

CQA 118
c.1

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION GENERAL DE AGUAS
C H I L E

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION CENTRAL DE AGUAS
DEPARTAMENTO DE METEOROLOGIA
SUB-DEPTO. PROC. DE LA INF.
ARCHIVO TECNICO

"CALIDAD DE LAS AGUAS EN LA CUENCA DEL RIO MAIPO"

OFICINA DE INGENIERIA Y PLANIFICACION

- I P L A -

Santiago, Mayo 1976.

DIRECCION GENERAL DE AGUAS
OFICINA DE INGENIERIA Y PLANIFICACION

El presente trabajo encargado por la Dirección General de Aguas del M.O.P. a la Oficina IPLA, ha sido realizado por el siguiente personal :

Inspector D.G.A. :	
Ing. Civil	René Gómez D.
Directores IPLA :	
Ing. Civil	Hernán Baeza S.
Ing. Civil	Luis Court M.
Equipo Técnico IPLA :	
Ing. Jefe del Proyecto	Enrique Munizaga D.
Ing. Civil	Nelson Chavez G.
Asesor de Engineering Science Inc.	Ronald J. Campbell

Santiago, Mayo de 1976.

3.- USOS DEL AGUA Y EFECTOS DE SU CALIDAD

3.1 AGUA POTABLE

3.2 REGADIO

3.3 INDUSTRIA

3.4 MINERIA

3.5 URBANISMO

4.- RECOMENDACIONES PARA EL SANEAMIENTO DE LA CIUDAD

4.1 DISCUSION

4.1.1 El problema económico

4.1.2 Preparación técnica y ambiental

4.2 OBRAS Y ACCIONES INMEDIATAS

4.2.1 Preparación

4.2.2 Tratamiento de residuos industriales
líquidos

4.2.3 Aplicación de la legislación vigente a
los agricultores que utilizan las aguas
servidas

4.2.4 Solución de problemas sanitarios y de
urbanismo

4.3 OBRAS PARA LA PRIMERA ETAPA, INMEDIATAMENTE
PROXIMA

4.4 OBRAS PARA LA SEGUNDA ETAPA

ANEXO - ANALISIS DE LAS AGUAS

1.- RIO MAPOCHO Y ZANJON DE LA AGUADA

2.- RIO MAIPO

3.- RIO CACHAPOAL

4.- AGUA SUBTERRANEA DE SANTIAGO

I N D I C E

1.- INTRODUCCION

1.1 LAS FUENTES PRINCIPALES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

1.2 LOS CURSOS ABIERTOS DEL GRAN SANTIAGO Y LA
COMPOSICION DE SUS AGUAS

1.3 EFECTOS DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS

1.3.1 Efectos en la salud de la población

1.3.2 Efectos en el desarrollo agrícola

1.3.3 Otros efectos

1.4 NECESIDAD DE CONTAR CON CONTROLES CONTINUOS Y
SISTEMATICOS

1.5 ANTECEDENTES DISPONIBLES

1.5.1 Estadística continúa

1.5.2 Informes ocasionales

2.- NORMAS SOBRE CALIDAD DE LAS AGUAS Y APLICACION A LOS CURSOS EXISTENTES

2.1 NORMAS Y CRITERIOS

2.1.1 Normas de calidad del agua potable

2.1.2 Criterios sobre calidad del agua de los cursos
abiertos, naturales y artificiales

2.1.3 Normas de calidad de agua cruda destinada a
ser usada como fuente de agua potable, suje-
ta a tratamiento de purificación

2.1.4 Criterios de calidad de agua para usos agrí-
colas

2.2 ESTADO ACTUAL DE LOS CURSOS EXISTENTES EN RELACION
CON LAS NORMAS

2.2.1 Río Mapocho

2.2.2 Zanjón de la Aguada

2.2.3 Río Maipo

2.2.4 Río Cachapoal

2.2.5 Agua subterránea de Santiago

2.3 LEYES Y REGLAMENTOS

1.- I N T R O D U C C I O N

- 1.1 LAS FUENTES PRINCIPALES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
- 1.2 LOS CURSOS ABIERTOS DEL GRAN SANTIAGO Y LA COMPOSICION DE SUS AGUAS
- 1.3 EFECTOS DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS
- 1.4 NECESIDAD DE CONTAR CON CONTROLES CONTINUOS Y SISTEMATICOS
- 1.5 ANTECEDENTES DISPONIBLES

1.1 LAS FUENTES PRINCIPALES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

Las fuentes principales de recursos de agua con que cuenta la Cuenca de Santiago, corresponden a las aguas superficiales de los ríos Maipo y Mapocho y a las aguas subterráneas que existen en esta parte de la cuenca. Existen además otros esteros menores, cuyo aporte es insignificante frente a los anteriores.

En general la calidad de las aguas de estas fuentes es adecuada para todos los usos. Desde el punto de vista de su utilización en agua potable, las condiciones físicas y sanitarias de ellas, después de ser acondicionadas en plantas de tratamiento, resultan excelentes para el consumo. Sus características químicas sin embargo, exceso de sales minerales no reducibles en plantas de tratamiento, desmejoran notablemente su calidad. Debido a lo anterior, estas aguas suelen provocar trastornos digestivos en las personas no acostumbradas a su consumo (turistas), problemas que si bien son molestos, no presentan mayores dificultades.

El uso de las aguas de estas fuentes en regadío no presenta limitaciones mayores, aún cuando la salinidad de las aguas requiere condiciones adecuadas de drenaje en los terrenos. Existen también indicios de boro en las aguas, que en algunos casos podría hacer aconsejable seleccionar el tipo de cultivo, eligiendo aquellos que presentan cierta resistencia a este elemento.

Para fines industriales las aguas de estas fuentes son bastante duras, pudiendo presentarse problemas para ciertos tipos de procesos. Esta alta dureza provoca también incrustaciones en las tuberías.

1.2 LOS CURSOS ABIERTOS DEL GRAN SANTIAGO Y LA COMPOSICION DE SUS AGUAS

Aparte de los canales que aún cruzan la ciudad, el Canal San Carlos el mayor, el Canal La Punta que le sigue y muchos otros, hay dos cursos naturales que la atraviesan: el río Mapocho y el Zanjón de la Aguada.

Ambos cursos naturales, que originalmente fueron la descarga de las aguas lluvias del área, están transformados hoy día, de uno u otro modo, en colectores de descargas de aguas negras y de desagües industriales.

El Zanjón de la Aguada es en tal forma un curso de aguas negras, que en experiencias realizadas durante una semana de Mayo-Junio de 1972 por varias instituciones, se mostró como un curso séptico, esto es con 0,00 mg/lt de oxígeno disuelto. A juzgar por las manifestaciones externas, de color y olor especialmente, durante gran parte de su curso y una buena porción del año, estas condiciones persisten.

El agua del Mapocho no está aún en tan precarias condiciones. En efecto, puede dividirse su curso en varios tramos de característi-

cas diferentes:

- El curso superior, desde su nacimiento (de la confluencia del río Molina y el Estero San Francisco, recibiendo a poca distancia de esa confluencia el afluente el Arrayán) hasta el Canal San Carlos.
- El curso medio desde la descarga del Canal San Carlos hasta la afluencia del Zanjón de la Aguada.
- El curso inferior desde la descarga del Zanjón de la Aguada hasta la desembocadura en el río Maipo.

En el curso superior el Mapocho recibe las descargas de una compañía minera cuprífera que a veces aporta cierta carga de componentes químicos que degradan su calidad : cobre y arsénico, principalmente. En camino recibe, además, algunas descargas de aguas negras que se diluyen en el caudal inicial, el que por su parte se distribuye en áreas de riego en la parte superior del valle.

En el curso medio recibe el río Mapocho, a través del Canal San Carlos, caudales de regadío destinados a los canales La Pólvora y La Punta, los que son captados en las tomas respectivas. Hacia aguas abajo recibe otras descargas de aguas negras e industriales, que le incorporan contaminantes biológicos y químicos de consideración, variando la composición de las aguas del curso en lo que a calidad respecta, según sea la carga inicial de aguas lluvias que sirve de diluyente. Por otra parte, el régimen torrencial del curso permite la incorporación de oxígeno, elemento

indispensable en la autodepuración biológica y recibe la afluencia del Estero Lampa como elemento diluyente.

En el curso inferior el río Mapocho recibe una nueva carga de contaminación biológica y química, con la incorporación del Zanjón de la Aguada. Entrega la mayor parte de su caudal a varias tomas de canales, fundamentalmente el Canal de Las Mercedes y más adelante, recibe como aporte de aguas, el drenaje natural de napas subterráneas que afloran, lo que contribuye a depurar las aguas del curso en el punto de su afluencia al río Maipo. Este último proceso se efectúa fuera de la ciudad.

1.3 EFECTOS DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS

El estado a que se ha llegado en materia de degradación de la calidad de las aguas en los cursos abiertos que atraviesan la ciudad, tiene efectos nocivos directos; en la población instalada en las riberas o en la vecindad inmediata de los cursos; en la población de toda la ciudad, a través de los alimentos que se ingieren, provenientes de cultivos regados con aguas de esos cursos; indirectos, a lo menos desagradables, por los malos olores y peor aspecto de los cursos mismos; y a largo plazo por el detrimento de los terrenos agrícolas servidos con las aguas contaminadas.

1.3.1 Efectos en la Salud de la Población

Todas las aguas servidas de Santiago, con carga biológica y química, contaminación directa, son usadas en el regadío de terrenos agrícolas. Un agravante de la situación lo constituye el hecho de ser los cultivos preferidos de los agricultores, por su mejor mercado, la hortaliza que crece a flor de tierra, contaminada en su crecimiento por el permanente contacto con el agua y contaminada antes de su venta por el lavado en la misma agua, para mantener su aspecto fresco.

Es un hecho que Santiago tiene el triste privilegio de mantener los más altos índices de morbilidad en enfermedades de origen hídrico; no ocurre lo mismo con la mortalidad, lo que se atribuye a los mayores recursos médicos que dispone la metrópoli para la atención de la salud de su población. Se estima que una de las causas más importantes de este tipo de enfermedades, se debe a la calidad de las aguas de riego de las áreas regadas con aguas negras en las cercanías de la ciudad.

1.3.2 Efectos en el Desarrollo Agrícola

Junto con la carga biológica, los cauces abiertos y por cierto la red de alcantarillado, reciben cierta carga de contaminantes químicos, algunos de alta toxicidad y otros, a lo menos inhibidores de algún tratamiento posterior.

Toda esta carga contaminante, o parte de ella, acumulada por decenios en los terrenos, puede tener efectos en la degradación o contaminación de los suelos, pese a la capacidad autodepuradora de los mismos, autodepuración que se produce, principalmente por el lavado del terreno con los excesos de agua de riego. Para aclarar la posible degradación es necesario realizar continua y metódicamente análisis de los suelos y llevar una estadística que permita establecer conclusiones.

Los análisis de aguas realizados con cierta continuidad en algunas estaciones distribuidas en el área, revelan que, desde el punto de vista agrícola, el agua es de aceptable a buena. Sin embargo es necesario detenerse a considerar uno de los componentes, el boro, al que se le da mucha importancia en países desarrollados, por su influencia en el crecimiento de ciertos cultivos, elemento que está contenido, en algunas fuentes de agua, en cantidades dignas de considerarse como limitantes del desarrollo agrícola.

1.3.3 Otros Efectos

Se debe señalar, como un hecho, la existencia de poblaciones marginales junto al principal curso de aguas negras, Zanjón de la Aguada, aunque se sepa de los buenos propósitos de erradicarlas. Esta erradicación debe realizarse a la brevedad posible por la gran incidencia sanitaria.

ria, de una población que, repartida en la ciudad en sus quehaceres diarios, distribuye contaminación por todo Santiago.

Como otros factores negativos desde el punto de vista turístico, deben señalarse los casos de vecindad inmediata de grandes avenidas y poblaciones con cursos abiertos de aguas negras: la Avenida Isabel Riquelme respecto del Zanjón de la Aguada; la Población Los Nogales respecto del Canal A-H y la Población Quilín respecto del colector Pedro de Valdivia.

1.4 NECESIDAD DE CONTAR CON CONTROLES CONTINUOS Y SISTEMATICOS

Así como ha sido de gran utilidad la información y la toma de muestras rutinarias que se ha realizado en las fuentes de abastecimiento de agua de la ciudad, falta un control similar en los otros cursos tanto naturales como artificiales de la cuenca.

Se han realizado estudios bien coordinados pero ocasionales, entre los cuales se destaca el que se efectuó en 1972, organizado por la CORFO, en el río Mapocho y con la cooperación de varias dependencias estatales y universitarias; pero es necesaria una información más continuada, una verdadera estadística, aún cuando fuera a intervalos largos, unas cuantas veces al año, para tener una idea de las variaciones cíclicas, además del desarrollo a lo largo de los años.

No obstante la carencia de estadísticas, se pueden sacar conclusiones bastante importantes de las informaciones recogidas y las

experiencias realizadas

1.5 ANTECEDENTES DISPONIBLES

1.5.1 Estadística Continuada

- Dirección de Obras Sanitarias ;

La estadística más antigua del país es la que mantiene la Dirección de Obras Sanitarias. Tiene el carácter de permanente y rutinaria en la cuenca de Santiago en el aspecto bacteriológico de los servicios de agua potable de la ciudad. Además se realizan esporádicamente análisis de aguas crudas de cursos de aguas que se han de usar en los servicios.

- Dirección General de Aguas ;

La Dirección General de Aguas examina las aguas desde el punto de vista de conservación del recurso en una red de estaciones a lo largo del país, para lo cual se valorizan los siguientes índices:

Ph	Cloruros	Sodio
Conductancia Específica	Sulfatos	Arsénico
SAR	Aniones	Boro
% Sodio	Cationes	Cobre
Clasificación USSLS	Calcio	Fierro
Bicarbonatos	Magnesio	Nitratos
Carbonatos	Potasio	

La estadística se lleva en las siguientes estaciones de la cuenca del Maipo. Se indica entre paréntesis el año de inicio de la estadística.

. En el Río Mapocho:

1. Río Mapocho antes del Estero Arrayán, (1968)
2. Canal San Carlos antes del Río Mapocho, (1966)
3. Río Mapocho en Rinconada de Maipú, (1966)

. En el Río Maipo :

1. Río Maipo en Bocatoma Queltehues, (1968)
2. Río Maipo antes del Río Volcán, (1966)
3. Río Volcán antes del Río Maipo, (1967)
4. Río Yeso antes del Río Maipo, (1966)
5. Río Maipo después de San Alfonso, (1968)
6. Río Colorado antes del Río Maipo, (1970)
7. Río Maipo en Las Lajas, (1966)
8. Río Clarillo antes del Río Maipo, (1968)
9. Río Maipo en Viluco, (1972)
10. Río Angostura en Angostura, (1968)
11. Río Maipo en San Vicente de Naltahua, (1972)
12. Río Maipo en Puente Melipilla, (1969)
13. Río Maipo en Desembocadura, (1972)

En este informe se recogen además los datos de la cuenca vecina del río Rapel por la incidencia potencial del río Cachapoal con motivo de posibles transvases hacia la hoya del río Maipo.

Estaciones en el Rapel, sub hoya del Cachapoal :

1. Río Cachapoal antes Río Coya, (1967)
2. Río Coya antes Río Cachapoal, (1969)
3. Río Cachapoal en Puente Termas, (1967)

- Empresa de Agua Potable de Santiago :

La Empresa de Agua Potable de Santiago mantiene una estadística físico-químico-sanitaria del agua cruda del río Maipo, captada para el servicio de la ciudad y del agua filtrada y entregada al consumo, estadística tanto más valiosa cuanto mayor es su detalle en unidades de tiempo. Así, por ejemplo, en la turbiedad ha llegado a la determinación horaria. Los índices recogidos para agua cruda son:

Indices Físicos	Indices Químicos	Indices Bacteriológicos
Temperatura	Ph	NMP (100 ml)
Turbiedad	Dureza	
Olor en frio	Alcalinidad Bicarbonatos	
Olor en caliente	Alcalinidad Carbonatos	
Solidos suspendidos	Calcio	
	Magnesio	
	Nitratos	
	Cloruros	
	Sílice	
	Anhídrido Carbónico	
	Fierro	

1.5.2 Informes Ocasionales

Los informes ocasionales realizados en los últimos cinco años, a lo menos los más conocidos, permiten formarse un juicio respecto de las aguas. En el curso de este estudio se considerarán los datos de los siguientes informes:

- Hidrogeología de la Cuenca de Santiago
Instituto de Investigaciones Geológicas. CORFO, 1970.
- Estudio de la Calidad del Agua del Río Mapocho
División de Recursos Hidráulicos. CORFO, 1974.
- Calidad del Agua del Río Cachapoal. Influencia del Mineral El Teniente. Enrique Vallejos Salas. CORFO, 1973.
- Principales Fuentes de Residuos Industriales Líquidos en la Hoya Hidrográfica del Río Maipo. Ing. Mario Castro Frías, Ing. Jaime Saleh Mobarec. Servicio Nacional de Salud, 1973.
- Contaminación por Enterobacteriaceae del Río Mapocho y Canal Las Mercedes. Universidad de Chile, Facultad Ciencias Físicas y Matemáticas Sección Ingeniería Sanitaria, 1973.

**2.- NORMAS SOBRE CALIDAD DE LAS AGUAS Y
APLICACION A LOS CURSOS EXISTENTES.**

2.1 NORMAS Y CRITERIOS

**2.2 ESTADO ACTUAL DE LOS CURSOS
EXISTENTES EN RELACION CON
LAS NORMAS**

2.3 LEYES Y REGLAMENTOS

2.1 NORMAS Y CRITERIOS

Existe en la actualidad un conjunto de normas chilenas sobre la calidad del agua potable. Se refiere a las características que debe reunir el agua entregada al servicio de la comunidad, a través de las redes de agua potable, después de ser sometida a todos los tratamientos que se requieran según sea la calidad de la fuente de suministro. Es la Norma N. Ch 409. Of 70

Otros son los criterios para la calidad del agua en el curso natural, antes de ser tratada; procede en ese caso aplicar la Norma sobre Fuentes de Abastecimiento N. Ch 777. Of 71. Para otros casos, aún cuando no existen normas, hay criterios para juzgar la aptitud de un curso para ser considerado como apto para la recreación en sus múltiples aspectos, para permitir la vida acuática, para considerarlo como fuente de abastecimiento de aguas de riego, etc. A falta de normas sobre esos aspectos, existen proposiciones aceptadas en Seminarios de Estudios de Ingeniería Sanitaria de la Universidad de Chile, sobre todos ellos, a los que se les ha dado el carácter de anteproyectos de normas, mientras se someten a discusión en el seno de la institución de normalización. Se aceptará estos anteproyectos de normas como criterios para juzgar los cursos receptores.

Para el caso específico de la calidad del agua para usos agrícolas, se considerará como criterio de aplicación universal, los recomendados por organismos norteamericanos que clasifican las aguas de acuer-

do a su contenido salino y establecen concentraciones máximas recomendadas de microelementos que pueden ser dañinos para la agricultura.

2.1.1 Normas de Calidad de Agua Potable

Existe una norma de calidad de agua potable la N.Ch 409. Of 70, de 1970. En el Seminario de Normas de la Universidad de Chile sobre estudios y proyectos de Ingeniería Sanitaria se aprobó un anteproyecto que incluye algunos agregados y modificaciones a la norma oficial. Es interesante, por otra parte, comparar ambos cuerpos con las normas oficiales de los Estados Unidos, e incluso con la modificación propuesta en 1973, para estas últimas.

Las normas están vertidas en el Cuadro N° 2.1 pero es interesante comentarlas en general y compararlas con las norteamericanas.

El agua obviamente debe ser clara (turbiedad aceptable 5 unidades Jackson), incolora (máximo tolerable 20 unidades escala Pt-Co), inodora e insabora. No debe tener elementos tóxicos como As, Ba, Cd, Cr, cianuros y otros que se detallan con sus límites, en la tabla; ni elementos que indiquen sospechas de contaminación animal dentro de ciertos límites, como cloruros, nitrógeno de amoníaco, albúmina y nitritos; ni elementos químicos que afectan los trabajos de la pequeña industria, como Fe, Cu y otros; ni inhibidores de futuros tratamientos, elementos radioactivos, excesos de sales en general y algunas en especial, etc. Para todos estos elementos la norma indica cantidades aceptables y tolerables que se

C U A D R O N° 2.1

NORMAS DE CALIDAD DE AGUA POTABLE

Componentes	Chile Vigente NCH 409 Of 70	Chile Propuesto 1975	USA Vigente 1962	USA Propuesto 1973
QUIMICOS (todos en mg/lt)				
Clasificación de Requisitos	MA: Máximo Aceptable MT: Máximo Tolerable	MD: Máximo Deseable MA: Máximo Admisible	M: Obligatorio R: Recomendable	H: Saludable E: Estético
Alquil-Benceno Sulfonato (ABS)	0,5 (MA) (MT)	0,5 (MD) (MA)	0,5 (R)	0,5 (E) Redenominado "Agente Espumante"
Arsénico	0,12	0,12	0,01 (R); 0,05 (M)	0,1 (H)
Bario	1,0	1,0	1,0 (M)	1,0 (H)
Cadmio	0,01	0,01	0,01 (M)	0,01 (H)
Cloruros	200 (MA); 350 (MT)	200 (MD); 350 (MA)	250 (R)	250 (E)
Cobre	1 (MA); 1,5 (MT)	1 (MD); 1,5 (MA)	1,0 (R)	1,0 (E)
Extracto-Carbon-Cloroformo (ECC)	0,2 (MA) (MT)	0,2 (MD) (MA)	0,2 (R)	"Carbon Orgánico Absorbente" 0,7 (H); 3,0 (E)
Cianuros	0,2	0,2	0,01 (R); 0,2 (M)	0,2 (H)
Cromo Hexavalente	0,05	0,05	--	--
Fluoruros	1,2	1,2	--	--
Hierro	0,3 (MA); 0,5 (MT)	0,3 (MD); 0,5 (MA)	0,3 (R)	0,3 (E)
Plomo	0,1	0,1	0,05 (M)	0,05 (H)
Manganeso	0,1 (MA); 0,2 (MT)	0,1 (MD); 0,2 (MA)	0,05 (R)	0,05 (E)
Magnesio	30 (MA); 125 (MT)	30 (MD); 125 (MA)	--	--
Mercurio	--	0,001	--	0,002 (H)
Nitrógeno de Amoniaco	0,25 (MA)	0,25 (MD)	--	--
Nitrógeno de Albúminas	0,1 (MA)	0,1 (MD)	--	--
Nitrógeno de Nitritos	0,004 (MA) (MT)	0,004 (MD) (MA)	--	--

CUADRO N° 2.1 (continuación)

Componentes	Chile Vigente NCH 409 Of 70	Chile Propuesto 1975	USA Vigente 1962	USA Propuesto 1973
Nitrógeno de Nitratos(N)	10(15 en Ag.Subt)	10(15 en Ag.Subt)	45 como NO ₃ (R)	10 como N(H)
Oxígeno Consumido	2,5 (MA)	2,5(MD)	--	--
Ph	6,5 - 9,2	6,5 - 9,2	--	--
<u>PESTICIDAS</u>				
Aldrine	--	--	--	0,001
Chlorodane	--	--	--	0,003
DDT	--	--	--	0,05
Dieldrín	--	--	--	0,001
Endrín	--	--	--	0,0005
Heptachlor	--	--	--	0,0001
Heptachlor Epoxide	--	--	--	0,0001
Lindane	--	--	--	0,005
Methoxychlor	--	--	--	1,0
Toxaphene	--	--	--	0,005
Organophosphate y Carbamate (total)	--	--	--	0,1
<u>HERBICIDAS</u>				
2;3-D	--	--	--	0,02
2;4;5-T	--	--	--	0,002
2;4;5-TP (Silvex)	--	--	0,001(R)	0,03
Fenoles	--	0,001(MD);0,002(MA)	0,001(R)	--
Selenio	0,01	0,01	0,01(M)	0,01(H)
Plata	0,05	0,05	0,05(M)	0,05(H)
Sulfatos	250(MA);400(MT)	250(MD);400(MA)	250(R)	250(E)
Sólidos totales disueltos	500(MA);1.500(MT)	500(MD);1.500(MA)	500(R)	--
Zinc	5(MA) (MT)	5(MD) (MA)	5(R)	5(E)

C U A D R O N° 2.1 (continuación)

Componentes	Chile Vigente NCH 409 Of 70	Chile Propuesto 1975	USA Vigente 1962	USA Propuesto 1973
<u>FISICOS</u>				
Turbiedad	5	5	5(R)	1(H)
Olor	Debe carecer de		3(R)	2(E)
Sabor	olor y sabor de-		--	--
Color	sagradables 20	20	15(R)	15(E)
<u>RADIOACTIVOS</u> (todos en PC/lit)				
Radiaciones Alfa Total	--	--	--	0,5(5 cuando Ra 226 < 0,5)
Radio 226	3	3	--	0,5
Radiaciones Beta Total	1000	--	1000(en ausencia de Estroncio 90)	5(50+K40cuando Estroncio 90 < 5)
Estroncio 90	10	10	10	5
<u>BACTERIOLOGICOS</u>	Ausencia de organismos patógenos. Control Rutinario			

incluyen en el cuadro.

En comparación con las normas de los Estados Unidos, llama la atención la mayor tolerancia de la norma chilena para el arsénico; se acepta hasta 0,12 mg/lt, en circunstancias que en Estados Unidos la exigencia es 0,05 mg/lt. En trabajos del Servicio Nacional de Salud y de la Dirección General de Aguas se usa este último límite como punto de comparación. Convendría disponer de referencias médicas para reafirmar una u otra cifra.

En la comparación se advierte la ausencia de límites aceptables para el mercurio y los fenoles, lo que se ha considerado en un anteproyecto reciente de actualización de la norma. Restan aún por considerar límites para pesticidas y herbicidas.

Finalmente se establecen en la norma, rutinas y parámetros para establecer, a través de análisis bacteriológicos, la posibilidad de contaminación de origen animal.

2.1.2 Criterios sobre Calidad del Agua de los Cursos Abiertos, Naturales y Artificiales

Estos criterios están contenidos en el anteproyecto de Normas de Protección de los Cuerpos de Agua Receptores de Aguas Servidas y Residuos Industriales (1974) como Requisitos de Calidad de Cuerpos Receptores para su uso para diversos fines;

- Recreo, baño y natación
- Navegación deportiva y pesca
- Vida acuática - peces
 - aves
- Riego de :
 - verduras y frutas rastreras
 - cítricos
 - otros cultivos
- Abastecimiento industrial - elaboración de alimentos
 - refrigeración y otros usos

Se agrupan los parámetros, la mayoría con dos límites, aceptable y tolerable, en 5 clases :

1. Bacterias (coliformes)
2. Oxi reducción - expresión del grado de autodepuración o degradación a través de la demanda (D.B.O.) o el contenido de oxígeno (O.D.).
3. Reacción, a través del PH con límite inferior ácido y superior básico.
4. Físicas: turbiedad, color y sólidos suspendidos
5. Químicas: globales a través de sólidos totales y disueltos y contenido de algunos elementos deletéreos.
6. - 7. - 8. Temperatura, olor y gusto

La aplicación de estos parámetros a los cursos que atraviesan la ciudad es del más alto interés. Su detalle se inserta en los Cuadros N°s. 2.2 y 2.3

CUADRO 2.2
REQUISITOS DE CALIDAD DE CUERPOS DE AGUA RECEPTORES DE AGUAS SERVIDAS
Y RESIDUOS INDUSTRIALES LIQUIDOS, DESTINADOS A LOS USOS QUE SE INDICAN⁽¹⁾

CARACTERISTICAS	RECREO, BAÑO Y NATACION		NAVEGACION DEPORTIVA Y PESCA	VIDA ACUATICA			MITI CULTURA (OSTRI. CULTURA Y SIMILIARES)	RIEGO			ABASTECIMIENTO INDUSTRIAL			
	AGUA DULCE	AGUA SALADA		PECES		AVES		VERDURAS Y SIMILARES (FRUTILLAS)	CITRICOS	OTROS CULTIVOS	ELABORACION DE ALIMENTOS		REFRIGERACION Y OTROS USOS	
				AGUA DULCE	AGUA SALADA						AGUA DULCE	AGUA SALADA	AGUA DULCE	AGUA SALADA
1. BACTERIAS (B/100m/l)														
Coliformes (*)	0	100	1.000	1.000	1.000	10.000	0	100	1.000	10.000	(D)	100	100	1.000
Coliformes (**)	500	1.000	10.000	10.000	10.000	100.000	100	1.000	10.000	50.000	(D)	300	1.000	10.000
2. Oxidación (mg/l)														
DBO (5 d. 20°C) *	5	5	10	10	10	10	5				0	1	5	5
DBO 5 d 20°C **	10	10	30	30	30	50	20				2	2	10	20
OD (min. aceptable)	6	5	5	5	5								3	3
OD (min. tolerable)	2	2	5	5	5									
Oxigenación relativa %							50		50					
3. Reacción														
pH (mínimo)	5,5	6,0		5,5	6,5	6,5	6,6	5,5	5,5	5,5	5,5	6,0	5,0	4,0
pH (máximo)	8,5	8,5		9,0	8,5	8,5	8,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	10,0	10,0
4. FISICAS (mg/l)														
Turbiedad *	5	5	10	5	5	10	5				0	5		
Turbiedad **	30	30	50	50	20	100	50				10	10		
Color (*)	10	10	10	5	5	10	10				10	10		
Color (**)	30	30	50	10	20	100	50				30	50		
Sólidos suspendidos (*)	50	50		10	10	50	10				5	10	50	50
Sólidos suspendidos (**)	100	100		70	50	250	100				20	100	150	150
5. QUIMICAS (mg/l)														
Sólidos totales (*)				1.000				500		500	500		1.000	
Sólidos totales (**)				5.000				1.500		1.500	1.500		1.500	
Sólidos disueltos								100		2.000				
Aceite (*)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5
Aceite (**)	1	1	3	5	5	5	1	3	3	3	1	3	10	10
Cl ⁻ (*)				1.000				200	500	250	250			
Cl ⁻ (**)				2.500				750		750	1.000			
F ⁻ (*)								1						
F ⁻ (**)								5						
Metales tóxicos (*)	0,1	0,5		0,5	0,5		0	0,1			(D)	0		
Metales tóxicos (**)	5	5		10	10		0,1	25				0,05		
Fenol (*)	0,005	0,05		0,1	0,5		0,001	0,005			0,001	0,005		
Fenol (**)	0,050	1	10	1,0	5	25	0,010	0,020			0,010	0,050		
Boro (*)									0,5	1,0				
Boro (**)									35	50				
Na % (*)								35		35			90	
Na % (**)								80	75	80				
6. Temperatura (c°)	30	30	20	20			21						30	
7. Olor (máx) (2)	P	P	M	M	M	M	P	F	F	F	P	P	F	F
8. Gusto (máx) (2)	M	D		M	M	M	P				P	P		

1 ANTEPROYECTO DE NORMAS DE PROTECCION DE LOS CUERPOS DE AGUA RECEPTORES DE AGUAS Y RESIDUOS INDUSTRIALES LIQUIDOS.
 " CORFO. Publicación N° 246, Noviembre de 1974

2 CLAVE : D = Desagradable, M = Marcado, P = Perceptible, F = Ofensivo

(D) DEBE CUMPLIR CON LO DISPUESTO EN LA NORMA DE AGUA POTABLE VIGENTE

(*) MAXIMO ACEPTABLE (**) MAXIMO TOLERABLE

C U A D R O N° 2.3

Máximos admisibles de sustancias tóxicas en el agua de cuerpos receptores, cuyos usos principales son : abastecimiento de agua potable, pesca, baño y elaboración de productos alimenticios. (*).

SUBSTANCIA	mg/lt	SUBSTANCIA	mg/lt
Arsénico	0.12	Mercurio orgánico	0.005
Alquilbenceno sulfonato(ABS)	0.5	Metiletilacetona	1.0
Amoniaco	0.1	Nafténicos, ácidos	0.3
Amonio, sales de	5.0	Níquel	0.1
Bario	4.0	Nitratos (N)	12.0
Benceno	0.5	Nitrilacrílico, ácido	2.0
Bencina	0.1	Nitroclorobenceno	0.05
Butílico, alcohol	1.0	Nitroformo	0.01
Cadmio	0.01	Plata	0.02
Cianuros	0.01	Parafina	0.3
Ciclohexano	1.0	Paratión (Tiofos)	0.003
Cinc	15.0	Petróleo y sus derivados, an	
Clorobenceno	0.1	tes de ser desulfurados	0.1
Cloropreno	0.1	Petróleo y sus derivados,	
Cobalto	1.0	desulfurados	0.3
Cobre	3.0	Petróleo y sus derivados	
Cromo Hexavalente	0.05	en solución y emulsión	0.05
Cromo Trivalente	0.5	Picrico, ácido	0.5
DDT técnico (**)	0.2	Piridina	0.2
Diclorobenceno	0.03	Plomo	0.1
Dicloroetano	2.0	Plomo, tetraetilo	0.0
Dimetilformamina	10.0	Resinas	2.0
Dinitrobenceno	0.5	Saponina	0.2
Dinitroclorobenceno	0.5	Selenio	0.05
Dinitronaftaleno	1.0	Sístox-éster tiofosfórico	
Esencia de trementina	0.2	(hercaptofos)	0.02
Estireno	0.1	Sulfuros	0.0
Fenoles (***)	0.001	Sulfuro de carbono	1.0
Fluoruros, como F	1.5	Sulfatos	250
Formaldehído	0.5	Taquinós	10.0
Hexaclorobenceno	0.05	Tetracloruro de carbono	5.0
Hexógeno	0.1	Tetranitrometano	0.5
Hidrógeno sulfurado	0.5	Tributiltiofosfato(metafos)	0.02
Hierro y manganeso	0.3	Triclorobenceno	0.03
Isobutílico, alcohol	1.0	Trinitrotolueno	0.5
Magnesio	100.0	Ursol	0.1
Malatión	0.01	Xileno	0.05

(*) : Anteproyecto de Normas de Protección de los Cuerpos de Agua, Receptores de Aguas Servidas y de Residuos Industriales Líquidos. CORFO Publicación N° 246, Noviembre 1974.

(**) : Si el DDT está disuelto en tetracloruro de benceno o en parafina, se deben considerar las concentraciones máximas permitidas en estos solventes.

(***) : No debe producir olor a clorofenol en aguas potables cloradas.

2.1.3 Normas de Calidad de Agua Cruda destinada a ser usada como Fuente de Agua Potable sujeta a tratamiento de purificación.

Como en la materia del párrafo anterior, se trata de parámetros aplicables a cursos de agua, pero en este caso hay algunas exigencias superiores, aún cuando se trate de agua destinada a un tratamiento por el carácter de su uso final. Las prescripciones corresponden a la Norma N Ch.777 Of 71 Agua Potable. Fuentes de Abastecimiento y Obras de Captación.

Se destaca la importancia de los parámetros de la oxireducción y los índices coli. En cuanto al contenido de elementos químicos no degradables con el tratamiento, especialmente los elementos tóxicos, es evidente que la exigencia debe ser la misma que la indicada en la Norma de Agua Potable (N Ch 409.Of 70).

Los parámetros normalizados para fuentes de agua cruda destinadas a su potabilización se incluyen en el Cuadro N° 2.4.

2.1.4 Criterios de Calidad de Agua para Usos Agrícolas

Conocida la influencia negativa en los cultivos, de aguas con alto contenido de sodio y con alta salinidad, se usan estos conceptos como indicadores de calidad de agua, para usos agrícolas a través de sus índices SAR (razón de adsorción del sodio) y conductancia específica expresada en micromhos/cm a 25° C. El SAR se puede expresar

C U A D R O N° 2.4

LIMITES ACEPTABLES DEL AGUA CRUDA A SER USADA COMO FUENTE DE AGUA POTABLE. (Sujeta a tratamiento)(*)

Designación	Buena	Regular	Deficiente
DBO (5 días) mg/lt			
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 - 5.000	> 5.000
Máximo Diario	> 100 en 5% muestras	> 5.000 en 20% muestras	> 20.000 en 5% muestras
Oxigeno disuelto(mg/lt)	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/lt)	≤ 50	50 - 350	> 350
Fluoruros (mg/lt)	< 1,5	1,5 - 3,0	> 3,0
Compuestos fenolicos (mg/lt)	0	0,005	> 0,005
Color(Unidades esca- la Pt-Co)	0 - 20	20 - 150	> 150
Turbiedad (Unidad Jackson)	0 - 10	10 - 250	> 250

(*) : Norma Chilena NCH 777.Of 71. Agua Potable. Fuentes de Abastecimiento y Obras de Captación. Terminología, Clasificación y Requisitos Generales. Además, las aguas de las fuentes para ser consideradas como buenas, deberán cumplir con los requisitos establecidos en la norma chilena NCH 409.Of 70, en lo relativo a componentes químicos, los que figuran en el Cuadro N° 2.1.

$$SAR = \frac{Na}{\left[\frac{Ca + Mg}{2} \right]^{1/2}}$$

en donde Na, Ca y Mg son las concentraciones de los respectivos iones Sodio, Calcio y Magnesio, medidos en miliequivalentes por litro de agua.

La calidad, según la composición de los índices se expresa gráficamente en el diagrama de la figura siguiente con su cuadro explicativo (Figura N° 2.5)

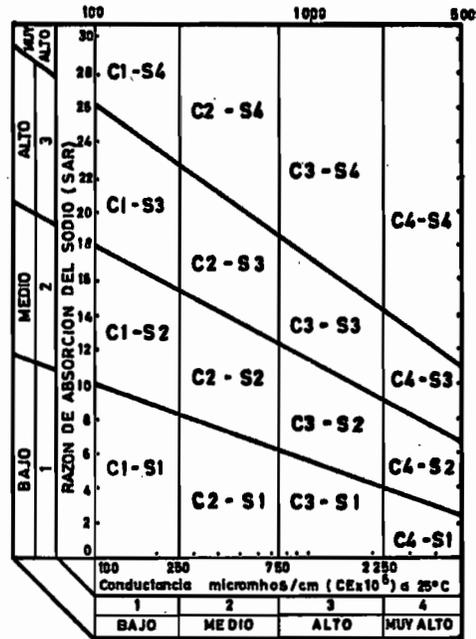
Es también decisivo componente de un agua, el contenido de BORO. Además existen recomendaciones sobre contenido de microelementos. Se reproducen en el cuadro siguiente las recomendaciones sobre estos componentes de la Universidad de California (Cooperativa Extensión, Enero 15, 1975). Cuadro N° 2.6.

2.2 ESTADO ACTUAL DE LOS CURSOS EXISTENTES EN RELACION CON LAS NORMAS

Considerado el conjunto de normas y criterios como patrón general de comparaciones, procede enjuiciar las calidades de las aguas de los cursos de la parte superior de la cuenca del río Maipo y de aquellos que tienen relación con la ciudad de Santiago.

En rigor los cursos naturales que atraviesan la ciudad son sólo dos: río Mapocho y Zanjón de la Aguada. Sin embargo se considerará también la calidad del agua del río Maipo en su curso superior como

FIGURA 2.5
 DIAGRAMA PARA CLASIFICACION DE LAS AGUAS DE RIEGO
 (CLASIFICACION USSLS)*



PELIGRO DE SALINIDAD

INTERPRETACION

SAR	CONDUCTANCIA ESPECIFICA
<p>S1- AGUA BAJA EN SODIO. Puede usarse en mayoría de suelos sin mayores riesgos.-Algunos cultivos sensibles pueden acumular cantidades perjudiciales de sodio.(Algunos frutales.)</p> <p>S2-AGUA MEDIA EN SODIO.- Solo pueden usarse en suelos de textura gruesa o en suelos orgánicos de buena permeabilidad.-</p> <p>S3.-AGUA ALTA EN SODIO.- Puede producir niveles tóxicos de sodio intercambiable en la mayor parte de los suelos por lo que estos necesitarán prácticas especiales de manejo, buen drenaje, fácil lavado y adiciones de materia orgánica.-</p> <p>S4- AGUA MUY ALTA EN SODIO.- Es inadecuada para riego, excepto cuando la salinidad es baja o media y cuando la disolución del calcio del suelo y/o la aplicación de yeso u otros mejoradores no hace antieconomico el empleo de esta clase de aguas</p>	<p>C1- AGUA DE BAJA SALINIDAD.- Puede usarse para riego de la mayor parte de los cultivos, en cualquier tipo de suelo con muy poca probabilidad de que se desarrolle salinidad.-</p> <p>C2.-AGUA DE SALINIDAD MEDIA.-Puede usarse siempre y cuando haya un grado moderado de lavado.-</p> <p>C3- AGUA ALTAMENTE SALINA.- No puede usarse en suelos cuyo drenaje sea deficiente. Aun con drenaje adecuado se pueden necesitar practicas especiales de control de salinidad y en vegetales muy tolerantes a las sales.-</p> <p>C4- AGUA MUY ALTAMENTE SALINA.- No es apropiada para riego bajo condiciones ordinarias, pero si lo es en suelos permeables con drenaje adecuado, con aplicación de excesos de agua para lavado y en cultivos altamente tolerantes a las sales.-</p>

* AGRICULTURAL HANDBOOK N° 60 US DEPARTMENT OF AGRICULTURE

C U A D R O N° 2.6

OTROS CRITERIOS DE CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO (*)

- CONTENIDO DE BORO :

Menos de 0,5 mg/lt	Satisfactorio para todos los cultivos
0,5 - 1,0 mg/lt	Satisfactorio para la mayoría de los cultivos; cultivos sensibles pueden mostrar daño (pueden mostrar daños en las hojas, el rendimiento puede no salir afectado).
1,0 - 2,0 mg/lt	Satisfactorio para cultivos semi-tolerantes. Cultivos sensibles generalmente ven disminuidos el rendimiento y vigor.
2,0 - 10,0 mg/lt	Solo los cultivos tolerantes producen rendimientos satisfactorios.

- MICROELEMENTOS (Concentraciones máximas recomendadas en uso continuo, todos en mg/lt).

Aluminio	5,00	Hierro	5,00
Arsénico	0,10	Plomo	5,00
Berilio	0,10	Litio	2,50
Boro	0,75	Manganeso	0,20
Cadmio	0,01	Molibdeno	0,01
Cromo	0,10	Niquel	0,20
Cobalto	0,05	Selenio	0,02
Cobre	0,20	Vanadio	0,10
Fluor	1,00	Zinc	2,00

(*) : University of California, Cooperative Extension, Enero 15, 1975.

fuentes de suministro de agua potable y regadío, como asimismo la del río Cachapoal como coadyuvante potencial del Maipo, e incluso la de las napas subterráneas susceptibles de captarse con el mismo fin.

En esta tarea, se usarán los antecedentes disponibles, estadística continuada e informes ocasionales a los que se hizo referencia en el capítulo anterior.

2.2.1 Río Mapocho

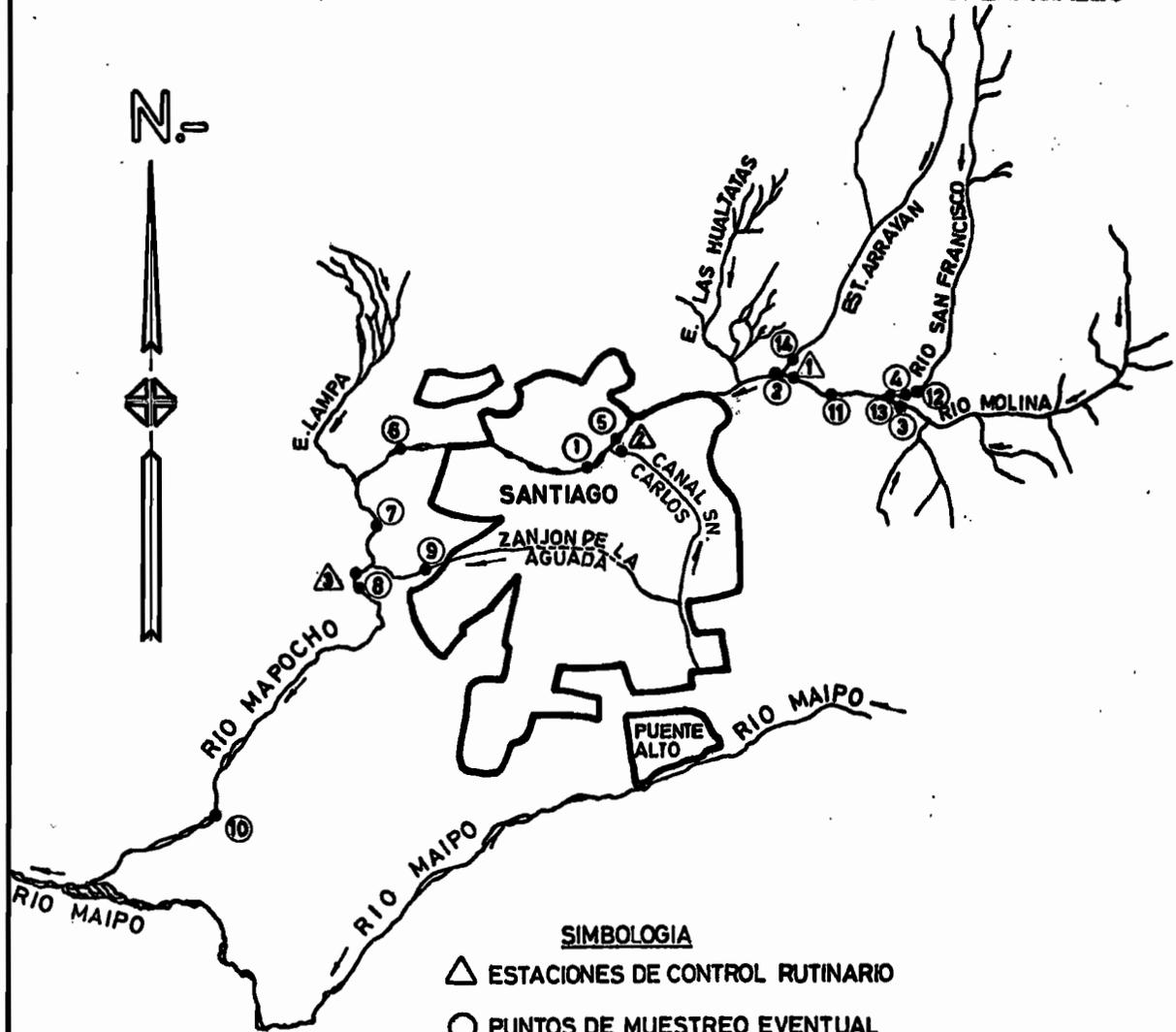
El río Mapocho se ha dividido para los efectos de considerar la calidad de sus aguas, en tres tramos como se indicó en el primer capítulo.

La ubicación geográfica de las estaciones de control de calidad del agua así como los de muestreo eventual se indican en la Figura N° 2.7.

Se advierte que la disponibilidad de datos en relación con los diversos tramos es la siguiente:

- En el curso superior y en la zona de alimentación
 - . Estación de control rutinario de la D.G.A. :
 - . Río Mapocho antes de la confluencia del Estero Arrayán
 - . Muestreos eventuales de la D.O.S. :
 - . En el río Molina (afluente, zona de alimentación)
 - . En el río San Francisco (afluente, zona de alimentación)

FIGURA 2.7
CALIDAD DEL AGUA. RIO MAPOCHO.
PRICIPALES PUNTOS EN QUE EXISTEN ANALISIS DE LAS AGUAS SUPERFICIALES



SIMBOLOGIA

△ ESTACIONES DE CONTROL RUTINARIO

○ PUNTOS DE MUESTREO EVENTUAL

CONTROL RUTINARIO

- 1 RIO MAPOCHO ANTES ESTERO ARRAYAN (DGA)
- 2 CANAL SN. CARLOS ANTES RIO MAPOCHO (DGA)
- 3 RIO MAPOCHO EN RINCONADA DE MAIPU (DGA)

MUESTREO EVENTUAL

- 1 MAPOCHO EN PLAZA ITALIA (DOS)
- 2 MAPOCHO AGUAS ARRIBA PUENTE SAN ENRIQUE (DOS)
- 3 RIO MOLINA (DOS)
- 4 RIO SAN FRANCISCO (DOS)
- 5 MAPOCHO ANTES CANAL SAN CARLOS (CORFO)
- 6 MAPOCHO EN PUENTE PUDAHUEL (CORFO)
- 7 MAPOCHO DESPUES PUNTILLA AFRICANA (CORFO)
- 8 MAPOCHO EN BOCATOMA CANAL LAS MERCEDES (CORFO)
- 9 ZANJON DE LA AGUADA EN PAJARITOS (CORFO)
- 10 MAPOCHO EN EL MONTE (HIDROGEOLOGIA)
- 11 MAPOCHO EN PUENTE ÑILHUE (HIDROGEOLOGIA)
- 12 SAN FRANCISCO EN LA ERMITA (HIDROGEOLOGIA)
- 13 MOLINA EN LA ERMITA (HIDROGEOLOGIA)
- 14 ESTERO ARRAYAN ANTES MAPOCHO (HIDROGEOLOGIA)

- . En el Mapocho antes de la confluencia con el Estero Arrayán
- . Muestreos eventuales de CORFO (⊗)
 - . En el río Molina (afluente, zona de alimentación) (⊗)
 - . En el río San Francisco (afluente, zona de alimentación) (⊗)
 - . En el Estero Arrayán (afluente, zona de alimentación) (⊗)
 - . En el Mapocho, puente Ñilhue (⊗)
 - . En el Mapocho antes del Canal San Carlos (⊗)

Con la base, muy importante, de la estadística de la D.G.A. y el apoyo de los muestreos eventuales se puede tener un regular conocimiento de la calidad en este tramo, a lo menos en el aspecto físico-químico.

- En el curso medio
 - . Estación de control rutinario de la D.G.A. :
 - . Canal San Carlos antes de caer al río Mapocho
 - . Muestreos eventuales D.O.S. :
 - . En el río Mapocho, Plaza Italia
 - . Muestreos eventuales de la CORFO : (⊗)
 - . En el río Mapocho en Puente Pudahuel
 - . En el río Mapocho después de la Puntilla La Africana
 - . En el Zanjón de la Aguada en Pajaritos

(⊗) : Hidrogeología de la Cuenca de Santiago. CORFO.

(⊗) : Estudio de la Calidad del Agua del Río Mapocho. CORFO.

Los muestreos CORFO en conjunto con el último punto del tramo anterior y el primero del tramo que sigue, constituyen una valiosa estimación, materia de un informe especial sobre el Mapocho (*), de la degradación de la calidad del Mapocho en el aspecto bioquímico sanitario. El aporte del control rutinario de la D.G.A. completa el cuadro con los datos del aporte del Canal San Carlos al río Mapocho en este tramo.

- En el curso inferior
 - . Estación de control rutinario de la D.G.A.
 - . Río Mapocho en Rinconada de Maipú
 - . Muestreos eventuales
 - . En el río Mapocho, bocatoma del Canal de Las Mercedes
 - . En el río Mapocho, en El Monte

Con lo anterior se completa el cuadro en el aspecto químico-sanitario.

2.2.1.1 Curso Superior

La calidad física en general y su variación con el tiempo, se aprecian a través de una estadística de sólidos suspendidos (S.S.) tomada durante 10 meses entre Octubre de 1974 y Julio de 1975. Es evidente que la carga contaminante, expresada a través del total de sólidos suspendidos se relaciona directamente con los caudales del río (ver Gráfico N° 2.8)

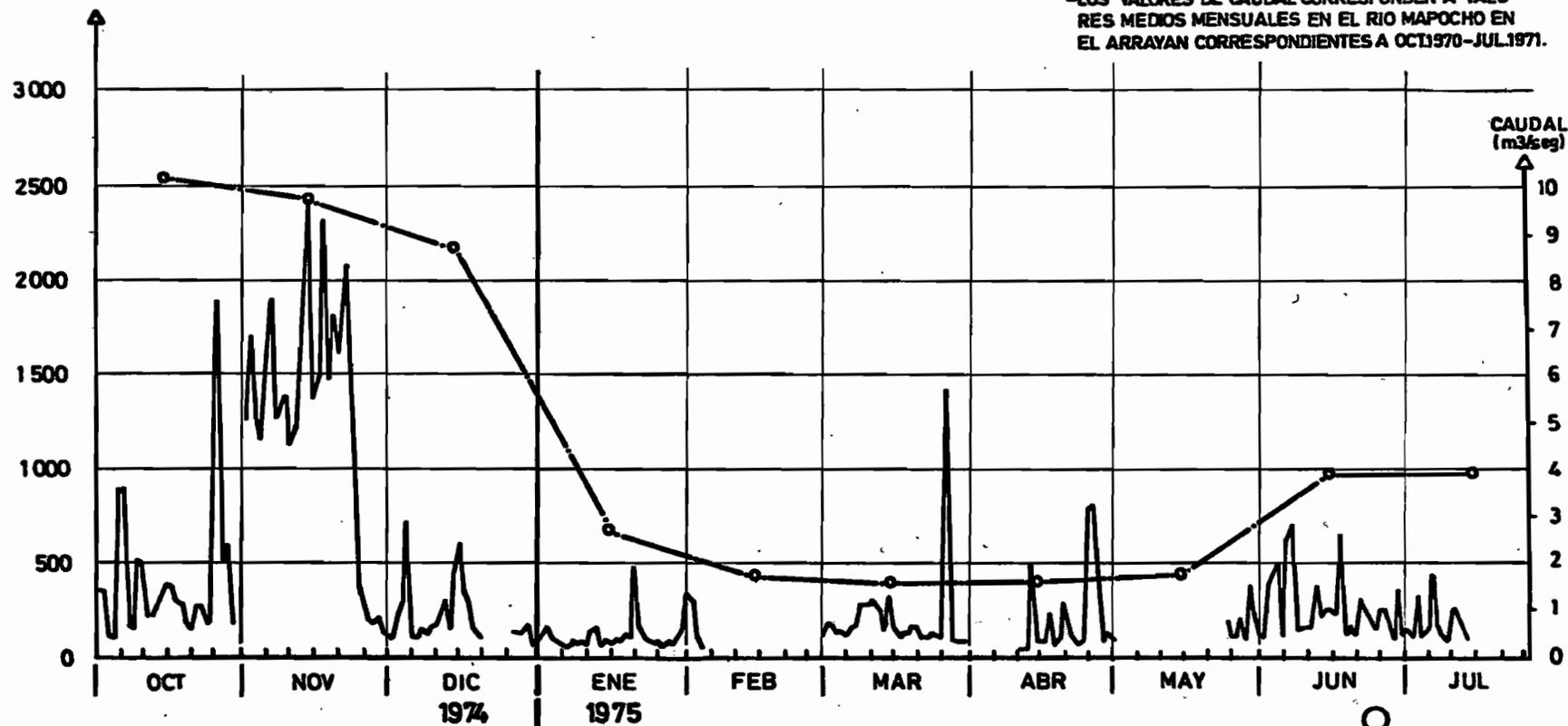
(*) : Informe citado que se titula "Estudio de la Calidad del Agua del Río Mapocho". CORFO, 1974.

GRAFICO 2.8

VARIACIONES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RIO MAPOCHO CURSO SUPERIOR
(RIO MAPOCHO ANTES DEL ESTERO ARRAYAN*)

SOLIDOS EN
SUSPENSION
(ppm)

NOTA :-LOS VALORES DE SOLIDOS EN SUSPENSION FUERON
MEDIDOS ENTRE OCTUBRE DE 1974 y JULIO DE 1975.
-LOS VALORES DE CAUDAL CORRESPONDEN A VALO-
RES MEDIOS MENSUALES EN EL RIO MAPOCHO EN
EL ARRAYAN CORRESPONDIENTES A OCT1970-JUL1971.



— CAUDALES
— SOLIDOS EN SUSPENSION

El parámetro (S.S.) indica que el agua es apta para ser usada en agua potable con tratamiento, el que debe ser intensivo en los meses de caudales de deshielos : Noviembre, desde luego y a veces Noviembre y Diciembre.

Dicho sea de paso, el funcionamiento de la Planta de Filtros de Agua Potable de El Arrayán (el otro afluente importante en el nacimiento del Mapocho) confirma lo anterior: el agua es de buena calidad, como para no requerir coagulación en casi todo el año, salvo en los meses de deshielos en que la planta tiene plena justificación.

Revisando más al detalle la estadística de la D.G.A., a través de 72 muestras obtenidas entre los años 1968 y 1975 (Resumen en Anexo Cuadro N° 1) se constatan los valores medios anuales siguientes:

- Ph variable entre 7.10 y 7.50 (con un año excepcional de 6.80)
agua en general moderadamente básica.
- Conductancia Específica variable de 251 a 387; promedio 303 todo en micromho/cm a 25°C.
- SAR variable de 0,24 a 0,38 (con un año excepcional de 0,88)
- % Sodio variable de 8 a 16 (excep. 23)
- Clasificación USSLS, los índices de conductancia y SAR dan una calidad C₂-S₁ en todo el tiempo. Apta para uso en la mayoría de los suelos siendo conveniente un grado moderado de lavado.
- Bicarbonatos mg/lt variable de 19,5 a 67,7; promedio 48,1
- Carbonatos mg/lt - cero -
- Sulfatos mg/lt variable de 54,3 a 157,5; promedio 97,2

- Calcio mg/lt variable de 29,9 a 51,9; promedio 40,8
- Magnesio mg/lt variable de 6,3 a 21,6; promedio 9,4

Parece ser agua moderadamente dura con mayor dureza permanente que temporal pero con cantidad aceptable de sulfatos, adecuada como calidad química de agua potable.

- Cloruros mg/lt variable de 7,4 a 20,6; promedio 13,1
- Sodio mg/lt variable de 7,6 a 29,9; promedio 11,7
- Potasio mg/lt variable de 0,78 a 1,96; promedio 1,46 (aceptable para agua potable)
- NO_3 mg/lt registrado en 1975 con promedio 1,05 en 16 muestras. Aceptable para agua potable (con grandes cantidades de NO_3 sobre 45 p.p.m., se puede producir en los niños menores de 2 meses la enfermedad llamada metahemoglobinemia).
- Cobre mg/lt variable de 0,0 a 3,94; promedio 0,93
- Arsénico mg/lt variable de 0,004 a 0,028; promedio 0,016

El cobre, en promedio general está muy próximo al valor máximo aceptable (1,5 mg/lt) pero el promedio anual fué, en 1974 muy alto, más del doble de lo tolerable con un máximo puntual de 16,3 mg/lt.

El arsénico tiene un promedio dentro de lo aceptable pero hay máximos puntuales 10 veces mayores que el máximo tolerable según la norma chilena (1,2 mg/lt) y 25 veces mayor que la tolerable según normas internacionales (0,05 mg/lt). Como se puede visualizar en los Gráficos

N°s 2.9 y 2.10 los máximos se produjeron en los meses siguientes: cobre en Enero de 1975 y arsénico en Noviembre de 1974; la temporada de valores altos en los dos casos se produce entre la primera quincena de Octubre y la primera de Diciembre de 1975.

- Boro variable de 0,0 a 1,19; promedio 0,65

El contenido de boro, en relación con el regadío es aceptable en promedio aunque en algunos años puede provocar problemas en rendimiento de ciertos cultivos, aún cuando no muy graves.

La mayor preocupación, en el curso superior del Mapocho, la constituye la presencia de cobre y arsénico debido, sin duda, al arrastre ocasional, con motivo de las crecidas, de relaves de la Compañía Minera La Disputada que son evacuados al Estero San Francisco. Los análisis físico químico sanitarios de la D.O.S. no acusan la presencia de estos elementos por las épocas en que fueron tomadas las muestras. Pero es evidente que es necesario controlar esta contaminación.

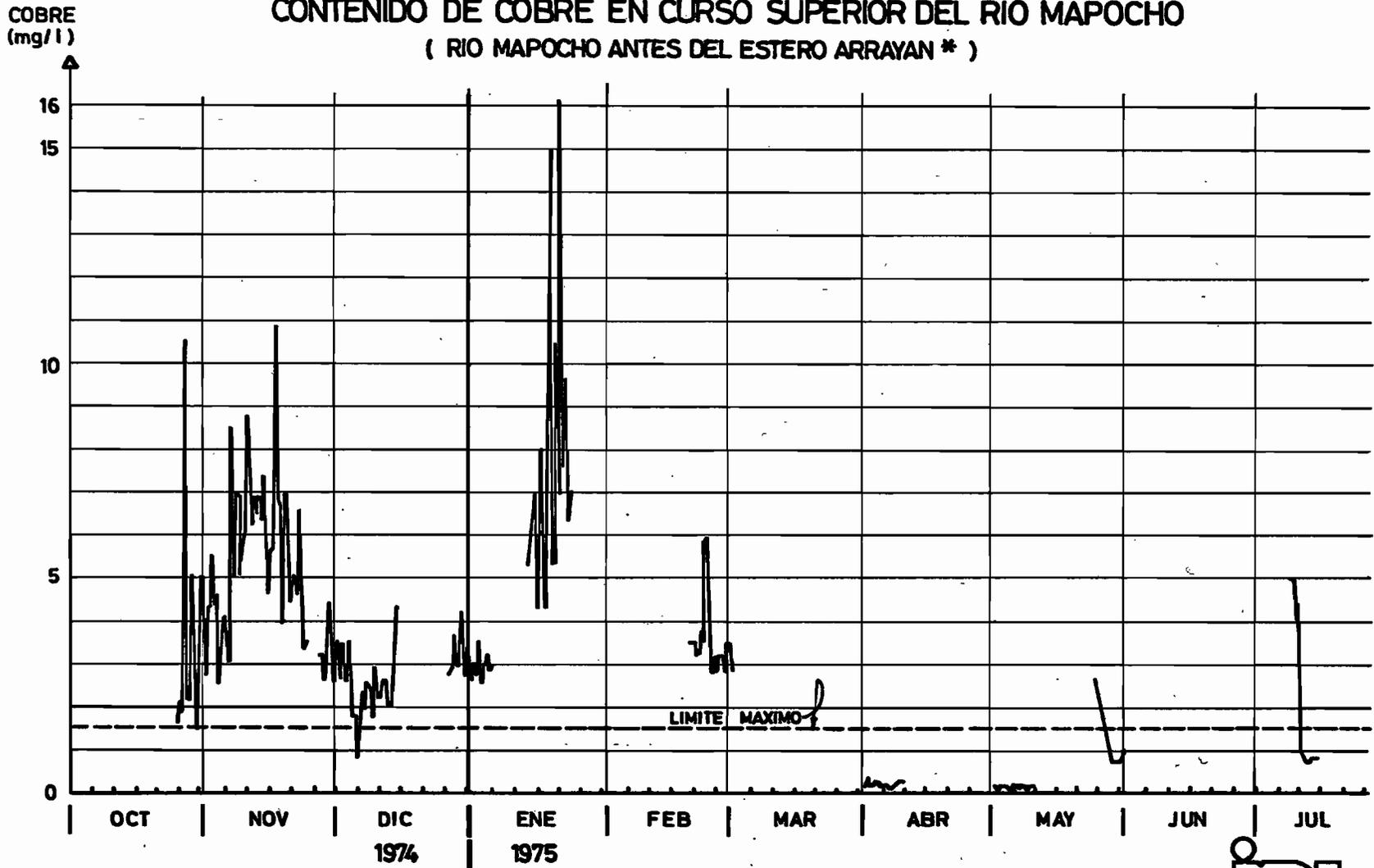
Se acompaña un cuadro con calidades registradas en análisis D.O.S. que no merecen mayores comentarios que los generales ya hechos, Cuadro N° 3 del Anexo.

2.2.1.2 Curso Medio

A lo largo del curso superior, el río Mapocho va haciendo entrega de sus caudales para alimentar las plantas de agua potable y los sistemas de regadío, quedando un pequeño saldo que llega al curso medio pa-

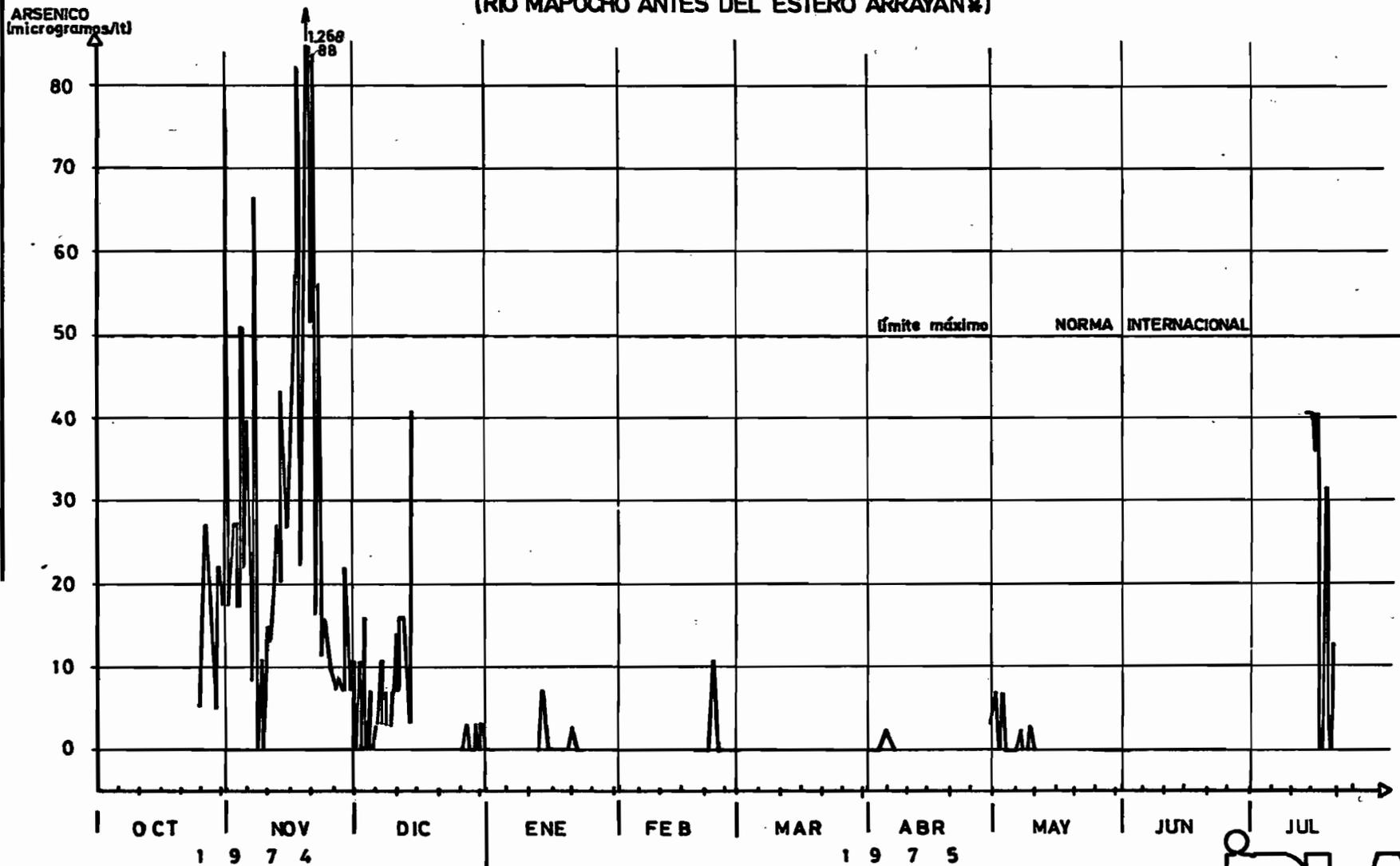
GRAFICO 2.9

CONTENIDO DE COBRE EN CURSO SUPERIOR DEL RIO MAPOCHO
(RIO MAPOCHO ANTES DEL ESTERO ARRAYAN *)



-55-

GRAFICO 2.10
 CONTENIDO DE ARSENICO EN CURSO SUPERIOR DEL RIO MAPOCHO
 (RIO MAPOCHO ANTES DEL ESTERO ARRAYAN*)



*LABORATORIO HIDROLOGICO DE LA DIRECCION GENERAL DE AGUAS

ra juntarse con el caudal del Canal San Carlos. Esto es lo que ocurre en la mayor parte del año, produciéndose la salvedad sólo en las épocas de deshielo en que ambos caudales son comparables. Por eso la estación D.G.A. en el Canal San Carlos antes de la confluencia es representativa del punto inicial del curso medio.

La calidad físico-química, en la confluencia, es la del río Maipo en las Vizcachas, apenas atenuada en su aspecto físico por alguna sedimentación a lo largo del Canal San Carlos. Un parámetro que destaca la influencia de este canal en la calidad de las aguas del río Mapocho es la dureza. El Mapocho antes de la confluencia con el Canal San Carlos presenta aguas moderadamente duras, mientras que después de ella, sus aguas son muy duras (característica típica de las aguas del río Maipo).

La estadística de la D.G.A., en la estación ya mencionada arroja los siguientes valores medios anuales (Cuadro N° 1 del Anexo)

- Ph variable entre 7,38 y 7,88; agua básica
- Conductancia específica variable de 874 a 1.840; promedio 1.223
- SAR variable de 1,94 a 3,17; promedio 2,34
- % Sodio variable de 31 a 41; promedio 36
- Clasificación USSLS, los índices de conductancia y SAR dan una clasificación C₃-S₁

Agua altamente salina aunque de aceptable contenido en sodio que, de usarse en regadío, requiere un drenaje eficiente.

- Bicarbonatos mg/lt variable de 114,1 a 152,8; promedio 127,4
- Carbonatos mg/lt variable de 0,0 a 0,3; promedio 0,08

- Sulfatos mg/lt variable de 159,5 a 528,3; promedio 286,1
- Calcio mg/lt variable de 97,6 a 172,5; promedio 129,8
- Magnesio mg/lt variable de 12,2 a 26,8; promedio 20,5
- Sodio mg/lt variable de 79,1 a 174,7; promedio 109,3
- Potasio mg/lt variable de 2,35 a 5,47; promedio 3,72
- Cloruros mg/lt variable de 130,1 a 351; promedio 187,4

Aunque no es dable considerar la calidad para su uso en agua potable, debido a su contaminación orgánica hay que consignar que el agua es dura, con alto contenido de sulfatos.

- Cobre mg/lt. En sólo un año, de cuatro que se hicieron análisis se registró su presencia y con una cantidad baja: 0,05 mg/lt.
- Arsénico. No hay análisis
- Nitratos. En el año 1975, se registró 4,88 mg/lt
Los dos componentes analizados no dan motivo de preocupación.
- Boro mg/lt, variable de 0,0 a 1,88; promedio 0,65

Promedio aceptable, aunque en algunos años puede haber problemas en los rendimientos de ciertos cultivos.

En el curso medio debe preocupar la contaminación del río, provocada por las descargas de aguas servidas que abundan en este tramo, las que entregan al curso una cantidad apreciable de aguas negras de origen doméstico que inciden en una contaminación biológica y también entregan un caudal importante de residuos industriales líquidos, desechos sin

tratar, de un buen número de industrias ubicadas en la zona urbana de Santiago, los que degradan también la calidad del agua, e incorporan elementos extraños.

De los antecedentes de calidad con que se cuenta, los más antiguos corresponden a un muestreo efectuado por la Dirección de Obras Sanitarias en Plaza Italia con cierta frecuencia durante los años 1959 y 1960 (Cuadro N° 2 del Anexo).

Por la ubicación del punto de muestreo, aguas arriba de la mayoría de las descargas de alcantarillado, se desprende que no debería detectarse valores altos de contaminación. En efecto, el contenido de materia orgánica, representada por los residuos volátiles en general no es muy alto; en cambio sí son altos los contenidos de materia inorgánica, característico en los ríos centrales de Chile por el gran arrastre de partículas en suspensión y de sólidos disueltos.

Sin embargo en otros análisis más recientes existen muestras de contaminación en los valores de Oxígeno Consumido con un promedio 5,3 (el agua potable exige como máximo 2,5); Demanda Bioquímica de Oxígeno, promedio 28,8 mg/lt, valor inaceptable para agua potable, natación, vida acuática y abastecimiento industrial; y algunas formas del nitrógeno, especialmente nitritos. Por último, y quizás lo más notable en éstos análisis, el oxígeno disuelto presenta valores extremadamente bajos; en siete determinaciones se detectaron pequeñas variaciones entre 1,44 y 1,85 mg/lt; promedio 1,58 mg/lt. Este valor deja esta agua incapacitada para la mayoría

de los usos pues demostraría una gran contaminación, muy cercana a las condiciones sépticas, lo que no estaría de acuerdo con los resultados entregados por un estudio más reciente (*). Estos valores bajos para el oxígeno disuelto podrían en parte atribuirse a la demora en la determinación de este parámetro en laboratorio, que en la mayoría de los casos fué superior a un día, siendo este parámetro normalmente determinado en terreno. Sin embargo en general la duda subsiste.

El intento más importante de analizar la calidad del agua del río Mapocho fué realizado por el Departamento de Recursos Hidráulicos de la CORFO durante el año 1972. Se hizo una serie de análisis en distintos puntos del río, en colaboración con otros laboratorios. En el Cuadro N° 4 del Anexo se incluye un resumen de todos los análisis efectuados.

El aspecto más importante en este tramo del río es la contaminación producida por las aguas servidas domésticas y los residuos industriales, contaminación que naturalmente va en aumento a medida que se van incorporando más descargas al río, como queda de manifiesto en los siguientes aspectos

- Dsiminución continua del contenido de oxígeno disuelto desde 9,6 mg/lt antes del Canal San Carlos hasta 3,7 en Puente Pudahuel y disminución brusca a 1,9 mg/lt después del agregado de aguas del Zanjón de la Aguada.
- La mayor parte de los índices de contaminación :DBO, DQO, Fenoles, Detergentes, Fosfatos, Residuos Totales Volátiles y el Cromo Hexa-

(*) : Calidad del Agua del Río Mapocho. CORFO, 1974.

valente, se caracterizan por su incremento a medida que el río cruza la ciudad; por una disminución detectada en La Africana debido a la incorporación del Estero Lampa, afluente del Mapocho y por un nuevo repunte producto de la mezcla con las aguas del Zanjón de la Aguada. Esto se aprecia claramente en el cuadro siguiente:

I n d i c e s	Antes del Ca- nal Sn.Carlos	En Puente Pudahuel	Después de La Africana	En Bocatoma C.Las Mercedes
	(valores en mg/lt)			
DBO	31,7	46,7	26,7	46,7
DQO	69,5	88,0	77,8	119,3
Fenoles	0,002	0,021	0,010	0,029
Detergentes (ABS)	1,57	6,12	4,3	10,9
Fosfatos	0,38	1,07	0,62	1,47
Residuos Totales Volátiles	69	120	117	135
Cromo Hexavalente	0,05	0,49	0,20	0,30

Como es natural, la contaminación es máxima después del agregado de aguas del Zanjón de la Aguada (excepto para el Cromo Hexavalente) y mínima antes del Canal San Carlos. Las sustancias limitadas en las normas de agua potable como los fenoles, ABS y cromo hexavalente, son exce-didos a lo largo de todo el tramo.

Otras características de las aguas en este tramo del río Mapocho:

- Disminución del contenido de cobre y fierro a lo largo del curso, el primero desde 0,61 a 0,24 y el segundo desde 1,19 a 0,64; hecho atribuible a la dilución por los aportes del Canal San Carlos y Estero Lampa, dilución que no obstante no le permite al fierro llegar a concentraciones tan bajas como las exigidas para agua potable (0,3 a 0,5 mg/lt).

Con respecto al cobre, este tiene concentraciones bajo las normas de agua potable (1 a 1,5) pero sí excede las recomendaciones para el riego continuo (0,2). Además, su concentración sube un tanto, al parecer después de la afluencia del Zanjón de la Aguada. Esto podría atribuirse a dicha descarga o también a la Mina de Cobre La Africana que tiene descargas de residuos al río Mapocho aguas arriba de ese punto.

- Las aguas del río Mapocho en este tramo presentan un aumento en general del contenido salino : sólidos disueltos de 631 a 951; conductancia específica, desde 800 hasta 1.310; cloruros de 142 a 220; magnesio de 13 a 32,4. También muestran un incremento, por las aguas aportadas por el Canal San Carlos, en la cantidad de sólidos: residuo total de 792 a 1.390; residuos fijos totales de 722 a 1.265; residuos suspendidos de 189 a 505. Este incremento sin embargo se ve atenuado en el desarrollo del curso y es así como a la altura de La Africana el contenido de sólidos es un tanto inferior al presente en el Puente Pudahuel, efecto que se vuelve a repetir en Bocato- ma de Canal Las Mercedes donde es aún menor.

- Por último, las aguas del río Mapocho presentan microorganismos en cantidades bastante apreciables en todo su trayecto. Los menores se detectan antes del Canal San Carlos con un índice Coli Fecal (NMP/100 ml) del orden de 6×10^4 y los mayores en Bocatoma de Canal Las Mercedes, del orden de 6×10^{12} , lo que las hace inadmisibles para regadío.

Se sabe que el río Mapocho en una parte de este tramo, sirve como vía a las aguas provenientes desde el río Maipo, a través del Canal San Carlos y que van a regar áreas en el Norte de Santiago, fundamentalmente con el Canal La Punta que tiene una toma directa desde el río Mapocho. Además, el Canal San Carlos cruza el río y surte al Canal El Carmen que también riega una extensa zona agrícola del Norte de Santiago.

Con el objeto de detectar probables contaminaciones biológicas del Canal San Carlos, que por una parte incidiría en un incremento del problema del río Mapocho y que por otro significaría estar regando las áreas mencionadas con aguas contaminadas, para objeto de este estudio, se encargó al Laboratorio Central de la Dirección de Obras Sanitarias, el análisis de muestras recogidas en ese canal y también en los canales El Carmen y La Punta. Los resultados fueron los que se indican:

L u g a r	Colonias por ml		Bacilo Coli (por 10 ml)	
	37°C 24 h	20-22°C 48 h	Número Indicado	Número más Probable
Bocatoma Canal San Carlos	7	1.200	70,0	110,0
Canal San Carlos en Quebrada de Macul	170	2.700	100,0	110,0
Canal San Carlos en Puente Peñalolén	200	5.600	500,0	- (*)
Canal San Carlos en C.C.U.	3.450	62.000	1.000,0	-
Canal El Carmen en final Recoleta	4.300	80.000	1.000,0	-
Canal El Carmen en El Alba	550	25.600	1.000,0	-
Canal La Punta en Bocatoma	900	20.000	1.000,0	-

Como se desprende de la tabla, la contaminación del Canal San Carlos es evidente, lo que no era difícil esperar por presentar un trazado urbano y por lo tanto estar expuesto a que se vacien en él toda clase de desperdicios. Lo que sí es notable, son los resultados obtenidos en C.C.U. (Compañía Cervecerías Unidas), esto es, antes de su descarga al río Mapocho. En ese punto, el Canal San Carlos experimenta un fuerte aumento en su carga biológica, hecho atribuible a la descarga al canal de un colector de alcantarillado a la altura de Vitacura. En efecto, se trata de una tubería de alcantarillado que por no contar su continuación con suficiente capacidad, hasta el Zanjón de la Aguada, como debía ser, fué objeto de obstrucción y en consecuencia, sus aguas se están incorporando al Canal San

(*): A partir de este lugar, el Número más Probable es superior a 110 y se escapa de las posibilidades de detección en el Laboratorio.

Carlos.

Esto trae consigo que el Canal El Carmen se encuentre contaminado como también se aprecia en la tabla precedente y que el río Mapocho esté recibiendo una descarga más de aguas negras. Además, el Canal La Punta, al captar sus aguas desde el río Mapocho, luego de gran número de descargas de alcantarillado y de aguas servidas, está regando con aguas fuertemente contaminadas, con el agravante de un trazado urbano que sirve de colector de gran cantidad de basuras y muy probablemente de residuos industriales.

2.2.3.3 Curso Superior

Está definido como la continuación del río Mapocho desde el Zanjón de la Aguada hasta la confluencia con el río Maipo.

En este tramo se cuenta con análisis en tres puntos, provenientes de tres fuentes de información diferentes:

- Bocatoma del Canal Las Mercedes. Estudio de CORFO ya referido y que se ha comentado como término del curso medio.
- Control rutinario de la D.G.A. en Rinconada de Maipú
- Muestreos eventuales (cuatro análisis) antes de la desembocadura, en El Monte.

La característica más sobresaliente de la calidad del agua en este tramo es la fuerte contaminación que existe en sus comienzos, pro-

ducto de la concentración de todas las descargas de la ciudad de Santiago en ese punto. Es conveniente destacar que justamente en este lugar, capta sus aguas el Canal Las Mercedes que va a regar una extensa zona agrícola con un recorrido cercano a los 60 km durante el cual, sigue existiendo contaminación de origen fecal (⌘).

Los análisis existentes no permiten formarse una idea de la variación, en el tramo, de la carga física. Se estima que debe ser importante pues en esta zona practicamente nace un nuevo río, producto de las recuperaciones de riego y afloramientos de agua subterránea, lo que debería hacer bajar notablemente la carga física. Con respecto a la variación de las características químicas, con los antecedentes que se dispone en El Monte, se observa que esa variación es mínima, lo que confirma la tabla resumen que se acompaña.

CALIDAD DE AGUA RIO MAPOCHO. CURSO INFERIOR
(valores en mg/lt)

Parámetro	Rinconada de Maipú	Bocatoma Canal Las Mercedes	El Monte
Sólidos disueltos	-	951	984
Calcio	136,1	115	181
Magnesio	27,5	32,4	25
Sodio	103,6	145,6	81
Potasio	6,3	6,8	5,9
Bicarbonatos	180,4	264,5	219
Carbonatos	0,5	0,0	0,0
Sulfatos	247,6	275,3	304,0
Cloruros	182,9	219,5	160,0
Nitratos	11,7	0,62	16,0
Ph	7,39	7,20	7,18

(⌘) : Contaminación por Enterobacteriaceas del río Mapocho y Canal Las Mercedes. U.de Chile, Fac.de Ciencias Físicas y Matemáticas. 1973.

2.2.2 Zanjón de la Aguada

El Zanjón de la Aguada, curso natural que nace en el cordón de Cerros Cordillleranos central, en la Quebrada de Macul, se ha constituido en el mayor problema sanitario para la ciudad de Santiago desde el punto de vista de la calidad del agua, pues se trata en el fondo del principal interceptor de aguas servidas de la ciudad y que llega en verano a ser un curso exclusivamente de aguas negras. Esto naturalmente origina una serie de problemas sanitarios, agrícolas y estéticos que deben ser abordados y resueltos con prontitud en beneficio de la comunidad.

Pese a que, como se ha dicho, el problema de la calidad del agua en el Zanjón de la Aguada es de suma importancia, se cuenta para su enjuiciamiento tan solo con algunos análisis en el cruce con Avenida Pa jaritos (*). Estos análisis se efectuaron en muestras de agua tomadas entre el 22 de Mayo y el 3 de Junio de 1972 y se comprende que las conclusiones a que se pueda llegar están limitadas a ese corto período de tiempo. Se piensa que el problema en realidad debe ser más grave en épocas de verano, en que existe dilución nula por caudal propio del curso, como así también por el aumento del caudal de aguas servidas. Los valores resumidos figuran en el Cuadro N° 4 del Anexo.

Como característica de orden general, puede decirse que el agua del Zanjón de la Aguada se considera como un agua negra fuerte, como se puede observar en el cuadro que sigue, dadas las altas concentracio-

(*) : Estudio de la calidad del agua del río Mapocho. CORFO, 1974.

nes de partículas y sus características químicas (⌘).

CLASIFICACION DE LAS AGUAS NEGRAS
SEGUN BABBIT Y BAUMANN

Constituyentes (mg/lt)	Zanjón en Pajaritos	Clasificación		
		Fuerte	Media	Débil
Sólidos totales	1.475 (⌘)	1.000	500	200
volátiles	270	700	350	120
fijos	1.200 (⌘)	300	150	80
Sólidos suspendidos totales	389	500	300	100
Sólidos disueltos totales	1.085 (⌘)	500	200	100
volátiles	83	300	100	50
fijos	1.000 (⌘)	200	100	50
DBO	103,5	300	200	100
DQO	502 (⌘)	150	75	30
OD	0,0 (⌘)	0,0	0,0	0,0
Nitritos	0,0009	0,10	0,05	0,0
Nitratos	0,46 (⌘)	0,40	0,20	0,1
Cloruros	269 (⌘)	175	100	15

La tabla de por si es clara. De trece aspectos considerados, el agua del Zanjón de la Aguada sobrepasa ocho aspectos de un agua considerada "fuerte" (los marcados con (⌘)); sobrepasa uno de un agua considerada "media" (sólidos suspendidos) y el resto oscila entre débil y media. En promedio es un agua negra fuerte.

Es importante señalar algunas diferencias. En general un agua negra de tipo doméstica tiene contenidos orgánicos y minerales similares, incluso el primero es levemente superior. El agua del Zanjón de la

(⌘): Alcantarillado y Tratamiento de Aguas Negras. Babbit y Baumann.

Aguada en cambio presenta la situación inversa: los sólidos orgánicos (volátiles) son inferiores a los inorgánicos (fijos) y en la tabla precedente se observa que el gran contenido de sólidos que le confiere a esta agua el carácter de fuerte, proviene justamente del alto contenido de sustancias inorgánicas, las que sobrepasan el 80% del total de sólidos presentes en el agua.

Esto también ocurre con los parámetros DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) y DQO (Demanda Química de Oxígeno) en que el primero es normalmente superior al segundo. En el Zanjón de la Aguada la DBO corresponde a la de un agua negra débil, en cambio la DQO es más de tres veces superior al valor dado para un agua negra fuerte.

Estas notables diferencias de composición entre el agua del Zanjón de la Aguada y las aguas negras de origen doméstico, están confirmando que existe otro tipo de contaminación de suma importancia como es la de tipo industrial. En efecto, se sabe que gran cantidad de industrias ubicadas en el sector urbano de Santiago (*), descargan los residuos de su producción, en su mayoría sin ningún tipo de tratamiento, directamente al Zanjón de la Aguada o al servicio público de alcantarillado, el que a su vez va a caer a este cauce junto con los residuos domésticos. Esta carga industrial inhibe alguna posible autodepuración y fundamentalmente produciría problemas a una posible planta de tratamiento de las aguas de este

(*): Principales Fuentes de Residuos Industriales Líquidos en la Hoya Hidrográfica del río Maipo. S.N.S. 1973.

curso.

Procede revisar las otras características del agua obtenidas de los análisis.

- Ph variable entre 6.97 y 7.52; promedio 7.32, agua moderadamente básica.
- Conductancia Específica (CE) variable entre 1.369 y 1.619; promedio 1.490, es un agua con un alto contenido salino.
- SAR variable entre 3,38 y 4,39; promedio 3,98. En general es un agua con un bajo contenido de sodio.
- Clasificación USSLS. De acuerdo a los índices CE y SAR, de la figura N° 2.5 anterior, se desprende que en promedio el agua es del tipo C₃-S₁ que es un rango frecuente dentro de las aguas de la zona, e indicaría desde el punto de vista del sodio y de la salinidad, que es un agua que no debe usarse para el riego de suelos con drenaje deficiente.
- Otras características son las siguientes:
 - Bicarbonatos : 393,6 a 686,4 ; promedio 533,0 mg/lit
 - Carbonatos : nulos
 - Sulfatos : 44,0 a 257,1 ; promedio 156,4 mg/lit
 - Cloruros : 220 a 310; promedio 269,0 mg/lit
 - Calcio : 49 a 134,2; promedio 114,4 mg/lit
 - Magnesio : 20,7 a 62,3; promedio 29,5 mg/lit
 - Potasio : 12,2 a 15,2; promedio 13,8 mg/lit

Sodio : 156,0 a 212,0; promedio 184,5 mg/lt

Estos iones que son elementos corrientes en los cursos naturales, se encuentran presentes en el Zanjón de la Aguada en niveles normales y similares a otros cursos de la zona (ríos Maipo y Mapocho).

El cobre, con una variación entre 0,20 y 0,60; promedio 0,43 no representa una toxicidad desde el punto de vista del agua potable, en cambio para el regadío con uso continuo excede el valor 0,20 recomendado para tales efectos.

Inverso es el caso del hierro con una variación entre 0,76 y 3,90; promedio para el período de 1,34 mg/lt. Este valor excede siempre los valores establecidos en la norma vigente de agua potable, en cambio para el riego continuo no presenta problemas.

Cromo hexavalente, entre 0,10 y 1,10; promedio 0,69. Su contenido es muy alto ya que corresponde a uno de los metales pesados que se encuentra normalmente en las aguas naturales en cantidades ínfimas y la norma de agua potable establece como máximo tolerable el valor 0,05 mg/l, dada la alta toxicidad de este elemento y aún más, en el riego continuo se recomienda el uso de agua que contenga menos de 0,10 mg/lt.

Otra de las características típicas de los cauces que conducen aguas servidas, es la presencia de detergentes y grasas. En el caso del Zanjón no existen determinaciones de aceites y grasas en cambio sí de

detergentes medidos a través del ABS (Aquil-Benceno-Sulfonato) y los resultados indican que varía entre 13,9 y 18,3; promedio 15,60 mg/lt. La norma de agua potable establece como máximo tolerable 0,5 mg/lt, esto por problemas de sabor y de formación de espumas las que comienzan en concentraciones de 1,5 mg/lt. La presencia de esta sustancia en el agua le produce al curso serios problemas, ya que impide la oxigenación del agua, además del problema estético de la formación de espumas. Añádase a lo anterior el hecho que el ABS es una sustancia que no se degrada por lo que su efecto no se atenúa a lo largo del curso.

Fenoles variables entre 0,030 y 0,130; promedio 0,085. Su presencia es una evidencia de la contaminación con residuos industriales en el Zanjón de la Aguada. Se limitan en agua potable a 0,001 mg/lt por problemas de sabor.

Indice colifecal (Tipo I) NMP/100ml. Variable entre 10^6 y 5×10^{14} . Con estos valores, esta agua queda imposibilitada para ser usada para el regadío, fundamentalmente de aquellos cultivos que crecen a ras de suelo.

2.2.3 Río Maipo

Si bien es cierto que el río Maipo en sí mismo no atraviesa la ciudad de Santiago, de él nace toda una red de canales que sí lo hace y que riega áreas periféricas y algunas áreas verdes urbanas. Además,

el río Maipo tiene la importancia de ser la principal fuente de agua potable de la ciudad, la que por su elevada turbiedad, es purificada en las plantas de tratamiento de Vizcachas y Vizcachitas.

El río Maipo es, dentro de los cursos estudiados, el que posee una mejor estadística de análisis de sus aguas.

La Dirección General de Aguas cuenta con una serie de estaciones de control rutinario de la calidad del agua, orientado fundamentalmente al riego. Las estaciones son las siguientes:

1. Río Maipo en Bocatoma Queltehues
2. Río Maipo antes del Río Volcán
3. Río Volcán antes del río Maipo
4. Río Yeso antes del río Maipo
5. Río Maipo después de San Alfonso
6. Colorado antes del río Maipo
7. Río Maipo en Las Lajas
8. Río Clarillo antes del Maipo
9. Río Maipo en Viluco
10. Río Angostura en Angostura
11. Río Maipo en San Vicente de Naltahua
12. Río Maipo en Puente Melipilla
13. Río Maipo en Desembocadura

Es importante también el control rutinario que efectúa la Empresa de Agua Potable de Santiago en su Laboratorio Vizcachitas. Se analizan muestras de agua cruda del río Maipo antes de entrar las aguas a los procesos de tratamiento y naturalmente este control está orientado hacia los aspectos, físico-químico-sanitarios del agua.

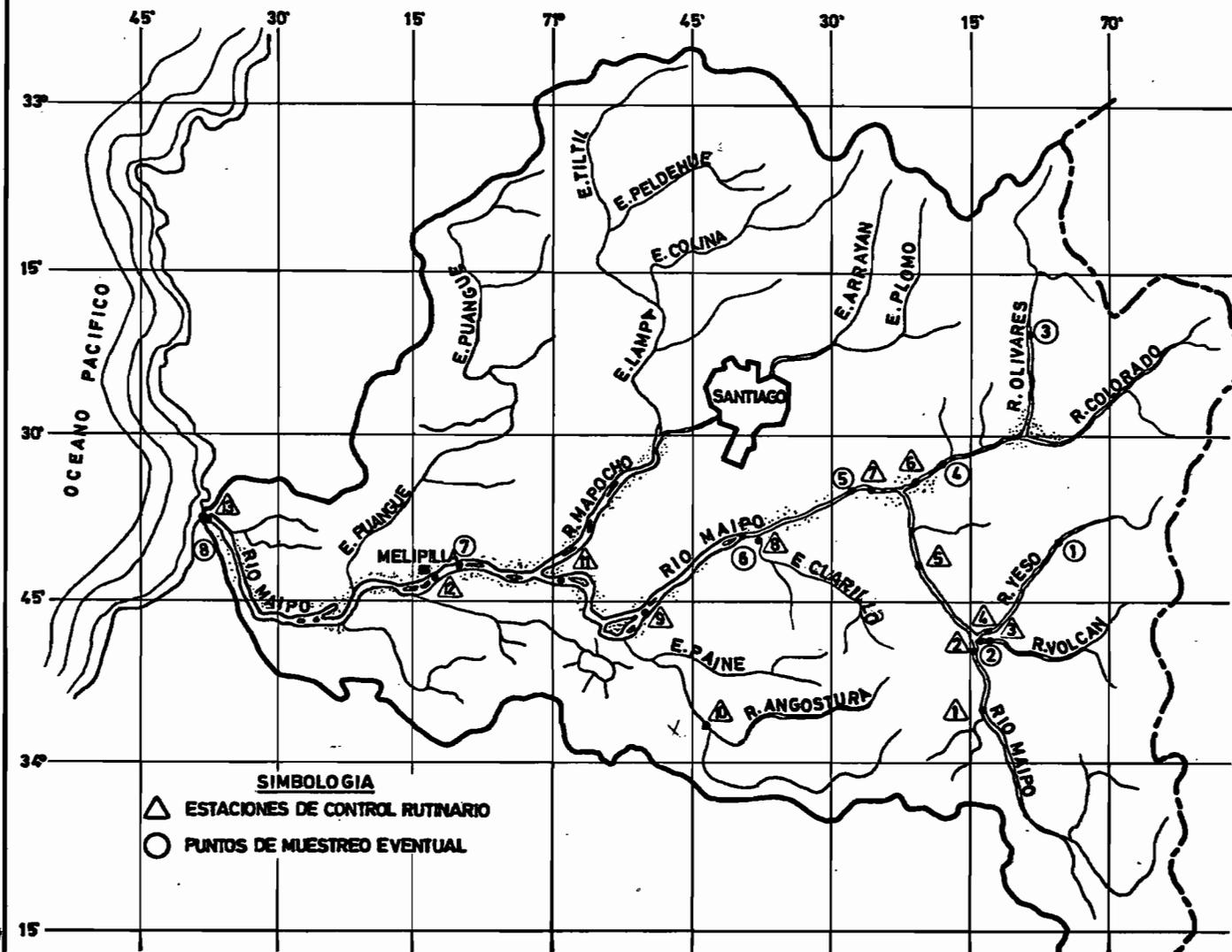
La Dirección de Obras Sanitarias ha realizado por su parte, análisis esporádicos de la calidad del agua en este río y es así como se han recopilado análisis en los siguientes lugares:

1. Embalse El Yeso
2. Río Volcán
3. Río Olivares en Potrillos
4. Río Colorado en Bocatoma Maitenes
5. Río Maipo en La Obra
6. Río Maipo en Puente Los Morros
7. Río Maipo en Puente Marambio
8. Río Maipo en Desembocadura

Todos los análisis se encuentran indicados en los Cuadros N° 6 y 7 del Anexo y la ubicación de los lugares de análisis se indican en la Figura N° 2.11.

Para el estudio de la calidad del agua del río Maipo, se centrará la atención en la primera sección legal del río que se extiende desde la Cordillera hasta el ferrocarril de Talagante a Paine. Para ello

FIGURA 2.11
CALIDAD DEL AGUA. RIO MAIPO.
PRINCIPALES PUNTOS EN QUE EXISTEN ANALISIS DE LAS AGUAS SUPERFICIALES



SIMBOLOGIA
 ▲ ESTACIONES DE CONTROL RUTINARIO
 ○ PUNTOS DE MUESTREO EVENTUAL

CONTROL RUTINARIO

- 1 MAIPO EN BOCATOMA QUELTEHUES
- 2 MAIPO ANTES RIO VOLCAN
- 3 RIO VOLCAN ANTES MAIPO
- 4 RIO YESO ANTES MAIPO
- 5 MAIPO DESPUES SN.ALFONSO
- 6 COLORADO ANTES MAIPO
- 7 MAIPO EN LAS LAJAS
- 8 CLARILLO ANTES MAIPO
- 9 MAIPO EN VILUCO
- 10 ANGOSTURA EN ANGOSTURA
- 11 MAIPO EN SN.VICENTE NALIAHUA
- 12 MAIPO EN FUENTE MELIPILLA
- 13 MAIPO EN DESEMBOCADURA
- 14 MAIPO EN LAS VIZCACHAS

MUESTREO EVENTUAL (w)

- 1 EMBALSE EL YESO
- 2 RIO VOLCAN (3 LUGARES)
- 3 RIO OLIVARES EN POTRILLOS
- 4 RIO COLORADO EN ST. MAITENES
- 5 RIO MAIPO EN LA OBRA (2 MUEST)
- 6 MAIPO EN FUENTE LOS MORROS
- 7 MAIPO EN FUENTE MARAMBIO
- 8 MAIPO EN DESEMBOCADURA (3 LUGARES)

(w) REALIZADOS POR LA D.O.S.

se considerarán fundamentalmente las estaciones de control rutinario:

7) Río Maipo en Las Lajas (DGA) y Río Maipo en Las Vizcachas (E.A.P.S.), ubicadas ambas a la salida de la Hoya Cordillerana y donde prácticamente comienzan las extracciones de agua al río.

A continuación se presenta una rápida visión de dichos análisis:

- Temperatura :

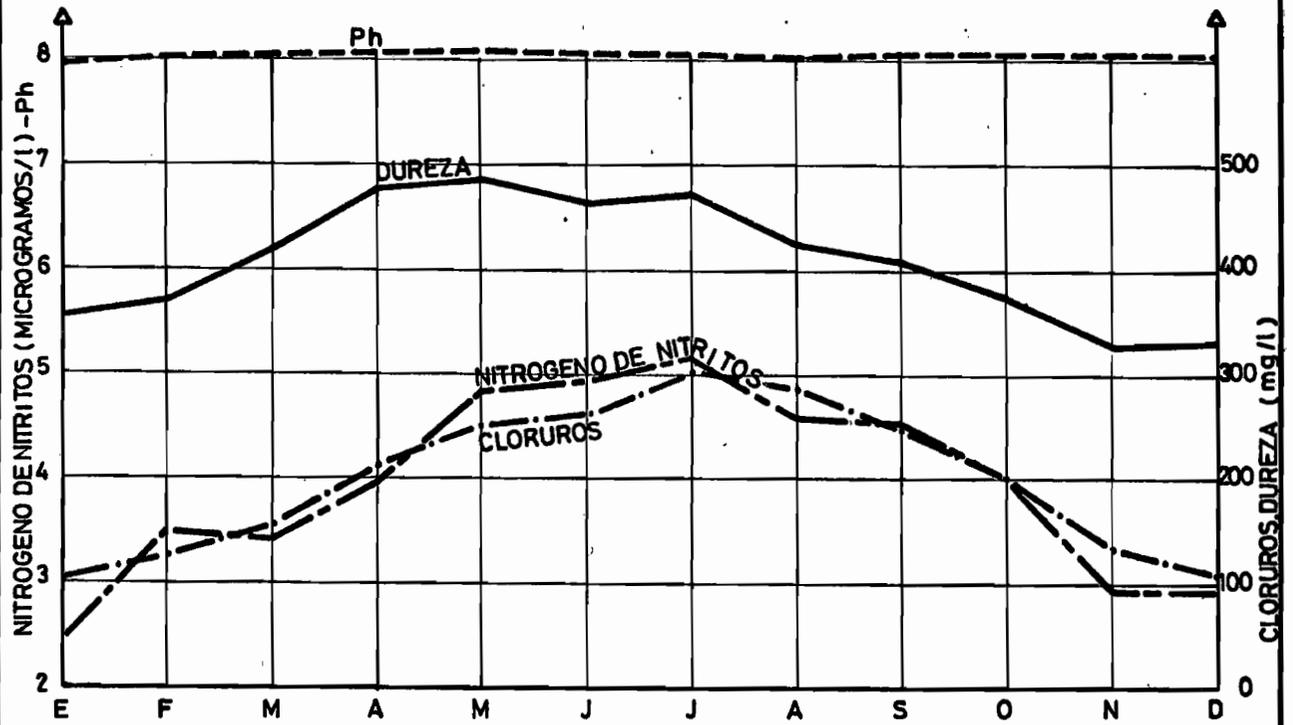
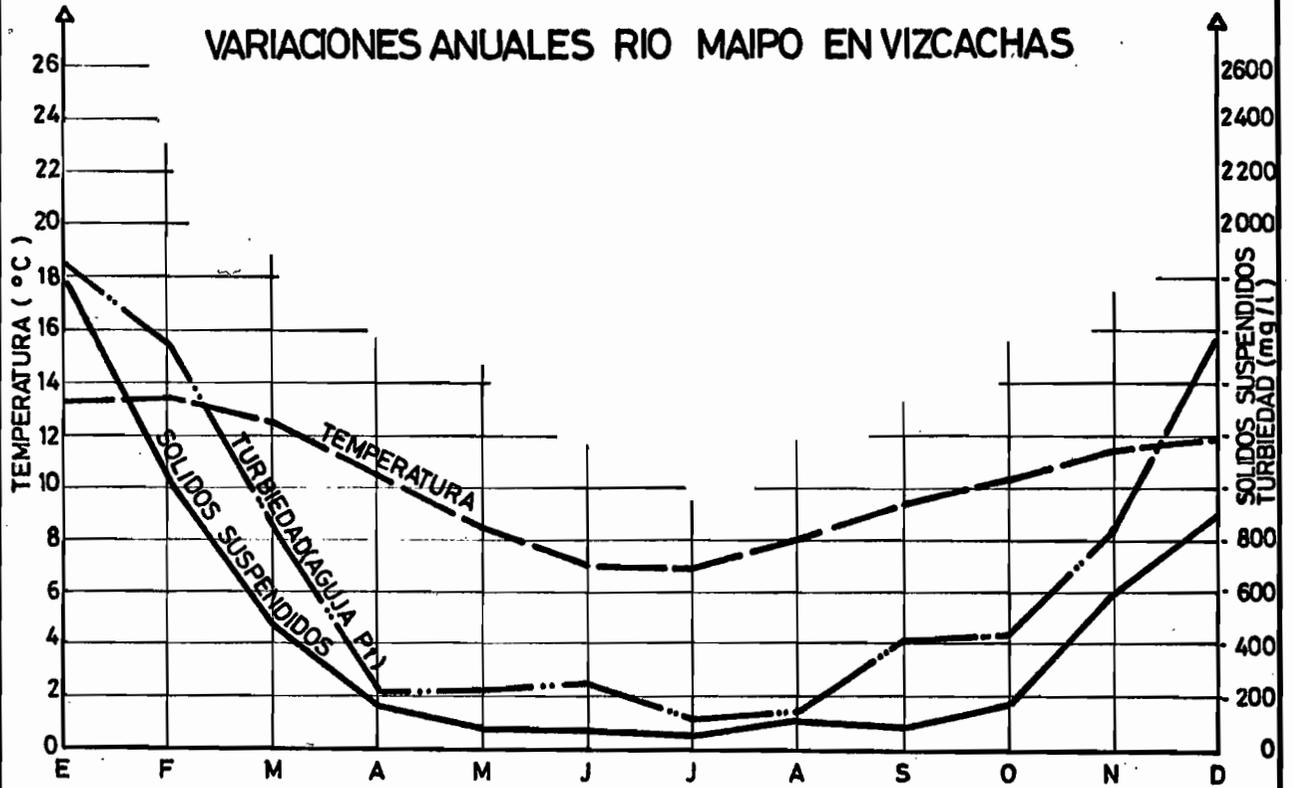
Se han registrado temperaturas comprendidas entre 2,5 y 18°C, promedio 10,4°C. Según criterios de calidad del agua potable, la temperatura considerada como aceptable es de 10°. Sobre 15° y menos de 5° generalmente es objetable. La temperatura del agua está relacionada naturalmente con la época del año: mayor en verano, menor en invierno (Figura N° 2.12), lo mismo ocurre con la carga física presente en el agua, representada por la turbiedad y sólidos suspendidos, ambos con máximos en Diciembre, época de deshielos y mínimos en invierno. El proceso inverso se produce con la carga química del agua. En efecto, el contenido de sales (calcio, magnesio, nitritos, cloruros, sílice, dureza, etc.) es mayor en invierno, producto del lavado del suelo por las lluvias y mínimo en Diciembre en que además el caudal del río es mayor y existe por lo tanto una mayor dilución.

- Turbiedad y Sólidos Suspendidos:

Ambos representan la carga física del agua (partículas en suspensión).

FIGURA 2.12

VARIACIONES ANUALES RIO MAIPO EN VIZCACHAS



Las normas establecen como apta para la bebida un agua con una turbiedad menor que 5 mg/lt, valor que practicamente nunca se ha alcanzado en el río Maipo, el que se caracteriza justamente por tener una turbiedad excesivamente alta como se puede apreciar en el Cuadro N° 2.13 en que se indica el número de horas en los distintos meses del año en que el agua ha presentado una cierta turbiedad. Esa tabla nos muestra que en el año 1972 el 100% del tiempo el agua tuvo una turbiedad mayor que 40 mg/lt, y que se registraron valores cercanos a los 20.000 mg/lt. Se observa además, que la mayor ocurrencia es entre 100 y 500 mg/lt (51,73% del tiempo) y que turbiedades mayores que 500 ocurren en el 28,78% del tiempo, durante el cual se hace necesario en las plantas de tratamiento de agua potable efectuar un pretratamiento de modo de abatir estas fuentes "turbias" antes de entrar en el proceso mismo de purificación. Esto ocurre así en las plantas de tratamiento de Vizcachas y Vizcachitas.

Si bien es cierto que esta fuerte carga física tiene importancia desde el punto de vista sanitario, no es menos importante el problema de la depositación de estas partículas en canales y embalses de regadío que origina embanques necesarios de limpiar, factor que representa un costo de mantención bastante importante.

- Características Químicas:

El agua del río Maipo se caracteriza en general por tener un alto con

C U A D R O N° 2.13

VARIACIONES DE LA TURBIEDAD DEL AGUA CRUDA (RIO MAIPO)
 AÑO 1972 (*)
 (Los números indican tiempo en horas)

Turbiedad 1972	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total	%
40 a 100	---	---	16	231	68	---	652	301	256	176	12	---	1.712	19,49
101 a 200	3	44	339	344	272	335	85	282	338	287	197	---	2.526	28,76
201 a 500	78	189	287	138	277	226	7	86	114	215	282	119	2.018	22,97
501 a 1.000	240	179	60	7	29	62	---	24	10	59	200	338	1.208	13,75
1.001 a 2.000	310	192	31	---	53	74	---	28	2	7	29	256	982	11,18
2.001 a 3.000	66	58	11	---	11	13	---	5	---	---	---	25	189	2,15
3.001 a 5.000	39	34	---	---	16	8	---	5	---	---	---	6	108	1,23
5.001 a 10.000	8	---	---	---	15	1	---	6	---	---	---	---	30	0,34
10.001 a 20.000	---	---	---	---	3	1	---	7	---	---	---	---	11	0,13
20.001 a 40.000	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Planta Detenida	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
T O T A L E S	744	696	744	720	744	720	744	744	720	744	720	744	8.784	100,00

(*) : Informe del Laboratorio Vizcachas. Empresa de Agua Potable de Santiago. 1973.

tenido salino, especialmente en invierno como ya se ha comentado y que se observa claramente en la Figura N° 2.12. Esta alta salinidad se manifiesta fundamentalmente en los siguientes aspectos:

- . Ph variable entre 7,44 y 8,50; promedio 8,04. Agua ligeramente básica.
- . Existen sales que exceden los valores dados por las normas de agua potable:

Magnesio : Variación entre 44 y 124 mg/lt, promedio 82 mg/lt. La norma establece 30 como máximo aceptable y 125 máximo tolerable. Se limita su concentración pues en valores altos tiene efectos laxantes.

Nitrógeno de nitritos : La norma chilena de agua potable establece 0,004 mg/lt como concentración máxima para este componente. El agua del Maipo oscila entre 0,0 y 0,010 mg/lt, promedio 0,004. En la Figura N° 2.12 se observa que en promedio durante la época fría, desde Abril a Octubre, se excede continuamente el valor normalizado.

Cloruros: En el río Maipo se observa una variación entre 51 y 420; promedio 199 mg/lt. La norma de agua potable establece 200 máximo aceptable y 350 máximo tolera-

ble. Análogamente al caso anterior, en la Figura N° 2.12 se observa que entre Abril y Octubre se excede el valor máximo aceptable y puntualmente el máximo tolerable.

. Hay que considerar además, el hecho de que este alto contenido salino hace que el agua del río Maipo sea considerada como un agua "muy dura" según el U.S. Geological Survey, organismo que ha clasificado las aguas por su dureza en la siguiente forma:

0 - 55 mg/lt	Blanda
56 - 100 mg/lt	Debilmente dura
101 - 200 mg/lt	Moderadamente dura
201 - 500 mg/lt	Muy dura

El río Maipo en las Vizcachas, como se indica en el Cuadro N° 6 del Anexo, tiene como valor medio 409 mg/lt y variaciones entre 86 y 612 mg/lt.

En la Figura N° 2.12 se observa además, que los promedios mensuales están todos sobre 300 mg/lt.

El problema que esto origina es de orden económico por la incrustación de sales en las cañerías de calentadores de agua y calderas, además del mayor consumo de jabón.

- Otro aspecto fundamental en que se manifiesta este alto contenido

salino es en el riego.

- . Conductancia específica. Variable entre 982 y 1.880 micromho/cm., promedio 1.311. Es un agua "altamente salina".
- . SAR variable entre 1,64 y 3,40; promedio 2,41. "Agua baja en sodio".
- . Clasificación USSLS : C₃-S₁. Por su alta salinidad, no puede usarse en suelos cuyo drenaje sea deficiente.

El hecho de que en la actualidad no se haya presentado el problema de la salinidad en los cultivos, se debe justamente a que por los excesos de agua aplicados y por la infiltración de la lluvia invernal, el suelo recibe un lavado bastante eficiente que elimina el problema.

- Otras Características :

Las siguientes características presentan valores nulos en el agua del río Maipo:

- Carbonatos
- Olor, en frío y caliente
- Anhídrido carbónico
- Hierro

El Laboratorio de la D.G.A. ha incluido en sus análisis la determinación del Boro por su importancia en el desarrollo de los cultivos. En este río, se ha detectado su presencia en niveles que en promedio son aceptables (promedio 0,58 mg/lt). Según el Cuadro N° 2.6 sería un agua satisfactoria para la mayoría de los cultivos, sin embargo algunos cultivos sensibles podrían mostrar daños. Estos análisis muestran que el año 1972 tuvo un promedio anual 1,67, el mayor detectado y que naturalmente debe tener valores puntuales mayores. Valores sobre 10 mg/lt según el Cuadro N° 2.6 comienzan a producir bajas en el rendimiento de algunos cultivos sensibles.

También incluyó la D.G.A. la determinación de cobre que se ha encontrado sólo en el último año (1975) pero en pequeñas concentraciones, (0,09 mg/lt), lejos de presentar riesgos para riego y agua potable.

2.2.4 Río Cachapoal

La importancia del río Cachapoal en este estudio, radica en la posibilidad de que parte de sus aguas sean traspasadas a la hoya del río Maipo, a través de un canal de interconexión, el que partiría de la descarga de la central Sauzalito (Canal Cachapoal-Maipo) (*).

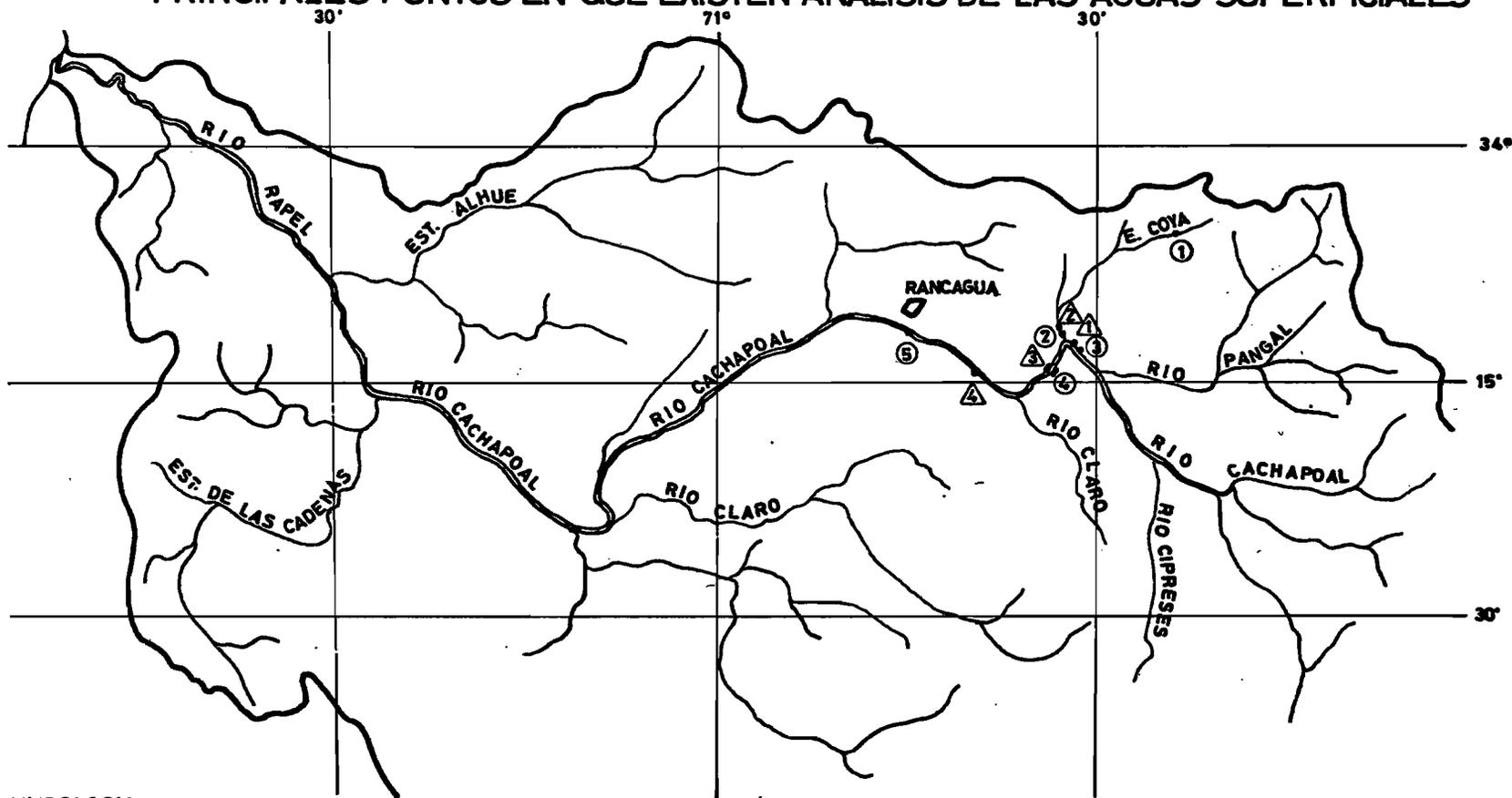
(*) : Hoya del Río Maipo. Análisis Hídrico Primera Sección. Informe N° 3 Canal Cachapoal-Maipo. DGA/IPLA, 1975.

En general el agua del río Cachapoal contiene menos sustan
cias químicas que el agua del río Maipo, pero existe una fuerte contamina-
ción del agua en la confluencia con el Estero Coya, el que viene cargado
con desechos de la Compañía Minera El Teniente, lo que se manifiesta en la
aparición de concentraciones de cobre muy altas e incluso fuerte carga de
arsénico.

La ubicación del lugar de partida del canal de intercone-
xión es decisiva en la calidad del agua. En efecto, la Central Sauzalito
forma parte de un sistema en serie de centrales hidroeléctricas de pasada,
que cuenta con captaciones desde diferentes puntos en los distintos afluentes
al río Cachapoal y en el río mismo (Figura N° 2.14). De esta forma
se produce una mezcla de aguas en proporción a las captaciones la que pro-
bablemente resulta de una calidad distinta a la del río Cachapoal a la al-
tura de Sauzalito, y que al igual que ésta, también se encuentra contaminada,
ya que cuenta con una captación directa desde el Estero Coya. La úni-
ca forma de conocer la calidad del agua que sería conducida al Norte, sería
el efectuar análisis de ella en la descarga de la central Sauzalito, sin
embargo y ante la no existencia de esos datos y para formarse una idea del
problema, se considerará los análisis rutinarios que efectúa la Dirección
General de Aguas en los siguientes lugares:

1. Río Cachapoal antes del Estero Coya
2. Estero Coya antes del río Cachapoal
3. Cachapoal en Puente Termas
4. Cachapoal en Bocatoma Canales

FIGURA 2.14
CALIDAD DEL AGUA RIO CACHAPOAL
PRINCIPALES PUNTOS EN QUE EXISTEN ANALISIS DE LAS AGUAS SUPERFICIALES



SIMBOLOGIA

- △ ESTACIONES DE CONTROL RUTINARIO
- PUNTOS DE MUESTREO EVENTUAL

CONTROL RUTINARIO

- 1- RIO CACHAPOAL ANTES ESTERO COYA
- 2- ESTERO COYA ANTES RIO CACHAPOAL
- 3- RIO CACHAPOAL EN PUENTE TERMAS
- 4- RIO CACHAPOAL EN BOCATOMA CANALES

MUESTREO EVENTUAL

- 1- EST. COYA ANTES DE CALETONES
- 2- EST. COYA EN COYA
- 3- RIO CACHAPOAL ANTES DE COYA
- 4- RIO CACHAPOAL EN PUENTE TERMAS
- 5- RIO CACHAPOAL EN PUENTE PANAMERICANA

También se cuenta con algunos muestreos eventuales efectuados en 1972-1973 (*) en los siguientes puntos:

1. Estero Coya antes de Caletones
2. Estero Coya en Coya
3. Río Cachapoal antes de Coya
4. Río Cachapoal en Puente Termas
5. Río Cachapoal en Puente Panamericana

Los valores aparecen tabulados en el Anexo, Cuadros N°s. 8 y 9 y su ubicación en la Figura N° 2.14.

En consecuencia, para el estudio de la calidad del agua, se considerará la confluencia del Estero Coya y Río Cachapoal, fuentes fundamentales de la central Sauzalito, quedando sin considerar por falta de antecedentes, la componente del Río Claro, presumiblemente agua de buena calidad, lo que se refleja en la estadística disponible en el Río Cachapoal en Bocatoma Canales, aguas abajo de la confluencia de dicho río.

- Características de la Calidad del Agua del Río Cachapoal antes del Estero Coya.

El agua del río Cachapoal tiene las siguientes características antes de la afluencia del Estero Coya:

- . Ph variable entre 7,09 y 7,74; promedio 7,47. Es un agua levemente básica.
- . Conductancia específica. Oscila entre 370 y 548, promedio

(*) : Calidad del Agua del Río Cachapoal. CORFO, Diciembre 1973.

415 micromho/cm. Se puede considerar como un agua de salinidad media.

- . SAR variable entre 0,34 y 0,81, promedio 0,53. Tiene un bajo contenido de sodio.
- . Clasificación USSLS. C₂-S₁ aún en las peores condiciones. El suelo requiere un grado moderado de lavado.
- . Compuestos químicos de ocurrencia frecuente (todos en mg/lt):

	Máximo	Mínimo	Medio
Bicarbonatos	101,3	42,1	82,2
Carbonatos	2,1	0,0	0,26
Cloruros	45,0	19,5	32,7
Sulfatos	106,6	61,0	79,0
Calcio	68,3	44,5	52,6
Magnesio	12,7	6,9	9,4
Potasio	5,1	2,0	3,3
Sodio	20,0	10,1	16,6
Sólidos disueltos (Σ)	371	174	266
Dureza total (Σ)	208	105	150

(Σ) : Valores tomados de muestreos eventuales. (Cuadro N° 9 del Anexo).

Se observa que en general es un agua con bajo contenido salino, todos los aniones y cationes indicados cumplen con los requisitos de un agua potable y su dureza es relativamente baja (agua moderadamente dura).

Respecto al arsénico, éste solo se ha determinado el último año (1975) y se ha encontrado en concentraciones bastante bajas (4 muestras dan un promedio 0,014 mg/lt), incluso bajo los cánones internacionales de agua potable.

El cobre en cambio tiene determinaciones desde 1967, período durante el cual, solo un año, 1971, registró un promedio anual superior a 1,0 (máximo 1,09 mg/lt); en general es bajo, con un promedio total de 0,35, e incluso algunos años no se detecta su presencia (mínimo 0,0).

Finalmente se observa que el boro, con un promedio global de 0,27 mg/lt, con un valor máximo de 1,09 y un mínimo de 0,0, no representa en si ningún riesgo para la agricultura.

- Efecto Contaminante del Estero Coya en el Agua del Río Cachapoal

El Estero Coya, fuertemente cargado en algunas épocas del año con residuos de la Compañía Minera de Cobre El Teniente, descarga al río Cachapoal en el punto llamado Coya. Su efecto contaminante se puede observar claramente al comparar las características del agua expuestas en el párrafo anterior, con la estadística disponible en la estación de control de la D.G.A. ubicada en Puente Termas.

EFEECTO CONTAMINANTE DEL ESTERO COYA

VALORES MEDIOS (mg/lt)

Parámetro	Río Cachapoal antes de Coya	Estero Coya antes del Cachapoal	Río Cachapoal en Puente Ter- mas	Río Cachapoal en Bocatoma Canales.
Ph	7,47	5,29	7,34	7,61
Conductancia Esp.	415	900	503	451
Clasificación USSLS	C ₂ -S ₁	C ₃ -S ₁	C ₂ -S ₁	C ₂ -S ₁
Sulfatos	79,0	453	144	109,3
Calcio	52,6	121	72	58,0
Magnesio	9,4	18,0	10,5	11,1
Potasio	3,3	8,9	4,6	4,8
Sodio	16,6	23,0	18,0	18,4
Arsénico	0,014	0,061	0,017	0,014
Cobre	0,35	38,20	3,4	1,68
Sólidos disueltos (⊛)	266	746	323	-
Dureza total (⊛)	150	225	184	-

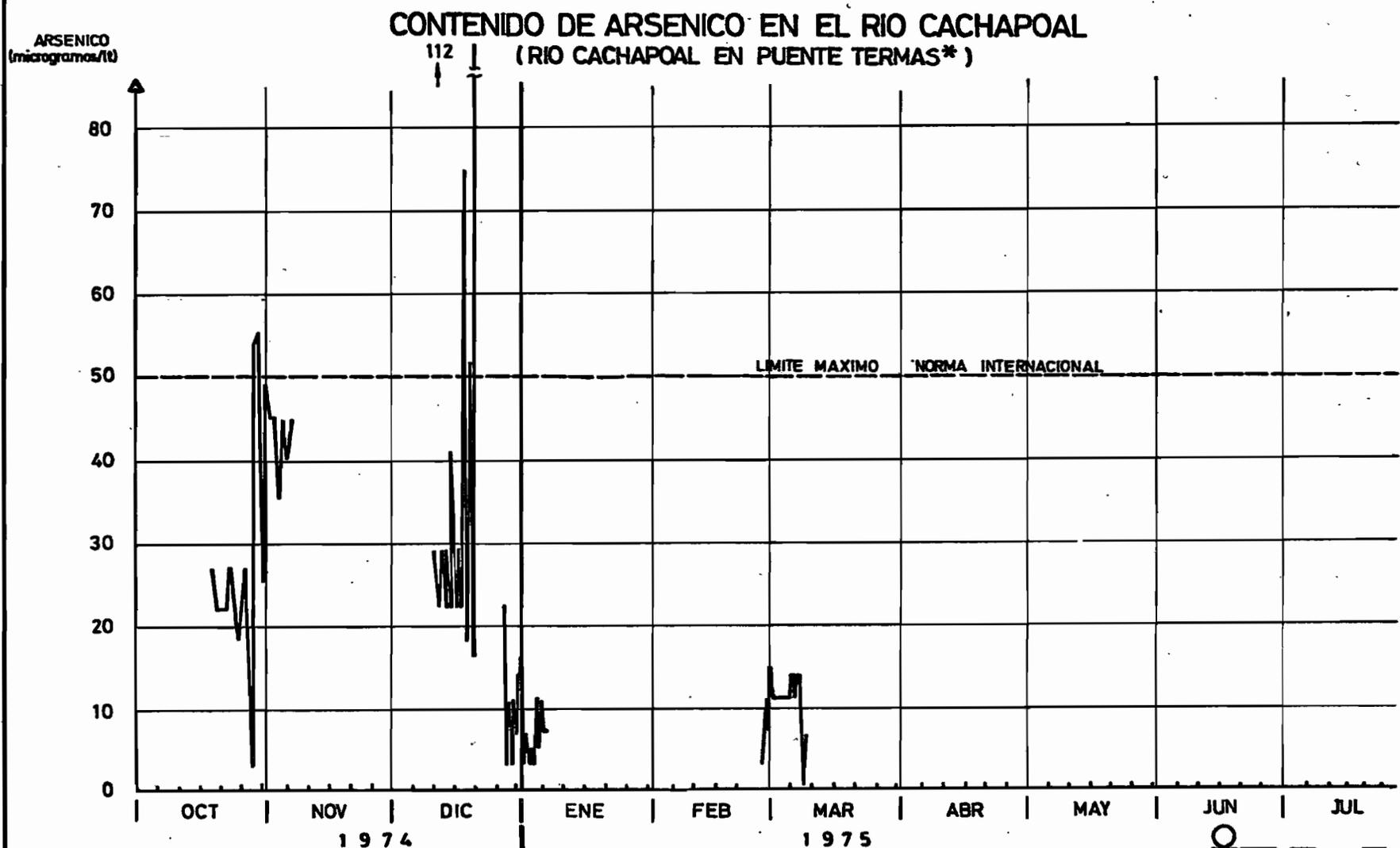
(⊛) : Valores tomados de muestreos eventuales. (Cuadro N° 9 del Anexo).

Se observan los siguientes efectos :

- Disminución del Ph, producto del agregado de un agua bastante más ácida que la del río mismo (en el Estero Coya se ha detectado un promedio anual 4,47, tan ácido como el jugo de tomates).

- Aumento del contenido salino, reflejado en la conductancia específica; sólidos disueltos; sulfatos; cationes calcio, magnesio, potasio y sodio y en un leve aumento de la dureza.
- Incremento notable del contenido de arsénico, lo que se observa más claramente en la Figura N° 2.15 en que aparece la variación experimentada durante el año por este elemento en Puente Termas. Se han registrado concentraciones bastante altas, llegándose a medir en Diciembre de 1974, 0,112 mg/lt (las normas internacionales señalan 0,05 mg/lt como máximo para la bebida).
- Sin duda la contaminación más fuerte está dada por el cobre. En efecto, en el río Cachapoal en Puente Termas se registra un promedio global de 3,4 mg/lt (máximo tolerable en agua potable 1,5 mg/lt) y un año máximo con un promedio de 19,3 mg/lt. Además, en la Figura N° 2.16 se observa la variación experimentada por el contenido de cobre, entre Octubre de 1974 y Marzo de 1975. Se observa que a comienzos de Enero de 1975, se obtuvo un máximo de 51 mg/lt. Esto no es de extrañar, por cuanto en el Estero Coya se tienen determinaciones que indican un contenido de cobre de 130 mg/lt (cuadro de muestreos eventuales en Anexo) y un promedio de 38,20 mg/lt.

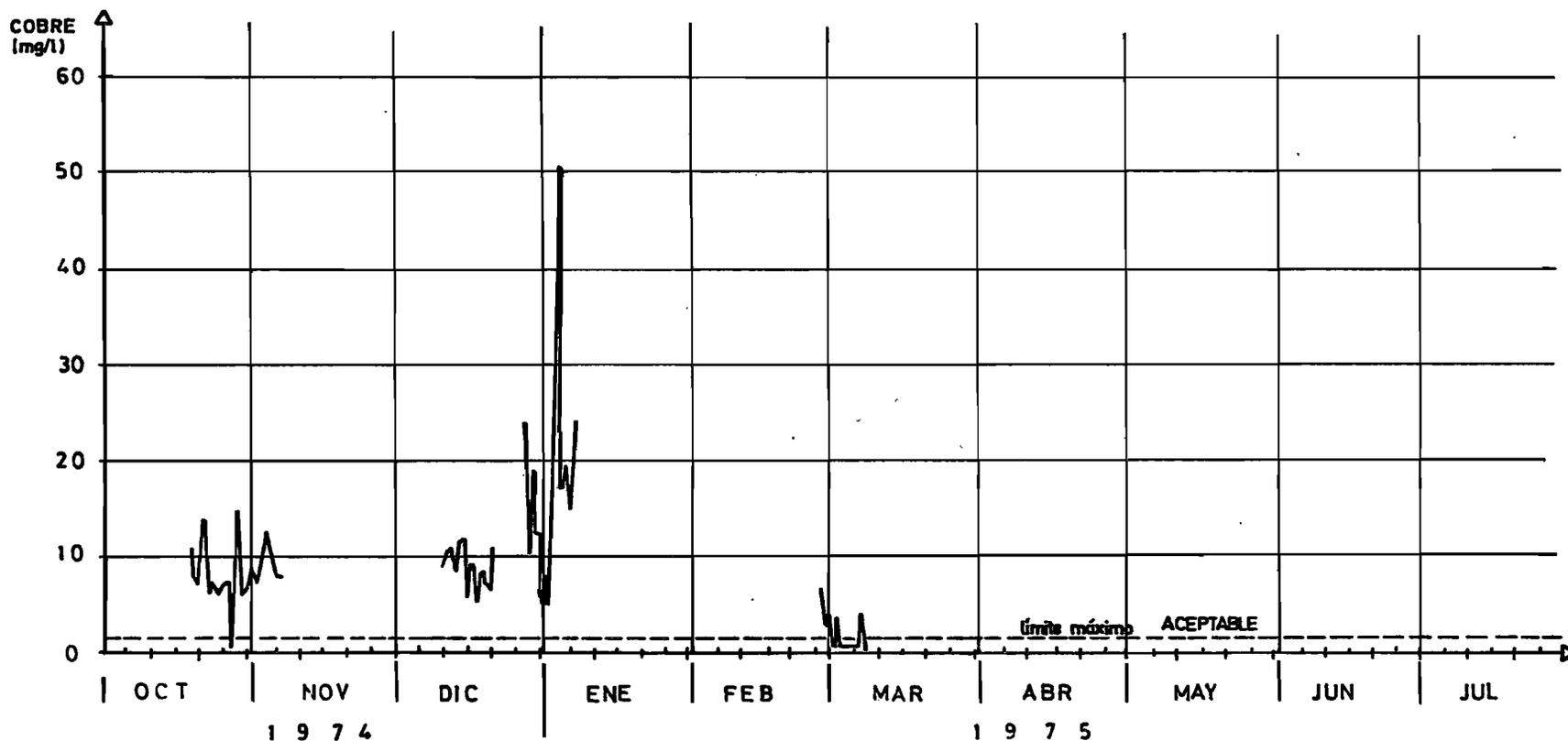
FIGURA 2.15



* LABORATORIO HIDROLOGICO DE LA DIRECCION GENERAL DE AGUAS

FIGURA 2.16

CONTENIDO DE COBRE EN EL RIO CACHAPOAL
(RIO CACHAPOAL EN PUENTE TERMAS*)



*LABORATORIO HIDROLOGICO DE LA DIRECCION GENERAL DE AGUAS

2.2.5 Agua Subterránea de Santiago

El agua subterránea de la ciudad de Santiago es alimentada fundamentalmente por los dos cursos superficiales más importantes de la zona; río Maipo y río Mapocho. En consecuencia sus características de calidad estarán fuertemente influenciadas por la calidad de las fuentes respectivas.

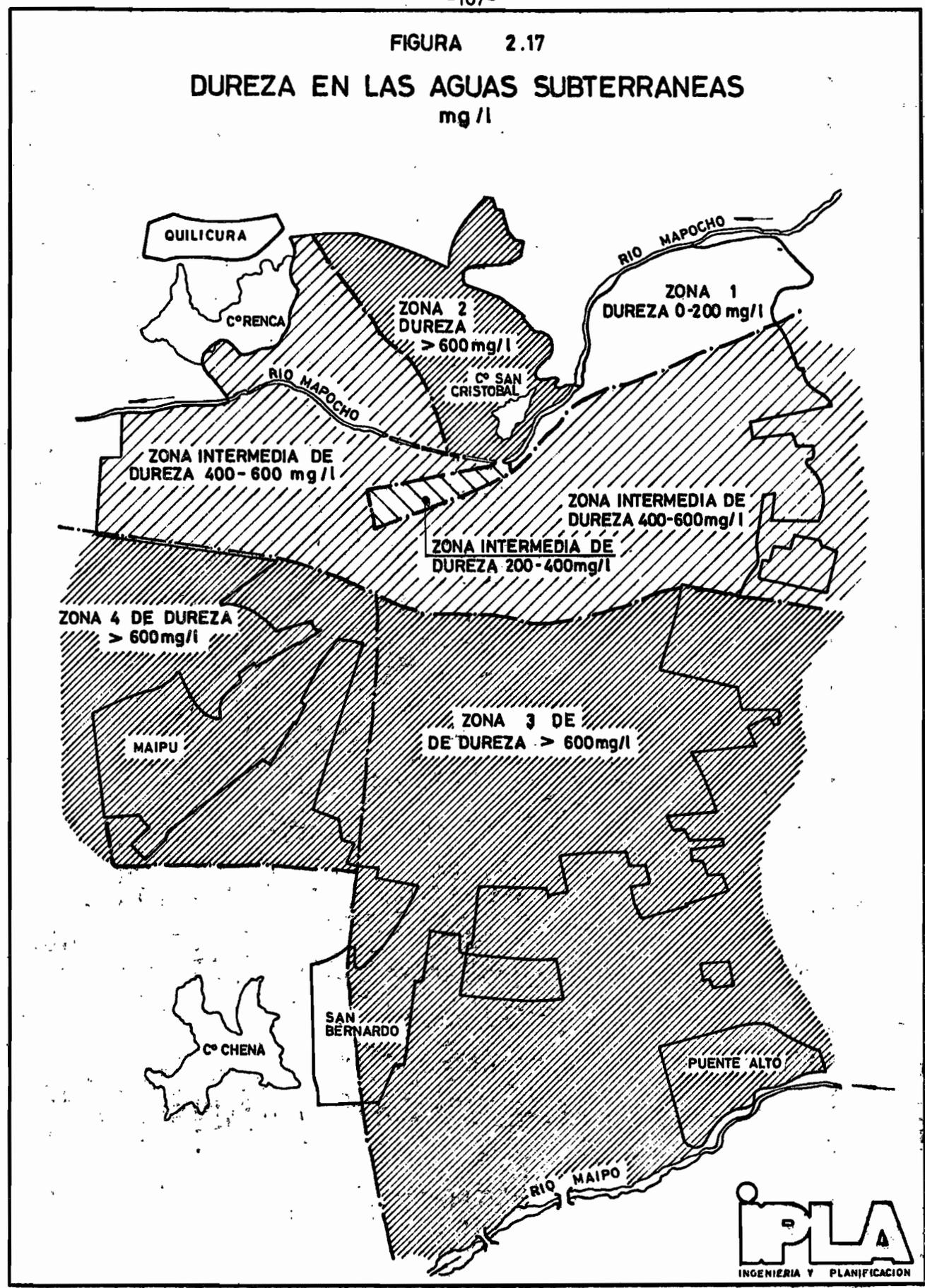
Considerando antecedentes obtenidos de la Hidrogeología de la Cuenca de Santiago, se han detectado áreas con distintas características químicas, que aparecen en la Figura N° 2.17, en que se ha usado la dureza total para representar el efecto. Se completa el cuadro con un resumen de los principales análisis existentes tomados del texto ya citado y que se han vaciado en el Cuadro N° 10 que figura en el Anexo. Se han considerado por su importancia cuatro zonas características:

- Zona 1 : Area Nor-Oriente de la ciudad, alimentada fundamentalmente por el río Mapocho.
- Zona 2 : Area Norte de Santiago, fundamentalmente la Comuna de Conchalí.
- Zona 3 : Area Sur, inmediatamente contigua al río Maipo y naturalmente alimentada por la napa de ese río.
- Zona 4 : Area Poniente, comuna de Maipú.

La Figura N° 2.17 en la que se delimitan las zonas, muestra con claridad la relación calidad-alimentación. Se distingue en primer

FIGURA 2.17

DUREZA EN LAS AGUAS SUBTERRANEAS mg/l



lugar la influencia de la napa del río Maipo que se caracteriza por su elevada dureza y en general, alto contenido salino (ver cuadros N°s. 10 y 11 del Anexo). También es clara la influencia de la napa del río Mapocho, que en la parte alta de la ciudad tiene un relativamente bajo contenido salino (dureza comprendida entre 0 y 200) y que a medida que va avanzando hacia el Poniente, por la mezcla con las aguas del río Maipo, se va endureciendo. Existe una "degradación" de su calidad química.

Lo que mayormente llama la atención es el área de Conchalí, que aparece con una dureza muy alta. Esto se podría explicar por la recarga de la napa, con aguas provenientes del Maipo vía Canal San Carlos- Canal El Carmen.

Lo que se ha expuesto fundamentalmente para la dureza, se puede hacer extensivo al contenido salino en general: sólidos disueltos, calcio, magnesio, sodio, potasio, bicarbonatos, sulfatos, cloruros.

En la zona 1, al Oriente de Santiago, el agua subterránea no presenta problemas de salinidad. Es apta para la bebida al no exceder ningún valor de la norma y en general es un agua moderadamente dura.

Las aguas subterráneas del resto de las zonas, no obstante su alto contenido salino, también son aptas para la bebida, pero por lo general quedan comprendidas entre los valores máximos aceptables y los máximos tolerables.

Fundamentalmente en la zona de Conchalí y en parte en la de Maipú ocurre otro fenómeno importante. Aún cuando las aguas subterráneas tanto del Maipo como del Mapocho no contienen nitratos en cantidades apreciables, en esas zonas se han detectado concentraciones que incluso sobrepasan la norma de agua potable. El peligro que esto encierra es grande para los niños menores de 2 meses, los que pueden adquirir la enfermedad denominada Metahemoglobinemia (niños azules). No existe mayor certeza acerca de las dosis peligrosas para esta u otras enfermedades ocasionadas por los nitratos; la norma ha fijado como límite el valor 45 mg/lt. Obsérvese que en la zona de Conchalí, existe una variación entre 4,3 y 86 mg/lt, con un promedio de 46 mg/lt y en Maipú un valor máximo de 66, mínimo 0,0 y promedio 27,8 mg/lt. (Ver Cuadro N° 10 del Anexo).

Con el objeto de detectar posibles variaciones en el tiempo, de la calidad del agua, se realizaron con motivo de este estudio, una serie de análisis en pozos existentes, los que se indican en la Tabla N° 11 del Anexo.

Con esos análisis se comprobó que el problema de los nitratos subsiste y que se ha acentuado con el tiempo.

En Conchalí se han experimentado las siguientes alzas de nitratos (los segundos valores son los medidos para este estudio) :

Pozo Bd 16: Subió de 19,3 a 36,0 mg/lt

Pozo Ce 2: Subió de 55,0 a 102,0 mg/lt

Pozo Bd 16: Subió de 33,0 a 36,0 mg/lt

En la comuna de Barrancas, en dos pozos vecinos el contenido de nitratos subió de 2,5 a 14,6 mg/lt.

En Colina el pozo D5 subió de 1,0 a 88,0 mg/lt. Este pozo se encuentra justamente aguas abajo, en la dirección del flujo de las aguas subterráneas, de un gran basural. Además, se hizo una medición - aguas arriba de ese lugar donde el contenido de nitratos fué de 14,8 mg/lt. En consecuencia dicho basural está evidentemente contaminando la napa subterránea con nitratos.

Finalmente, en Maipú se experimentó un pequeño aumento de 62 a 74 mg/lt.

Merece además, ser comentada la calidad de las aguas subterráneas desde el punto de vista del riego, no obstante su limitado uso en este sentido.

Cabe observar que en los análisis de calidad de agua subterránea existentes no se dan determinaciones de los parámetros que definen la aptitud de un agua para riego. Esto motivó que en los análisis efectuados para este estudio se incluyeran los siguientes índices: SAR, Conductancia Específica y contenido de Boro. Estas determinaciones en-

tregaron los siguientes resultados (Cuadro N° 11 del Anexo):

SAR : Variable entre 0,39 y 1,26

Conductancia Específica: Variable entre 781 y 1.454 micromho/cm.

Estos valores llevados a la Figura N° 2.5 indican que se trata de un agua tipo C₃-S₁, al igual que la de los ríos Maipo y Mapocho y que en general se caracteriza por presentar algunas limitantes por problemas de salinidad.

En Colina no se midieron estos parámetros por tratarse de aguas de muy buena calidad.

Llama la atención el alto contenido de boro encontrado en todos los pozos muestreados : en tres de ellos, 4,55 mg/lt y en dos 5,35 mg/lt. Esto estaría indicando, según las recomendaciones internacionales, que sería un agua apta solamente para los cultivos tolerantes al boro. Se incluye una tabla de clasificación de cultivos atendiendo justamente a la tolerancia de éstos al boro.

TOLERANCIA RELATIVA DE LAS PLANTAS AL BORO (*)

(en cada columna la tolerancia crece hacia abajo)

Sensibles 0,5 mg/lt	Semi Tolerantes 1 mg/lt	Tolerantes 2 mg/lt
Limón	Tomate	Zanahoria
Palta	Avena	Lechuga
Naranja	Maíz	Repollo
Damasco	Trigo	Nabo
Durazno	Cebada	Cebolla
Cereza	Olivo	Alfalfa
Higos	Rábanos	Betarragas
Uva	Algodón	Remolacha Azu-
Manzana	Papa	carera
Pera	Girasol	Espárragos
Ciruela		
Nuez		

(*): U.S. Department of Agriculture

2.3 LEYES Y REGLAMENTOS

En Chile ha existido preocupación por el problema de la contaminación de los cursos naturales desde hace ya bastante tiempo. Existen leyes de comienzos de siglo tales como la Ley 3.133 de 7 de Septiembre de 1916 sobre Residuos Industriales, que prohíbe a los establecimientos industriales vaciar a las corrientes o depósitos de agua, lagos o lagunas, los residuos de su funcionamiento que contengan sustancias nocivas para la bebida o el riego. Su aplicación corresponde a la Dirección de Servicios Sanitarios, organismo dependiente del Ministerio de la Vivienda y Urbanismo.

Así como esta ley, existe otro gran número de leyes y decretos cuya aplicación está asignada a diversos Ministerios. En el Cuadro N° 2.18 se indican los instrumentos vigentes y los organismos que les compete su aplicación (cuadro reproducido de un trabajo presentado al Seminario de Normas realizado en la Universidad de Chile en 1975 (*)).

Uno de los instrumentos legales que merece especial mención es el Decreto N° 725 del 11 de Diciembre de 1967 que establece el "Código Sanitario". Su aplicación le corresponde al Servicio Nacional de Salud, dependiente del Ministerio de Salud. En las partes pertinentes, le confiere a ese organismo algunas importantes atribuciones:

- Aprobación de proyectos de agua potable, aguas servidas y residuos industriales o mineros.
- Vigilancia sanitaria de las obras que suministran agua potable, como asimismo de las plantas de tratamiento de aguas servidas y de residuos industriales o mineros.
- Prohibición de las descargas de aguas servidas y residuos industriales o mineros sin su depuración, a cauces naturales que sirvan para proporcionar agua potable, agua de riego o para balnearios.

(*) : Protección del Agua de los Cuerpos Receptores de Aguas Servidas y de Residuos Industriales Líquidos. U.de Chile, 1975.

CUADRO 2.18

ORGANISMOS Y LEGISLACION RELACIONADOS CON EL CONTROL DE LA CONTAMINACION DEL AGUA

MINISTERIO	ORG. CONTRALOR	LEYES Y REGLAMENTOS	OBSERVACIONES	OBJETIVOS DEL CONTROL
SALUD PUBLICA	SERVICIO NACIONAL DE SALUD	LEY 10383, 8.8.52, DEC. 856, 21.4.53. DEC. 725, 11.12.67; COD. SANIT. DEC. 762, 6.9.56. DEC. 377, 12.8.60; LEY 9006, 9.10.48. DFL 15, 22.1.68.	DISPOSICIONES VIGENTES CON ATRIBUCIONES COERCITIVAS (APLICA SANCIONES).	SALUD, SEGURIDAD Y BIENESTAR DE LA COMUNIDAD.
VIVIENDA Y URBANISMO	DIRECCION DE SERVICIOS SANITARIOS	LEY 16391, 16.12.65; DEC. 492, 30.8.66. LEY 16742, 8.2.68, LEY 3133 4.9.16. DEC. 2491, 13.11.16.	LEY MAS ANTIGUA; REQUIERE EL CONCURSO DE OTROS ORGANISMOS. CASTIGOS LEVES.	SALUD, PROTECCION DE LAS CAPTACIONES DE AGUA DE LA AGRICULTURA, DE LA GANADERIA.
AGRICULTURA	SERVICIO AGRICOLA Y GANADERO	DFL 185, 15.2.53, LEY 16640, 28.7.67. DEC. 44, 16.1.68; DFL 34, 12.3.31. DEC. 1584, 30.4.34; DFL 208, 21.7.53. DEC. 619, 10.10.67, DEC. 625, 13.10.67. LEY 9006, 9.10.48; DFL 15, 22.1.68. LEY 15073, 1.10.64, DEC. 567, 27.10.64.	LEGISLACION ACTUALIZADA QUE CONTEMPLA ACCIONES CON OTROS ORGANISMOS: SNS.	PROTECCION DE LA SALUD, PESQUERIAS, AGRICULTURA Y GANADERIA.
OBRAS PUBLICAS	DIRECCION GENERAL DE AGUAS	DFL 150, 4.8.53; LEY 15840, 9.11.64. LEY 9909, 28.3.51; CODIGO DE AGUAS MODIFICADO POR LEY 16640, 28.7.67.	LEGISLACION ACTUALIZADA CON ORIENTACION FUNDAMENTAL AL RIEGO.	PROTECCION DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA DIVERSOS USOS.
	DIRECCION DE OBRAS SANITARIAS	DEC. 1634, 28.4.44. DEC. 236, 30.4.26.	AUNQUE ES UNA LEGISLACION ANTIGUA, SE APLICA CON EFICIENCIA.	PROTECCION DE LAS REDES DE AGUA POTABLE DE LA SALUD.
MINERIA	SERVICIO DE MINAS DEL ESTADO	DFL 152, 27.2.60. DEC. 185, 27.2.46 : NORMAS DE POLICIA MINERA	SE TRANSFIRIO LA FUNCION AL SNS, MODIFICADA POR DEC. 762, 6.9.56.	NO TIENE ACCIONES
ECONOMIA Y COMERCIO	DIRECCION DE INDUSTRIA Y COMERCIO	LEY 375, 27.7.53. DEC. 194, 20.2.54.	NECESITA UN INFORME PREVIO DEL SNS ANTES DE AUTORIZAR LA INSTALACION DE INDUSTRIA.	ACCIONES INDIRECTAS RESPECTO A UBICACION DE INDUSTRIAS.
MUNICIPALIDADES (MINISTERIO DEL INTERIOR)	DIRECCION DE OBRAS MUNICIPALES	LEY 11860, 26.7.55; DEC. 747, 37.53. DEC. 747, 37.53; DEC. 4740, 23.8.47. DFL 226, 22.7.53.	COORDINA Y SUPERVIGILA CON EL CONCURSO DE OTROS ORGANISMOS. REGLAMENTA SOBRE CANALES DE RIEGO DE LA CIUDAD.	ACCIONES INDIRECTAS POR DISPOSICIONES GENERALES RESPECTO A DESARROLLO URBANO.

-115-

- Protección de las aguas subterráneas, no permitiendo explorar ni pedir pertenencias mineras en lugares que afecten el caudal o la calidad del agua.
- Prohibición de usar aguas de alcantarillado, desagües, acequias u otras aguas declaradas contaminadas, para el cultivo de vegetales y frutos que suelen ser consumidos sin cocer y crecen a ras de la tierra. Permite el uso de esas aguas, previo tratamiento.

El intento más reciente de las autoridades sanitarias para corregir la situación existente ha sido la creación de la "Comisión Nacional de Lucha Contra la Contaminación Ambiental" creada por el Decreto N° 315 del 26 de Abril de 1971 del Ministerio de Salud y modificado por Decreto N° 692 del 30 de Octubre de 1973. Esta comisión con carácter de asesora, tiene entre otras funciones la de: "Revisar la legislación vigente sobre Contaminación Ambiental y proponer un Código Unico que la concentre, tendiente a que sus disposiciones sean operativas y aplicables a la realidad nacional".

3.- USOS DEL AGUA Y EFECTOS DE SU CALIDAD

3.1 AGUA POTABLE

3.2 REGADIO

3.3 INDUSTRIA

3.4 MINERIA

3.5 URBANISMO

3.1 AGUA POTABLE

De acuerdo con las fuentes de abastecimiento de agua potable, las proporciones de su uso en los sistemas de agua potable son los siguientes:

Río Mapocho, aguas superficiales y subterráneas	5%
Río Maipo, aguas superficiales	72%
Aguas subterráneas del Norte y Sur Poniente	23%

La calidad física de las aguas entregadas al consumo es buena, pues todas las aguas superficiales son tratadas en plantas purificadoras de rendimiento adecuado, y las aguas subterráneas no necesitan rectificación en lo físico.

También la calidad bacteriológica es aceptable salvo cuidados y rectificaciones necesarias en los servicios que se indicarán más adelante.

En el aspecto químico las calidades son bastante variables aunque no hay motivo de rechazo de ninguna fuente, como se verá a continuación.

3.1.1 Río Mapocho

Las captaciones para los servicios de la comuna de Las Condes están ubicadas en el curso superior. Como se estableció en el

punto N° 2.2.1.1 el agua es apta para el consumo con tratamiento intensivo en los meses de caudales de deshielos, el que se aplica efectivamente en las plantas de filtros rápidos existentes. El agua es moderadamente clara, aceptable. En los componentes químicos la preocupación está centrada en el arsénico y el cobre, elementos que se presentan ocasionalmente con motivo de descargas de relaves de la Compañía Minera La Disputada de Las Condes. Es necesario mantener una estadística bien afinada de estos elementos, estudiar a fondo el origen del problema y proceder a la construcción de una planta purificadora contra todo riesgo de una situación que pudiera provocar un grave problema sanitario para la población de la comuna afectada.

3.1.2 Río Maipo

Las captaciones están situadas en el curso superior, un poco aguas arriba de Puente Alto. Las turbiedades son altas en general y excesivamente altas en las épocas de deshielos lo que no impide que, con el eficiente tratamiento de las plantas de Las Vizcachas y Las Vizcachitas, se obtenga un agua de buena calidad física y bacteriológica. En cuanto a su composición química, el agua se ha clasificado como muy dura, calidad que como es obvio, no se mejora con el tratamiento.

El efecto de la alta dureza del Maipo es, desde luego, de orden económico, incrustaciones en cañerías de calentadores y calderas lo

que afecta a los consumos industriales, consumo de jabón, que afecta a los consumos domésticos y por último incrustaciones en las redes de cañerías metálicas de los servicios, inevitables en los grandes diámetros, que afecta a la duración y capacidad de las mismas cañerías. En el aspecto sanitario no tiene mayores consecuencias en la población residente, acostumbrada a su consumo, pero la tiene, y no poca, en pasajeros en tránsito y especialmente en el turismo, lo que se advierte en los grandes hoteles de la metrópoli, afectados, especialmente, por el contenido de sulfatos que produce trastornos digestivos.

3:1.3 Napas Subterráneas

Los reparos a estas fuentes, aparte de la dureza alta, son puntuales pero de cierta importancia. En algunos pozos de Conchalí y Maipú se registran valores altos de nitratos lo que significa un peligro de metahemoglobinemia (niños azules). En pozos de Colina se constató la relación directa de los altos índices con un basural existente. Se presume que en Maipú la causa radica en la contaminación del riego con aguas del Zanjón de la Aguada, pues el efecto purificador de la filtración a través de la napa no alcanza a los aspectos químicos. Procede en todo caso el estudio específico de la relación causa-efecto de este componente.

Finalmente, es necesario dejar establecido que en algunos pozos del servicio Santiago Norte (Conchalí-Quilicura-Renca-Barran-

cas) se constató en visitas efectuadas con motivo de estos estudios la perforación de los sellos sanitarios (para instalación de elementos de control) sin su correspondiente reparación y, además, la falta (momentánea, se supone) de cloración en algunos pozos deteriorados. Sobre estos aspectos, urge la reparación de las causas y el cuidado de la explotación.

3.2 REGADIO

La fuente muy mayoritaria, de abastecimiento de aguas para la agricultura, al servicio de la ciudad, es el Río Maipo. De esta fuente se utilizan las aguas naturales pero también se reutilizan aguas con alto contenido de efluentes de la red de alcantarillado de la ciudad. Diversas circunstancias inciden en la importancia cada vez mayor de estas últimas :

- La prioridad del uso del río en agua potable, sin que haya suficientes obras de regulación en el río para mejorar su aprovechamiento en cantidad, ha conducido a una merma, cada vez mayor del caudal de aguas naturales disponible para el regadío.
- El continuo deterioro de la calidad de los cauces que reciben aguas servidas por el aumento de la población urbana ha llevado al principal receptor de estas aguas, el Zanjón de la Aguada, a un estado de curso séptico en su tramo inferior, de donde se surte una importante área agrícola. También el río Mapocho se acer-

ca a esta calidad.

- El aumento cada vez mayor de la cantidad de aguas servidas por el mismo aumento de la población, ha hecho que aumente cada vez más la proporción de ellas en el regadío.
- La falta de tratamiento de las aguas completan el cuadro de la importancia de estas aguas por su fuerte incidencia en la salud de la población. Las poblaciones ribereñas establecidas en el Zanjón de la Aguada con su efecto multiplicador de contaminación es un agravante de la situación.

Los efectos del uso de estas aguas son : diversas enfermedades de origen hídrico tales como tifus y paratífus; parasitosis como amebiasis y lamblías; pérdidas de tiempo de trabajo en los pacientes de enfermedades declaradas; pérdidas de rendimiento en los enfermos en pie; costos en médicos y medicinas; mortalidad infantil, etc.

La solución definitiva del problema es un conjunto de obras sanitarias; abovedamiento del Zanjón de la Aguada y de los canales abiertos de aguas servidas; interceptores de alcantarillado del Mapocho y plantas de tratamientos para ambos sistemas. Las soluciones son caras pero debiera comenzarse a lo menos por su estudio y proyecto para disponer de ellos cuando estas obras puedan financiarse y ser ejecutadas. Entretanto, debiera reglamentarse el uso de las aguas servidas en regadío

para evitar a lo menos los cultivos de mayor peligro, en general, los cul
tivos a ras de suelo; evitar la manipulación de los productos con aguas
servidas; efectuar una campaña de educación sanitaria para los manipula-
dores de alimentos y erradicar las poblaciones ribereñas y basurales exis
tentes en las cercanías de los cursos.

En todo caso, para la aplicación de un plan de saneamiento, es necesario ampliar la información, puntual hasta ahora, de la cali-
dad sanitaria del Zanjón de la Aguada y del río Mapocho en extensión y
continuidad.

En otros aspectos del regadío, se puede agregar que las
aguas que se utilizan, por su calidad química general son aceptables siendo
recomendable un prudente lavado por un exceso de salinidad, lo que has
ta la fecha, en cierta forma se ha realizado por las altas tasas que real
mente se han usado.

En los Estados Unidos se está prestando atención al con-
tenido de boro de las aguas de uso agrícola, por su relación con los ren-
dimientos en algunos cultivos. Aplicado esos criterios a las aguas metro-
politanas, se puede considerar aceptable el contenido de este elemento, en
general, en las aguas superficiales, considerando los promedios anuales.
Al contrario, en determinaciones recientes de aguas subterráneas, se detec
taron en la mayoría de los casos, contenidos entre 2 y 10 mg/lit. Cabría
recomendar, desde luego, el análisis rutinario de este elemento, en las

aguas subterráneas. En el párrafo N° 2.2.5 se incluye, en todo caso, una lista representativa de cultivos tolerantes para esta categoría.

3.3 INDUSTRIAS

El abastecimiento de aguas para la industria no tiene más que el problema, en casos específicos, de la alta dureza, que afecta igualmente a la gran mayoría, en número, de industrias que se surten de los servicios de agua potable y a los grandes consumos industriales con abastecimiento propio de aguas subterráneas.

El problema de fondo que se plantea, respecto de las aguas, reside en los efluentes ; los residuos industriales líquidos. Es un hecho que las industrias evacúan sus efluentes a la red de alcantarillado o directamente a los cursos de agua abiertos, lo que a la postre conduce al mismo resultado. Es un hecho que la contaminación incorporada en estos residuos se expresa muchas veces en demanda de oxígeno; cuando no en forma de D.B.O., en forma de D.Q.O. (demanda química de oxígeno) la que en los dos cursos importantes de Santiago es mayor que la D.B.O. También se expresa en forma de residuos volátiles (más característicos de la contaminación orgánica) y residuos fijos, estos últimos también superiores a los volátiles. La carga contaminante agregada a la de aguas servidas es evidente. Pero además se agrega, una carga química de elementos tóxicos, de culpa exclusiva de los residuos industriales tales como

el cromo hexavalente, el cobre y otros elementos que, para mayor desgracia, no son degradables en una planta de aguas servidas corriente.

Pues bien, todos los elementos indicados tienen los siguientes efectos respecto de las aguas servidas domésticas:

- En los cursos de agua restan oxígeno a la autopurificación de estas últimas.
- En el tratamiento aumenta la carga objeto de tratamiento y aún en ciertos casos pueden ser inhibidores o retardadores del proceso.

Por estos motivos, los residuos industriales deben ser objeto, en todo caso, de tratamiento individual, antes de ser vaciados a los cauces receptores, tal como está contemplado en las leyes y reglamentos vigentes, disposiciones que no se cumplen en más del 70% de las industrias.

Un capítulo aparte lo constituyen los detergentes, que en realidad son evacuados por los alcantarillados domiciliarios pero son producto de una línea de fabricación. Son inhibidores de la autopurificación y del tratamiento, especialmente los de fórmula química de cadena cerrada que no son degradables y que han sido reemplazados en muchas partes del mundo por los de cadena abierta, que si son eliminables en plantas de tratamiento.

3.4 MINERIA

El problema, como en el caso de las industrias reside en los residuos líquidos. En el caso de las minas de cobre, estos relaves están cargados de cobre y arsénico y requieren de un tratamiento seguro, principalmente cuando se arrojan a un curso que puede ser la fuente de abastecimiento de una ciudad, es el caso de la Compañía Minera La Disputada de Las Condes, respecto del agua potable de la comuna de Las Condes y de la Compañía Minera El Teniente respecto del Cachapoal.

3.5 URBANISMO

El agua, en el aspecto puramente urbanístico, es un elemento positivo cuando sus características físicas y a lo menos ausencia de color, olor y turbiedad, contribuyen a la estética y al esparcimiento. En el caso de los cursos que atraviesan la ciudad la calificación es totalmente negativa. Una política urbanística de las aguas urbanas plantea la exigencia del abovedamiento de todos los cursos de aguas negras propiamente tales, como el Canal A-H-, el canal Quilín e incluso el Zanjón de la Aguada y la intercepción de todos los alcantarillados que actualmente se descargan en los cursos naturales. Mientras esto se realiza, se impone la evacuación de todas las poblaciones ribereñas de los cursos de aguas negras y la transformación del área evacuada en áreas verdes, como un pa-liativo indispensable.

Lo anterior sería considerando la calidad de las aguas y sin perjuicio de la canalización y abovedamiento de otros cursos de riego o drenaje.

4.- RECOMENDACIONES PARA EL SANEAMIENTO DE LA CIUDAD

4.1 DISCUSION

4.2 OBRAS Y ACCIONES INMEDIATAS

4.3 OBRAS PARA LA PRIMERA ETAPA,
INMEDIATAMENTE PROXIMA

4.4 OBRAS PARA LA SEGUNDA ETAPA

4.1 DISCUSION

4.1.1 El Problema Económico

Como en toda planificación de obras por etapas, el problema de fondo es económico.

- Alto costo de la Planta de Tratamiento. Sería para un caudal por tratar del orden de toda el agua potable cuyo 72% proviene del río Maipo (las obras de agua potable del Maipo han requerido dos grandes plantas de purificación realizadas con intervalo de dos décadas). El problema se ha acumulado llegando ya al estado crítico.
- Alto costo de los abovedamientos ; el Zanjón de la Aguada y los cauces abiertos, de aguas negras.
- Alto costo de los colectores interceptores de las descargas del alcantarillado a los cauces naturales que se plantean como alternativas en el caso del río Mapocho o como obras obligadas.
- Costo de las plantas de tratamiento de las aguas industriales individuales para entregar efluentes aceptables a los cursos o al alcantarillado que redundarán en aumento en los costos de los productos industriales.
- Costo de estudios, estadísticas sanitarias, proyectos y campañas sanitarias.

- Pérdidas de rendimientos económicos agrícolas por cambios de cultivos.

En general el problema no es de alternativas de las obras globalmente consideradas. Ni las plantas de tratamiento excluyen la necesidad de sanear la ciudad por los cursos abiertos, ni los abovedamientos interceptores son alternativas para las plantas. Tampoco los abovedamientos y plantas permiten eximir a los industriales de la ejecución de los tratamientos individuales, en especial cuando se incorporan a los sistemas de desagües, elementos tóxicos, inhibidores del tratamiento o sobrecargas biológicas o químicas.

Incluso los cambios de cultivos de las áreas regadas con aguas servidas serían imperativos, según las normas internacionales y los anteproyectos nacionales, aún después de construidas las plantas de tratamiento de aguas servidas mientras se llevan a cabo las etapas perfeccionadas de sanitización.

En suma, será necesario ejecutar todas las obras sean cuales sean las etapas de ejecución.

Existen condiciones imperantes que agravan la situación actual, las que, de ser eliminadas, serán un paliativo interesante mientras se construyen las grandes obras : las poblaciones ribereñas de los cursos contaminados; los malos hábitos en la manipulación de alimentos desde la etapa de recolección y distribución de productos; los cultivos rastrosos

etc. La eliminación previa de estas condiciones es un problema que debe considerarse entre las primeras etapas de realizaciones.

4.1.2 Preparación Técnica y Ambiental

Entre estos aspectos se incluyen, para la etapa inmediata:

- Las estadísticas sanitaria de los cursos, como un antecedente de estudios y proyectos.
- Estudios de factibilidad de las grandes obras
- Diseño preliminar y estimación de costos de las Plantas de Tratamiento.
- Proyecto de las grandes conducciones de aguas servidas.
- Campaña sanitaria dirigida al público en general y a las personas implicadas en el problema en especial.

4.2 OBRAS Y ACCIONES INMEDIATAS

4.2.1 Preparación

Parece evidente iniciar las acciones con la preparación técnica y ambiental como se indica en el párrafo anterior.

Enseguida sería necesario aplicar las disposiciones de la legislación vigentes a industriales y regantes.

Además, hay que estudiar el financiamiento de las grandes obras.

4.2.2 Tratamiento de Residuos Industriales Líquidos

- Actualización de las normas y disposiciones que se van a aplicar.
- Catastro de las industrias en relación con uso del agua y disposición de residuos.
- Plan de aplicación progresivo pero total.
- Exigencia de realización de las obras según el plan adoptado.

4.2.3 Aplicación de la Legislación Vigente a los Agricultores que reutilizan las Aguas Servidas.

Plan de aplicación rápidamente progresivo (de año en año) de eliminación de cultivos, vehículos de contaminación de origen fecal:

- Supresión de cultivos rastreros de productos destinados a consumir se crudos : lechugas, rabanitos, frutillas, etc.

- Supresión de cultivos rastreros que eventualmente pueden consumir se crudos : repollos, zanahorias, pimentones, etc.; complementándose esta etapa con la necesaria advertencia y recomendaciones a los consumidores.
- Supresión de todo cultivo rastrero que esté destinado al consumo de la población.

Quedarían al final, las áreas afectadas, con autorización para plantaciones frutales, forrajes y otros cultivos que se especificarían en detalle.

La campaña serviría para incentivar a los agricultores a evitar el riego con aguas servidas (y no al revés como ocurre en la actualidad) y promover las obras sanitarias de pequeño costo que solucionen problemas puntuales. Ejemplo típico es la transformación de un aliviadero de tormenta del alcantarillado de Providencia y Las Condes, ubicado cerca de la confluencia del Canal San Carlos con el río Mapocho, transformado en desagüe permanente de aguas servidas que recoge el Canal El Carmen.

Por cierto en esta etapa se realizaría una investigación de los problemas menores de desagües de aguas servidas a cursos de riego, como el citado y la realización de las obras correspondientes.

4.2.4 Solución de Problemas Sanitarios y de Urbanismo

Se incluye a lo menos :

- Erradicación de poblaciones en las riberas del Zanjón de la Aguada y del río Mapocho.
- Eliminación de botaderos de basuras en los mismos cursos.
- Eliminación de emisarios abiertos de alcantarillado dentro del radio urbano : Canal A-H y Canal Quilín.
- Taludes con prados y avenidas junto a los cauces parcialmente saneados.

4.3 OBRAS PARA LA PRIMERA ETAPA, INMEDIATAMENTE PROXIMA

Se entiende para los efectos de estas obras que la etapa inmediatamente próxima no se iniciaría después de unos tres años a la fecha (comienzos de 1979).

- Ejecución de un plan de abovedamientos e interceptores para saneamiento urbano y como preparación para la ejecución de la planta de tratamiento.
- Proyecto de la o las plantas de tratamiento.

4.4 OBRAS PARA LA SEGUNDA ETAPA

- Planta de tratamiento. La fecha de ejecución quedaría indicada de acuerdo con el financiamiento previamente estudiado.

ANEXO

ANALISIS DE LAS AGUAS

Río Mapocho y Zanjón de la Aguada

Río Maipo

Río Cachapoal

Agua Subterránea de Santiago

1. RIO MAPOCHO Y ZANJON DE LA AGUADA

C U A D R O 1
CONTROL RUTINARIO RIO MAPOCHO (*)
 Todos los valores corresponden a promedios anuales. (Valores en mg/l)
 Período 1968 - 1975

Parámetro	1. Mapocho Antes Est. Arrayán			2. Canal San Carlos Antes Río Mapocho			3. Río Mapocho en Rinconada de Maipú		
	Max	Min	Medio	Max	Min	Medio	Max	Min	Medio
Ph	7,50	6,80	7,24	7,88	7,38	7,62	7,79	7,00	7,39
Cond. Específica (Micromho/cm)	387	251	303	1840	874	1223	1814	943	1259
SAR	0,88	0,24	0,41	3,27	1,94	2,34	3,05	1,51	2,11
% Sodio	23	8	14,4	41	31	36	38	25	32
Clasificación USSLS	C ₂ -S ₁	C ₂ -S ₁	C ₂ -S ₁	C ₃ -S ₁	C ₃ -S ₁	C ₃ -S ₁	C ₃ -S ₁	C ₃ -S ₁	C ₃ -S ₁
Bicarbonatos	67,7	19,5	48,1	152,8	114,1	127,4	280,7	145,2	180,4
Carbonatos	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,08	4,5	0,0	0,5
Cloruros	20,6	7,4	13,1	351	130,1	187,4	273,3	131,9	182,9
Sulfatos	157,5	54,3	97,2	528,3	159,5	286,1	296,8	193,1	247,6
Calcio	51,9	29,9	40,8	172,5	97,6	129,8	167,3	111,0	136,1
Magnesio	21,6	6,3	9,4	26,8	12,2	20,5	39,3	19,6	27,5
Potasio	1,96	0,78	1,46	5,47	2,35	3,72	8,2	4,3	6,3
Sodio	29,9	7,6	11,7	174,7	79,1	109,3	168,5	73,3	103,6
Arsénico	0,028	0,004	0,016	-	-	-	-	-	-
Boro	1,19	0,0	0,65	1,88	0,0	0,66	0,92	0,00	0,44
Cobre	3,94	0,0	0,93	0,05	0,0	0,012	0,37	0,00	0,07
Nitratos	-	-	1,05	-	-	4,88	-	-	11,7

(*) Laboratorio Hidrológico de la Dirección General de Aguas.

-145-

C U A D R O 2
MUESTREO EVENTUAL RIO MAPOCHO ALTURA PLAZA ITALIA (*)
 (Valores en mg/l)

Parámetro	4/12/58	16/7/59	30/7/59	18/8/59	2/9/59	24/9/59	30/9/59	14/10/59
Ph	7,1	7,35	7,45	7,5	7,1	7,7	7,7	7,6
Decantable en 1 hr (ml)	95,0	0,7	0,3	0,2	0,2	0,7	0,2	0,4
Residuo Decantable								
Volátil	206,0	29,0	-	-	-	28,5	-	-
Fijo	1300,0	416,0	-	-	-	438,5	-	-
Total	1506,0	445,0	-	-	-	467,0	-	-
Residuo Total								
Volátil	140,0	350,0	170,0	180,0	64,0	126,0	58,0	24,0
Fijo	370,0	950,0	830,0	774,0	200,0	828,0	538,0	708,0
Total	510,0	1300,0	1000,0	954,0	264,0	954,0	596,0	732,0
Residuo Disuelto								
Volátil	140,0	300,0	40,0	148,0	62,0	70,0	54,0	16,0
Fijo	360,0	900,0	810,0	670,0	164,0	404,0	426,0	636,0
Total	500,0	1200,0	850,0	818,0	226,0	474,0	480,0	652,0
Residuo Suspendido								
Volátil	0,0	50,0	130,0	32,0	2,0	56,0	4,0	8,0
Fijo	10,0	50,0	20,0	104,0	36,0	424,0	112,0	72,0
Total	10,0	100,0	150,0	136,0	38,0	480,0	116,0	80,0
Nitrógeno Amoniacal	0,1	0,1	0,0	0,98	0,2	0,0	0,0	0,0
Orgánico	0,29	1,4	1,68	0,6	2,5	1,68	2,38	3,92
Nitritos	0,015	0,04	0,02	0,02	0,03	0,25	0,06	0,03
Nitratos	0,035	0,0	0,0	0,0	0,37	0,0	0,24	0,045
Oxígeno Consumido	6,0	1,5	1,0	4,0	4,5	10,0	7,0	0,0
D.B.O.	30,0	26,2	25,6	35,8	50,8	21,6	31,2	26,2
Estabilidad Relativa %	68,0	50,0	37,0	21,0	68,0	37,0	50,0	11,0
Oxígeno Disuelto	-	-	-	-	-	1,5	1,62	1,62

(*) Laboratorio Central, Dirección de Obras Sanitarias. M.O.P.

(Continuación)

C U A D R O 2

MUESTREO EVENTUAL RIO MAPOCHO ALTURA PLAZA ITALIA (*)

(Valores en mg/l)

Parámetro	30/10/59	18/11/59	15/12/59	6/1/60	2/6/60	15/3/69	Max	Min.	Medio
Ph	7,6	7,7	7,7	7,5	7,4	7,65	7,7	7,1	7,50
Decantable en 1 hr (ml)	0,4	0,3	0,4	2,7	0,2	0,3	95,0	0,2	7,3
Residuo Decantable									
Volátil	-	-	-	53,2	-	-	206,0	28,5	79,2
Fijo	-	-	-	922,4	-	-	1300,0	416,0	769,2
Total	-	-	-	975,6	-	-	1506,0	445,0	848,4
Residuo Total									
Volátil	144,0	72,0	117,0	160,0	176,0	166,0	350,0	24,0	139,1
Fijo	764,0	572,0	738,0	2096,0	1052,0	468,0	2096,0	200,0	777,7
Total	908,0	644,0	855,0	2256,0	1228,0	652,0	2256,0	264,0	918,1
Residuo Disuelto									
Volátil	106,0	62,0	105,0	132,0	162,0	128,0	300,0	16,0	108,9
Fijo	586,0	374,0	576,0	572,0	1042,0	418,0	1042,0	164,0	567,0
Total	692,0	436,0	681,0	704,0	1204,0	546,0	1204,0	226,0	675,9
Residuo Suspendido									
Volátil	38,0	10,0	12,0	28,0	14,0	38,0	130,0	0,0	30,1
Fijo	178,0	198,0	162,0	1524,0	10,0	68,0	1524,0	10,0	212,0
Total	216,0	208,0	174,0	1552,0	24,0	106,0	1552,0	10,0	242,1
Nitrógeno Amoniacal	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	19,6	19,6	0,0	1,5
Orgánico	5,3	4,76	3,1	4,06	2,5	9,2	9,2	0,29	3,1
Nitritos	0,92	0,02	0,025	0,135	0,04	0,01	0,92	0,01	0,115
Nitratos	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,14	0,37	0,0	0,059
Oxígeno Consumido	5,0	3,0	9,0	10,0	2,0	11,0	11,0	0,0	5,3
D.B.O.	12,3	24,8	1,2	13,6	27,1	77,2	77,2	1,2	28,8
Estabilidad Relativa %	21,0	50,0	37,0	11,0	44,0	11,0	68,0	11,0	36,9
Oxígeno Disuelto	1,52	1,52	1,85	1,44	-	-	1,85	1,44	1,58

(*) Laboratorio Central, Dirección de Obras Sanitarias. M.O.P.

C U A D R O 3

MUESTREO EVENTUAL RIO MAPOCHO (*)
(Valores en mg/l)

Parámetro	1. Mapocho en Plaza Italia	2. Mapocho Aguas Arriba Puente San Enrique	3. Río Molina	4. Río San Francisco
Olor en frío	Inodoro	Inodoro	Tierra	Tierra
Olor en caliente	Tierra, Acre	Inodoro	Tierra	Tierra
Sabor	Insípido	-	Insípido	Insípido
Color	5,0	7,5	0,0	0,0
Turbiedad	360	60,0	5,0	600,0
Ph	7,45	7,7	7,3	7,1
Alcalinidad (M.O.)	84,0	40,0	56,0	32,0
Dureza	148,0	90,0	60,0	180,0
Residuo Volátil	87,0	30,0	50,0	100,0
Residuo Fijo	880,0	249,0	110,0	750,0
Residuo Total	967,0	279,0	160,0	850,0
Residuo Disuelto	500,0	216,0	150,0	340,0
Residuo Suspendido	467,0	63,0	10,0	510,0
Cloruros	188,0	9,0	8,0	15,0
Nitrógeno Amoniacal	0,084	0,036	0,0	0,3
N. Albuminoideo	0,344	0,096	0,0	0,0

(*) Laboratorio Central. Dirección de Obras Sanitarias. M.O.P.

Continuación

C U A D R O 3
MUESTREO EVENTUAL RIO MAPOCHO (*)
 (Valores en mg/l)

Parámetro	1. Mapocho en Plaza Italia	2. Mapocho Aguas Arriba Puente San Enrique	3. Río Molina	4. Río San Francisco
Nitrógeno de Nitritos	0,100	0,0	0,004	0,025
Nitratos	0,8	1,2	0,0	0,4
Anhidrido Carbónico libre	5,0	1,8	6,0	5,0
Fierro Disuelto	0,03	0,10	0,1	3,0
Fierro Total	2,8	2,5	0,1	3,0
Manganeso	0,0	0,0	0,0	0,0
Sulfatos	136,1	64,0	22,0	124,0
Calcio	51,2	30,0	18,0	45,0
Magnesio	5,0	4,0	4,0	15,0
Sílice	8,8	17,0	20,0	84,0
Aluminio	0,0	0,0	0,0	0,0
Cobre	0,0	0,0	0,0	0,0
Fluor	0,0	0,4	0,1	0,4
Sodio y Potasio	155,7	12,0	12,0	2,0
Índice de Estabilidad	-0,5	-0,7	-	-
Arsénico	-	0,0	-	-

(*) Laboratorio Central. Dirección de Obras Sanitarias. M.O.P.

C U A D R O 4

MUESTREO EVENTUAL RIO MAPOCHO (22/5/72 al 3/6/72) (*)
(Valores en mg/l)

	5. Mapocho antes Canal San Carlos			6. Mapocho en Pudahuel			7. Mapocho después de Mina La Africana		
	Máximo	Mínimo	Medio	Máximo	Mínimo	Medio	Máximo	Mínimo	Medio
Oxígeno disuelto	10,1	8,2	9,6	5,9	2,0	4,8	4,7	2,2	3,7
Oxigenación relativa	87,3	71,0	82,1	53,7	18,4	45,3	44,4	20,8	34,4
Calcio	120,3	42,6	89,3	128,9	93,7	118,0	139,5	109,7	128,8
Magnesio	19,5	5,8	13,0	29,2	14,3	18,8	32,4	19,5	24,8
Sodio	132,0	14,5	90,0	156,0	120,0	139,5	152,0	120,0	134,5
Potasio	4,0	1,2	2,7	9,0	4,0	6,0	6,0	4,0	5,0
Carbonatos	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bicarbonatos	110,4	67,2	98,0	240,0	124,8	179,2	182,4	153,6	169,9
Cloruros	200,0	15,0	142,0	235,0	190,0	207,0	225,0	180,0	210,0
Sulfatos	278,0	101,2	206,0	283,9	238,7	257,0	325,0	273,2	293,3
Cobre	1,50	0,30	0,61	0,60	0,10	0,37	0,3	0,1	0,24
Hierro total	2,40	0,29	1,19	1,20	0,16	0,70	1,14	0,61	0,69
Nitrógeno de Nitritos	0,02	0,01	0,014	0,20	0,005	0,092	0,10	0,02	0,074
Nitrógeno de Nitratos	1,50	0,50	0,84	1,70	0,30	0,77	1,5	0,4	0,92
Nitrógeno total Kjeldahl	3,60	1,70	2,40	23,00	7,30	12,00	12,9	4,5	8,2
Cromo Hexavalente	0,05	0,05	0,05	1,00	0,10	0,49	0,3	0,1	0,20
Fosfatos	0,60	0,10	0,38	1,60	0,70	1,07	1,0	0,3	0,62
Ph	8,23	7,43	7,66	7,35	6,90	7,09	7,61	6,90	7,09
Residuo total a 180°C	1100	270	792	2900	1030	1390	2100	1180	1363
Residuo fijo total	1010	250	722	2800	910	1265	1900	1050	1248
Residuo volátil total	100	20	69	170	100	120	200	50	117
Residuo filtrable a 180°C	850	250	631	970	840	880	1050	890	936
Residuo fijo filtrable	890	220	577	870	750	803	950	800	850
Residuo volátil filtrable	150	10	53	110	20	80	100	70	87
Residuo no filtrable	270	20	189	2030	170	505	1150	250	427
Conductancia específica (Mmho/cm)	999	427	800	1246	1087	1140	1361	1219	1255

(*) Estudio de la calidad del agua del río Mapocho. CORFO. 1974

Continuación.

C U A D R O 4

MUESTREO EVENTUAL RIO MAPOCHO (22/5/72 al 3/6/72) (*)
(Valores en mg/l)

	5. Mapocho antes Canal San Carlos			6. Mapocho en Pudahuel			7. Mapocho después de Mina La Africana		
	Máximo	Mínimo	Medio	Máximo	Mínimo	Medio	Máximo	Mínimo	Medio
SAR	2,92	0,19	2,22	3,61	1,54	2,91	3,11	2,50	2,83
Porcentaje de Sodio	44,0	18,6	38,8	48,6	42,3	44,4	42,4	37,2	40,4
Indice colifecal NMP/100 ml	$6,2 \cdot 10^{14}$	$6,0 \cdot 10^4$	-	-	-	-	$2,4 \cdot 10^{14}$	$1,8 \cdot 10^8$	-
DBO	45	25	31,7	65	30	46,7	35	20	26,7
DQO	112	48	69,5	112	60	88,0	116	48	77,8
Detergentes (ABS)	2,8	0,8	1,57	8,6	4,0	6,12	5,2	3,1	4,30
Fenoles	0,008	0,0	0,002	0,040	0,010	0,021	0,015	0,004	0,010

(*) Estudio de la calidad del agua del río Mapocho. CORFO. 1974.

Continuación

C U A D R O 4
 MUESTREO EVENTUAL RIO MAPOCHO (22/5/72 al 3/6/72) (*)
 (Valores en mg/l)

	8. Mapocho en Bocatoma Canal Las Mercedes			9. Zanjón Aguada en Pajaritos		
	Máximo	Mínimo	Medio	Máximo	Mínimo	Medio
Oxígeno disuelto	3,0	0,5	1,9	0,0	0,0	0,0
Oxigenación relativa	29,0	24,8	17,9	0,0	0,0	0,0
Calcio	134,2	42,6	115,0	134,2	49,0	114,4
Magnesio	72,7	18,8	32,4	62,3	20,7	29,5
Sodio	160,0	135,0	145,6	212,0	156,0	184,5
Potasio	7,6	5,0	6,8	15,2	12,2	13,8
Carbonatos	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bicarbonatos	302,4	230,4	264,5	686,4	393,6	533,0
Cloruros	250,0	200,0	219,5	310,0	220,0	269,0
Sulfatos	295,9	247,3	275,3	257,1	44,0	156,4
Cobre	0,6	0,3	0,40	0,60	0,20	0,43
Fierro total	1,52	0,16	0,64	3,90	0,76	1,34
Nitrógeno de Nitritos	0,10	0,005	0,043	0,02	0,002	0,009
Nitrógeno de Nitratos	1,1	0,3	0,62	0,80	0,20	0,46
Nitrógeno total Kjeldahl	10,9	7,8	10,2	62,70	27,20	36,50
Cromo Hexavalente	0,5	0,1	0,30	1,10	0,10	0,69
Fosfatos	2,5	0,8	1,47	5,20	1,20	3,37
Ph	7,32	7,00	7,20	7,52	6,97	7,32
Residuo total a 180°C	1700	1100	1310	1600	1300	1475
Residuo fijo total	1500	1000	1180	1350	1000	1200
Residuo volátil total	200	100	135	300	200	270

-159-

(*) Estudio de la calidad del agua del río Mapocho. CORFO. 1974

Continuación

CUADRO 4

MUESTREO EVENTUAL RIO MAPOCHO (22/5/72 al 3/6/72) (*)
(Valores en mg/l)

	8. Mapocho en Bocatoma Canal Las Mercedes			9. Zanjón Aguada en Pajaritos		
	Máximo	Mínimo	Medio	Máximo	Mínimo	Medio
Residuo filtrable a 180°C	1100	350	951	1200	950	1085
Residuo fijo filtrable	950	300	861	1100	900	1000
Residuo volátil filtrable	150	50	96	100	50	83
Residuo no filtrable	720	150	355	470	300	389
Conductancia específica (Mmho/cm)	1404	1267	1310	1619	1369	1490
SAR	3,30	2,90	3,10	4,39	3,38	3,98
Porcentaje de sodio	44,4	41,0	42,6	50,7	44,8	48,8
Índice colifecal NMP/100ml	7.10 ¹⁴	6.10 ⁶	-	5.10 ¹⁴	10 ⁶	-
DBO	70	30	46,7	140	90	103,5
DQO	212	40	119,3	672	296	502,0
Detergentes (ABS)	12,5	9,4	10,90	18,3	13,9	15,60
Fenoles	0,040	0,015	0,029	0,130	0,030	0,085

(*) Estudio de la calidad del agua del río Mapocho. CORFO. 1974.

C U A D R O 5
MUESTREO EVENTUAL RIO MAPOCHO (*)
 (Valores en mg/l)

	10. Mapocho En El Monte			11. Mapocho en Puente Ñihue			12. San Francisco en La Hermita		
	Máximo	Mínimo	Medio	Máximo	Mínimo	Medio	Máximo	Mínimo	Medio
Sólidos disueltos	1074	920	984	324	142	262	896	367	538
Silíce	33	25	29	21	12	17	18	15	17
Calcio	187	178	181	64	31	51	87	78	82
Magnesio	28	19	25	7,3	1,2	5,2	11	6,1	8,7
Sodio	99	71	81	12	6,9	9,7	15	6,6	11,9
Potasio	7,1	4,3	5,9	1,6	0,8	1,3	4,0	0,4	2,7
Bicarbonatos	226	215	219	55	12	33	31	0,0	13,3
Carbonatos	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sulfatos	312	285	304	165	40	121	249	210	233
Cloruros	177	146	160	16	4,4	10,7	20	6,7	15,0
Nitratos	28	7,1	16,0	9,4	1,3	5,4	4,2	0,0	1,7
Dureza	575	526	555	184	82	149	261	220	240
Ph	7,62	6,83	7,18	7,28	6,5	6,93	6,94	4,42	5,68

-163-

(*) Hidrogeología de la Cuenca de Santiago. CORFO. 1970.

Continuación

C U A D R O 5
MUESTREO EVENTUAL RIO MAPOCHO (*)
 (Valores en mg/l)

	13. Molina en La Hermita			14. Estero Arrayán antes Río Mapocho		
	Máximo	Mínimo	Medio	Máximo	Mínimo	Medio
Sólidos disueltos	155	92	129	322	290	306
Silice	17	15	15,5	27	27	27
Calcio	34	17	26	54	52	53
Magnesio	3,4	1,5	2,4	12	6,8	9,4
Sodio	9,7	6,6	7,9	20	15	17,5
Potasio	0,9	0,1	0,5	0,8	0,7	0,8
Bicarbonatos	87	46	70	106	77	92
Carbonatos	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sulfatos	299	9,7	88,2	116	107	112
Cloruro	11,0	4,4	7,7	17	8,1	12,6
Nitratos	7,6	0,0	3,8	4,6	4,1	4,4
Dureza	97	48	74	179	163	171
Ph	7,40	6,90	7,16	7,34	7,20	7,27

-165-

(*) Hidrogeología de la Cuenca de Santiago. CORFO. 1970.

R I O M A I P O

C U A D R O 6
CONTROL RUTINARIO RIO MAIPO (*)
 (Valores en mg/l)

Parámetro	1. Maipo en Bocatoma Queltehues			2. Maipo antes Río Volcán			3. Río Volcán antes Río Maipo		
	Máximo	Mínimo	Medio	Máximo	Mínimo	Medio	Máximo	Mínimo	Medio
Ph	7,88	7,38	7,69	7,88	7,45	7,63	7,77	7,05	7,61
Conductancia específica	2930	1352	2019	2006	853	1266	1786	827	1153
SAR	6,71	3,50	5,89	4,59	1,80	3,19	3,51	1,78	2,51
% Sodio	57	42	49	56	33	44	44	30	37
Clasificación USSLS	C4-S2	C3-S1	C3-S2	C3-S1	C3-S1	C3-S1	C3-S1	C3-S1	C3-S1
Bicarbonatos	151,9	98,2	126,9	125,7	97,6	111,4	206,9	142,8	167,9
Carbonatos	1,5	0,0	0,21	0,0	0,0	0,0	3,6	0,0	0,51
Cloruros	581,0	237,9	382,3	307,7	152,4	226,2	351,3	106,7	196,3
Sulfatos	515,4	256,0	334,2	366,00	111,4	248,7	250,7	44,2	192,8
Calcio	195,0	124,1	151,4	156,7	94,2	120,9	140,9	50,1	103,6
Magnesio	38,2	16,3	23,4	24,9	15,6	20,5	60,8	16,5	26,7
Potasio	5,9	2,4	4,3	4,3	1,2	2,8	5,9	2,4	4,1
Sodio	393,8	159,1	245,8	202,3	73,6	144,8	172,7	69,7	111,4
Arsénico	-	-	0,011	-	-	0,003	-	-	0,007
Boro	1,30	0,00	0,57	1,60	0,00	0,64	2,05	0,00	0,78
Cobre	-	-	0,04	-	-	0,03	0,46	0,00	0,10
Nitratos	-	-	0,00	-	-	1,38	-	-	0,55
Sólidos disueltos	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sílice	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dureza	-	-	-	-	-	-	-	-	-

-169-

(*) Laboratorio Hidrológico de la Dirección General de Aguas. Todos los valores máximo y mínimo son medios anuales, excepto en Sólidos disueltos, Sílice y Dureza, estos últimos tomados de la Hidrogeología de la Cuenca de Santiago, CORFO, 1970.

Continuación

C U A D R O 6

CONTROL RUTINARIO RIO MAIPO (*)
(Valores en mg/l)4. Río Yeso antes
Maipo5. Maipo después
San Alfonso6. Colorado antes
Maipo

Parámetro	Máximo	Mínimo	Medio	Máximo	Mínimo	Medio	Máximo	Mínimo	Medio
Ph	7,91	7,57	7,76	7,80	7,51	7,63	7,86	7,41	7,45
Conductancia espe- cífica	1418	660	865	2060	1040	1482	1112	840	950
SAR	1,49	0,57	0,89	6,13	2,23	3,34	1,38	0,92	1,17
% Sodio	30	13	18	59	35	42	26	18	23
Clasif. USSLS	C3-S1	C2-S1	C3-S1	C3-S2	C3-S1	C3-S1	C3-S1	C3-S1	C3-S1
Bicarbonatos	167,8	95,8	121,2	153,2	115,3	129,0	156,8	96,0	124,5
Carbonatos	0,6	0,0	0,07	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,25
Cloruros	163,4	34,0	74,2	561,9	165,2	284,5	171,0	51,0	82,3
Sulfatos	440,0	188,8	227,0	409,7	94,6	282,1	412,0	213,3	268,4
Calcio	201,4	81,2	116,0	181,8	75,4	135,5	172,0	95,6	113,2
Magnesio	32,4	16,4	22,4	55,9	17,4	26,9	27,1	14,0	22,4
Potasio	5,0	1,6	2,4	9,4	2,4	4,3	5,9	2,4	3,3
Sodio	90,8	23,9	44,1	287,4	97,9	163,0	105,0	32,0	53,0
Arsénico	-	-	0,000	-	-	-	-	-	0,011
Boro	2,30	0,00	0,67	1,02	0,00	0,57	1,50	0,0	0,73
Cobre	0,22	0,00	0,06	1,30	0,00	0,43	0,10	0,0	0,044
Nitratos	15,0	0,3	-	-	-	1,06	23,0	0,0	-
Sólidos disueltos	900	560	707	-	-	-	-	-	-
Sílice	21	7,9	16,3	-	-	-	-	-	-
Dureza	548	344	419	-	-	-	-	-	-

(*) Laboratorio Hidrológico de la Dirección General de Aguas. Todos los valores máximos y mínimos son medios anuales, excepto en Sólidos disueltos, Sílice y Dureza, estos últimos tomados de la Hidrogeología de la Cuenca de Santiago, CORFO, 1970.

Continuación

C U A D R O 6
 CONTROL RUTINARIO RIO MAIPO (*)
 (Valores en mg/l)

Parámetro	7. Maipo en Las Lajas			8. Clarillo antes Maipo			9. Maipo en Viluco		
	Máximo	Mínimo	Medio	Máximo	Mínimo	Medio	Máximo	Mínimo	Medio
Ph	8,10	7,46	7,73	7,80	7,47	7,64	7,81	7,60	7,68
Conductancia específica	1880	982	1311	1273	480	910	1096	832	964
SAR	3,40	1,64	2,41	1,72	0,88	1,48	2,14	1,22	1,86
% Sodio	43	28	36	32	19	27	39	25	33
Clasif. USSLS	C3-S1	C3-S1	C3-S1	C3-S1	C2-S1	C3-S1	C3-S1	C3-S1	C3-S1
Bicarbonatos	189,2	103,7	128,0	153,2	97,6	120,6	140,4	106,8	121,6
Carbonatos	3,3	0,0	0,4	4,5	0,0	0,75	3,3	0,0	0,83
Cloruros	338,6	124,4	198,4	177,3	83,0	130,0	141,8	87,6	123,3
Sulfatos	309,8	190,2	262,0	303,6	25,5	208,5	251,2	108,6	209,7
Calcio	176,8	99,8	130,6	162,3	71,1	112,3	116,4	92,0	108,3
Magnesio	29,6	15,8	21,0	43,8	15,6	28,0	24,9	10,8	17,4
Potasio	9,4	2,4	5,0	5,9	3,1	4,1	3,1	2,4	2,9
Sodio	180,5	77,9	113,4	92,0	37,9	67,6	89,2	52,2	78,0
Arsénico	-	-	0,003	-	-	-	-	-	0,014
Boro	1,67	0,0	0,58	1,18	0,45	0,78	2,55	0,25	1,18
Cobre	0,09	0,0	0,022	0,38	0,0	0,095	0,18	0,00	0,045
Nitratos	-	-	2,72	-	-	-	-	-	0,00

(*) Laboratorio Hidrológico de la Dirección General de Aguas. Todos los valores máximos y mínimos son medios anuales.

Continuación

C U A D R O 6

CONTROL RUTINARIO RIO MAIPO (*)
(Valores en mg/l)

10. Angosturá en Angostura

11. Maipo en San Vicente
Naltahua

12. Maipo en Puente Melipilla

Parámetro	Máximo	Mínimo	Medio	Máximo	Mínimo	Medio	Máximo	Mínimo	Medio
Ph	7,89	7,19	7,53	8,00	7,50	7,79	8,10	7,10	7,74
Conductancia es- pecífica	404	220	329	1394	1017	1128	1380	1038	1192
SAR	0,54	0,42	0,49	2,39	1,57	1,84	1,79	1,30	1,54
% Sodio	18	14	17	37	27	30	30	21	25,8
Clasif. USSLS	C2-S1	C1-S1	C2-S1	C3-S1	C3-S1	C3-S1	C3-S1	C3-S1	C3-S1
Bicarbonatos	110,5	81,8	94,9	167,8	150,1	159,3	214,0	122,7	159,1
Carbonatos	3,6	0,0	0,51	9,6	0,0	2,4	22,5	0,0	8,1
Cloruros	34,7	10,6	22,2	190,4	117,3	142,9	171,0	130,1	142,7
Sulfatos	68,2	32,7	49,0	276,7	189,7	232,8	365,0	216,1	268,9
Calcio	41,5	30,7	36,2	150,3	114,4	129,6	182	123,5	143,8
Magnesio	22,3	9,6	13,8	28,8	15,8	21,5	38,2	15,0	28,7
Potasio	2,4	0,4	1,5	4,3	2,7	3,3	5,7	2,7	3,7
Sodio	17,2	9,4	13,8	105,1	69,4	84,3	98,0	69,0	76,6
Arsénico	-	-	-	-	-	-	-	-	0,007
Boro	-	-	0,21	1,40	0,40	0,92	1,60	0,00	0,81
Cobre	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,05	0,00	0,01
Nitratos	7,2	-	4,20	-	-	4,6	22,0	2,1	6,73
Sólidos disueltos	-	-	-	-	-	-	940	830	868
Sílice	-	-	-	-	-	-	28	21	23
Dureza	-	-	-	-	-	-	533	453	488

(*) Laboratorio Hidrológico de la Dirección General de Aguas. Todos los valores máximos y mínimos son medios anuales, excepto en Sólidos disueltos, Sílice y Dureza, estos últimos tomados de la Hidrogeología de la Cuenca de Santiago, CORFO, 1970.

Continuación

C U A D R O 6

CONTROL RUTINARIO RIO MAIPO

(Valores en mg/l)

13. Maipo en Desembocadura (*)

14. Río Maipo en las Vizcachas (**)

Parámetro	Máximo	Mínimo	Medio	Parámetro	Máximo	Mínimo	Medio
Ph	8,15	7,73	7,87	Temperatura °C	18,0	2,5	10,4
Conductancia específica	1263	941	1147	Turbiedad	40000	7,4	709
SAR	1,73	1,44	1,6	Ph	8,50	7,44	8,04
% Sodio	29	24	27	Olor en frío y caliente	0,0	0,0	0,0
Clasificación USSLS	C3-S1	C3-S1	C3-S1	Dureza	612	86	409
Bicarbonatos	188,6	170,9	179,3	Alcalinidad Bicarbonatos (tot)	118	32	86
Carbonatos	3,9	0,0	1,5	Alcalinidad Carbonatos	0,0	0,0	0,0
Cloruros	146,8	135,4	139,3	Sólidos suspendidos	4263	12	463
Sulfatos	282,9	216,1	249,5	Calcio	588	70	336
Calcio	146,3	122,2	135,7	Magnesio	124	44	82
Magnesio	32,1	21,4	27,9	Nitrógeno de Nitritos	0,010	0,000	0,004
Potasio	4,3	3,1	3,6	Cloruros	420	51	199
Sodio	81,8	74,0	18,5	Silice	17,3	5,3	12,0
Arsénico	-	-	0,007	Anhidrido Carbónico	0,0	0,0	0,0
Boro	1,75	0,0	1,08	Hierro	0,0	0,0	0,0
Cobre	0,07	0,00	0,02				
Nitratos	-	-	4,53				

(*) Laboratorio Hidrológico de la Dirección General de Aguas. Todos los valores max. y min. son medios anuales.

(**) Laboratorio de Control de Calidad. Planta Las Vizcachas. Empresa de Agua Potable de Santiago.

C U A D R O 7
CALIDAD DEL AGUA DEL RIO MAIPO (*)

Muestreo Eventual
(Valores en mg/l)

Parámetro	1. Embalse El Yeso	2. Río Volcán	3. Río Olivares en Los Potrillos	4. Río Colorado en Bocatoma Mañenas
	16/2/1968	13/5/1968	18/3/1954	11/11/1959
Olor en frío	Inodoro	Inodoro	Tierra	Inodoro
Olor en caliente	Inodoro	Inodoro	Tierra	Inodoro
Sabor	-	Insípido	Insípido	Insípido
Color	2,5	0,0	5,0	0,0
Turbiedad	7,0	20,0	1.500	160,0
Ph	7,9	7,6	7,3	7,8
Alcalinidad	88,0	135,0	96,0	88,0
Dureza total	520,0	600,0	144,0	324,0
Residuo total volátil	72,0	274,0	300,0	114,0
Residuo total fijo	818,0	857,0	1.690	716,0
Residuo total	890,0	1.131,0	1.990	830,0
Residuo disuelto (105°C)	890,0	1.125,0	240	655,0
Residuo suspendido	0,0	6,0	1.750	175,0
Cloruros	61,0	131,0	12,2	75,0
N. Amoniacal	0,02	0,009	0,024	0,040
N. Albuminoideo	0,040	0,008	0,038	0,256
Nitritos	0,0	0,024	0,02	0,009
Nitratos	0,2	0,15	0,0	0,15
Anhidrido Carbónico libre	0,0	1,8	10,0	2,4
Hierro disuelto	0,05	0,05	0,05	0,0
Hierro total	0,05	0,1	0,05	1,5
Manganeso	0,0	0,0	0,0	0,0
Sulfatos	443,0	416,0	70,0	266,0
Calcio	170,0	200,0	26,7	96,0
Magnesio	23,0	24,4	17,8	21,0
Sílice	12,0	14,2	12,0	6,8
Aluminio	0,03	0,0	0,0	0,0
Cobre	0,0	0,0	0,0	0,0
Fluor	0,8	0,4	0,0	0,3
Sodio y Potasio (en Na)	53,0	72,7	17,0	44,0
Indice de Estabilidad	+ 0,6	+ 0,6	-	- 0,2
Arsénico	-	-	-	0,0

(*) Laboratorio Central de la Dirección de Obras Sanitarias. M.O.P.

Continuación.

C U A D R O 7
CALIDAD DEL AGUA DEL RIO MAIPO (*)
Muestreo Eventual. (Valores en mg/l)

Parámetro	5. Río Maipo en La Obra 7/3/1958	6. Río Maipo en Puente Los Morros 10/7/1967	7. Río Maipo en Puente Marambio Mellipilla 25/9/1969	8. Río Maipo en Desembocadura 30/5/1958
Olor en frío	Tierra débil	Inodoro	Inodoro	Tierra débil
Olor en caliente	Tierra débil	Inodoro	Inodoro	Tierra débil
Sabor	Inapído	-	-	Inapído
Color	2,5	2,5	2,5	10
Turbiedad	1.500,0	30,0	5,0	10
Ph	7,9	7,9	8,2	7,6
Alcalinidad	80,0	120,0	182,0	184,0
Dureza total	404,0	504,0	536,0	579
Residuo total volátil	340,0	128,0	112,0	180
Residuo total fijo	1890,0	1.170,0	860,0	950
Residuo total	2230,0	1.298,0	972,0	1.130,0
Residuo disuelto (105°C)	790,0	1.290,0	972,0	1.118,0
Residuo suspendido	1440,0	8,0	0,0	12,0
Cloruros	116,0	309,0	142,0	157,0
N. Amoniacal	0,012	-	0,112	0,014
N. Albuminoideo	0,008	-	0,080	0,0
Nitritos	0,012	0,013	0,018	0,012
Nitratos	0,4	0,2	0,7	0,7
Anhidrido Carbónico Libre	1,8	0,0	0,0	13,0
Fierro disuelto	0,01	0,0	0,0	0,1
Fierro total	15,0	0,0	0,2	0,1
Manganeso	0,0	0,0	0,0	0,0
Sulfatos	346,0	349,0	292,0	313,0
Calcio	137,6	160,0	180,0	177,0
Magnesio	14,6	23,0	21,0	32,0
Sílice	80,0	19,0	22,0	27,0
Aluminio	0,0	0,0	0,0	0,0
Cobre	0,0	0,0	0,0	0,0
Fluor	0,2	0,2	0,4	0,1
Sodio y Potasio (Expr en Na)	89,7	191,0	62,0	69,4
Índice de Estabilidad	+ 0,5	+ 0,7	+ 1,3	+ 0,65
Arsénico	-	0,0	-	-

(*) Laboratorio Central de la Dirección de Obras Sanitarias. M.C.P.

RIO CACHAPOAL

C U A D R O 8

CONTROL RUTINARIO RIO CACHAPOAL (*)

(Todos los valores corresponden a valores medios anuales, en mg/l)

Parámetro	1. Río Cachapoal antes de Coya			2. Estero Coya antes Río Cachapoal		
	Máximo	Mínimo	Medio	Máximo	Mínimo	Medio
Ph	7,74	7,09	7,47	6,51	4,47	5,29
Conductancia específica (Mmho/cm)	548	370	415	1305	638	900
SAR	0,66	0,36	0,56	0,81	0,34	0,53
Clasificación USSLS	C2-S1	C2-S1	C2-S1	C3-S1	C2-S1	C3-S1
Bicarbonatos	101,3	42,1	82,2	37,2	4,3	12,0
Carbonatos	2,1	0,0	0,26	0,0	0,0	0,0
Cloruros	45,0	19,5	32,7	34,7	6,0	16,5
Sulfatos	106,6	61,0	79,0	800	243	453
Calcio	68,3	44,5	52,6	244	75	121
Magnesio	12,7	6,9	9,4	30,2	6,1	18,0
Potasio	5,1	2,0	3,3	23,4	4,3	8,9
Sodio	20,0	10,1	16,6	34,0	12,4	23,0
Arsénico	-	-	0,014	0,084	0,039	0,061
Boro	0,92	0,00	0,27	0,50	0,00	0,21
Cobre	1,09	0,00	0,35	119,0	1,26	38,20
Nitratos	-	-	-	-	-	4,13
% Sodio	19	12	17	15	7	10

(*) Laboratorio Hidrológico Dirección General de Aguas.

Continuación

C U A D R O 8

CONTROL RUTINARIO RIO CACHAPOAL (*)

(Todos los valores corresponden a valores medios anuales,
en mg/l)

Parámetro	3. Río Cachapoal en Puente Termas			4. Río Cachapoal en Bocatoma Canales		
	Máximo	Mínimo	Medio	Máximo	Mínimo	Medio
Ph	7,79	6,80	7,34	7,91	7,40	7,61
Conductancia Específica (Mmho/cm)	824	409	503	593	334	451
SAR	0,68	0,45	0,53	0,66	0,52	0,58
% Sodio	18	10	15	19	15	17
Clasificación USSLS	C3-S1	C2-S1	C2-S1	C2-S1	C2-S1	C2-S1
Bicarbonatos	116	44	76	101,9	60,4	79,9
Carbonatos	0,9	0,0	0,11	3,3	0,0	0,47
Cloruros	41,5	22,7	33,9	49,3	15,2	36,0
Sulfatos	376	87	144	154,2	82,6	109,3
Calcio	141	51	72	73,8	38,7	58,0
Magnesio	14,0	5,8	10,5	14,5	7,5	11,1
Potasio	12,5	2,4	4,6	5,9	2,35	4,8
Sodio	23,2	14,5	18,0	25,3	14,5	18,4
Arsénico	0,027	0,007	0,017	0,016	0,012	0,014
Boro	0,88	0,00	0,25	3,77	0,00	1,23
Cobre	19,3	0,00	3,4	6,56	0,0	1,68
Nitratos	-	-	-	-	-	0,41

(*) Laboratorio Hidrológico Dirección General de Aguas.

C U A D R O 9

MUESTREO EVENTUAL RIO CACHAPOAL (*)
(Valores en mg/l)

Parámetro	1. Estero Coya antes de Caletones			2. Estero Coya en Coya			3. Río Cachapoal antes de Coya		
	7/11/72	-	14/12/72	11/5/72	-	28/6/73	11/5/72	-	28/6/73
	Máximo	Mínimo	Medio	Máximo	Mínimo	Medio	Máximo	Mínimo	Medio
Calcio	-	-	87,4	108	52,5	77,5	69,4	35,3	49,6
Magnesio	-	-	9,8	15,0	6,7	11,2	12,6	4,0	7,2
Sodio	6,0	4,6	5,3	15,6	6,4	12,4	25,2	8,7	17,5
Potasio	1,6	1,4	1,5	8,4	1,6	4,5	4,5	1,5	2,7
Carbonatos	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bicarbonatos	13,2	7,1	10,2	34,0	7,1	16,6	81,6	67,2	74,2
Cloruros	6,8	4,9	5,9	9,5	4,3	6,4	60,8	18,6	36,4
Sulfatos	299,5	287,2	293,3	795	162	468	131,3	44,4	91,0
Sólidos disueltos	455	448	452	1292	318	746	371	174	266
Conductancia Espec.	580	520	550	1240	370	759	472	255	348
Ph	4,7	4,7	4,7	5,0	4,2	4,6	8,2	7,3	7,6
Cobre	-	-	45,0	130	12,7	65,6	0,6	0,0	0,33
Boro	-	-	0,0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nitratos	2,1	0,5	1,3	1,7	0,0	0,85	6,1	1,0	2,5
Dureza total	259	202	231	330	158	225	208	105	150

(*) Calidad del Agua del Río Cachapoal. CORFO, Diciembre 1973.

Continuación

C U A D R O 9

MUESTREO EVENTUAL RIO CACHAPOAL (*)
(Valores en mg/l)

Parámetro	4. Río Cachapoal en Puente Termas			5. Río Cachapoal en Puente Panamericana		
	27/7/72 Máximo	- Mínimo	28/6/73 Medio	11/5/72 Máximo	- Mínimo	28/6/73 Medio
Calcio	66,0	41,2	54,8	63,2	39,5	51,4
Magnesio	19,6	4,9	8,4	19,9	3,1	7,9
Sodio	23,2	9,2	16,2	24,0	8,5	15,9
Potasio	4,8	1,9	2,9	4,8	1,9	2,8
Carbonatos	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bicarbonatos	80,7	19,0	64,0	78,4	66,5	72,5
Cloruros	44,4	18,8	29,8	46,3	17,6	31,4
Sulfatos	276,3	71,2	134	146,9	56,8	106,8
Sólidos disueltos	501	196	323	335	195	268
Conductancia específica	570	300	417	475	280	362
Ph	7,6	6,7	7,4	7,7	7,3	7,5
Cobre	22,0	2,4	6,8	2,7	0,5	1,7
Boro	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nitratos	5,3	1,5	2,9	6,1	1,4	2,4
Dureza total	245	123	184	220	114	161

(*) Calidad del Agua del Río Cachapoal. CORFO, Diciembre 1973.

AGUA SUBTERRANEA DE SANTIAGO

C U A D R O 10
 AGUA SUBTERRANEA SANTIAGO. (En mg/l) (*)

Parámetro	Z O N A 1 Nor Oriente (Las Condes)			Z O N A 2 Norte (Conchalí)		
	Máximo	Mínimo	Medio	Máximo	Mínimo	Medio
Sólidos disueltos	393	270	319	1138	135	905
Hierro	0,43	0,08	0,20	0,25	0,02	0,14
Calcio	80	54	64	247	109,8	174
Magnesio	19	3,2	11,6	57	11,0	32,6
Sodio	22	10	15,3	88	21	48,6
Potasio	3	1,1	1,9	8,0	0,9	2,96
Bicarbonatos	192	90	141	326	20,7	200
Carbonatos	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sulfatos	112	66	88	374	161	264
Cloruros	28	5	14,5	188	85	139,7
Nitratos	25	2,6	12	86	4,3	46
Dureza total	272	170	207	789	374	575
Ph	7,40	6,5	6,94	8,39	6,5	7,13

(*) Hidrogeología de la Cuenca de Santiago. CORFO, 1970.

Continuación

C U A D R O 10
 AGUA SUBTERRANEA SANTIAGO (*)
 (Valores en mg/l)

Parámetro	Z O N A 3 S U R			Z O N A 4 P O N I E N T E (M A I P U)		
	Máximo	Mínimo	Medio	Máximo	Mínimo	Medio
Sólidos disueltos	1080	680	897	1160	540	1010,8
Hierro	-	-	-	0,4	0,05	0,17
Calcio	222	138	184	240	112,2	194,1
Magnesio	30	15	23	72,6	5,8	27,7
Sodio	87	60	71	127,0	33,0	85,2
Potasio	10	4,5	6,8	21,4	2,8	7,5
Bi carbonatos	287	186	244	349	120,8	259,4
Carbonatos	0	0	0	0	0	0
Sulfatos	336	228	291	360,5	153,7	307
Cloruros	192	100	143	187	63	159,7
Nitratos	16	6	9,4	66	0	27,8
Dureza total	662	404	551	689	364	594,9
Ph	7,40	7,14	7,29	7,83	7,04	7,35

(*) Hidrogeología de la Cuenca de Santiago. CORFO, 1970.

C U A D R O 11
CALIDAD DEL AGUA SUBTERRANEA (mg/l) (*)

Variaciones en el tiempo

Parámetro	Z O N A C O N C H A L I						ZONA BARRANCAS	
	Pozo Bd 16		Pozo Ca 2		Pozo Bd 16		Pozo Da 27	Pozo Da 24
	12/12/74	3/9/75	25/3/60	3/9/75	11/9/61	3/9/75	19/1/73	8/9/75
Sólidos disueltos	549	-	750	-	812	-	1045	-
Sílice	-	-	24	-	43	-	40,8	-
Calcio	98,1	82,2	168	154,5	181	82,2	160	143,9
Magnesio	13,4	34,9	29	57,8	36	34,9	38,5	50,1
Sodio	36,1	32,4	26	25,1	21	32,4	31,65	21,4
Potasio	1,0	1,2	1,1	1,2	2,4	1,2	-	1,2
Bicarbonato	171,1	170,9	188	173,9	232	170,9	-	213,6
Carbonatos	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	0,0
Sulfatos	132,1	162,3	220	254,5	259	162,3	236	255,5
Cloruros	68,0	85,1	117	158,5	113	85,1	121	139
Nitratos	19,3	36,0	55	102,0	33	36,0	2,5	14,6
Dureza	300	-	540	-	598	-	558	-
Ph	7,8	8,15	8,02	7,86	7,32	8,15	7,85	8,05
Fierro	-	0,0	-	0,01	-	0,0	0,17	0,01
Arsénico	-	0,0	-	0,0	-	0,0	-	0,0
Boro	-	5,35	-	4,55	-	5,35	-	4,55
Cobre	-	0,0	-	0,02	-	0,0	0,0	0,0
% Sodio	-	17,	-	8	-	17	-	8
Conductancia Esp.	-	781	-	1.277	-	781	-	1.155
SAR	-	0,75	-	0,44	-	0,75	-	0,39
Clasificación USSL	-	C3-S1	-	C3-S1	-	C3-S1	-	C3-S1

(*) Los análisis anteriores a 1975 se obtuvieron de la Hidrogeología de la Cuenca de Santiago, CORFO 1970. Los análisis fechados en 1975 fueron realizados con motivo de este estudio.

Continuación

C U A D R O 11
CALIDAD DEL AGUA SUBTERRANEA (mg/l) (*)
Variaciones en el tiempo

Parámetro	ZONA COLINA				ZONA MAIPU	
	Pozo D 4 27/11/74 3/9/75		Pozo D 5 21/11/66 3/9/75		Pozo Db 5 16/12/58	Pozo Dc 7 8/9/75
Sólidos disueltos	312	-	180	-	1.092	-
Sílice	-	-	5	-	41	-
Calcio	42,0	44,7	10	14,8	199	197,2
Magnesio	4,9	11,4	1,0	3,8	32	27,2
Sodio	52,5	45,1	46,0	39,1	111	71,5
Potasio	1,3	1,2	-	1,2	7,3	5,1
Bicarbonatos	182,2	195,3	-	122	321	351
Carbonatos	2,8	0	-	0	0,0	0,0
Sulfatos	64,2	44,2	15,0	11,5	299	222
Cloruros	27,1	30,8	9,0	12,1	183	150
Nitratos	15,6	14,8	1,0	88,0	62	74
Dureza	125	-	28	-	629	-
Ph	8,0	8,3	7,9	8,30	7,65	8,07
Fierro	-	-	-	0,0	-	0
Arsénico	-	-	-	0,011	-	0,0
Boro	0,23	3,35	-	2,65	-	4,55
Cobre	-	-	-	0,0	-	0,05
% Sodio	-	-	-	61	-	20
Conductancia Específica	-	-	-	267	-	1.454
SAR	-	-	-	2,36	-	1,26
Clasificación USSLS	-	-	-	C2-S1	-	C3-S1

-201-

(*) Los análisis anteriores a 1975 se obtuvieron de la Hidrogeología de la Cuenca de Santiago, CORFO 1970. Los análisis fechados en 1975 fueron realizados con motivo de este estudio.

CENTRO DE INFORMACION DE RECURSOS HIDRICOS



3 5617 00003 8125