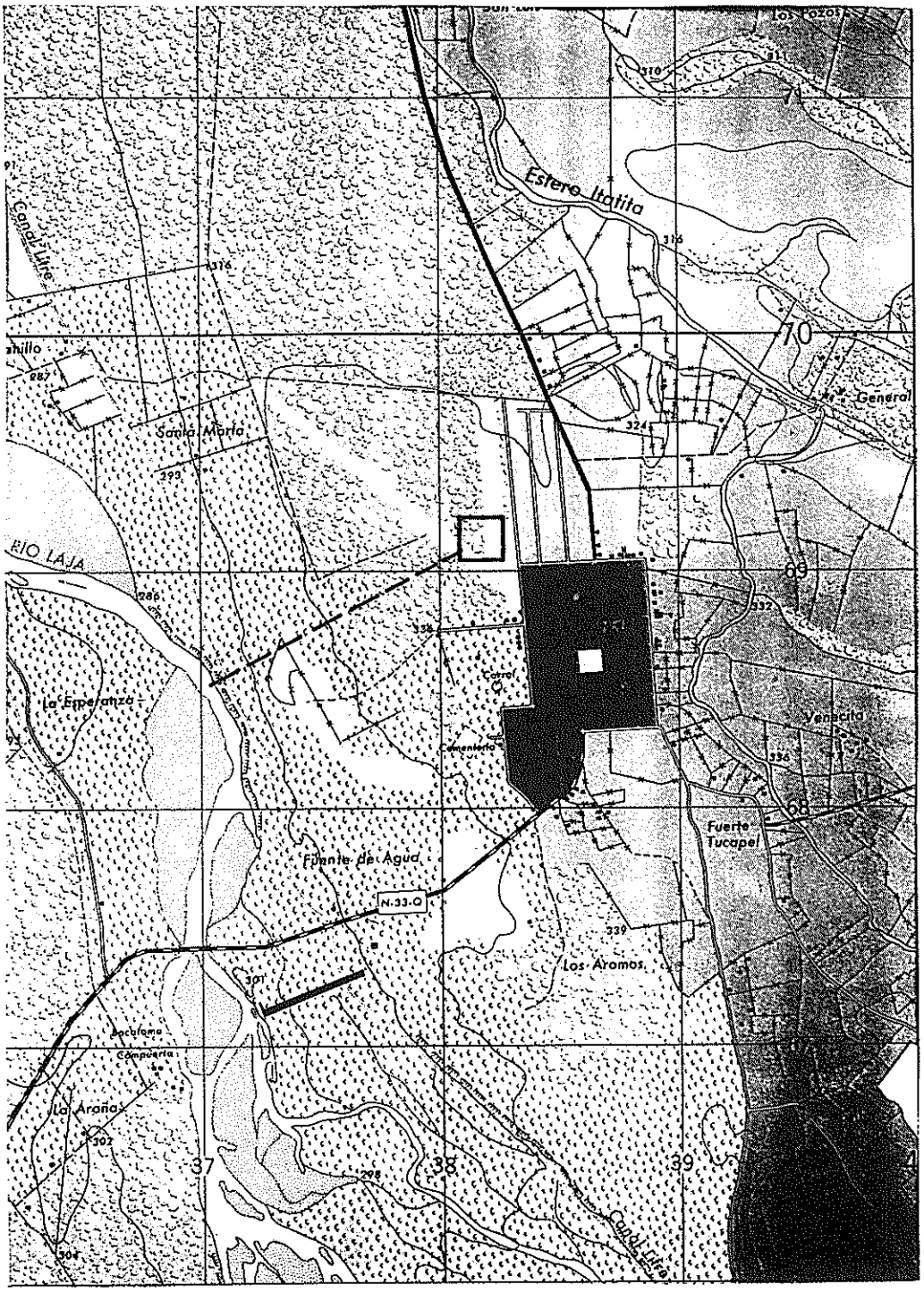
Ane. 10.3.18 - Hipótesis de ubicación de la planta de tratamiento para las aguas servidas domésticas de Los Sauces.



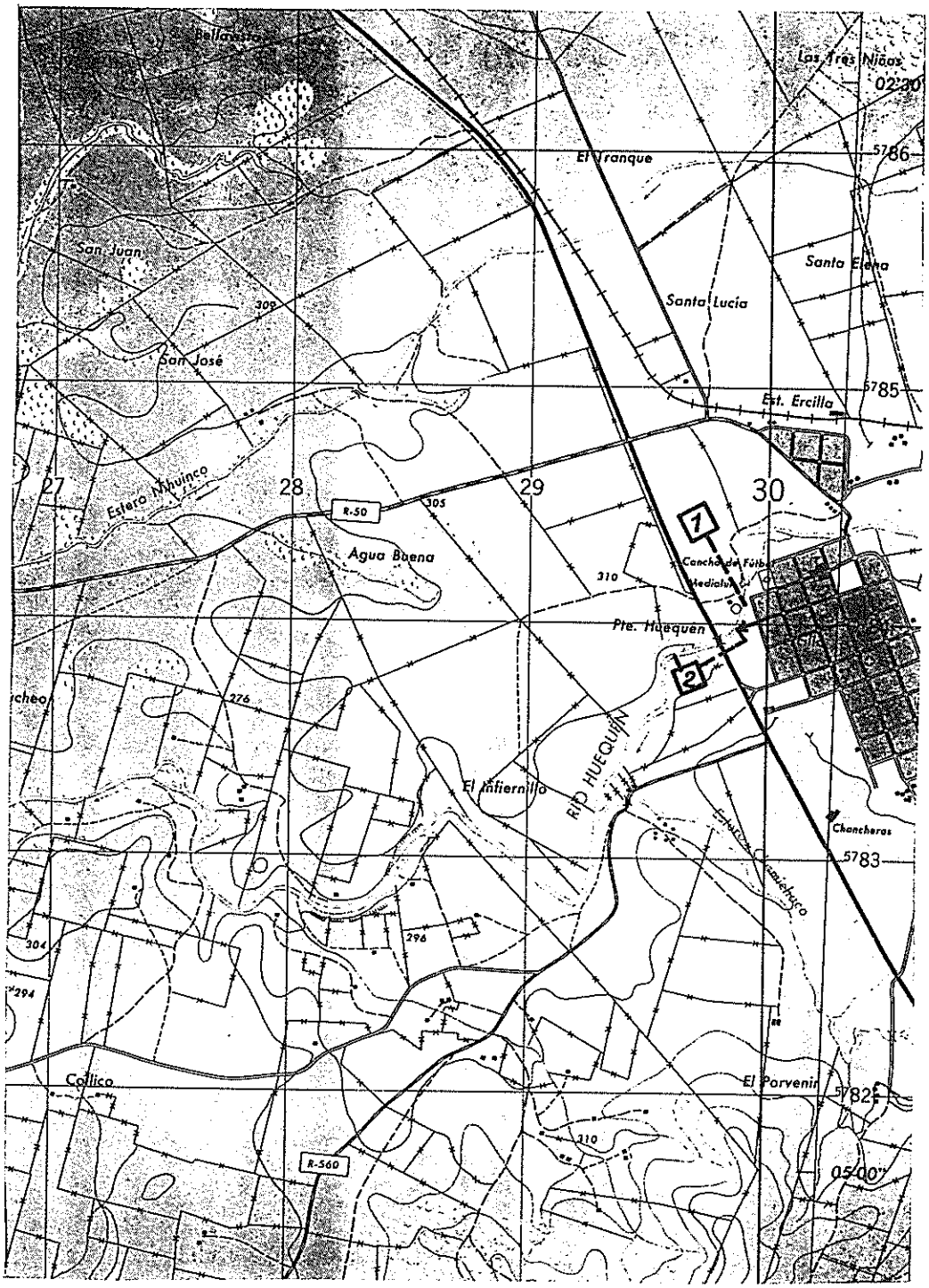
Ane. 10.3.19 - Hipótesis de ubicación de la planta de tratamiento para las aguas servidas domésticas de Quilleco.



Ane. 10.3.20 - Hipótesis de ubicación de la planta de tratamiento para las aguas servidas domésticas de Mininco.



Ane. 10.3.21 - Hipótesis de ubicación de la planta de tratamiento para las aguas servidas domésticas de Tucapel.



Ane. 10.3.22 - Hipótesis de ubicación de la planta de tratamiento para las aguas servidas domésticas de Ercilla.



Ane. 10.3.23 - Hipótesis de ubicación de la planta de tratamiento para las aguas servidas domésticas de Villa Tijeral.

ANEXO 12.2 - Reglamento tipo para alcantarillado (de Di Fidio, 1989 y WHO, 1975)

Art. 1 - Servicio público de alcantarillado

(1) El Ente ... administra el alcantarillado como servicio público para la zona ...
(2) El Ente ... determina el tipo y las dimensiones de las instalaciones de alcantarillado público.
(3) Al alcantarillado del Ente ... le pertenecen (no pertencen, lo especificado de otro modo) las conexiones de los lotes privados.

Art. 2 - Loteos privados - Propietarios de los lotes

(1) Se considera como lote en el sentido del presente reglamento cada propiedad perteneciente al mismo propietario, espacialmente unida, que sirve a un objetivo común y forma una unidad económica independiente, incluso si se trata de grupos de lotes o parte de lotes para los efectos de un catastro.
(2) Las prescripciones emanadas en el presente reglamento para los propietarios de los lotes se aplican también a los concesionarios, a los usufructuarios y a otros sujetos con los mismos derechos.

Art. 3 - Terminología técnica

A los fines del presente reglamento significan:
(1) Agua de descarga (descargas)
Agua de desagüe alterada y en particular contaminada después de un uso doméstico, artesanal o industrial (aguas servidas) y aguas provenientes de precipitaciones (aguas lluvia).
(2) Instalaciones de alcantarillado público
Instalaciones de alcantarillado público para la disposición de aguas de descarga. Comprenden (modificar en el caso específico):
a) redes de alcantarillado
b) cámaras de inspección comunes o especiales
c) sumideros de aguas lluvia
d) plantas de bombeo y conductos en presión
e) plantas centralizadas de tratamiento
f) cursos de agua mantenidos por el Ente ... que son parte de la red de alcantarillado que pueden llevar aguas lluvia y, en casos particulares, también aguas servidas.
(3) Alcantarillado mixto
Une en las mismas redes las aguas servidas y las aguas lluvia
(4) Alcantarillado separado
Se compone de redes separadas de aguas servidas y de aguas lluvia.
(5) Tuberías de conexión
Tuberías de conexión de los lotes privados, desde las canalizaciones públicas al pozo de control.
(6) Instalaciones de alcantarillado privadas
Instalaciones de alcantarillado internas en los lotes, que sirven para la evacuación de las aguas de descarga, incluso eventuales pozos negros, plantas de clarificación doméstica, estanques de lluvia, separadores y plantas de pretratamiento de aguas de instalaciones productivas, hasta el pozo final de control o de medición.
(7) Pozo de medición
Instalación para la medición del caudal de las aguas de descarga y para la toma de muestras.
(8) Pozo negro
Estanque para acumular y permitir la fermentación de las aguas descargadas, con extracción periódica de material.
(9) Plantas de clarificación domésticas
Pequeñas plantas para la clarificación de las

aguas servidas de origen doméstico (por ejemplo, pozo séptico tradicional o de tipo Imhoff).

(10) Separadores
Instalaciones para la separación de aceites, grasas y líquidos ligeros de las aguas servidas (bencina, etc), que no pueden ser introducidos en el alcantarillado público.

(11) Planta de tratamiento
Planta para el pretramiento de las aguas servidas artesanales e industriales, con la finalidad de hacerlas compatibles con los límites de aceptabilidad incluidos en el presente reglamento, antes de la entrega en el alcantarillado público.

(12) DBO
Se entiende como la cantidad de oxígeno consumida en la oxidación bioquímica de las sustancias orgánicas en condiciones de laboratorio, en 5 días a 20 grados Celcius.

(13) Habitante equivalente
Se entiende como cualquier entidad que produzca una carga orgánica contaminante similar a 54 (60) g/d.

Art. 4 - Derecho de conexión y de uso

(1) Cada propietario de un lote en el territorio de la Minicipalidad puede estar conectado al alcantarillado público, con cumplimiento a las limitaciones del art.5 (derechos de conexión).

(2) Después de la construcción de la tubería de conexión, el propietario del lote conectado tiene el derecho de ingresar todas las aguas de descarga provenientes del lote mismo, con limitaciones a lo dicho en art.6 y a un cumplimiento previo de las prescripciones técnicas sobre la construcción y el ejercicio de las instalaciones de alcantarillado privadas (derecho de utilización).

Art. 5 - Limitaciones al derecho de conexión

(1) El derecho de conexión referido en art. 4 (1) se entiende sólo en aquellos lotes conectados en una calle o plaza en la cual existe la red de alcantarillado público. Los propietarios de lotes no pueden pretender que se construyan nuevas tuberías o que se modifiquen las ya existentes. La Municipalidad determina los lotes que son unidos y servidos de alcantarillado.

(2) El Ente ... puede negar la conexión de un lote - incluso si está conectado a una calle con red de alcantarillado - en el caso que la conexión, debido a la ubicación del lote o por otros motivos técnicos o de operación, presente dificultades importantes o requiere medidas o gastos especiales. El propietario del lote puede obtener la revocación de esta decisión, si se declara dispuesto a asumir los costos adicionales ligados a la construcción y a la operación con una adecuada confiabilidad.

(3) En las zonas servidas de alcantarillado separado, en casos particulares, para mejorar la limpieza de las canalizaciones de las aguas servidas, la Municipalidad puede disponer que en la misma sean introducidas las aguas lluvia de lotes individuales con una situación favorable.

Art. 6 - Limitaciones al derecho de uso

(1) Por regla, en las canalizaciones de aguas servidas pueden ser introducidas sólo aguas negras, en las de aguas lluvia sólo de precipitaciones.

(2) El Ente ... determina el momento a partir del cual se pueden ingresar aguas en el alcantarillado público.

(3) Está prohibido introducir en las canalizaciones del Ente sustancias que puedan dañar las instalaciones dc alcantarillado, al personal

encargado o a otros lotes conectados, o al cuerpo receptor.

(4) En particular, está prohibido descargar:
- a) sustancias sólidas, incluso trituradas, como inmundicias, virutas, desechos de carnes, desechos de cocina, desechos de la elaboración de la fruta y verdura, arena, cenizas, escorias, lodos de plantas de pretratamiento, contenido de pozos negros;
- b) sustancias que puedan provocar depósitos u obstrucciones en las canalizaciones o adherencias en las paredes;
- c) sustancias inflamables, explosivos (bencina, gas, etc.) en forma sólida, líquida o gaseosa;
- c') sustancias tóxicas o venenosas, sólidas, líquidas o gaseosas, que solas o en combinación con otras puedan dañar o interferir con el proceso de tratamiento, representar un peligro para la salud de los hombres o de animales, o bien representar un peligro para los cuerpos receptores;
- c") sustancias corrosivas o con un pH inferior a 5,5;
- d) desechos de establos o de silos, suero, sangre, contenido de separadores de bencina, aceites y grasas;
- e) grandes cantidades de barniz;
- f) gas y vapores;
- g) aguas surgentes o freáticas;
- h) aguas descargadas por asentamientos productivos que superen los límites de aceptabilidad entregados en el presente reglamento.

(5) Si involuntariamente sustancias prohibidas en (4) llegan, o se teme que llegarán, a las instalaciones de la red de alcantarillado, los propietarios y usuarios de los lotes conectados deben advertir inmediatamente a la autoridad municipal. Los gastos para eliminar las inmisiones abusivas y sus consecuencias, o para impedirlas en el caso que sea posible, son a cargo de los propietarios o usuarios.

(6) Si la calidad o cantidad de las aguas descargadas son modificadas en modo sustancial, el propietario debe dar aviso inmediatamente a la Municipalidad.

(7) Si las instalaciones de la red de alcantarillado no son suficientes para llevar o para tratar las aguas descargadas, la Municipalidad se reserva el derecho de no aceptarlas, a menos que el propietario se declare dispuesto a soportar los gastos adicionales para la ampliación necesaria.

Art. 7 - Conexiones de los lotes privados

Alternativa 1:

(1) La conexión de los lotes privados es realizada, modificada y mantenida por el Ente. El Ente puede permitir la conexión o disponer que los propietarios de los lotes realicen, modifiquen y mantengan total o parcialmente la conexión, los Art. 9 y 11 se aplican en este caso.

Alternativa 2:

(1) La conexión de los lotes privados es realizada, modificada y mantenida por los propietarios del lote; los Art. 9 y 11 se aplican en este caso.

Alternativa 3:

(1) La conexión de los lotes privados es realizada, modificada y mantenida por la Municipalidad. La Municipalidad puede, por la parte de la tubería de conexión que no pertenece al alcantarillado público, permitir bajo petición o disponer por decreto que los propietarios de los lotes realicen, modifiquen y mantengan total o parcialmente la conexión; los Art. 9 y 11 se aplican en este caso.

Alternativa 4:

(1) La conexión de los lotes privados, para la parte que no pertenece al alcantarillado público es, realizada, moficada y mantenida por los propietarios de los lotes.

Alternativa 5:

(1) La conexión de los lotes privados viene realizada, modificada y mantenida por el Ente.

(2) El Ente determina el número, el tipo, el diámetro nominal y el trazado de las tuberías de

conexión. También determina a que canalización pública y a que punto debe conectarse. Para lo cual, toma en cuenta los deseos expresados por los propietarios de los lotes.

(3) La utilización de calles públicas para el trazado de la tubería de conexión es concedida gratuitamnte en la medida necesaria.

(4) El propietario, cuyo lote se debe conectar al alcantarillado público, debe permitir el paso de la tubería de conexión, la construcción de cámaras, instalaciones de medición y construcciones especiales, en la medida que sean necesarias para la correcta conexión.

(5) La demolición de edificios conectados al alcantarillado público deben ser avisadas con anterioridad a la oficina municipal competente, para que pueda remover o cerrar la tubería de conexión.

Art. 8 - Instalaciones de alcantarillado privadas

(1) Cada lote que se encuentra conectado a la red de alcantarillado público debe estar dotado, por parte del propietario de una red interna, a construir, mantener, operar y modificar según las mejores especificaciones técnicas.

(2) Las redes de alcantarillado de las instalciones productivas deben contar con una planta de pretratamiento, en el caso que las descargas no respeten en su origen los límites de aceptabilidad incluidos en este reglamento.

(3) Al final de la red interna, se debe considerar una cámara de control. El Ente puede prescribir que, en el lugar o junto a la cámara de control, se realice una cámara de medición

(4) Si no existe una pendiente natural hasta la canalización pública, el Ente puede obligar al propietario del lote la construcción y la gestión de una planta de elevación para obtener una adecuada evacuación de las aguas de descarga.

(5) Cada usuario conectado debe protegerse del peligro de rebalses de la red de alcantarillado.

(6) Las instalaciones de alcantarillado privado pueden ser construidas, mantenidas y operadas sólo por empresas especializadas.

Art. 9 - Autorizaciones de las instalaciones de alcantarillado privadas

(1) Antes de la construcción o de las modificaciones de las instalaciones de alcantarillado privadas, deben ser presentados al Ente los siguientes documentos con copia:

a) planimetría general del lote a servir, escala 1:1.000;

b) planta de la red escala 1:100, en la que estén indicadas las tuberías, las obras e instalaciones especiales existentes (separadores, estanque de lluvia, planta de clarificación y pretratamiento, etc.);

c) perfil de las tuberías, en escala 1:100, referido al nivel del mar, en el cual sean indicados en particular: cotas del terreno, de las cámaras y de las tuberías, cota máxima de la napa freática, sección y pendiente de las tuberías;

d) además, si se incluyen en el alcantarillado descargas de instalaciones productivas, indicaciones sobre:
   - número de los usuarios y de los habitantes estables en el lote, si las descargas civiles deben ser recogidas junto a las productivas;
   - cantidad y calidad de los materiales de elaboración y de los productos finales;
   - caudal máximo y características cualitativas de las descargas a ingresar;
   - horario en el cual se efectúan las descargas;
   - pretratamiento previsto, con la documentación de respaldo;

   Si es necesario, las indicaciones deben estar complementadas con un plan de economía hídrica (afluente, consumo, recirculación, efluente).

(2) Los proyectos deben corresponder al modelo perteneciente al Ente. Todos los documentos

deben estar firmados por el propietario del lote y por el proyectista.

(3) Si las plantas de alcantarillado privado siguen las prescripciones del presente reglamento, el Ente debe conceder una autorización escrita y restituir una copia de los documentos presentados con su aprobación; la autorización puede estar ligada a condiciones y prescripciones. En caso contrario, la Municipalidad, indicando los problemas, debe dar al propietario un plazo adecuado para su solución; los documentos modificados deben contar con una posterior autorización definitiva.

(4) Las obras de construcción o de modificación de las instalaciones de alcantarillado privado pueden ser iniciadas sólo después de contar con la autorización escrita de la Municipalidad. La que no sustituye otras eventuales autorizaciones prescritas en la ley vigente.

(5) La Municipalidad puede derogar las prescripiones indicadas en los puntos 1 al 4.

Art. 10 - Construcción de las instalaciones de alcantarillado privadas y control de las obras

(1) Los propietarios de los lotes deben anunciar por escrito al Ente, tres días antes, el inicio de las labores de construción, de modificación, de mantención general o de remoción de las instalaciones de alcantarillado privadas, indicando el nombre de la empresa encargada. Si, en caso de retardo, las obras deben iniciarse de inmediato, el inicio debe ser anunciado por escrito dentro de 24 horas.

(2) El Ente ... realiza el control de las obras. Todas las tuberías deben ser cubiertas sólo con la autorización municipal; en caso contrario, bajo una orden de la Municipalidad, deben ser descubiertas.

(3) Para las operaciones de control, los propietarios de los lotes deben disponer de los equipos y materiales necesarios para los obreros.

(4) Los errores encontrados deben ser solucionados por el propietario dentro de un plazo prefijado. La solución a los errores debe ser notificada a la Municipalidad para una verificación.

(5) La autorización indicada en art. 9, punto 3, y el control de las obras por parte de la Municipalidad no desligan al propietario, a la empresa ni al proyectista de las obras de la responsabilidad de un proyecto y una ejecución correcta conforme a las especificaciones.

(6) La entrada en operación de las instalaciones de alcantarillado privadas pueden estar subordinadas al exámen de parte de la oficina municipal respectiva.

Art. 11 - Control de las instalaciones de alcantarillado privadas

(1) La Municipalidad tiene la facultad de controlar las instalaciones de alcantarillado privado, de tomar muestras y de realizar mediciones de caudal. Esto vale también para las tuberías de conexión y para las cámaras de medición, a menos que no esté la Municipalidad a cargo de la mantención. Para tal objetivo, los encargados comunales, que bajo petición deben presentar sus documentos, deben tener asegurado el acceso a todas las instalaciones privadas y se les de entregar toda la información necesaria. Los propietarios son informados de la visita con la mayor anticipación posible, a menos que se trate de efectuar muestreos y mediciones de caudal de las aguas de descarga.

(2) La Municipalidad puede en cualquier momento exigir que las instalaciones de alcantarillado privadas se encuentren en un estado que no molesten a los otros usuarios ni provoquen daños en el alcantarillado público.

(3) Si se trata de descargas de instalaciones productivas o de descargas con características muy diversas a las de descargas civiles comunes, la Municipalidad puede exigir la construcción y la operación de equipos especiales de medición y de control.

(4) Los propietarios deben denunciar inmediatamente a la Municipalidad las alteraciones y daños a las tuberías de conexión, a las cámaras y a los equipos especiales de medición y de control, además de la red de alcantarillado privada y, en especial, a las plantas de pretratamiento.

(5) Las prescripciones de los puntos 1 al 4 valen también para los usuarios de los lotes.

Art. 12 - Clausura de las plantas de disposición autónomas

Los pozos negros deben quedar fuera del servicio público después de la conexión de los lotes a la red de alcantarillado; lo mismo vale para las plantas de clarificación domésticas, apenas las aguas sean tratadas en una planta colectiva. Las otras instalaciones de disposición autónomas, si no corresponden a las disposiciones de los arts. 8 al 10, deben ser retiradas del servicio.

Art. 13 - Alcantarillado doméstico

(1) Las letrinas y urinarios deben contar con un cierre hidráulico y de equipos de caudal adecuado. Cuando se utilicen flujómetros, deben contar con un dispositivo de seguridad que impida el reflujo. Las letrinas deben contar con una ventilación del sifón con una salida en el techo de la casa e independiente del tubo de caída de las aguas servidas.

(2) Las tuberías de descarga de lavamanos, baños y otros equipos para la disposición de las aguas domésticas deben contar con un cierre hidráulico permanente.
Las tuberías destinadas a recoger las descargas de las letrinas, de los urinarios, de los baños y de los aparatos domésticos en general, deben tener una sección proporcioanl al número de descargas conectadas, construidas de material impermeable, resistente a las aguas residuales y contar con juntas herméticas. Todas las tuberías deben ser mantenidas en una perfecta eficiencia y no deben dar lugar a pérdidas ni a infiltraciones.

(3) Las tuberías deben estar conectadas de modo de permitir una fácil inspección y contar con el mismo diámetro en toda su longitud.
En cada tubería de descarga debe ser incluido una tubería hacia el exterior antes de la última entrega, para una ventilación de los tubos y sifones. La ubicación y la altura de la tubería debe ser tal de impedir emanaciones hacia lugares habitados.

(4) Está prohibido ingresar cualquier descarga de aguas servidas en las tuberías de aguas lluvia.

Art. 14 - Pozos negros y plantas de clarificación domésticas

(1) El vaciado de los pozos negros, de las fosas sépticas y de otras plantas de clarificación debe ser hecho con un sistema neumático, de modo que el paso del contenido sea por aspiración directa, sin ninguna dispersión.

(2) Cada vez que el vaciado sea realizado con otros sistemas, está permitido hacerlo sólo de 4 a 6 de la mañana en los meses de abril a septiembre y de 5 a 7 de la mañana en los meses de octubre a marzo. En todo caso se deben evitar las molestias a los vecinos con ruidos o de cualquier forma.

(3) Los pozos negros y las plantas de clarificación domésticas deben ser confiadas, al momento de la concesión de inicio de operación, a una persona responsable, la que deberá demostrar anualmente, mediante la presentación de las boletas de pago, de haber realizado las aspiraciones de los lodos por medio

de una empresa especializada, que deberá disponerlos en lugares propios o pertenecientes a otras empresas, respetando las normas vigentes en la materia. El inspector municipal debe tener un registro de todas las empresas autorizadas para remover los lodos y de las autorizadas para la disposicón final de los mismos.

Alternativa a los puntos 1,2 y 3:
El vaciado y limpieza de los pozos negros, de la fosas sépticas y de otras plantas de clarificación domésticas son controladas por el Ente a intervalos de tiempo de al menos ... veces al año, a costo del propietario. En casos fundados, las intervenciones pueden ser realizadas con menor periodicidad. Si se registran particulares circunstancias y, en el caso de un llenado anticipado, el propietario puede pedir inmediatamente una solución extraordinaria.

Art. 16 - Responsibilidad

(1) El Ente no asume la responsabilidad por daños provocados en el alcantarillado público por rebalses debido a precipitaciones excepcionales.

(2) El Ente asume sólo los daños provocados intencionalmente o por negligencia del personal del cual la Municipalidad misma se sirve para la gestión del alcantarillado público.

(3) Los propietarios y usuarios de los lotes conectados deben realizar un ordenado uso de las instalaciones de alcantarillado privadas, según las prescripciones del presente reglamento. Ellos son responsables ante el Ente por todos los daños que derivan del estado defectuoso de las instalaciones o de su utilización en base al presente reglamento.

EDICIONES UNIVERSIDAD DE CONCEPCION