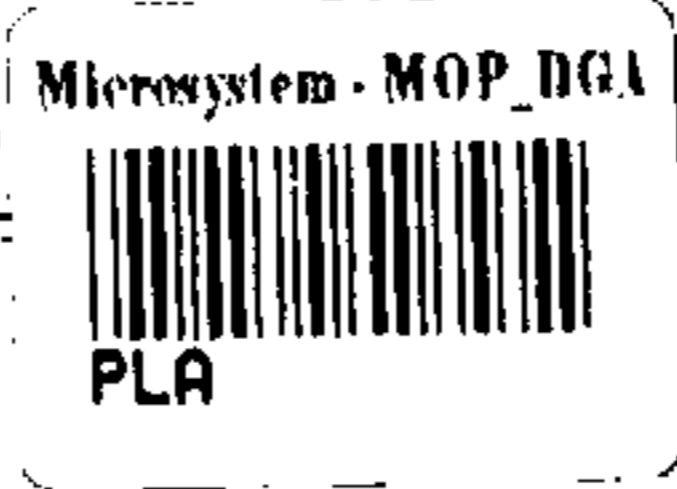
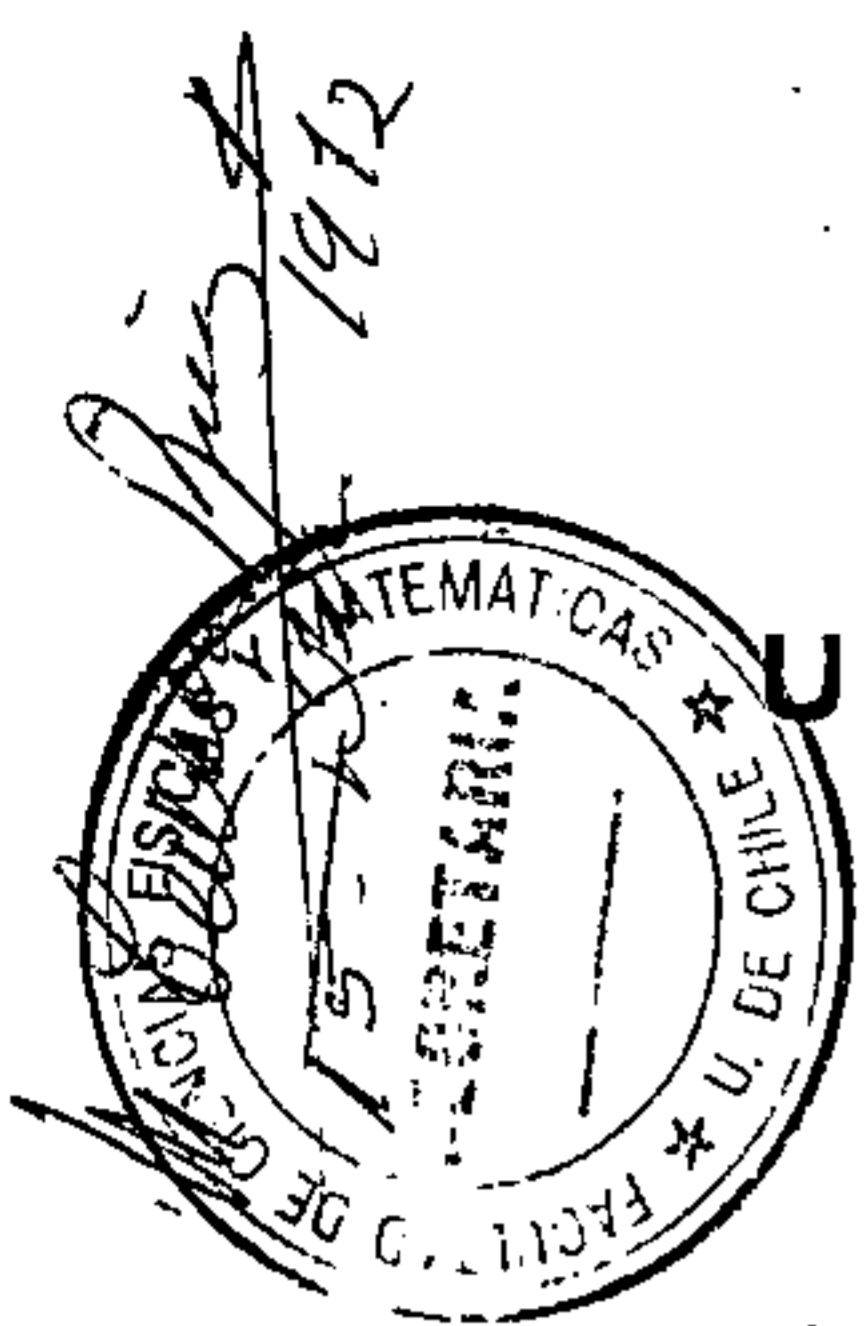


COV-2712



MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION GENERAL DE AGUAS
DEPARTAMENTO DE HIDROLOGIA
SUB-DEPTO. PROC. DE LA INF.

ARCHIVO TECNICO



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Y MATEMATICAS
ESCUELA DE INGENIERIA

- * -

LA CONTAMINACION DEL RIO MAPOCHO

**Memoria para Optar al Título
de Ingeniero Civil**

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

José Néstor Montiel Urrutia

SANTIAGO · CHILE

1972

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Y MATEMATICAS
ESCUELA DE INGENIERIA

LA CONTAMINACION DEL RIO MAPOCHO

JOSE NESTOR MONTIEL U.

Memoria para Optar al Título de
Ingeniero Civil

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

SANTIAGO - CHILE

1 9 7 2

AGRADECIMIENTOS

Es mi deseo expresar los más sinceros agradecimientos a todos aquellos que, de una u otra forma, colaboraron e hicieron posible este trabajo, y muy especialmente, a los Srs. Raúl Merino B. y Juan Pablo Schifini quienes, en todo momento brindaron su asistencia y estímulo en forma efectiva y destacada.

A la Sección Ingeniería Sanitaria, a su personal y a las Sras. Ana María Sancha y Gabriela Castillo quienes atendieron la realización del procesamiento de las muestras de agua y aportaron sus valiosos conocimientos profesionales sobre la materia.

A la Unidad de Higiene Ambiental del Departamento de Salud Pública y Medicina Social de la Facultad de Medicina, U. de Chile.

A la Sección Higiene Ambiental del Servicio Nacional de Salud.

Al Departamento de Recursos Hidráulicos de la Corporación de Fomento de la Producción.

A la Oficina Sanitaria Panamericana de la Organización Mundial de la Salud.

Debo agradecer también la constante preocupación de la Srta. María Teresa Reinares quien confeccionó las matrices, de la Srta. Ana María Ríos quien dibujó los gráficos y planos y a todos aquellos que, en mayor o menor grado, contribuyeron a la realización del trabajo y que sería largo de enumerar.

DESCRIPCION DE LA CIUDAD DE SANTIAGO,
CAPITAL DE CHILE, (AÑO 1713).

"Esta ciudad está regada del lado este por el riachuelo el Mapocho, que el deshielo de las nieves de la Cordillera hace crecer en verano y las lluvias en invierno también; no obstante, casi siempre es vadeable, como su corriente es mui rápida, sus aguas son un poco turbias, pero los habitantes que no tienen otra la hacen destilar en piedras especiales para esto, particularmente cuando se derriten las nieves, porque entonces, si no se purifica es dañina. Podrían sin embargo, sin mucho trabajo, traer el agua de fuentes vecinas que no están alejadas de la ciudad más de media legua.

Para impedir que el río se desborde i cause inundaciones han construido una muralla i un dique por medio del cual corren en todo tiempo acequias para regar los jardines i refrescar cuando se quieren las calles, comodidad inestimable que sólo se encuentra en pocas ciudades de Europa, de un modo natural. Además de las acequias, se sacan anchos canales para mover los molinos esparcidos en diferentes puntos de la ciudad, para la comodidad de cada barrio". (63)

INDICE GENERAL

LA CONTAMINACION DEL RIO MAPOCHO

INTRODUCCION	1
OBJETIVOS DEL ESTUDIO	5
CONCLUSIONES	6
RECOMENDACIONES GENERALES	11

PRIMERA PARTE

PREPARACION DEL TRABAJO

<u>CAPITULO 1.- DESCRIPCION GENERAL DEL AREA EN ESTUDIO</u>	14
1.1.- Ubicación	14
1.2.- Clima	14
1.2.1.- Presiones y Vientos	14
1.2.2.- Temperaturas	15
1.2.3.- Heladas	16
1.2.4.- Precipitaciones	16
1.3.- Relieve y Geología	18
<u>CAPITULO 2.- HIDROLOGIA DEL AGUA SUBTERRANEA</u>	23
2.1.- Hidrogeología de la Cuenca	23
2.2.- Acuíferos	26
2.2.1.- Recarga de los acuíferos	26
2.2.2.- Movimiento del agua subterránea	27
2.2.3.- Descarga del agua subterránea	28
2.2.4.- Profundidad del nivel estático	29
2.2.5.- Fluctuaciones de la superficie freática	30
2.2.6.- Caudal subterráneo en la Cuenca de Santiago	33
<u>CAPITULO 3.- REGIMEN HIDROLOGICO SUPERFICIAL</u>	38
3.1.- Hoya hidrográfica de los ríos Maipo-Mapocho	38
3.2.- Principales cursos superficiales de la Cuenca de Stgo.	38
3.2.1.- Río Maipo	38
3.2.2.- Río Mapocho	41
3.2.3.- Canales del río Mapocho	47
3.2.4.- Canal San Carlos	52
3.2.5.- Sistema Lampa-Colina	55
3.2.6.- Zanjón de la Aguada	57
3.3.- Estaciones Fluviométricas de Control	59

Clasificación

<u>CAPITULO 4.-</u>	<u>PLUVIOMETRIA Y BALANCE HIDRICO DE LA CUENCA</u>	65
4.1.-	Estaciones Pluviométricas	65
4.1.1.-	Variación de la precipitación media anual en función del meridiano terrestre para la zona de estudio	66
4.2.-	Balance hídrico en la Cuenca de Santiago	66
<u>CAPITULO 5.-</u>	<u>MECANISMO DE LA CONTAMINACION</u>	69
5.1.-	Ciclo Hidrológico	69
5.1.1.-	Fuentes de agua	69
5.1.2.-	Calidad del agua superficial	70
5.1.3.-	Calidad del agua subterránea	71
5.2.-	La contaminación de aguas superficiales	72
5.2.1.-	Formas de contaminación	72
5.2.2.-	Efectos de la contaminación	74
5.2.3.-	Problemas de la contaminación	74
5.3.-	La contaminación de aguas subterráneas	76
5.3.1.-	Formas de contaminación	76
5.3.2.-	Disposición de elementos residuales	77
5.4.-	Autodepuración de corrientes de agua	78
5.4.1.-	Procesos de autopurificación de aguas superficiales	78
5.4.2.-	Procesos de autopurificación de aguas subterráneas	81
<u>CAPITULO 6.-</u>	<u>PRINCIPALES FUENTES DE CONTAMINACION DEL AREA</u>	83
6.1.-	Actividad urbana	83
6.2.-	Actividad industrial	88
6.3.-	Actividad minera	95
6.3.1.-	Contaminación del agua por residuos de la Minería del Cobre	95
6.3.2.-	Operaciones y Procesos Unitarios de la Minería del Cobre en la Cuenca de Santiago	97
6.3.3.-	Efecto del beneficio de minerales de Cobre en el río Mapocho	97
6.4.-	Actividad agrícola	102
<u>CAPITULO 7.-</u>	<u>ANALISIS EXISTENTES DE LA CALIDAD DEL AGUA EN EL AREA DE ESTUDIO</u>	104
7.1.-	Análisis existentes de aguas superficiales	104
7.1.1.-	Calidad Química y Bioquímica de las aguas del río Mapocho y de algunos eferentes de alcantarillado	104
7.1.2.-	Análisis Bacteriológicos existentes	111

7.1.3.-	Análisis físico-químicos de aguas del río Mapocho y de sus afluentes correspondientes a determinadas zonas del área investigada	114
7.2.-	Análisis existentes de aguas subterráneas y antecedentes de calidad según sus usos	115

<u>CAPITULO 8.-</u>	<u>PROBLEMAS SANITARIOS DERIVADOS DE LA IRRIGACION DE CULTIVOS CON AGUAS SERVIDAS</u>	119
---------------------	---	-----

8.1.-	Enfermedades hídricas	119
8.2.-	Aspectos legales del problema	122

SEGUNDA PARTE

MUESTREOS DE ORIENTACION EN EL RIO MAPOCHO

<u>CAPITULO 1.-</u>	<u>MUESTREO DE ORIENTACION Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS</u>	125
---------------------	--	-----

1.1.-	Objetivos del muestreo	125
1.2.-	Elección de estaciones de muestreo y secciones del río estudiadas	125
1.3.-	Parámetros elegidos para el muestreo de Orientación	127
1.4.-	Trabajo realizado en terreno	129
1.5.-	Determinaciones analíticas practicadas en laboratorio	131
1.5.1.-	Análisis físico-químicos	131
1.5.2.-	Análisis bacteriológicos	131
1.6.-	Discusión de los resultados	132
1.6.1.-	Discusión de los resultados en relación a contaminantes que son biodegradables	134
1.6.2.-	Discusión de los resultados en relación a compuestos químicos no-biodegradables y otras características	139

<u>CAPITULO 2.-</u>	<u>VARIACION HORARIA DE LA CONTAMINACION EN EL RIO MAPOCHO</u>	146
---------------------	--	-----

2.1.-	Objetivo y lugar de muestreo	146
2.2.-	Determinaciones realizadas en terreno y laboratorio	146
2.3.-	Discusión de los resultados del muestreo	147
2.4.-	Variación horaria de la DBO, OD y COLI FECAL	151

TERCERA PARTE

ESTUDIO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS DEL
RIO MAPOCHO

<u>CAPITULO 1.-</u>	<u>MUESTREO AMPLIADO EN EL RIO MAPOCHO,- ANALISIS DE SUS AGUAS.- DISCUSION DE RESULTADOS</u>	156
1.-	Propósitos	156
2.-	Planificación y desarrollo del trabajo en el río Mapocho	157
2.1.-	Descripción de los lugares de muestreo	157
2.2.-	Itinerario de muestreo	157
2.3.-	Días de muestreo	160
2.4.-	Laboratorios participantes	160
2.5.-	Parámetros elegidos y su justificación	161
3.-	Resultados obtenidos en terreno y laboratorio	164
4.-	Discusión de los resultados obtenidos en base a "Cualigramas"	165
5.-	Análisis de los resultados de otros parámetros	175
<u>CAPITULO 2.-</u>	<u>APTITUD DEL AGUA DEL RIO MAPOCHO EN SU EMPLEO PARA LOS USOS CONVENIDOS Y PRE- VISTOS SEGUN CRITERIOS Y NORMAS DE CALI- DAD DE USO DEL AGUA</u>	181
2.1.-	Abastecimiento de Agua Potable	183
2.2.-	Agricultura y Riego	184
2.2.1.-	Clasificación según el U.S. Salinity Labo- ratory	185
2.2.2.-	Clasificación cualitativa de las aguas de riego según L.V. Wilcox y O.C. Magistad	189
2.2.3.-	Clasificación tentativa para la salinidad efectiva de las aguas de riego	190
2.2.4.-	Clasificación de las aguas a través de sólidos disueltos y porcentaje de sodio	193
2.3.-	Alimentación del Lago Peñuelas	195
2.3.1.-	Algunos aspectos sobre el proyecto del Canal de la Prosperidad (Santiago-Pe- ñuelas)	195
2.3.2.-	Problemas de contaminación en lagos	197
2.3.3.-	Eutroficación en lagos	197
2.3.4.-	Métodos de protección y control de ca- lidad del agua en lagos que son recep- tores de aguas servidas y residuos in- dustriales líquidos	198
2.3.5.-	Standards de calidad y relación con va- lores determinados en el río Mapocho	199
2.4.-	Uso industrial y minero	200
2.5.-	Recreación, baño y natación	201
2.6.-	Vida Acuática	202
2.7.-	Resumen	203

<u>CAPITULO 3.- CANTIDAD DE MATERIAL CONTAMINANTE EN EL RIO MAPOCHO</u>	204
3.1.- Flujo de la cantidad de D.B.O. a lo largo del río Mapocho	204
3.2.- Población equivalente actual y futura	206
3.3.- Flujo de sustancias contaminantes en Rinconada de Maipú	207
3.4.- Concentraciones de sustancias que se producirían para caudales más probables del río Mapocho	209
<u>CAPITULO 4.- BASES PARA UNA ADECUADA PLANIFICACION EN EL USO DE LAS AGUAS DEL RIO MAPOCHO</u>	210
4.1.- Consideraciones generales	210
4.2.- Medición de la contaminación	210
4.3.- Reducción de la contaminación y factibilidad técnico-económica	211
4.4.- Planificación en torno al río Mapocho	213
BIBLIOGRAFIA	216
ANEXOS	225
<i>cuadro A</i>	251

INTRODUCCION

Chile es un país en vías de desarrollo y de escasa población; empero, Santiago, su capital, es una de las ciudades más pobladas y que se cuenta entre las más extensas del mundo. Agrega a los problemas propios de las grandes metrópolis el de su crecimiento explosivo y el de la imprevisión nacional, regional y local.

Según los datos entregados por la Dirección General de Estadísticas y Censos, el crecimiento de la población que ha tenido el país en los últimos 10 años (1960-1970) ha sido aproximadamente de un 20%. La provincia de Santiago ha crecido con un ritmo más acelerado aún alcanzando a un 32,1%. En el año 1960, la provincia tenía una población de 2.436.398 habitantes (42), en cambio, en 1970 ya tiene 3.218.155 habitantes. Este crecimiento es aún mucho más acentuado en la ciudad de Santiago. Considerando las 17 comunas que conforman el Gran Santiago se tiene que, en el año 1960, se censó a un total de 2.132.075 habitantes y que, en 1970, la población alcanzó a un total de 2.861.206 hab. El crecimiento experimentado fue de 34,2% en dicho período.

De la misma manera que todos los grandes centros urbanos y de expansión acelerada, la ciudad de Santiago ha incorporado a su unidad metropolitana varias localidades urbanas antes separadas e independientes: Renca, Barrancas, San Bernardo. Este crecimiento horizontal de la ciudad permitirá, en un futuro no muy lejano, identificar como integrados al centro urbano espacios no edificados existentes en Maipú, Puente Alto y Quilicura.

Todo ello trae aparejado que, localizándose Santiago en un valle agrícola regado por una antigua red de canales, se haya provocado una inevitable interrelación entre la eliminación de las aguas servidas a través del alcantarillado público y el sistema utilizado para irrigación de zonas periféricas de cultivo de hortalizas.

La primera red de alcantarillado de la ciudad de Santiago fue construída entre los años 1903 y 1907. Sus emisarios entregaban las aguas servidas a los dos cursos natura-

les que existían en la época: el río Mapocho y el Zanjón de la Aguada. Santiago, que fue asimilando el crecimiento de la población en forma preferentemente horizontal y no planificada, determinó un aumento de las condiciones insalubres ya que las zonas incorporadas a la metrópoli estaban constituídas, en su mayor parte, por aquellas ubicadas al oriente de la ciudad las cuales, siendo agrícolas, debieron ceder a la urbanización. Esto significó su reemplazo por áreas ubicadas al poniente y sur-poniente de la ciudad, hacia aguas abajo de la población quedando sujetas, por ende, a contaminación. Se estima en 30.000 hectáreas la superficie de explotación chacarrera que se riegan en las plantaciones y sembrados con aguas servidas y que significa, ^{aumento} por lo menos, enfermedades gastro-intestinales en miles de personas, preferentemente menores, cuyas infecciones son, en gran porcentaje, mortales. Este es el principal problema que se relaciona con la contaminación de los productos agrícolas que consume la ciudad y que se manifiesta por un aumento del índice de mortalidad, según estadísticas de enfermedades de origen hídrico, y cuyo mecanismo se produce a través de los diversos canales de regadío derivados, tanto del río Mapocho como del Zanjón de la Aguada, aguas abajo de las descargas del alcantarillado.

El desarrollo siempre creciente de la industria y su concentración en áreas y centros urbanos ha traído aparejado una contaminación cada vez mayor en el ambiente y, en especial, en los cursos superficiales de agua como es el caso del río Mapocho en Santiago. Es importante, para efectos ulteriores, tener un conocimiento profundo del comportamiento de los cursos de agua ante un problema de evacuación en ellos de cargas contaminantes. De lo que se trata, en general, es de estudiar en cada caso la cuenca en su conjunto considerando el uso y reuso del agua en forma integral para un aprovechamiento más racional de los recursos hídricos.

Conscientes del hecho de la importancia que tiene el río Mapocho en el desarrollo socio-económico de la Cuenca de Santiago, la Sección Ingeniería Sanitaria del Departamento de Obras Civiles, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la U. de Chile, está perfeccionando, con la presente Memoria de Título, estudios preliminares sobre el río Mapocho y

su Cuenca que tienen por finalidad cubrir un estudio integral, titulado "Estudio de la Contaminación de la Cuenca del Río Mapocho en Santiago" y que se está desarrollando con el auspicio de la Comisión de Investigación Científica de la Universidad de Chile, bajo la dirección del Profesor Raúl Merino Besoaín.

Para tal efecto, se contó y se seguirá contando con la colaboración de diversos organismos públicos, vivamente interesados en el problema del río Mapocho y que son: Sección Calidad del Agua del Departamento de Recursos Hidráulicos de CORFO, Sección Higiene Ambiental del Servicio Nacional de Salud, Departamento de Medicina Social y Salud Pública de la Universidad de Chile, Oficina Panamericana Sanitaria de la Organización Mundial de la Salud (OPS/OMS).

Se conoce fehacientemente que el agua del río Mapocho cumple actualmente diferentes usos:

Abastecimiento superficial de agua potable en su curso superior y subterráneo a través de la alimentación de la napa freática.

Agua para riego en todo su curso mediante canalizaciones y efluentes.

Recepción de aguas servidas, de residuos industriales líquidos, aguas excedentes originadas del riego y de la actividad minera.

Lugar de descanso familiar y de recreación en su curso inferior, (Peñaflor, etc.)

La naturaleza del presente estudio ha exigido, por lo tanto, una recopilación completa de antecedentes hidrológicos y de contaminación, como asimismo de reunir estudios afines en torno al presente problema.

En general, la exposición de esta Memoria consta de dos partes:

La primera comprende una revisión del conocimiento que se tiene a la fecha de la calidad del agua del río, tanto superficial como subterráneo, a través de los numerosos análisis y estudios que estaban disponibles.

La segunda parte comprende el trabajo en terreno

y laboratorio como una manera de evaluar realmente la contaminación del río y su variación en el tiempo disponiendo así de análisis físico-químicos y bacteriológicos actualizados y mucho más completos que los hasta ahora practicados.

Se hace, además, un análisis de las concentraciones de los diversos parámetros determinados en laboratorio y se agrega la elaboración de un programa de muestreo para varias alternativas que se relacionan con el uso posterior que podrían hacerse de las aguas del río ciñéndose a los Criterios y Normas de Calidad de uso del agua que se encuentran vigentes.

OBJETIVOS DEL ESTUDIO

- 1.- Dar a conocer las condiciones actuales de la calidad del agua del río Mapocho e ilustrar respecto a su variación a través de su curso y del tiempo.
- 2.- Detectar las fuentes de contaminación del río y enfocar este estudio a aquellas fuentes que mayor contaminación producen.
- 3.- Dar a conocer los diversos usos que del agua del río se hacen y su correlación con la contaminación resultante, de tal manera que la autoridad competente pueda tener antecedentes para tomar las medidas preventivas y correctivas que estime convenientes.
- 4.- Elaborar programas de muestreo para diferentes alternativas de uso tendientes a determinar la variación de la calidad del agua del río con el transcurso del tiempo y de esta manera sentar bases de comparación para que, mediante futuros estudios, se tomen las decisiones conducentes, entre otras, a:
 - 1) Evitar el deterioro progresivo del agua del río.
 - 2) Desviación de cursos demasiado contaminados, antes de su confluencia con el río Mapocho si se estableciera que ello es conveniente, y
 - 3) Reconocer que el río debe ser empleado como receptor de aguas servidas y de residuos industriales líquidos cuyo uso agrícola debe ser planificado.
- 5.- En base a los antecedentes recogidos y a los trabajos en terreno, analizar los diversos problemas relacionados con el desarrollo actual y futuro de la cuenca del río Mapocho, indicar soluciones y dar recomendaciones que puedan servir de base para posteriores estudios que se relacionen con la contaminación de nuestros recursos hídricos.

CONCLUSIONES

Antes de presentar las principales conclusiones de este estudio se deja establecido que ellas son válidas dentro de los límites con que se realizó este trabajo, es decir, corresponde a observaciones efectuadas durante dos semanas, entre Mayo y Junio de 1972, en diferentes días de la semana y a la hora en que con mayor probabilidad se produciría la contaminación más intensa, según muestreos y análisis realizados con anterioridad. No obstante estas consideraciones conviene destacar que los caudales registrados y considerados, en esta oportunidad, fueron bastante aproximados a los que se presentan habitualmente en el río situación que permite estimar como representativa de las condiciones generales del río.

Una extensión de la validez de estas conclusiones, para otras épocas del año y de otros sectores del río, debieran ser apoyadas en nuevos estudios que podrían ser elaborados aprovechando la metodología ahora empleada, con las modificaciones que se consideraran adecuadas de introducirle, en su oportunidad. Los datos analíticos que se presentan en este estudio podrán ser verificados y se estima que constituyen en sí una aporte útil para los propósitos de una adecuada planificación del uso y reuso del agua del río Mapocho.

1.- El tramo del río estudiado fue el que está comprendido entre un punto ubicado inmediatamente aguas arriba de la confluencia del Canal San Carlos con el río Mapocho y la bocatoma del Canal de Las Mercedes, en Rinconada de Maipú, siendo el que, a través de otros controles, ha presentado la mayor contaminación. Los índices de contaminación evaluados en este trabajo se acentúan el día Sábado con excepción de los detergentes (ABS) que presentan su mayor concentración el día Viernes.

2.- Por las características hidrológicas versátiles que presenta el río, en el tramo considerado, no ha sido posible cuantificar matemáticamente el fenómeno de reoxigenación de sus aguas, ecuaciones de Streeter y Phelps, etc., por cuanto, con suma frecuencia, el río entrega y recibe caudales en forma in-

controlada. Los tramos en que el caudal del río permanece a proximadamente constante son demasiado cortos para que se pongan en evidencia los mecanismos biológicos de recuperación.

3.- Las características de las aguas del río que se han encontrado, y que son restrictivas de acuerdo con los Criterios y Normas de calidad respecto a los principales usos del agua, conducen a las siguientes observaciones:

3.1.- La contaminación biológica es intensa en concordancia con los valores de demanda bioquímica de oxígeno y de oxígeno disuelto encontrados, destacándose el hecho que, del total de las muestras examinadas el 29% de ellas acusaron presencia de Salmonellas.

Además, la elevada presencia de bacilos Coli fecales demuestran que el río está sometido a una intensa contaminación fecal situación que, obviamente, era de preveer dada las características de curso receptor de aguas servidas que tiene.

3.2.- Entre las sustancias cuyos tenores son objetables conviene destacar al detergente, constituidos a base de ABS que, como promedio, se encuentran excedidos en más de 10 veces respecto a los valores tolerables y que, por su condición de ser prácticamente no biodegradables adquieren especial importancia. Además, se incluye en este grupo de sustancias objetadas a los fenoles y metales tóxicos, especialmente el cromo hexavalente.

3.3.- En cuanto al cobre, la estación de muestreo ubicada aguas abajo del establecimiento minero de La Africana detectó los menores valores registrados a lo largo del río Mapocho. En general se puede afirmar que, en los días de muestreo, no existían problemas en el río por una excesiva concentración de cobre; sin embargo, es necesario una mayor investigación al respecto por cuanto es sabido que el carbonato básico de cobre tiene muy baja solubilidad en el agua.

3.4.- En los puntos más contaminados, los sólidos totales suspendidos no constituyen un daño muy considerable a la calidad del agua para los usos a que corrientemente pudiera aplicarse. Sin embargo, si ella fuese destinada a la alimentación de lagos se encontraría inhabilitada para dicho fin ya que se recomienda,

en este caso, que los sólidos totales suspendidos no sobrepasen los 30 mg/l (7) y, en cambio, el río Mapocho presenta, como término medio, una concentración de 370 mg/l con un máximo de 1.150 mg/l de sólidos suspendidos, aguas abajo de la Puntilla de La Africana. No obstante lo anterior, se estima conveniente señalar que, en el caso específico en que se contemple la posibilidad de que el agua del río fuese almacenada, los límites fijados por los Criterios y Normas correspondientes deberían considerar la relación existente entre caudal de descarga y la capacidad de almacenamiento del reservorio o lago, junto con otros aspectos, limnológicos principalmente.

3.5.- El agua del río contiene una alta concentración de nutrientes, en especial nitrógeno de nitritos, nitrógeno orgánico, nitrógeno amoniacal y fosfatos. Considerando este último, se tiene que, en la bocatoma del Canal Las Mercedes, su concentración es de aproximadamente 10 veces superior a lo tolerado en aguas que son conducidas a lagos ya que se producirían problemas de eutroficación.

3.6.- En cuanto a la dureza de las aguas del río Mapocho, ésta puede calificarse como "moderadamente dura" antes del Canal San Carlos; en cambio, en las demás secciones legales del río, el agua presenta una dureza tipo "extremadamente dura".

3.7.- En general, se puede afirmar que la tendencia en el aumento de las concentraciones de los contaminantes sigue la dirección del flujo de las aguas aunque no siempre es directamente proporcional a la variación del caudal; haciendo abstracción de los procesos de autopurificación que no son detectados en forma neta, en este caso. Cabe señalar que la mayor contaminación se registra en la tercera sección legal del río.

4.- El flujo de ^{Pág 273} sustancias, expresado en unidades de masa y tiempo (Cuadro E del Anexo) y que son objetados por los Criterios y Normas de calidad, indicaría que el día de máxima contaminación ocurre el día Sábado y es en la bocatoma del Canal Las Mercedes, observación que se aprecia más claramente en los Cualigramas que se incluyen en el texto de este estudio.

Así es como en Rinconada de Maipú (Bocatoma Canal de Las Mercedes) fluyen por el río, para la época del muestreo:

- 2 ton./hora de carga orgánica expresada como DBO.
- 34 Kg/día de fenoles
- 11,5 ton/día de detergentes
- 36 Kg/día de nitrógeno de nitritos
- 1,5 ton/día de fosfatos
- 63 ton/hora de sólidos totales
- 18 ton/hora de sólidos totales suspendidos
- 45 ton/hora de sólidos totales disueltos
- 10 ton/hora de cloruros
- 330 Kg/día de cromo hexavalente
- 470 Kg/día de cobre

5.- De acuerdo a la referencia (2), la DBO/día total, año 1970, debida a residuos industriales líquidos que ingresan al río Mapocho y al Zanjón de la Aguada alcanzan a 85.000 Kgs. (40% del total). El aporte de las aguas servidas domésticas es de 128.000 Kg/día de DBO.

Considerando la carga orgánica diaria por habitante de 60 (g/hab/día), se tendrían las siguientes poblaciones equivalentes:

			% P.E.
P.E. urbana	=	2.130.000 habitantes	60.0
P.E. industrial	=	1.410.000 habitantes	40.0
Totales	=	3.540.000 habitantes	100.0

6.- El Cuadro F' del Anexo indica las concentraciones de detergentes, fenoles, sólidos totales disueltos, cloruros y sulfatos que se originarían en la bocatoma del Canal de Las Mercedes si el río adquiriera los caudales que las estadísticas señalan como los más probables para ese lugar encontrándose que son muy parecidos los valores de esas concentraciones a los registrados y considerados en este estudio.

También se señala cuál sería el caudal del río que provocaría el límite crítico de concentración por sobre el cual estos parámetros serían objetados en función de los Criterios y Normas y en el que se produciría una incompatibilidad de la calidad de las aguas del río para determinados usos.

7.- En cuanto a los usos convenidos del agua del río Mapocho, considerando los diversos parámetros de calidad que están excedidos respecto a los Criterios y Normas correspondientes, se

podría inferir que, para el riego, el agua se califica como buena a perjudicial dependiendo del tipo de cultivo. En general, las aguas del río Mapocho serían de salinidad media a alta, apta solamente para suelos de permeabilidad moderada a rápida. Al respecto, se hace presente la existencia de otros criterios de clasificación de las aguas en su uso para riego por lo que correspondería atenerse a la opinión de los especialistas en la materia para establecer su aptitud en este uso.

Se deben descartar las aguas del río, en el tramo estudiado, para uso de recreación, baño y como fuente de abastecimiento de agua potable. En cuanto a su descarga a lagos y/o reservorios ya se ha hecho una referencia sobre el particular en el punto 3.4 de estas conclusiones. Los niveles bajos de oxígeno disuelto impedirían el desarrollo efectivo de la vida acuática en el río, no obstante la existencia de organismos inferiores.

8.- En definitiva, siendo el río Mapocho "la columna vertebral de Santiago", especialmente desde el punto de vista sanitario, su utilización debe ser consecuente con una adecuada planificación que podría ser de la manera como se ha concebido en este trabajo.

RECOMENDACIONES GENERALES

El muestreo realizado en cuatro lugares ubicados en el río Mapocho y uno en el Zanjón de la Aguada, durante siete días que han configurado los días correlativos de una semana permite dar una pauta o esquema de trabajo futuro que puedan hacerse sobre el río con el fin de que se determinen nuevos parámetros, o bien, corroborar los ya realizados, incluyendo la presencia del cobre, de manera de fijar las condiciones reales de uso a mediano ^{no} y largo plazo que pueda hacerse del río. Estos análisis, claro está, debieran ejecutarse en forma sistemáticas para diferentes épocas del año, en días distintos de la semana y horas diferentes del día. Además deben estudiarse a fondo las fuentes mismas de contaminación y sus proyecciones futuras.

Se estima conveniente que la primera estación de muestreo se ubicara frente al puente Nuevo, en Lo Barnechea.

Una política de manejo de las aguas del río Mapocho podría consultar las siguientes perspectivas:

- a) Atendiendo a la condición que posee actualmente el río Mapocho, como se concluye del análisis que se ha realizado en este estudio, se puede inferir que el río no estaría en condiciones de prestar usos más exigentes que los que tiene en la actualidad y que, por consiguiente, podría continuar recibiendo las aguas servidas de la ciudad de Santiago evitando de esta manera los elevados costos que demandaría una Planta de Tratamiento para dichas aguas servidas.
- b) Riego planificado: en la zona poniente periférica al río Mapocho el regadío de cultivos efectuado con aguas de éste y del Zanjón de la Aguada debería obedecer a un programa planificado con la intención de proteger sanitariamente a los consumidores de las frutas y verduras que allí se producen. Es decir, practicar cultivos seleccionados de acuerdo con la intención indicada. Por otro lado, debería establecerse vigilancia sobre una adecuada planificación agrícola en dicho sector, en el que se aproveche la colaboración de especialistas sanitarios y agrícolas que actúen en conjunto.

- c) Dada la mala calidad del agua del río se debe aceptar con reserva y, según el tramo que se considere, su uso como fuente de abastecimiento de Plantas de Tratamiento de agua potable convencionales; su uso para industrias que se dedican a la elaboración de alimentos; para baño, natación y recreación, etc. El hecho que existan varios puntos de interés que merecerían una mayor atención y en el que se considera captaciones para agua potable, éstos deberían ser considerados en próximos estudios.
- d) Antes de conducir aguas derivadas del Mapocho a lagos y/o reservorios deberán hacerse estudios limnológicos previos para evaluar los problemas derivados del exceso de nutrientes.

Un nuevo estudio de las aguas del río Mapocho con sólo aquellos parámetros que obedecieran a un programa de uso y reuso del agua, como por ejemplo, determinaciones relacionadas con riego para un programa de riego planificado, debería consultar además el uso de trazadores radioactivos con el objeto de medir mejor la velocidad del agua del río.

Por otra parte, deberían hacerse otras determinaciones que no fueron consultadas en este trabajo, tales como grasas y aceites, boro, Extracto-carbón-cloroformo, pesticidas, insecticidas, Clostridium perfringens y tóxicos en general que son derivados de las fuentes de contaminación y en que se señalen cuáles tiene mayor incidencia en la contaminación de las aguas del río.

Además, un nuevo estudio podría contemplar las cuatro estaciones del año con un muestreo cuya frecuencia fuera de dos veces por mes y la ubicación de las estaciones quedará sujeta a una planificación de uso y reuso del agua.

PRIMERA PARTE

PREPARACION DEL TRABAJO

- CAP. 1.- DESCRIPCION GENERAL DEL AREA EN ESTUDIO
- CAP. 2.- HIDROLOGIA DEL AGUA SUBTE RRANEA
- CAP. 3.- REGIMEN HIDROLOGICO SUPER FICIAL
- CAP. 4.- PLUVIOMETRIA Y BALANCE HI DRICO DE LA CUENCA
- CAP. 5.- MECANISMO DE LA CONTAMINA CION
- CAP. 6.- PRINCIPALES FUENTES DE CON TAMINACION DEL AREA
- CAP. 7.- ANALISIS EXISTENTES DE LA CALIDAD DEL AGUA EN EL A- REA DE ESTUDIO
- CAP. 8.- PROBLEMAS SANITARIOS DERI VADOS DE LA IRRIGACION DE CULTIVOS CON AGUAS SERVI- DAS

CAPITULO 1DESCRIPCION GENERAL DEL AREA EN ESTUDIO

Se ha considerado de interés reseñar en este primer capítulo las características generales del área en estudio tales como ubicación, clima de la zona, relieve y geología.

1.1.- UBICACION.-

El área que abarca el presente estudio está situada en la Provincia de Santiago y comprende a la ciudad de este nombre y algunas localidades vecinas. La zona se circunscribe, en ciertos aspectos que complementan el estudio propiamente tal, a la hoya hidrográfica del río Maipo-Mapocho ubicada ésta en la zona comprendida entre los 32°55' y 34°15' de latitud Sur y entre los 69°45' y 71°38' longitud Oeste contándose como una de las más importantes del país en lo que se refiere a su extensión ya que abarca una superficie de 14.911 Km² (12). Corresponde al N° 308 del Mapa Hidrográfico de Chile y mide aproximadamente 100 Km. de norte a sur.

En la Cuenca de Santiago, que abarca el 22% de la superficie total de la hoya del Maipo-Mapocho se sitúa el cauce del río Mapocho (Ver Plano A), singularidad hidrográfica que ocupa el interés específico del presente estudio. El río Mapocho nace en la Cordillera de los Andes y desemboca en el río Maipo cerca de la localidad de El Monte.

Nota: La llamada Cuenca de Santiago no corresponde a una unidad hidrológica que con propiedad se pueda designar como cuenca. Se trata de una separación arbitraria del área que está formando parte de la hoya hidrográfica del río Maipo-Mapocho, como se delimita en la referencia (12).

1.2.- CLIMA.-1.2.1.- PRESIONES Y VIENTOS.- (10)

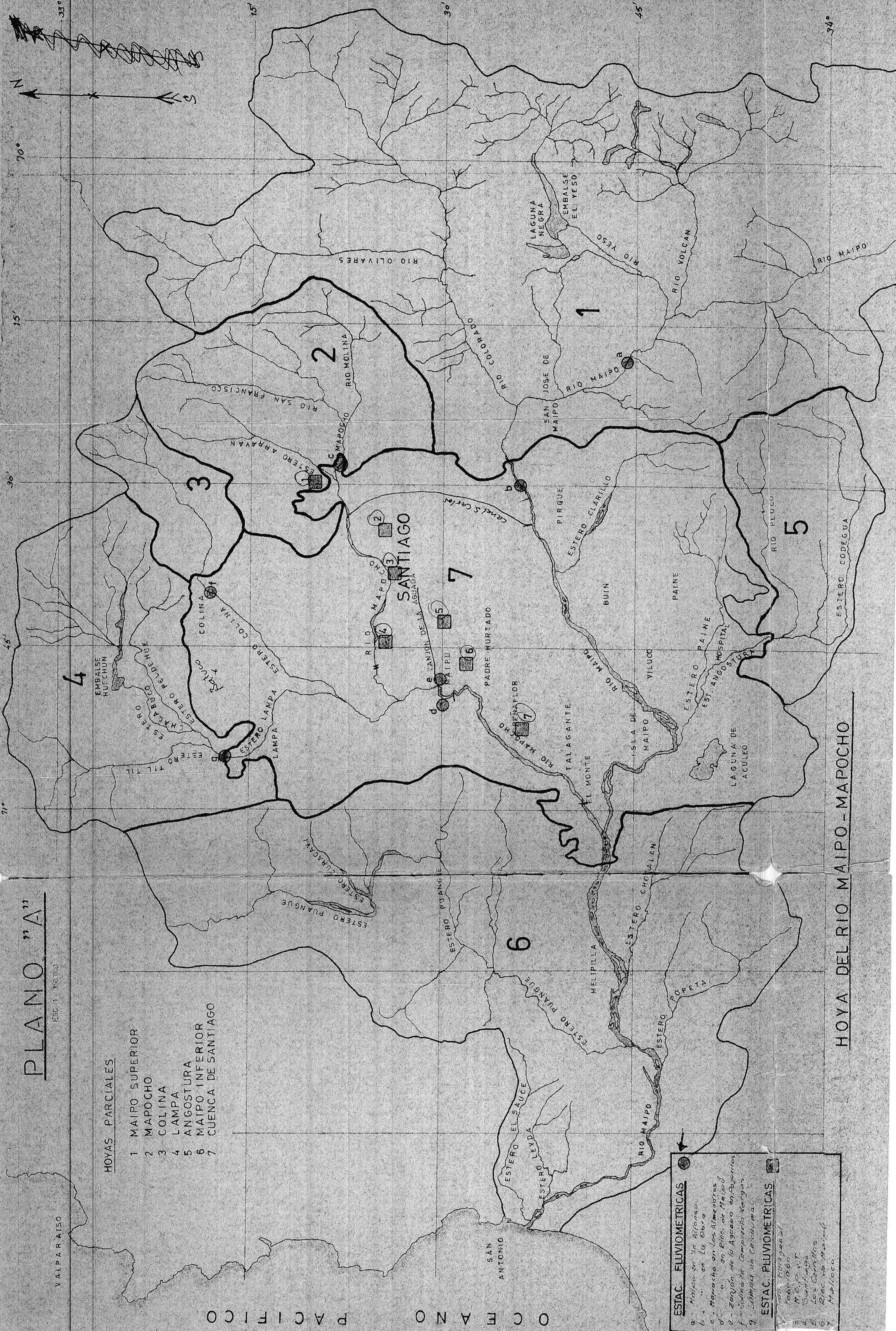
Frente a la costa del Norte Chico, a una latitud

PLANO "A"

ESC. 1: 100 000

HOYAS PARCIALES

- 1 MAIPO SUPERIOR
- 2 MAPOCHO
- 3 COLINA
- 4 LAMPA
- 5 LANGOSTURA
- 6 MAIPO INFERIOR
- 7 CUENCA DE SANTIAGO



ESTAC. FLUVIOMETRICAS	
a	Maipo en Sta. Alfonso
b	" " en La Odra
c	Maipo en Los Almendros
d	" " en El Rinc. de Madrid
e	Zanjon de la Aguada en Pajarillos
f	Colina en Compuerta Varga
g	Lampa en Chicaura

ESTAC. PLUVIOMETRICAS	
1	San Antonio
2	Tabo-Laba
3	M. C. V. T.
4	Santiago
5	Los Carrillos
6	Rinc. de Madrid
7	Mallero

HOYA DEL RIO MAIPO - MAPOCHO

término medio es, para el año, igual a 15.0º, pero en los meses de verano sube hasta 17,5º en Enero. Uno de los rasgos más importantes del clima de Santiago es el notable refrescamiento de la temperatura en las primeras horas de la anochecida durante los meses estivales. En los meses invernales, en cambio, la amplitud de la oscilación térmica diaria baja a 10.7º. Santiago tiene como récord de temperatura observada una que se leyó en el mes de Diciembre (1958) en que el termómetro subió a 37.2º. La temperatura invernal más baja registrada, en cambio, es apenas de -4.6º. Se advierte, por estas observaciones, que Santiago puede presentar excesos térmicos y que ellos son sensibles sólo en el sentido de temperaturas elevadas.

1.2.3.- LAS HELADAS.- (10)

Prescindiendo de las cordilleras, donde a partir de cierta altitud las heladas ocurren diariamente e impiden los cultivos, éstas suelen presentarse en las partes centrales del país. Santiago tiene en promedio 44 días con heladas al año. Las del invierno suelen producir escasos daños, pero no así las de primavera. En la región de Santiago, por ejemplo, se considera como fecha más temprana para realizar ciertos cultivos el 1º de noviembre, pues antes de esa fecha el agricultor corre el riesgo de perder la cosecha debido a su influencia. Con todo, los perjuicios que ocasionan en Chile son muy inferiores a los conocidos en otros países; sólo excepcionalmente suelen afectar regiones extensas en forma grave.

El campesino suele reducir sus daños regando con profusión y produciendo neblinas artificiales mediante humaredas para impedir el fuerte enfriamiento nocturno y el rápido recalentamiento matinal.

1.2.4.- PRECIPITACIONES.-

La hoya del Maipo, a la que pertenece el río Mapocho, se encuentra dentro de un régimen de lluvia mediterráneo (10) que se caracteriza por lluvias invernales con una es

tación seca prolongada. Ellas son de tipo ciclónico y se ven, naturalmente, afectadas por la influencia del relieve que exagera sus valores en la medida en que penetra al interior del país. Las depresiones barométricas que las producen se generan en la zona de altas presiones subtropical, al interior del Océano Pacífico. Las áreas ciclónicas logran llegar hasta nuestro país, en donde sufren estancamiento por la influencia de la Cordillera de los Andes.

TABLA Nº 1.2.

ESTADISTICA DE LA PRECIPITACION MENSUAL DE SANTIAGO (12)

Serie: 1900 - 1968

Datos de la Oficina Meteorológica, Estación QUINTA NORMAL
Precipitación en (mm)

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O
1.77	2.98	4.07	12.01	64.56	90.38	67.77	51.63	24.90	13.79
N		D							
5.41		4.15							

Total anual medio : 343,42 mm.

Las precipitaciones se presentan acumuladas en los meses invernales y particularmente en los meses de Mayo (64.56 mm), Junio (90.38), Julio (67.77) y Agosto (51.63 mm). Estos son los únicos meses que se pueden llamar lluviosos, de acuerdo con los márgenes escogidos. Septiembre tiene sólo 34.90 mm y Abril apenas 12.01 mm. Estas lluvias son torrenciales, las cuales se ven exageradas por efecto del relieve.

Un rasgo muy importante (10) es la gran variabilidad que presentan las lluvias. El índice de variabilidad ha sido calculado por Almeyda, y arroja una relación de 12 para Santiago; esto quiere decir que hay que multiplicar por 12 las aguas caídas en el año más seco para tener las precipitaciones del año más lluvioso.

De la serie de años: 1900 - 1968 que se ha reconocido en la pluviosidad se puede advertir que, de los 69 años controlados, 42 de ellos están con valores de pluviometría por debajo del medio anual (343,42) alcanzando un 61% del total. En cambio, los 27 restantes han sido años lluviosos so-

brepasando este valor medio anual, constituyendo el 39% del total.

La precipitación anual en Santiago, controlada en la Oficina Meteorológica de Quinta Normal nos indica que, desde 1866, los años más lluviosos han sido:

1899	773.0 mm
1900	820.0 mm
1914	705.5 mm
1926	760.0 mm

Los años más secos han sido:

1886	126.0 mm
1892	123.0 mm
1924	66.0 mm
1946	127.3 mm
1968	69.2 mm

Esta Oficina Meteorológica que pertenece a la Fuerza Aérea de Chile emite diariamente informes relacionados con temperaturas máximas, mínimas, nubosidad, humedad relativa y precipitaciones. Las precipitaciones diarias y acumuladas se comparan con la pluviosidad de un "año normal". Se establece éste como un promedio anual de lluvia en una serie de 30 años y para una estación pluviométrica bien determinada. Este año normal se define a la fecha, es decir, para cada día existe un valor específico de lluvia caída de acuerdo a la estadística de 30 años que, para el caso de Quinta Normal actualmente, abarca la serie 1931 - 1960.

1.3.- RELIEVE Y GEOLOGIA.

La hoya del río Maipo-Mapocho (12) incluye las tres unidades fisiográficas que caracterizan la zona central de Chile: Cordillera de los Andes, Depresión Intermedia y Cordillera de la Costa.

i) El sector andino de la hoya hidrográfica del río Maipo se encuentra disectado en su mayor parte por la red fluvial andina del río Maipo, por la del río Mapocho y por la del estero Colina. Desciende en forma irregular hacia el poniente

hasta un cordón norte-sur, cuyas cumbres más destacadas son el cerro de la Providencia (2713 m); el cerro de Ramón (3249m) y el cerro Purgatorio (2468 m.). La ladera rocosa de este cordón tiene una fuerte inclinación hacia el oeste, limitada por los depósitos sedimentarios que rellenan la Cuenca de Santiago, extendiéndose por debajo de este relleno con una pendiente similar.

En los extremos norte y sur, el macizo andino descende gradualmente en estribaciones que lo conectan con la Cordillera de la Costa.

ii) La Depresión Intermedia se encuentra limitada al norte por el cordón de Chacabuco, al sur por el de Paine, al este por la Cordillera de los Andes y al oeste por la Cordillera de la Costa.

Esta depresión se divide en dos zonas: una pequeña, al extremo norte, limitada hacia el sur por el cordón del Manzano. Desde este último se extiende hasta el cordón de Paine la segunda zona que constituye la Cuenca de Santiago.

La zona del extremo norte es drenada por la red fluvial del estero Lampa, que confluye al río Mapocho y que se extiende principalmente en estratos de rocas volcánicas del Mesozoico, que son prácticamente impermeables, por lo que las precipitaciones en esta hoya escurren superficialmente hasta el estero Lampa, infiltrándose una parte en el relleno de su lecho.

iii) El sector de la Cordillera de la Costa se extiende desde el cerro Vizcachas por el norte hasta el Alto de Cantillana por el sur. La mayor parte de las aguas que recibe fluyen hacia el Maipo inferior y sólo una pequeña parte hacia la Depresión Intermedia. El cordón divisorio está formado por restos de una meseta que fue disectada por el curso del río Maipo en la localidad de El Monte.

El fondo de la Cuenca del río Maipo-Mapocho (10) ha sido rellenada por sedimentos viejos que, cuando se conservan en superficie, forman colinados, y por el aluvionamiento posterior de los ríos Maipo y Mapocho. El primero de éstos cubre casi toda su extensión con un inmenso y perfecto cono de rodados que no termina sino a los pies de la Cordillera de

la Costa.

Al norte de Santiago, la Cuenca muestra caracteres morfológicos distintos. Debido a que no existe ningún río importante que depositara sus aluviones, la superficie de la planicie ha quedado por debajo de los conos de deyección mencionados, dificultando el drenaje de las aguas. Un cordón sumergido, desprendido de la Cordillera de los Andes y cuyas cumbres aparecen en Renca y en el cerro Navia, entraba el drenaje profundo. De este modo, la parte mencionada presenta una fuerte salinidad de los suelos. En la parte más deprimida, se desarrolla la laguna de Batuco, en parte desaguada, a sólo 481 m. sobre el nivel del mar.

A causa de su morfología, la cuenca del Maipo presenta alturas variables. Los puntos eminentes se encuentran en los sitios en que los ríos abandonan la Cordillera de los Andes. De allí, el terreno se deprime en todas direcciones hasta presentar su altura mínima en el sur extremo (Hospital, 384 m.) y en la Cordillera de la Costa (Talagante, 343 m.).

Fuera de las formas generales de los conoides, la planicie presenta pocos accidentes. Cuando las morrenas emergen a la superficie, se observan paisajes de suaves lomajes como en Cerrillos, Maipú, Barrancas. Existen en ella, sin embargo, un buen número de cerros que se levantan del fondo ~~en forma de cerros-islas~~ y que corresponden a las cumbres de los cordones sumergidos bajo el aluvionamiento: el cerro Renca, el Santa Lucía, el Chena, Los Morros, el cerro Hijuelas y el de Lo-Herrera, son los principales.

Estos sedimentos sepultan casi totalmente una topografía antigua emergiendo sus cumbres más altas como cerros-islas. La parte superior del relleno de la Cuenca está constituida por diversos conos de deyección, cuya expresión topográfica general es la de una superficie irregular inclinada hacia el oeste. El relleno de la Cuenca de Santiago tiene una superficie de 2360 km² y los cerros islas ocupan una extensión adicional de 110 km².

La mayor parte de los sedimentos que rellenan la Cuenca de Santiago provienen de la hoya del Maipo superior cuyo cono de rodados cubre más del 50% de la superficie del re-

lleno. El cono del Maipo tiene una orientación este-oeste, cuyo ápice se ubica en el área de las Vizcachas a una cota de 770 m. y su zona distal en el área de Talagante, a una cota de 340 m.

El cono del río Mapocho, ubicado al norte del cono del Maipo, ha sido controlado por éste y por el cordón del San Cristóbal; su ápice se ubica en la entrada a la Cuenca a una cota de 850 m. Desde este lugar, hasta el extremo sur del cordón del San Cristóbal, desciende con fuerte pendiente hasta la cota de 550 m. y desde allí hacia el poniente muestra una pendiente más suave, alcanzando en el área de Pudahuel una cota de 450 m.

La fuerte sedimentación (13) de los ríos Maipo y Mapocho que, en algunas partes se observa en la actualidad, ha causado variaciones considerables en el curso de estos ríos, proceso que fue de mayor importancia en el área del cono de rodados del Maipo; por esta razón, gran parte de la superficie actual del área está cubierta por sedimentos fluviales.

El estero Colina (12) ha acumulado sus materiales gruesos en un pequeño cono de deyección que se desarrolla desde la entrada del estero a la Cuenca de Santiago, con una cota de 640 m. hasta unos 10 km. al suroeste, con una cota de 510 m., a partir de ese lugar se desarrolla una zona de inundación en que se han depositado preferentemente materiales de crecidas.

El estero Lampa ha formado un cono muy pequeño y plano, constituido casi exclusivamente de arena, desarrollándose a continuación una zona de inundación común con la del estero Colina.

iv) El sector de la Cordillera de la Costa está constituido principalmente por rocas graníticas paleozoicas y mesozoicas, y además por rocas volcánicas y sedimentarias cretácicas. Ha sido afectado por un tectonismo en que predominan fallas de rumbos noroeste y oeste-noroeste.

Los procesos de meteorización que han actuado sobre las rocas graníticas, especialmente en las paleozoicas, forman una cubierta de roca descompuesta, "maicillo", que en cierta

medida permite la infiltración y la acumulación local de pequeñas cantidades de agua subterránea, favorecida por una topografía de lomajes suaves.

CAPITULO 2

HIDROLOGIA DEL AGUA SUBTERRANEA2.1.- HIDROGEOLOGIA DE LA CUENCA.-

De acuerdo con su comportamiento hidrogeológico y su distribución geográfica, los sedimentos hasta ahora reconocidos en la Cuenca de Santiago se han dividido en cinco unidades principales, (Plano B):

a) Depósitos sedimentarios basales (12): la parte oriental de la Cuenca está constituida por bloques angulosos de hasta varios metros cúbicos de volumen y en la parte occidental, por depósitos preferentemente finos.

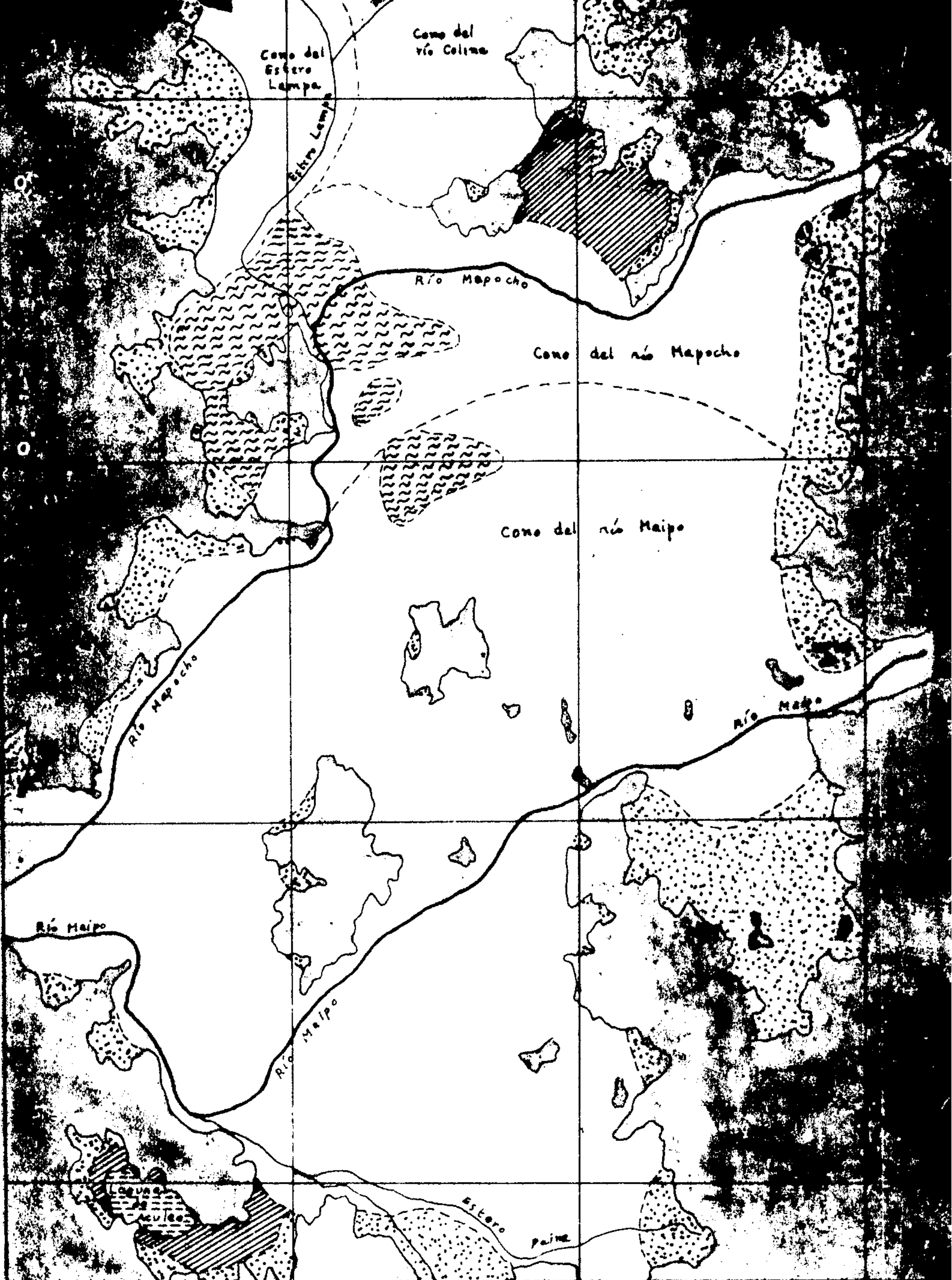
Las características hidrogeológicas de este depósito son muy desfavorables, principalmente por su gran contenido de materiales finos y su grado de compactación que aumenta con la profundidad. Estos materiales pueden contener una limitada proporción de agua almacenada, pero carecen de propiedades favorables para transmitirla.

b) Depósitos de corrientes de barro : los depósitos sedimentarios más antiguos expuestos en la Cuenca corresponden a corrientes de barro, las que pueden observarse especialmente al pie occidental del bloque preandino, entre los ríos Mapocho y Maipo.

La constitución granulométrica de sus materiales, que varía desde bloques hasta arcilla pasando por guijarros, gravas, arenas y limos, junto al alto grado de meteorización de los clastos, determinan un material de baja permeabilidad. Estos materiales sólo pueden ser saturados en parte, pero no poseen permeabilidad adecuada para transmitir agua subterránea.

Las corrientes de barro continuarían bajo los conos de deyección y engranarían con los depósitos sedimentarios basales.

c) Depósitos fluvioglaciales y fluviales : están constituidos por ripió grueso, grava y arena con cantidades variables de limo y arcilla, y forman los conos de deyección de los ríos



LEYENDA

0 5 10 15
ESCALA 1:20000



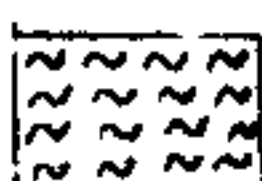
a) Conos laterales



d) Depósitos de sedimentación lagunar



b) Depósitos de corrientes de barro



e) Depósitos de cenizas volcánicas



c) Depósitos fluvio-glaciales y fluviales:
- Cono del río Maipo
- Cono del río Mapocho
- Cono del río Colima
- Cono del estero Lampa



f) Roca impermeable

PLANO "B"

DISTRIBUCION DE SEDIMENTOS EN LA CUENCA DE SANTIAGO.

Maipo y Mapocho, y de los esteros Colina y Lampa.

Los constituyentes clásticos de los materiales de los conos del Maipo y Mapocho son subredondeados a redondeados; la distribución de sus tamaños varía desde bolones hasta arcilla, encontrándose esta última en pequeña proporción. Estas características determinan en su conjunto condiciones acuíferas muy favorables.

Los materiales superiores del cono del estero Colina no son tan gruesos como los del Maipo y Mapocho. En ellos se infiltra la poca cantidad de agua que colecta su hoya.

Los materiales depositados por el estero Lampa en su curso superior son arenas de muy buena permeabilidad; en su curso inferior, ha depositado materiales más finos que engranan con la fase terminal del Colina.

d) Depósitos de sedimentación lagunar : en el área de Batuco el drenaje ha sido represado por la fase terminal del estero Colina depositándose un pequeño espesor de materiales lacustres de muy baja permeabilidad.

Una situación similar se produjo en el área de la laguna de Aculeo donde el drenaje fue represado por la fase terminal del cono del río Maipo.

En Conchalí, se depositaron materiales lagunares que, hacia el norte engranan con materiales del cono del estero Colina y hacia el sur, del cono del río Mapocho.

Estas tres zonas de depositaciones lagunares se han originado por deficiencia de sedimentación y represamiento por los conos de deyección circundantes.

e) Depósitos de cenizas volcánicas : en las áreas de Pudahuel, Lo Cerda, Lo Aguirre y Maipú se ubican depósitos de ceniza volcánica que contienen piedra pómez.

En el área de Pudahuel, el depósito superficial de ceniza volcánica es de forma lenticular; su espesor máximo es del orden de 40 m. y sobreyace a los ripios. La presencia de estos horizontes de ceniza volcánica indica que, durante el proceso de relleno de la Cuenca, hubo varios episodios de eyección de estos materiales.

La ceniza volcánica, al igual que los materiales de tamaño de arcilla, se sature, pero no transmite una canti

dad significativa de agua subterránea actuando, en definitiva, como confinante.

2.2.- ACUIFEROS.-

No se han reconocido (13) en el área de estudio formaciones permeables contínuas que se pueden individualizar en profundidad y espesor. La característica general de la mayor parte del relleno es que las zonas productoras de agua están constituidas por lentes de buena permeabilidad e interconexión situadas en la zona de saturación y que son capaces de entregar a un pozo una cantidad adecuada de agua. Estas lentes abundan en el relleno, pudiendo un pozo atravesar una o más de ellas. En general, las lentes están constituidas por arena de grano fino y grueso, ripio y bolones, o bien, arena y ripio.

Las zonas productoras de agua se encuentran dentro de la hoya a profundidades decrecientes de este a oeste (desde 130 a 10 m.). En la mayor parte del área, el agua subterránea se encuentra en forma libre siendo la superficie freática la que señala el límite superior de la zona de saturación.

2.2.1.- RECARGA DE LOS ACUIFEROS.-

La acumulación de agua (13) en el depósito subterráneo del área resulta de la infiltración, hacia la zona de saturación, de agua superficial proveniente del riego, de las lluvias y de los ríos. Gran parte de la recarga se produce al este de la Cuenca determinada por las condiciones hidrogeológicas de los sistemas Maipo y Mapocho.

En la región norte, especialmente en el sector noroeste, la recarga está determinada por las condiciones hidrogeológicas de los sistemas Colina-Lampa. En este sector (14), se distinguen dos zonas principales de recarga que corresponden aproximadamente a los cursos de agua de los ríos Lampa y Colina. La recarga se produce principalmente por infiltración en los cursos de agua durante la época de las lluvias, en el trayecto, antes de entrar a la parte plana, pues en la cuenca Lampa-Colina los materiales superficiales son muy finos lo que los hace poco apropiados a la infiltración.

Se llega a establecer que la entrada de agua subte-

rránea a la hoya Lampa - Colina es de 200 l/s. Además, existe una recarga proveniente del río Mapocho de 140 l/s que no logra introducirse en la hoya misma, sino que, entrando por la parte comprendida entre el río Mapocho y el cerro Renca, en dirección noroeste,, avanza hasta unos 2 km. al oeste del cerro Renca, tuerce después hacia el suroeste para volver a entrar al Mapocho. La alta permeabilidad de los acuíferos en el sector de Pudahuel permite el paso de este caudal; incluso, la influencia de esta recarga se deja sentir hasta en un pozo ubicado a 3 km. al noroeste del cerro Renca, pero ya en dicho lugar predominan las características de las aguas provenientes del norte.

En el sector de Conchalí, se puede suponer que la recarga proviene, aparte de las aguas de riego y de las lluvias, de las que escurren por las laderas de los cerros que rodean dicha zona.

2.2.2.- MOVIMIENTO DEL AGUA SUBTERRANEA.- (13)

El movimiento del agua subterránea en la hoya del Maipo-Mapocho puede deducirse de la observación de las curvas equipotenciales para la superficie freática, en ref.(13).

En efecto, el flujo de agua subterránea tiene una dirección perpendicular a dichas curvas, indicando en este caso que su movimiento general es de noreste a suroeste. En la parte sureste, las curvas equipotenciales tienen dirección sur y, más hacia el sur, tendría dirección suroeste, lo que indicaría afluencia de agua desde el sistema del río Maipo.

Las curvas que señalan la superficie del agua subterránea referido al nivel del mar siguen aproximadamente las curvas de nivel del terreno, de tal manera que, de su sola observación se desprende que el flujo de agua subterránea es paralelo al curso superficial del río Mapocho originándose aquella a la altura del cerro Calán, extendiéndose por Las Condes y limitado solamente en el norte por el cordón cerro San Cristóbal, cerro Renca y cerro Colorado; y por el oeste con cerros de Lo Aguirre.

Se puede inferir que existe una recarga más o menos considerable del río Mapocho que alimente la napa freática del Gran Santiago en conjunto con el río Maipo por el

sur.

2.2.3.- DESCARGA DEL AGUA SUBTERRANEA.-

En general, se puede afirmar que la descarga del agua subterránea en la Cuenca de Santiago (13) se realiza mediante dos formas: descarga natural y descarga artificial, correspondiente esta última a la extracción por pozos y drenes.

a) DESCARGA NATURAL.- Tiene lugar a través de diferentes procesos, a saber:

- i) movimiento del agua subterránea hacia el sur, fuera de la Cuenca.
- ii) drenaje mediante los cauces superficiales naturales que la llevan hacia el sur y fuera de la Cuenca, como en el caso del río Mapocho y río Maipo.
- iii) transpiración de plantas freatófitas
- iv) evaporación continua desde el suelo y desde superficies de agua.

Naturalmente, estos factores experimentan variaciones a causa de los cambios atmosféricos. En todo caso, puede establecerse que este tipo de descarga tiene lugar principalmente en la parte occidental de la Cuenca de Santiago, donde el nivel de saturación se encuentra a escasa profundidad, y aún, en ciertos lugares alcanza hasta la superficie.

b) DESCARGA ARTIFICIAL.- Este tipo de descarga corresponde a la operación de pozos y drenes a través de los cuales se extraen anualmente 275.000 m³ diarios dentro de la Cuenca (dato del año 1961 en ref. (13)).

El equilibrio natural existente en el sistema hidráulico subterráneo se perturba con este tipo de descarga. Al bombearse un pozo se produce, a su alrededor, un descenso de la superficie freática que toma la forma de un cono invertido cuya altura está en relación con la cantidad de agua bombeada. Al detenerse el bombeo, el cono de depresión se llena gradualmente con el agua que se mueve desde áreas adyacentes a sus límites y la superficie freática regional desciende levemente.

En el sector de Pudahuel, en la hoya del sistema Lampa-Colina, la descarga (14) se produce por la explotación de los pozos habilitados para regadío que bombean aproximadamente 300 l/s, además de una descarga de tipo natural producida por los acuíferos artesianos más cercanos a la superficie. El resto del agua seguiría escurriendo en dirección sur y cuya descarga natural se encontraría aguas abajo de la confluencia del estero Lampa con el río Mapocho, en un lugar no determinado.

2.2.4.- PROFUNDIDAD DEL NIVEL ESTÁTICO.-

Dentro de la Cuenca de Santiago, la profundidad del nivel estático varía desde menos de un metro hasta alrededor de 100 m., alcanzando sus mayores valores hacia el extremo sureste. Hacia el oeste, se acerca al nivel del terreno hasta llegar prácticamente a él en la parte más occidental tal como sucede en Pudahuel y El Peralillo.

En muchas partes, en la región ubicada al sur del río Mapocho, se presentan niveles anormales por cuanto los pozos captan agua subterránea correspondientes a zonas saturadas aisladas y cuyo origen se debe a la existencia de capas de baja permeabilidad que no permiten la percolación del agua.

Es importante destacar que, en el transcurso del año, la profundidad de la superficie freática experimenta variaciones constantes a causa del ajuste natural entre la recarga (lluvias) y descargas. Otro motivo de variación de la superficie freática es la extracción de agua mediante pozos que, en ciertas zonas, está produciendo una depresión continua.

Siguiendo el curso del río Mapocho (Ver Tabla Nº 2.1) se puede apreciar que la profundidad del agua subterránea, en general, va disminuyendo a medida que se avanza en el sentido del escurrimiento superficial. En el sector de Las Condes la profundidad varía alternativamente entre 10 y 40 m.

TABLA Nº 2.1.-

PROFUNDIDAD DE LA NAPA FREATICA EN DIVERSOS LUGARES
DEL CURSO DEL RIO MAPOCHO (13)

Desembocadura Canal San Carlos	profundidad	10 m.
Torres de Tajamar	"	30 m.
Plaza Italia	"	60 m.
Parque Forestal	"	65 m.
Estación Mapocho	"	60 m.
Puente Manuel Rodríguez	"	50 m.
Puente FFCC a Valparaíso	"	25 m.
Camino de Renca	"	15 m.
Miguel de Atero	"	10 m.
Final de Carrascal	"	5 m.
Carretera Valpo, (Padre Hurtado)	"	1 m.
Peñaflor	"	1 m.
Talagante	"	5 m.

El mismo comportamiento se advierte, siguiendo el curso del Zanjón de la Aguada, en la Tabla Nº 2.2. El nivel del agua subterránea disminuye su profundidad a medida que se avanza hacia la desembocadura del Zanjón. Veamos algunos valores de profundidad sobre el curso del Zanjón de la Aguada:

TABLA Nº 2.2.-

PROFUNDIDAD DE LA NAPA FREATICA EN DIVERSOS LUGARES
DEL CURSO DEL ZANJON DE LA AGUADA

Quebrada de Macul	profundidad	95 m.
Vicuña Mackenna	"	60 m.
Santa Rosa	"	45 m.
FFCC al Sur	"	30 m.
FFCC a Cartagena	"	20 m.
Pajaritos	"	5 m.

2.2.5.- FLUCTUACIONES DE LA SUPERFICIE FREATICA.- (13)

En el desarrollo y explotación de agua subterránea en cuencas como la de Santiago, es de gran importancia determinar el efecto del bombeo en el nivel de la superficie freática

tica.

De la misma manera como el nivel del agua de un estanque indica la cantidad contenida, el nivel de la superficie freática en una fecha determinada establece el volumen almacenado en el depósito subterráneo. En consecuencia, los cambios en el nivel freático están indicando cambios en el almacenamiento subterráneo; así, el ascenso o descenso de la superficie freática, señalada por el nivel de agua de algún pozo, representa un balance natural entre la recarga y descarga de los depósitos de agua subterránea en las cercanías del pozo. El ascenso del nivel del agua indica un período en que la tasa de recarga excede a la descarga y el descenso, un período en el cual la recarga es menor que la descarga.

Los descensos de nivel observados en los pozos se deben tanto a la descarga natural, cuando ésta es superior a la recarga, como a la descarga artificial. El gran volumen de agua bombeada en el centro de Santiago está produciendo un descenso notable de la superficie freática; en otras áreas más reducidas puede observarse este mismo efecto.

El ascenso de los niveles de agua que se produce entre Julio y Diciembre en los pozos cercanos al río Mapocho, aguas arriba de la Plaza Baquedano, parece deberse principalmente al efecto de recarga del río.

Relación de las fluctuaciones de la superficie freática y el río Mapocho

Considerando la época del año en que se presentan valores máximos y mínimos del nivel del agua en los pozos, se pueden diferenciar cinco zonas bien definidas.

ZONA A.- Las Condes y Providencia

La tendencia general de las fluctuaciones de la superficie freática se caracteriza por la amplitud de los ciclos y posiblemente está señalando la influencia del río Mapocho y del regadío. La magnitud de estas fluctuaciones varían con la distancia al cauce del río; así, por ejemplo, un pozo que está ubicado a 300 m. aproximadamente del cauce tiene una amplitud de 10 m., en cambio, un pozo ubicado a 3.000 m. del río Mapocho tiene una amplitud de 3,50 m.

El valor máximo del nivel de los pozos se alcanza a fines de Diciembre y principios de Enero; el mínimo, entre los meses de Julio y Agosto.

ZONA B.- San Miguel, Ñuñoa y Maipú.-

Esta región también presenta fluctuaciones estacionales en los niveles estáticos de los pozos, aunque menores que en la zona anterior, ya que en promedio tienen una amplitud de 2 metros.

Los valores máximos de los niveles estáticos se presentan, en la mayoría de estos pozos, entre Marzo y Abril y los mínimos, en el mes de Octubre.

La fluctuación observada en los pozos de esta zona parece estar relacionada con el régimen hidrológico del río Mapocho y, en parte, con el riego.

ZONA C.- Santiago Centro y Quinta Normal.-

Los pozos de esta zona se caracterizan por un constante descenso de sus niveles. Así, por ejemplo, se ha observado un pozo durante 6 años y medio, mostrando una declinación anual de 1 m. por año. Otro pozo, que ha permanecido sin uso, muestra un descenso total de 3,10 m. en los últimos 6 años.

Las fluctuaciones estacionales de los niveles de agua en los pozos de esta zona son, en general, muy poco marcadas. En estos pozos se observan valores máximos en Agosto y mínimos en Mayo y Junio.

Sin lugar a dudas, este continuo descenso de los niveles estáticos de los pozos, se debe al efecto del intenso bombeo realizado en dicha zona.

ZONA D.- Conchalí y Renca.-

Los pozos de esta área presentan fluctuaciones estacionales variables que alcanzan hasta 2 metros, no registrándose variaciones en los pozos de la parte noreste de la zona. El valor máximo se anota a fines de Enero y el mínimo, a mediados de Septiembre.

El nivel de la mayoría de los pozos, exceptuando los de la parte noreste, muestra tendencia general a descen-

Considerar este descenso por un programa de explotación

der. Como ocurre en la parte marginal del Mapocho, estos pozos, aparentemente están influenciados por la recarga del regadío.

ZONA E.- Barrancas y Pudahuel.-

En esta zona no se observan variaciones en la superficie freática. Este comportamiento de estabilidad de la superficie es típico de zonas de descarga de agua subterránea.

2.2.6.- CAUDAL SUBTERRANEO EN LA CUENCA DE SANTIAGO.-

Para calcular la cantidad de agua almacenada en una cuenca (12) es necesario conocer los coeficientes de Transmisibilidad (T) y de Almacenamiento (S), parámetros que definen las características hidrogeológicas de un acuífero.

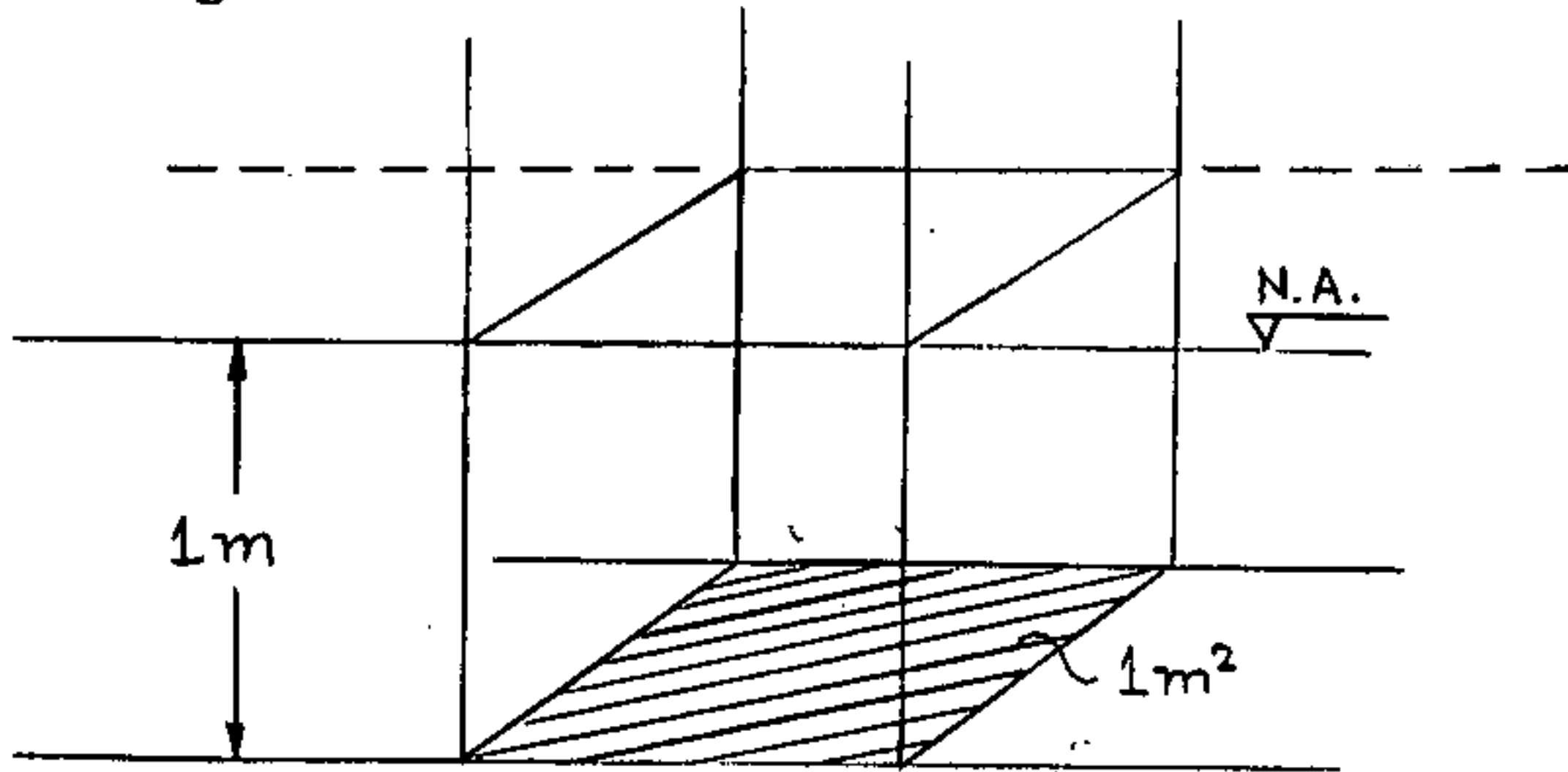
El coeficiente de transmisibilidad determina la cantidad de agua subterránea que escurre en un acuífero bajo un gradiente hidráulico determinado y es, por lo tanto, directamente proporcional a la permeabilidad a través de la fórmula $T = P m$, siendo m el espesor del acuífero.

El coeficiente de permeabilidad P es el caudal de agua subterránea que escurre a través de una sección unitaria de acuífero normal a las líneas de flujo bajo gradiente hidráulico unitario. De otra manera, puede definirse como la velocidad con que escurre el agua subterránea con pérdida de carga del 100%. Tiene unidades de velocidad, ($V = K \cdot i$).

El coeficiente de almacenamiento (21) se define como el volumen de agua que un acuífero libera o absorbe por unidad de superficie y por unidad de variación de la altura piezométrica sobre dicha superficie. Para una napa libre, si consideramos una columna de terreno de 1 m^2 de sección, con el nivel de agua como el indicado en la figura 11 y suponemos que este nivel desciende 1 m. el coeficiente de almacenamiento será el volumen de agua liberado por 1 m^3 de terreno. Se expresa en forma decimal como el porcentaje de agua liberado.

Para el caso de napas artesianas, el coeficiente de almacenamiento es el volumen liberado o absorbido por la columna de sección unitaria y de altura igual al espesor del acuífero cuando la altura piezométrica experimente una variación unitaria..|

Fig. 11



DETERMINACION DE PERMEABILIDAD.- (12)

La permeabilidad de los materiales que rellenan la Cuenca de Santiago se ha determinado mediante pruebas de rendimiento de acuíferos. Además, se han hecho estimaciones de ella basadas en la descripción y análisis granulométricos de las muestras de las perforaciones.

En los pozos utilizados se obtuvo una gran dispersión de los valores de transmisibilidad. Por este motivo, se utilizaron para el cálculo de la permeabilidad los valores de transmisibilidad obtenidos en grupos de pozos, para determinar valores medios de una sección. En cada sección, se determinó un valor medio de la transmisibilidad que se designó por T_0 y que corresponde a una relación de la transmisibilidad entre los lentes ranurados y los materiales que constituyeron su base y su techo.

Los materiales atravesados por los pozos se clasificaron, según ref.(12), como sigue:

- M_0 = espesor de materiales de permeabilidad alta a media, lentes más favorables, ranurados (arena, ripio, grava, muy poca arcilla).
- M_1 = espesor de material de permeabilidad alta a media no ranurada.
- M_2 = espesor de material de permeabilidad baja (arcilla, arena y ripio).

De acuerdo a las descripciones de los materiales, tanto M_0 como M_1 , corresponden a lentes considerados como acuíferos, pero solamente los espesores M_0 fueron ranurados,

lo que obliga a considerar que los espesores M_1 tienen permeabilidad inferior.

Por comparación de valores de permeabilidad, de análisis granulométricos y pruebas de rendimiento de acuíferos realizados por U.S. Geological Survey, se asignaron en (12) los siguientes intervalos de permeabilidad para los materiales de la Cuenca de Santiago:

$$P_1 = 0.5 P_0$$

$$P_2 = 0.05 P_0$$

Con estos intervalos se obtuvieron los siguientes valores de permeabilidad:

$$P_0 = 37 \text{ a } 666 \text{ m}^3/\text{día}/\text{m}^2$$

$$P_1 = 32 \text{ a } 295 \quad "$$

$$P_2 = 2 \text{ a } 33 \quad "$$

DETERMINACION DE TRANSMISIBILIDAD (12)

Considerando los valores de transmisibilidad obtenidos y los espesores del acuífero, se determinaron los coeficientes de transmisibilidad total T_s , mediante las relaciones:

$$T_1 = P_1 M_1$$

$$T_2 = P_2 M_2$$

$$T_s = T_0 + T_1 + T_2$$

Los valores T_s en la Cuenca de Santiago varía entre 800 y 17.000 $\text{m}^3/\text{día}/\text{m}$.

Según opinión del Jefe de la Sección Hidrología del Departamento de Recursos Hidráulicos de CORFO, Ing. Agustín Hojas, los valores de transmisibilidad se pueden clasificar de la siguiente manera:

TABLA Nº 2.3.-

CLASIFICACION DE COEFICIENTES DE TRANSMISIBILIDAD

Coef. Transmisibilidad ($\text{m}^3/\text{día}/\text{m}$)	Tipo según suelo
Sobre 15.000	Excelente
5.000 - 15.000	Buena
500 - 5.000	Regular
Menos de 500	Mala

En las secciones Colina y Lampa, lo mismo que en la sección Santiago hacia el sur, en donde existe un aumento de permeabilidad P_o , a medida que se pasa de los materiales del cono del Mapocho a los del cono del Maipo, se considera $T_s = T_o$.

CAUDALES DE ESCURRIMIENTO (12).-

Se calcularon los valores de escurrimiento de agua subterránea en la Cuenca, aplicando la fórmula de Darcy:

$$Q = T_s \cdot i \cdot L, \text{ en que :}$$

Q = escurrimiento de agua subterránea en una sección limitada por dos líneas de flujo.

T_s = transmisibilidad promedio del espesor total del acuífero

i = gradiente hidráulico medio de la sección

L = ancho de la sección

TABLA Nº 2.4.-

GASTO SUBTERRANEO Y TRANSMISIBILIDAD TOTAL EN ALGUNOS LUGARES DE LA CUENCA DE SANTIAGO

SECCION	T_s (m ³ /día/m)	Q (m ³ /día)
Colina, antes estero Lampa	1200	0.60
Lampa antes de Pudahuel	700	0.12
Renca	1300	0.04
Pudahuel	800	0.05
Mapocho, entrada a la Cuenca	1770	2.00
Santiago	5100	2.20
Talagante	5570	4.80
El Paico	4660	0.54

Las zonas cercanas al curso del río Mapocho tienen, en general, una transmisibilidad de tipo regular, en cambio, existen otros lugares de la Cuenca de Santiago que tienen buena transmisibilidad, como es el caso de:

Lampa, a la entrada a la Cuenca	10.000 m ³ /día/m
Lo Valledor	14.500 "
Isla de Maipo	8.900 "

Se ha determinado, en Viluco - Linderos, una Ts de $17.000 \text{ m}^3/\text{día}/\text{m}$. con un caudal subterráneo de $6.60 \text{ m}^3/\text{día}$.

La diferencia entre las secciones Mapocho, entrada a la Cuenca y Santiago, indica que entre ambas existe un aumento de escurrimiento por recarga del río Mapocho, lo que debería observarse en forma más destacada si no existiese el intenso bombeo de la ciudad de Santiago.

Sumando los valores de las secciones Talagante y Santiago, se obtiene un escurrimiento subterráneo del orden de $7 \text{ m}^3/\text{s}$, que corresponde a la descarga de agua subterránea entre Pudahuel y la confluencia del río Mapocho y el Maipo. La cifra anterior proporciona los caudales de recuperación del río Mapocho entre ambas localidades. En la sección El Paico se obtuvo $Q = 0.54 \text{ m}^3/\text{s}$, indicando que en esa zona la salida de agua de la Cuenca de Santiago se realiza exclusivamente en forma superficial.

Los pequeños valores de Q obtenidos en las secciones Renca y Pudahuel concuerdan con el hecho de que las líneas de flujo indican que a esas áreas concurren solamente aguas provenientes de infiltración desde canales de regadío.

CAPITULO 3REGIMEN HIDROLOGICO SUPERFICIAL3.1.- HOYA HIDROGRAFICA DE LOS RIOS MAIPO-MAPOCHO.-

La hoya hidrográfica de los ríos Maipo-Mapocho se divide en hoyas parciales o subcuencas, según referencia (12) correspondientes a los cauces superficiales al cual dan origen, (Ver Plano A):

	<u>Superficie</u>	<u>Porcentaje</u>
1.- Hoya del río Maipo	5.000 Km ²	33,6%
2.- Hoya del río Mapocho	1.100 "	7,4%
3.- Hoya del estero Colina	288 "	1,9%
4.- Hoya del estero Lampa	1.180 "	7,8%
5.- Hoya del estero Angostura	681 "	4,6%
6.- Hoya del río Maipo Inferior	3.382 "	22,7%
7.- Cuenca de Santiago	<u>3.280 "</u>	<u>22,0%</u>
	Total 14.911 "	

Parte importante del agua superficial disponible, en la parte alta de la hoya se entrega, según los casos, en bocatoma en proporción a sus derechos. La parte baja de estos ríos se alimentan principalmente de las recuperaciones, en especial, durante los meses críticos de la temporada de riego y el agua disponible se entrega en bocatoma en una forma menos sistemática. Tiene mucha influencia en las recuperaciones de los ríos los afloramientos del agua subterránea y los derrames de riego.

En general, los recursos de agua más importantes de la hoya del Maipo-Mapocho son precisamente los ríos Maipo y Mapocho. Este último es su principal afluente. Otros cursos de agua tales como los esteros Arrayán, Lampa y Angostura juegan un papel significativo, pero de menor trascendencia.

3.2.- PRINCIPALES CURSOS SUPERFICIALES DE LA CUENCA DE SANTIAGO.-3.2.1.- RIO MAIPO.-

La hoya del río Maipo tiene una extensión aproxi-

mada de 5.000 Km², comprendiendo el 33,6% del total de la hoya hidrográfica del Maipo-Mapocho.

El río Maipo drena las aguas que se obtienen por ablación de las nieves de una zona del cordón divisorio andino. Las alturas excepcionales que presenta la Cordillera de los Andes, en esta zona del país, ocasionan una glaciación importante y una nivación estacional considerable que contribuyen a fijar las características hidrológicas del río. El Maipo nace en el extremo sur cordillerano de la hoya hidrográfica Maipo-Mapocho, a los 34°10' de latitud sur, en el Paso del Maipo. Toma una dirección general de NNW que conserva en todo su recorrido por la Cordillera de los Andes. Puede decirse que se constituye definitivamente con la unión de los ríos Maipo, Volcán y Yeso en las inmediaciones de San Gabriel (1.240 m.s.n.m.). En este sitio, su caudal es de más o menos 30 m³/s como promedio anual y los dos tributarios le entregan 16 y 12 m³/s respectivamente.

El principal afluente cordillerano es el río Colorado que nace a los pies del Tupungato y le proporciona las aguas de toda la parte septentrional de la hoya andina. En el lugar donde entra en confluencia con el río Maipo, lleva más o menos 26 m³/s como promedio anual. Antes de dicho lugar, el río Maipo es controlado en San Alfonso (23) cuyas estadísticas indican un gasto promedio anual de 62 m³/s. (Cuadro 3.h. del Anexo). *Pág 232.*

Se puede estudiar el río Maipo, en lo que se refiere a su régimen, en la Obra, que es el lugar en donde se captan las aguas para riego de la región de Santiago. Allí se presenta un caudal de 102 m³/s como promedio anual, según estadísticas de una serie de años, desde 1912 a 1957 (10). Las variaciones de caudal en el curso del año son considerables: el mes con menos agua es el de Agosto en el cual el río drena 48.5 m³/s solamente y el con mayor gasto es el de Enero en el cual arrastra 210 m³/s como promedio de los 45 años de observaciones.

Comparando los valores del mes con menos agua con el de mayor caudal se pueden estimar las variaciones medias en la proporción 1:4.

Pág 233

En el cuadro 3.i. del Anexo se encuentra consignada la estadística de caudales medios mensuales del río Maipo en La Obra obtenida a través de los antecedentes del OPRU (9) y de acuerdo a estadísticas según Chilectra.

Al salir el río Maipo de la Cordillera de los Andes, corre por un cauce profundo, con dirección hacia el W. Cuando se acerca a la Cordillera de la Costa recibe por el sur las aguas del estero Angostura, que le vierte tributos de la cuenca de Rancagua (esteros Codegua y Leonera). Es en el interior de la Cordillera de la Costa donde recibe las aguas de los dos principales tributarios, el río Mapocho y el estero de Puangue. Este último drena las altas serranías de la Cordillera de la Costa, situadas al noroeste de la ciudad de Santiago. Estos ríos le entregan 10.0 y 0.6 m³/s como caudal medio, respectivamente.

El río Maipo se encuentra dividido en tres secciones legales; según referencia (12).

1ª Sección. - Está definida desde el nacimiento del río hasta aguas abajo de los canales Lonquén-Isla.

Todos los canales de la primera sección están bajo la jurisdicción de la Junta de Vigilancia autorizada por decreto Nº 1976 del 6 de Septiembre de 1952, organización que hace las entregas de agua en proporción a los derechos. Aproximadamente, la mitad del agua total disponible es de propiedad de los canales San Carlos y Eyzaguirre, los cuales se agrupan en la Sociedad Canal de Maipo. La mayor parte de la otra mitad del agua disponible en la primera sección se entrega a los canales Pirque, Unidos de Maipo y Unidos de Buin. Los canales pertenecen a tres asociaciones de canalistas separadamente.

2ª Sección. - Se extiende desde aguas abajo de los canales Lonquén-Isla hasta aguas abajo del canal Naltahua. En esta sección, el estero Angostura es el principal afluente del río Maipo.

3ª Sección. - Se prolonga desde aguas abajo del canal Naltahua hasta su desembocadura al mar, cerca de Llolleo. Los prin

cipales afluentes son: río Mapocho, estero Paico, estero Chocalán y estero Puangue.

El río Maipo tiene un desarrollo medio de 239 Km., desde su nacimiento hasta su desembocadura al mar.

3.2.2.- RIO MAPOCHO.-

La hoya del río Mapocho abarca la zona cordillerana entre los 33°06' y 33°29' latitud sur y entre los 70°10' y 70°35' longitud oeste. Tiene una superficie aproximada de 1.100 Km², correspondiéndole el 7,4% del total.

El río Mapocho nace en la parte norte central de la sección cordillerana de la hoya hidrográfica del Maipo-Mapocho, a los 33°23' de latitud Sur, constituyéndose definitivamente con los aportes del río Plomo y del San Francisco.

Inmediatamente aguas arriba de este punto de confluencia se encuentra el establecimiento minero La Disputada de Las Condes (Fig. 21) que concentra minerales de cobre y que desagüa al río Mapocho el drenaje de su tranque de relaves. *pag 98*

Otro afluente, hacia aguas abajo del río, es el estero Yerba Loca.

Sin duda alguna, el tributario más importante del río Mapocho, en la zona precordillerana, es el estero Arroyán el cual sirve además a varios canales de regadío.

El río Mapocho corre por un cauce de 91 Km de longitud aproximadamente y tiene una pendiente media general de 0.009%. Es el principal afluente del río Maipo y confluye a él cerca de El Paico. Se estima un tiempo de escurrimiento de 25 horas, desde su nacimiento hasta su desembocadura al Maipo. X

El régimen de escurrimiento del Mapocho es variable a lo largo de su curso y del tiempo. En la zona alta cordillerana depende principalmente de la nivación estacional, es decir, de la ablación de las nieves. Es por esta razón, que sus mayores caudales ocurren en los meses de Septiembre, Octubre, Noviembre y Diciembre. Pueden cuantificarse estas

observaciones mediante los registros de caudales que se obtuvieron de la estación fluvio-limnigráfica Los Almendros. Considerando los 23 años de observaciones (serie: 1949-1971), se presenta un caudal de $5.6 \text{ m}^3/\text{s}$ como promedio anual. Las variaciones mensuales de caudal son bastante considerables. El mes con mayor caudal es Noviembre con un gasto de $12.2 \text{ m}^3/\text{s}$. Le siguen Diciembre con $10.4 \text{ m}^3/\text{s}$ y Octubre, con $10.3 \text{ m}^3/\text{s}$. El mes con menos agua es Mayo, con un gasto de $2.1 \text{ m}^3/\text{s}$. Los meses con mayor caudal que el promedio anual son: Septiembre, Octubre, Noviembre, Diciembre y Enero. (Ver Cuadro 3.b. del Anexo). (pág 227)

Comparando los valores del mes de menor caudal con el de mayor, se pueden estimar las variaciones medias en la proporción 1 : 6.

El río Mapocho, al salir de la Cordillera de los Andes, conserva una dirección W, corriendo por un cauce profundo que se prolonga con fuerte pendiente hasta el extremo sur del cordón del San Cristóbal. Desde la estación limnigráfica hasta la parte sur del cerro San Cristóbal mantiene una dirección SWW para girar directamente a W hasta la zona de Pudahuel. Allí, a través de la dirección SW se estabiliza en el rumbo norte-sur que se mantiene hasta Padre Hurtado, para desembocar finalmente al río Maipo con una dirección SW.

Existen una serie de canales artificiales que entran y salen del río Mapocho. El Canal San Carlos, que toma aguas del río Maipo y desemboca en el Mapocho, es el más importante. El Canal San Carlos vierte sus aguas al río a la altura de la Compañía Cervecerías Unidas (CCU) y es el autor material de la existencia del río Mapocho, con un gasto promedio anual de: $15 \text{ m}^3/\text{s}$.

A partir de ese punto, el río Mapocho cambia totalmente de régimen el cual se va enmarcando más en uno pluviométrico a medida que se avanza en su curso. Esto lo confirman los datos registrados en la estación limnigráfica Rinconada de Maipú, (Cuadro 3.c. del Anexo), en que se registran los mayores caudales durante los meses de invierno.

Existe pues una correspondencia biunívoca entre la pluviometría de la ciudad de Santiago y el caudal registrado

en Rinconada de Maipú. Según las estadísticas de 12 años (serie 1960-1971) indican que el mayor gasto ocurre en el mes de Julio, precisamente el mes con mayor pluviosidad en Santiago; el caudal promedio que se produce en este mes es de $25 \text{ m}^3/\text{s}$. Los meses con mayor agua son principalmente los de invierno: Junio con $21,2 \text{ m}^3/\text{s}$, Agosto con $23,5 \text{ m}^3/\text{s}$ y Septiembre con $22,3 \text{ m}^3/\text{s}$; el mes de menor caudal es Febrero con $9,7 \text{ m}^3/\text{s}$. El promedio anual que se presenta en esta estación limnigráfica es de $17,1 \text{ m}^3/\text{s}$. Los meses por sobre el promedio son : Junio, Julio, Agosto, Septiembre, Octubre, Noviembre y Diciembre. La relación entre el mes de menor caudal con el de mayor caudal es de 1:2,5.

Las secciones ubicadas aguas abajo del río Mapocho reciben aguas del estero Lampa, del Zanjón de la Aguada, aguas servidas de la ciudad de Santiago, del Canal San Carlos de derrames y afloramientos de aguas subterráneas.

El estero Lampa es el principal afluente de aguas abajo del río Mapocho. Dicho estero y sus afluentes, desde el punto de vista de riego, son importantes dentro de la relativamente pequeña parte de la hoya Maipo-Mapocho que drenan.

El río Mapocho se encuentra dividido en cuatro secciones legales, según informes proporcionados por la Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

PRIMERA SECCION LEGAL.-

Corresponde al curso superior del río, desde la zona cordillerana hasta antes de la desembocadura del Canal San Carlos. Se considera toda la zona de aguas arriba como una unidad en que toda el agua disponible se entrega a los canales en forma proporcional a sus derechos. En esta primera sección, el agua se usa íntegramente para riego y para el abastecimiento de agua potable de la población oriente de Santiago.

El estero Arrayán es el principal afluente de esta sección con un aporte medio anual de $1,2 \text{ m}^3/\text{s}$. Este caudal se determinó en base a la estadística existente en la esta-

Caq 226-

ción limnimétrica La Montosa, operada por la Dirección General de Aguas (Cuadro 3.a. del Anexo). El promedio de los gastos medios mensuales para cada mes indican que el mes de mayor caudal es Noviembre con $2.78 \text{ m}^3/\text{s}$, continúa después Diciembre con $2.35 \text{ m}^3/\text{s}$ y Octubre, con 1.50 . Mayo proporciona un caudal de $0.69 \text{ m}^3/\text{s}$ siendo en el mes de Abril en el que se produce el gasto más bajo alcanzando sólo a $0.62 \text{ m}^3/\text{s}$. Esta estadística nos indica que el estero Arrayán tiene un régimen de escurrimiento nival.

Por lo tanto, aguas abajo del punto de confluencia del estero Arrayán con el Mapocho, éste tendría un gasto promedio anual acumulado de $6.8 \text{ m}^3/\text{s}$.

Otro afluente del Mapocho es el estero Las Hualtatas (15), que se origina en la quebrada del mismo nombre. La Quebrada Las Hualtatas desagúa en la rinconada La Dehesa, la cual es drenada por una serie de esteros que se reúnen finalmente en el llamado estero Las Hualtatas, el cual confluye al río Mapocho junto a la puntilla oriental del cerro Alvarado. El aporte del estero Las Hualtatas alcanza a un 5% correspondiente al caudal del río.

Según aforos realizados en el mismo estero indican un caudal que varía de la siguiente manera:

DCT.	DIC.	EN.	MAR.	(1970-1971)
0.159	0.190	0.041	0.064	(m^3/s)

Existen en esta primera sección del río Mapocho canales de regadío y 3 empresas de agua potable, que son: A.P. "Los Domínicos", A.P. "Lo Castillo" y D.O.S. "Sector Oriente".

En lo relativo al abastecimiento de agua potable, la Empresa de Agua Potable Lo Castillo requiere de 210 l/s para alimentar su planta de filtros, pero además, necesita de una cantidad similar para recargar la napa frente a los drenes de captación, pero que la usa en períodos de excesos de agua en el río.

La D.O.S. "Sector Oriente" capta 70 l/s del río y además obtiene del estero Arrayán un caudal que oscila entre 150 y 200 l/s . Se ha considerado, por lo tanto, que la D.O.S.

"Sector Oriente" posee una demanda de 270 l/s.

La Empresa de Agua Potable "Los Domínicos", capta 50 l/s del caudal saliente "Villa Los Domínicos", ramal del canal El Bollo.

En consecuencia, se puede concluir que las aguas superficiales del río Mapocho destinadas al uso del agua potable alcanzan a una cantidad media de 530 l/s.

En cuanto a la demanda por riego, se puede estimar éste a través de los datos de caudales considerados en el punto 3.3.-

Esta sección tiene una pendiente media de 0.024. La velocidad promedio del río es de 1.2 m/s. X

SEGUNDA SECCION LEGAL.-

La segunda sección legal se extiende desde antes de la desembocadura del Canal San Carlos hasta el cruce del puente Manuel Rodríguez sobre el Mapocho. Esta sección está bajo el control de la Sociedad del Canal de Maipo quien distribuye el agua de acuerdo a los derechos o regadores. En esta sección, el Canal San Carlos y el canal La Punta son los más importantes.

Se debe agregar que, aguas abajo de la desembocadura del Canal San Carlos, se extraen del río 3 m³/s para lavado del alcantarillado del sector centro de Santiago.

La pendiente media del río, en este tramo es de 0.013 con una velocidad promedio de 1.0 m/s. X

TERCERA SECCION LEGAL.-

Este tercer tramo del río se extiende desde el puente Manuel Rodríguez hasta aguas abajo del canal Esperanza. En esta sección, los afluentes del río Mapocho son: estero Lampa y Zanjón de la Aguada. El estero Lampa proporciona al río un gasto aproximado de 1,8 m³/s. El Zanjón de la Aguada, gran recolector de aguas servidas de la ciudad de Santiago, (Véase 3.2.6.-), aporta al río un gasto de 2.4 m³/s, excluyendo derrames de riego utilizados en la zona Este adyacente al río.

Los canales efluentes más importantes del río son el canal Las Mercedes y el canal Esperanza.

Esta tercera sección legal del río Mapocho tiene una pendiente media de 0.004.

Aforos realizados por la Dirección de Riego (MOP y T-) en diversos lugares proporcionan, a manera de información, los siguientes valores medios consignados en la Tabla Nº 3.1.

TABLA Nº 3.1.-

AFOROS EN EL RIO MAPOCHO (16)

Lugar de aforo	Caudal medio (m ³ /s)	Años de control
Aguas abajo puente M. Rodríguez	4.48	1930-46
Puente Lo Espinoza	3.74	1939-46
Pudahuel en cruce carretera a Valpo.	12.15	1920-23
En Rinconada de Maipú (puente)	22.35	1930-57
En Rinconada de Maipú	17.24	1947-50
Aguas arriba Canal Las Mercedes	11.78	1929-47
En Marruecos, en Esperanza	5.06	1947-59

CUARTA SECCION LEGAL.-

Esta sección legal se extiende desde aguas abajo del canal Esperanza hasta la desembocadura del río al Maipo. Este tramo abarca las localidades de Peñaflores, Talagante y El Monte con un régimen fluvial totalmente diferente al anterior. El agua, en esta sección es perfectamente clara y proviene fundamentalmente de las recuperaciones del agua de riego y del afloramiento de la napa freática. Se puede afirmar, en general, que el caudal que extraen los canales es mucho mayor que el medido en las estaciones de aforo de aguas arriba. Las medidas de caudales indican que las recuperaciones son del orden de 15 m³/s y se producen durante los meses críticos de la temporada de riego.

Características de esta sección del río es la poca turbiedad que presentan sus aguas, como asimismo de la amplitud de su lecho en el cual su cauce escurre hasta por tres

brazos en forma separada.

En esta sección también se han hecho algunas medidas aisladas de gasto (16), encontrándose los siguientes valores para los lugares que se indican, según Tabla Nº 3.2.

TABLA Nº 3.2.-
AFOROS EN EL RIO MAPOCHO, CUARTA SECCION (16)

Lugar de Aforo	Caudal medio (m ³ /s)	Años de Control
Bocatoma Canal Mallarauco	13.40	1947
En Puntilla de San Juan, antes de Peñaflor	11.48	1947-49
El Puente Militar Pelvín, en Peñaflor	8.65	1919-53
En Talagante, en puente Bota	17.45	1950-53
En Talagante, en puente FFCC.	16.09	1932-52
En Lo Aguirre, en puente Talagante a El Monte	27.05	1919-31
En El Monte	36.21	1931-59

3.2.3.- CANALES DEL RIO MAPOCHO.-

1ª Sección del río Mapocho.-

En esta sección, como ya se dijo, existen canales tanto para regadío como para agua potable. La superficie regada por los canales es de aproximadamente 3.000 Há. (15).

En la Tabla Nº 3.3. se presenta una lista de los principales canales de esta sección con sus caudales aproximados y en el esquema de la Fig. 12, se presenta el diagrama de las diferentes secciones del río Mapocho indicando sus afluentes y efluentes correspondientes.

**DIAGRAMA DE DISTRIBUCION DE
LOS CANALES DEL RIO MAPOCHO**

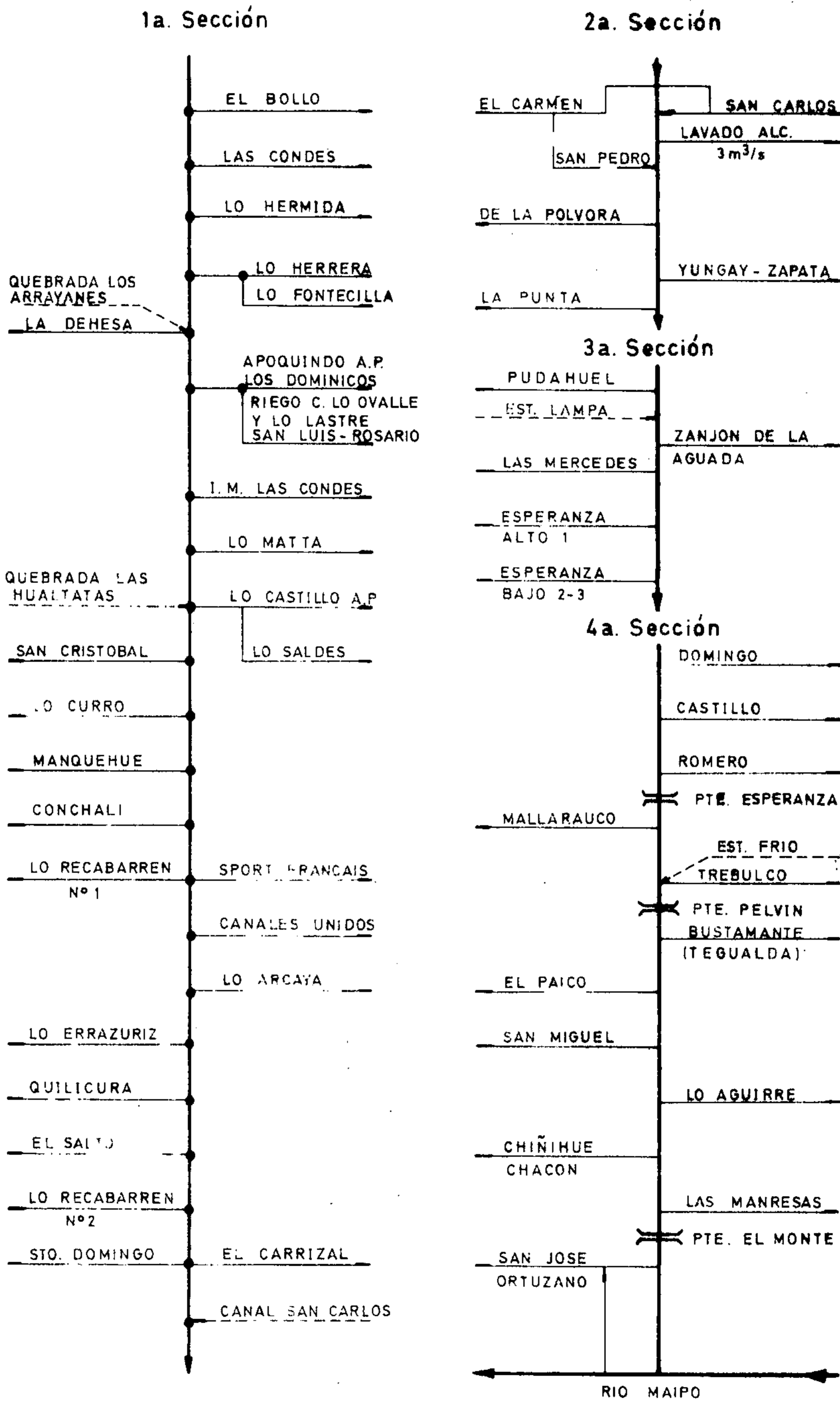


TABLA Nº 3.3.-

CANALES DERIVADOS DEL RIO MAPOCHO, 1ª SECCION LEGAL

NOMBRE CANAL	GASTO APROX. (m ³ /s)	AÑOS DE CONTROL
El Bollo	0.32	
Las Condes	0.91	
Lo Hermida	---	
Lo Herrera-Fontecilla	0.68	
La Dehesa	1.10	
Apoquindo-A.P. Los Domínicos	1.20	
San Luis - Rosario	---	
Municipal de Las Condes	0.07	
Lo Matta	0.39	
A.P. Lo Castillo	0.21	
Lo Saldes	0.19 (#)	1929-58
San Cristóbal	1.89	
Lo Curro	0.33	
Manquehue	0.23 (#)	1929-58
Conchalí	0.26 (#)	1929-58
Sport Français	0.13	
Lo Recabarren Nº 1	0.26 (#)	1929-58
Canales Unidos	0.35	
Lo Arcaya	0.13 (#)	1929-54
Lo Errázuriz	0.15 (#)	1930-53
Quilicura	0.21 (#)	1930-54
El Salto	0.14	1929-54
Lo Recabarren Nº 2	0.13 (#)	1931-58
El Carrizal	---	
Santo Domingo	1.23 (#)	1930-53
SUMA	10.51	

Nota: Estos valores de caudales se dan a modo de información general de manera que no deben considerarse como un trabajo definitivo. Los gastos marcados con (#) fueron obtenidos del "Informe sobre Recursos de Agua en el río Maipo y su Hoya" del Ing. Romulo García, informe publicado por la Dirección de Riego del M.O.P.T en el año 1963. Las estadísticas generalmente comprenden sólo hasta el año 1959 reconociéndose, por lo tanto, que falta contar con antecedentes actualizados.

El gasto promedio de salida de los canales se calculó en base al área de riego servida por cada uno, usando una tasa de riego de $11500 \text{ m}^3/\text{Há}/\text{año}$. Esta tasa se obtuvo del estudio "Capacidad de riego de los ríos de la Zona Central de Chile" de M.O.P. (20).

2ª Sección del río Mapocho.-

Este tramo, definido entre el Canal San Carlos y el Puente Manuel Rodríguez, tiene los siguientes canales controlados por la Sociedad del Canal de Maipo.

i) El canal El Carmen se origina esencialmente de las aguas del Canal San Carlos que cruzan el río Mapocho a través de un sifón. Este canal se utiliza para regar zonas de cultivo en Colina y parte de Conchalí. Le corresponden 217,64 regadores, de modo que en el período de riego, el caudal, en m^3/s , varía según la Tabla Nº 3.4.-

TABLA Nº 3.4.-

Gastos Promedios Mensuales del Canal El Carmen
(m^3/s) (26)

SERIE (1967 - 1970)

SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.
2.64	2.83	4.05	4.53	5.59	5.62	4.32	2.60

El canal San Pedro es una derivación del canal El Carmen cuyo gasto, cuando es excesivo, es devuelto al río Mapocho mediante una compuerta ubicada en la bifurcación de las calles Bellavista y Santa María.

ii) Canal La Pólvora que se originaba bajo el puente Purísima tenía asignado 46 regadores. En la actualidad, se encuentra fuera de servicio según información proporcionada por la Dirección General de Aguas.

iii) Canal Yungay - Zapata nace aguas abajo del puente Bandera, justamente bajo la Estación de FFCC Mapocho. Toma una dirección general hacia el poniente. Pasado calle Matucana se ramifica en los canales Zapata, Pérez, Lo Prado y Yungay.

Actualmente, sólo está en servicio el canal Lo Prado manteniendo una cuota de 91.03 regadores; los demás canales han quedado fuera de servicio por cuanto las zonas de regadío perteneciente a las comunas de Quinta Normal y Barrancas se encuentran urbanizadas.

iv) Canal La Punta: Este canal tiene su toma bajo el puente Manuel Rodríguez, sale hacia el norte bordeando los cerros Renca y Colorado y sigue en dirección oeste dando agua de riego a una zona comprendida entre este canal y el río Mapocho. Después del cerro, el canal se divide en dos ramas: una que sigue en dirección SW y otra hacia el Noviciado atravesando el estero Lampa por medio de una canoa para llegar a desembocar a un tranque a los pies de los cerros del Noviciado.

El canal La Punta tiene dos derivaciones: el canal Pinto Solar, originado a la altura de Av. Independencia y el canal Velázquez, que nace antes de cruzar la línea férrea a Valparaíso. El primero ya quedó fuera de servicio.

El canal La Punta tiene derecho a 176,42 regadores, de manera que, en el período de riego, su caudal varía según lo indicado en la Tabla Nº 3.5. (Consultar 3.2.4.-).

TABLA Nº 3.5.

CAUDALES DEL CANAL LA PUNTA (m³/s)

SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.
1.94	3.17	4.75	5.47	5.47	4.60	3.35	2.12

3ª Sección del río Mapocho.-

Encontramos los siguientes canales de regadío: Pudahuel, Las Mercedes, Esperanza Alto (Nº 1) y Esperanza Bajo (Nº 2).

En el canal Las Mercedes, cuya bocatoma se encuentra en Rinconada de Maipú, el río Mapocho hace entrega de un gasto continuo de aproximadamente 6 m³/s. Este canal comienza su escurrimiento en forma paralela al río para internarse, posteriormente, en los contrafuertes de la Cordillera de la Costa y llegar al valle de Curacaví, en donde se le utiliza para irrigar algunas zonas de cultivo. Después de atravesar

el cordón de Barriga en túnel, produce energía hidroeléctrica para la Planta Carena.

Los canales Esperanza Nº 1 y Esperanza Nº 2, derivan un gasto promedio de 0.78 y 1.67 m³/s., respectivamente. Ambos canales se originan un poco más aguas abajo del puente carretero a Valparaíso por Cuesta Barriga y riegan la zona Este adyacente al río Mapocho, al poniente de la localidad Padre Hurtado.

4ª Sección del río Mapocho.-

En esta cuarta y última sección legal del río Mapocho, se encuentran los siguientes canales como se indica en la Tabla Nº 3.6.- con un gasto promedio anual aproximado, según referencia (16).

TABLA Nº 3.6.-

CANALES DERIVADOS DEL RIO MAPOCHO EN LA 4ª SECCION LEGAL

NOMBRE CANAL	GASTO APROX. (m ³ /s.)	AÑOS DE ESTADISTICA
Domingano	0.73	1931-59
Castillo	1.14	1931-58
Romerano	0.96	1931-59
Mallerauco	7.75	1930-59
Bustamante (Tegualda)	0.86	1930-58
El Paico	1.18	1930-59
San Miguel	1.90	1930-59
Lo Aguirre	2.08	1947-59
Chirihue - Chacón	1.71	1934-59
Las Manresas	0.62	1932-58
San José Ortuzano	1.31	1932-59
SUMA	20.24	

3.2.4.- CANAL SAN CARLOS.-

El Canal San Carlos deriva aguas del río Maipo en el lugar denominado Las Vertientes y sirve el área ubicada entre los ríos Maipo y Mapocho. Es un canal artificial que

portea aguas desde el río Maipo hasta el río Mapocho en una longitud aproximada de 29 km. Virtualmente es el responsable del régimen de escurrimiento del río Mapocho a partir del lugar de la descarga.

El Canal San Carlos capta sus aguas a los 70°30' longitud W y, a la altura de las Vizcachas se ramifica en los canales La Florida, Las Perdices y San Francisco. Naturalmente, que estos efluentes son los principales, por cuanto, en todo su trayecto tiene numerosos afluentes y efluentes. Los afluentes se originan principalmente como derrames de excedentes de riego de la zona oriente ya que las cotas de terreno así lo determinan.

El Canal San Carlos se origina con una dirección W para desviarse, en Las Vizcachas, directamente hacia el norte y desembocar al Mapocho con una dirección NW, bordeando por el costado oriente de la Avenida Tobalaba.

En la desembocadura del Canal con el Mapocho existe un sifón que permite el paso de agua directamente al canal El Carmen, destinado a irrigar parte de la zona agrícola de Conchalí y Colina.

Según aforos realizados por la Sección Hidrometría de la Dirección General de Aguas del M.O.P. y T. realizados aguas arriba de la desembocadura del Canal al Mapocho, en la Compañía Cerveceras Unidas, se puede afirmar que este canal lleva un gasto promedio anual de $15 \text{ m}^3/\text{s}$ y que los meses con mayores caudales son: Noviembre con 17,1; Diciembre con 16.7 y Enero con $17.1 \text{ m}^3/\text{s}$. Los meses con menores gastos son Abril y Mayo, que están por debajo del promedio. Estos datos corresponden a una serie de determinaciones desde el año 1961 a 1967 que se consignan en el cuadro 3.f. del Anexo. Pág 231

ASPECTOS LEGALES: (19)

La Sociedad del Canal de Maipo tiene bajo su administración la mitad de las aguas del río Maipo, esto es, 3784 partes o acciones de las 7568 en que se encuentra dividido dicho río. Este derecho, que data desde tiempos inmemoriales, fue oficialmente reconocido por el Supremo Gobierno por Decreto de la Intendencia de Santiago, de fecha 13 de

Abril de 1861, que dispuso que "las aguas del Río Maipo se dividirán por mitad entre los Canales de Maipo, pertenecientes a la Sociedad de este nombre y los interesados a dichas aguas situadas en la parte baja del expresado río".

Las 3784 partes de la Sociedad del Canal de Maipo se dividen en 2233 acciones o regadores, las que se extraen del río Maipo por los canales principales denominados Canal San Carlos, Canal Eyzaguirre y Canal del Peral, los que a su vez se dividen en numerosos canales que llevan las aguas a los distintos predios de la Provincia de Santiago.

Las otras 3784 partes del río Maipo se extraen por los Canales Unidos de Maipo, Pirque, Unidos de Buin, Huidobro, Lonquén y la Isla, en la siguiente proporción:

Canal Arriagada	50 partes
Canales Unidos de Buin	964 partes
Canales Unidos de Maipo	1.530 partes
Canal Huidobro	608 partes
Canal Pirque	600 partes
Canal Lonquén	30 partes
Canal Moreno	2 partes
	<hr/>
	3.784 partes

Para el buen reparto de las aguas del río Maipo entre sus diversos canales, existe la Junta de Vigilancia del Río Maipo, constituida de acuerdo con las disposiciones del Código de Aguas, según decretos del Ministerio de Obras Públicas N^os. 1976 del 6 de Septiembre de 1952 y 1474 del 14 de Agosto de 1954. El objeto de esta Junta de Vigilancia es la de administrar y distribuir las aguas a que tienen derecho sus miembros, explotar y conservar las obras de aprovechamiento común y realizar los demás fines que le encomiende la Ley.

El volumen del regador de la Sociedad del Canal de Maipo, en l/s de escurrimiento continuo y en promedio mensual es el siguiente, considerando una estadística de 40 años comprendido entre los años 1925 y 1964 (54). El promedio mensual se indica en la Tabla N^o 3.7.-

TABLA Nº 3.7.-

Promedio Mensual del Regador de la Sociedad
del Canal de Maipo en (l/s) (54)

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
31	26	19	12	10	9	9	9	11	18	27	31

El promedio anual del Regador es de 17,7 l/s.

3.2.5.- SISTEMA LAMPA-COLINA.-

Los ríos Lampa y Colina son los cauces naturales que aportan agua a la región norte de la Cuenca de Santiago. El mayor volumen de agua llega a la zona durante los meses de invierno, desde Mayo a Septiembre; en el tiempo restante el agua de estos ríos es usada, en su totalidad, para el riego de los valles del Lampa y Colina respectivamente quedando, por lo tanto, la región sin agua superficial para regadío.

RIO COLINA.-

La hoya del río Colina tiene una extensión de 288 Km² y se encuentra ubicado en la parte Noroeste de la hoya del Mapocho. El río Colina nace en la Cordillera de los Andes y tiene un régimen de escurrimiento nival en que los valores mayores de los gastos se producen en los meses sucesivos de Octubre a Diciembre, es decir, en el período de deshielo.

Aguas arriba de las Termas de Colina, en Compuerta Vargas, existe una sección de aforo. En dicho punto, la hoya hidrográfica que le corresponde es de 340 Km².

El desarrollo aproximado del río Colina es de 52 Km. Este río se origina en su hoya con dirección S.W. y la mantiene hasta descargar sus aguas al estero Lampa.

Según una estadística de 23 años (Serie 1935-1961) que se dispone del río Colina en Compuerta Vargas, (Cuadro 3.d. del Anexo), el promedio anual de gastos medios mensuales es de 0.97 m³/s. El mes con mayor caudal es Noviembre con un gasto promedio de 1.97 m³/s., en cambio, el mes con

pag 229

menor caudal es Abril, con $0.49 \text{ m}^3/\text{s}$. Los meses con un caudal por sobre el promedio anual son: Septiembre, Octubre, Noviembre y Diciembre.

La relación entre el mes de mayor y el mes de menor gasto es de 1:4.

ESTERO LAMPA.-

La hoya del estero Lampa tiene una extensión de 1.180 Km^2 y se encuentra ubicada al norte de la Cuenca de Santiago, al oeste de la hoya del río Colina.

El estero Lampa se extiende a lo largo de 34 Km y en él desemboca el río Colina. Sus principales afluentes son los esteros Til-Til, Chacabuco y Paldehue.

Existe una sección de aforo inmediatamente aguas abajo de la confluencia de los esteros Til-Til y Chacabuco, en la zona de Chicauma.

La hoya hidrográfica, en ese punto, tiene una extensión de 966 Km^2 .

El estero Lampa se origina con una dirección SW y cambia para desembocar en el río Mapocho con rumbo norte-sur.

De los 21 años observados en la estación de aforo de Chicauma (Serie 1943-1969) se puede obtener el caudal promedio anual que alcanza a $0.98 \text{ m}^3/\text{s}$ (Cuadro 3.e del Anexo). *Pág 230*
El mes con mayor caudal es Julio con $2.26 \text{ m}^3/\text{s}$, en cambio, el mes con menor caudal es Enero con un promedio de $0.46 \text{ m}^3/\text{s}$. Los meses cuyos caudales están por sobre el promedio son: Junio, Julio, Agosto y Septiembre.

La relación de variación de gastos de los meses de mayor y menor caudal es de 1:5.

Pág 63
De la observación de las curvas en el gráfico de la Fig. 16, correspondiente a los promedios de los gastos medios mensuales para cada mes, se puede notar la diferencia en el régimen de escurrimiento de ambos cauces. El Lampa tiene su valor promedio máximo en el mes de Julio, en cambio el río Colina tiene su valor promedio máximo en el mes de Noviembre. Esta diferencia se debe a la mayor altura a que se encuentra la hoya del río Colina, lo que determina su régimen

de deshielo. Por otra parte, el valor promedio máximo de gasto del estero Lampa es inferior al del río Colina a pesar de tener éste una hoya menor. Esto puede deberse a las mayores pendientes medias del río Colina y a la diferencia en el caudal subterráneo, (14).

3.2.6.- ZANJON DE LA AGUADA.-

El Zanjón de la Aguada se origina en la Quebrada de Macul y atraviesa la ciudad de Santiago de este a oeste por el sur. Descarga sus aguas al río Mapocho en el sector denominado Rinconada de Maipú. La Quebrada de Macul en conjunto con el Zanjón de la Aguada separa los conos de rodado de los ríos Maipo y Mapocho, advirtiéndose esto claramente en los faldeos de la Cordillera de Los Andes, (55).

Siendo el Zanjón de la Aguada un curso de aguas naturales al comenzar su recorrido, después de cruzar el Canal San Carlos va captando aguas provenientes de los excedentes de riego de sectores comprendidos dentro de las comunas Ñuñoa - Florida, de tal manera que, al llegar a Vicuña Mackenna su caudal aproximado es de $2.6 \text{ m}^3/\text{s}$. (Es interesante notar que estos sectores están siendo ocupados actualmente en construcciones habitacionales).

Antes de Vicuña Mackenna, el principal aporte de caudal que tiene el Zanjón es el que le proporciona el canal Pedro de Valdivia con un gasto aproximado de $1 \text{ m}^3/\text{s}$. Posteriormente, en su recorrido, el Zanjón de la Aguada va recolectando todas las descargas de aguas servidas domésticas y residuos industriales líquidos provenientes de gran parte de la ciudad de Santiago, totalizando 35 descargas, en el cual se incluye el Colector A-H.

En tiempo seco, el gasto del Zanjón de la Aguada es de más o menos 600 l/s. A esta cantidad de aguas propias se agregan, antes del Emisario A-H, varias descargas de aguas de alcantarillado que suman aproximadamente 2.650 l/s. (no incluyó el canal Pedro de Valdivia). El vaciamiento del Emisario A-H agrega 3700 l/s que corresponde aproximadamente al 40% del total de aguas servidas vaciado al Zanjón de la Aguada.

El Zanjón de la Aguada recibe entonces $7.6 \text{ m}^3/\text{s}$ de aguas de alcantarillado que son utilizadas para riego en las parcelas que se ubican en la ribera este del río Mapocho. Estas parcelas utilizan aguas provenientes del río Mapocho también, como asimismo, aquellas que se derivan del Zanjón de la Aguada a través del canal Lo Ortúzar. Otros canales que se originan del Zanjón para el mismo fin son el Maipú, Loma Blanca, San José y Larraín. Los dos últimos extraen un gasto aproximado de 0.53 y $0.64 \text{ m}^3/\text{s}$, respectivamente (16).

Posteriormente, parte de los derrames de riego del sector Maipú se canalizan en acequias que llegan por diferentes cauces al río Mapocho, y la otra parte son captados por el Canal Matriz Rinconada construido a tajo abierto. En su recorrido, este canal atraviesa un cordón morrénico mediante un túnel (6). Al final de él comienza su recorrido el Canal Comunero Rinconada que cruza el río Mapocho a través de una canoa metálica, con una descarga previa al río para dejar pasar sólo la capacidad de la canoa que es de $2.5 \text{ m}^3/\text{s}$. Pasado el río, este canal hace sus entregas al fundo Lo Aguirre y a la Hacienda Rinconada de Lo Cerda. En la Hacienda existe un canal colector de los derrames que vacía su contenido al río Mapocho, en el sitio denominado "La Papelera".

En el puente Particular, derivación del camino a Pajaritos, en el paradero 14, existe una estación limnimétrica de la Dirección General de Aguas del M.O.P.T. que controla los caudales del Zanjón después que se han vertido sobre él la totalidad de las aguas servidas de Santiago y Maipú. La estadística que se dispone es bastante exigua (Cuadro 3.g. *Pág 231* del Anexo), pero se pueden obtener algunos valores para conocer el orden de magnitud. El máximo caudal se produce en el mes de Junio con un gasto promedio de $6.03 \text{ m}^3/\text{s}$, el mínimo se produce en el mes de Febrero con un promedio de 0.13 . Los meses de caudales mínimos son Noviembre, Diciembre, Enero, Febrero y Marzo. En estos meses, generalmente, el lecho del Zanjón desde Pajaritos permanece seco, por cuanto toda el agua que llega a esta estación de control es desviada íntegramente a los terrenos de cultivo. El promedio de los gastos medios mensuales alcanza a un valor aproximado de $2.4 \text{ m}^3/\text{s}$ (Serie 1963 - 1966). La variación de caudal del

mes de Febrero con respecto al de Junio es bastante considerable como se puede apreciar según la razón 1 : 45.

Otros aforos aislados que se han hecho en el Zanjón de la Aguada han proporcionado los siguientes valores que se encuentran contenidos en la Tabla N° 3.8.

TABLA N° 3.8.-

AFOROS EN EL ZANJON DE LA AGUADA, SEGUN REFERENCIA
(16)

Lugar de aforo	Caudal medio (m ³ /s)	Años control
Cruce con V. Mackenna	2,58	1929-32
Calle San Ignacio, después toma Penitenciaría	3,19	1929
En puente camino a Cerrillos	8,00	1946
En cruce con camino a Pajaritos	5,91	1928-58
Fundo Loma Blanca, en junta con Mapocho	1,89	1951

Otras consideraciones en torno al Zanjón de la Aguada indican que su desarrollo total es de aproximadamente 25,5 Km. la velocidad media de sus aguas es de 1 m/s; además desde su origen hasta su desembocadura al Mapocho se estima un tiempo de escurrimiento de 7 horas.

3.3.- ESTACIONES FLUVIOMETRICAS DE CONTROL.-

Se ha hecho una recopilación de gran parte de la estadística existente a la fecha de los principales cursos superficiales en la Cuenca de Santiago, de acuerdo con la información proporcionada por los diversos organismos públicos y privados al cual se acudió.

Las estadísticas anuales por mes de los gastos medios mensuales se consignan en el Anexo del presente estudio.

Las características de cada estación fluviométrica considerada se resumen en la Tabla N° 3.9.-

TABLA Nº 3.9.-

CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS ESTACIONES FLUVIOMETRICAS

HOYA MAIPO - MAPOCHO

NOMBRE DEL CAUCE SUPERFICIAL	ESTACION	TIPO EST.	COORDENADAS GEOGRAFICAS		ALTURA m.s.n.m.	RANGO ESTADISTICA ANOS		GASTO PROMEDIO ANUAL (m ³ /s)	VOLUMEN ANUAL m ³ x10 ⁶	FUENTE INFORMACION
			LAT.	LONG.		ANOS	TOTAL			
Río Maipo	S. Alfonso	Lg	33º45'	70º18'	1108	50-70	21	62.10	1.960,0	(23)
	La Obra	Lm	33º30'	70º36'		51-70	20	85.00	2.680,0	(9)
Río Mapocho	Los Almendros	Lg	33º23'	70º28'	1024	49-71	23	5.62	177,0	(23)
	R. de Maipú	Lg	33º31'	70º51'	420	60-71	12	17.10	539,0	(23)
Est. Arrayán	La Montosa	Lm	33º21'	70º29'	880	53-71	19	1.22	38,5	(23)
C. S. Carlos	C.C.U.	Lm	33º25'	70º37'	620	61-67	7	15.00	472,0	(23)
Zanjón de la Aguada	Pajaritos	Lm	33º29'	70º46'	450	63-66	4	2.40	75,6	(23)
Río Colina	Compuerta Vargas	Lm	33º10'	70º40'	486	35-61	23	0.97	30,5	(14) (23)
Est. Lampa	Chicauma	Lg	33º13'	70º55'	500	43-69	21	0.98	30,8	(14) (23)

La Junta de Vigilancia del río Maipo, a través de la Memoria presentada a la Asamblea Ordinaria de 1972, da a conocer un resumen estadístico de caudales para la temporada 1971-1972 del río Maipo en La Obra (22). El resumen de gastos medios mensuales comprende desde el 1º de Abril hasta el 31 de Mayo de 1972 y se disponen en la Tabla Nº 3.10.

TABLA Nº 3.10.-

ESTADISTICA DE CAUDALES DEL RIO MAIPO EN LA OBRA
(1971 - 1972) en m³/s. (22)

A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M
38,5	26,5	24,0	34,0	35,5	49,0	87,0	144,0	139,0	129,0	87,0	55,5

Deducidos de la estadística diaria del río se inserta a continuación, en la Tabla Nº 3.11.-, el número de días que en cada mes el gasto sobrepasó las cifras de 100, 130 y 150 m³/s.

TABLA Nº 3.11.-

NUMERO DE DIAS EN QUE SE EXCEDIERON DETERMINADOS
VALORES DE CAUDAL EN EL RIO MAIPO, ESTACION LA OBRA

MES	CAUDALES		
	Sobre 100 m ³ /s	Sobre 130 m ³ /s	Sobre 150 m ³ /s
Octubre	9	4	1
Noviembre	30	25	9
Diciembre	30	18	8
Enero	27	12	6
Febrero	8	0	0

El régimen superficial del río Maipo en San Alfonso y en La Obra se encuentra representado en el gráfico de la Fig. 13.-

El régimen superficial de escurrimiento del río Maipo, en los Almendros y Rinconada de Maipú, se representa en la Fig. 14. Se incluye además, el Estero Arrayán cuyo aporte configura las aguas que llegan a Santiago.

FIG. 13

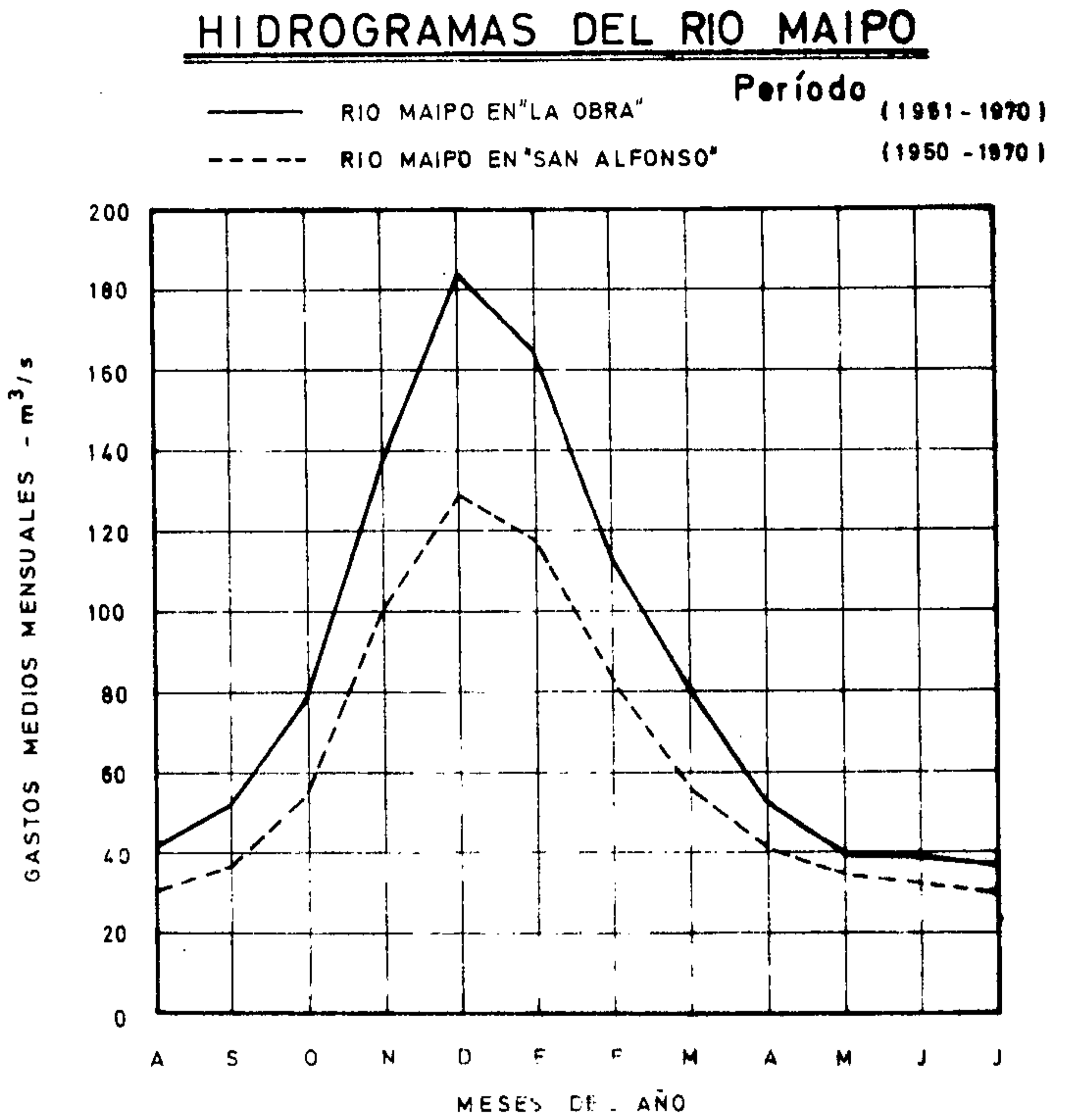


FIG. 14

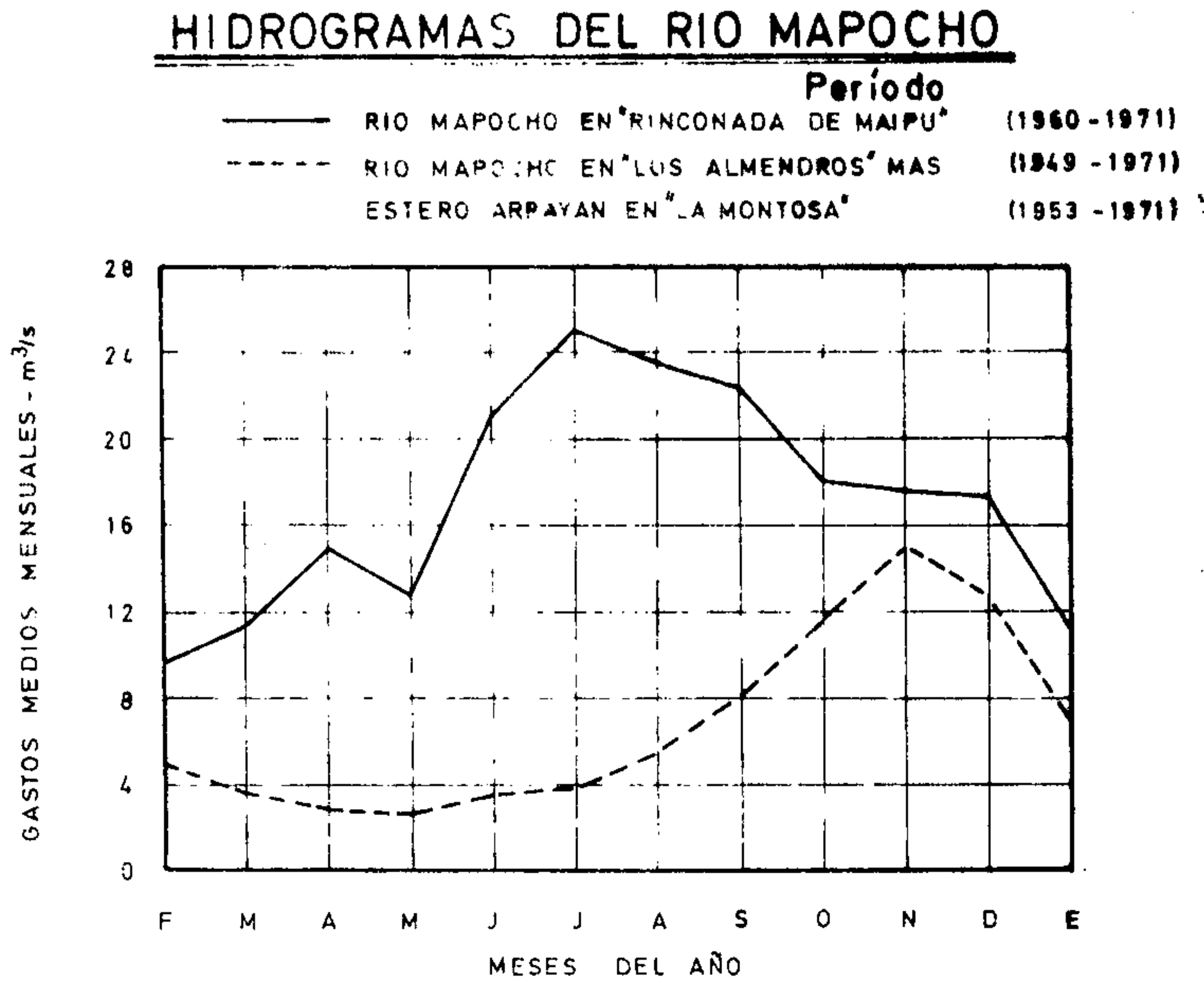


FIG. 15

HIDROGRAMAS DEL CANAL SAN CARLOS Y ZANJON DE LA AGUADA

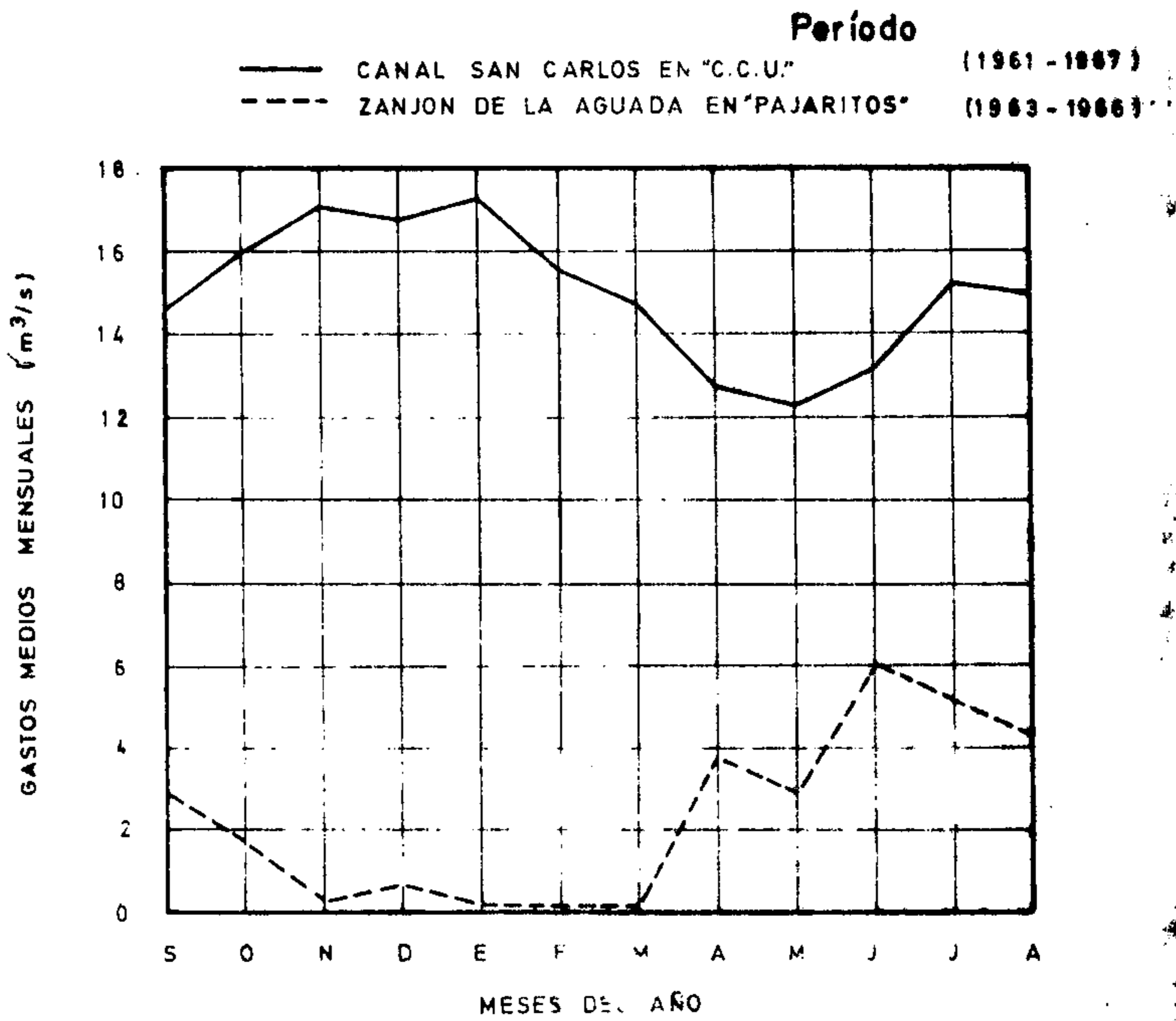
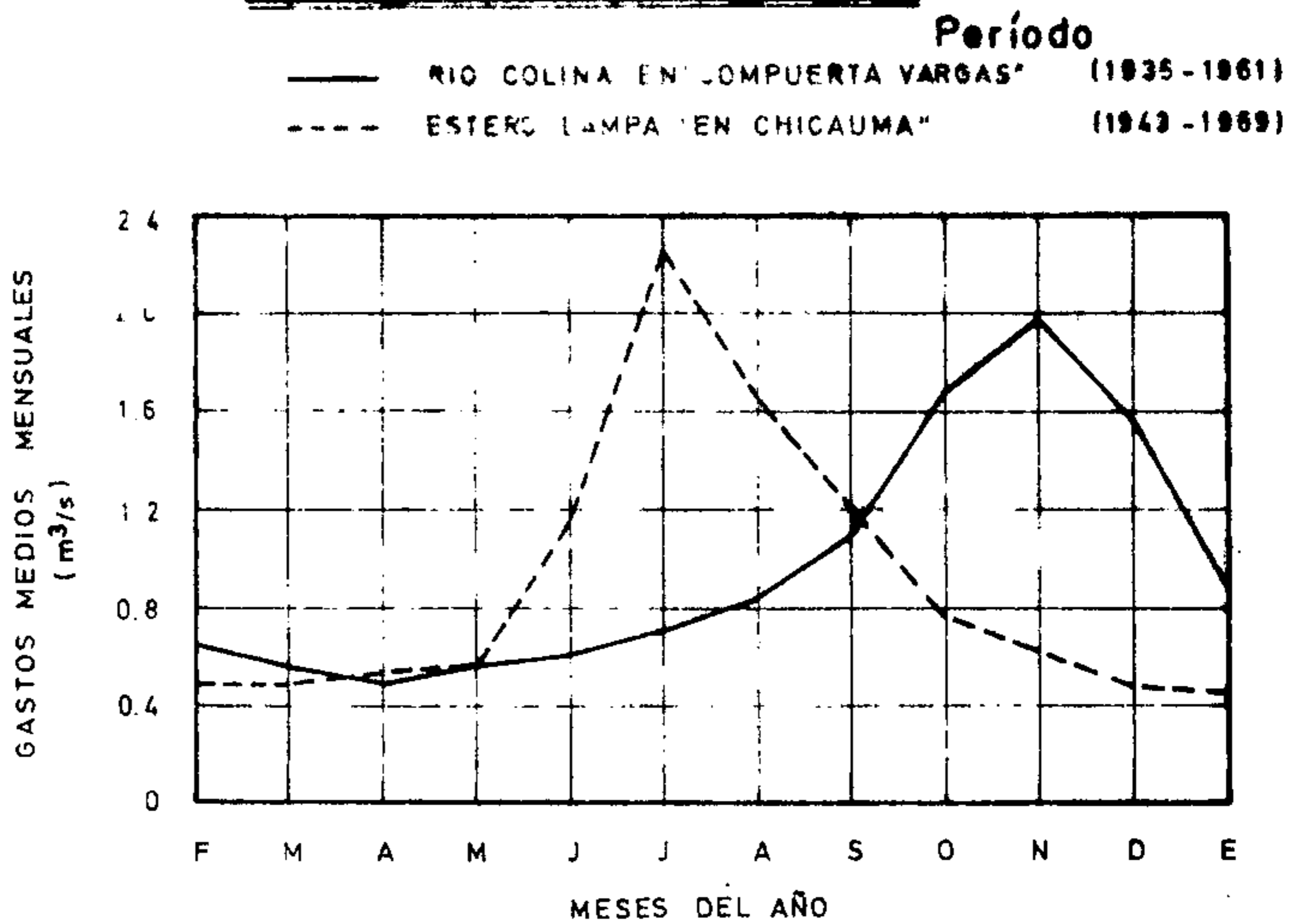


FIG. 16

HIDROGRAMAS DEL RIO COLINA Y DEL ESTERO LAMPA



Pág 234

El régimen de escurrimiento del Canal San Carlos y del Zanjón de la Aguada se representa en el gráfico de la Fig. 15; el de Colina y Lampa en la Fig. 16.

En el Cuadro 3.j. del Anexo, se resume el promedio de los gastos medios mensuales de cada mes para los diversos cursos de agua considerados con el objeto de visualizar con claridad las diferencias cuantitativas de caudales entre las diversas estaciones fluviométricas y a través del año.

CAPITULO 4

PLUVIOMETRIA Y BALANCE HIDRICO DE LA CUENCA

Considerando que las precipitaciones corresponden a uno de los factores inmediatos en la variación del régimen de los cursos superficiales de una hoya hidrográfica, se ha querido entregar algunos antecedentes estadísticos al respecto para establecer algunas interrelaciones de caudal para el río Mapocho como también bosquejar un balance hidrológico de la Cuenca de Santiago de acuerdo a los datos que se disponen a la fecha.

4.1.- ESTACIONES PLUVIOMETRICAS.-

De la publicación "Pluviometría de Chile" (24) se eligieron las estadísticas de lluvia de seis estaciones pluviométricas de la hoya del Maipo-Mapocho y que se estima que influyen en el régimen de escurrimiento del río Mapocho en función de sus coordenadas geográficas. Los valores de lluvia por mes y por año de cada estación elegida se adjuntan en los Cuadros 4.a, 4.b, 4.c, 4.d, 4.e, y 4.f, del Anexo.

La Tabla 4.1. contiene el promedio de lluvia anual, en mm., de cada estación considerada, el rango de estadística y su altura en m.s.n.m. Indica, además, el número de la respectiva estación que le corresponde en el Mapa Hidrográfico de Chile, editado por el Departamento de Recursos Hidráulicos de CORFO.

TABLA 4.1.-

ESTACION - PRECIPITACION (Hoya Maipo : 308)

Nº ESTACION	NOMBRE ESTACION	COORDEN. GEOGRAFIC.		ALTURA (m)	P.LLUVIA ANUAL (mm)	RANGO ESTAD. (años)
		LATITUD	LONGITUD			
23	F. Huinganal	33°20'	70°30'	-	394,2	12
38	Tobalaba	27'	34'	-	367.1	22
35	M.Obras Púb.	26'	39'	600	325.3	8
41	Santiago	27'	42'	520	311.4	29
48	R. de Maipú	32'	46'	420	392.0	4
66	Malloco	36'	52'	407	449.1	4

4.1.1.- VARIACION DE LA PRECIPITACION MEDIA ANUAL EN FUNCION DEL MERIDIANO TERRESTRE PARA LA ZONA EN ESTUDIO.-

El gráfico de la Fig. 17 representa los valores de lluvia promedio anual, en mm., de las estaciones consideradas en función de las coordenadas de longitud oeste en que se ubican. Esto permite visualizar la variación de la precipitación en la Cuenca de Santiago según corte transversal de este a oeste y en que se puedan establecer las zonas de influencia de las tres unidades fisiográficas descritas anteriormente. De la observación del gráfico se desprende que existe un mínimo en Santiago (520 m.s.n.m.) y dos valores máximos: el primero de ellos se produce en la hoya andina del río Mapocho en donde se ejerce la influencia de la Cordilleras de los Andes. El segundo máximo ocurre en la zona comprendida entre Malloco y Peñaflor debido, con seguridad, a la influencia de la Cordillera de la Costa.

4.2.- BALANCE HIDRICO EN LA CUENCA DE SANTIAGO.-

La afluencia de agua procede de varias fuentes hidrológicas: precipitación, agua superficial y agua subterránea. Para determinar la precipitación (12) se usaron las isoyetas de probabilidad 50%, en el cual, el caudal medio anual que precipita a la Cuenca se estimó en $53 \text{ m}^3/\text{s}$.

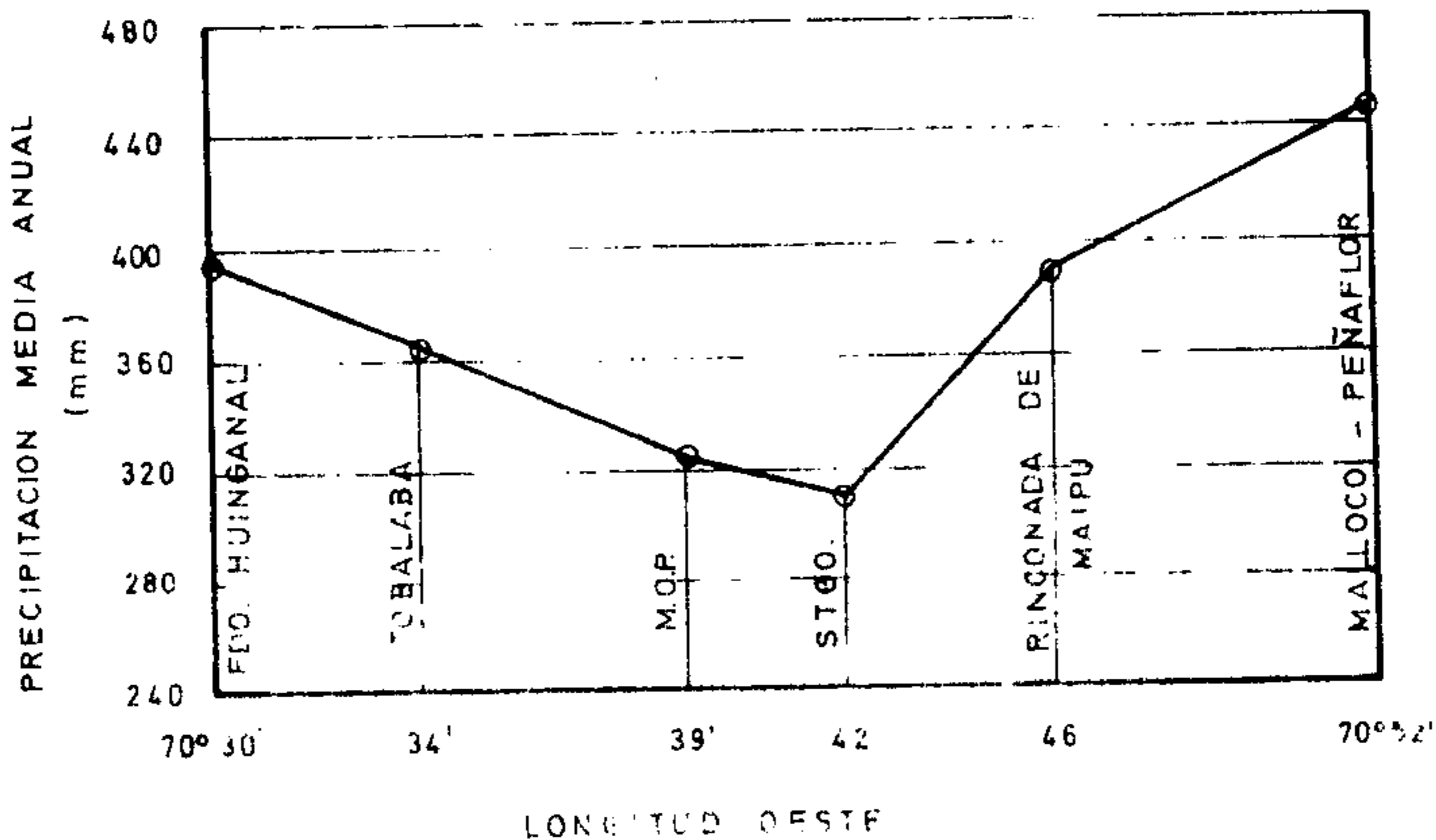
Los gastos medios anuales que ingresan a la Cuenca por fuentes hidrológicas son:

Río Maipo	102.00	m^3/s	
Río Mapocho	5.62	"	(#)
Estero Arrayán	1.22	"	(#)
Estero Lampa	0.98	"	(#)
Río Colina	0.97	"	(#)
Estero Angostura	3.86	"	
Acueducto Laguna Negra	2.20	"	
Aguas subt. Estero Lampa	0.30	"	
Precipitación 50%	53.00	"	
	<u>170.15</u>		

(#) Estos valores son los obtenidos de las estadísticas que fueron presentadas en el Capítulo 3, Sección 3.3, del presente estudio. Los demás valores de caudales corresponden al estudio efectuado en la referencia (12).

FIG. 17

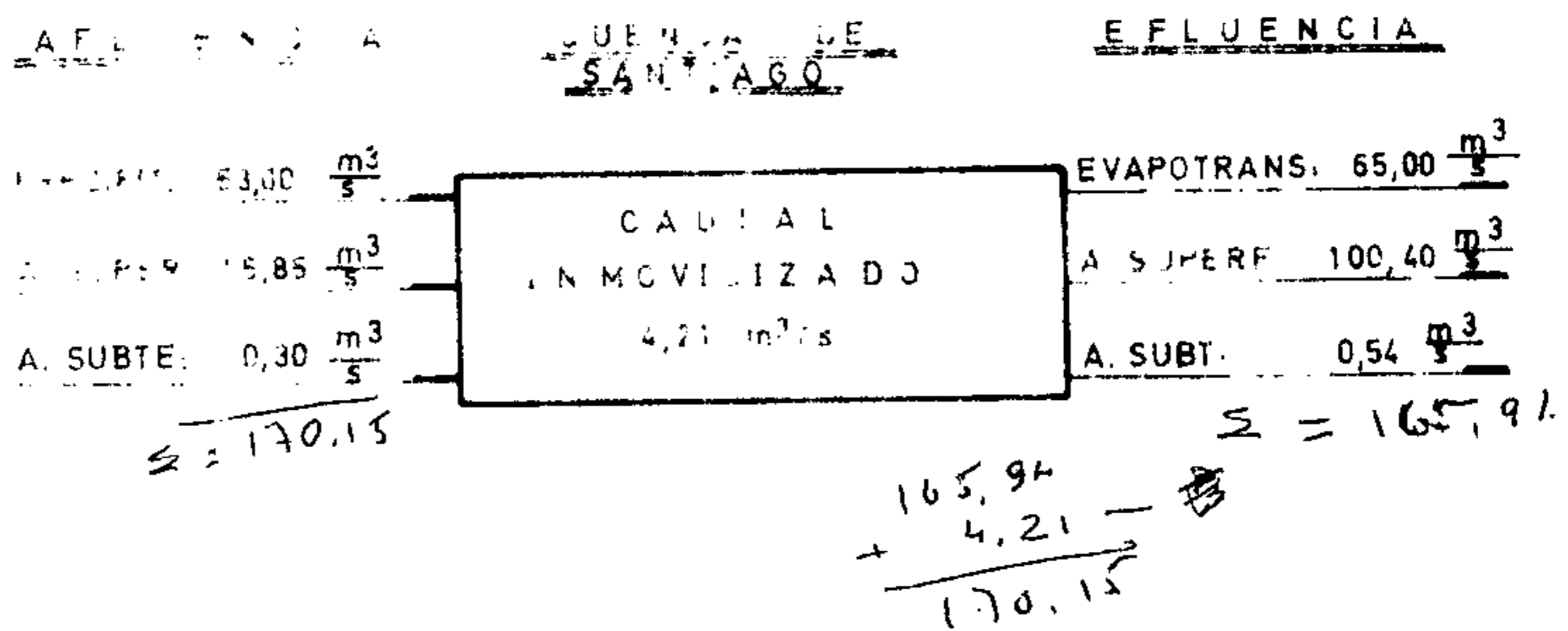
VARIACION DE LA PRECIPITACION
MEDIA ANUAL CON EL MERIDIANO.
HOYA MAIPO-MAPOCHO.



RIO MAPOCHO 1972

FIG. 18

ESQUEMA DEL BALANCE HIDRICO
DE LA CUENCA DE SANTIAGO.
(Valores hasta el año 1970)



Los caudales medios anuales que salen de la Cuenca de Santiago se presentan como sigue:

Evapotranspiración	65.00	m ³ /s
Río Maipo en El Paico	86.00	"
Canal Las Mercedes	9.10	"
Canal Mallarauco	5.30	"
Agua subterránea en El Paico	<u>0.54</u>	"
Total	165.94	"

La diferencia entre afluencia y salida indica que 4.21 m³/s correspondería al stock (2) inmovilizado en el crecimiento vegetativo de la población, jardines y bosques, bebidas envasadas, refrigeración, calefacción y tantos usos que representan circulación permanente de aguas que se excluyen del ciclo de afluentes y efluentes.

Este balance hídrico de la Cuenca determina, en primera aproximación, la magnitud de las diversas variables que lo integran lo que permite planificar futuros estudios necesarios para valorizar estos parámetros con mayor precisión.

La Figura 12 muestra un esquema de este balance hídrico determinado con valores hasta el año 1970.

CAPITULO 5

MECANISMO DE LA CONTAMINACION

5.1.- CICLO HIDROLOGICO.-

El agua es un recurso renovable que se purifica constantemente mediante un ciclo de evolución bien definido. Teóricamente, la cantidad de agua que existe desde épocas inmemoriales es la misma, solamente diferenciada en sus tres estados físicos tradicionales. El mecanismo del ciclo hidrológico es posible gracias a la acción de la energía solar y a la fuerza de gravedad terrestre y sus fases unitarias son las siguientes: Evaporación, condensación del vapor, precipitación, escorrentía y almacenamiento superficial, evapotranspiración, infiltración, escorrentía y almacenamiento subterráneo.

5.1.1.- FUENTES DE AGUA (41)

El desarrollo de la actividad industrial y minera, como asimismo el aumento de la población urbana y rural dependen de la posibilidad de contar con fuentes de agua en cantidad y calidad adecuadas.

La calidad y cantidad de agua disponible depende de varios factores.

Factores positivos:

- Existencia de reservas naturales: ríos, lagos, nieve, napas subterráneas explotables y régimen pluviométrico.
- Autodepuración de los cursos de aguas superficiales.
- Purificación artificial en plantas de tratamiento.
- Renovación de la calidad del agua por acción del ciclo hidrológico.

Factores negativos:

- Aumento de la tasa de consumo por avance de la civilización.
- Aumento de la población, en circunstancias que las reservas de agua son aproximadamente constantes.
- A medida que aumenta el desarrollo industrial, el agua re-

- sidual resulta contaminada con sustancias más resistentes a los tratamientos de purificación, como es el caso de detergentes en base de alquil-benceno-sulfonato, insecticidas.
- La agricultura emplea pesticidas que pueden contaminar las aguas y hacerlas tóxicas, o bien, afectar el desarrollo vegetal por las hormonas que algunos de ellos contienen.
 - La autopurificación de los cursos de agua se hace cada vez más insuficiente en las zonas altamente industrializadas.
 - Existencia de normas más elevadas de higiene personal.
 - La mayor complejidad de los procesos industriales, tales como el empleo de elementos radioactivos o metales pesados cuya contaminación de las aguas puede constituir un serio problema sanitario.

5.1.2.- CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL.-

La calidad del agua superficial depende de su origen (nieve, lluvia) y de su evolución. Si bien, a grandes rasgos, las aguas naturales del mismo origen tienen aproximadamente la misma calidad, hay muchos factores que producen variaciones de ella, los cuales dependen de la oportunidad que tiene de tomar sustancias en solución o de llevarlas en suspensión. Las condiciones meteorológicas, geográficas y geológicas fijan, en último término, la calidad del agua.

La hoya hidrográfica, en la cual se recoge el agua superficial, determina sus características:

En la alta cordillera, aún con pendientes fuertes, sin vegetación, con suelo casi exclusivamente rocoso, en que el agua casi siempre proviene de la ablación de las nieves, se obtiene generalmente agua clara con contenido mineral muy bajo y contaminación reducida.

Si el deshielo es intenso, como el que se produce en el verano, para las mismas condiciones anteriores el incremento de caudal que sufre cada una de las corrientes elementales que conforman el río hace que se produzca arrastre de material suelto o "polcura", designación que se le da en el curso superior del río Mapochó y, en consecuencia, enturbiamiento del agua.

Durante el invierno, la apariencia se ve afectada

por el aumento inusitado en los contenidos de color y turbiedad, pero al mismo tiempo, los índices de mineralización disminuyen por dilución con las aguas de lluvia.

Por estar el agua superficial sometida a fenómenos meteorológicos, la composición físico-química del agua y sus índices de contaminación microbiológica varían permanentemente dentro de amplios límites. Así, entre el verano y el invierno, los cambios serán agudos entre los extremos posibles.

5.1.3.- CALIDAD DEL AGUA SUBTERRANEA.-

Parte de las aguas meteóricas que precipitan penetran al subsuelo por gravedad y por presión capilar desplazándose hacia abajo y hacia los lados hasta encontrar un material impermeable. Aquí, el agua se almacena formando las reservas de agua subterránea o acuíferos.

El agua subterránea (14) se encuentra con dos zonas bien diferenciadas: la zona de aereación y la de saturación. La primera de ellas está más cerca de la superficie y se caracteriza porque los poros del suelo contienen agua y aire. La zona de saturación (Figura 19) está inmediatamente por debajo de la de aereación; en ella todos los poros del material se encuentran rellenos de agua. La superficie de separación entre ambas zonas se denominan nivel freático. Por otra parte, existe una franja capilar sobre el nivel freático y que corresponde al agua de la zona de saturación que ha subido por capilaridad.

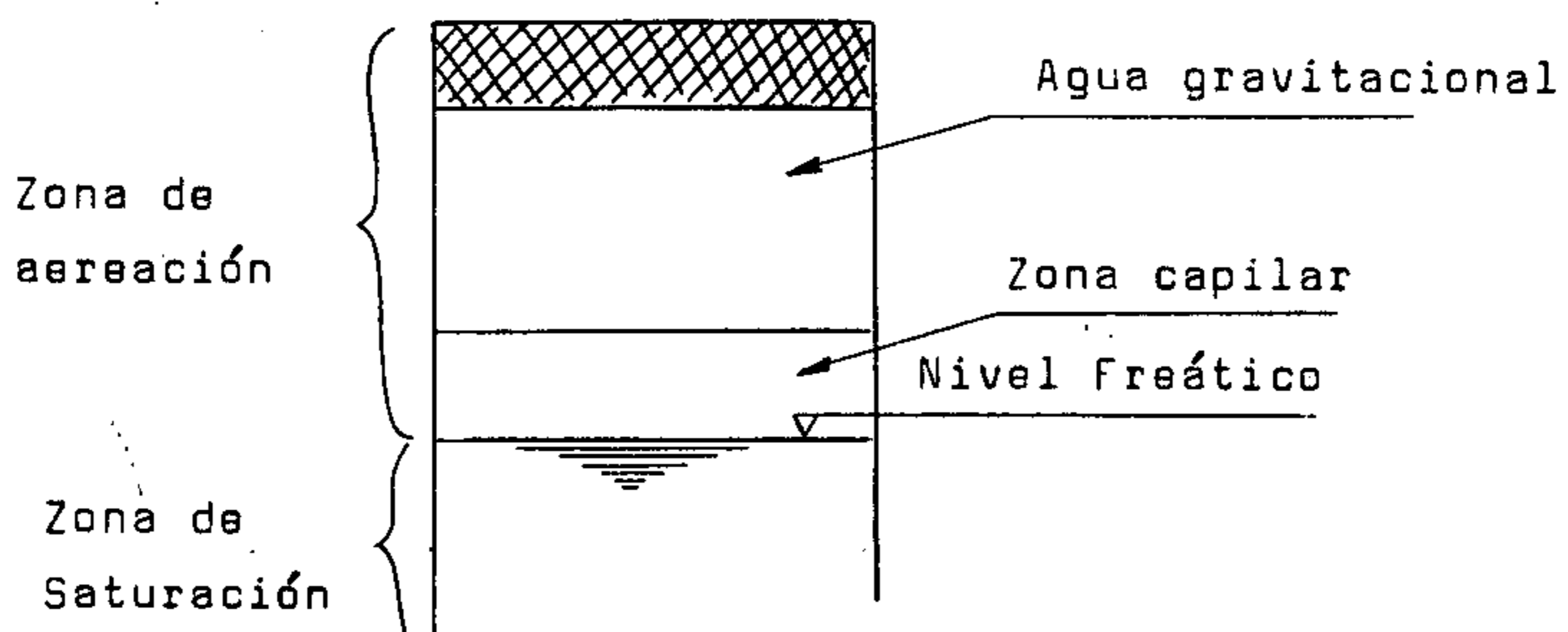


Fig. 19.-

La existencia de agua subterránea produce un efecto de regulación de los cauces superficiales, infiltrándose en la zona de recarga y escurriendo lentamente a través de materiales permeables hasta las zonas de descarga.

En cuanto a la calidad química del agua subterránea, las formaciones de roca del área en que se encuentran estos depósitos determinan las características químicas esenciales del agua. Algunas rocas como el granito son casi insolubles en agua y tienen, por esto, poca influencia sobre el agua en contacto con ellas; en cambio, otras rocas son muy solubles y el agua en contacto con ellas puede contener gran cantidad de minerales disueltos. La presencia de anhídrido carbónico en el terreno, generalmente permite una gran disolución de carbóno de calcio; además las condiciones subterráneas favorecen la disolución del fierro y manganeso. X

La composición química de la mayoría de las aguas subterráneas, en general, no varía con el tiempo de modo que un solo análisis, en un lugar específico, representará probablemente la calidad química de todo un año.

Las aguas subterráneas ofrecen las siguientes ventajas: X

- generalmente están exentas de bacterias patógenas.
- pueden usarse sin ningún tratamiento, salvo la desinfección.
- la acción filtrante del suelo y de las rocas produce aguas claras e incoloras, agradables al gusto y a la vista.

5.2.- LA CONTAMINACION DE AGUAS SUPERFICIALES.-

La contaminación se puede definir (31) como cualquier alteración de las propiedades físicas, químicas o biológicas de las aguas que constituyen perjuicio a la salud, a la seguridad y al bienestar de la población, como también que puede comprometer la vida acuática y el uso del agua para fines agrícolas comerciales, industriales y recreativos.

5.2.1.- FORMAS DE CONTAMINACION.-

Se produce contaminación en los cursos superficiales por:

a) Descargas orgánicas aportadas por aguas servidas y por efluentes de industrias que elaboran productos vegetales y animales.

b) Desagües de aguas lluvias que, proveniente de las aguas pluviales, son las que limpian las calles y el ambiente atmosférico de la ciudad, arrastrando consigo grandes cantidades de materia orgánica en descomposición, bacterias patógenas y minerales pulverizados. La lluvia disuelve gases presentes en la atmósfera, cuyos componentes usuales son el oxígeno, nitrógeno y anhídrido carbónico (aire) y otros ocasionales como el amoníaco, ácido nítrico, ácido nitroso. En las grandes urbes, los gases disueltos: SO_2 , H_2S , CO y CO_2 , pueden ser los que se encuentran presentes debido a la contaminación atmosférica provocada por las industrias y otras fuentes. También se incorporan al agua sólidos en suspensión finamente atomizados, tales como polvo, hollín, ceniza, etc, y también polen, esporas, bacterias, etc.

El grueso de este tipo de contaminación se produce al comienzo de la lluvia, bajando a una pequeñísima fracción al cabo de algunas horas de lluvia. En general, la contaminación provocada por la atmósfera es pequeña.

c) Sustancias minerales estables y productos químicos inorgánicos originados en explotaciones mineras y petroleras, en establecimientos industriales, etc., que interfieren en la autpurificación de los cursos de agua, destruyen o afectan la vida de los mismos, causan excesiva mineralización, dureza e incluso producen efectos corrosivos en las redes de distribución de agua potable principalmente.

d) Productos químicos orgánicos que, en gran variedad, pueden ser incorporados con el uso de detergentes, pesticidas, etc. que son tóxicos para vida acuática y que, en ciertas concentraciones, son un peligro para vida humana.

e) Causas naturales tales como crecidas de los ríos, temporales, intrusión salina.

f) Productos capaces de provocar desequilibrio biológico que sería perjudicial para la adecuada y amplia utilización del agua, aspectos que forman parte de la compleja ciencia de la ecología.

g) Excedentes de riego que aportarían al río sedimentos, materia orgánica, pesticidas, fertilizantes, etc. Se debe considerar el efecto de la erosión originada por malas prácticas de cultivo, que, además de deteriorar la calidad de los terrenos agrícolas por pérdida de la capa vegetal, el arrastre de ella puede causar el atarquinamiento del lecho del río.

5.2.2.- EFECTOS DE LA CONTAMINACION.-

El efecto contaminante de las aguas servidas domésticas o de residuos industriales depende, además de las características del curso superficial receptor, del volumen del residuo descargado y de su composición, concentración o condición. Su evacuación puede conducir a los siguientes inconvenientes:

- i) Efectos físicos: depositación; olor; color; formación de espuma; turbiedad y toxicidad en general.
- ii) Efectos químicos: aumento del contenido de materia orgánica; aumento o disminución de la alcalinidad o acidez; variación del contenido de sales orgánicas e inorgánicas; modificación del contenido de nitrógeno albuminoideo y del amoníaco; posible incremento del desarrollo de algas y otros organismos favorecidos por el agregado de nutrientes; posible formación de gustos u olores desagradables; disminución del oxígeno disuelto.
- iii) Efectos microbiológicos: incremento del número de gérmenes o bacterias y de organismos patógenos.

5.2.3.- PROBLEMAS DE LA CONTAMINACION.-

La contaminación de las aguas de un curso superficial origina una serie de problemas de tipo higiénico, económico y estético.

- Desde el punto de vista sanitario, la contaminación por el hombre, como resultado de sus actividades y la de residuos in

dustriales líquidos son las más significativas. Esta contaminación puede acarrear gérmenes de enfermedades contenidos en las excretas humanas o sustancias tóxicas de residuos industriales. Las enfermedades que se consideran generalmente transmitidas por el agua son: la fiebre tifoidea, la disentería amebiana, la disentería bacilar, la leptospirosis, el cólera y la gastroenteritis produciéndose su transmisión a través del agua para el consumo, lavado de utensilios, preparación de alimentos y lugares de recreación.

- Desde el punto de vista económico, la contaminación de las aguas superficiales produce la mortalidad de la flora y fauna acuática. Las plantas, de origen fluvial, se ven afectadas por la disminución de penetración de luz solar debido al aumento de la turbiedad del agua, reducción del oxígeno disuelto y sedimentación del fondo que impide su existencia. La vida de los peces necesitan también un mínimo aceptable de oxígeno disuelto para desarrollar su existencia. Es de gran importancia el efecto tóxico que sobre la flora y fauna producen los residuos industriales agregados a las aguas servidas domésticas como es el caso cuando se incorporan al curso receptor descargas con alto contenido de detergentes o de elementos tóxicos tales como cromo, níquel, cianuro.

Se debe considerar dentro del problema el deterioro de estructuras tales como obras de hormigón en general (bocatomas, canales, pilares de puentes, etc.) por sustancias altamente corrosivas provenientes de los desechos industriales.

Además, se ha encontrado que, cursos de agua demasiado contaminados, que descargan sus aguas a lagos o masas inertes de agua producen eutroficación, fenómeno que se manifiesta por un desarrollo exagerado de algas como efecto de los nutrientes contenido en las aguas servidas (nitrógeno y fósforo).

- Desde el punto de vista estético, la inadecuada disposición de aguas servidas en las corrientes superficiales conduce a la existencia de materias orgánicas e inorgánicas flotantes en el agua, en solución, en estado coloidal o sedimentable, tales como basuras, aceites y desechos en general. Esto provoca un ambiente desagradable en torno al cauce del río.

5.3.- LA CONTAMINACION DE AGUAS SUBTERRANEAS.-

5.3.1.- FORMAS DE CONTAMINACION.-

El agua subterránea puede ser contaminada en distintas formas. Directamente por una disposición deliberada de elementos residuales o por un escape accidental de los mismos; indirectamente por el uso que hace el hombre del agua y del suelo.

Las diversas formas de contaminación de las aguas subterráneas se pueden sintetizar en un Cuadro-Resumen preparado por el Consejo para los Recursos Naturales de Agua del Estado de California, Estados Unidos de Norteamérica (35), en el que se incluyen las causas o agentes contaminantes.

CUADRO - RESUMEN

Contaminación

- 1) Aguas servidas domésticas
- 2) Desagües industriales
 - a) Residuos orgánicos
 - Industrias de la alimentación (conservas, etc.)
 - Industrias de la madera
 - b) Residuos inorgánicos
 - Procesos de la industria metalúrgica
 - Explotación minera
 - Industrias del petróleo
 - Industrias químicas
 - Varios
- 3) Residuos sólidos y semi-sólidos

Degradación

- 1) Efectos de la explotación, uso y reuso del agua
 - a) Excedentes de riego
 - Drenaje superficial
 - Percolación
 - b) Interconexión de acuíferos como resultado de construcciones inapropiadas de pozos o pozos abandonados.
 - c) Interconexión de pozos debido a las diferencias de presión resultantes de excesivas extracciones.
 - d) Condiciones de sobre-extracción.

- Intrusión salina
 - e) Contaminación, desde la superficie, debido a una inapropiada construcción del pozo.
- 2) Causas naturales
 - Aporte o percolación de aguas altamente mineralizadas desde manantiales o corrientes superficiales.
 - 3) Otras causas
 - Erosión acelerada por mal manejo de terrenos agrícolas principalmente.
 - 4) Mineralización resultante de la transpiración y/o evapotranspiración de las plantas.

5.3.2.- DISPOSICION DE ELEMENTOS RESIDUALES.-

La disposición de desagües domésticos o industriales es la causa más común de contaminación de las aguas subterráneas. Esto fue comprobado por investigaciones realizadas en Estados Unidos, las que concluyeron que las principales fuentes de contaminación se deben a pozos, enlagunamientos, descargas en terrenos y aguas superficiales, pozos negros y cámaras sépticas. También son de importancia las pérdidas en las redes de alcantarillado y de aguas lluvias.

Los agentes contaminantes incluyen líquido cloacal y detergentes, líquidos residuales industriales de origen orgánico e inorgánico, pesticidas y residuos sólidos. Uno de los más difíciles problemas de contaminación de las aguas subterráneas lo constituyen los líquidos cloacales y los detergentes, sobre todo en las zonas densamente pobladas y que carecen de redes de alcantarillado, por cuanto el uso de detergente se va generalizando e intensificando.

Los pesticidas y fertilizantes, que son diseminados sobre el terreno de cultivo pueden alcanzar, por percolación directa, los acuíferos y provocar su contaminación.

Otros tipos de contaminaciones se pueden producir como consecuencia de pérdidas a través de tanques subterráneos de almacenamiento de productos contaminantes. Además, se deben considerar las que originan los residuos sólidos cuando se les da, como disposición final, el relleno sanitario.

5.4.- AUTODEPURACION DE CORRIENTES DE AGUA.-

5.4.1.- PROCESOS DE AUTOPURIFICACION DE AGUAS SUPERFICIALES.-

La calidad del agua es el factor primordial que condiciona el uso posterior al cual puede destinarse ya sea como el abastecimiento de agua potable e industrial, riego, recreación acuática y pe^sca, explotación hidroeléctrica, recarga de napas subterráneas, o bien, como cuerpos receptores de aguas servidas domésticas y residuos industriales líquidos con o sin tratamiento. La posibilidad de que se origine la contaminación depende de la capacidad que tenga el cuerpo de agua de asimilar materias contaminantes que está fijada por su capacidad de autopurificación y por la dilución resultante.

Cuando se descarga un contaminante sobre un curso de agua se produce, aguas abajo de la descarga, una demanda inmediata de oxígeno y a continuación, una zona de degradación en la cual el oxígeno disuelto sigue disminuyendo paulatinamente. Si la descarga es excesiva se anula totalmente el oxígeno disuelto y se observa, más adelante, una zona de descomposición activa, en la cual el oxígeno disuelto permanece en niveles bajos. Después, el curso vuelve a reoxigenarse paulatinamente y, finalmente, el curso retorna a las condiciones iniciales de aguas claras.

La degradación de la materia orgánica que contiene el agua se efectúa mediante bacterias que la transforman en sales minerales y anhídrido carbónico. Cuando hay descomposición aeróbica, el oxígeno disuelto del agua se ocupa en la oxidación de la materia orgánica a través del cual las bacterias obtiene su energía vital. Si la cantidad de materia orgánica presente es muy grande, o si no hay posibilidad de captar oxígeno disuelto desde la atmósfera, el oxígeno disponible se agota y la degradación de la materia orgánica se produce con la participación de especies de bacterias anaeróbicas que obtienen su oxígeno de la materia orgánica e inorgánica. Ambos procesos finalmente producen anhídrido carbónico.

Si se representa el oxígeno disuelto (en concentración o en porcentaje del valor de saturación) en función de la distancia a partir del punto de contaminación hacia aguas

abajo, o en función del tiempo transcurrido a partir de ese punto, se tendrá un gráfico como el de la Figura 20.

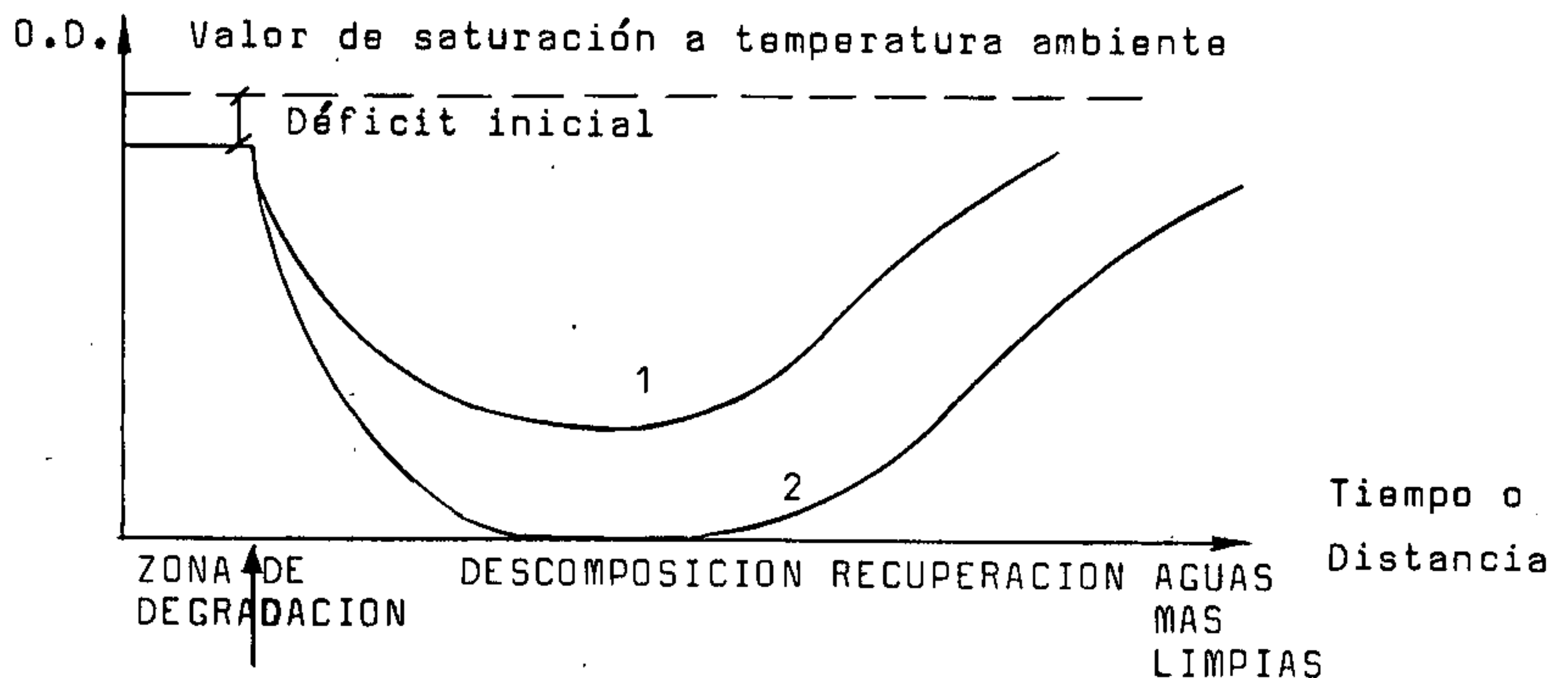


FIG. 20

Curva 1 : Contaminación compatible con el río

Curva 2 : Contaminación excesiva

Zona de Degradación. La calidad del agua se reduce bruscamente. Se produce una eliminación inmediata de todas las formas de vida que no toleran contaminantes. Subsisten únicamente aquellos gérmenes inferiores que viven precisamente de la descomposición. Es así que se desarrollan cantidades enormes de organismos saprófitos que causan una DBO intensa, contribuyendo a reducir aún más las cualidades físicas y químicas del agua. Disminuye entonces el oxígeno disuelto, aumenta la flora bacteriana, se producen depósitos de barro altamente orgánico y aumenta el anhídrido carbónico.

Zona de Descomposición. Se caracteriza por valores muy bajos de oxígeno disuelto. Las bacterias anaeróbicas reemplazan a las aeróbicas. Se observa un color parduzco, olores nauseabundos, burbujas de gas, depósitos de barro y aumento del anhídrido carbónico.

Zona de Recuperación. Debido a la reoxigenación se restituyen paulatinamente, en esta zona, las condiciones que hacen posible la supervivencia de organismos superiores. Se desarrollan protozoos, rotíferos y crustáceos. El oxígeno disuelto aumenta en forma sostenida y reaparece la flora productora de oxígeno por fotosíntesis, que acelera el proceso de recuperación.

Se va clarificando el agua, disminuye el anhídrido carbónico y aumentan los nitritos y nitratos.

Zona de aguas más limpias.- Se llega en esta zona a una similitud con las aguas naturales. Hay nuevamente bacterias aeróbicas y vida superior; como peces. Debe tenerse en cuenta que a pesar de eso, pueden subsistir microorganismos patógenos, especialmente los causantes de enfermedades hídricas.

FENÓMENOS QUE INTERVIENEN EN LA AUTODEPURACION.-

Se puede decir que en la autodepuración de las aguas superficiales intervienen fenómenos de tipo físico, químico y biológico.

Fenómenos físicos.-

- a) La dilución y dispersión de las materias contaminantes es el primer fenómeno que se produce inmediatamente después de la descarga. Si la dilución y dispersión son suficientemente grandes este solo fenómeno puede producir la eliminación de las condiciones objetables.
- b) La temperatura influye en la solubilidad del oxígeno en el agua y, a través de ésta, en la reoxigenación. Regula también la velocidad a que se producen los procesos biológicos, el desarrollo de algas, etc.
- c) La radiación solar ejerce una acción esterilizante y regula el desarrollo de algas.
- d) La turbulencia favorece la absorción de oxígeno, pero la autodepuración puede ser mayor en una corriente tranquila debido al desarrollo de algas.

Fenómenos químicos.-

- a) El principal fenómeno químico es la oxidación de la materia orgánica. En realidad, sólo se verifica parcialmente como fenómeno químico ya que, en mayor proporción, se trata de un proceso biológico.
- b) Existen también fenómenos químicos de hidrolización de materia orgánica para formar líquidos y gases.

Fenómenos biológicos.-

- a) La acción de las bacterias que atacan y descomponen la materia orgánica, produciendo compuestos más sencillos y estables.
- b) La acción fotosintética de las algas que utilizan el CO_2 y producen O_2 .
- c) La acción de protozoos que destruyen las bacterias.
- d) La acción de organismos vegetales y animales superiores, que aumentan la materia orgánica en suspensión en el agua y en los depósitos de lodos.

5.4.2.- PROCESOS DE AUTOPURIFICACION DE AGUAS SUBTERRANEAS.-

A través del Sanitary Engineering Research Project, California, USA (36), se investigó el problema relativo al movimiento de contaminantes biológicos en las aguas subterráneas inyectando aguas contaminadas en los acuíferos a razón de 31.6 galones por minuto durante 41 días. Estas experiencias permitieron establecer las siguientes conclusiones:

- 1) El desplazamiento de los contaminantes se dispersa desde el punto de recarga en la dirección de escurrimiento del agua subterránea. Se comprobó que la dispersión fue más rápida hacia el sur-este que en otra dirección.
- 2) Las bacterias coliformes pueden recorrer hasta una cierta distancia máxima. En la investigación, esta distancia fue de 100 pies (30 m.) no aumentando su concentración original.
- 3) La reducción del número de bacterias con la distancia desde el punto de recarga es extremadamente grande. Se encontró que la reducción fue de 10^6 originariamente a menos de 38 organismos por 100 ml, en un recorrido de 100 pies y en 33 horas.

Experiencias similares realizadas a través del Robert Taft Center, USA (37) permiten agregar los siguientes conceptos en torno al problema:

- 4) El material del subsuelo actúa como un filtro que tiende a disminuir el recorrido de las bacterias.
- 5) En suelos porosos, con napas freáticas bajas, las bacterias

desaparecen del acuífero tan pronto como cesa la recarga con taminante.

6) Las sustancias solubles en el agua de recarga recorren mayores distancias que las bacterias.

7) Las bacterias son removidas del agua de recarga dentro del acuífero, por adsorción del suelo y por filtración de las partículas del mismo.

Algunas investigaciones realizadas acerca del origen de epidemias motivadas por aguas subterráneas contaminadas indicaron que, en muchos casos, las bacterias patógenas han recorrido distancias mucho mayores que las que se han detectado en ensayos experimentales. Se estima que los detergentes sintéticos presentes en las aguas servidas ayudan al desplazamiento de las bacterias.

En cuanto a la contaminación química inorgánica, ésta se caracteriza fundamentalmente por su indestructibilidad y persistencia como es el caso del fluor, cromo, nitratos, cloruro de sodio.

Entre los contaminantes químicos orgánicos se cuentan los pesticidas, cresoles, hidrocarburos, metano, fenoles, ~~fosfatos~~, alquil-benceno-sulfonato (ABS). Este último es un detergente sintético refractario a la degradación y puede permanecer durante años en el acuífero. Generalmente tiende a permanecer en la parte superior de los acuíferos, en tanto que las aguas mineralizadas, en la parte inferior.

Algunos compuestos, como el fenol, se descomponen fácilmente en aguas superficiales en donde existe la luz solar, flora microbiana y otros factores de descomposición, pero no ocurre lo mismo en las aguas subterráneas en donde imperan otras condiciones.

CAPITULO 6PRINCIPALES FUENTES DE CONTAMINACION DEL AREA6.1.- ACTIVIDAD URBANA.-

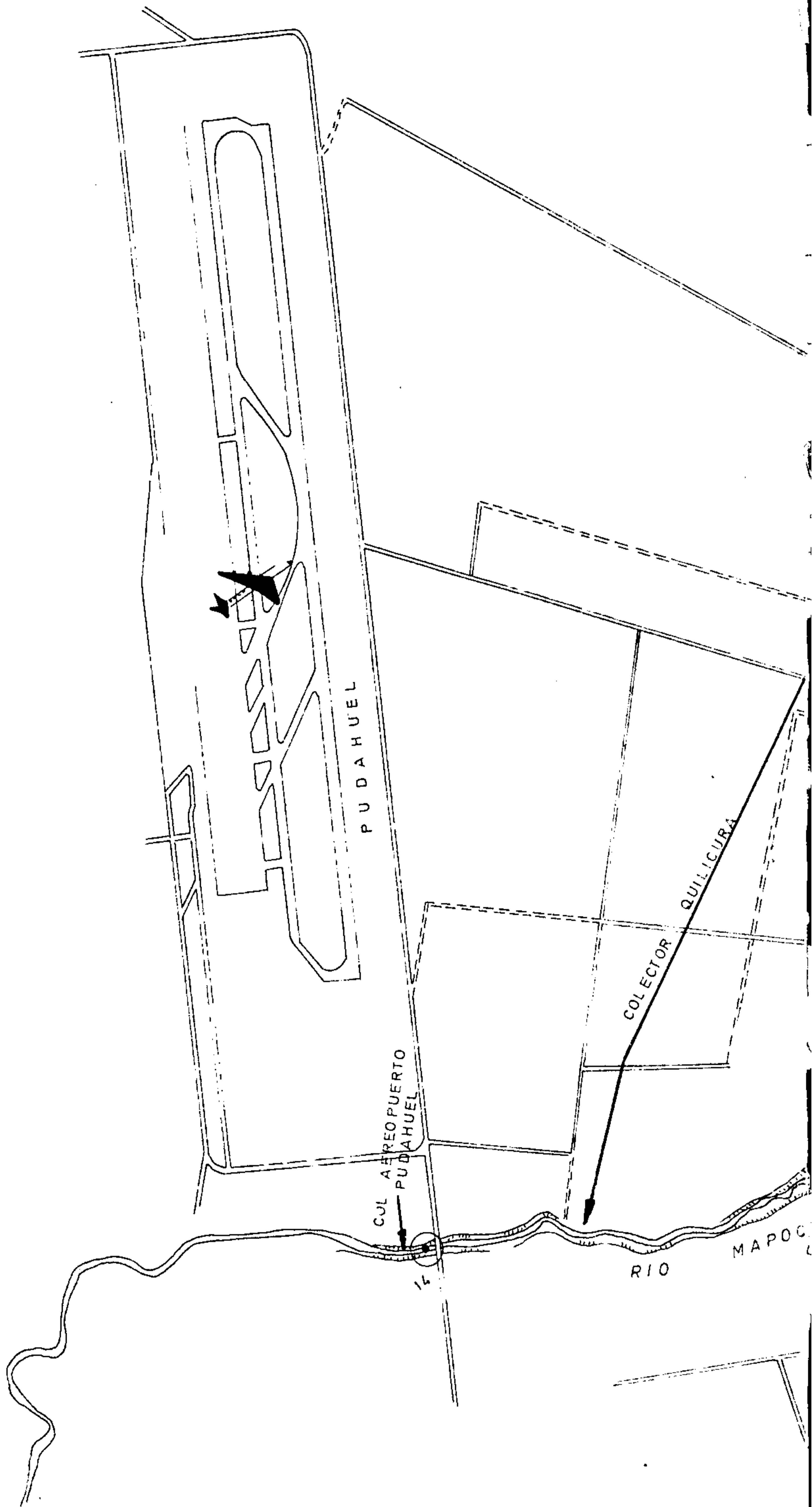
El alcantarillado de Santiago, compuesto de un sistema de redes que conducen las aguas servidas domésticas, residuos industriales líquidos, aguas lluvias y aguas de infiltración, evacúa directamente sobre las aguas del río Mapocho y del Zanjón de la Aguada, por medio de numerosos colectores y emisarios de descarga.

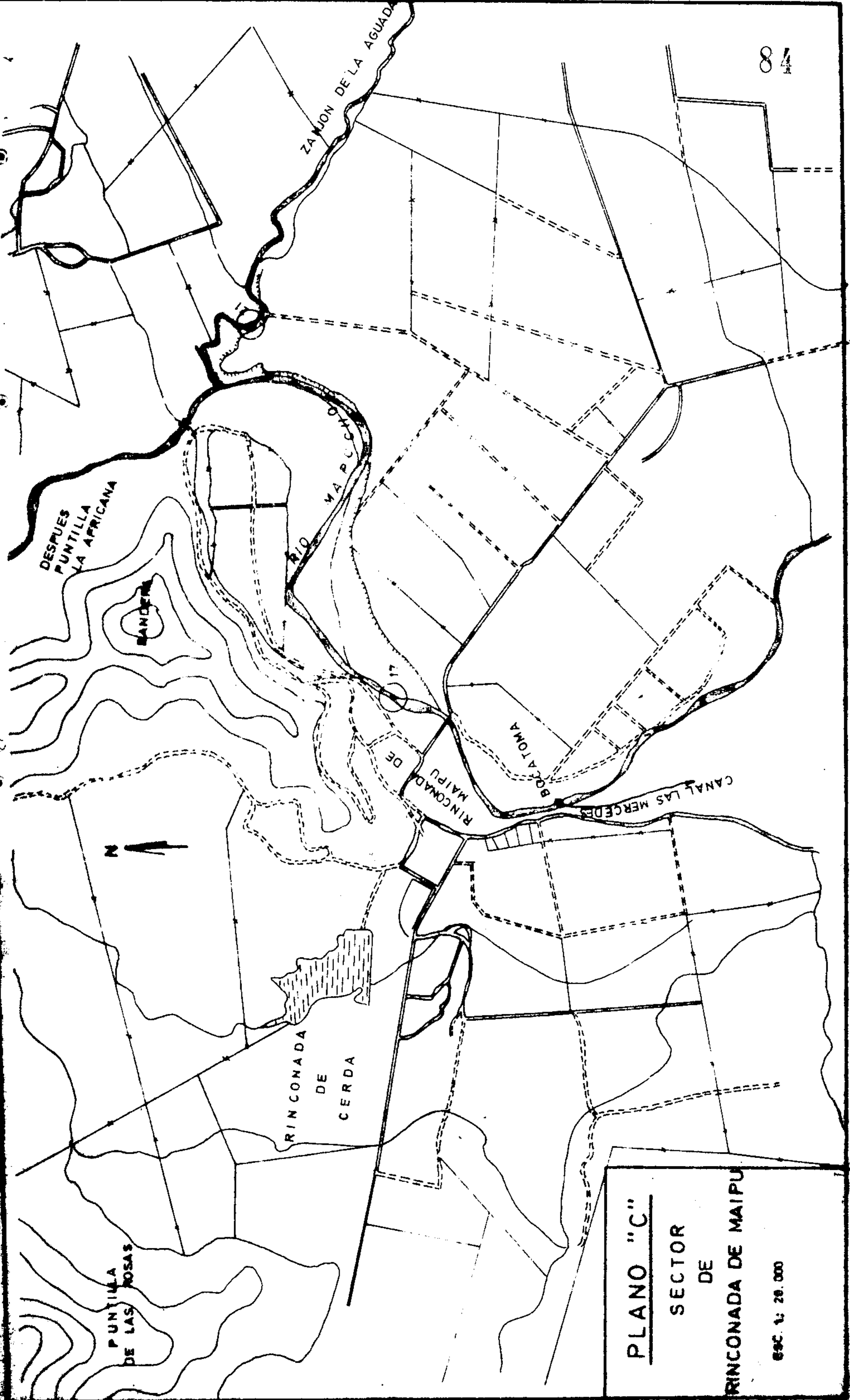
El relieve del valle permite al alcantarillado escurrir por gravedad sin necesidad de elevar caudales de emisarios o colectores. La superficie drenada por el alcantarillado es de aproximadamente un 66% del total ocupado con viviendas (2) y no existe Planta de Tratamiento alguna en Santiago para estas aguas servidas.

Los emisarios de alcantarillado que descargan al río Mapocho, contabilizados al 31 de octubre de 1970 por la Administración de Alcantarillado de Santiago, alcanzan a 22 dentro del radio urbano de la ciudad. Sin embargo, se deben incluir las descargas del Zanjón de la Aguada, del colector San Bernardo, Peñaflor, Talagante y El Monte (Consultar Cuadro 6a del Anexo). *Caq 240*

El caudal medio de aguas servidas descargadas al río Mapocho asciende a $3.0 \text{ m}^3/\text{s}$ (29), es decir, ~~255.600~~ $259.200 \text{ m}^3/\text{día}$ y constituye el 28% del total evacuado. Además, las descargas al río Mapocho se concentran principalmente en la tercera sección legal del río, esto es, entre el puente Manuel Rodríguez y puente Pudahuel, como se puede apreciar en el Plano C.

La descarga Lo Barnechea es de escaso caudal debido a lo cual, no compromete en mayor grado la calidad sanitaria del río Mapocho, en su primera sección legal. Sin embargo, al llegar al Canal San Carlos es cuando se produce la primera gran evacuación de aguas servidas domésticas principalmente, provenientes del colector Vitacura por Tajamar que, drenando una superficie aproximada de 1960 Há, descarga 500 l/s al Canal San Carlos justo antes de su desembocadura al río,





PLANO "C"
SECTOR
DE
RINCONADA DE MAIPU
 ESC. 1: 20.000

con lo cual, parte de las aguas servidas descargadas las recibe el Mapocho y la restante pasa por sifón al canal El Carmen. El colector Pedro de Valdivia y el colector Torres de Tajarvacían aguas servidas a razón de 30 y 25 l/s, respectivamente. Estas descargas contaminantes conducen a una gran desoxigenación del río que se acentúa a la altura del puente Pío Nono.

Pero son los colectores Ultra Mapocho, Sector Norte Santa María, Lo Espinoza, Quinta Normal y Quilicura, ubicados entre el puente Manuel Rodríguez y puente Pudahuel, los que evacúan los caudales más importantes. Es en este sector donde se integran a las aguas servidas domésticas los desechos industriales líquidos provenientes de fábricas ubicadas a ambos lados del río. Además, en este tramo del río, que comprende a las comunas de Renca, Quinta Normal y Barrancas, se concentran 15 de los 27 eferentes que salen al río Mapocho con un caudal evacuado ascendente al 70% del total, sin incluir en este cálculo, al Zanjón de la Aguada.

El alcantarillado de Santiago tiene tres entradas de lavado de la cual la única significativa es la que capta aguas del río Mapocho en la ribera sur, entre aguas abajo de la desembocadura del canal San Carlos y el puente del Arzobispo Casanova, con derecho a $3 \text{ m}^3/\text{s}$, pero se eliminará debido a la construcción del FF.CC. Metropolitano y en el que se interceptarán los principales colectores de agua de lavado con la clausura de la bocatoma (2). Otros ingresos de agua de lavado son las que se originan en Quinta Normal y Recoleta, pero son de escasa importancia.

El Zanjón de la Aguada recibía 40 emisarios de alcantarillado al 31 de octubre de 1970. El gasto medio evacuado mediante estas diversas descargas es de aproximadamente $7,6 \text{ m}^3/\text{s}$, constituyendo el 72% del total evacuado por el alcantarillado de Santiago. Las descargas más importantes son el Canal Pedro de Valdivia con un aporte de $1 \text{ m}^3/\text{s}$, Canal San Joaquín (400 l/s), Colector Ñuñoa (700 l/s), colector Ochagavía (350 l/s), Colector Pob. La Feria (185 l/s), colector Pob. Lo Valledor, J.M. Caro y Buzeta (120 l/s), colector Las Rejas (200 l/s) y el Canal "A-H" que evacúa un caudal de 3.700 l/s. (Ver Cuadro 6.b. en el Anexo). Pág 241

Oeste, San Bernardo, Peñaflor, Talagante y El Monte.

La superficie cuyas aguas servidas son drenadas hacia el Zanjón de la Aguada se estima en 13.150 Há y corresponde al 78.5% del total. (Ver Tabla Nº 6.1). Comprende los siguientes sectores del Gran Santiago: una parte de Las Condes, comunas de La Reina y Ñuñoa, parte importante de Providencia, parte sur de Santiago Oeste, Santiago Centro, Santiago Oriente, Santiago Sur, San Miguel, La Cisterna, La Granja, La Florida y Maipú.

La superficie ocupada con industrias que drenan al río Mapocho es de 870 Há; en cambio, la que evacúa al Zanjón de la Aguada es de 2.460 Há, con un 74% del total (2).

La Tabla Nº 6.2 ilustra los valores de población que son servidos por redes de alcantarillado público y cuyas aguas servidas son drenadas independientemente hacia el río Mapocho y el Zanjón de la Aguada.

Hasta el año 1970, la población que evacuó sus desechos al río Mapocho fue de aproximadamente 341.500 hab. con un 18,6% del total servido. El Zanjón de la Aguada tomó el 81.4% restante de la población.

TABLA Nº 6.1.-

SUPERFICIE OCUPADA POR VIVIENDAS E INDUSTRIAS EN SANTIAGO.
AREAS DRENADAS POR EL SISTEMA DE ALCANTARILLADO, EN HAS.
AÑO 1970 (2)

ESPECIFICACION	AREA DE DRENAJE		TOTAL
	MAPOCHO	ZANJON DE LA AGUADA	
Superficie ocupada por viviendas	4.320	17.750	22.070
Superficie ocupada por industrias	870	2.460	3.330
Area saneada por alcantarillado	3.600	13.150	16.750

Porcentaje de la superficie de vivienda respecto a la superficie total = 87%

Porcentaje de la superficie industrial respecto a la superficie total = 13%

Primitivamente, cuando se construyó la red de alcantarillado de Santiago, las descargas estaban constituidas por dos acueductos abovedados: el "A" y el "H" que, juntándose, formaron el canal A-H. Actualmente corre a tajo abierto y su longitud total es de 2.500 m. Se origina en la intersección de las calles Antofagasta y Bernal del Mercado drenando gran parte de Santiago Oeste, parte de la comuna de Providencia y Santiago Centro en su totalidad. Los límites del área saneada por el canal A-H son: por el oeste, calle General Velázquez, Alameda Bernardo O'Higgins y Matucana; por el Norte, Av. Balmaceda, Parque Forestal, Av. Providencia; por el este, Av. Pedro de Valdivia, Irarrázabal; y por el sur, Av. Matta, Santa Rosa, Placer y Pedro Montt. El área abarcada es de 2.785 Há. El canal A-H es un canal revestido de concreto, de sección trapezoidal, en cuyas paredes se instaló un limnómetro en el sector que se estimó de escurrimiento uniforme.

La mayor parte de las descargas al Zanjón de la Aguada se concentran en el tramo comprendido entre Vicuña Mackenna y la Av. Pedro Aguirre Cerda. El Zanjón de la Aguada recibe, además de las aguas servidas domésticas, gran cantidad de residuos industriales líquidos provenientes de fábricas ubicadas en el sector industrial Santa Rosa y Franklin. Al sur-poniente de Santiago el Zanjón de la Aguada escurre a tajo abierto, de tal manera que la totalidad de las aguas servidas procedentes de ella, son usadas en el regadío el cual adquiere singular importancia en el período de sequía producido entre los meses de Octubre y Abril. La distribución de estas aguas servidas se realiza a través de una antigua red de canales que riegan extensas zonas de cultivo, especialmente de hortalizas. A esto debe agregarse la inevitable propagación de moscas e insectos que proliferan masivamente en un ambiente altamente contaminado.

La superficie cuyas aguas servidas son drenadas hacia el río Mapocho tiene una extensión aproximada de 3.600 Há, correspondiéndole el 21,5% del total y comprendiendo los siguientes sectores: la mayor parte de la comuna de Las Condes que tiene sistema de alcantarillado; un sector pequeño de Providencia; Santiago Norte en su totalidad, Conchalí, Renca, Quilicura, Quinta Normal, Barrancas, Sector Norte de Santiago

Porcentaje de la superficie de alcantarillado respecto a la superficie total	=	66%
Porcentaje de la superficie drenada por el río Mapocho	=	21.5%
Porcentaje de la superficie drenada por el Zanjón de la Aguada	=	78.5%

TABLA Nº 6.2.-

ESTIMACIONES DE POBLACION TOTAL Y POBLACION SERVIDA CON ALCANTARILLADO POR AREA DE DRENAJE, AÑO 1970.

ESPECIFICACION	AREA DE DRENAJE		TOTAL
	MAPOCHO	ZANJON DE LA AGUADA	
Población saneada	341.500	1.498.500	1.840.000
Población total	503.600	2.276.570	2.780.170

Porcentaje de la población con sistema de alcantarillado	=	66%
Porcentaje de la población saneada por el río Mapocho	=	18.6%
Porcentaje de la población saneada por el Zanjón de la Aguada	=	81.4%

6.2.- ACTIVIDAD INDUSTRIAL.-

En este punto se pretende identificar aproximadamente el tipo de industrias que, por sus características de producción, pueden afectar con sus desechos la calidad del agua que los recibe. Por ello, según su naturaleza, los residuos industriales pueden clasificarse de la siguiente manera:

- Materias minerales en suspensión o coloidales (como los residuos de la concentración de minerales) los cuales pueden aumentar la turbiedad y el pH, entre otras características, del agua que podrían dificultar de manera considerable la coagulación o la filtración en una planta de tratamiento de agua potable.
- Materias minerales disueltas que deterioran la calidad del agua y aumentan los problemas y el costo de purificación del agua.

- c) Materias orgánicas vegetales y animales las cuales, en suspensión o solución, aumentan el color, la turbiedad, el contenido de materias en suspensión y de bacterias, virus y parásitos, principalmente.
- d) Sustancias orgánicas y minerales (como es el caso de los fenoles contenidos en los desperdicios de las fábricas de coque y gas, las soluciones de sulfitos provenientes de las fábricas de papel que producen sabores y olores extraños, los compuestos orgánicos de azufre, etc.)
- e) Bacterias, virus y parásitos que son nocivos para el hombre.
- f) Componentes como lo es el plomo, el arsénico, los cianuros, el cromo, todos ellos igualmente tóxicos para el hombre y que provienen de procesos industriales tales como la de galvanoplastia.

En el Servicio Nacional de Salud (47) se ha hecho una clasificación de industrias que, por su naturaleza y nivel de producción, generan inevitablemente residuos líquidos que se incorporan al alcantarillado público. Así es como del "Rol Industrial de Chile" de la Sociedad de Fomento Fabril, año 1970, se clasificaron, en una primera etapa, las 110 industrias más importantes y representativas del área de estudio con el objeto de estudiar la contaminación producida en función de las fuentes mismas en que se origina.

Se han separado estas industrias en rubro de producción y área de drenaje. En cuanto a esto último resulta interesante destacar que la ciudad de Santiago posee tres grandes centros de producción más o menos definidos:

- Sector Norte de Santiago que incluye, como núcleo central, las industrias ubicadas a ambos lados de la Carretera Panamericana Norte. Descargan sus residuos al río Mapocho a través de los colectores Sector Norte-Santa María y Quilicura.
- Sector Oeste de Santiago, en que el núcleo industrial se ubica preferentemente en la comuna de Quinta Normal, descargando sus residuos al río Mapocho a través de diversos colectores de alcantarillado.

- Sector Sur y Sur-Oeste de Santiago, que es el centro industrial por excelencia. Aquí se concentran la mayor parte de las industrias de Santiago y en dos núcleos bien definidos: sector industrial Santa Rosa-Vicuña Mackenna y Sector industrial Maipú. Todos los residuos industriales producidos son evacuados directamente al Zanjón de la Aguada, con o sin tratamiento.

Se ha confeccionado la Tabla Nº 6.3 que clasifica las 101 industrias más importantes por áreas de drenaje y en rubro de producción.

TABLA Nº 6.3.-

RUBRO DE PRODUCCION	AREA DE DRENAJE		
	MAPOCHO	ZANJON DE LA AGUADA	TOTAL
Papel	1	-	1
Cervecerías	1	1	2
Refinación de azúcar	1	1	2
Mataderos	1	2	3
Productos Lácteos	-	4	4
Conservas de frutas, legumbres	4	6	10
Conservas de carne	2	5	7
Bebidas analcohólicas	1	1	2
Textiles	1	8	9
Tintorerías	2	2	4
Lavanderías	1	4	5
Curtiembres	4	5	9
Detergentes	2	3	5
Pesticidas	-	1	1
Decapado de metales y galvanoplastia	3	13	16
Refinación de petróleo	-	2	2
Productos químicos va- rios	7	12	19
Total	32	69	101

En esta primera clasificación, como se puede apreciar, el 30% del total de las fábricas seleccionadas descargan sus residuos al Mapocho, en cambio es el 70% el que evacúa a través del Zanjón de la Aguada. Sin embargo, en la actualidad, se estima que aproximadamente un 80% de las industrias de Santiago descargan al Zanjón de la Aguada, pero se espera que en un futuro próximo este porcentaje disminuirá por cuanto existe cierta tendencia a restringir la industrialización de la zona sur-oeste e incrementarla en el Norte con descarga al río Mapocho. Esto obedecería a razones de tipo climático por cuanto la dirección dominante de los vientos en Santiago es precisamente de sur-oeste lo que se ha traducido en un aumento creciente de la contaminación atmosférica de los centros poblados.

En la Tabla Nº 6.3 resulta interesante destacar la distribución del tipo de industrias que descargan a ambos cursos naturales. En el caso del Zanjón de la Aguada, llegan a él preponderantemente residuos de fábricas de productos lácteos; conserveras de frutas, legumbres y carnes; gran cantidad de fábricas textiles, industrias de decapado de metales y galvanoplastia (metalúrgicas) y establecimientos de productos químicos lo que se traduce finalmente en eliminación de residuos altamente contaminados con sustancias tóxicas en que se ejerce una alta DBO. Como características físicas propias del Zanjón de la Aguada sobresalen el olor desagradable desprendido como resultado de la descomposición de la materia orgánica presente, la deposición de lodos en el lecho del cauce, formación de costras de feo aspecto en la superficie del agua y gran producción de espuma debido a los detergentes en puntos singulares del curso.

En el Anexo, Cuadro 6.c, ^{Bag 242} se incluye una lista de las industrias más importantes del Gran Santiago y localidades vecinas, de acuerdo a la selección anterior, que descargan específicamente sus desechos industriales al río Mapocho, en función del tipo de industria y ubicación. Se incluyen datos de algunos productos elaborados por dichas fábricas y su producción anual aproximada (47). Estos antecedentes se entregan en el presente trabajo a título de información preliminar por cuanto el S.N.S. se encuentra trabajando en un estudio integral de este tipo, según la referencia (47) ya indicada.

Como se puede apreciar en el Cuadro 6.c. del Anexo, la contaminación de residuos industriales líquidos que soporta el río Mapocho no sólo proviene de la ciudad de Santiago sino también de fábricas ubicadas en localidades vecinas tales como San Bernardo (un matadero y dos industrias químico-metalúrgicas), Peñaflor (una conservera, curtiembre y una planta de productos químicos) y El Monte (conservera de carnes).

Específicamente, la contaminación de Residuos Industriales Líquidos que llega con o sin tratamiento al río Mapocho tiene las siguientes características (48):

- a) Fábricas de papel y cartón o cuero artificial.- Los residuos son cáusticos y fibrosos y tienen gran cantidad de sólidos en suspensión. Los Residuos tienen un color intenso, producen olores fuertes debido a los sulfitos y tienen una alta DBO.
- b) Fábricas cerveceras.- Entregan residuos que se componen principalmente de líquidos de estruje de granos, líquidos de levaduras, líquidos de lavado de arena y de los compartimientos de fermentación y almacenamiento, agua de lavado de envases. La concentración de sólidos volátiles es de cerca de 460 mg/l. Los sólidos de estos desechos forman bancos que cubren el lecho del río con septización y consumo de oxígeno desarrollándose una intensa acción bacteriana. Se pueden originar malos olores.
- c) Refinerías de azúcar.- Las aguas del proceso de refinación tienen una alta DBO; cantidad variable de sólidos suspendidos casi todos de naturaleza orgánica que dependen del nivel de producción. Se agregan también impurezas inorgánicas provenientes de los filtros.
- d) Mataderos.- En general, los residuos descargados son similares a las aguas cloacales con depósitos de lodos y gran consumo de oxígeno. El peligro de organismos patógenos es menor que el de las aguas servidas domiciliarias. Es característica la coloración y la grasa, en estos residuos.
- e) Conserveras de frutas y legumbres.- Los residuos se componen de agua de lavado de la materia prima y de los equipos de trabajo; además, contienen desperdicio de las materias primas. Los sólidos de estos desechos forman lodos que cubren el fondo del río cuya putrefacción consume el oxígeno del agua y el de la materia orgánica. Existe una gran acción bacteriana y se

pueden originar malos olores.

f) Conservas de carnes.- Estas industrias crean problemas de contaminación de las aguas por la evacuación de grasas. Se produce septización en el agua debida a la materia orgánica presente con desprendimiento de malos olores.

g) Bebidas analcohólicas.- Los residuos se componen de aguas de lavado del equipo de la planta y del lavado de botellas que contienen generalmente tierra, detergentes para el lavado, azúcar y jugos. El azúcar y los jugos remueven el oxígeno disuelto de los cursos receptores por acción bacteriana.

h) Textiles.- Los residuos, cualquiera sea la planta, son continuamente variables. Los efectos contaminantes son de tipo cáustico con formación de sedimentos de lodos, producción de malos olores, alta turbiedad, coloración característica y desoxigenación del curso receptor.

i) Tintorerías.- Los desechos varían desde muy alcalino a medianamente ácido, forman bancos de lodos que cubren el lecho del río, la putrefacción consume el oxígeno del río, se desarrollan malos olores y aparecen colores desagradables. Si no hay tratamiento, estas aguas residuales atacan los revestimientos de concreto desintegrándolo rápidamente.

j) Lavanderías.- Los residuos contienen agua y tierra provenientes del lavado de la maquinaria. Son fuertemente alcalinas, turbias y muy coloreadas. Los residuos contienen mucha materia sólida, jabón, ceniza de soda, grasa, tierra, colorantes y partículas de tejido. Los sólidos forman sedimentos de lodos muy putrescibles que cubren el lecho del río. Los sólidos orgánicos disueltos consumen el oxígeno del agua por acción bacteriana. Además, se forma en la superficie del río una costra o nata de aspecto desagradable y se afecta la vida acuática. El pH es alcalino.

k) Curtiembres.- Los desechos eliminados son muy alcalinos, tienen un color intenso y persistente, forman sedimentos de lodos con condiciones francamente anaeróbicas. En la superficie del río se produce formación de costras de carbonato de calcio de feo aspecto. En general, las aguas son francamente concentradas en materia orgánica y DBO.

l) Detergentes.- La característica preponderante de estos desechos es la formación de espuma en las singularidades del río. Tienen un gran contenido de materia orgánica en suspensión lo que provoca una alta DBO en el río. Además, debe agregarse la grasa que arrastran.

m) Decapado de metales y galvanoplastia (Metalurgia).- Los residuos evacuados son generalmente ácidos. Contienen cianuro y metales que son muy tóxicos (Cu, Zn, Cr) lo que origina olores y sabores inconvenientes. El aceite eliminado forma una película en el agua que recubre objetos y retarda la acción bacteriana.

Las aguas que llevan cianuros como contaminantes provienen de los baños de desengrase, plateado, coloreado y baños auxiliares. Las que son contaminadas con ácidos (ácido sulfúrico) provienen de los baños de decapado, abrillantador de cadmio, niquelado, cromado y baños auxiliares.

n) Fábrica de productos químicos.- Estos residuos son de una gran variedad dependiendo fundamentalmente de la planta de producción. En general, se incorporan a los residuos metales tóxicos, productos químicos inorgánicos, sólidos disueltos orgánicos y aún, elementos radioactivos tales como yodo radioactivo, fósforo 32, carbono 14. Estas aguas son evacuadas siempre en forma discontinua e irregular y poseen una alta DBO. Sus características son distintas de las aguas servidas.

En el año 1946, el ingeniero Ruperto Casanueva (46) estudió el problema de las aguas servidas de Santiago y las posibilidades de tratamiento de estas aguas. A la vez, se preocupó de estudiar el problema de los residuos provenientes de la industria que, en mayor o menor grado, aportan elementos contaminantes a las aguas servidas domésticas. De esta manera, cuantificó dichos aportes en términos de población equivalente y que son las que se indican.

<u>AÑO</u>	<u>POBLACION EQUIVALENTE INDUSTRIAL</u>
1943	40.000 hab.
1950	50.000 hab.
1960	80.000 hab.
1970	120.000 hab.
1980	170.000 hab.
1985	200.000 hab.
1990	230.000 hab.

De la referencia (2), pág. 85, se transcribe textualmente:

"Se estima[?] que el total de la DBO descargada a los ríos, provenientes de la ciudad de Santiago, es de alrededor de 200.000 Kg/día, esto es, entre 80 y 100 gr/hab/día. Esta cantidad de DBO indica que está siendo descargada una cantidad importante de residuos industriales ya que los residuos de tipo doméstico normalmente contienen entre 50 a 60 gr. de DBO per cápita por día. En consecuencia, se estima que la DBO de los residuos industriales es de alrededor de 80.000 a 90.000 Kg por día, en tanto que la DBO proveniente de los residuos domésticos es de 110.000 a 120.000 Kg por día".

Luego, la población equivalente industrial, año 1970, calculada según lo anterior oscila entre los siguientes valores:

1.330.000 hab. y 1.500.000 hab.

6.3.- ACTIVIDAD MINERA.

6.3.1.- CONTAMINACION DEL AGUA POR RESIDUOS DE LA MINERIA DEL COBRE (53)

Las operaciones y procesos empleados en la extracción del cobre desde sus minerales, o en la concentración de ellos, se caracterizan por las altas tasas de consumo de agua que fluctúan entre 2 a 4 m³/ton, de mineral beneficiado. El deterioro de la calidad del agua del curso receptor depende en proporción a las cantidades de mineral tratado, de los ácidos y agentes de flotación y de las fugas de relaves. La contaminación puede afectar aguas superficiales y subterráneas y su intensidad depende de la dilución.

Según las causas se pueden distinguir los siguientes tipos de contaminación debido a la explotación de minerales de cobre.

a) Contaminación natural.-

En zonas en que existen yacimientos cupríferos, las aguas superficiales y subterráneas pueden contener cobre disuelto de los minerales oxidados o por intrusión de estos mismos, especialmente de sulfato de cobre, en la veta de minerales sulfurados. El ingeniero Sr. Raúl Merino ha encontrado cobre en las aguas de los ríos adyacentes a la Mina la Disputada Las Condes (Ver Fig. 21), con valores que fluctúan entre 7.5 y 12.5 mg/l sin que hubiesen tomado contacto con la Planta de Concentración o sus relaves.

b) Contaminación por colapso del tranque.-

Este tipo de accidentes, de ocurrir, pueden provocar problemas en el agua inutilizándola especialmente en el caso de abasto de agua potable.

c) Contaminación por desperfectos en el sistema de disposición de relaves.-

La falta de capacidad del tranque de sedimentación de los relaves puede ocasionar el desplazamiento de estos últimos al curso de agua donde decantaría el exceso de material suspendido y, aún más, puede cubrir superficies agrícola adyacentes que quedarían impermeabilizadas por la deposición del material superfino.

La rotura de canaletas que transportan los relaves desde la Planta de Lixiviación o de Flotación hacia el tranque o la perforación de los conductos que, a veces están ubicados bajo el mismo tranque, pueden ocasionar descargas de relaves y de reactivos químicos al curso superficial.

Cuantitativamente, la contaminación resultante que puede experimentar un curso receptor está sujeta a:

- la eficacia del tranque como medio de purificar el relave cuyo contenido de sólidos suspendidos puede estar en relación 1:2 respecto al agua de dilución.
- la capacidad de autopurificación del curso de agua receptor que depende de la distancia existente entre el punto de descar

ga y del lugar en que se hace uso de dicha agua.

- temperatura y existencia de otras fuentes de contaminación.

6.3.2.- PROCESOS DE LA MINERA DEL COBRE EN LA CUENCA DE SANTIAGO.-

La minería, en la Cuenca de Santiago, está orientada hacia la extracción y concentración de minerales de cobre sulfurados. Esta concentración se realiza mediante el proceso de flotación que consiste en tratar el mineral previamente molido (200 mallas o más) con agua a la cual se le agregan algunos reactivos químicos (reactivos de flotación) lo que permite obtener un concentrado con aproximadamente un 30% de cobre. El resto es la ganga que acompaña al mineral la cual es arrastrada por agua a estanques espesadores donde se recupera una parte del agua y el resto, junto con el residuo de ganga agotada, forma lo que se conoce por relave que es enviado a tranques de almacenamiento.

El agua de los tranques de relaves contiene cantidades apreciables de cobre y otros metales ionizados y cantidades importantes de los reactivos químicos agregados en la flotación entre los que se encuentran el ácido cresílico, el aceite de pino y xantatos, principalmente.

6.3.3.- EFECTO DEL BENEFICIO DE MINERALES DE COBRE EN EL RIO MAPOCHO.-

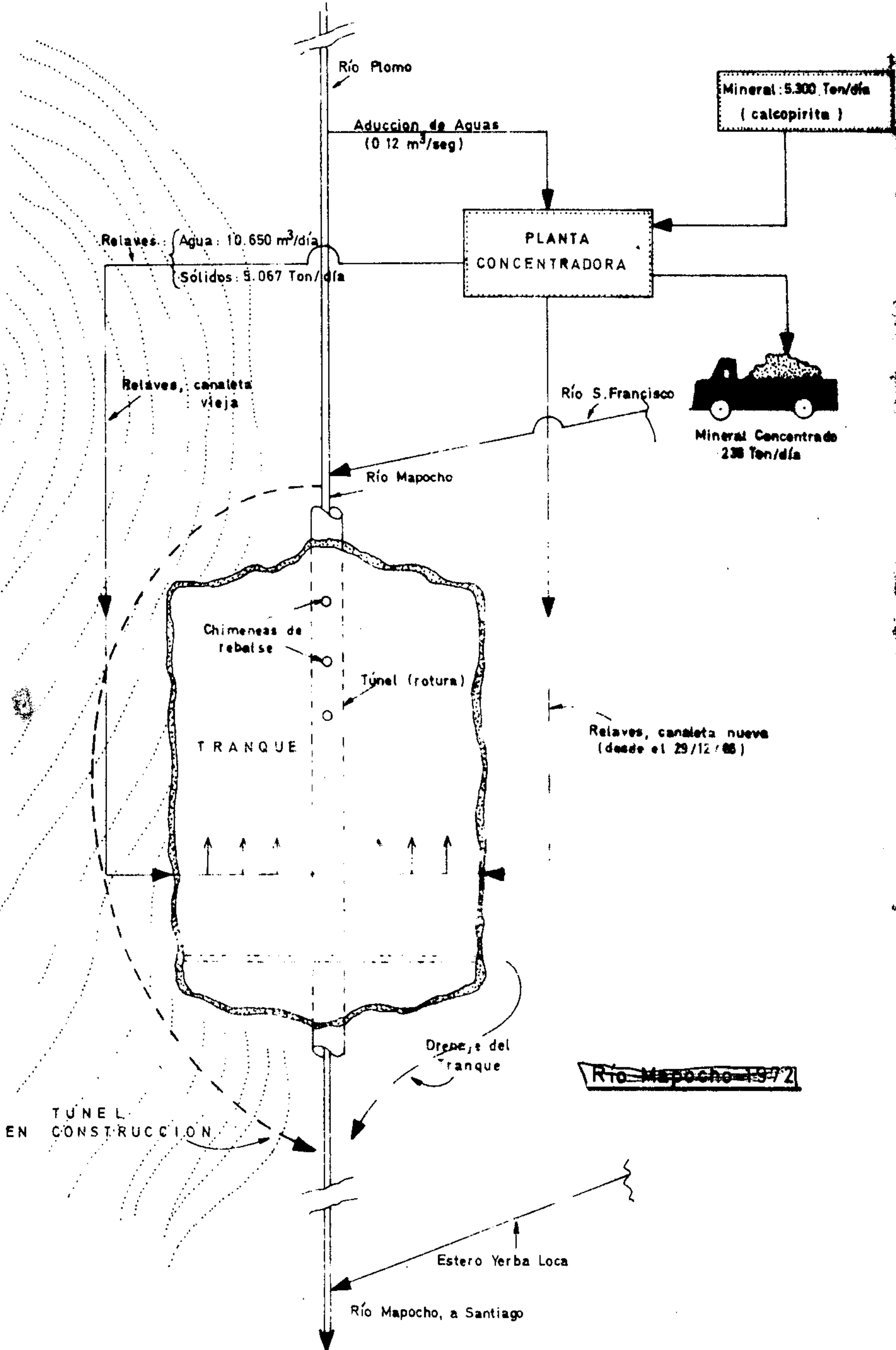
En torno al río Mapocho y al problema que nos preocupa existen dos establecimientos mineros que concentran minerales de cobre que son: Mina La Disputada de Las Condes y Mina La Africana.

a) La Compañía Minera La Disputada de Las Condes, ubicada aguas arriba del punto de confluencia del río San Francisco con el río Plomo (Ver Fig. 21), en los contrafuertes de la Cordillera de los Andes, concentra minerales de calcopirita de baja ley (1 a 2% de cobre) hasta obtener concentrados de alrededor del 30% de cobre. La explotación de minerales alcanza aproximadamente a 5.300 ton/día (53), su producción de mineral concentrado es de 233 ton/día.

ESQUEMA DE ADUCCION DE AGUAS Y DE LA DISPOSICION DE RELAVES.

MINA LA DISPUTADA DE LAS CONDES

ENERO DE 1967



Actualmente, existe una aducción de agua desde el río Plomo para las operaciones de la Planta que aporta un gasto medio de 120 l/s. Una vez separado el mineral concentrado los relaves son transportados hidráulicamente por medio de dos canaletas a un tranque de sedimentación. Por gravedad, se deposita en su fondo el material sólido y el líquido es separado por rebalse a través de tubos verticales o "chimeneas", cuyo fondo abierto queda en un plano más bajo que el tranque, comunicándose directamente con un túnel horizontal ubicado en el fondo del tranque, por donde se desplaza el río Mapocho, recibiendo los efluentes descargados por las chimeneas alineadas en su misma dirección. A la salida del túnel, el río recibe el líquido drenado desde el tranque. De esta manera, los residuos no se incorporan directamente a las aguas del río.

Los relaves están compuestos por los siguientes materiales: ganga (5067 ton/día), agua (10.650 m³/día) y reactivos de flotación que comprende principalmente: ácido acrílico, aceite de pino y carbonato de calcio.

Parte del drenaje del tranque de relaves se evapora, otra escurre hacia el río Mapocho y el resto se infiltra en la napa subterránea. Un estudio posterior podría determinar los porcentajes de cada uno que entran en juego como también las diversas cantidades de los residuos químicos incorporados al relave.

El Cuadro 6.d. del Anexo incluye datos de producción productos químicos utilizados, agua consumida y otros.

b) La Mina de La Africana es un yacimiento de cobre que se encuentra situado a 510 m. de altura sobre el nivel del mar, en la comuna de Barrancas (Pudahuel) a 18 Km. de distancia de la ciudad de Santiago y en los primeros contrafuertes de la Cordillera de la Costa. El poblado y el yacimiento se ubican en la ribera oeste del río Mapocho.

Las unidades y procesos de tratamiento de la Planta se encuentran indicados en un esquema de la Mina, en la Fig. 22.

Los antecedentes de reactivos químicos de flotación usados, como asimismo datos de producción, ley de mineral y del concentrado, cantidad de agua utilizada en el tratamiento,

se encuentran en el Cuadro 6.d. del Anexo. (Pag 244)

El agua necesaria para la Concentración es de unos 1.500 m^3 en 24 horas (52). De la recuperación de agua del tranque de relaves se obtienen aproximadamente 1.000 m^3 y el resto, de la misma mina que bombea $500 \text{ m}^3/\text{día}$. Para acumular el agua existen dos estanques de concreto de 500 m^3 cada uno.

Los residuos o "colas" del concentrado se transportan a la Planta Deslamadora para el relleno de la mina y el resto va directamente al tranque de relaves. Los relaves contienen entre 0.20 y 0.25% de cobre y con un 40% de sólidos.

Las canchas de relaves se encuentran situadas a orilla del río Mapocho, entre este curso y el establecimiento minero ocupando una gran extensión. El material de relave es transportado hidráulicamente al tranque por medio de una canaleta de madera desde la Planta Deslamadora.

Esta Compañía Minera envía a sus tranques cantidades de agua del orden de 500 m^3 diarios, del cual, una parte se evapora, otra se infiltra en la napa freática y la otra es curre hacia el río Mapocho.

NOTA:

Sería importante estudiar y determinar, en un trabajo futuro, cuál es la cantidad de agua de relave que ingresa al río Mapocho desde los dos establecimientos mineros y además establecer su calidad físico-química para cada caso en particular.

G.4.- ACTIVIDAD AGRICOLA.-

De esta actividad, se ha considerado el uso de pesticidas e insecticidas en la Cuenca de Santiago por cuanto se sabe que éstos pueden afectar la vida acuática, los crecimientos biológicos e incluso producir daños en los seres vivos.

En este trabajo sólo se mencionarán algunos productos que se usan comúnmente en la zona de estudio, tales como los insecticidas del suelo, sin entrar a cuantificar su efecto en la calidad del agua del río. Este aspecto quedará para posteriores estudios el que deberá ser desarrollado por los especialistas en la materia.

Los insecticidas del suelo que se aplican con frecuencia en chacras y hortalizas de la Cuenca de Santiago (67), son:

- a) ALDRIN : 20% granulado
40% D.C. y W.P.
- b) HEPTACLORO : 20% granulado
40% W.P.
- c) BASUDIN : 10% granulado
- d) DIAZINON: 10% granulado

Otros insecticidas del suelo que se aplican también, pero con menos frecuencia, son:

DIELDRIN, que es un protector de semillas (se usa muy poco)
LINDANO, que es un isómero del BHC (Hexa-Cloro-Benceno), su efecto residual es poco.

Cabe señalar también que se usa con preferencia el Aldrín, por cuanto se transforma en Dieldrín y tiene un efecto residual muy largo.

Estos insecticidas se aplican antes y en el momento de la siembra para que el producto químico quede 2 ó 3 centímetros bajo tierra y de esta manera aumente su eficiencia contra las larvas.

Deberían hacerse nuevos estudios con el fin de determinar la contaminación producida en el río como efecto de la aplicación de insecticidas y pesticidas en los cultivos de las zonas adyacentes ya que se conoce que una parte de ellos

se volatiliza, otra parte es retenida por las plantas y el suelo, y el resto es arrastrado por el riego y por las aguas lluvias hacia los ríos y acuíferos.

Simbología

D = DUST (Polvo)

C = CONCENTRADO

WP = WATTABLE POWER (POLVO MOJABLE)

CAPITULO 7

ANALISIS EXISTENTES DE LA CALIDAD DEL AGUA EN EL AREA
DE ESTUDIO

7.1.- ANALISIS EXISTENTES DE AGUAS SUPERFICIALES.-

Con el objeto de tener referencias relacionadas con el problema de la contaminación del río Mapocho, se procedió a la recopilación de análisis físico-químicos y bacteriológicos, efectuados con anterioridad al presente estudio, en diversas secciones del río, como también en los principales cursos superficiales de la Cuenca. De esta manera, se podrá estimar la variación de la calidad del agua superficial a través del tiempo y en distintas secciones consecutivas al escurrimiento.

Para conocer estos efectos, se consideraron primeramente, lugares de muestreo ubicados en el curso mismo del río Mapocho y, después, puntos ubicados en los principales cursos superficiales que confluyen al río en zonas bien delimitadas.

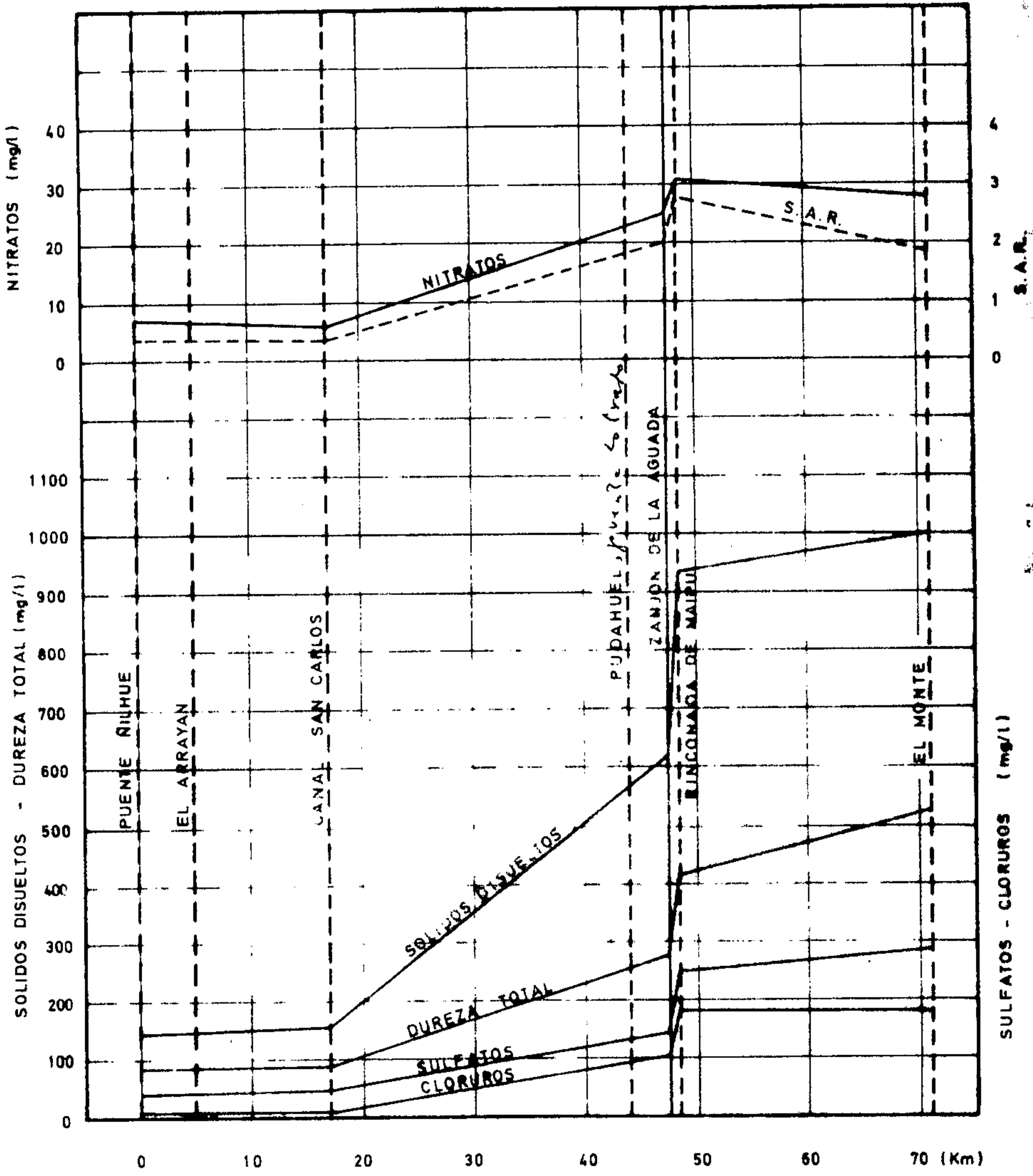
7.1.1.- CALIDAD QUIMICA Y BIOQUIMICA DE LAS AGUAS DEL RIO
MAPOCHO Y DE ALGUNOS EFERENTES DE ALCANTARILLADO.-

Para apreciar claramente la variación de la calidad química de las aguas del río, se consideraron los análisis existentes que obran en poder del Departamento de Recursos Hidráulicos de CORFO y que complementaron a los publicados en la referencia (11), pág. 16 y 17. Estos valores se obtuvieron de muestreos generales del río Mapocho realizados en dos fechas distintas, consignados en los Cuadros 7.a y 7.b del Anexo y que son: 29 de Mayo y 19 de Agosto de 1969. Los lugares de muestreo elegidos fueron: puente Ñilhue, antes de la desembocadura del canal San Carlos, Pudahuel en puente Lo Prado, Rinconada de Maipú y El Monte. Los parámetros químicos que se consideraron como los más representativos fueron: sólidos disueltos, dureza total, sulfatos, cloruros, nitratos y S.A.R. Los valores correspondientes se representan en los gráficos de la Fig. 23 y Fig. 24, en función de las distancias.

RIO MAPOCHO 1972

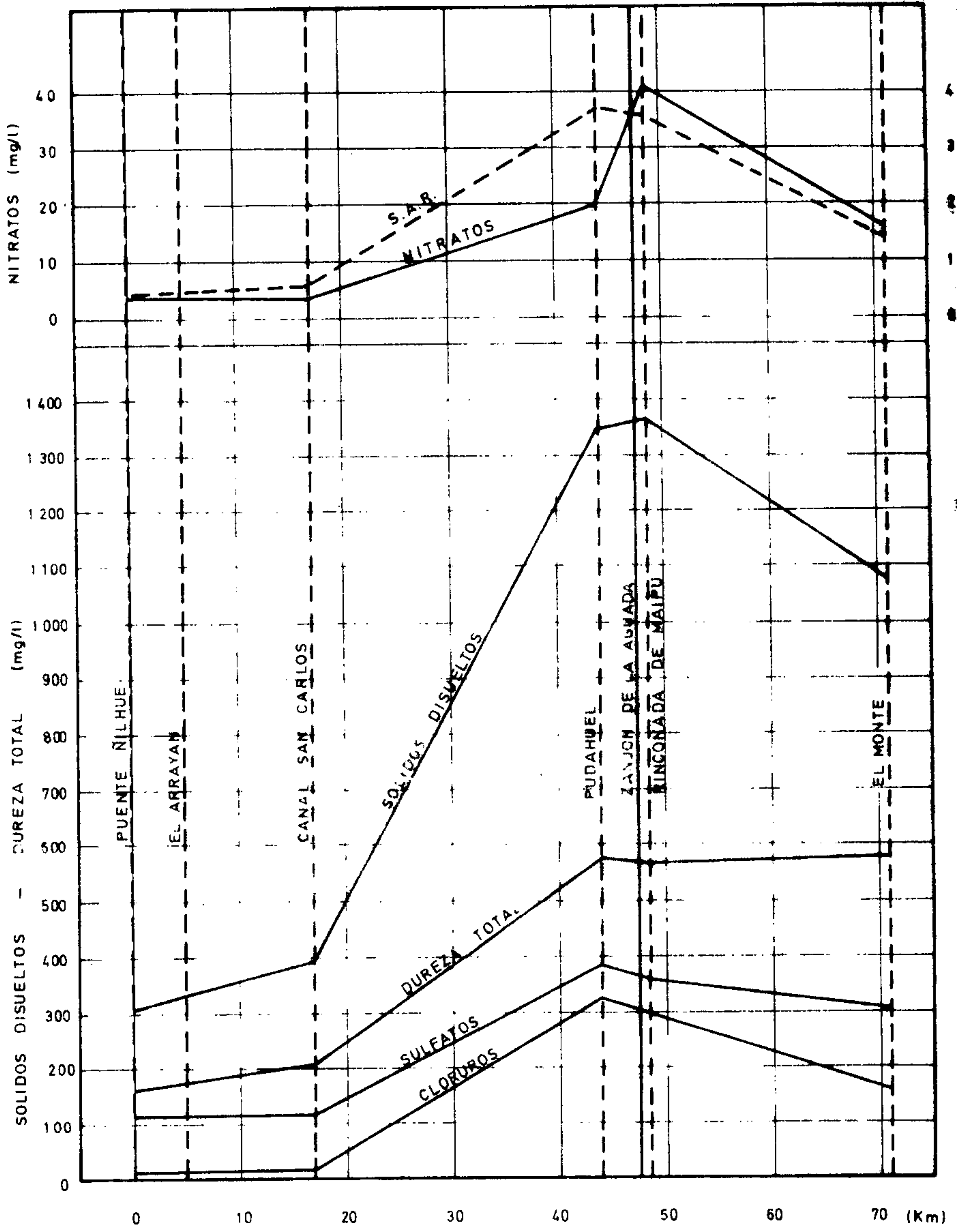
VARIACION DE PARAMETROS

29 Mayo 1969



RIO MAPOCHO 1972

VARIACION DE PARAMETROS
19 Agosto 1969



DISCUSION DE LOS GRAFICOS.-

En el gráfico de la Fig. 23 se puede apreciar una tendencia general en el río a que aumenten todos los valores de los parámetros químicos considerados. Esta tendencia es mucho más acentuada con los sólidos disueltos y con la dureza total del agua lo que permite suponer que, además de existir aportes de sólidos disueltos a través de afluentes de aguas servidas domésticas y residuos industriales líquidos, puedan incorporarse al río materias por disolución de sedimentos rocosos.

Entre el Canal San Carlos y Pudahuel, la pendiente que corresponde a los diversos parámetros químicos es mayor debido a que el río cruza la ciudad de Santiago recibiendo gran cantidad de aguas servidas lo que influye, naturalmente en un aumento de nutrientes, tóxicos y elementos alcalinos. A partir de Rinconada de Maipú, la pendiente de las curvas baja paulatinamente pudiendo indicar dos cosas: descarga de la napa freática en dicho lugar con gran afluencia de caudal de dilución, o bien, disminución repentina del caudal del río por efecto del riego (por ejemplo, Canal Las Mercedes) de manera que en El Monte el agua que lo constituiría sería la que proviene esencialmente de los derrames de riego y del afloramiento de agua subterránea a través de manantiales, de modo que estos nuevos caudales en el río provocarían dilución en los elementos químicos considerados.

El gráfico de la Fig. 24 corrobora las apreciaciones anteriores. Sin embargo, en este caso el Zanjón de la Aguada es un afluente importante del Mapocho ya que su aporte produce un aumento notable en los valores de los parámetros químicos considerados. A partir de Rinconada de Maipú, las curvas de SD, DT y sulfatos aumentan de pendiente, en cambio, las demás disminuyen (Cl, NO_3 y S.A.R.).

Se estima que la mayor o menor dilución de los elementos químicos del río por variaciones de caudal es sumamente importante en este tipo de análisis sobre todo tratándose del río Mapocho.

En cuanto a la calidad bioquímica de las aguas del río Mapocho, a comienzos del año 1962, la Sección Higiene Ambiental del Servicio Nacional de Salud y la Cátedra de Ingeniería Sanitaria de la Escuela de Salubridad de la Universidad de Chile (39) consideraron adecuado determinar el grado de contaminación y autopurificación, medido en términos de Demanda Bioquímica de Oxígeno, que experimenta el río Mapocho a medida que atraviesa la ciudad de Santiago y en que recibe gran cantidad de contaminantes. El propósito principal de este estudio fue medir la contaminación que experimentan las aguas del río por efecto de las sucesivas descargas de alcantarillado y la autopurificación que se produce hacia aguas abajo de la evacuación. La dinámica de estos procesos, aunque simultáneos, queda claramente representada en el gráfico: DBO y DOD del agua del río en función del camino recorrido por las aguas, en la Fig. 25. En este gráfico se colocó, en el eje de las abscisas, la longitud del tramo estudiado del río, desde Manquehue hasta Talagante. Encerrados en círculos están los números que identifican cada descarga de canal o alcantarillado. La equivalencia de estos números se anexa en un cuadro adjunto al mismo gráfico.

En el cuadrante derecho superior se representó la Demanda Bioquímica de Oxígeno, en mg/l. En el cuadrante inferior, el Déficit de Oxígeno Disuelto, también en mg/l. Hacia arriba y con la misma escala se mide la sobresaturación de oxígeno.

En el Anexo, Cuadro 7.c., se indican los valores de DBO y de DOD de las aguas del río que corresponden a las mismas representadas en el gráfico de la Fig. 25. Además, se incluyen otras características físico-químicas tales como temperatura, pH, oxígeno disuelto.

En este estudio se consideraron los principales colectores de alcantarillado que producen contaminación en el río de modo que también se muestrearon estos eferentes. Ellos fueron: colector Pedro de Valdivia, colector Renca, colector Lo Espinoza, colector Lo Velázquez, colector Pob. Roosevelt, colector San Bernardo y colector Talagante, (Ver Anexo).

Las conclusiones que se obtuvieron se deben considerar como del más alto valor para el presente estudio lo que

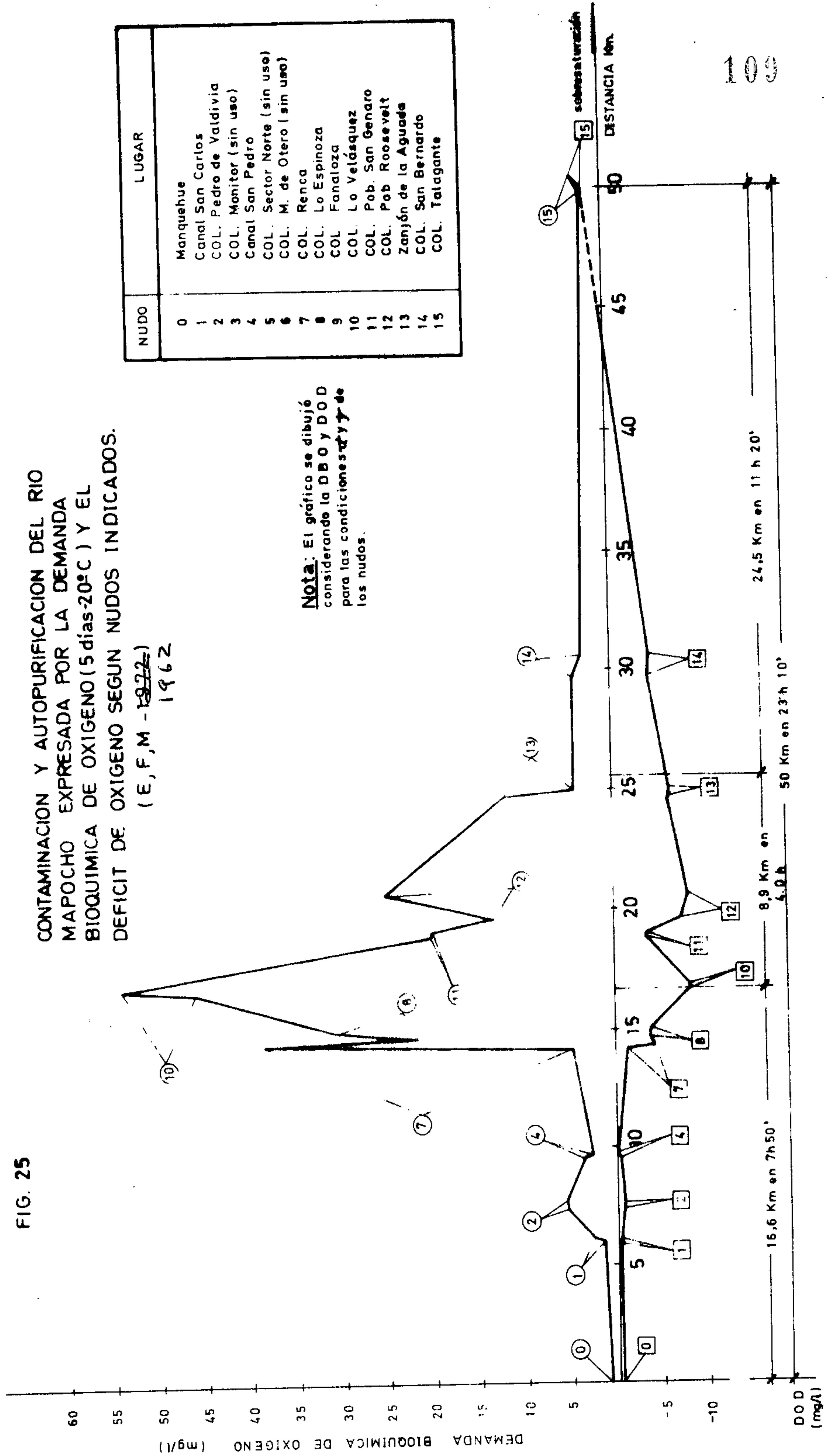
FIG. 25

CONTAMINACION Y AUTOPURIFICACION DEL RIO
 MAPOCHO EXPRESADA POR LA DEMANDA
 BIOQUIMICA DE OXIGENO (5 días-20°C) Y EL
 DEFICIT DE OXIGENO SEGUN NUDOS INDICADOS.

(E, F, M - ~~1972~~)
 1962

Nota: El gráfico se dibujó
 considerando la DBO y DOD
 para las condiciones t_1 y t_2 de
 los nudos.

NUDO	LUGAR
0	Manquehue
1	Canal San Carlos
2	COL. Pedro de Valdivia
3	COL. Monitor (sin uso)
4	Canal San Pedro
5	COL. Sector Norte (sin uso)
6	COL. M. de Otero (sin uso)
7	COL. Renca
8	COL. Lo Espinoza
9	COL. Faneloza
10	COL. Lo Velásquez
11	COL. Pob. San Genaro
12	COL. Pob. Roosevelt
13	Zanjón de la Aguada
14	COL. San Bernardo
15	COL. Talagante



motiva presentar un resumen de las principales apreciaciones en torno al problema:

- a) Los aumentos de DBO y de DOD se producen simultáneamente con excepción del curso del río próximo a Talagante, donde el agua llega a sobresaturarse en oxígeno, a pesar de recibir el alcantarillado de esa localidad. La distancia relativamente grande que existe entre la descarga del alcantarillado de San Bernardo y el de Talagante le permite al río autopurificarse y, aún, sobresaturarse de oxígeno. *a lo que contribuye en forma importante el fenómeno de recuperación experimentado por el río*
- b) La contaminación, medida en términos de DBO, alcanza sus valores máximos en el tramo comprendido entre la descarga del colector Renca y la confluencia del río con el Zanjón de la Aguada. Este tramo es corto y, por lo tanto, es recorrido en poco tiempo con descargas sucesivas de aguas servidas por lo que el agua del río no tiene tiempo para autopurificarse.
- c) El Zanjón de la Aguada no produce valores altos de la DBO y del DOD, aún cuando transporta alrededor del 75% de los residuos de aguas servidas domésticas e industriales evacuadas por la ciudad de Santiago.
- d) La coincidencia del pH elevado en la zona de mayor contaminación (8.9 en el colector Lo Espinoza) puede deberse a las sustancias alcalinas empleadas en el lavado doméstico *e industrial*.
- e) Los altos valores encontrados en la DBO de los colectores Renca (250 ppm), Lo Espinoza (225 ppm) y Lo Velázquez (26 y 65 ppm) indican que sus aguas servidas deben ser tratadas (43).

NOTA: Sin embargo, se debe señalar que los valores de DBO no representan, en dicho estudio, la real oxidación bioquímica de la materia orgánica por cuanto estos valores fueron determinados sin considerar la interferencia producida por la presencia de cobre y otros tóxicos en las aguas del río Mapocho.

Se incluyen además, en esta recopilación de análisis existentes de aguas superficiales, los valores de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) determinados en los principales emisarios de alcantarillado que descargan sus residuos al río Mapocho y al Zanjón de la Aguada (Ver Anexo, Cuadro 7.d). Estos valores fueron extraídos de la publicación "Las Aguas Ser

vidas de Santiago", estudio que fue realizado por Ingeniería y Proyectos INPRO Ltda. (2) y por encargo del Ministerio de Obras Públicas.

Los colectores afluentes considerados en dicho estudio fueron:

- Para el río Mapocho: colector Ultra Mapocho, colector Sector Norte Santa María, colector Lo Espinoza y colector Quiicura.
- Para el Zanjón de la Aguada: Canal Pedro de Valdivia, colector Ochagavía, colector Pob. La Feria y Canal A-H.

Por otra parte, se agregan también los caudales medios de estos emisarios, en m³/día.

7.1.2.- ANALISIS BACTERIOLOGICOS EXISTENTES.-

a) Indice de contaminación Bacteriofágico.-

En 1941-1942 se estudió la contaminación del río Mapocho para lo cual se propuso el Índice de Contaminación Bacteriofágico (44) como consecuencia de la investigación. Se indicó que "el bacteriófago es de forma corpuscular y su tamaño es de 20 milimicrones. No se ha podido precisar si es un agente vivo o una enzima. Es más resistente al calor y a agentes químicos que las bacterias esporuladas; también lo es a la sequedad y a las bajas temperaturas. El pH más adecuado para su actividad oscila entre 8.0 y 8.5. Los bacteriófagos son virulentos para las bacterias y, por lo tanto, contribuyen a la autopurificación de las aguas servidas".

Esta investigación se aplicó al estudio del río Mapocho con el objeto de valorar su contaminación ya que, junto con determinar la presencia de bacteriófagos se medía también la contaminación Coli. Las conclusiones indican que el bacteriófago está ligeramente presente en el curso superior del río y aumenta de un modo notable al cruzar la ciudad disminuyendo paulatinamente hacia aguas abajo de Santiago.

b) Indice de contaminación Coli aplicada al río Mapocho.-

Otro estudio sobre la contaminación del río Mapocho fue realizado en el año 1954, en el que se consideró (45) el Índice Coli para las muestras tomadas a lo largo del curso del río, comprendido entre El Arrayán y la confluencia con el río

Frantz

Maipo, y el que fue dividido en cuatro secciones de estudio. El Índice Coli, cuyos valores extremos se dan en la Tabla Nº 7.1, es la cantidad de gérmenes coliformes presentes en 100 cc. de agua.

TABLA Nº 7.1

RANGOS DE VALORES DEL INDICE COLI EN EL RIO
MAPOCHO

Sección del río Mapocho	Índice Coli	
	Mínimo	Máximo
Desde la Cordillera hasta Vitacura	35	16.000
Desde Cía. Cervecerías Unidas hasta la descarga del colector Sector Norte, Puente La Máquina	2.400	9.200.000
Desde el punto anterior hasta confluencia con Zanjón de la Aguada	35.000	1.600.000.000
Desde confluencia con Zanjón de la Aguada hasta confluencia con el río Maipo	3.500	92.000.000

De este estudio se extrajeron otros valores a título informativo:

	<u>Índice Coli</u>
- Río Mapocho, 200 m. antes confluencia con el estero Arrayán	5.400
- Estero Arrayán, 500 m. aguas arriba de la confluencia con el río Mapocho	92
- Mapocho en Vitacura	16.000
- Mapocho frente a Cía Cervecerías Unidas	1.600.000
- Mapocho en puente Pedro de Valdivia	9.200
- Colector Lo Franco	5.400.000.000
- Zanjón de la Aguada	500.000

Sin duda alguna, la conclusión principal obtenida de este trabajo es el comportamiento y la influencia que sobre el río Mapocho tiene la descarga producida por el Zanjón de la Aguada. En efecto, 50 m. antes de la desembocadura del Zanjón de la Aguada al río Mapocho, los valores de contaminación Coli detectados en el primero oscilan entre 240.000 y 500.000. En cambio, 100 m. aguas abajo de la confluencia por el río Mapocho estos índices, contra lo que podía esperarse, suben a valores medios de 1.600.000 y 3.200.000 y hasta 92 millones, mil metros más abajo, en muestras de un mismo día.

La explicación más aceptable que surge en este mismo estudio se resume en los siguientes términos: las aguas del Zanjón de la Aguada, por sus características físico-químicas y bacteriológicas son aguas servidas saturadas de materia orgánica. Su bajo índice bacteriano en relación al que presenta el colector Lo Franco-Quinta Normal se debería a que el Zanjón de la Aguada no sólo recibe descargas de aguas servidas sino también las aguas de diversas industrias instaladas en el sector. Esto provoca que los gérmenes no encuentren condiciones ambientales adecuadas para vivir y multiplicarse. Por otra parte, al descargar este curso natural sus aguas al río Mapocho, el índice aumenta, lo que podría explicarse por cuanto los gérmenes que llegan vivos logran, por la dilución, mejores condiciones para subsistir y multiplicarse.

c) Contaminación bacteriológica en el Zanjón de la Aguada.-

En el año 1946, se realizaron algunos análisis para cuantificar la contaminación bacteriológica existente en el Zanjón de la Aguada y cuyos valores se encuentran consignados en el estudio llevado a cabo por el ingeniero Ruperto Casanueva (46).

Las aguas de riego del Zanjón de la Aguada, después de recibir las aguas servidas de Santiago y próximo a las tomas de canales, presentan los siguientes índices bacteriológicos:

Cuenta en Agar, a 37°C	1.000.000	
Cuenta en gelatina líquida	160.000	
Cuenta total	2.800.000	
Bacilo Coli por 0.1 cc. ml	100.000	= 100.000.000/100 ml

Se establece en el trabajo que "estas cifras, aunque no tengan la exactitud absoluta ni representan un valor medio, son lo suficientemente elocuentes para darnos a conocer la calidad insalubre de ellas y nos indican que deben ser clasificadas como "aguas servidas" por estar muy lejos de cumplir los requisitos mínimos sobre la materia".

7.1.3.- ANALISIS FISICO-QUIMICOS DE AGUAS DEL RIO MAPOCHO Y DE SUS AFLUENTES CORRESPONDIENTES A DETERMINADAS ZONAS DEL AREA INVESTIGADA.-

Se efectuó una recopilación de antecedentes relacionados con análisis físicos y químicos obtenidos en el Departamento de Recursos Hidráulicos de CORFO y procesados por el Laboratorio Químico del Instituto de Investigaciones Geológicas; análisis físico-químicos del Laboratorio Químico de la Dirección General de Aguas (MOP); análisis proporcionados por el Laboratorio Central del Departamento de Explotación de la Dirección de Obras Sanitarias (MOP) y análisis extractados del Boletín Técnico Nº 22 de la Facultad de Agronomía, U. de Chile (6).

El propósito de esta recopilación de análisis de las aguas del río Mapocho y sus afluentes fue lograr obtener algunas conclusiones referentes a valores que exceden los límites extremos tolerados por las Normas y criterios de calidad de aguas para diversos usos. De esta forma, se han considerado primeramente zonas definidas de estudio, para el río y sus afluentes:

- i) Hoya andina del río Mapocho con los siguientes afluentes: San Francisco, Molina y estero Yerba Loca.
- ii) Primera Sección del río Mapocho con el estero Arrayán como afluente.
- iii) Segunda Sección del río Mapocho con el Canal San Carlos.
- iv) Tercera Sección del río, con el Zanjón de la Aguada y Canal Comunero a Rinconada.
- v) Cuarta Sección del río Mapocho.

Se confeccionó para tal efecto, un cuadro-resumen con las características principales de los diversos parámetros analíticos, para cada una de las cinco zonas de estudio. Estas son: valor máximo, mínimo y término medio (Ver Cuadros 7.e,

Page 249)

7.f, 7.g, 7.h y 7.i, del Anexo).

El Cuadro 7.j del Anexo contiene, en último término, los parámetros cuyos valores exceden los máximos tolerados por los Criterios y Normas de calidad de uso del agua en las cinco zonas ya definidas.

En la zona A, correspondiente a la hoya andina del río Mapocho, los valores que se sobrepasan corresponden a los nitratos, sulfatos, dureza total y manganeso para el río San Francisco. El manganeso y el cobre sobrepasan los máximos tolerados sólo en el río San Francisco en la Hermita y en el estero Yerba Loca.

Se advierte en este Cuadro una cierta influencia del Canal San Carlos sobre el río Mapocho en relación a sus parámetros que se exceden de los límites. Se aprecia, además, una mayor cantidad de parámetros que no cumplen los Criterios y Normas de Calidad del agua en la parte D del Cuadro 7.j y que corresponde a la Tercera Sección legal del río lo que indica, como es sabido, que al Mapocho se le entregan aguas con concentraciones químicas que deterioran su calidad inicial.

7.2.- ANALISIS EXISTENTES DE AGUAS SUBTERRANEAS Y ANTECEDENTES DE CALIDAD SEGUN SUS USOS.-

La publicación especial Nº 3 del Instituto de Investigaciones Geológicas-Corporación de Fomento de la Producción: "Hidrogeología de la Cuenca de Santiago" (12), Tabla Nº 3, contiene diversos análisis químicos de aguas subterráneas correspondiente a 266 pozos ubicados en la Cuenca de Santiago. Estos antecedentes corresponden a una recopilación de análisis físico-químicos de pozos perforados para la extracción de agua subterránea y ejecutados por el Depto. de Recursos Hidráulicos de CORFO, por la Dirección de Obras Sanitarias del M.O.P. y por las empresas privadas (CAS, CELZAC, etc.) dedicadas a la perforación de sondajes para obtención de agua subterránea.

En la Cuenca de Santiago se han perforado alrededor de 866 pozos al año 1970 que, en conjunto, representan un tercio de los pozos perforados en el país. Un 77% de los pozos se encuentran en la región comprendida entre los ríos Maipo y Mapocho; un 19%, al norte del río Mapocho.

Desde el punto de vista de su utilización, ellos se distribuyen como sigue:

Suministro de agua potable	36%
Uso industrial	27%
Agricultura	26%
Varios	11%

En la misma publicación se hace un análisis general de las características químicas de las aguas subterráneas concluyendo que la calidad de dicha agua depende de su ubicación geográfica. Así lo demuestran las láminas incluidas en la publicación referente a la dureza total y a los sólidos disueltos.

Por otra parte, el Laboratorio Central de la Dirección de Obras Sanitarias, en un trabajo presentado al "1er. Seminario sobre Uso de Recursos de Agua en Chile" (50), realizado en Santiago, da un informe general sobre la calidad físico-química del agua en nuestro país.

Para la ciudad de Santiago, y específicamente para Santiago Norte-Oeste y Maipú, sectores cuyo abastecimiento de agua potable proviene casi totalmente de la extracción de agua subterránea, las determinaciones químicas procesadas se encuentran contenidas en la Tabla Nº 7.2.

TABLA Nº 7.2.-

DETERMINACIONES QUIMICAS EXPRESADAS EN mg/l (50)

Determinación	Santiago Norte-Oeste	Maipú
Color	1.4	2.4
Turbidez	2.4	3.1
ph	7.2	7.5
Dureza total	490.0	590.0
Cloruros	123.0	139.0
Sulfatos	157.0	264.0
Nitratos	5.0	7.8
Fierro disuelto	0.06	0.05
Manganeso	0.0	0.0
Fluor	0.4 (sin tratar)	0.25 (sin tratar)

Los resultados son los siguientes:

SANTIAGO NORTE-OESTE.- Las aguas son claras, sin color ni turbidez, son muy duras. Los cloruros, sulfatos, fierro disuelto dan valores que están dentro de los límites aceptables por la Norma Inditecnor para agua potable. A pesar de ser agua de origen subterráneo ésta no contiene manganeso ni arsénico de origen natural.

MAIPU.- El agua es clara, débilmente alcalina, muy dura, sin color ni turbidez. Los valores de cloruros, sulfatos, nitratos y fierro disuelto se encuentran dentro de los límites prescritos por la Norma Inditecnor para agua potable. Los valores altos de dureza y nitratos se deben a que su fuente de abastecimiento es de pozos profundos. Estas aguas no contienen manganeso.

En la referencia (12) se clasifica la calidad química del agua subterránea, dentro de la Cuenca, en función de su empleo.

Uso doméstico.-

En relación al empleo que se hace del agua subterránea como fuente de abastecimiento de agua potable, ninguna de las aguas analizadas contiene elementos químicos tóxicos ni su concentración, en ciertas sales como sulfatos, sales de magnesio, sobrepasa límites que sean perjudiciales al organismo; sólo el contenido de nitratos, en algunos pozos, está cerca del límite de tolerancia para el consumo humano. En cuanto a otros usos domésticos se puede establecer que gran parte de las aguas subterráneas de Santiago tienen un alto contenido de sales de calcio y magnesio, es decir son aguas duras lo que determina gran consumo de jabón y la formación de incrustaciones o depósitos en las cañerías y calderas de calefacción.

Uso industrial.-

Las exigencias de las industrias en cuanto a la calidad química del agua son muy variadas, pero para casi todas ellas es un inconveniente la dureza, principalmente en el caso de su empleo en calderas y procesos de tinte. La industria textil, que es una de las más importantes de Santiago y que consume un gran volumen de agua subterránea, se encuentra dis

tribuída en las zonas en que el agua subterránea tiene el mayor contenido de sales disueltas y la más alta dureza.

En general, el agua subterránea de Santiago se encuentra en un estado de oxidación elevado y es por este motivo que su contenido de hierro es muy bajo ya que este elemento es soluble principalmente en estado reducido.

Uso agrícola.-

La calidad química del agua subterránea de Santiago es satisfactoria para su empleo en la agricultura debido a que su contenido de elementos tóxicos para la vida vegetal, tales como boro, cobre, etc., es muy reducido; cumple además con la exigencia de tener un bajo porcentaje relativo de sodio lo que no produce impermeabilización en los suelos.

CAPITULO 8PROBLEMAS SANITARIOS DERIVADOS DE LA IRRIGACION
DE CULTIVOS CON AGUAS SERVIDAS8.1.- ENFERMEDADES DE ORIGEN HIDRICO.-

La vía hídrica ha demostrado ser, desde mediados del siglo pasado, la más adecuada para transportar, desde el hombre enfermo o contagiado, el material infestante a los grupos humanos. Respecto a esto, han sido numerosas las epidemias registradas debido a la contaminación de las aguas de bebida, ya sea en sus fuentes o en su curso. Este es el motivo por el cual la acción sanitaria se ha dirigido preferentemente a proteger las fuentes de abastecimiento de agua potable y a alejar las excretas humanas como material siempre sospechoso de contener gérmenes entéricos patógenos.

En Santiago, los principales abastos de agua potable han alcanzado un gran progreso sanitario que las protege de contaminación con excretas humanas; sin embargo, subsisten defectos en el alejamiento de las aguas servidas en lo que se refiere a impedir que éstas sean mezcladas con aguas superficiales y aprovechadas en el regadío y, aún como agua de bebida por los habitantes de zonas rurales. Para la población urbana misma, las aguas contaminadas por el alcantarillado de Santiago no aparecen como una fuente de contagio inmediato sino en casos excepcionales desde que sólo una pequeña población de bajos recursos se encuentra cerca de los eferentes, pero el vaciamiento de éstos en los canales de regadío pueden ser la causa de contaminación del terreno destinado al cultivo de verduras que habitualmente se consumen crudas.

La riqueza de la flora bacteriana de las aguas servidas permite la presencia constante de virus como la Escherichia Coli, Bacilos Proteus, Salmonellas y gérmenes patógenos intestinales tales como la Eberthella typhosa.

La gran mayoría de los gérmenes patógenos permanecen activos por muy corto tiempo en el medio exterior, siendo de excepción las esporas del bacilo tetánico, anaerobios, hongos y otros.

La disminución más o menos rápida que sufren los

gérmenes patógenos fuera de sus huéspedes se debe en general a condiciones ambientales adversas como son la desecación, acción solar, pH del terreno, temperatura, presencia de nutrientes y antagonismo microbiano. Esto último ocurre tanto en el suelo como en las aguas y especialmente en las aguas servidas en que la riqueza microbiana permite las más variadas y complejas relaciones de antagonismo.

El mecanismo de las acciones antagónicas se resume así:

- Consumo de nutrientes del medio.
- Cambios físico-químicos producidos por el crecimiento de los gérmenes en el medio exterior.
- Producción de enzimas específicas por los gérmenes antagónicos.
- Producción de sustancias de marcada acción selectiva bactericida.

El Boletín Nº 1, Vol. IV, del Instituto Bacteriológico de Chile, (51) contiene un estudio realizado sobre la *Eberthella typhosa* y su sobrevida en el medio exterior. Este virus es un germen patógeno de origen intestinal y sus eliminadores corresponde a enfermos o infestados latentes. Al igual que la *Salmonella*, la *Eberthella typhosa* juega un papel importante en la epidemiología de la fiebre tifoidea en Santiago. En esta investigación se realizaron ensayos con verduras crudas y cocidas, regadas con aguas servidas que contenían el virus. Las principales conclusiones fueron las siguientes:

- Disminución natural, en el número de *Eberthella typhosa*, en el agua de alcantarillado por acción del antagonismo bacteriano y factores físicos del medio exterior.
- Abundancia de *Salmonellas* de origen animal en el agua de alcantarillado. Estas *Salmonellas* encontradas indican un aporte considerable de excretas animales contaminadas que llegan al alcantarillado, y al mismo tiempo una sobrevida mayor de las bacterias de este género en el medio exterior.
- En la investigación sobre la *Eberthella typhosa* se hicieron experiencias con lechugas, siendo éstas regadas con aguas que contenían el virus y que, habitualmente se consumen crudas. Los resultados obtenidos después de fuertes contamina-

ciones del agua de riego, dejando actuar posteriormente la de secación y la luz solar, permiten asegurar la sobrevivencia del germen en el suelo y en la superficie de hojas y raíces hasta el 5º día inclusive.

- Se estudió la *Eberthella typhosa* en vegetales crudos y cocidos ya que la ensalada de papas cocidas es mencionada con frecuencia como alimento-vehículo de epidemias. En Chile, este tipo de ensaladas es de uso corriente, especialmente la de papas cocidas y porotos en tabla, que exigen para su preparación ser manipulados después de la cocción, permaneciendo en ocasiones durante varias horas a la temperatura ambiental antes de ser consumidos. Las experiencias realizadas demostraron que los vegetales sometidos a la cocción son enormemente más adecuados para el desarrollo de las bacterias que en el caso de vegetales crudos contaminados en idénticas condiciones.

De acuerdo a todo lo anterior, el regadío con aguas servidas de hortalizas que van a ser consumidas crudas o cocidas se traduce en un alto porcentaje de incidencia de enfermedades de origen hídrico, de las cuales, las más importantes son: Salmonelosis (tifoidea, paratifoidea y otras fiebres).

Comparando las estadísticas de estas fiebres con las de ciudades inglesas o americanas se encuentra que en estas últimas las tasas de morbilidad son muy inferiores a nuestra mortalidad.

Si se comparan las estadísticas de Santiago y Valparaíso, se observará que en esta ciudad las tasas son alrededor de 1/3 de las de la capital. *Pág 256*

El Cuadro 8.a del Anexo contiene una estadística anual de casos de fiebre tifoidea y paratifoidea por cada 100.000 habitantes. Se establece un paralelo entre la morbilidad por casos de fiebre y la mortalidad que existe entre Santiago y el resto del país.

La morbilidad en Santiago alcanza a un 68% del total que se produce en el país, y su mortalidad asciende al 38%. El resto del país absorbe la diferencia.

Todo esto indica que Santiago tiene una alta tasa

por casos de fiebre, sin embargo, respecto a la supervivencia de los bacilos de tifoidea y paratifoidea en verduras regadas con cultivos de estos gérmenes han demostrado que al cabo de corto tiempo no existe indicio vital alguno en ellos. Como se ha visto anteriormente, pareciera ser que el problema de las salmonelosis tiene su origen, principalmente, en la manipulación de los alimentos que en Santiago es llevada a cabo en condiciones poco sanitarias.

Gastroenteritis.-

Se estima que, como promedio mínimo, cada habitante de Santiago sufre una gastroenteritis al año.

Diarreas infantiles.-

Las estadísticas muestran que cada año hay 200.000 casos y mueren más de 3.800 niños en Santiago a causa de estas diarreas.

Parasitosis.-

De acuerdo con estudios realizados por el Departamento de Epidemiología del S.N.S., más del 60% de la población santiaguina está afectada por diversas parasitosis, especialmente la Endamoeba Hystolítica.

Hepatitis infecciosa viral.-

Es de relativa frecuencia en nuestro medio. El virus de esta enfermedad es muy resistente y se supone que al ser eliminada por los portadores pueden causar el ciclo: individuo-aguas servidas-alimento. Se considera que muchos casos se deben al hecho de usar aguas servidas en regadío.

Por otra parte, se debe mencionar también el hecho, y que muchas veces se presenta en los mercados metropolitanos de la ciudad de Santiago, referente a casos en que se expenden alimentos en condiciones poco sanitarias y en el que se debe incluir también al rubro verduras.

8.2.- ASPECTOS LEGALES DEL PROBLEMA.-

En el año 1938, la entonces Dirección General de Sanidad, a raíz de un fuerte brote epidémico de fiebre tifoidea, estudió este problema en base a antecedentes estadísticos

y llegó a la conclusión que en la ciudad de Santiago esta enfermedad es de caracteres urbanos. Se indicó que las aguas de regadío eran fuertemente contaminadas con aguas servidas. Esta misma oficina sanitaria determinó, en esa ocasión, que el 52% de los casos de infecciones entéricas era debido francamente al consumo de verduras crudas, porcentaje asimilable a la parte de la población que consume hortalizas tales como lechugas, repollos, tomates, berros, apio, zapallos, etc.

En el año 1941, la misma Dirección General de Sanidad comenzó a adoptar medidas sanitarias que atacaran el problema y, en forma transitoria, dictó la Resolución 1338 prohibiendo el cultivo de verduras en una superficie de 40.000 Há al norte, poniente y sur-poniente de la ciudad.

Esta prohibición obligaba a trasladar los cultivos y traer verduras de otras regiones. Naturalmente, los productos escasearon con el período estacional y porque, en general, los agricultores están acostumbrados a una rutina de siembras, de modo que la superficie que se dejó de cultivar no fue inmediatamente reemplazada por otras más alejadas. Además, el transporte debía hacerse desde mayores distancias lo que unido al defecto en el abastecimiento encareció por doble concepto el precio de los productos.

Todo esto hizo que la Dirección General de Sanidad reconsiderara su Resolución 1338 y la derogara parcialmente permitiendo el cultivo de hortalizas en una superficie de 20.000 Há en la zona norte de la ciudad. Se eligió esta zona porque era la que primero podría quedar en condiciones sanitarias aceptables. Hasta el momento se encuentra vigente la resolución que impide el regadío en la zona afectada, sin embargo, estas medidas no han dado resultados:

- Por las razones económicas ya explicadas referentes al desplazamiento de cultivos.
- Por la necesidad de disponer de grandes recursos para el control y destrucción de los cultivos clandestinos.
- Porque los propietarios ejercen toda clase de presiones para evitar el control de los cultivos.

El área del valle de Santiago sujeta a contaminación directa es más o menos 30.000 Há.

SEGUNDA PARTE

MUESTREOS DE ORIENTACION
EN EL RIO MAPOCHO

CAP. 1.- MUESTREO GENERAL DE ORIENTACION Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS

CAP. 2.- VARIACION HORARIA DE LA CONTAMINACION EN EL RIO MAPOCHO

CAPITULO 1MUESTREO GENERAL DE ORIENTACION Y DISCUSION DE
LOS RESULTADOS1.1.- OBJETIVOS DEL MUESTREO.-

Los objetivos principales del muestreo de las aguas del río Mapocho, que constituye parte importante de este estudio, fueron:

- a) Verificar el comportamiento de las aguas en relación a su posible capacidad de autodepuración de acuerdo a la carga orgánica aportada por la ciudad de Santiago y localidades vecinas.
- b) Comparar la contaminación evaluada en el año 1962 (39) con la detectada e informada en esta tesis, en términos de DBO y de DOD, habiéndose cambiado esta última por la Oxigenación Relativa (OR).
- c) Analizar la variación a través del curso del río de la concentración de algunos elementos químicos descargados a las aguas del Mapocho y que son refractarios a la autopurificación (no biodegradables).
- d) Analizar, en función del recorrido de las aguas y de la posición relativa de las descargas de alcantarillado, la variación de la contaminación biológica en base a análisis bacteriológicos.

1.2.- ELECCION DE ESTACIONES DE MUESTREO Y SECCIONES DEL RIO ESTUDIADAS.-

Los lugares de muestreo del río se eligieron de modo que cada uno proporcionara la máxima información acerca de la variación de la calidad del agua a medida que ésta escurre desde la Cordillera hasta su confluencia al río Maipo recibiendo prácticamente el total de las aguas servidas de la población de Santiago a través del alcantarillado público o de cursos naturales. Además, se debe agregar la evacuación de gran cantidad de residuos industriales líquidos generados en una ciudad altamente industrializada como lo es Santiago.

De acuerdo a lo expuesto, el río Mapocho presenta variadas singularidades en su recorrido lo que determina fundamentalmente que su caudal sea en extremo variable: afluentes y efluentes de aguas de riego, emisarios de aguas servidas, infiltración y recuperación de aguas, etc.

En virtud de lo anterior, los puntos de muestreo se ubicaron en aquellos lugares que permitieran evaluar la incidencia de las descargas de aguas servidas y desechos industriales principalmente, tomando muestras antes y después de la descarga de estos tributarios del río, como asimismo de algún afluente ya estudiado. *Fig 83*

En el Plano C se muestra la ubicación general de las diversas descargas de alcantarillado y de los principales canales que salen y entran al río. Con un círculo se representa la ubicación precisa de los lugares muestreados, agregando el número asignado correspondiente.

Las secciones del río efectivamente estudiadas, en los cuales se tomaron muestras los días 3 y 4 de Enero de 1972 fueron los siguientes:

- 1.- Mapocho en Los Almendros (estación fluvio-limnigráfica de la D.G.A.).
- 2.- Mapocho antes de recibir el Canal San Carlos
- 3.- Mapocho después del Canal San Carlos y antes de la descarga colector Pedro de Valdivia.
- 4.- Mapocho después del col. Pedro de Valdivia y col. Monitor (frente Canal San Pedro)
- 5.- Mapocho bajo el puente Pío Nono
- 6.- Mapocho antes de la descarga colector Ultra Mapocho (en canal La Punta)
- 7.- Mapocho frente al colector Miguel de Atero (#)

Nota: (#) Inicialmente se habían programado 27 lugares de muestreo que incluían el estudio de los efectos del colector Monitor y del colector Miguel de Atero. Este último estaba fuera de servicio y el colector Monitor no fue ubicado. También se contemplaba analizar el efecto contaminante, en las aguas del río, del colector San Bernardo y de la confluencia del río Mapocho al río Maipo, pero problemas de tiempo y de acceso impidieron cumplir estos objetivos.

- 8.- Mapocho después descarga del colector Santa María y antes del colector Lo Espinoza.
- 9.- Mapocho después de la descarga colector Lo Espinoza.
- 10.- Mapocho después de la descarga colectores Lo Velázquez y Fanaloza
- 11.- Mapocho después de la descarga colector Salvador Gutiérrez
- 12.- Mapocho después de la descarga colector Pob. San Genaro (Renca).
- 13.- Mapocho después de la descarga colector Quinta Normal (Pob. Roosevelt).
- 14.- Mapocho bajo el puente Aeropuerto Pudahuel y después de la descarga del colector Quilicura.
- 15.- Mapocho antes del puente Lo Prado (Pudahuel)
- 16.- Mapocho después de la desembocadura estero Lampa.
- 17.- Mapocho en Rinconada de Maipú (estación fluvio-limnigráfica, DGA).
- 18.- Mapocho en Peñaflores (aguas abajo puente Pelvín).
- 19.- Mapocho en Talagante (aguas abajo puente FFCC. a Cartagena)
- 20.- Mapocho en la desembocadura al río Maipo (aguas abajo puente José Miguel Carrera).
- 21.- Zanjón de la Aguada antes de la desembocadura al río Mapocho (en su cauce natural).

El análisis del efecto de las demás descargas de alcantarillado (Cuadro 6.a. del Anexo), por ser éstas de menor importancia en la contaminación de las aguas del río Mapocho, se considerarán incluídas en los efectos producidos por los emisarios mayores ya indicados. Por medio de los análisis de las distintas muestras de agua se podrá evaluar no sólo el efecto contaminante del emisario o eferente que se investiga sino que también el producido por descargas secundarias, y no controladas, como ocurre en el caso de la 1ª Sección legal del río.

1.3.- PARAMETROS ELEGIDOS PARA EL MUESTREO DE ORIENTACION.

Los parámetros físico-químicos y bacteriológicos elegidos para cumplir con los objetivos señalados en el punto 1.1. se indican en la Tabla Nº 1.3.1.

TABLA 1.3.1.

DETERMINACIONES PROPUESTAS Y REALIZADAS EN EL
MUESTREO PRELIMINAR DE ORIENTACION RIO MAPOCHO

<u>A.- Determinaciones en terreno</u>	<u>Métodos utilizados</u>
Temperatura (°C)	
pH	Papel indicador de pH
Oxígeno Disuelto (O.D.)	S. Methods 13ª ed. (1971)
Súlfuros (H ₂ S)	
Oxigenación Relativa (%)	
 <u>Determinaciones en Laboratorio</u>	
Macrocomponentes: Calcio	EDTA
Magnesio	EDTA
Sodio	Fotometría de llama
Potasio	Fotometría de llama
Carbonatos	Titulación potenciométrica
Bicarbonatos	Titulación potenciométrica
Cloruros	Método Argentométrico
Sulfatos	Método gravimétrico
 <u>Otras características</u>	
pH de laboratorio	Potenciómetro
Dureza total	EDTA
Sólidos disueltos	Método gravimétrico
Conductancia específica	Conductivímetro Methron
S.A.R.	-
Porcentaje de sodio	-
DBO (5d-20°C)	S. Methods, 13ª ed. (1971)
Relación $\frac{R.S.D.}{CE.}$	-
 <u>Examen Bacteriológico</u>	
Agar 37°C, 24 Hrs.	S. Methods, 13ª ed. (1971)
Bacterias coliformes (NMP/ 100 ml)	WHO International Standards for Drinking Water, 1963
Coli fecal (NMP/100 ml)	Idem "

La elección de estas determinaciones obedecen a ciertas consideraciones generales de acuerdo a los Criterios Normas de Calidad de uso de agua y que se establecen en el Ca.

pítulo 1, Parte III.

1.4.- TRABAJO REALIZADO EN TERRENO.-

El trabajo en terreno, llevado a cabo los días 3 y 4 de Enero de 1972, consistió en la recolección de muestras y su análisis en terreno de algunos parámetros, en los 21 lugares ya señalados. (Cabe indicar que hubo que solucionar problemas de acceso en varias oportunidades).

Cada vez que se tomaba una muestra se anotaba la fecha y la hora correspondiente, la temperatura del agua y su pH aproximado en base a papel indicador pH. Se extraía, además, una muestra para determinar la cantidad de oxígeno disuelto (OD) presente en el agua, haciéndose uso del método de Winkler que consiste esencialmente en fijar el oxígeno por la acción reductora de una sal manganosa y valorar posteriormente el yodo que se libera por reacción entre la sal de manganeso, que se había oxidado a mangánica, y una solución alcalina de yoduro de potasio. Para ello se usó la botellita de vidrio adecuada con tapón cónico esmerilado, con cierre hidráulico, de modo que impidiera la aereación de la muestra de agua. Una vez que se sacaba la muestra se procedía a estabilizarla inmediatamente de manera que no se alterara la cantidad de oxígeno existente.

En los lugares indicados con los números 7, 10, 11, 12, 13, 14, 17 y 21 se trató de verificar si realmente existían condiciones sépticas que llevaran a determinar la existencia de ácido sulfhídrico o sulfuros (H_2S). Para ello se usó de un equipo portátil operable in situ. Los resultados fueron cero para todos los casos, inclusive en el Zanjón de la Aguada.

Otra muestra de agua que se extraía del río Mapocho era la que correspondía al examen bacteriológico, planificado con anterioridad. Se usó una botellita de vidrio, previamente esterilizada y preservada del ambiente, y cuya muestra de agua se trató de conservar a la temperatura que tenía en el río mediante una caja aislante que contenía trozos de hielo.

Para los análisis de laboratorio indicados en 1.3 se tomaron muestras de agua en bidones de polietileno con un litro de capacidad.

La Tabla Nº 1.4.1. contiene los valores determinados in situ:

TABLA Nº 1.4.1.-

DETERMINACIONES ANALITICAS PRACTICADAS
EN TERRENO

Nº MUESTRA	LUGAR DE TOMA DE LA MUESTRA	FECHA	HORA	TEMP. (°C)	PH	OXI-DIS. (mg/l)	OXIG. REL. (%)	SULF. H ₂ S (mg/l)
1	Los Almendros	3/I/72	10.15	15.0	4(1)	8.6	85	
2	Antes Canal S. Carlos	"	11.20	19.0	6	8.2	88	
3	Antes col. P. de Valdivia	"	11.45	18.0	6	4.4	46	
4	Después col. P. de Valdivia	"	12.10	18.0	7	4.8	50	
5	Puente Pío Nono	"	12.30	18.0	6	4.8	50	
6	Puente M. Rodríguez	"	13.00	18.5	8	5.2	55	
7	Frente col. M. de Atero	"	16.15	21.2	6	4.4	49	0
8	Después col. Sector Norte	"	16.50	21.5	7	2.7	30	
9	Después col. Lo Espinoza	"	17.10	21.5	7	0.5	6	
10	Después col. Lo Velázquez	"	17.45	21.5	7	0.0	0	0
11	Después col. S. Gutiérrez	"	18.00	21.8	6	0.0	0	0
12	Después col. Pob. S. Genaro	"	18.30	22.0	7	0.0	0	0
13	Después col. Quinta Normal	"	19.00	22.0	7	0.0	0	0
14	Puente Pudahuel	4/I/72	9.30	13.0	7	4.9	46	0
15	Puente Lo Prado	"	10.00	14.0	7	3.8	37	
16	Después desem. estero Lampa	"	10.40	16.0	7	5.3	53	
17	Rinconada de Maipú	"	12.45	17.0	7	2.4	25	0
18	Peñaflor	"	14.40	23.5	8	9.1	106	

TABLA Nº 1.1.4. (Cont.)

19	Talagante	4/I/72	15.55	20.0	7	7.6	83	
20	El Monte	"	16.40	25.0	7	13.9	-	
21	Zanjón de la Aguada en de- semb. al Mapo- cho	"	13.15	24.0	7	5.7	67	0

(1) Nótese el carácter esencialmente ácido de las aguas del río Mapocho en la zona precordillerana:

pH de terreno : 4.0

pH de lab. : 6.2

1.5.- DETERMINACIONES ANALITICAS PRACTICADAS EN LABORATORIO.-

1.5.1.- ANALISIS FISICO-QUIMICOS.-

La Tabla Nº 1.5.1. contiene los resultados analíticos obtenidos de las muestras de agua del río Mapocho (Enero 1972) practicadas por el Laboratorio Químico de la Sección Ingeniería Sanitaria del Departamento de Obras Civiles de la U. de Chile.

Los métodos de determinación para cada parámetro se encuentran indicados en la Tabla Nº 1.3.1. *pag 128*

1.5.2.- ANALISIS BACTERIOLOGICOS.-

El Laboratorio de Bacteriología del Agua de la Sección Ingeniería Sanitaria del Depto. de Obras Civiles (U. de Chile) realizó las determinaciones correspondientes a:

- Bacterias aerobias, Agar 37°C, 24 hrs.
- NMP por 100 ml de bacterias coliformes.
- NMP por 100 ml de bacterias coli fecal.

Se ha elegido el grupo de bacterias coliformes como el indicador más apropiado de contaminación biológica debido a que este microorganismo siempre está presente en las excretas humanas y de animales. Además, se encuentra en la naturaleza cuando están presentes bacterias patógenas entéricas y que, por su ausencia, se excluye la posibilidad de la presencia de estas últimas.

El término Coliforme aplicado comprende indistintamente a dos géneros de bacterias: *Escherichia coli* (indicador

de contaminación fecal) y *Aerobacter aerógens* (bacterias aerobias).

La determinación bacteriológica se realizó en laboratorio en base al método de los "tubos múltiples", que se fundamenta en leyes de probabilidad, y que se utiliza para obtener una estimación del número de bacterias de una muestra determinada. Este valor se expresa como el número más probable (NMP).

El NMP se acepta, en el Índice Coliforme, como el número de bacterias coliformes que tiene mayor probabilidad sobre cualquier otro número, de conducir a resultados confiables del análisis. No es una enumeración real de las bacterias coliformes en un volumen determinado de muestra, sino una indicación útil que permite juzgar la calidad sanitaria de las aguas.

La Tabla Nº 1.5.1. contiene los resultados analíticos obtenidos en laboratorio de las muestras de agua del río Mapocho. Se analizaron las muestras en dos tramos del río: desde Los Almendros hasta el puente Manuel Rodríguez y desde el puente Pudahuel hasta Peñaflores, como se puede apreciar en el gráfico de la Figura 30. *Página*

1.6.- DISCUSION DE LOS RESULTADOS.

Los resultados obtenidos se incluyen en las Tablas mencionadas en los puntos 1.4 y 1.5 y cuyos valores se representan en los gráficos de las Figuras 26, 27, 28, 29 y 30.

Un análisis de estos resultados permite hacer algunas consideraciones generales al respecto y que de ningún modo representan conclusiones finales del estudio por cuanto este Muestreo de orientación sólo es una información parcial para una hora determinada en un día determinado.

Se debe destacar, sin embargo, que algunos resultados arrojan valores relativamente altos de contaminación que sobrepasan varias veces los permitidos por los Criterios y Normas de Calidad del agua, de tal manera que estos valores tienen una validez propia e independiente en el momento en que se determinó.

TABLA Nº 1.5.1.-

ANALISIS FISICOS QUIMICOS Y BACTERIOLOGICOS DEL RIO MAPOCHO (mg/l)

3 y 4 Enero 1972

MUESTRA Nº	CALCIO (Ca)	MAGNESIO (Mg)	SODIO (Na)	POTASIO (K)	CARBONATO (CO ₃)	BICARBONATOS (HCO ₃)	CLORURO (Cl)	SULFATOS (SO ₄)	SOLIDOS DIS.	DUREZA TOTAL mg/l CaCO ₃	C.F. (#)	% Na	SAR (##)	PH	DBO	COLIFORMES (###)	BACTERIAS AEROBIAS (###)
1	59,3	4,9	6,0	2,0	0	5,6	11,8	155	245	168	377	7,1	0,15	6,2	49	2,4.10 ³	30
2	-	-	-	-	-	-	-	-	205	192	464	-	-	-	19	9,2.10 ⁶	465
3	-	-	-	-	-	-	-	-	475	320	855	-	-	-	39	2,3.10 ⁷	3100
4	120,6	13,9	36,0	3,4	0	83,8	77,8	266	565	358	851	17,8	0,83	7,7	49	6,0.10 ¹¹	83500
5	-	-	-	-	-	-	-	-	560	354	919	-	-	-	87	4,5.10 ⁸	incont.
6	-	-	-	-	-	-	-	-	529	351	896	-	-	-	49	2,3.10	incont.
7	-	-	-	-	-	-	-	-	573	354	658	-	-	-	29	-	-
8	122,5	8,8	52,0	4,4	0	101,6	75,4	320	596	342	950	24,6	1,22	7,3	29	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	672	335	1119	-	-	-	58	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	600	343	950	-	-	-	49	-	-
11	126,3	6,3	53,0	12,0	0	153,6	91,9	250	680	341	1040	24,5	1,25	7,6	49	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	618	365	1021	-	-	-	78	-	-
13	-	-	-	-	-	-	-	-	591	331	631	-	-	-	87	-	-
14	126,3	9,3	52,0	3,4	0	88,1	94,3	261	625	353	967	24,0	1,20	7,7	39	6,2.10 ⁶	8.10 ⁵
15	-	-	-	-	-	-	-	-	616	373	984	-	-	-	58	2,3.10 ³	2,6.10 ³
16	135,9	16,3	74,0	4,6	0	108,8	110,8	312	739	406	1142	28,1	1,60	7,5	39	6,0.10 ⁶	3,4.10 ⁷
17	137,8	16,0	66,0	4,0	0	112,9	117,9	247	745	410	1148	25,7	1,41	7,4	68	6,0.10 ⁴	10 ³
18	166,5	20,2	61,0	4,4	0	167,7	148,5	297	887	499	1218	20,8	1,19	7,5	39	2,4.10	5.10
19	-	-	-	-	-	-	-	-	907	602	927	-	-	-	29	-	-
20	164,6	26,2	73,0	3,8	0	129,2	167,3	328	947	519	1274	23,3	1,40	7,9	29	-	-

OBS: (#) Conductividad Especifica (µmhos/cm, 25°C) (##) S.A.R. = Razón de Absorción del Sodio

(###) NMP/100 ml.

1.6.1.- DISCUSION DE LOS RESULTADOS EN RELACION A CONTAMINANTES QUE SON BIODEGRADABLES.-

Oxigenación Relativa (% OR)

La Oxigenación Relativa del agua es la relación porcentual entre el oxígeno disuelto presente y la que le correspondería tener al agua si estuviera en estado de saturación a la temperatura considerada. Por otro lado, es un índice de la contaminación causada por las descargas de aguas servidas y residuos industriales líquidos. Asimismo, indica la autopurificación del agua en que intervienen principalmente la acción propia del oxígeno disuelto presente y la dilución de la carga contaminante en el río. En el gráfico de la Fig. 26 se puede apreciar la gran variación que experimenta la curva de OR a lo largo del curso del río debido fundamentalmente a dos factores inherentes en el río Mapocho: descargas continuas de alcantarillado que eliminan aguas servidas en forma intermitente y la variación extrema de caudal.

El caudal registrado en la estación limnigráfica de Los Almendros, el día 3 de Enero de 1972, a las 10.15 hrs, fue de $3.8 \text{ m}^3/\text{s}$. El Canal San Carlos aporta alrededor de $15 \text{ m}^3/\text{s}$ y, sin embargo en este punto, la OR baja del 88% al 46% posiblemente debido al efecto de la descarga del colector Vitacura. Posteriormente, la OR baja a cero debido a las sucesivas descargas de alcantarillado y de extracción de canales lo que posibilita una menor dilución de la carga orgánica eliminada a través de los eferentes. A partir de Pudahuel, comienza paulatinamente la reoxigenación del río, pero en forma totalmente irregular, llegando a la sobresaturación de sus aguas en Peñaflores y El Monte. En Talagante, la muestra de agua indica que existiría, aguas arriba del río, una descarga de alcantarillado que la contaminaba. Sin embargo, es preciso establecer que el agua del río Mapocho a partir del puente Esperanza proviene en gran parte de recuperaciones de aguas subterráneas y de derrames de riego lo que altera totalmente las características del río ya que sus aguas, provenientes de Santiago, son conducidas casi íntegramente para riego a través de los canales Las Mercedes y Mallarauco, precisamente en los meses de verano.

FIG. 26

RIO MAPOCHO 1972
OXIGENACION RELATIVA DEL AGUA
 3 y 4 / Enero / 1972

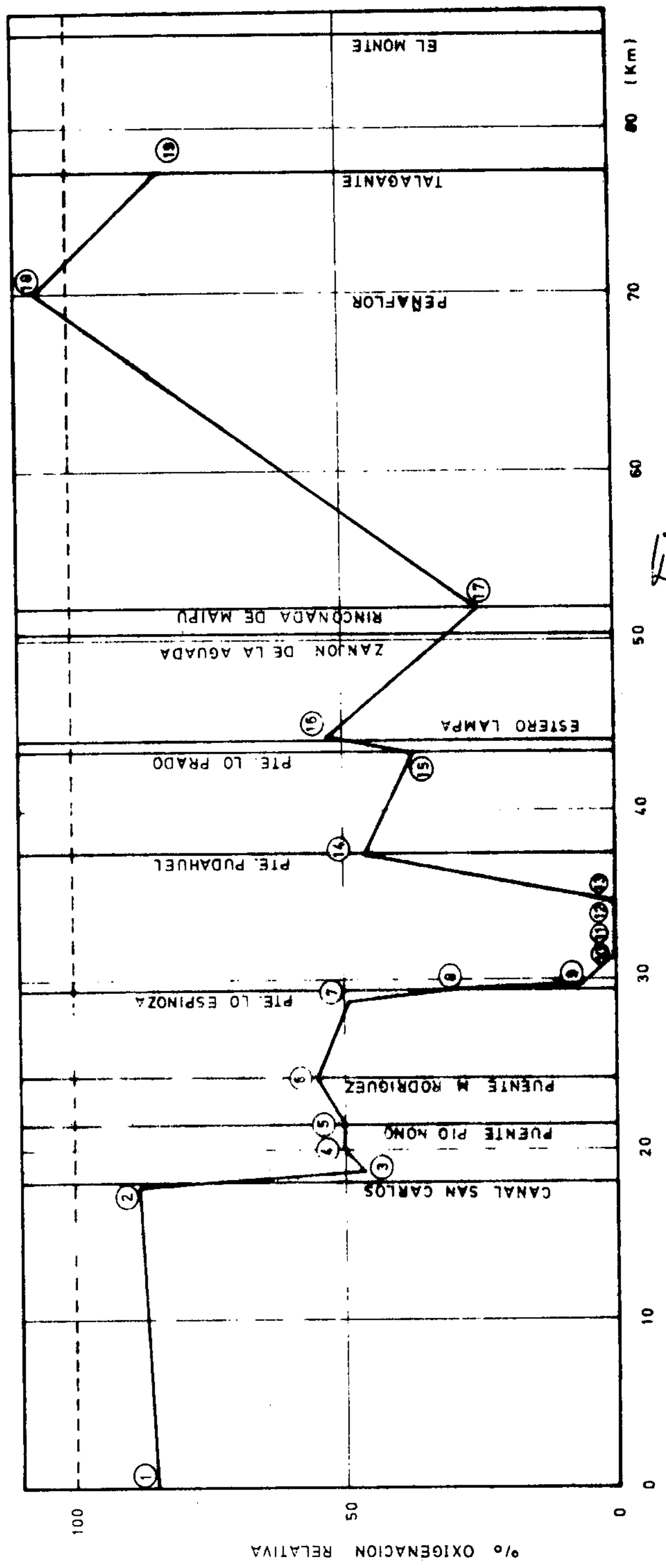


Fig 26

Oxígeno Disuelto.

La determinación del oxígeno disuelto (OD) es indispensable en el estudio de la contaminación y autodepuración de cursos superficiales de agua. Mientras esté presente existe la posibilidad de que se verifiquen los procesos de estabilización aeróbicos. Su evaluación, por otro lado, es necesaria en la determinación de la DBO.

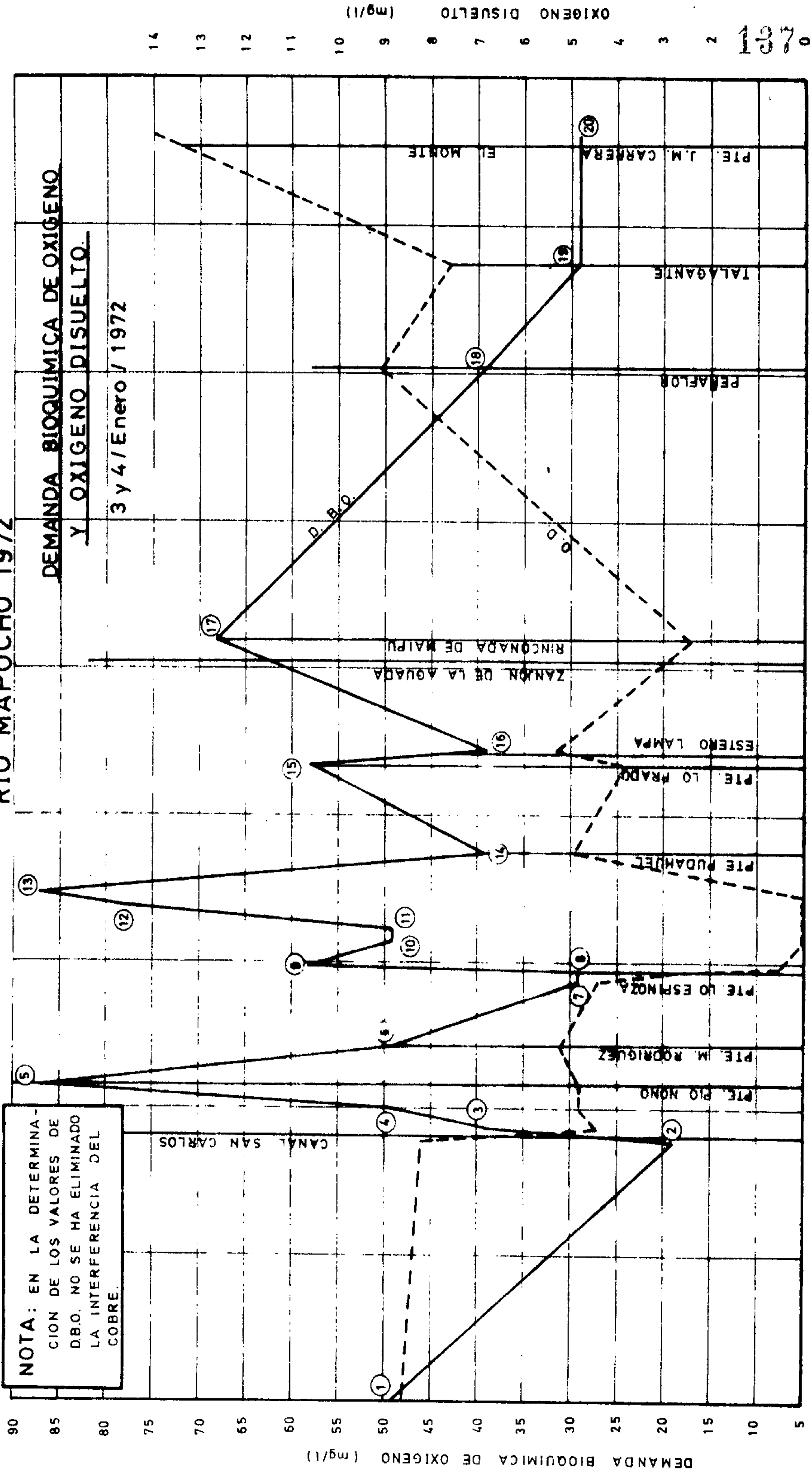
En el gráfico de la Fig. 27, de la observación de las medidas de OD, puede apreciarse el mismo comportamiento observado en la oxigenación relativa; esto es: aceptable en la primera sección del río, valores bajos entre el canal San Carlos y puente Lo Espinoza; valor cero entre este puente y el de Pudahuel lo que indica la fuerte descarga orgánica producida por los colectores Ultra Mapocho y Sector Norte-Santa María especialmente y demás colectores incluyendo el de Quilicura.

En el puente Pudahuel comienza lentamente la reoxigenación de las aguas para caer a niveles bajos en Rinconada de Maipú posiblemente por efecto de los aportes del Zanjón de la Aguada. A partir de este último punto, los valores de OD aumentan considerablemente hasta llegar fácilmente a la sobresaturación en Peñaflor y El Monte.

Es necesario señalar, de acuerdo a los valores de OD determinados, que el tramo del río comprendido entre el puente Lo Espinoza y puente Pudahuel experimenta una fuerte septización de sus aguas en que la materia orgánica es mineralizada mediante procesos anaeróbicos, lo que provoca indudablemente un ambiente desagradable en el río. Lo mismo ocurre en el Zanjón de la Aguada, pero éste, próximo a llegar al río Mapocho, experimentaría una pequeña reoxigenación (5.7 mg/l) lograda después de recorrer varios Km. desde las fuentes mismas de contaminación.

La variabilidad de caudal del río Mapocho, las descargas sucesivas de alcantarillado y la alteración del régimen experimentado a partir del puente Esperanza imposibilitan cuantificar la reoxigenación que experimentan las aguas del río Mapocho. Incluso, al elegir un cierto tramo del río en que se considerara un caudal constante, tampoco sería posi-

FIG. 27
RIO MAPOCHO 1972



NOTA: EN LA DETERMINACION DE LOS VALORES DE DBO. NO SE HA ELIMINADO LA INTERFERENCIA DEL COBRE.

1970
Fig 27

DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (mg/l)

OXIGENO DISUELTO (mg/l)

ble obtener una ecuación de autopurificación de las aguas por cuanto los tramos son demasiado cortos para que se observen los procesos biológicos de autodepuración. Se debe dejar constancia que en el estudio realizado por el Sr. Raúl Merino B. (39), en el año 1962, se trató de aplicar las expresiones de Streeter y Phelps para la autopurificación de cursos superficiales, pero no fue posible hacer ninguna evaluación al respecto debido a que el río ofrece, como se dijo anteriormente, variaciones muy bruscas en sus características por extracciones y descargas frecuentes hechas en forma no programadas.

Demanda Bioquímica de Oxígeno.- (5 días - 20°C)

La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) mide la deflexión del oxígeno que consumen los microorganismos para su desarrollo utilizando como alimento la materia orgánica. Las reacciones de oxidación, mediante las cuales los microorganismos degradan la materia orgánica a medida que la asimilan, transforma dicha materia en sustancias minerales, con lo cual el carbono y el nitrógeno de la materia carbonosa y de la proteica tienden a pasar a dióxido de carbono, agua y nitratos. El ensayo consiste en determinar el oxígeno disuelto antes y después del período de incubación de la muestra a 20°C, durante 5 días, pues se ha determinado experimentalmente que en 5 días la DBO ejercida es del 70% a 80% de la demanda total.

En cuanto a los resultados de la DBO de este Muestreo de Orientación dichos valores se encuentran representados en el gráfico de la Fig. 27.

Como se puede apreciar en la curva de DBO, existen tres máximos muy bien acentuados:

El primero corresponda al río Mapocho justo bajo el puente Pío Nono. En el punto 2 de la curva, encerrado en círculo, se ubica el lugar de muestreo antes de que el Mapocho reciba las aguas del Canal San Carlos. Allí se determinó una DBO de 19 mg/l que, siendo un valor bajo para el río, inutiliza de todas maneras el agua para abastecimiento de agua potable directa. El río Mapocho, al llegar al puente Pío Nono ha recibido todas las descargas de alcantarillado de ese sector (col. Vitacura, P. de Valdivia Norte) de tal manera, que

en ese lugar se manifiesta en toda su magnitud la oxidación de la materia orgánica. Por otra parte, se necesita un cierto tramo mínimo para que la actividad bacteriana se desarrolle y se manifieste.

Posteriormente, la materia orgánica es consumida, pero se incorporan al río nuevas cargas de desechos orgánicos aún cuando la anterior no se ha agotado, en tal forma que comienza a desarrollarse un nuevo ciclo de oxidación alcanzando su valor máximo después de la descarga del colector Quinta Normal y en que se incluyen, por supuesto, el efecto de todos los demás colectores anteriores (Ver Plano C).

La actividad bacteriana vuelve a aumentar en Rinconada de Maipú, aunque no en forma tan acentuada como en los dos casos anteriores debido a la dilución de las aguas servidas en dicho sector. El caudal detectado en Rinconada de Maipú, el día 4 de Enero, a las 12.45 hrs. fue de $15.4 \text{ m}^3/\text{s}$.

Posteriormente, comienza a decrecer la DBO y con ello la materia orgánica que ha sido en gran parte mineralizada.

En general, puede apreciarse que a lo largo de todo el curso del río se desarrolla una intensa vida bacteriana pese a que los resultados obtenidos en laboratorio no reflejan en su verdadera magnitud dicha actividad por cuanto no se estudió con anterioridad la influencia de interferentes, tales como el cobre, en la reducción del proceso mismo de depuración natural que se produce en el río.

La información de la DBO, como en el caso del OD y de la DR resultan, igualmente insuficiente para cuantificar el fenómeno de la reoxigenación de las aguas del río, pero si muy demostrativo para cualificar, aunque en forma relativa, la variación de la contaminación orgánica en el río Mapocho.

1.6.2.- DISCUSION DE LOS RESULTADOS EN RELACION A COMPUESTOS QUIMICOS NO-BIODEGRADABLES Y OTRAS CARACTERISTICAS.

En el gráfico de la Fig. 28 se han representado los valores de sólidos disueltos, dureza total y conductividad eléctrica (CE).

FIG. 28
RIO MAPOCHO 1972

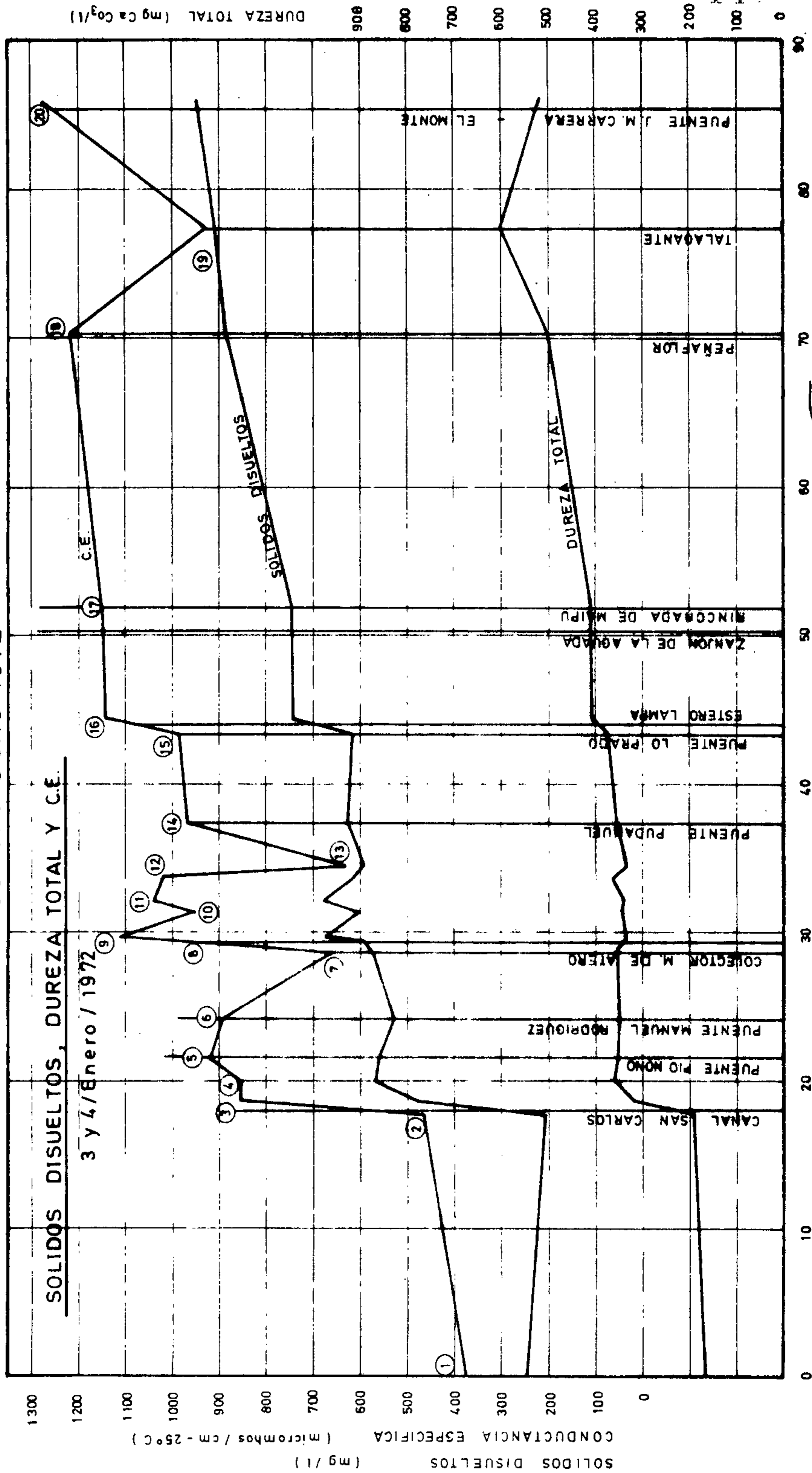


Fig 28

(Km)

En el gráfico de la Fig. 29 se representa la variación de los valores de sulfatos, cloruros, bicarbonatos y porciento de sodio.

En todas estas determinaciones químicas se aprecia la influencia de las descargas de aguas servidas y de residuos industriales líquidos en la calidad del agua del río. Es así como la concentración de estos parámetros se ven contínuamente aumentados a lo largo del curso del río desde Los Almendros hasta su desembocadura, no descartándose la posibilidad que su incremento también se deba a razones geoquímicas. Esto último puede ocurrir debido a que el agua, en su recorrido por la superficie y por el interior del suelo, encuentra a su paso estratos que contienen sales solubles capaces de ser disueltas. Como se aprecia en ambos gráficos (Fig. 28 y 29), existe una marcada influencia del estero Lampa no excluyendo la posibilidad de descarga de agua subterránea como se afirma en la referencia (14).

La concentración de sulfatos, que obedece a la consideración anterior, sufre una disminución en el puente Lo Espinoza y en Rinconada de Maipú, tal vez debido a sucesivas diluciones, pero siempre manteniendo la pendiente ascendente.

Las concentraciones de cloruros y de bicarbonatos mantienen invariablmente su tendencia a aumentar a lo largo del río lo que permite suponer que estos parámetros son acumulativos en gran medida.

El porcentaje de sodio (% Na), que implica concentración de Na, K, Ca y Mg en el agua, aumenta constantemente en valor, desde Los Almendros hasta el estero Lampa, en donde cambian las condiciones alcalinas del agua, tal vez por alguna recuperación de agua subterránea no determinada, pero a partir de Peñafior comienza a aumentar nuevamente.

La Conductancia Específica sufre innumerables variaciones entre el Canal San Carlos, lugar en donde aumenta violentemente la salinidad del agua del río, y el puente Lo Prado, pero siempre manteniendo un ritmo ascendente.

Prescindiendo de los lugares críticos, la concentración de sólidos disueltos tiene una marcada tendencia a aumentar lo mismo que los demás parámetros.

FIG. 29
RIO MAPOCHO 1972

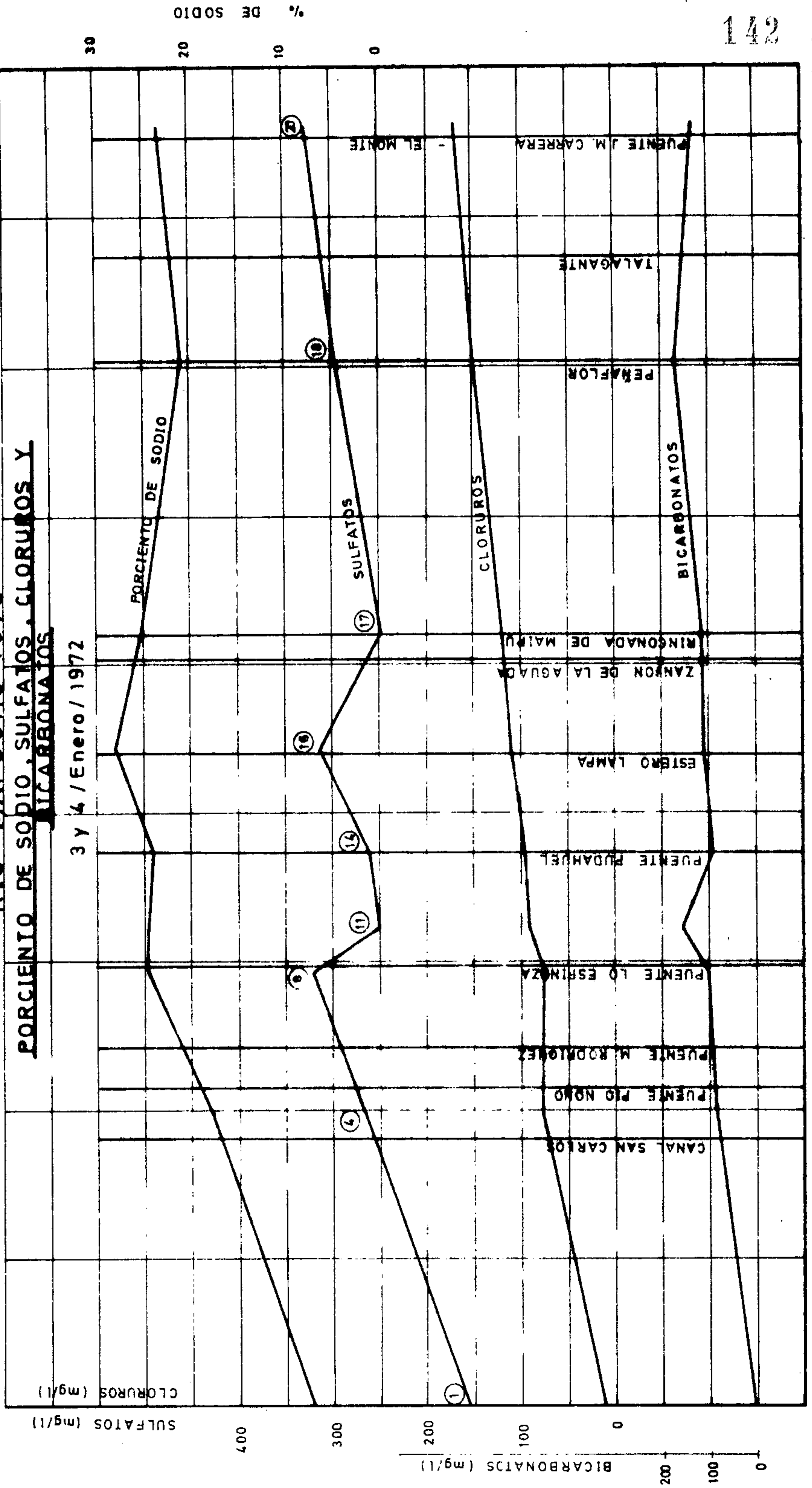


Fig 29

El agua del río, a medida que corre por su cauce, se va tornando cada vez más dura. Es necesario establecer se denomina "dureza" a todo ión metálico que al reaccionar con el jabón forma un compuesto insoluble; además, refleja la naturaleza de las formaciones geológicas en el cual el agua ha estado en contacto. Los principales cationes que producen dureza son el Calcio y el Magnesio que se incorporan en gran cantidad al río, como se puede apreciar a través del % de Na.

El U.S. Geological Survey ha clasificado las aguas por su dureza, como se indica en la siguiente Tabla.

TABLA Nº 1.6.2.-

CLASIFICACION DEL AGUA SEGUN SU DUREZA

Clase	mg/l Dureza como CaCO ₃	Calificación
1	0 - 55	Blanda
2	56 - 100	Débilmente dura
3	101 - 200	Moderadamente dura
4	201 - 500	Muy dura

En el caso del río Mapocho, los valores de dureza oscilan entre 170 mg/l y 600 mg/l de CaCO₃. En la primera sección legal del río, el agua se puede calificar como de "moderadamente dura" (168 y 192 mg/l), en cambio, a partir del Canal San Carlos hasta su desembocadura, el río presenta valores de dureza todas superiores a 300 mg/l lo que le confiere la característica de agua "muy dura" o "extremadamente dura".

El Zanjón de la Aguada también se caracteriza por presentar un agua demasiado dura con 680 mg/l de dureza como CaCO₃.

Se ve claro que el Canal San Carlos provoca un aumento notable en los valores de los sólidos disueltos, dureza total y conductancia específica, en cambio, el aporte del Zanjón de la Aguada mantiene inalterable los valores de todos los parámetros discutidos.

A manera de información preliminar se presentan los valores extremos probables (NMP), detectados en laboratorio,

del Índice Coli fecal, para los dos tramos del río Mapocho que se indican:

<u>Tramo del río</u>	<u>Índice Coli fecal</u>	
	<u>Máximo</u>	<u>Mínimo</u>
1) Desde Los Almendros hasta el puente Manuel Rodríguez	$4,5 \times 10^{11}$	$2,4 \times 10^3$
2) Desde el puente Pudahuel hasta puente Pelvín (Peña flor)	6×10^3	6×10^6

En el gráfico de la Fig. 30 se observa que el 2º tramo del río pareciera tener un NMP de bacterias Coli fecal menor que el 1er. tramo, pero debe considerarse el factor dilución del río en dicho sector.

Se deja constancia que, en base a los resultados de este muestreo, se programó el muestreo en que se determina la variación horaria de la contaminación del río (Cap. 2, II Parte) y de un tercer muestreo ampliado a siete días y en cuatro lugares diferentes del Mapocho, materia del Cap. 1, III Parte.

FIG. 30
RIO MAPOCHO - 1972

VARIACION DE LA CONTAMINACION BACTERIOLOGICA

3 y 4 / Enero / 1972

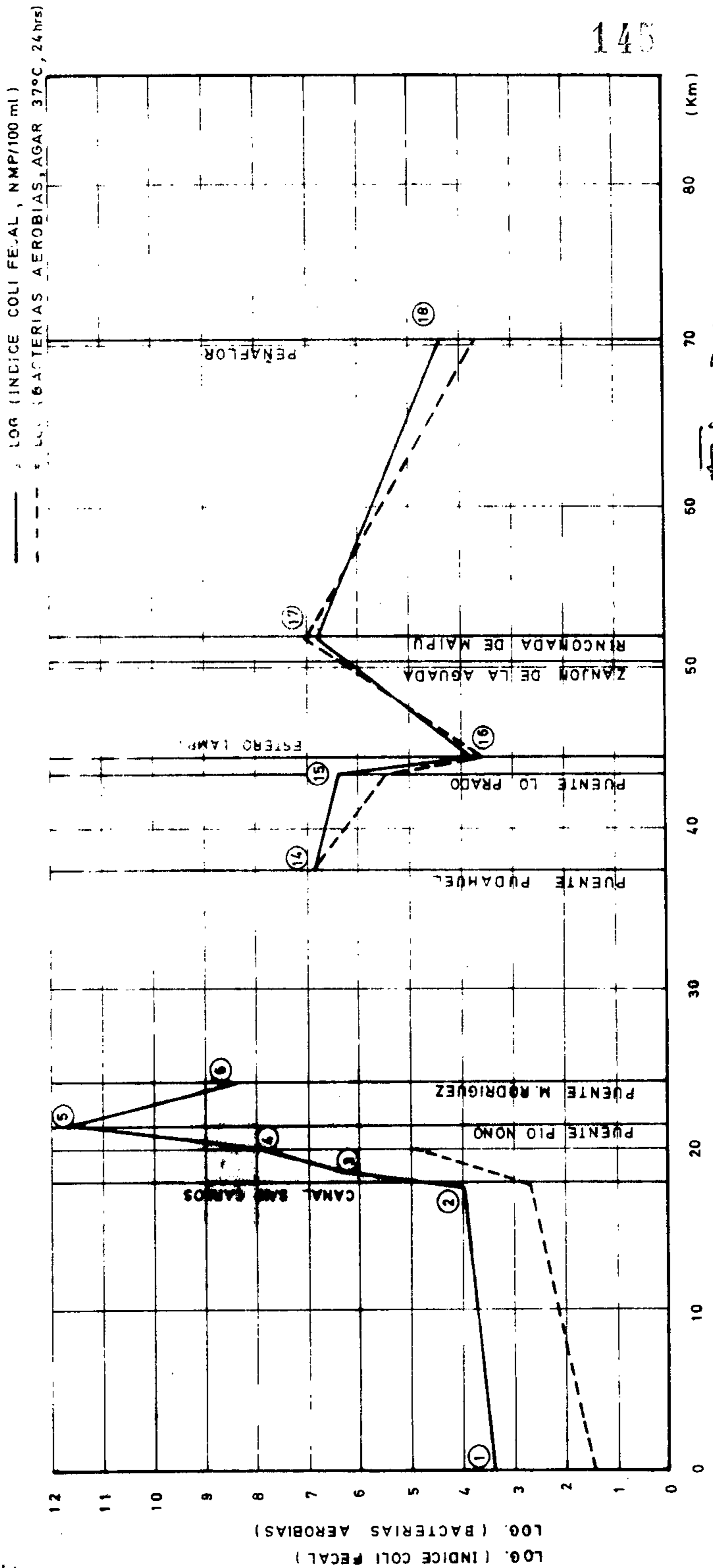


Fig 30

CAPITULO 2.-VARIACION HORARIA DE LA CONTAMINACION EN
EL RIO MAPOCHO2.1.- OBJETIVO Y LUGAR DE MUESTREO.-

El objetivo principal de este muestreo, programado y realizado el día 26 de Abril de 1972, fue conocer la hora de máxima contaminación que experimenta el río Mapocho como producto de las diversas descargas de efluentes urbanos y de residuos industriales líquidos. Para lograr dicho objetivo se programó un muestreo sucesivo de 24 horas para un día pre determinado de modo que los resultados que arrojará dicho muestreo fueran representativos de la carga orgánica y mineral que conduce el río.

Conocer la hora de máxima contaminación permitiría planificar un nuevo trabajo de muestreo más amplio aún que comprendiera los siete días de la semana en las condiciones más desfavorables que presenta el río.

De acuerdo a los antecedentes que se disponían al respecto, en el muestreo general de Orientación, realizado los días 3 y 4 de Enero de 1972 y, posteriormente en el trabajo realizado por la Sección Ingeniería Sanitaria, U. de Chile, en los meses de Marzo y Abril de 1972 (49) sobre el río Mapocho en la bocatoma del Canal Las Mercedes, permitieron elegir el sector de Rinconada de Maipú, aguas abajo de la descarga del Zanjón de la Aguada, como el más apropiado para realizar este trabajo.

2.2.- DETERMINACIONES REALIZADAS EN TERRENO Y LABORATORIO.-

La ubicación exacta para muestrear, durante 24 horas continuadas, fue el lugar en donde existen las obras de toma del Canal Las Mercedes, justo sobre el vertedero de rebalse.

El trabajo in situ consistió en extraer del río una muestra simple de agua cada 2 horas, iniciándose el muestreo a las 0.0 horas y finalizando a las 24 horas del día 26.

de Abril de 1972.

La coordinación del muestreo estuvo a cargo de la Sección Ingeniería Sanitaria de la U. de Chile, en conjunto con el Departamento de Salud Pública y Medicina Social, U. de Chile.

Participaron activamente en la coordinación de este muestreo los siguientes profesionales.

Sra. María Eugenia Alarcón	SNS
Sr. José Avendaño	SNS
Sra. Ada González	Depto. SP, y MS.
Sr. Raúl Merino	CORFO/SIS
Sr. Néstor Montiel	SIS
Sr. Juan P. Schifini	SIS

En la toma de muestras se contó además con la participación del Sr. Jorge Castillo (SIS) y del Sr. Hernán Jiménez (SNS).

Los análisis estuvieron a cargo del laboratorio del Departamento de Salud Pública y Medicina Social, Facultad de Medicina, U. de Chile, y fueron procesados por la Sra. María Eugenia Alarcón.

Las determinaciones analíticas realizadas comprenden la "clasificación de sólidos":

Residuo total a 180°C, Fijo y Volátil
 Residuo filtrable a 180°C, Fijo y Volátil
 Residuo no filtrable, Fijo y Volátil

2.3.- DISCUSION DE LOS RESULTADOS DEL MUESTREO.-

Los valores determinados en laboratorio de ~~la Clasificación de Sólidos~~ se encuentran contenidos en la Tabla Nº 2.3.1.

En el gráfico de la Fig. 31 se representan, en función de las horas de muestreo, los valores de sólidos totales, disueltos y suspendidos, en mg/l.

Observando las curvas se desprende inmediatamente la respuesta que satisface con el cometido de este muestreo:

FIG. 31
 RIO MAPOCHO 1972
 SOLIDOS TOTALES, DISUELTOS Y SUSPENDIDOS
 EN BOCATOMA CANAL LAS MERCEDES (Rinconada de
 Maipú.)
 26 - Abril - 1972

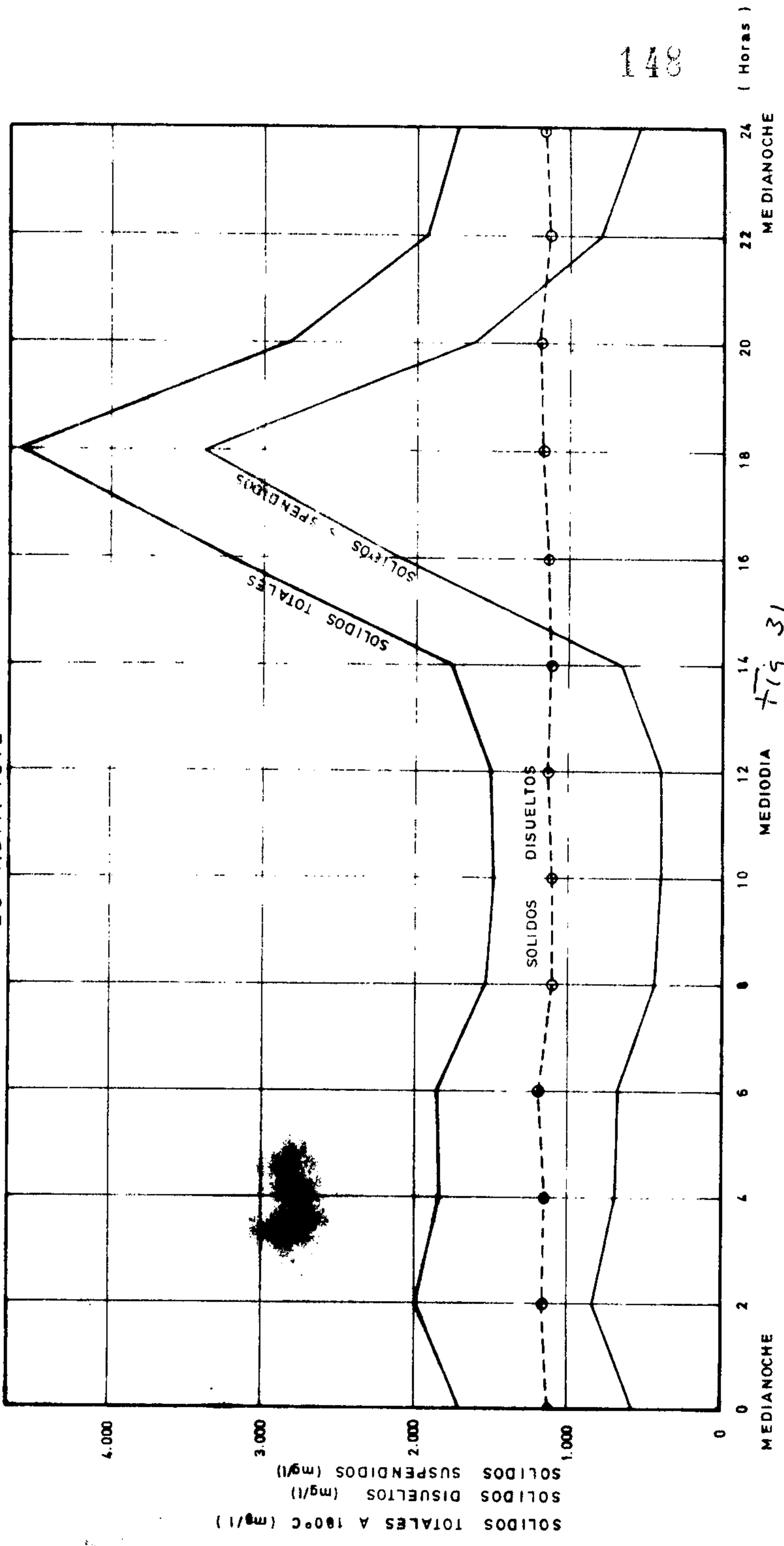


Fig 31

MEDIANOCHE

MEDIODIA

MEDIANOCHE

(Horas)

la máxima concentración de sólidos en el río Mapocho se produce alrededor de las 18 horas y en forma, por lo demás muy notoria. Naturalmente, esta afirmación no puede ser definitiva ya que este trabajo de terreno duró sólo un día y los resultados son insuficientes para emitir un juicio al respecto; sin embargo, se pueden hacer algunas observaciones con cierto apoyo experimental:

- a) Este máximo corresponde solamente a los residuos totales y suspendidos, en cambio, los sólidos disueltos se mantienen inalterables en un mismo valor que oscila entre 1104 y 1195 mg/l, para este caso.
- b) Probablemente, estos máximos se producen por los emisarios de alcantarillado que sirven a la población durante el día y cuyo efecto, a través del río, se viene a manifestar en Rinconada de Maipú entre las 16 y las 20 horas.
- c) Los sólidos disueltos pueden provenir de diversas fuentes en forma no controlada y difícil de detectar: disolución de sedimentos rocosos, descarga de aguas subterráneas, efluentes urbanos, desintegración y parcial solubilización de los sólidos en suspensión, descargas de residuos industriales líquidos, etc.
- d) En la misma Tabla Nº 2.3.1., observando los valores de concentración de los sólidos, se aprecia una gran diferencia entre residuos fijos y volátiles. Los residuos volátiles, que están constituidos principalmente por materia orgánica, proporciona una medida de la concentración cloacal, así como de aquella parte que puede entrar en putrefacción. Los sólidos fijos proporcionan una medida de la materia mineral que puede contener un agua.

7

En la hora de máxima contaminación del río:

- para los sólidos totales, la proporción entre volátil y fijo es de aprox. 1 : 11
- para los sólidos disueltos, la proporción entre volátil y fijo es de aprox. 1 : 8
- para los sólidos suspendidos, la proporción entre volátil y fijo es de aprox. 1 : 12

Consecuente con los valores de la Tabla, los sólidos

TABLA Nº 2.3.1.-

RESULTADOS DE "CLASIFICACION DE SOLIDOS" PARA DIFERENTES HORAS, EN EL RIO

MAPOCHO

(26 Abril 1972)

Estación: Bocatoma Canal Las Mercedes

DETERMINACION EN (mg/l)	HORA DE MUESTREO												
	0:00	2:00	4:00	6:00	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	20:00	22:00	24:00
Residuo total a 180°C	1714	1998	1825	1851	1532	1492	1505	1765	3234	4572	2826	1929	1724
Residuo fijo total	1547	1806	1278	1685	1386	1354	1359	1621	2963	4187	2569	1760	1538
Residuo volátil total	167	192	547	166	146	138	146	144	271	385	257	169	186
Residuo filtrable a 180°C	1132	1159	1140	1191	1104	1108	1124	1112	1124	1174	1195	1135	1167
Residuo fijo filtrable	1031	1058	1078	1070	996	979	1037	995	1018	1049	1064	1005	1046
Residuo volátil filtrable	101	101	62	121	108	129	87	117	106	125	131	130	121
Residuo no filtrable	582	839	685	660	428	384	381	653	2110	3398	1621	794	557
Residuo fijo no filtrable	516	748	200	615	390	375	322	626	1945	3138	1505	755	492
Residuo volátil no filtrable	66	91	485	45	38	9	59	27	165	260	126	39	65

dos fijos superan constantemente a los volátiles y esto nos indica que, a pesar de la contaminación orgánica que presenta el río Mapocho a través de todo su curso, es la mineral la que prevalece, ya que se trata de un río en donde existe un caudal suficiente como para producir una gran dilución de la carga orgánica descargada.

2.4.- VARIACION HORARIA DE LA DBO, OD Y COLI FECAL.-

La Sección Ingeniería Sanitaria de la U. de Chile realizó, durante los meses de Marzo y Abril de 1972, algunos muestreos puntuales de agua en el Canal Las Mercedes y en la zona del río Mapocho en correspondencia a la bocatoma del Canal (49). Del Informe sobre resultados y análisis de muestreos de agua se han extraído algunos valores de DBO, OD y Coli fecal que permiten establecer, a priori, la variación horaria que experimentan estas determinaciones en el río Mapocho, sector de Rinconada de Maipú.

El Cuadro "a" del Anexo contiene los valores de O.D. para diferentes horas de muestras simples tomadas los días 8 y 9 de Marzo de 1972. En el mismo Cuadro se tabulan los resultados de O.D. en un lugar del río Mapocho ubicado antes del Zanjón de la Aguada y para diferentes horas del día 9 de Marzo.

En el gráfico de la Fig. 32 se representan los valores de O.D. para los dos lugares antes mencionados. De acuerdo a la variación horaria que se advierte en el oxígeno disuelto, este parámetro experimenta, como era previsible, una notable diferencia entre el día y la noche. Entre las 18:00 y las 9:00 horas (noche) los valores de OD se mantienen bajos, en cambio, en las horas del día los valores de OD aumentan, indicando con este comportamiento, la influencia de la luz solar y, por ende, de la acción fotosintética de algunas algas que con su metabolismo asimilan dióxido de carbono y liberan oxígeno. Aunque se disponen de pocos antecedentes de terreno, es posible apreciar la misma tendencia entre ambas curvas de OD. correspondientes a la bocatoma del Canal Las Mercedes y del lugar ubicado antes del Zanjón de la Aguada, aún cuando no es posible su evaluación numérica.

- pag 258

El Cuadro "b" del Anexo contiene los resultados de la DBO determinada con resina, para diferentes horas, de muestras simples tomadas los días 13 y 14 de abril de 1972 en el vertedero de rebalse de la bocatoma del Canal Las Mercedes. Los valores de DBO con resina tienen un mayor grado de confiabilidad por cuanto se considera que estos resultados no contienen un gran factor de interferencia producido por metales pesados (Cu) sobre el proceso de depuración natural del río. (5)

La variación horaria de la DBO se representa en el gráfico de la Fig. 33. Los valores máximos se producen entre las 14:00 y las 4:00 horas, produciéndose el peak entre las 20:00 y 24:00 horas. La curva de la DBO bosquejaría aparentemente un ciclo de variación de 24 horas en que, el mínimo ocurriría a las 8:00 de la mañana y el máximo, a las 22:00 horas. Sin duda alguna, esta afirmación debe condicionarse a un trabajo de muestreo más exhaustivo.

- pag 258

El Cuadro "c" del Anexo contiene los resultados de Coli fecal para diferentes horas de muestras simples llevadas a cabo el día 3 de Abril de 1972 en la bocatoma del Canal Las Mercedes. Sus valores correspondientes se representan, traducidas a logaritmo, en el gráfico de la Figura 34.

FIG. 33

RIO MAPOCHO 1972

VARIACION HORARIA DE LA D.B.O.
 (tratamiento con resina)
 13-14 de Abril

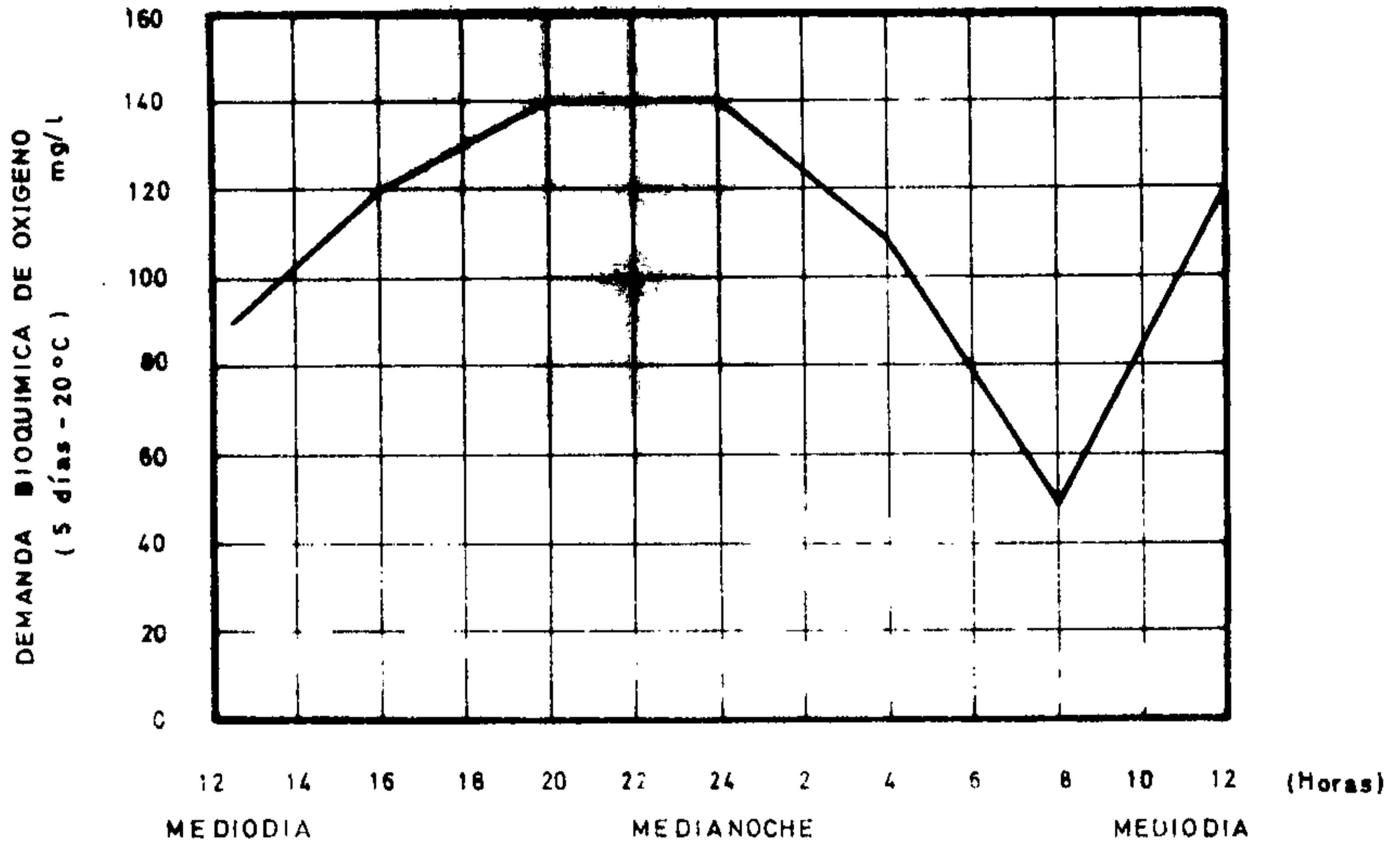
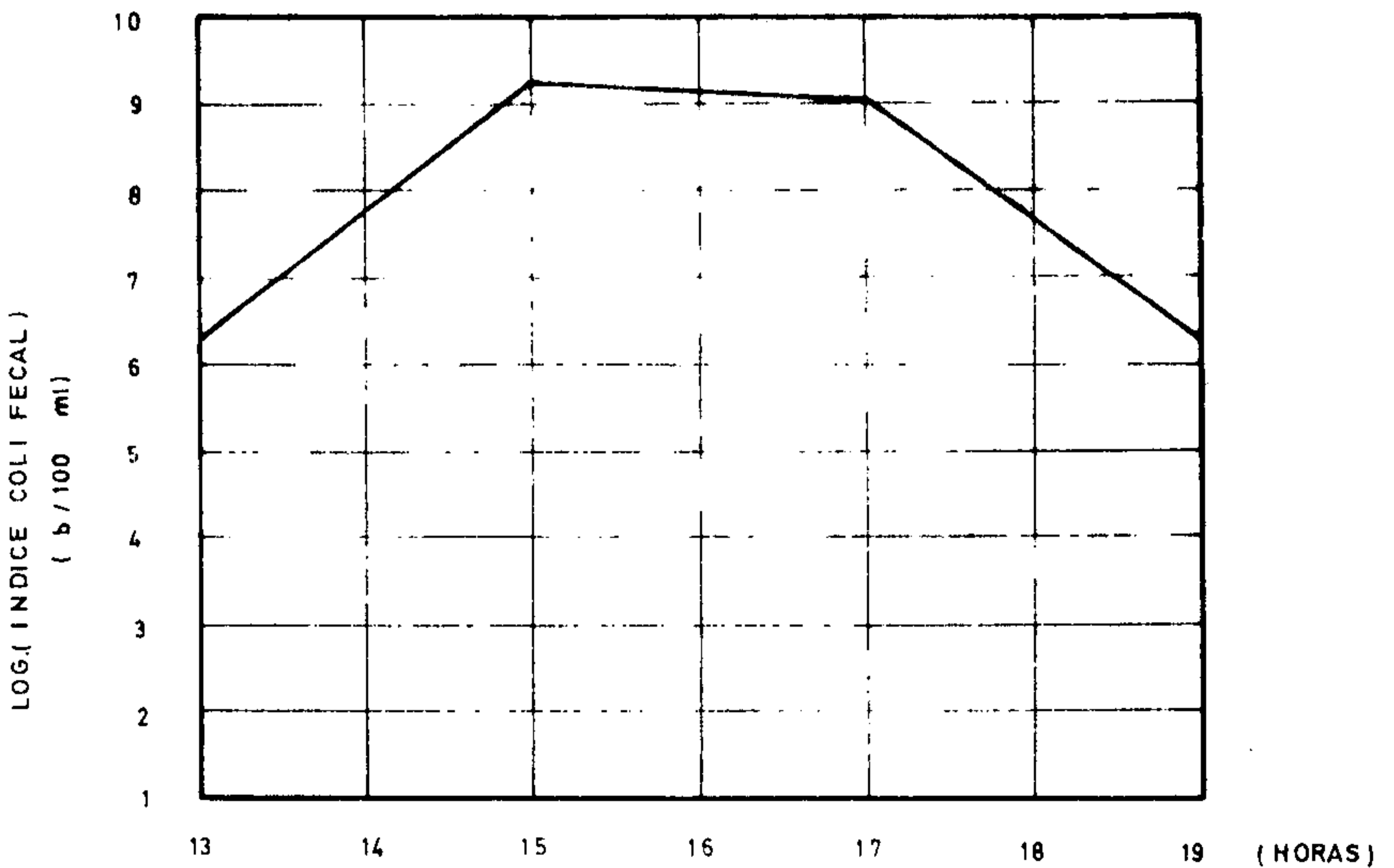


FIG. 34

VARIACION HORARIA COLI FECAL.
 3 Abril 1972



TERCERA PARTE

ESTUDIO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS DEL RIO
MAPOCHO

- CAP. 1.- MUESTREO AMPLIADO EN EL RIO
MAPOCHO.- ANALISIS DE SUS AGUAS.-
DISCUSION DE RESULTADOS.
- CAP. 2.- APTITUD DEL AGUA DEL RIO MAPOCHO
EN SU EMPLEO PARA LOS USOS CONVE
NIDOS Y PREVISTOS SEGUN CRITERIOS
Y NORMAS DE CALIDAD DE USO DEL
AGUA.
- CAP. 3.- CANTIDAD DE MATERIAL CONTAMINANTE
EN EL RIO MAPOCHO.
- CAP. 4.- BASES PARA UNA ADECUADA PLANIFICA-
CION EN EL USO DE LAS AGUAS DEL
RIO MAPOCHO.

CAPITULO 1.-MUESTREO AMPLIADO EN EL RIO MAPOCHO.- ANALISIS DE
SUS AGUAS.- DISCUSION DE RESULTADOS1.- PROPOSITOS.-

La finalidad de este trabajo de muestreos y análisis de la calidad del agua del río Mapocho fue obtener antecedentes que sirvieran de base para la planificación futura del uso del agua del río. En especial, se ha tenido en cuenta la posibilidad de uso del agua para regadío y uso industrial, así como los inconvenientes que se tendrían para su empleo como fuente de abastecimiento de agua potable sujeta a tratamiento; su aptitud para la recreación, para el mantenimiento de la vida acuática y su descarga a reservorios y/o lagos.

2.- PLANIFICACION Y DESARROLLO DEL TRABAJO EN EL RIO MAPOCHO.-

En los meses de Mayo y Junio de 1972 se realizaron muestreos sistemáticos en cuatro lugares diferentes del río Mapocho y en uno del Zanjón de la Aguada. El tramo del río Mapocho estudiado se encuentra comprendido entre el Canal San Carlos y la bocatoma del Canal Las Mercedes. Dicho muestreo se efectuó en diferentes días de dos semanas de trabajo y que, en conjunto correlaciona la secuencia de los siete días de una semana, teniendo en cuenta además, la hora más probable en que se produciría la mayor contaminación y siguiendo, en lo posible, la misma masa de agua que se desplazó por el río.

2.1.- DESCRIPCION DE LOS LUGARES DE MUESTREO.-

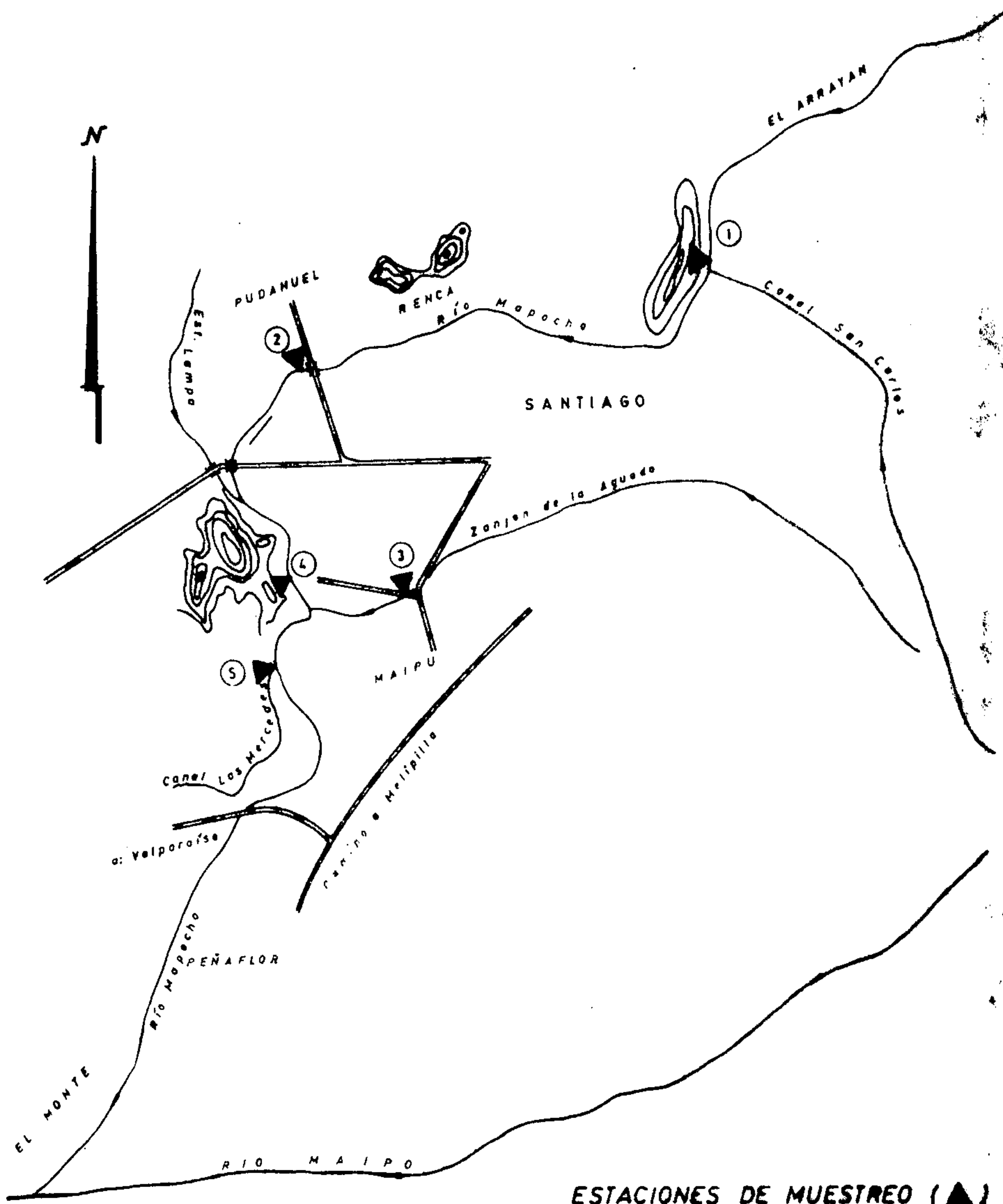
En la figura 10 se encuentra esquemáticamente la ubicación relativa del río Mapocho, del Canal San Carlos, del Zanjón de la Aguada y de parte del Canal Las Mercedes, además del estero Lampa. Asimismo se indica, en triángulo, la ubicación de las estaciones de muestreo en el río Mapocho y en el Zanjón de la Aguada. Los lugares muestreados y la hora correspondiente de toma de muestras se encuentran consignados en la Tabla Nº 2.2.1.-

2.2.- ITINERARIO DE MUESTREO.-

Con el itinerario indicado en la Tabla Nº 2.2.1 se pretendió muestrear la misma masa de agua que pasa por cuatro lugares determinados del río Mapocho, tomando una velocidad media estimada del agua del río equivalente a 3,6 Km/hora. La misma consideración se hizo respecto al Zanjón de la Aguada que confluye al río Mapocho en el sector denominado Rinconada de Maipú.

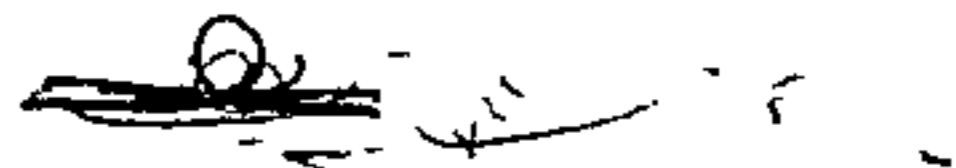
Los lugares de muestreo fueron elegidos en función de los antecedentes registrados con anterioridad al presente estudio y a los resultados de los muestreos practicados con esta misma finalidad en los meses de Enero y Abril.

ESQUEMA DE LA UBICACION
DEL RIO MAPOCHO, CANAL SAN CARLOS,
ESTERO LAMPA, ZANJON DE LA AGUADA
Y CANAL LAS MERCEDES



ESTACIONES DE MUESTREO (▲)

- ① MAPOCHO ANTES CANAL SAN CARLOS
- ② MAPOCHO EN PUENTE PUDAHUEL
- ③ ZANJON DE LA AGUADA EN PAJARITOS
- ④ MAPOCHO DESPUES PUNTILLA LA AFRICANA
- ⑤ MAPOCHO EN BOCATOMA CANAL LAS MERCEDES.



Contenidos de la cuenca

- erosión Antropica
- deforestación
- TURISMO
- Minería ~~casas~~ afecta al río Apurabo (relieve)
- áreas protegidas (Río Chullu)

SEREMI de Vivienda ~~de~~ Espinoza

HIA del Río Apurabo y sus Puentes" Boqueñon de
La Cuesta Oscura

Escuela Arquitect
Proyecto

S 72598
B726 H. 1959

El Apurabo Río origen de Stgo. Mules y Tumbes

S
551.483
C 346 H
1983

Seminario de Título

3/Sept/90

→ Área de estudio... DETERMINAR.

Desde su NACIÓ. hasta su desembocadura ^{Carb}
(San Juan de la Guardia) ₆₀₀₀

but
tristes

3 pisos en el río. tipo de but central

3 ambientes geomorfológico

1º piso hasta 900 mt

2º 900 hasta 2000 mt

nivel Pluvial

→ **SEREMI**
71 NISJ viviendas

3º piso + de 2000 mt tipo nivel

→ trabajos con 4º radios máx y mín.

Nestor Gallé → Mensur. inundaciones de 1000 Bz
Espinoza → Divc.

Acción Antecípica

Cualificación → (obras de contención, trasvases → (no significa q) modifique el curso del río)

Constru de puentes

Control de hidrala

Exposición urbana hacia el río tipo de

Riego (Aren q se repa el río n)

H₂O potable

Cambios en el curso.

→ Todo relacionado con el cruce de la r^o

TABLA Nº 2.2.1.-

ESTACION DE MUESTREO	Distancia acumulada (Km)	Vel. estimada (Km/h)	Tiempo (hrs.)	Hora de muestreo
1.- Río Mapocho antes del Canal S. Carlos	0,0	3,6	5h.23'	8.20
2.- Puente Pudahuel	19,4	3,6	3h.18'	13.40
3.- Aguas abajo Puntilla Mina de La Africana	31,3	3,6	1h.03'	17.00
4.- Bocatoma Canal Las Mercedes	35,1	-	-	18.00
SUMA	35,1		10h.11'	
5.- Zanjón de la Aguada en Pajaritos	4,3 (al río Mapocho)	3,6	1h.15' (para llegar al río Mapocho)	16.00

NOTAS:

- La estación de muestreo ubicada aguas abajo de la Puntilla de la Mina de La Africana está próxima al lugar de confluencia del Zanjón de la Aguada con el río Mapocho (1,2 Km. distancia) con lo cual se estima un tiempo de escurrimiento del río de aproximadamente 20 minutos. En virtud de ello, se consideró que la masa de agua en estudio pasa por el punto de confluencia a las 17.20 hrs. de modo que a esta hora se le descontó 1 h.15' que es el tiempo en que se demora el agua del Zanjón de la Aguada en trasladarse de Pajaritos al río Mapocho.
- La hora 18 hrs. en que se tomó muestras en la bocatoma del Canal Las Mercedes, se fijó en atención a los resultados analíticos obtenidos a través de un muestreo realizado anteriormente en dicho lugar, el día 26 de abril de 1972, y en el cual se muestreó el agua del río cada dos horas durante un día completo. En este trabajo se demostró, en base a la medición de sólidos totales volátiles, que la hora de más alta contaminación del río Mapocho, en dicho lugar, ocurre precisamente alrededor de las 18 hrs. En virtud de lo anterior, se estima que el muestreo se realizó con las condiciones en que el río presentaba su mayor contaminación.

2.3.- DIAS DE MUESTREO.-

En reunión efectuada con los profesionales químicos que tomaron a cargo los análisis de las muestras procedentes de los cinco puntos señalados en la Tabla Nº 2.2.1., se constató que sólo era posible recibir muestras día por medio con el fin de evitar la retención de las mismas. De este modo, se planificó un programa de muestreo en días alternados durante dos semanas, a saber: Lunes 22 de Mayo, Miércoles 24, Viernes 26, Domingo 28, Martes 30, Jueves 1º y Sábado 3 de Junio de 1972, constituyendo de este modo, un muestreo diario durante el ciclo mínimo de una semana.

2.4.- LABORATORIOS PARTICIPANTES.-

La Tabla Nº 2.4.1. contiene los diversos parámetros que se determinaron en laboratorio de las muestras puntuales tomadas en cuatro lugares diferentes del río Mapocho y en el Zanjón de la Aguada, en Pajaritos, para siete días correlativos de la semana. Las determinaciones analíticas se distribuyeron por laboratorio como se indica en dicha tabla.

TABLA 2.4.1.-

DISTRIBUCION DEL TRABAJO ANALITICO POR LABORATORIOS

LABORATORIO SECCION ING. SANIT.	LABORATORIO DEPTO. S.P y M.S.-U. de Chile	LABORATORIO CORFO División Minería
D.B.O.	Residuo total	Calcio
D.Q.O	Residuo disuelto	Magnesio
D.D.	Residuo suspendido	Sodio
Nitrógeno total Kjeldahl	Fenoles	Potasio
Fosfatos	Cloruros	Carbonatos
Detergentes	Nitrógeno de nitritos	Bicarbonatos
Cond. Específica	Nitrógeno de nitratos	Sulfatos
Fierro total (x)	Cobre	pH (laboratorio)
Indice Coli, Tipo I	Cromo hexavalente (x)	
Salmonellas		

(x) Las muestras para determinar Fierro y Cromo hexavalente fueron obtenidas en envases que contenían reactivos preservativos apropiados.

2.5.- PARAMETROS ELEGIDOS Y SU JUSTIFICACION.

La Tabla Nº 2.4.1. indica todas las determinaciones que se realizaron en un laboratorio para las muestras tomadas en las distintas estaciones de control del río Mapocho y del Zanjón de la Aguada. De un total de 27 determinaciones, que incluye a las de terreno, sólo se justificarán 13 de ellas por cuanto los valores de éstas se encuentran sobrepasados respecto a los límites tolerados por los Criterios y Normas de uso del agua. Al respecto, cabe hacer presente que los caudales medidos con ocasión de los muestreos de este estudio resultaron del mismo orden de los que, en condiciones normales, presenta el río. Por lo tanto, es pertinente haber hecho esta selección de parámetros que se comentan a continuación (véase Cuadro C): *Pág 270*

Oxígeno Disuelto (OD).- La presencia de oxígeno disuelto en el agua es una condición fundamental para el desarrollo de las formas de vida acuática (5 mg/l de OD como mínimo), vegetal y animal que evitan la descomposición anaeróbica y pútrida de la materia orgánica que descarga los afluentes residuales al curso receptor. Valores bajos de OD determinan condiciones sépticas y contaminación excesiva del río.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).- Es una prueba de laboratorio que mide, en condiciones normalizadas, la cantidad de oxígeno necesaria para la estabilización de la materia orgánica biodegradable por la acción bacteriana, en condiciones aeróbicas. Es una medida general de la cantidad de materia oxidable presente en el agua y, por ende, de la contaminación.

La DBO y el OD, en conjunto, califican el grado de contaminación biológica y la capacidad de autodepuración del curso receptor en relación a materia biodegradable presente.

Nitrógeno total Kjeldahl (N orgánico + N amoniacal).- La presencia del nitrógeno amoniacal en el agua es considerada como evidencia de contaminación debida a aguas servidas, salvo que se haya empleado amoníaco en algún proceso industrial. El nitrógeno orgánico da una información aproximada del nitrógeno proteico presente en el agua el que proviene principalmente de la actividad biológica normal del medio acuático.

Nitrógeno de nitritos.- Es un estado del ciclo del nitrógeno y existe en las aguas como producto intermedio de un proceso de oxidación o reducción. Su presencia indica contaminación y se acepta como máximo tolerable hasta 0.004 mg/l cuando el agua va a ser usada en el suministro de agua potable.

Fosfatos.- Su importancia reside en que es un nutriente esencial para el crecimiento de plantas, animales (microorganismos). Las fuentes de contaminación son muchas y, en especial, los fertilizantes y detergentes. Los fosfatos se depositan y no permanecen mucho tiempo en solución.

Se ha encontrado además que se presenta eutroficación en lagos y este hecho se manifiesta por un desarrollo exagerado de algas y material herbáceo como efecto de los nutrientes (fósforo y nitrógeno) contenidos en las aguas servidas y ríos excesivamente contaminados.

Detergentes.- Los que están preparados a base de alquil-benceno-sulfonatos, como es lo que sucede en Chile, no son biodegradables y comunican sabores perceptibles en concentraciones de 1.5 mg/l. Su presencia resulta estéticamente inadecuada por la formación de espuma en concentraciones mayores a 0.5 mg/l de ABS. Además, cuando están en exceso, pueden producir algunos efectos tóxicos en la vida acuática y reducir las tasas de reaeración.

Los sólidos.- En sus diversas formas, indican las dificultades generales que se tendrían en una Planta de Tratamiento de agua.

Los sólidos totales.- Dan un criterio general de la cantidad de materia existente en un agua.

Sólidos suspendidos.- Dan una idea aproximada del volumen de los sólidos que se pueden tratar y cuya disminución o ausencia es siempre conveniente.

Sólidos disueltos.- Son aquellos residuos que forman con el agua una mezcla íntima molecular constituyendo una solución verdadera. No pueden ser removidos por métodos físicos.

Fenoles.- Los compuestos fenólicos causan problemas al combinarse con el cloro utilizado para desinfección del agua destinada a consumo doméstico; en este caso, el sabor es percepti-

ble en concentraciones tan bajas como 0,002 mg/l de fenol debido a la formación de clorofenoles que se caracterizan por su intenso sabor y olor. El fenol de por sí produce sabor cuando su concentración alcanza a 7 mg/l aproximadamente. Los compuestos fenólicos pueden provehir de contaminaciones por desagües de industrias químicas.

Metales pesados.- Se realizaron únicamente las determinaciones de cobre, hierro y cromo que, en cantidades excesivas son tóxicos. Podrían haberse medido otros metales tóxicos además, pero problemas de capacidad de trabajo habrían alargado excesivamente el muestreo. Estos elementos provienen principalmente de los residuos de algunas de las distintas industrias de Santiago.

Coliformes fecales (Escherichia Coli, tipo I).- Este microorganismo es un huésped normal del tracto intestinal de los animales de sangre caliente y corresponde al 90% de la flora intestinal (Coliformes totales). De allí la importancia de su búsqueda en las aguas, pues su presencia es una evidencia de contaminación.

La contaminación fecal no indica necesariamente que existan bacterias patógenas sino que advierte la potencialidad de su presencia. En concentraciones normales los Coliformes fecales presentan baja patogenicidad, pero no ocurre con valores de alta tasa ya que, en este último caso, se producen diarreas infantiles e infecciones urinarias.

La tendencia moderna, en la estimación de la calidad bacteriológica de las aguas, es determinar este tipo de microorganismos (65) y (66).

Salmonellas.- El intestino del hombre y de los animales es un reservorio natural de las diferentes especies de Salmonellas y el agua juega un rol importante en su transmisión. Estos microorganismos son los responsables de enfermedades entéricas tanto en el hombre como en los animales: fiebre tifoidea, paratifoidea y gastroenteritis infecciosa (65).

3.- RESULTADOS OBTENIDOS EN TERRENO Y LABORATORIOS.-

Pág 260 259
 El Cuadro A del Anexo contiene todos los valores de los análisis realizados, tanto en terreno como en laboratorio (análisis físico-químicos y bacteriológicos) de las muestras simples tomadas en cuatro estaciones del río Mapocho y una en el Zanjón de la Aguada los días 22, 24, 26, 28, 30 de Mayo, 1 y 3 de Junio de 1972, configurando de esta manera un muestreo que corresponde a los siete días correlativos de la semana.

A partir de los valores de los parámetros contenidos en el Cuadro A se confeccionaron los Cuadros B, C y D del Anexo.

Pág 266
 En el Cuadro B se presentan las características principales de los análisis físico-químicos y bacteriológicos determinados en función de los valores máximos, mínimos y medios para cada estación de muestreo, concentrando en ellas los diversos valores registrados en los siete días de trabajo.

Pág 270
 En base al Cuadro B se confeccionó el Cuadro C que contiene las características físico-químicas y bacteriológicas de las aguas del río Mapocho y cuyos valores excesivos son objetados por los Criterios y Normas de calidad de uso del agua: Abastecimiento de agua potable, sujeto a tratamiento; riego para verduras y similares, masas de agua receptoras de aguas servidas (lagos, por ejemplo) y abastecimiento de tipo industrial (4). En este Cuadro se consideraron para los Criterios y Normas los valores máximos tolerados y, en algunos casos, los máximos recomendables y, para los diversos lugares de muestreo, los valores máximos de determinación señalados en el Cuadro B.

Pág 271
 El Cuadro D indica la frecuencia con que están excedidos, en porcentaje, los valores máximos tolerados por los Criterios y Normas de calidad del agua según sus usos con las diversas determinaciones contenidas en el Cuadro C, y para cada estación correspondiente al río Mapocho. Los porcentajes fueron calculados en base a la ocurrencia de los valores excedidos respecto al número de observaciones que fueran, según los casos, seis o siete (número de días muestra).

4.- DISCUSION DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN BASE A "CUALIGRAMAS".-

El Cuadro C nos indica que, para diversos usos del agua del río, los valores de los parámetros que deben cumplir con un máximo prescrito por los Criterios y Normas de calidad se exceden en algunos casos dependiendo del lugar y del uso del cual quiera hacerse. De esta forma, los elementos cuyos valores se exceden indiscutiblemente en un amplio rango son: DBO, sólidos totales, disueltos y suspendidos, nitrógeno de nitritos, nitrógeno total Kjeldahl, cromo hexavalente, fosfatos, detergentes, fenoles y bacterias Coli fecales, además de la presencia de Salmonellas, (3) y (4).

Para analizar algunos de estos parámetros, considerando sólo aquellos de mayor importancia, se han confeccionado "cualigramas" que corresponden a una representación gráfica de tres variables en dos planos perpendiculares entre sí, como se ilustra en las figuras del 1 al 9.

En el plano vertical se presentan las coordenadas de los diversos valores, en mg/l, que puede adoptar un parámetro seleccionado (DBO, SD, ABS, etc.) y la distancia del río a partir de un cierto punto de referencia. En nuestro caso, el lugar de origen elegido fue el ubicado aguas arriba de la confluencia del Canal San Carlos con el río Mapocho.

En el plano horizontal, se dibujaron las coordenadas de los siete días de la semana y la ubicación precisa de las cuatro estaciones de control.

En conjunto, el cualigrama nos da la variación de los valores de un cierto parámetro seleccionado en función de los días de la semana y para cada uno de los lugares de muestreo en el curso del río. Así es como se presentan los cualigramas referentes a: Oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, fenoles, detergentes, nitrógeno de nitritos, fosfatos, sólidos disueltos, cloruros y cromo hexavalente.

De los cualigramas pueden inferirse algunas conclusiones que permitirán establecer alguna información de ciertos parámetros críticos en el agua del río para algunos días de la semana. Se deja en claro que los valores determinados

a través de este trabajo de muestreo, por ser tomas puntuales en el río, podrían no representar las características habituales del agua del río ni tampoco su comportamiento frente a la contaminación de las aguas en diversas circunstancias y en diferentes épocas del año. Sin embargo, ateniéndose a las evidencias, es necesario aceptar que valores excesivamente altos de ciertos parámetros químicos y bioquímicos señalan que, en ciertas oportunidades, el agua del Mapocho presenta una gran contaminación que puede ser cuantificada a través de los valores medidos en laboratorio. Naturalmente, dichos resultados tienen una validez propia para un cierto día en una hora definida. Estas determinaciones están íntimamente ligadas a lo que sucede con el caudal del río y su variabilidad con el tiempo transcurrido.

Los cualigramas deben interpretarse, entonces, como que corresponden a la misma masa de agua del río Mapocho que cambia de características a través de su curso a medida que van variando las condiciones de las fuentes mismas que la contaminan cuyas muestras fueron obtenidas en la hora probable de máxima contaminación, puesto que se ha trabajado con las condiciones más desfavorables para el río.

A continuación se hace una discusión en base a cada uno de los cualigramas presentados:

Fig. 1.- Oxígeno Disuelto.- De la observación del cualigrama se desprende que los valores correspondientes al lugar ubicado antes del Canal San Carlos son normales en este tipo de aguas a la vez que uniformes; en cambio, en puente Pudahuel y demás estaciones, los valores son bajos. Al respecto, cabe hacer presente que se acepta como límite mínimo para la vida de peces 5 mg/l de OD. y que el límite mínimo para fuentes de abastecimiento de agua potable, sujetas a tratamiento, es de 2 mg/l de OD.

En bocatoma del Canal Las Mercedes se advierte claramente la gran acción bacteriana que actúa sobre la materia orgánica, presente en el agua, oxidándola con gran consumo de oxígeno. Además es posible constatar que no existe recuperación de oxígeno de las aguas a lo largo del tramo del río estudiado. En Puntilla de La Africana y en bocatoma del Canal Las Mercedes los valores de OD son menores que 5 mg/l.

RIO MAPOCHO

22-24-26-28-30 / MAYO / 1-3 JUNIO 1972

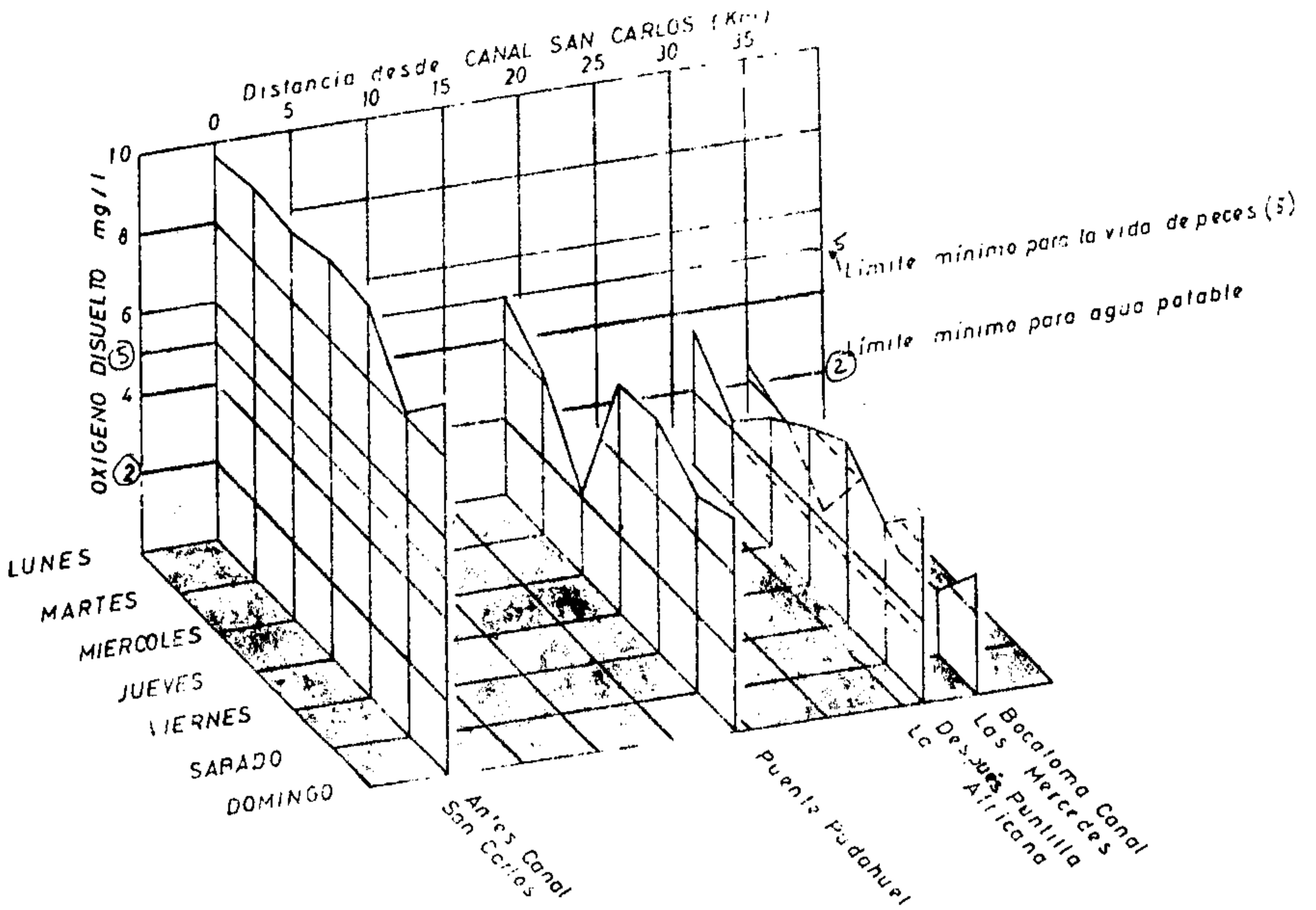


Fig 1 CUALIGRAMA: OXIGENO DISUELTO

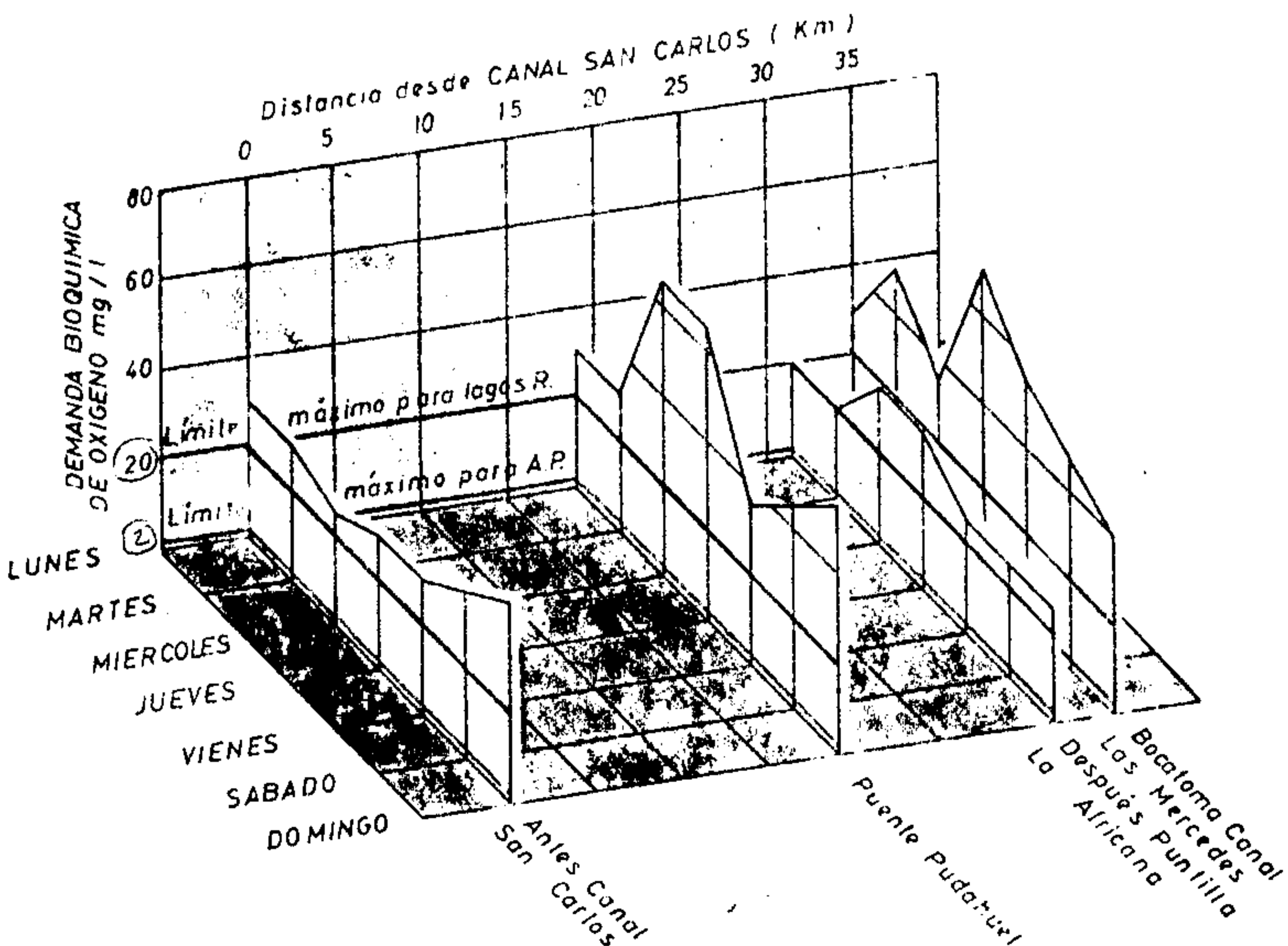


Fig 2 CUALIGRAMA: DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO

R= AGUA POTABLE

• RECEPTORES DE AGUAS SERVIDAS

de OD.

Fig. 2.- Demanda Bioquímica de Oxígeno.- De la observación del cualigrama de DBO se establecería que en las cuatro estaciones muestreadas en el río Mapocho se presentan valores excesivos de DBO.

Antes del Canal San Carlos la DBO, lo mismo que el OD, es casi uniforme durante la semana. En el Puente Pudahuel y en la bocatoma del Canal Las Mercedes (Rinconada de Maipú) la DBO en el transcurso de la semana controlada es alta debido, indiscutiblemente, a las diversas descargas de alcantarillado que llegan al Mapocho antes de Pudahuel y a través del Zanjón de la Aguada, respectivamente. Aguas abajo de la Puntilla de La Africana se reproduce, en menor escala, la misma tendencia de lo que ocurre en Pudahuel. Todo indica que a la altura de La Africana se produciría una disminución de la materia orgánica contenida en el agua, pero variaciones de caudal impedirían cuantificar el fenómeno. De acuerdo a los valores de DBO, la calidad del agua del río en Pudahuel y Rinconada de Maipú son similares.

En general, los valores encontrados son altos respecto a los Criterios y Normas de calidad de uso del agua. Por ejemplo, The International Water Quality Control Commission for the Lake Constance (7) admite un valor de 20 mg/l de DBO como límite máximo para lagos receptores de aguas servidas. Por otra parte, la Norma Inditecnor tolera un límite máximo de 2 mg/l para fuentes de abastecimiento de agua potable a través de Plantas de Tratamiento convencionales.

Fig. 3.- Fenoles.- En el sector del río Mapocho antes del Canal San Carlos no se han detectado fenoles en forma apreciable. En cambio en puente Pudahuel y Rinconada de Maipú se acentúa la concentración de fenoles a valores de 40 μ g/l. En Puntilla de La Africana se estima que la variación de fenoles es la misma tan sólo que diluída, posiblemente por un nuevo caudal proveniente de dos fuentes: estero Lampa y afloramiento de la napa subterránea. En la figura se indica como límite máximo 20 μ g/l para aguas de riego.

En cuanto a fenoles, la calidad del agua en Pudahuel y Rinconada de Maipú es casi la misma.

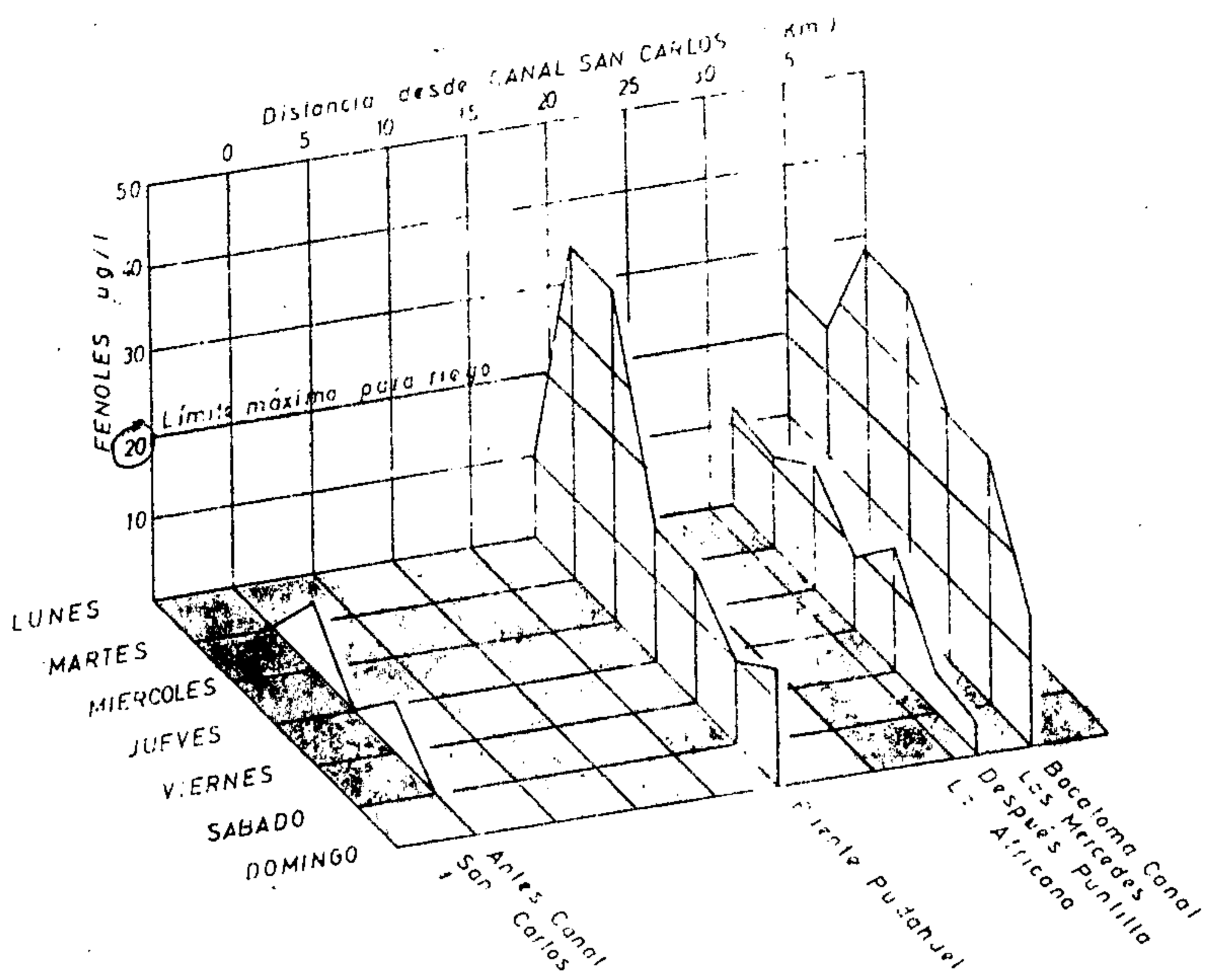


Fig. 3 CUALIGRAMA: FENOLES

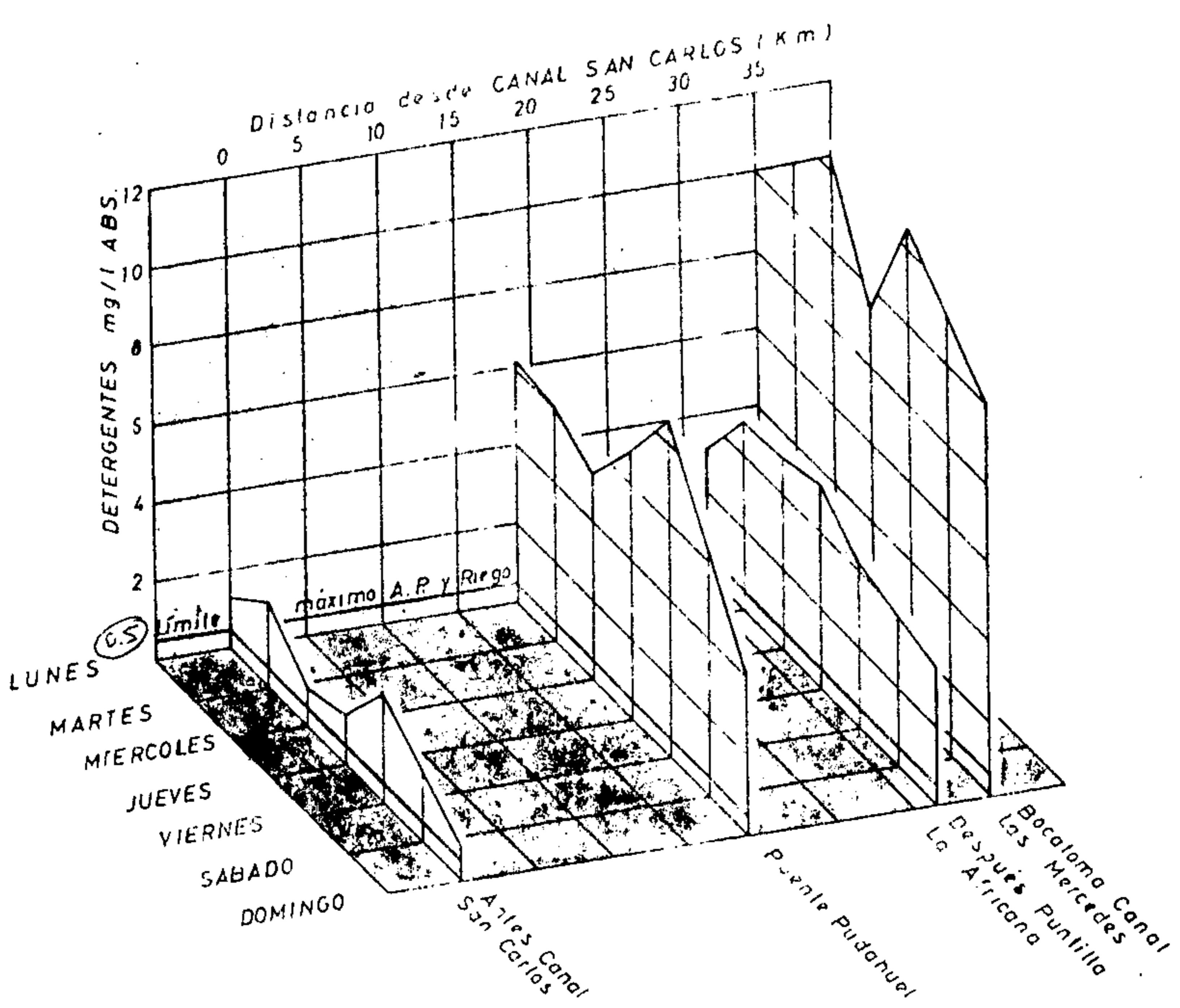


Fig. 4 CUALIGRAMA: DETERGENTES

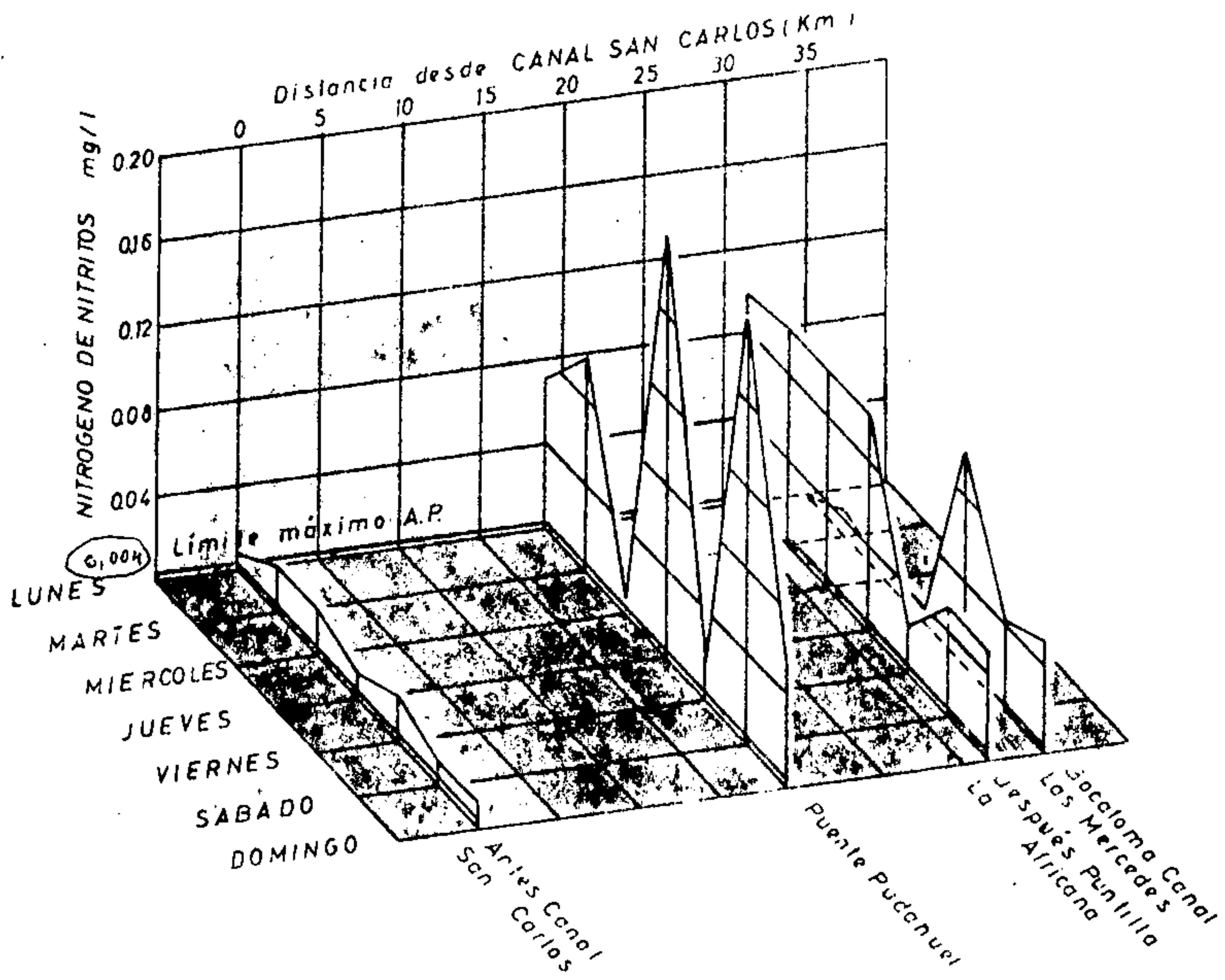
Fig. 4.- Detergentes.- En cuanto a los detergentes, a base ABS, se han detectado valores elevados en todas las estaciones de control destacándose especialmente en Pudahuel y Rinconada de Maipú (8,6 y 12,5 mg/l de ABS, respectivamente). Antes del Canal San Carlos se registró un valor máximo de 2,8 mg/l de ABS (máximo tolerable para agua de bebida y riego: 0,5 mg/l de ABS). Los mayores valores encontrados han ocurrido especialmente el día Viernes lo que indicaría que ese día se usan grandes cantidades de detergentes y jabones para lavado doméstico y/o industrial. En Puntilla de La Africana existe una disminución aparente de ABS debido a la dilución experimentada por la posible incorporación de un nuevo caudal referido en el punto anterior.

Fig. 5.- Nitrógeno de Nitritos.- Según la Norma INDITECNOR para abastecimiento de agua potable se acepta como concentración máxima tolerable hasta 0.004 mg/l de nitrógeno de nitritos. De acuerdo a esto, en todas las estaciones de muestreo del río Mapocho los valores determinados en laboratorio sobrepasan largamente dicho límite. Antes del Canal San Carlos, los nitrógeno de nitritos no son muy excesivos, en cambio, en Pudahuel y Puntilla de La Africana se producen las concentraciones máximas.

Fig. 6.- Fosfatos.- En cuanto a los fosfatos, que tiene propiedades de nutrientes en el agua, ellos van aumentando a lo largo del río tomando sus mayores valores en la bocatoma del Canal Las Mercedes. Si se acepta como límite 0.1 mg/l de fosfatos (#), indicado en la figura correspondiente, las estaciones que sobrepasarían dicho límite serían Pudahuel, con una concentración máxima de 1,6 mg/l y en Rinconada de Maipú, con 2,5 mg/l de fosfatos. En Puntilla de La Africana se repite la misma tendencia observada en Pudahuel, en el transcurso de la semana, en escala reducida, con influencia de la dilución experimentada en dicho sector.

Fig. 7.- Sólidos Totales Disueltos.- Se puede apreciar que los sólidos totales disueltos van aumentando a medida que se

(#) El valor límite en el caso de fosfatos es variable dependiendo de numerosos factores ambientales.



P= AGUA POTABLE

Fig. 5 CUALIGRAMA: NITROGENO DE NITRITOS

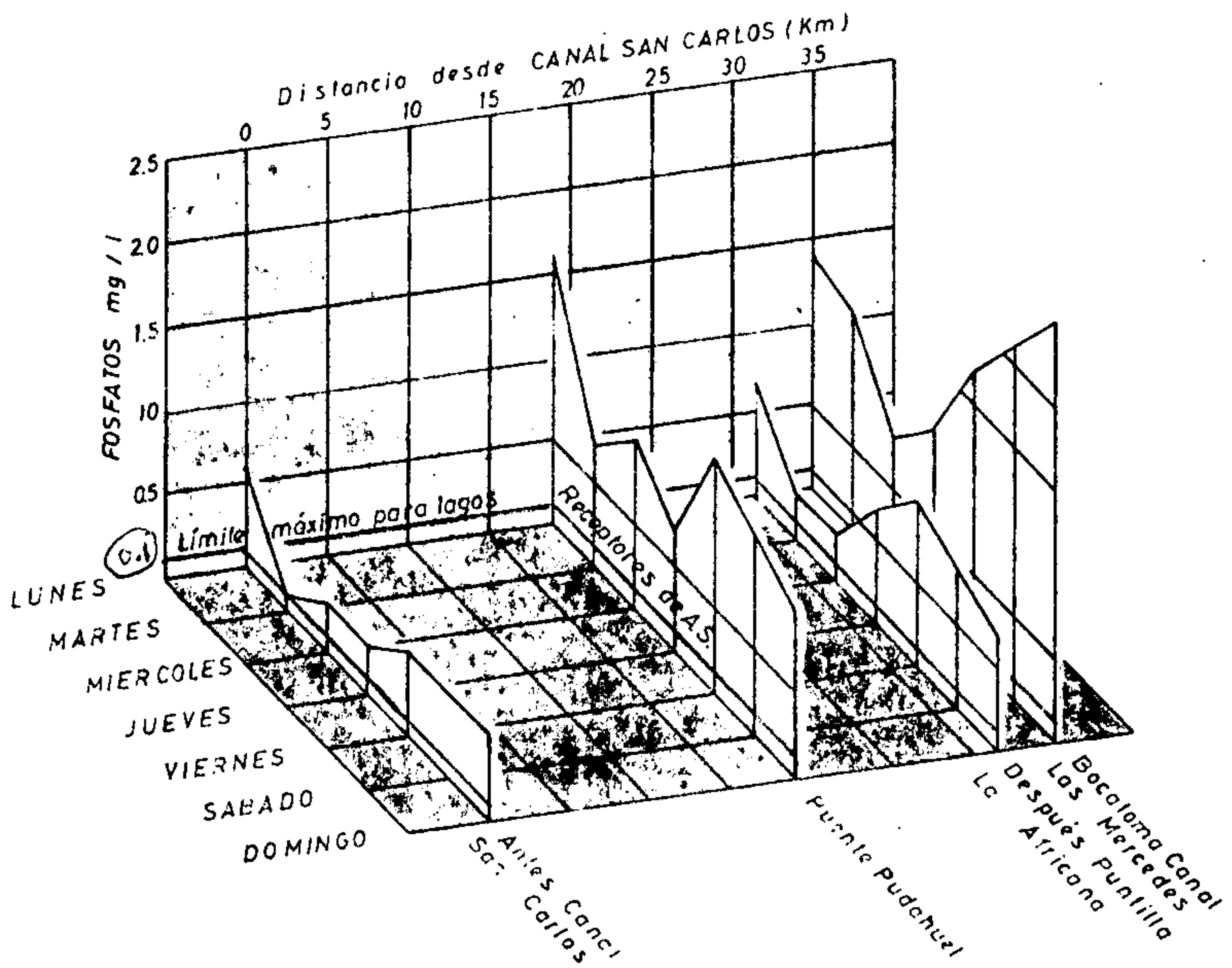


Fig. 6 CUALIGRAMA: FOSFATOS

AGUAS SERVIDAS

incorporan al río nuevos elementos contaminantes, alcanzando en Rinconada de Maipú un valor medio 950 mg/l y que corresponde al 75% de residuos totales. En general, las concentraciones de sólidos totales disueltos no sobrepasan los límites señalados por las Normas para agua potable (1.000 mg/l de sólidos disueltos indicado en el cualigrama); además varían casi uniformemente en el transcurso de la semana.

Fig. 8.- Cloruros.- Se presentan acumulativos a lo largo del escurrimiento del río y uniformes en toda la semana. En Rinconada de Maipú las concentraciones de cloruros oscilan entre 200 y 250 mg/l. Estos valores, por ser los máximos, pueden considerarse normales dentro del tipo de agua del río, pero deben ser sometidos a un análisis más específico de acuerdo al uso que quiera dársele al agua. Las Normas indican un valor máximo aceptable de 200 mg/l de cloruros para fuentes de abastecimiento de agua potable, como se indica en el cualigrama respectivo.

Fig. 9.- Cromo hexavalente.- La concentración de cromo hexavalente detectado antes del Canal San Carlos ha sido sistemáticamente 0.05 mg/l y que es el valor máximo permitido por las Normas de agua potable para cromo hexavalente. En Pudahuel se han registrado los mayores valores: 1.0 mg/l de cromo hexavalente. En Puntilla de La Africana y Rinconada de Maipú se han presentado valores menores que en Pudahuel, pero excesivos en relación a las Normas de calidad (0,3 y 0,5 mg/l, respectivamente).

NOTA: En cuanto al hierro, la determinación que se realizó en laboratorio al respecto fue en relación al hierro total, parámetro que no se puede cuantificar en relación a los Criterios y Normas de calidad de uso del agua por falta de antecedentes que lo justifiquen. Sin embargo, es necesario señalar que los valores encontrados permiten suponer, a priori, una gran contaminación del río por este elemento.

RIO MAPOCHO

22-24-26-28-30 / MAYO / 1-3 JUNIO 1972

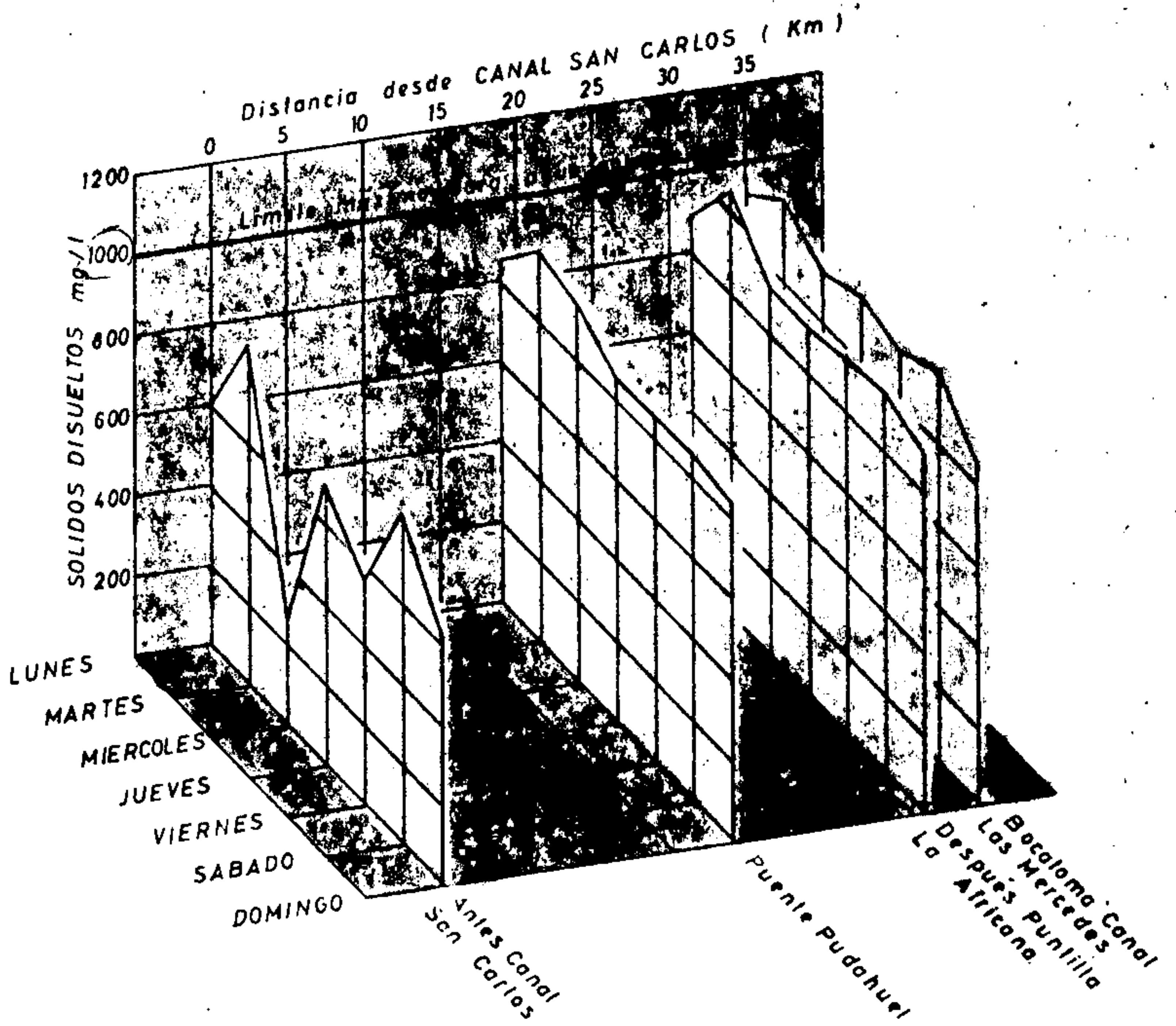


Fig. 7 CUALIGRAMA: SOLIDOS DISUELTOS

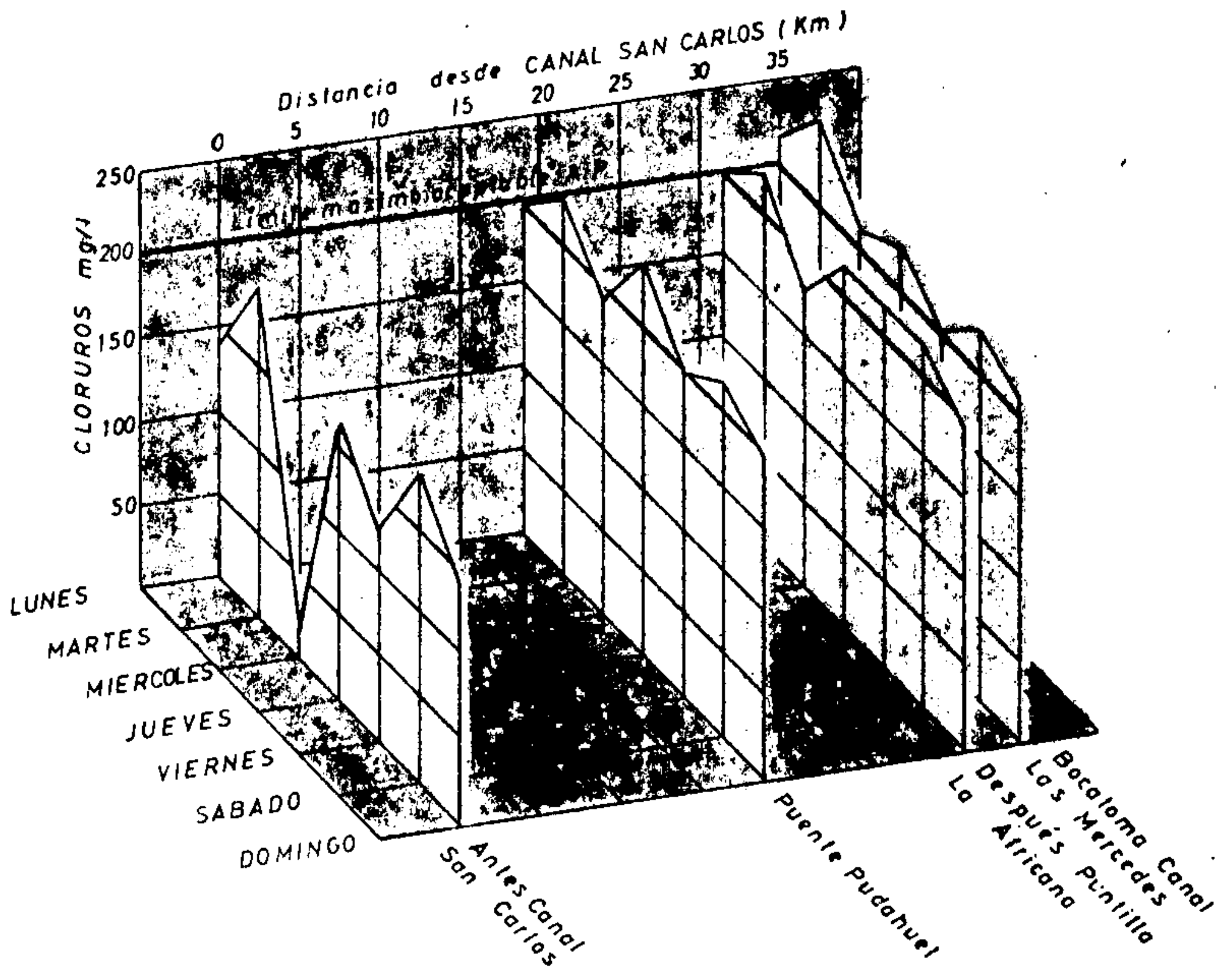


Fig. 8 CUALIGRAMA: CLORUROS

RIO MAPOCHO

22-24-26-28-30 / MAYO / 1-3 JUNIO 1972

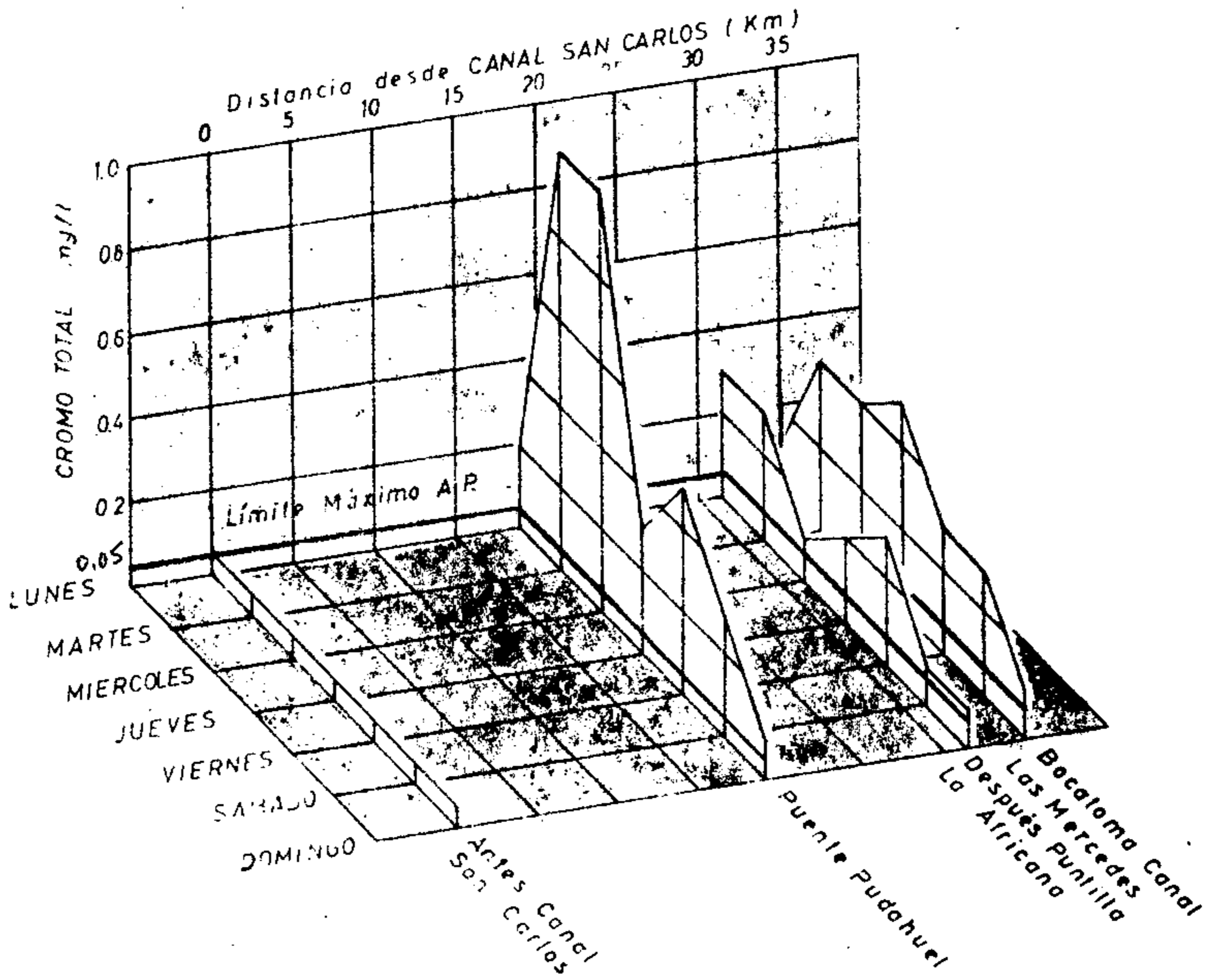


Fig. 9

CUALIGRAMA: CROMO (Cr⁶)

A.P. = AGUA POTABLE

5.- ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE OTROS PARÁMETROS.-

Las figuras 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41 y 42 corresponden a la variación de otras distintas determinaciones a través del curso del río Mapocho en que se representaron, según barras verticales, el rango de valores comprendidos entre el máximo y el mínimo para cada parámetro, estableciendo los límites de acuerdo a los Criterios y Normas de calidad de uso del agua. Las determinaciones seleccionadas para tal efecto fueron las siguientes: nitrógeno total Kjeldahl, oxigenación relativa, magnesio, sólidos totales, sólidos totales suspendidos, cobre, bacterias Coli fecales y Salmonellas.

A continuación se hace una discusión para cada uno de los gráficos de barra.

Fig. 35.- Nitrógeno total Kjeldahl.- Corresponde a la suma del nitrógeno albuminoideo y del nitrógeno amoniacal. Sólo en la primera estación del río Mapocho se presentan valores aceptables por las Normas de Calidad para fuentes de agua potable. Las demás secciones estudiadas resultaron poseer una gran concentración de este nutriente siendo singularmente elevado en Pudahuel y decreciendo hasta Rinconada de Maipú en el cual su concentración alcanzó a un máximo de 10,9 mg/l de N.

Fig. 36.- Oxigenación relativa.- Las aguas del río Mapocho, antes del Canal San Carlos cumplirían los requisitos de calidad en virtud de los límites inferiores para riego y fuente de agua potable, previo tratamiento; en cambio, los valores que se presentaron en las demás estaciones exceden totalmente estos límites. La disminución de la OR en el curso del río es evidente.

Fig. 37.- Magnesio.- Este parámetro químico no sobrepasa el valor estipulado por las Normas como máximo permisible para agua de bebida (100 mg/l de Mg). Sin embargo, a lo largo del río, el magnesio va presentando una concentración acumulativa en el sentido del escurrimiento de las aguas.

Fig. 38.- Sólidos totales.- De acuerdo al límite superior dado por los Criterios y Normas para sólidos totales de las aguas que van a ser usadas para fuentes de agua potable o riego (1500 mg/l), solamente la primera estación de control cum-

RIO MAPOCHO

RANGOS DEL NITROGENO KJELDAHL

(Mayo - Junio , 1972)

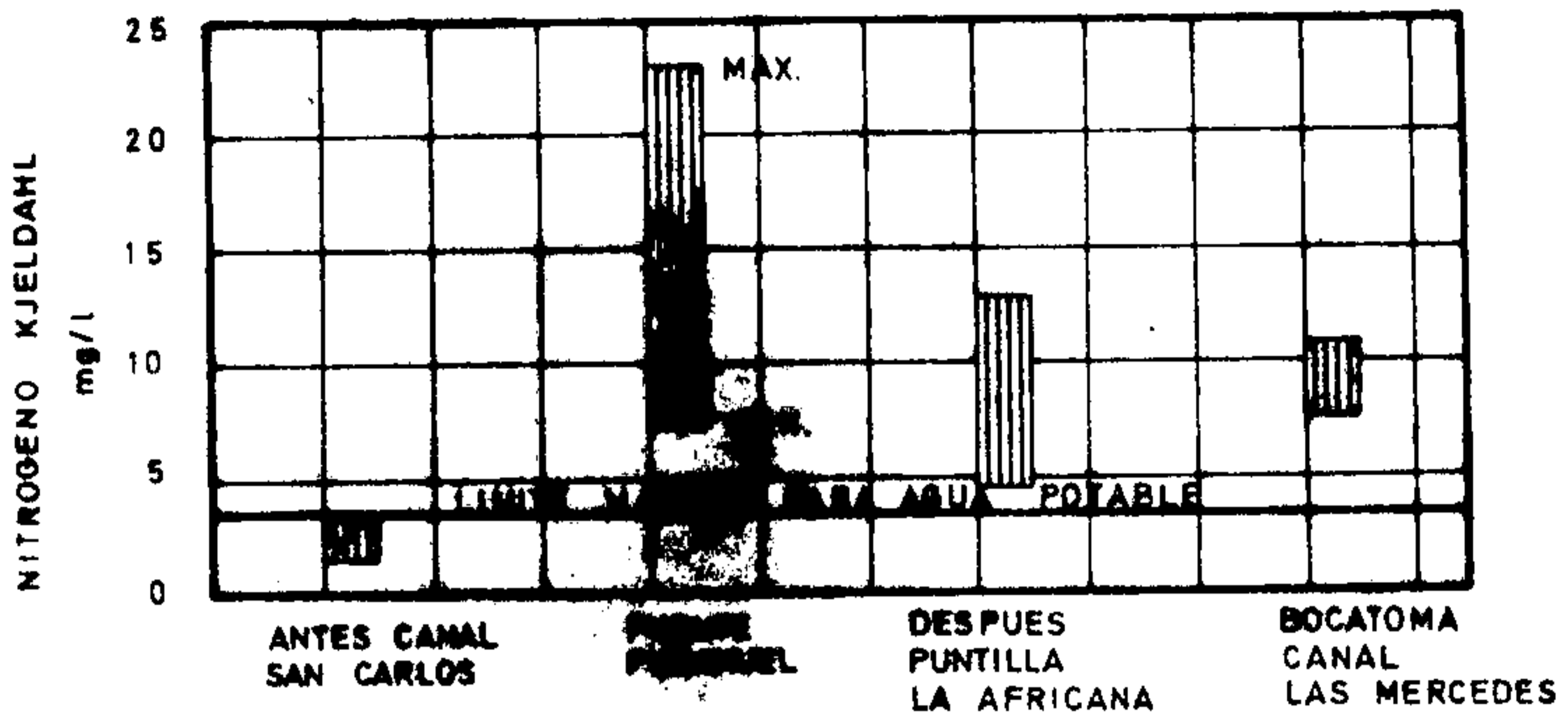


FIG. 36

RIO MAPOCHO

RANGOS DE OXIGENACION RELATIVA

(Mayo - Junio , 1972)

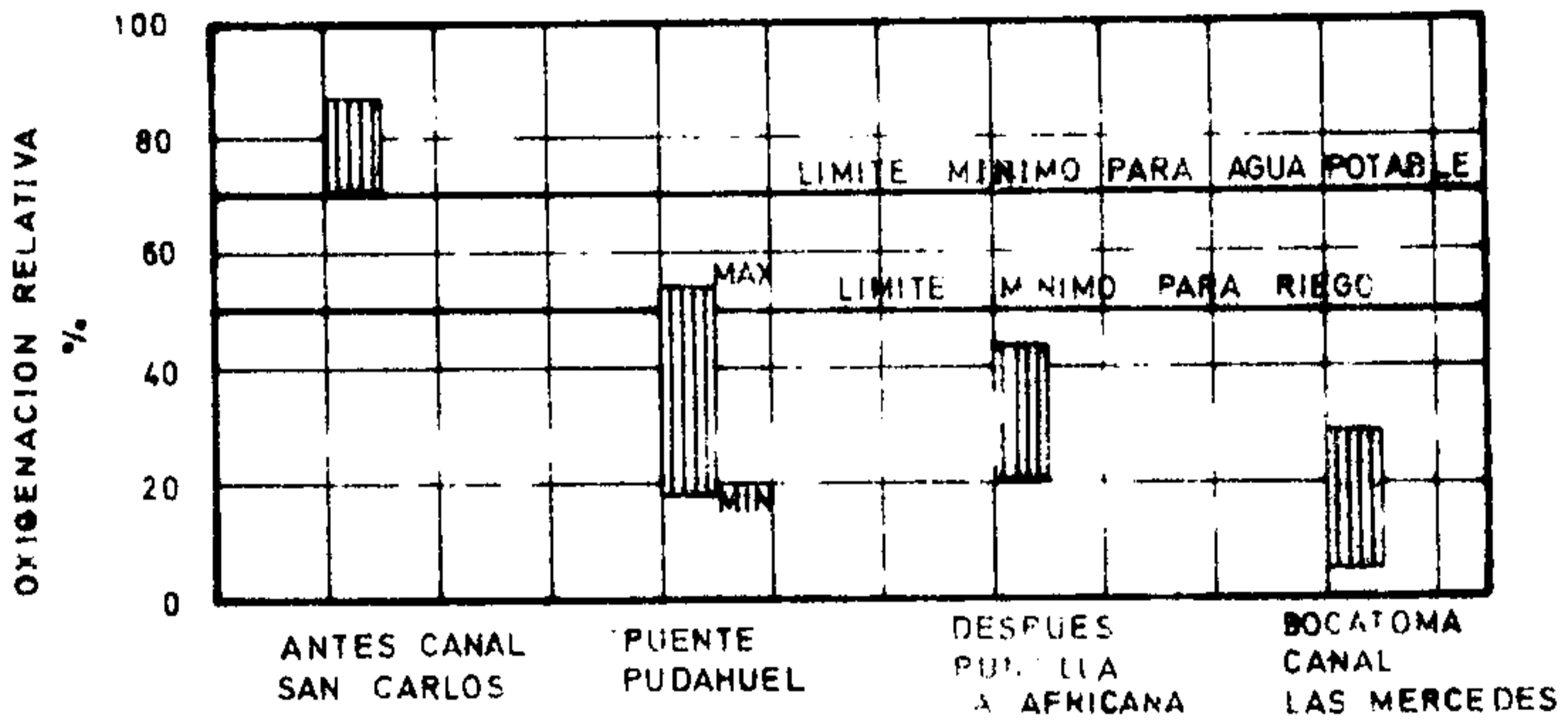
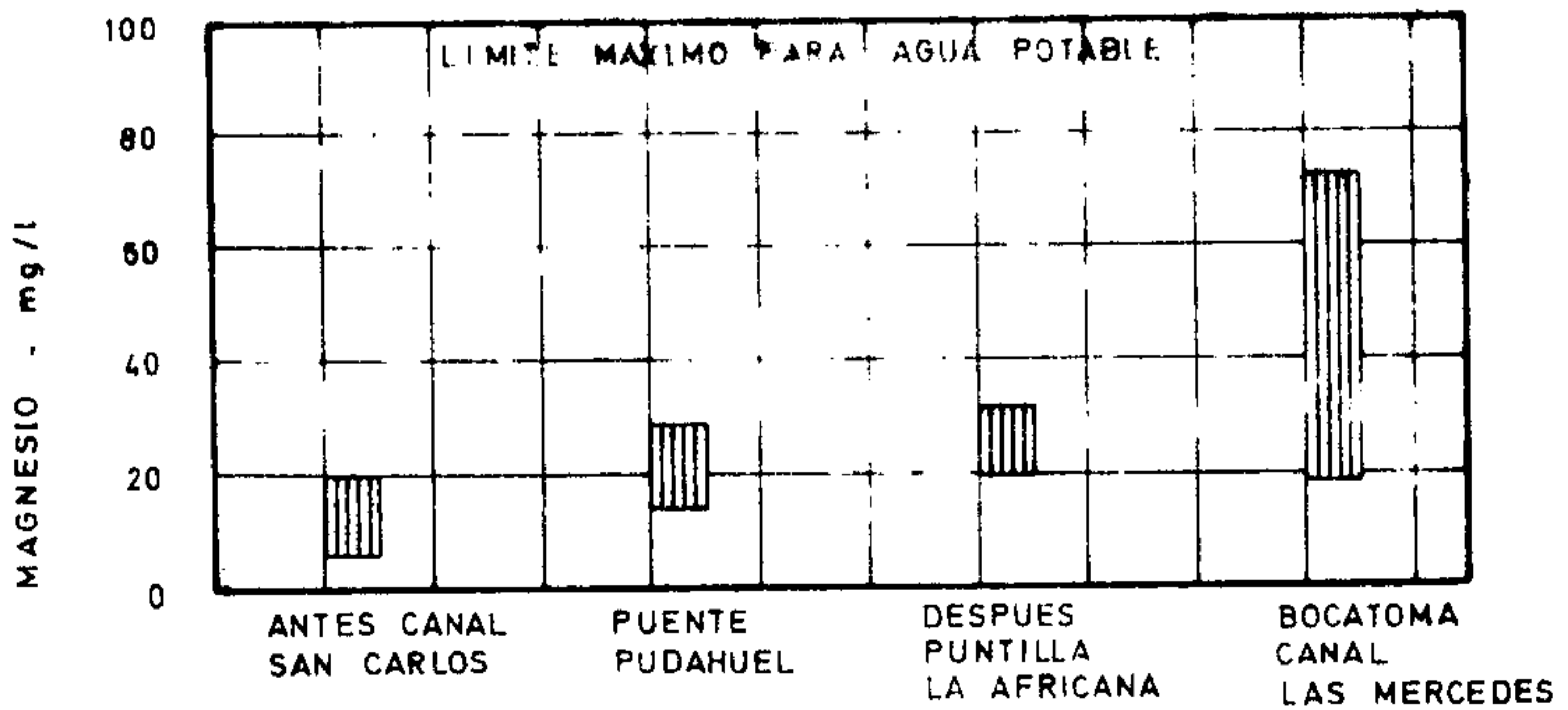


FIG. 37

RIO MAPOCHO

RANGOS DEL MAGNESIO

(Mayo - Junio , 1972)



pliría con dicho requisito. Las demás estaciones presentan valores sobrepasados, pero en disminución hacia aguas abajo del río. Se puede observar, en el gráfico, el aumento del residuo volátil en el sentido del escurrimiento de las aguas del río. Antes del Canal San Carlos, el volátil corresponde al 9% del total; en Pudahuel alcanza el mismo porcentaje; en Puntilla de La Africana, el volátil representa el 10% y en Rinconada de Maipú, el 12% del residuo total.

Fig. 39.- Sólidos totales suspendidos.- Para lagos receptores de aguas servidas que van a servir con fines de regadío o para fuentes de abastecimiento de agua potable los Criterios y Normas de calidad estipulan un máximo de concentración de 30 mg/l (7). En base a esto, el gráfico de barras muestra que, en todas las secciones del río, el exceso de sólidos totales suspendidos es notable (valor máximo: 2030 mg/l en Pudahuel). El residuo no-filtrable presenta el mismo comportamiento que los sólidos totales en cuanto a su variación en el sentido del escurrimiento de las aguas del río.

Fig. 40.- Cobre.- En general, los valores de cobre encontrados no sobrepasan las concentraciones máximas indicadas por los Criterios y Normas para fuentes de agua potable. Se puede observar, por lo demás, que existe una evidente disminución de la concentración del cobre en el río pese al beneficio de minerales de cobre de baja ley como posible fuente de contaminación. Esto se debe a la siguiente explicación: el sulfato de cobre, cuando queda libre en el agua, reacciona con el bicarbonato de calcio para formar sulfato de calcio y carbonato básico de cobre. Este carbonato se descompone en hidrato cúprico y ácido carbónico. El carbonato y el hidrato tienen muy baja solubilidad y en agua dura, como es el caso del río Mapocho, el carbonato es precipitado casi instantáneamente. Por lo tanto, el cobre es generalmente precipitado con cualquier mecanismo de depositación (53).

Fig. 41.- Salmonellas.- Esta figura muestra el número de Salmonellas detectadas en cada día de la semana correspondiente a las cuatro estaciones de control del río Mapocho. Naturalmente, la mayor frecuencia ocurrió en bocatoma del Canal Las Mercedes (60%). Además, de 24 muestras analizadas en siete de ellas se registró la presencia de Salmonellas con un 29%

FIG. 38

RIO MAPOCHO

RANGOS DE SOLIDOS TOTALES

(Mayo - Junio, 1972)

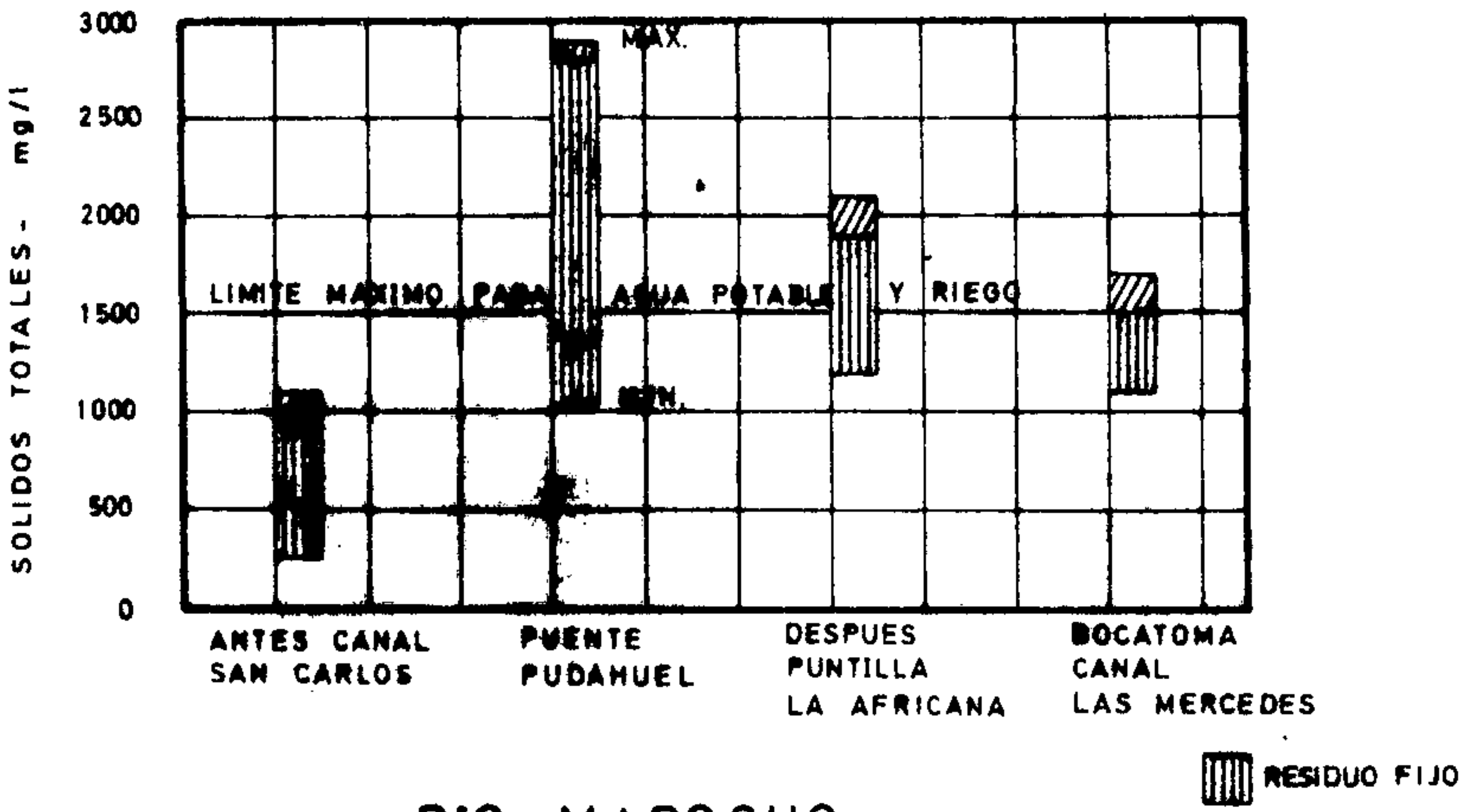


FIG. 39

RIO MAPOCHO

RANGOS DE SOLIDOS SUSPENDIDOS

(Mayo - Junio, 1972)

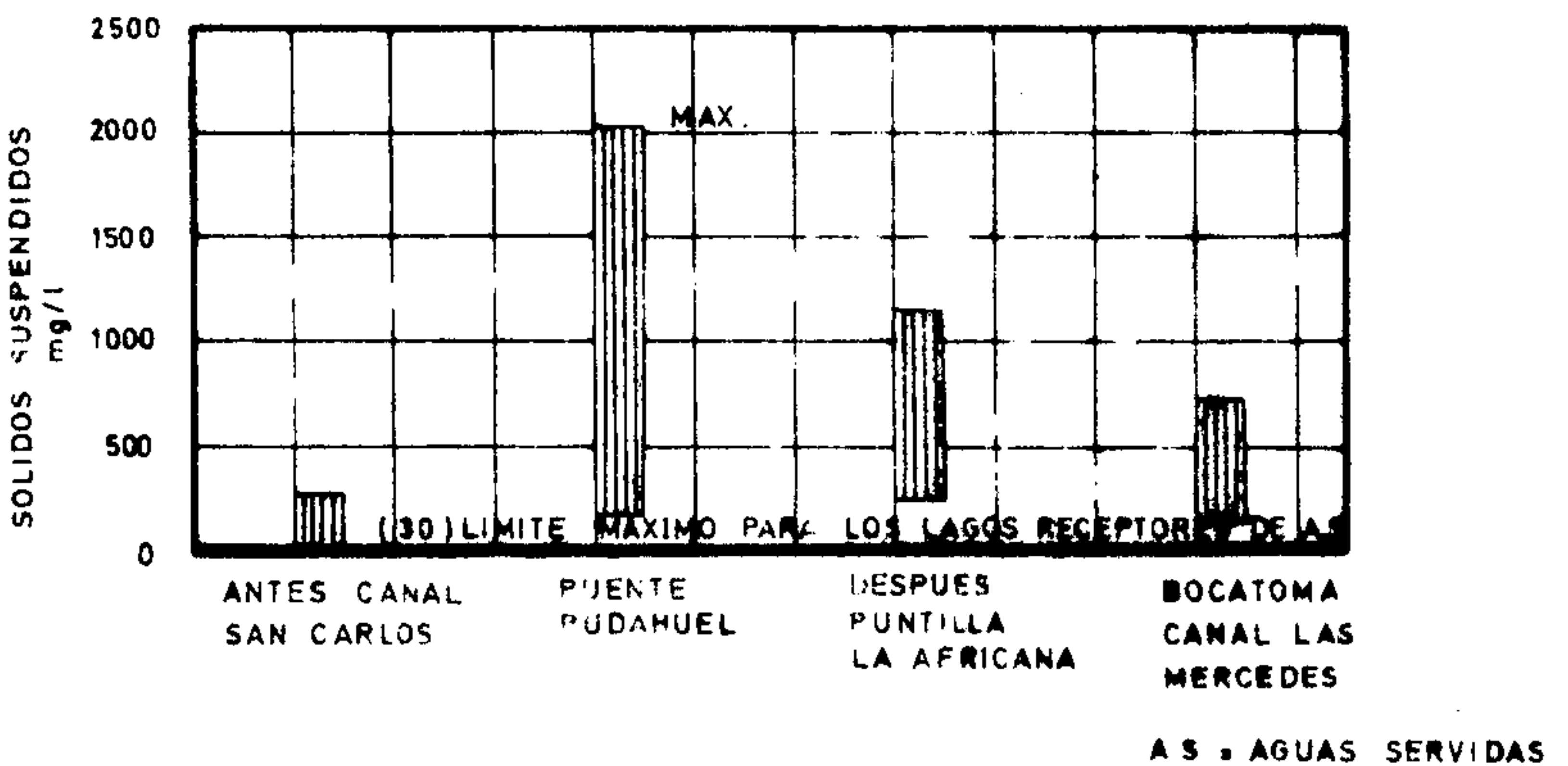


FIG. 40

RIO MAPOCHO

RANGOS DEL COBRE

(Mayo - Junio, 1972)

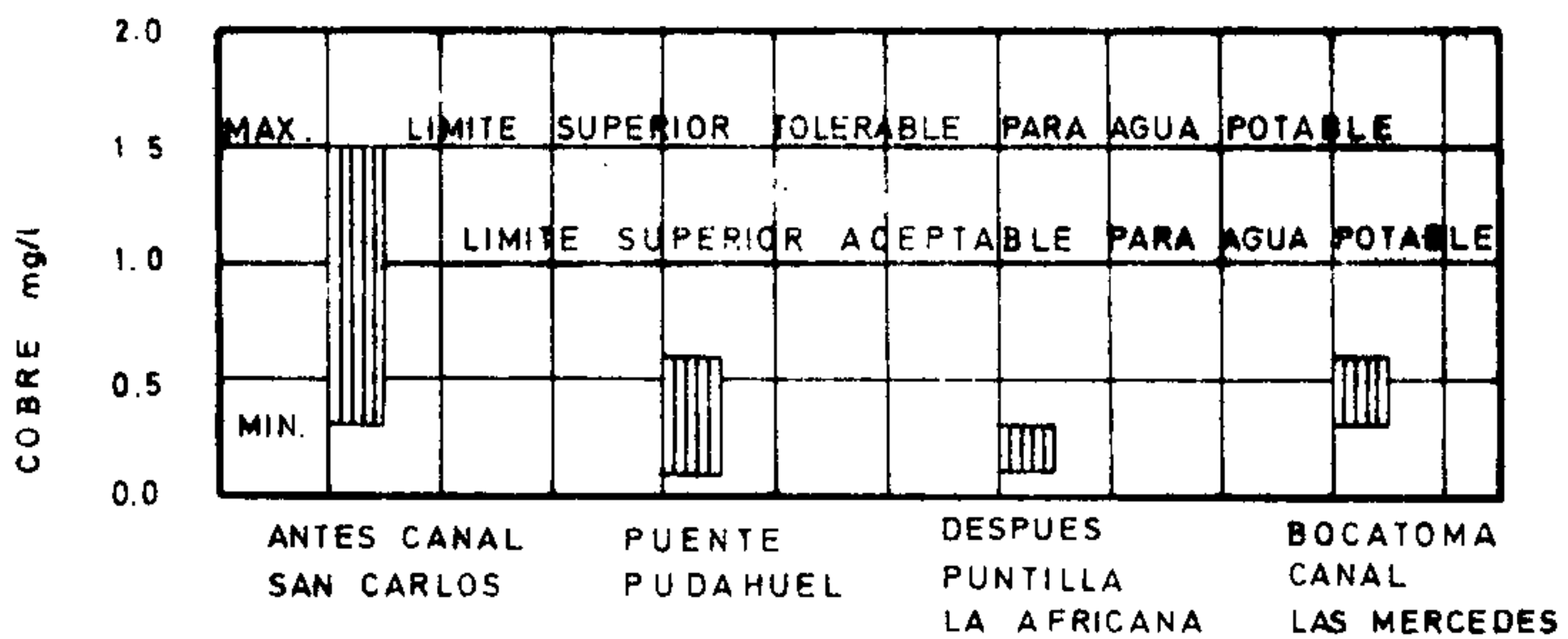


FIG. 41

RIO MAPOCHO

SALMONELLAS DETECTADAS
(Mayo - Junio, 1972)

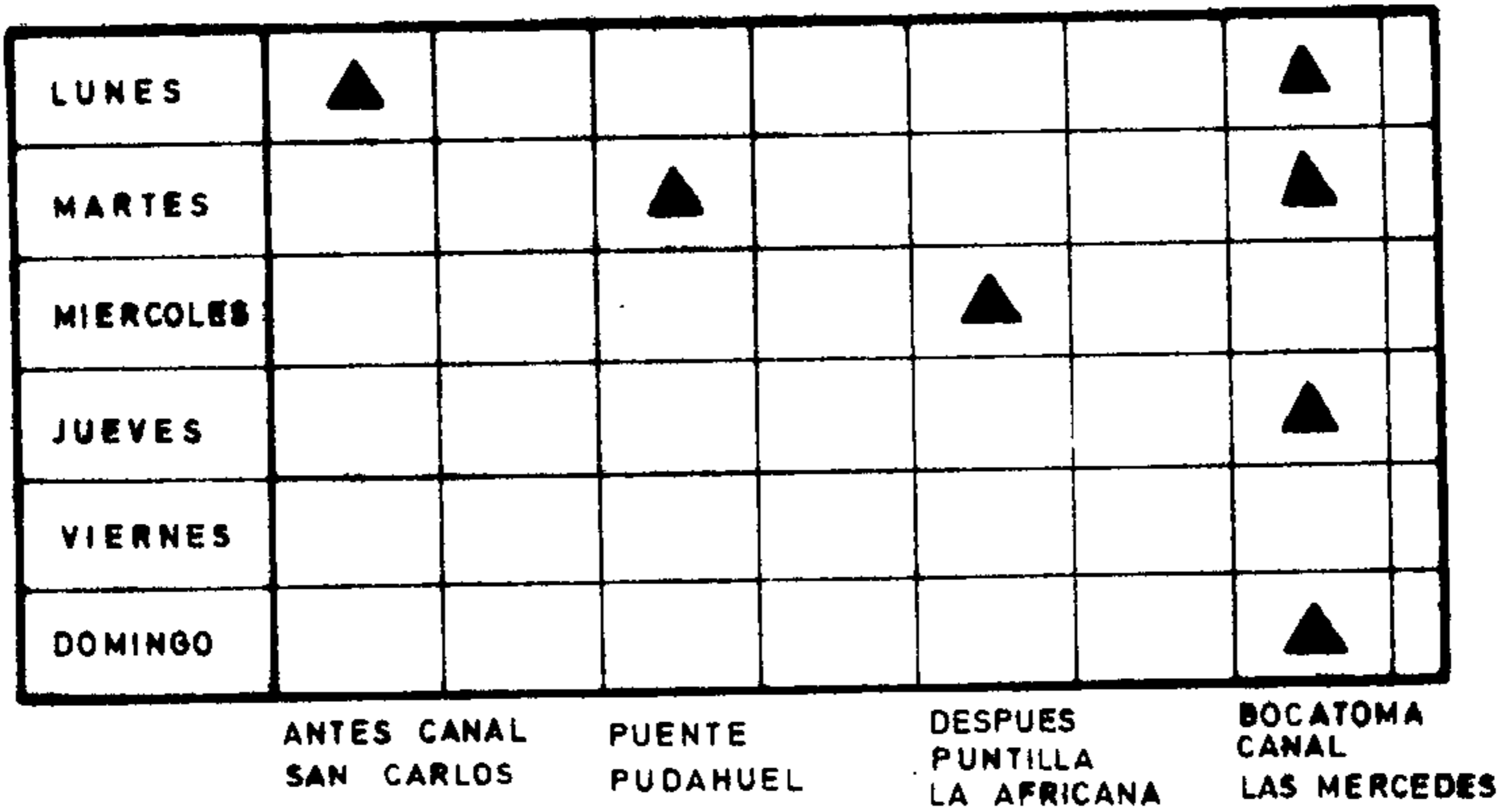
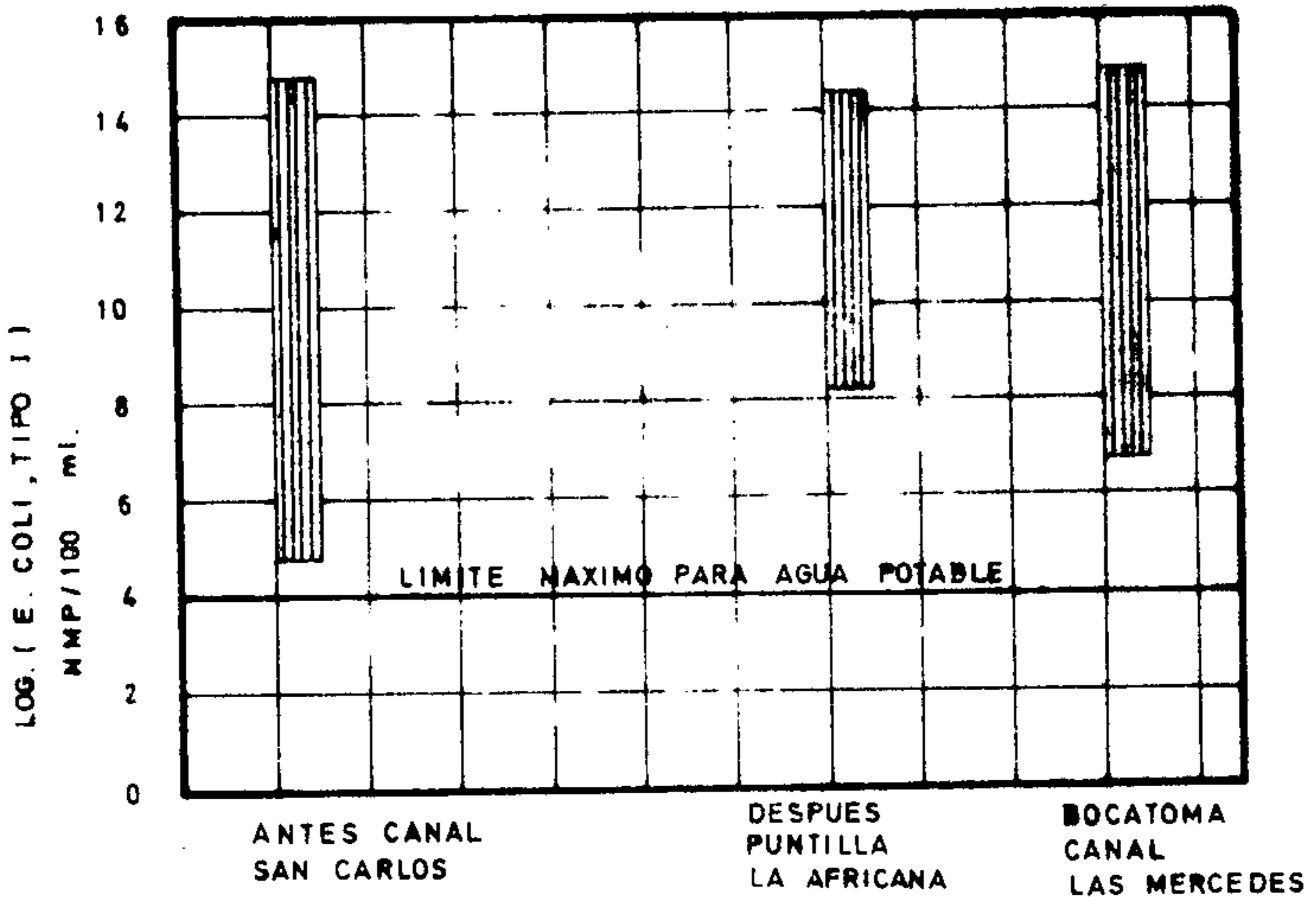


FIG. 42

RIO MAPOCHO

BACTERIAS COLIFORMES Fecales
(Mayo - Junio, 1972)



de ocurrencia.

Fig. 42.- Bacterias Coli-fecales (Escherichia coli, tipo I).-

De esta determinación sólo se tienen antecedentes para las tres estaciones del río indicadas en la figura. En general, el NMP de Bacilos Coli, tipo I, por 100 ml de muestra varía entre 10^5 y 10^{15} .

CAPITULO 2.-APTITUD DEL AGUA DEL RIO MAPOCHO EN SU EMPLEO PARA
LOS USOS CONVENIDOS Y PREVISTOS, SEGUN CRITERIOS Y
NORMAS DE CALIDAD DE USO DEL AGUA

Se estudió la variación cuantitativa de las diversas características físico-químicas y bacteriológicas que limitan directamente el agua del río Mapocho a determinados usos de acuerdo con los valores tolerados por los Criterios y Normas de calidad del agua estableciendo, en algunos casos, comparaciones para las diversas secciones legales del río.

Se utilizaron todos los antecedentes obtenidos a través de los tres muestreos realizados para el presente trabajo: Cap. 1 y 2 de la Segunda Parte y Cap. 1, Tercera Parte; además de los análisis existentes consignados en el Cap. 7, Primera Parte. Por otra parte, para visualizar claramente la situación actual del río se ha hecho uso de la división legal existente.

Como se ha indicado anteriormente, los Cuadros B y C del Anexo contienen las características físico-químicas y bacteriológicas que valorizan la calidad de las aguas del río, como asimismo, la señalan como objetable para ciertos usos como se verá más adelante para el tramo estudiado. Además, con los antecedentes que se disponen a través del muestreo general de Orientación (Cap. 1, II Parte) fue posible confeccionar también la Tabla N° 2.1. que permite establecer las condiciones que presenta el río Mapocho en su 4ª Sección legal, es decir, en el tramo comprendido entre el puente Esperanza y el lugar de su confluencia con el río Maipo. Esta Tabla contiene los valores máximos y mínimos de determinación y los valores limitantes para diversos usos en conformidad con lo estipulado por los Criterios y Normas de calidad.

TABLA Nº 2.1.-

CALIDAD DEL AGUA DEL RIO MAPOCHO EN RELACION A SUS
PRINCIPALES USOS PARA LA CUARTA SECCION LEGAL DEL RIO

Características en mg/l	VALORES		VALORES LIMITES TOLERADOS POR LOS CRITERIOS Y NORMAS DE CA- LIDAD PARA DIVERSOS USOS (45)				
	MAX.	MIN.	(3, 4)				
			A.P.	Riego	Indus.	Recreación	Vida Acuatic.
O.D. (mg/l)	13.9	7.6	2(m)	-	3(m)	2(m)	5(m)
OR (%)	106	83	70(m)	50(m)	--	-	-
DBO (mg/l)	68	29	2	-	10	10	30
Sol.Dis(mg/l)	947	745	1500	-	-	-	-
pH	7.9	7.4	$\frac{6.5}{9.2}$	$\frac{5.5}{9.0}$	$\frac{5.0}{10.0}$	$\frac{5.5}{8.5}$	$\frac{5.5}{9.0}$
Cloruros(mg/l)	167	118	200	750	-	-	2500
Sulfatos(mg/l)	328	247	250	-	-	-	-
Magnesio(mg/l)	26	16	30	-	-	-	-
% Na	26	21	-	80	90	-	-
Dureza total (mg/l)	602	410	-	-	300	-	-
I. Coli(b/100 ml)	$6 \cdot 10^6$	-	10^4	$5 \cdot 10^4$	10^4	500	$2 \cdot 10^4$

Abreviaturas:

O.D. = Oxígeno disuelto

O.R. = Oxigenación relativa

DBO = Demanda Bioquímica de oxígeno (5 días - 20°C)

Sol. Dis = Sólidos disueltos

% Na = Porcentaje de sodio

I. Coli = Índice Coli

A.P. = Agua Potable

m = mínimo

2.1.- ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE.-

Los valores de los parámetros que se determinaron en las aguas del río Mapocho antes de su confluencia con el Canal San Carlos y que se encuentran sobrepasados por sobre los límites aceptables o tolerables indicados en la Norma In di te c n o r a d e A g u a P o t a b l e (Nch-409 Of 70) se consignan en el Cuadro C del Anexo y son los siguientes: DBO, sólidos s u s p e n d i d o s, nitritos, nitrógeno Kjeldahl, cloruros, sulfatos, d e t e r g e n t e s, fenoles y bacterias Coli fecales.

Los valores de DBO determinados en laboratorio son excesivamente altos respecto a los tolerados por las N o r m a s (2 mg/l) por cuanto en Los Almendros la concentración de DBO fue de 49 mg/l y antes del Canal San Carlos, 45 mg/l.

El índice Coli fecal detectado antes del Canal San Carlos fue de $6,2 \cdot 10^{14}$ frente a 10^4 permitido por las Normas. Los n i t r i t o s en dicho lugar superan en 4 veces el máximo tolerado: 0.020 mg/l frente a 0.004 mg/l de nitritos. Lo mismo ocurre con el Nitrógeno total Kjeldahl que es superado en más de diez veces. El detergente permitido como máximo es 0.5 mg/l de ABS, en cambio, se encontró, antes del Canal San Carlos, un valor medio de 1.6 mg/l y un máximo de 2.8 mg/l de ABS. Se debe advertir que el detergente es refractario a la autopurificación y que durante todos los días y en todas las estaciones del río superó excesivamente el valor de 0.5 mg/l. En cuanto a fenoles, antes del Canal San Carlos, aparecieron algunos días superando el límite impuesto por las Normas para agua potable. El cromo hexavalente y el cobre se encontrarían dentro de los máximos permitidos.

Todo lo anterior permitiría concluir que el río M a p o c h o, antes del Canal San Carlos, sería usado con frecuencia como medio de eliminación de aguas cloacales a través de letrinas clandestinas y desagües de alcantarillado no controlados. Es necesario, por lo tanto, centrar un trabajo de m e s u r e a m o s t r e o más exhaustivo en la 1ª Sección legal del río Mapocho que permita una mayor información al respecto.

De las determinaciones de pH, en terreno y laboratorio, se deduce que el agua del Mapocho, en su 1ª Sección legal, tiene carácter ligeramente ácido (pH= 6).

En el tramo del río Mapocho, entre el Canal San Carlos y la bocatoma del Canal Las Mercedes, aparte de los parámetros mencionados anteriormente y que se encuentran excedidos de los límites se deben agregar los siguientes: oxigenación relativa, sólidos totales y disueltos y cromo hexavalente.

Los sólidos disueltos y cloruros no tienen mucha significación por cuanto sus concentraciones máximas superan en escaso margen los límites señalados por las Normas. El pH del agua está dentro de los rangos permisibles; en cambio, el OD llega a valores de cero antes de Pudahuel y después de las descargas de alcantarillado. La DBO es alta, los fenoles y cromo hexavalente, exceden sin discusión los límites indicados por las Normas Inditecnor (ver cualigramas). Lo mismo ocurre con el detergente cuyo valor promedio, registrado en el tramo, fue de 6,0 mg/l de ABS, con un máximo de 12,5 mg/l de ABS en bocatoma Canal de Las Mercedes. El índice Coli fecal término medio detectado fue de 10^9 . Además, en las cuatro estaciones de control del río Mapocho se controló Salmonellas (Fig. 41). *Fig 179*

Todo lo anterior permite, obviamente, objetar el agua del río Mapocho, entre el Canal San Carlos y la bocatoma del Canal de Las Mercedes como fuente directa para el suministro de agua potable, como asimismo, objetar para su empleo como fuente de abastecimiento de Plantas de Tratamiento de agua potable convencionales.

Respecto a la 4ª sección legal del río Mapocho, los valores excedidos de los pocos parámetros con que se cuentan, corresponden a la DBO y al Índice Coli lo que indicaría que aún existe gran cantidad microbiana en relación a la materia orgánica presente en el agua pese a que, en este tramo del río, el agua se presenta aparentemente muy cristalina y pura.

2.2.- AGRICULTURA Y RIEGO.

La determinación de la aptitud de un agua para su uso en riego depende de un gran número de variables. Investigadores y organismos oficiales, tanto norteamericanos como de otros países, han elaborado diversos sistemas de clasificación para aguas de regadío, adaptados a los suelos y cultivos estudiados. Por esta razón, los términos medios de cada una de las muestras se expresarán a través de varias clasificaciones lo que tiene, a juicio de los autores, mayor significación y validez.

- Pág 270

El Cuadro C del Anexo contiene los valores límites tolerados por los Criterios y Normas (4) para agricultura y riego, especialmente para el cultivo de verduras y similares, con los valores máximos de determinación. Se encuentran exce didos de los límites los siguientes parámetros: Oxigenación relativa, sólidos totales, detergentes, fenoles y coliformes fecales. Los metales pesados tales como cromo hexavalente y cobre mantienen sus concentraciones dentro de los límites tolerados para las aguas de riego, en todas las estaciones de control, (menores que 2.5 mg/l).

A continuación, se considerarán cuatro esquemas de selección para clasificar las aguas de riego de acuerdo a aquellos parámetros que tienen mayor incidencia en el deterioro de los cultivos.

2.2.1.- CLASIFICACION SEGUN EL U.S. SALINITY LABORATORY (56).

Esta clasificación utiliza como base la conductividad del agua de riego (medida de la salinidad) y la relación absorción del sodio, SAR (medida de la alcalinidad) para determinar la calidad del agua.

La proporción en que el sodio puede ser absorbido por el suelo ha sido calculada mediante la ecuación de acción de masas aplicada al intercambio catiónico. Teóricamente, este valor está más estrechamente relacionado con los porcentajes de sodio de intercambio, que el simple porcentaje de sodio.

La determinación del valor SAR se puede obtener mediante la expresión:

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca+Mg}{2}}}$$

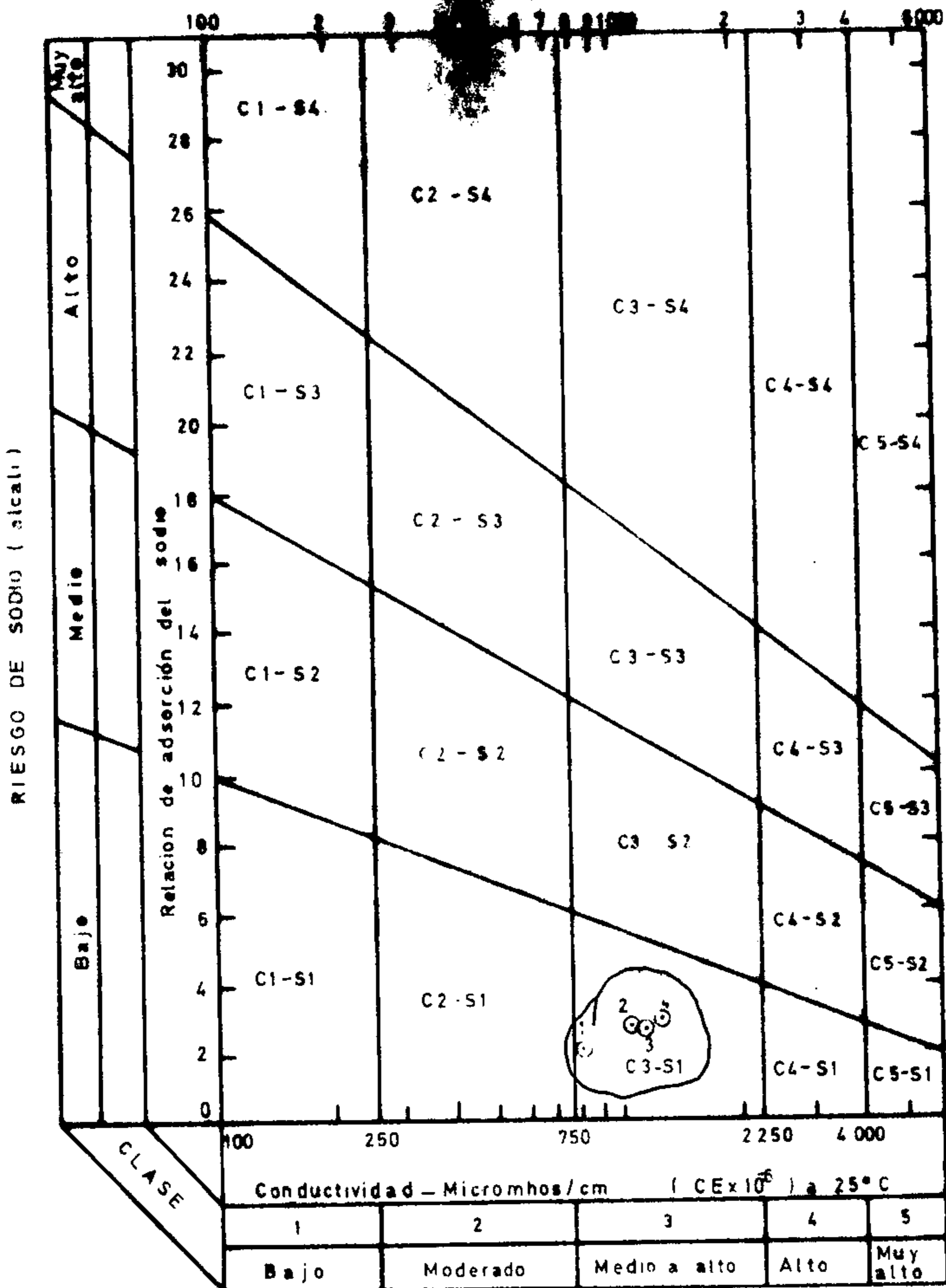
donde las concentraciones de todos los elementos van expresados en me/l.

La Fig. 43 muestra el diagrama para determinar la calidad de un agua de riego según la clasificación de la U.S. Salinity Laboratory, y que se encuentra modificada para las clases de mayor concentración por Thorne y Peterson (57).

En la figura, las líneas divisorias de los valores

UBICACION DE LOS PROMEDIOS DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS EN CUATRO ESTACIONES DEL RIO MAPOCHO.

DIAGRAMA PARA LA CLASIFICACIÓN DE LAS ÁGUAS SEGÚN SALINITY LABORATORY, MODIFICADO POR THORNE Y PETERSON.



- 1.- Mapocho antes Canal San Carlos (C₃-S₁)
- 2.- Mapocho en Pudahuel (C₃-S₁)
- 3.- Mapocho después puntilla La Africana (C₃-S₁)
- 4.- Mapocho en bocatoma Canal Las Mercedes (C₃-S₁)

de la razón de adsorción de sodio son empíricas y sus orígenes son resultados de invernadero y encuestas de campo. La escala de la conductancia específica es logarítmica en base 10.

Este diagrama corresponde a una tabla binomial en que C1, C2, C3, C4, C5 y C6 representan las clases de aguas con incremento de la concentración total de sales y S1, S2, S3 y S4 representan las clases de aguas que demuestran acumulación de sodio de intercambio en los suelos regados. Las diagonales del diagrama del SAR han sido trazadas con una inclinación negativa para tomar en cuenta su dependencia de la concentración total de sales.

Usando el valor de la conductividad eléctrica y el de la razón de adsorción de sodio en coordenadas, es posible localizar el punto correspondiente en el diagrama.

Las clases según los valores de conductividad eléctrica.-

C-1 (0 - 250 micromhos/cm, 25°C): aguas de salinidad muy baja, que puede usarse para riego, con escasas probabilidades de que el suelo se salinice. Requiere algo de lixiviación tal como ocurre con las prácticas normales de riego, salvo en casos de permeabilidad lenta.

C-2 (250-750 micromhos/cm, 25°C): aguas de moderado tenor salino, que pueden ser usadas para riego de todas las plantas con excepción de aquellas extremadamente sensibles a las sales. Los suelos deben ser de permeabilidad moderada a rápida. Con suelos de permeabilidad lenta, deben tomarse precauciones para drenar; en ciertos casos deben seleccionarse plantas de tolerancia moderada a las sales.

C-3 (750-2.250 micromhos/cm 25°C): aguas de salinidad media a alta, que pueden usarse solamente sobre suelos de permeabilidad moderada a rápida. Hay que prevenir una salinización del suelo mediante drenaje abundante. A menudo habrá que controlar la salinidad y seleccionar plantas de tolerancia moderada a alta a las sales.

C-4 (2.250-4.000 micromhos/cm 25°C): aguas de salinidad alta, recomendables para riego solamente en suelos de permeabilidad rápida, usando un buen drenaje para remover el exceso de sa-

les. Se deben seleccionar sólo plantas tolerantes a las sales.

C-5 (4.000-6.000 micromhos/cm, 25°C): aguas de salinidad muy alta, no recomendables para riego, solamente en suelos de permeabilidad rápida, usando muy buen drenaje y con plantas de gran tolerancia a las sales.

C-6 (6.000 micromhos/cm, 25°C, y más) : aguas excesivamente salinas que no deberían ser usadas en regadío.

Las clases según el contenido de sodio.-

S-1 : aguas de contenido bajo de sodio y que pueden ser usadas prácticamente en cualquier suelo sin riesgo de acumulación de cantidades perjudiciales de sodio de intercambio.

S-2 : aguas de contenido medio de sodio, que presentan un riesgo de acumulación de sodio en suelos arcillosos y pobres de materia orgánica especialmente si el drenaje es imperfecto, a menos que haya yeso presente en el suelo. Esta clase de aguas es recomendable en suelos de textura gruesa con permeabilidad rápida.

S-3 : aguas de alto contenido de sodio. Tienden a acumular sodio en cantidades perjudiciales, en suelos sin yeso. Los suelos en que se usen estas aguas requieren un manejo especial, con buen drenaje y adición de materia orgánica para mejorar sus condiciones físicas. Se recomienda emplear enmiendas químicas para reemplazar el sodio, exceptuando las aguas que tengan un alto contenido salino.

S-4 : aguas de un contenido de sodio muy alto, generalmente no recomendables para riego con excepción de las que tengan de un bajo a mediano contenido salino, donde puedan ser usadas enmiendas químicas.

TABLA Nº 2.2.-

CLASIFICACION SEGUN EL U.S. SALINITY LABORATORY DE LAS AGUAS DEL RIO MAPOCHO (Valores promedios).

ANALISIS	Antes Canal San Carlos	Mapocho en Pudahuel	Después Puntilla La Afric.	Bocatoma Canal Las Mercedes
CONDUCTANCIA ESPEC. CE x 10 ⁻⁶ mhos/cm, 25°C	800 med. a al.	1.140 med. a alt.	1.255 med. a al.	1.310 med. a al.
S.A.R. (riesgo de sodio)	2,22 bajo	2,91 bajo	2,83 bajo	3.10 bajo
CLASES	C3-S1	C3-S1	C3-S1	C3-S1

med. a al. = medio a alto

De la Tabla N° 2.2, se concluiría que el agua del río Mapocho, en general, es de salinidad media a alta y que puede usarse solamente sobre suelos de permeabilidad moderada a rápida. No debe ser usada en suelos con drenaje imperfecto; aún, en suelos bien drenados, requieren de un manejo especial para el control de la salinidad y, en algunos casos, habrá que seleccionar plantas tolerantes a las sales.

El contenido de sodio, para casi todos los suelos, no presenta peligro de acumulación en niveles perjudiciales de sodio de intercambio, sin embargo, cultivos sensibles al sodio, como son algunos frutales, pueden sentir efectos nocivos a causa de ello.

2.2.2.- CLASIFICACION CUALITATIVA DE LAS AGUAS DE RIEGO

SEGUN L.V. WILCOX Y O.C. MAGISTAD

Los principios de esta clasificación son:

- La conductividad eléctrica expresada en mhos/cm ($CE \times 10^{-5}$ mhos/cm, a 25°C)
- Contenido de boro expresado en mg/l del elemento.
- Porcentaje del ión sodio o porcentaje de sodio (% Na), en que todos los cationes se expresan en me/l.
- Ión cloruro expresado en me/l del elemento.

La Tabla N° 2.3 contiene la clasificación cualitativa de las aguas de riego y la Tabla N° 2.4 determina la clase de las aguas del río Mapocho en sus cuatro estaciones de control.

TABLA N° 2.3
CLASIFICACION CUALITATIVA DE LAS AGUAS DE RIEGO POR
L.V. WILCOX y O.C. MAGISTAD

	<i>μmhos</i>	<i>1000</i>	<i>1000 - 3000</i>	<i>3000</i>
Conductividad eléctrica $CE \times 10^{-5}$ mhos/cm, a 25°C	menos de 100	100 - 300	más de 300	
Boro (mg/l)	menos de 0.5	0.5 - 2.0	más de 2.0	
Porcentaje de sodio	menos de 60	60 - 75	más de 75	
Cloruros (me/l)	menos de 5	5 - 10	más de 10	
CLASES	I Excelente a buena	II Buena a perjudi- cial	III Perjudicial a no recomen- dable	

TABLA Nº 2.4

CLASIFICACION SEGUN L.V. WILCOX Y O.C. MAGISTAD
PARA LAS AGUAS DEL RIO MAPOCHO

ANALISIS	Antes Canal San Carlos	Mapocho en Pudahuel	Después Puntilla La Africana	Bocatoma Canal Las Mercedes
CE x 10 ⁻⁵ mhos/cm, 25°C	80	114	126	131
Boro (mg/l)	1.10 (#)	0.86 (#)	1.10 (#)	1.10 (#)
% de Na	38.8	44.4	40.4	42.6
Cloruros (me/l)	4.00	5.81	5.92	6.19
CLASES	II	II	II	II

NOTA (#): Valores obtenidos de los análisis existentes antes del presente estudio (Cap. 7).

De la Tabla Nº 2.4 se deduce que el agua del río Mapocho, según esta pauta de clasificación, sería de buena calidad antes del Canal San Carlos (lugar en donde se muestreó) ya que, solamente, por un solo constituyente (boro) cae en la clase II. En las tres estaciones restantes, el agua es francamente de clase II, es decir, entre buena y perjudicial.

Esta clasificación Cualitativa es muy restringida, por cuanto no da mayores antecedentes respecto al agua en análisis y además basta que una de las características de un agua sea propia de una clase inferior para que ésta baje de categoría quedando en igualdad de condiciones a otras aguas de riesgo de inferior calidad.

2.2.3.- CLASIFICACION TENTATIVA PARA LA SALINIDAD EFECTIVA DE LAS AGUAS DE RIEGO.-

Doneen (58) elaboró una clasificación basada en la "salinidad efectiva". La conductividad eléctrica, como criterio para la determinación de la totalidad de sales en un agua de riego no es una medida representativa de una acumulación potencial de sales en un suelo motivada por el agua de riego. A través de numerosos trabajos se ha demostrado que la solución del suelo llega a ser varias veces más concentrada que

el agua de riego debido a la evaporación desde la superficie del suelo y a la evapotranspiración de las plantas. Por tal motivo, ciertas sales que están presentes en baja concentración en el agua, no lo estarán en la solución que impregna el suelo.

Al concentrarse el agua del suelo, las sales en dilución precipitarán en el siguiente orden: carbonato de calcio primero, seguido por el carbonato de magnesio y a continuación el sulfato de calcio (yeso). El resto de las sales que son extremadamente solubles en cualquier concentración, tales como los cloruros de calcio, magnesio y sodio, sulfato de sodio y el resto de sulfatos y carbonatos seguirán disueltos en la solución suelo.

En consecuencia, los carbonatos de calcio y magnesio, y el sulfato de calcio, deben deducirse de las sales totales para apreciar la salinización del suelo. Las sales restantes, por su solubilidad, provocan salinización de un suelo y su valor se designa como "salinidad efectiva" de un agua de riego.

Este sistema de calcificación se cumple con todas ~~X~~ aquellas aguas que presentan una conductancia específica menor a 1.000 micromhos/cm, (25°C). En aguas de una conductancia mayor es preferible considerar este último valor para la estimación de calidad.

La Tabla Nº 2.5 muestra los estándares tentativos para determinar la salinidad efectiva de aguas de riego, en suelos bien drenados y con drenaje imperfecto. Las concentraciones críticas son las anotadas en la clase I para tres condiciones del suelo. Las clases II y III indican aumento de la concentración de sales y la contribución a la salinización del suelo, para lo cual se recomienda controles periódicos de la salinidad y prácticas de riego para eliminar el exceso de sales con mínima pérdida de agua.

La Tabla Nº 2.6 contiene los valores promedios determinados en el laboratorio de aquellos parámetros que permitan la clasificación según la salinidad efectiva de las aguas del río Mapocho.

TABLA Nº 2.5

CLASIFICACION TENTATIVA DE DONEEN PARA LA SALI-
NIDAD EFECTIVA DE LAS AGUAS DE RIEGO

Condiciones del suelo	Unidad	Valores		
1.- Poca o ninguna lixiviación del suelo	me/l	3	3 - 5	5
	mg/l	165	165 - 275	275
2.- Lixiviación ligera, con percolación limitada en profundidad o drenaje lento	me/l	5	5 - 10	10
	mg/l	275	275 - 550	550
3.- Suelos permeables, percolación fácil en profundidad del agua	me/l	7	7 - 15	15
	mg/l	385	385 - 825	825
CLASES		I	II	III
		Baja	Media	Alta

TABLA Nº 2.6

CLASIFICACION, SEGUN LA SALINIDAD EFECTIVA, DE
LAS AGUAS DEL RIO MAPOCHO

Características	Antes Canal San Carlos	Mapocho en Pudahuel	Después Puntilla La Africana	Bocatoma Canal Las Mercedes
% de Sodio	38.8	44.4	40.4	42.6
Calcio (me/l)	4.46	5.89	6.41	5.72
Magnesio "	1.07	1.55	2.05	2.66
Sodio "	3.92	6.08	5.86	6.31
Potasio "	0.07	0.15	0.13	0.18
Total de cationes	9.52	13.67	14.45	14.87
Salinidad efectiva (me/l)	5.06	7.78	8.04	9.15
% de Sodio efectivo	77.47	78.14	72.88	68.96

De la Tabla N° 2.6 se podría deducir que la salinidad potencial o efectiva de las aguas es ligeramente superior a la mitad de la salinidad total aumentando esta pequeña diferencia, en cada una de las muestras analizadas de las estaciones según el sentido de escurrimiento de las aguas del río. Se nota también un aumento del porcentaje de sodio en un poco menos del doble en cada una de las muestras, pero si este porcentaje se compara con los valores de la Tabla N° 2.4 de las normas Wilcox y Magistad, se ratifica en todos los casos la clase II de las aguas del río Mapocho.

Por lo tanto, dependiendo de las condiciones que presenta el suelo, el agua del río Mapocho, según la Tabla N° 2.6 de la "salinidad efectiva", sería:

Para la condición N° 1, de clase III (salinidad alta)

Para la condición N° 2, de clase II (salinidad media)

Para la condición N° 3, de clase II (salinidad media)

Luego, usando las aguas del río Mapocho para riego, se presentarán los siguientes casos:

- Con poca o ninguna lixiviación del suelo se presentaría salinidad alta.
- Suelos con percolación limitada en profundidad o con drenaje lento se produciría salinidad media.
- En suelos permeables, con percolación fácil en profundidad del agua, se presentaría también salinidad media.

2.2.4.- CLASIFICACION DE LAS AGUAS A TRAVES DE SOLIDOS TOTALES DISUELTOS Y PORCIENTO DE SODIO.-

Esta clasificación también es de tipo cualitativo por cuanto, en base a valores de sólidos disueltos y el % Na, se califica el agua no tan sólo para riego sino que para otros usos al cual quiera dársele.

La Tabla N° 2.7 contiene dicha clasificación en términos de los dos parámetros ya anunciados y la Tabla N° 2.8 consigna los valores obtenidos en el río Mapocho para las cuatro estaciones de muestreo.

PLANO "C"

UBICACION DE LAS DESCARGAS DE ALCANTARILLADO
AL RIO MAPOCHO EN SANTIAGO.

UBICACION DE LUGARES DE MUESTREO
PRIMER MUESTREO DE ORIENTACION
(3 y 4 de Enero de 1972)

ESC. 1 : 20.000

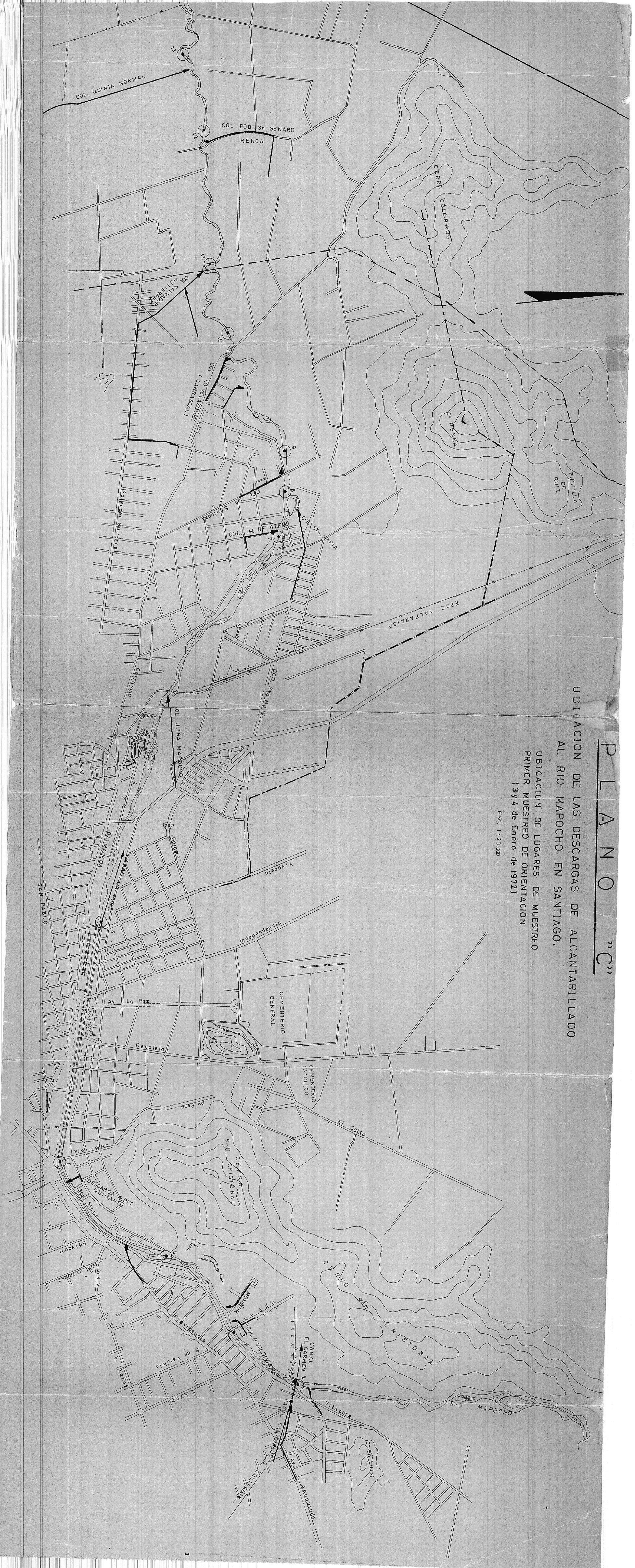


TABLA Nº 2.7

CLASIFICACION DE LAS AGUAS A TRAVES DE LOS SOLI-
DOS TOTALES DISUELTOS Y EL PORCIENTO DE SODIO (32)

Clase de agua	Sólidos totales disueltos (mg/l)	Porciento de Sodio (%)
I Muy buena	0 - 175	menos de 20
II Buena	175 - 525	20 - 40
III Tolerable	525 - 1400	40 - 60
IV Dudosa	1400 - 2100	60 - 80
V Inútil	más de 2100	más de 80

TABLA Nº 2.8

CLASIFICACION DE LAS AGUAS DEL RIO MAPOCHO SEGUN
SOLIDOS DISUELTOS Y % NA

ANALISIS	Antes Canal San Carlos	Mapocho en Pudahuel	Después Puntilla de la Africana	Bocatoma Canal Las Mercedes
Sólidos totales Disueltos (mg/l)	631	880	936	951
% Na	38.8	44.4	40.4	42.6
CLASE	III	III	III	III

De la Tabla Nº 2.8 se infiere que las aguas del río Mapocho serían clasificadas como aguas tolerables en el cual deben extremarse los cuidados bajo un sistema de control concordante con el uso que quiera darse a estas aguas. En el muestreo del lugar ubicado antes del Canal San Carlos se encuentra que el agua, de acuerdo al % de Na, sería de clase buena a tolerable.

A manera de resumen final, puede decirse que las aguas del río Mapocho, en cuanto a uso para riego, sería de salinidad media a alta y podría ser usada en suelos de permeabilidad moderada. Se presentaría salinidad alta en suelos con poca o ninguna lixiviación y salinidad media en suelos permeables y en suelos con drenaje lento.

El contenido de sodio no presentaría peligro de acumulación, pero cultivos sensibles al sodio, como algunos frutales, podrían sentir efectos nocivos a causa de ello. Además, el agua se califica como buena a perjudicial, en una etapa intermedia.

Desde otro punto de vista, el agua del río Mapocho podría ser objetada para el cultivo de hortalizas y frutas que pueden resultar contaminadas con microorganismos patógenos dados los niveles que presentan los índices de bacilos Coli, tipo I.- Fenoles y detergentes pueden constituir problemas para el cultivo de verduras y similares.

2.3.- ALIMENTACIÓN DEL LAGO PEÑUELAS.-

2.3.1.- ALGUNOS ASPECTOS SOBRE EL PROYECTO DEL CANAL DE LA PROSPERIDAD (SANTIAGO-PEÑUELAS).-

Del Informe sobre el Proyecto Canal Prosperidad (Santiago-Peñuelas) publicado por la Oficina Proyecto Río de la Unidad (OPRU), de la Dirección General de Aguas (MOPyT), en Mayo de 1972 (9) se transcriben algunos párrafos:

"El Canal de la Prosperidad (Santiago-Peñuelas) es un proyecto, actualmente en construcción, de aprovechamiento multisectorial de los recursos que abarca principalmente el abastecimiento de agua potable de Valparaíso, Viña del Mar y pueblos cercanos; el regadío de Curacaví y Casablanca y el establecimiento de balnearios populares (pág. 10). Se usarán, para abastecer estas necesidades de agua, exclusivamente excedentes de las hoyas de los ríos Maipo fundamentalmente y Mapocho, sin perjudicar a otros usuarios y sin requerir a plazo corto o mediano de otras obras de aprovechamiento de los recursos de agua de la Cuenca de Santiago" (pág. 11).

"Según el proyecto, la bocatoma del Canal Prosperidad-

dad se sitúa sobre el río Mapocho en un punto próximo a la Puntilla de La Africana y aguas arriba de la descarga del Zanjón de la Aguada. Se consulta el cierre del cauce del río Mapocho por medio de una barrera móvil compuesta por 8 compuertas de sector de aproximadamente 4,2 m. de luz cada una la que se complementa con una barrera fija formada por un vertedero frontal tipo Creager de aproximadamente 55 m. de longitud. Se proyecta para captar hasta un caudal máximo de $15 \text{ m}^3/\text{s}$ del río Mapocho consultándose elementos de reja, compuertas planas reguladoras de caudal, elementos de purga y de desripación (pág. 22).

"La captación directa proveniente del río Maipo se conduce en canoa por sobre la barrera entregando directamente al Canal Prosperidad. Un doble juego de compuertas permite captar, en este canal, indistintamente ya sea sólo los recursos del Mapocho, sólo los del Maipo o ambos", (pág. 22).

"De acuerdo al proyecto, será posible captar en la Bocatoma del Canal Prosperidad sólo los traspasos de agua que se hagan desde el río Maipo para fines de agua potable, o bien, excedentes de invierno del río Mapocho más traspasos del río Maipo para fines de riego" (pág. 17).

"Los recursos actuales disponibles desde el río Mapocho para el proyecto de regadío Curacaví-Casablanca consisten en los excedentes de invierno que pueden captarse en la bocatoma. Por no disponer de antecedentes suficientes se ha considerado que los de verano estarían copados por las necesidades de los canales cuyas bocatomas se sitúan más hacia aguas abajo; se considera por el momento estos recursos de verano y especialmente de deshielos como una seguridad adicional" (pág. 51).

"Los recursos provenientes del río Mapocho que se destinarán exclusivamente al regadío están sujetos a dos limitaciones para poder ser aprovechados en los objetivos de este proyecto.

- a) La capacidad dada al canal de captación en bocatoma.
- b) Los recursos utilizados por la planta hidroeléctrica "Carena" a través del canal Las Mercedes.

Se ha determinado que la capacidad del Canal Santiago-Pañuelas, en su primer tramo, y destinada a los fines de este proyecto será de $15 \text{ m}^3/\text{s}$; por otra parte, de los antecedentes suministrados por el usuario se ha llegado a la conclusión que hay que reservar una capacidad permanente de $10 \text{ m}^3/\text{s}$. para la operación de la planta Carena antes referida" (pág. 52).

2.3.2.- PROBLEMAS DE CONTAMINACION DE LAGOS.-

Ordinariamente las sustancias que contaminan los ríos (59) continúan hasta descargarse en el mar y las sustancias que se han depositado en su lecho pueden ser lavadas con las lluvias. Sin embargo, esto no ocurre en los lagos aunque ellos formen parte de los ríos ya que la velocidad que toma el agua a través de los lagos no es suficiente para arrastrar esas materias. En efecto, ellos son frecuentemente tan profundos que las corrientes no afectan en su totalidad a su fondo. Por esto es que los agentes contaminantes se acumulan y permanecen en el lago en forma indefinida. El carácter del lago cambia fundamentalmente: queda sujeto al "boom" de algas, las que no son visibles a simple vista (microscópicas) y crean serias dificultades en las plantas de tratamiento de agua potable y en la desoxidación periódica, lo que puede afectar a todo el sistema de vida del lago.

2.3.3.- EUTROFICACION EN LAGOS.-

Cuando los lagos se destinan como receptores de aguas servidas y de residuos industriales líquidos se generan problemas de eutroficación que se manifiesta por un desarrollo exagerado de algas, como efecto de los nutrientes contenidos en las aguas servidas descargadas tales como fosfato y nitrógeno.

En Chile, se cuenta con una experiencia sobre el particular relacionada con la laguna Las Tres Pascuales (7), ubicada en la parte urbana de la ciudad de Concepción. Esta laguna estuvo destinada exclusivamente a la práctica de deportes acuáticos y era, de esta manera, un motivo estético y de recreación. Aproximadamente, en el año 1950 fue utilizado para recibir líquidos cloacales de algunos colectores de la ciudad.

Su aspecto, desde entonces, cambió totalmente convirtiéndose en un área densamente poblada de vegetación. Aunque no se disponen de mayores antecedentes sobre el particular es el caso que, a la fecha, esa laguna ha sido eliminada.

Por otra parte, se ha reconocido que desde hace unos 20 años existe eutroficación creciente en los más importantes lagos en la región de la Alta Baviera, entre los que se encuentra el lago Constanza, desde el cual nace el río Rhin.

La influencia de las algas, en los sistemas ecológicos se ha detectado también en el lago Biwa de Japón, en el Zurich de Suiza, en el lago Tahoe de California y en el lago Erie.

Entre las algas más características proliferadas se encuentra la *Oscillatoria Rubescens*, de color rojo.

2.3.4.- METODOS DE PROTECCION Y CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA EN LAGOS QUE SON RECEPTORES DE AGUAS SERVIDAS Y RESIDUOS INDUSTRIALES (7)

Se ha hecho necesario instituir una protección eficaz y medidas de control que permitan detener la acumulación peligrosa y reducir lo más eficientemente posible la concentración de sustancias fertilizantes (nutrientes) responsables, especialmente los fosfatos. Como esas sustancias tienen su origen primordialmente en aguas residuales domésticas e industriales se hace necesario agrupar esos efluentes en forma tal que se incorpore al lago un mínimo de sustancias contaminantes.

Es por ello que el Lago Constanza ha sido protegido por un colector ubicado a lo largo del litoral que recolecta las aguas servidas y las conduce a una planta de tratamiento cuyo efluente es descargado al curso de salida del lago. El mismo tipo de protección se ha escogido para los lagos Ter-gensee, Starberg, Ammersee y Schliersee.

Se piensa que sería permitido la descarga de aguas servidas a los lagos siempre y cuando ellas fuesen sometidas a un tratamiento terciario que consistiría en una coagulación química para eliminar el fósforo después del tratamiento primario y biológico de las aguas servidas.

Por otro lado, se ha propuesto la creación de un Centro Internacional de Algas, ya que se reconoce que ellas pueden ser causantes, o bien, que tengan alguna relación con enfermedades como el cólera y la poliomielitis.

2.3.5.- STANDARDS DE CALIDAD Y RELACION CON VALORES OBTENIDOS EN EL RIO MAPOCHO (7)

Los siguientes límites han sido fijados por la International Water Quality Control Commission, para el lago Constanza, que constituye un modelo entre los lagos de la Alta Baviera.

pH	=	6.0 - 9.0
Sólidos sedimentables	=	0.3 (mg/l)
Sólidos totales suspendidos	=	30 (mg/l)
D.B.O. (5 días - 20°C)	=	20 (mg/l)
O.C. (KMnO ₄)	=	80 (mg/l)
Sustancias tóxicas	=	no
Súlfuros	=	no
Aceites y grasas	=	10 (mg/l)
Reducción total del fosfato	=	90%

Se ha encontrado que la concentración de fósforo de los efluentes de plantas de tratamiento pueden lograrse entre 0,5 a 1,0 mg/l, con una dosis razonable de coagulante.

El Cuadro C del Anexo contiene una columna con estos valores normalizados para lagos receptores de aguas servidas y las concentraciones respectivas de los parámetros examinados en laboratorio para las aguas del río Mapocho. En este Cuadro se puede apreciar que se encuentren excedidos los siguientes parámetros : DBO, sólidos totales suspendidos y fosfatos.

En relación a los sólidos suspendidos (Fig. 39), éstos sobrepasan considerablemente lo dispuesto como máximo por los Criterios y Normas ya que éstas indican 30 mg/l; en cambio, en Pudahuel se registró una concentración promedio de 500 mg/l de SS y en Puntilla de La Africana, 430 mg/l con un valor máximo de 1150 mg/l de SS, en el mismo lugar.

En cuanto a nutrientes, la bibliografía da valores

Pág 270

de 0,3 mg/l para el nitrógeno y 0.1 mg/l para el fósforo sin tomar en cuenta que algunos tipos de algas son tan eficientes en su capacidad para utilizar el fósforo que pueden hacerlo en aguas que contienen sólo 0,001 mg/l de este elemento, provocando problemas de eutroficación en lagos.

El Cuadro C del Anexo muestra que, en todas las estaciones de control del río, se sobrepasan estos límites.

2.4.- USO INDUSTRIAL Y MINERO.-

La columna 4 del Cuadro C del Anexo contiene los valores máximos tolerados por los Criterios y Normas de Calidad de uso del agua para todos aquellos parámetros que inciden en la aptitud del agua para abastecimiento industrial, especialmente en la elaboración de alimentos. Para este último caso, los Criterios y Normas tienen casi la misma exigencia indicada para las fuentes de suministro de agua potable variando sólo en algunos casos: nitratos, cobre, cloruros y fenoles. Se debe agregar la exigencia a los sólidos suspendidos limitada a 20 mg/l como máximo.

Se encuentran excedidos, por lo tanto, las siguientes determinaciones: DBO, sólidos totales, sólidos suspendidos, cromo hexavalente, sulfatos, fenoles y bacterias Coli fecales.

En cuanto a uso del agua para refrigeración, los Criterios son menos exigentes en cuanto a límites y cantidad de parámetros. Para ello, se tendría especial preferencia en controlar los valores de DBO, bacterias coliformes, sólidos totales y suspendidos.

En el caso que las aguas servidas tratadas sean reusadas como agente de transferencia de calor, los fosfatos contenidos en ellas se depositarían sobre las superficies metálicas calientes, obstaculizando la conducción del calor, de acuerdo a estudios realizados sobre la materia.

La dureza juega un papel importante en las aguas para uso industrial. En el capítulo 1, Segunda Parte, Sección 1.6.2., se proporcionan valores de dureza para las aguas del río Mapocho.

El agua, en la 1ª Sección legal del río Mapocho sería apta para uso industrial ya que las exigencias al respecto son más tolerables que para el abastecimiento de agua potable. Frente a la Mina de La Africana, la dureza total tendría un valor medio de 406 mg/l como CaCO_3 sin ser, de ninguna manera, un valor definitivo. En cuanto a dureza, no se descartan estas aguas para uso industrial sin que obligaría a algunas industrias a someterla a tratamientos con el fin de ablandarlas.

2.5.- RECREACION, BAÑO Y NATACION.-

Los Criterios de Calidad para este ítem son los siguientes, de acuerdo a la referencia (4):

	Valor	
	<u>acceptable</u>	<u>tolerable</u>
Bacterias Coliformes (b/100 ml)	0	500
DBO (5d - 20°C) (mg/l)	5	10
OD (mg/l)	6 (mín)	2(mín)
pH	5.5 y	8.5
Sólidos suspendidos (mg/l)	50	100
Metales tóxicos (mg/l)	0.1	5.0
Fenoles (mg/l)	0.005	0.050

Observando el Cuadro C del Anexo y estos Criterios de calidad para recreación se puede inferir lo siguiente:

En las cuatro estaciones de muestreo de las aguas del río Mapocho, los parámetros analizados que deben cumplir las exigencias máximas tolerables para recreación y que se exceden definitivamente en sus valores máximos son: bacterias coliformes, DBO y sólidos suspendidos.

En cuanto al oxígeno disuelto, antes del Canal San Carlos no existirían problemas, pero en el tramo del Mapocho comprendido entre el Canal San Carlos y Rinconada de Maipú el OD baja a valores cercanos o iguales a cero: en Pudahuel, 2mg/l; en La Africana, 2,2 mg/l y en Rinconada de Maipú, 0.5 mg/l de OD. Antes de Pudahuel, el OD del río Mapocho es francamente nulo como se pudo apreciar en el "Muestreo General de Orientación".

Los metales tóxicos y fenoles no provocarían problemas en el río ateniéndose a los valores máximos tolerados.

De acuerdo a lo anterior, las aguas del río Mapocho, en el tramo estudiado, se deberían descartar totalmente para el baño y recreación.

A partir del puente Esperanza, hacia aguas abajo del río imperan otras condiciones en éste, de modo que debería ser estudiado más exhaustivamente. Según los análisis del Muestreo General de Orientación, estas aguas sólo no cumplirían los requisitos de DBO e Índice Coli.

2.6.- VIDA ACTUATICA.-

Los Criterios de Calidad para las aguas que deben cumplir esta exigencia, según referencia (4), son los siguientes:

	Valor	
	óptimo	máximo
Bacterias Coliformes (b/100 ml)	10^3	$2 \cdot 10^4$
DBO (mg/l)	10	30
OD (mg/l)		5 (mínimo)
pH	5,5 y	9.0
Sólidos suspendidos (mg/l)	10	70
Sólidos totales (mg/l)	1.000	5.000
Cloruros (mg/l)	1.000	2.500
Metales tóxicos (mg/l)	0.5	10.0
Fenoles (mg/l)	0.1	1.0

Los valores de estos parámetros consignados en los Cuadros B y C del Anexo permiten señalar que se encuentran sobre los límites las siguientes determinaciones: indiscutiblemente las bacterias coliformes (valor medio, 10^{14} bacilos/100 ml frente a $2 \cdot 10^4$ exigido por los Criterios); DBO en todas las estaciones; OD en todos los casos, exceptuando antes del Canal San Carlos; sólidos suspendidos en todas las estaciones. No existirían problemas en cuanto a altas concentraciones de sólidos totales, cloruros, metales tóxicos y fenoles.

Es necesario destacar p. ej., que la vida de peces sólo puede ser posible cuando existe en las aguas un mínimo de 5 mg/l de O.D. y que no se prolongue este mínimo por más de 6 horas. Por lo tanto, en Pudahuel, en La Africana y en Rinconada de Maipú, y en general, en todo el tramo del río estudiado no sería posible la vida acuática. Sin embargo, en comisiones de terreno hemos comprobado la existencia, en Rinconada de Maipú, próximo a la estación limnigráfica de la DGA., de organismos vivos en la superficie de las aguas del río Mapocho, pese a que allí existen bajas condiciones aeróbicas.

2.7.- RESUMEN.

A manera de resumen de orientación con el cual atenderse para una planificación posterior de las aguas del río Mapocho se ha confeccionado la Tabla Nº 2.9 de aspecto meramente cualitativo.

TABLA Nº 2.9.

APTITUD CUALITATIVA DEL AGUA DEL RIO MAPOCHO
PARA DIVERSOS USOS

SECCIONES LEGALES DEL RÍO	U S O S					
	AGUA POTABLE	RIEGO	LAGOS RECEPTO- RES DE A.S.	ABASTEC. INDUS- TRIAL	RECREACION Y BAÑO	VIDA ACUÁTICA
I	X	B	M	R	R	R
II	M	R	M	M	M	M
III	M	R	M	M	M	M
IV	M	X	X	M	X	R

B = Buena

R = Regular

M = Mala

X = Se necesitan mayores antecedentes

A.S. = Aguas Servidas

CAPITULO 3.-CANTIDAD DE MATERIAL CONTAMINANTE EN EL RIOMAPOCHO3.1.- FLUJO DE LA CANTIDAD DE D.B.O. A LO LARGO DEL RIO MAPO-
CHO.-

El Cuadro ~~4~~ ^(pág 273) del Anexo contiene los valores de la carga orgánica, en unidades de Ton DBO/día, que se han presentado a lo largo del río Mapocho correspondiente a los años 1962 y 1972 según muestreos puntuales practicados en el mismo. Los valores de DBO y caudal determinados en el año 1962 corresponden al trabajo de la referencia (22); las concentraciones de DBO del año 1972 se consignan dentro del presente estudio como un muestreo general de orientación presentado en el Capítulo 1, Segunda Parte, y los antecedentes de caudal se obtuvieron en la Sección Hidrometría de la Dirección General de Aguas para las fechas de muestreo. En el mismo Cuadro se hace un paralelo, para los dos años ya señalados, estableciendo la cantidad de carga orgánica registrada en lugares de muestreo coincidentes.

El gráfico de la Figura 44 representa los valores del Cuadro indicado anteriormente y en el que se puede visualizar claramente el aumento ostensible que se habría producido en la cantidad de carga orgánica para las dos condiciones del río. Como promedio general en el río Mapocho, la carga orgánica alcanzó en el año 1962 a 8 Ton DBO/día; en cambio, en el año 1972, se llegó a un valor de 50 ton DBO/día habiendo aumentado en 6 veces lo obtenida hace 10 años. Sin embargo, debería interpretarse esta afirmación teniendo en cuenta las diferencias entre los dos muestreos indicados, en especial, en lo referente a seguir la misma agua a través de su escurrimiento y en las técnicas utilizadas en la determinación de la DBO.

De acuerdo al gráfico, la curva que representa la situación del río en el año 1972 define tres lugares críticos para la carga orgánica: puente Pío Nono, tramo del río antes del puente Pudahuel y Rinconada de Maipú. Estos lugares del río coinciden con las características presentadas en el gráfico de la Figura 27 (Cap. 1, Segunda Parte) en el cual se expre-

↳ Pág 137

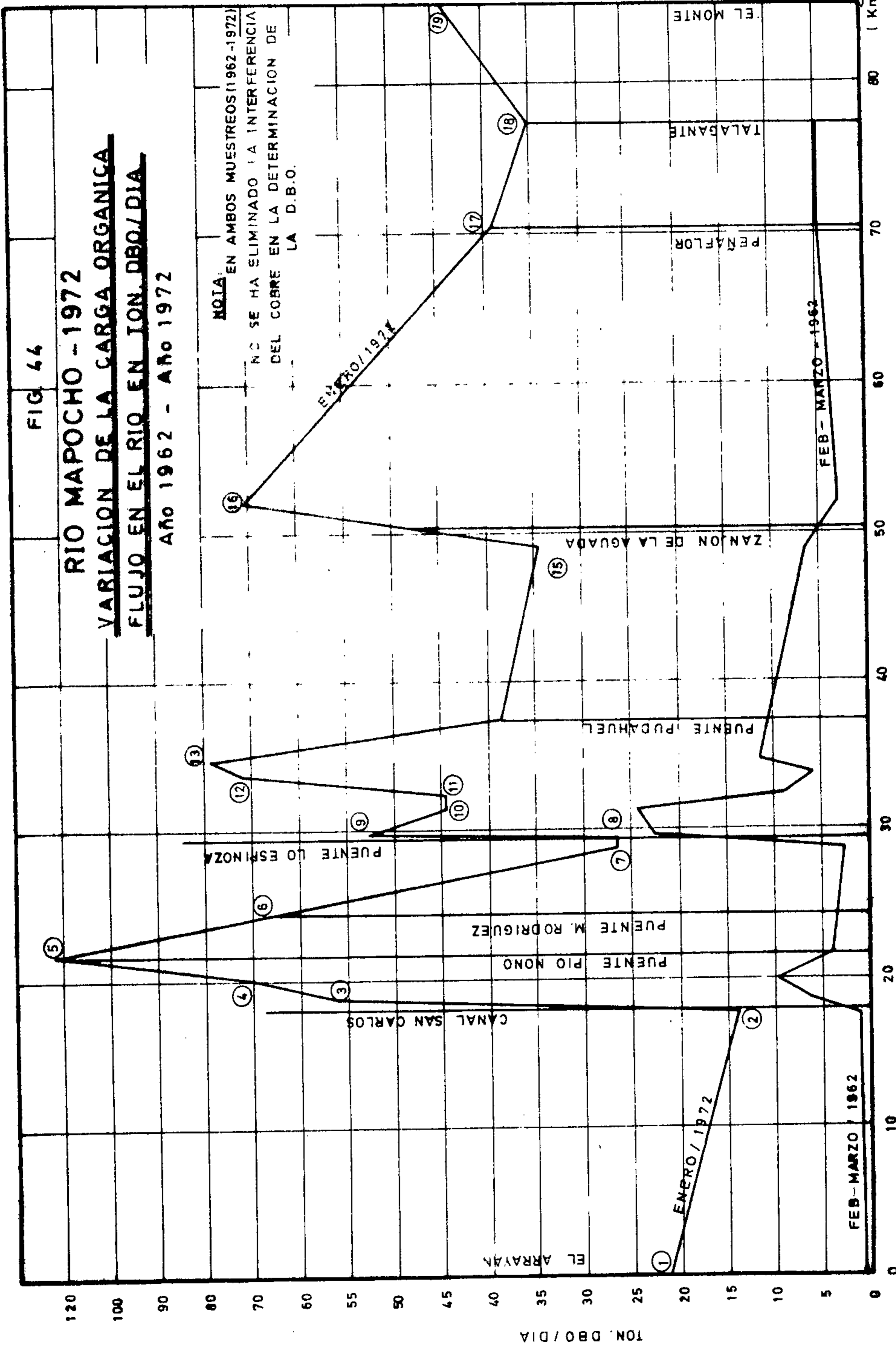
FIG 44

RIO MAPOCHO - 1972

VARIACION DE LA CARGA ORGANICA
FLUJO EN EL RIO EN ION. DBO/DIA

AÑO 1962 - AÑO 1972

NOTA: EN AMBOS MUESTREOS (1962-1972)
NO SE HA ELIMINADO LA INTERFERENCIA
DEL COBRE EN LA DETERMINACION DE
LA D.B.O.



ION. DBO/DIA

(Km) 0 10 20 30 40 50 60 70 80

sa la contaminación orgánica en términos de la concentración de DBO y OD. Por otra parte, también existirían puntos de coincidencia con el determinado para el año 1962, como es el caso de los lugares del río ubicados antes del puente Pío Nono y antes del puente Pudahuel.

Evidentemente, estas consideraciones quedan afectadas por el hecho que en la determinación de la DBO, en ambos casos, no se ha tomado en cuenta y eliminado la interferencia del cobre y otros posibles interferentes.

3.2.- POBLACION EQUIVALENTE ACTUAL Y FUTURA.-

En la referencia (35) se dan los siguientes valores para la cantidad de material orgánico, expresado como Kg de DBO/día, que entregan los diversos colectores del alcantarillado de Santiago al río Mapocho y al Zanjón de la Aguada, según áreas de drenaje, y válido para el año 1970.

Al río Mapocho llegan	51.600 Kg DBO/día	(24%)
Al Zanjón de la Aguada llegan	<u>161.500 Kg DBO/día</u>	(76%)
Total	213.100 Kg DBO/día	

De este total, los flujos industriales alcanzan a un valor aproximado de 85.000 Kg DBO/día, en cambio, el del sector doméstico alcanza a 128.000 Kg DBO/día.

Estos valores se traducirán a población equivalente considerando que la carga diaria por habitante es de 60 gr/hab/día, según referencia (26), pág. 52. Esta carga orgánica expresa la cantidad de oxígeno disuelto necesario para estabilizar, mediante procesos biológicos, las aguas servidas domésticas producidas, en promedio, por un habitante al día. Por otra parte, se entiende por "población equivalente" (PE) la cantidad de habitantes que produce el mismo efecto contaminante que la descarga de un residuo industrial de un proceso determinado, por unidad de producción (42 y 59).

Así, para el año 1970, las poblaciones equivalentes respectivas, fueron:

P.E. sector urbano	=	2.130.000 habitantes	(60%)
P.E. sector industrial	=	<u>1.420.000 habitantes</u>	(40%)
Total	=	3.550.000 habitantes	

La proyección de la cantidad de material contaminante, por área de drenaje, para el año 1995, establece los siguientes valores, de acuerdo a la misma referencia (35) ya citada.

Al río Mapocho llegarían	165.000 Kg DBO/día	(33%)
Al Zanjón de la Aguada llegarían	<u>340.000</u>	" (67%)
Total	505.000	"

Se afirma además que los residuos provenientes de la actividad doméstica evacuarían 395 ton. de DBO por día y que la actividad industrial alcanzaría a un flujo diario hacia los cuerpos receptores de aguas servidas de 110 ton. de DBO por día. Traduciendo nuevamente estos valores a población equivalente, se tendría para el año 1995:

P.E. sector urbano	=	6.580.000 habitantes	(78%)
P.E. sector industrial	=	<u>1.840.000</u> habitantes	(22%)
Total	=	8.420.000 habitantes	

Según los antecedentes utilizados, el crecimiento industrial relativo sería de un 30%, en 25 años, respecto al año 1970 (1,2 % anual), en cambio, la población urbana de 1995 triplicaría el existente.

La Sección Ingeniería Sanitaria de la U. de Chile está llevando a cabo un estudio, como continuación del presente, relacionado con la contaminación actual y futura de la Cuenca de Santiago destinado a determinar en forma más o menos precisa la población saneada e integrar, en conjunto, los elementos "fuentes de contaminación" y "contaminación producida" para proyectarlos principalmente hacia el futuro en función de los antecedentes básicos como uso y reuso del agua, consumos de agua potable y proyección de población. Será necesario, por lo tanto, determinar además una tasa de población equivalente específica para Chile, puesto que el valor de PE = 60 gr/hab/día, adoptado en este trabajo, ha sido sólo de carácter general. Se recomienda efectuar una investigación al respecto.

3.3.- FLUJO DE SUSTANCIAS CONTAMINANTES EN RINCONADA DE MAIPU.-

El Cuadro E del Anexo, contiene los valores corres-

pondientes a la cantidad de material arrastrado por las aguas del río Mapocho a través de la sección de muestreo ubicado en la bocatoma del Canal Las Mercedes, en Rinconada de Maipú. Estos valores son función exclusivamente del caudal registrado en la oportunidad en que se hizo el trabajo de terreno, pero que proporcionan una buena información en lo relativo a la magnitud del fenómeno.

Las sustancias que se seleccionaron son aquellas que están rechazadas por los Criterios y Normas de Calidad en el uso de las aguas del río y cuya cantidad se expresa como Kg/hora.

Como término medio, en Rinconada de Maipú fluyen:

- 2 ton/hora de carga orgánica expresada en términos de DBD(#)
- 5 ton/hora de Demanda Química de Oxígeno (DQO)
- 34 Kg/día de fenoles
- 11,5 ton/día de detergentes
- 36 Kg/día de nitritos
- 1,5 ton/día de fosfatos
- 63 ton/hora de sólidos totales
- 18 ton/hora de sólidos totales suspendidos
- 45 ton/hora de sólidos totales disueltos
- 10 ton/hora de cloruros
- 330 Kg/día de cromo hexavalente
- 470 Kg/día de cobre

Del Cuadro se desprende además que, aparentemente, el día en que se produciría un mayor flujo de sustancias contaminantes sería el día Sábado.

En cuanto a los caudales, éstos se calcularon en base a la curva de aforo y a las alturas deducidas de los limnigramas que fueron registrados en la estación fluvi-limnigráfica de Rinconada de Maipú. Estos antecedentes fueron proporcionados extraoficialmente por la Sección Hidrometría de la D.G.A. y se recurrió a usar de la curva de aforo que es válida solamente para el período 4-Marzo hasta el 31-Julio de 1971,

(#) NOTA: Valor cuya determinación adolece de la imprecisión causada por la presencia de interferentes (Cu y otros)

pero que es usada normalmente hasta un año después.

3.4.- CONCENTRACIONES DE SUSTANCIAS QUE SE PRODUCIRIAN PARA CAUDALES MAS PROBABLES DEL RIO MAPOCHO.-

Pág 274

El Cuadro F del Anexo ilustra las concentraciones de detergentes, fenoles, sólidos totales disueltos, cloruros y sulfatos que se producirían como efecto de las variaciones en el caudal del río Mapocho, sector Rinconada de Maipú. Se señala además cuál sería el caudal frontera del río que provocaría el límite crítico de concentración por sobre el cual dichos parámetros excederían inevitablemente los máximos tolerados por los Criterios y Normas de uso del agua incompatibilizando, por consiguiente, las características físico-químicas del agua del río para algún determinado reuso de la misma.

El caudal del río necesario para diluir los detergentes a concentraciones menores que 0.5 mg/l de ABS naturalmente no queda comprendido dentro del caudal más probable del río en concordancia con la estadística hidrológica del río registrada. El caudal que diluiría los detergentes a concentraciones más bajas que 0.5 mg/l de ABS debería ser mayor que 285 m³/s, en circunstancias que el caudal promedio mensual, máximo calculado en 12 años de estadística no ha sido mayor de 58 m³/s. (Ver Cuadro 3.c. del Anexo). *Pág 228*

Los parámetros elegidos para confeccionar el Cuadro F del Anexo responden básicamente al hecho que sus concentraciones detectadas en las aguas del río Mapocho observan una relación lineal con las variaciones de caudal de manera que es posible obtener la concentración resultante de cada parámetro para caudales más probables.

CAPITULO 4.-BASES PARA UNA ADECUADA PLANIFICACION EN EL USO
DE LAS AGUAS DEL RIO MAPOCHO4.1.- CONSIDERACIONES GENERALES.-

De acuerdo a estudios realizados en el campo de la ingeniería sanitaria se ha llegado a la conclusión de que lo ideal es que las aguas servidas sean previamente tratadas al ser arrojadas a cursos o masas receptoras tales como ríos, lagos, océanos. Sin embargo existe, especialmente en países como el nuestro, fuertes impedimentos de tipo económico que hacen casi imposible lograr esta situación ideal. Es por ello que, en la actualidad, se están efectuando estudios para determinar hasta qué grado es permisible arrojar aguas servidas sin tratar, en cursos o masas de agua, sin que ello atente contra las condiciones sanitarias y estéticas exigibles para el normal desenvolvimiento de la comunidad.

El vaciamiento de aguas servidas está principalmente condicionado por los usos posteriores a que se destinen las aguas; de allí que la palabra "contaminación de un curso receptor" tenga un significado relativo por cuanto estaría íntimamente ligada al uso posterior del agua y a los efectos ecológicos que se presentarían en una determinada cuenca.

Se han establecido, para tal efecto, criterios que fijan, a través de valores de ciertos parámetros medibles, cuáles deben ser las características del agua para sus diversos usos: agua potable, riego, usos industriales, recreación, etc. Es así como estos criterios se han ido transformando con el tiempo en normas generales aplicables en todas las circunstancias. Es interesante destacar que, en la actualidad, existe una tendencia a una mayor flexibilidad en la fijación de estas normas ya que en la práctica su rigidez ha hecho que en muchas circunstancias fueran inaplicables, en especial por problemas económicos involucrados, (62).

4.2.- MEDICION DE LA CONTAMINACION.-

Antes de poder desarrollar un programa de reuso del

agua del río es necesario conocer, con certeza, cuál es la calidad del agua a través de diferentes determinaciones que indique, lo más correctamente posible, cuál es el grado de contaminación imperante.

Ahora bien, los trabajos en terreno pueden presentar grandes dificultades prácticas debido a la variabilidad de las características hidrológicas de los cursos receptores y de las causas que provocan la contaminación. Estos trabajos deberían realizarse durante períodos largos y en diferentes condiciones de operación, necesitándose además estudios laterales exhaustivos sobre todas las posibles fuentes de contaminación que podrían o no haber operado durante el período mismo de la medición.

Esto requiere, a la vez, de costosas instalaciones de laboratorio y de personal especializado en las faenas. Actualmente, son pocos los laboratorios con experiencia para realizar mediciones en este campo, en Chile, y ninguno de los existentes tiene una capacidad instalada suficiente para encarar trabajos de cierta envergadura.

Como se ha dicho, las mediciones son estrictamente indispensables para una correcta programación del uso futuro de las aguas. En este estudio, la medición de parámetros, ha considerado el hecho de tener en cuenta esos posibles usos futuros del río Mapocho. Pero, para que ello sea efectivo es necesario contar con antecedentes actualizados, a través de estudios complementarios de las fuentes de contaminación activas y/o potenciales. Cabe destacar al respecto los actuales planes de la Sección Higiene Ambiental del SNS que ha iniciado estudios de contaminación causadas por actividades industriales y mineras.

4.3.- REDUCCION DE LA CONTAMINACION Y FACTIBILIDAD TECNICO-ECONOMICA.-

Desde el punto de vista estrictamente técnico es posible, evidentemente, toda transformación de un agua contaminada para que cumpla con los requisitos que se le fijen para un uso determinado (ejemplo, destilar agua en un laboratorio). Sin embargo, el problema se plantea a nivel de costos o de factibi-

lidad técnico-económica de los proyectos (inversión de capital y operación de las instalaciones necesarias).

Es así como, por ejemplo, a la fecha, las plantas de tratamiento de aguas servidas, en Chile, son 14 (64) y son consideradas como pocas debido a su elevado costo inicial.

Tecnológicamente se disponen de dos formas de contrarrestar el problema de la contaminación del curso de agua:

- a) Atacando las fuentes de contaminación: instalación de sistemas de tratamiento que reduzcan su acción, eliminación de la misma fuente.
- b) Cambiando las características del agua del curso contaminado, antes de utilizarla, a través de la instalación de Plantas de Tratamiento de agua potable convencionales o similares.

Sin embargo, no siempre es posible una reducción de las fuentes de contaminación desde el punto de vista de la eficacia de los métodos actualmente en uso y fundamentalmente de los costos. Por otra parte, existe una necesidad siempre creciente de hacer uso y reuso de las aguas.

Esto nos lleva a considerar algunos detalles respecto a la eficacia de las instalaciones de tratamiento, desde el punto de vista técnico:

Las Plantas de Tratamiento de aguas servidas se diseñan para reducir los efectos contaminantes de aguas básicamente de tipo doméstico, de modo de transformar la materia orgánica en elementos inorgánicos en un tiempo relativamente corto (horas) en relación a los procesos naturales de autopurificación de los cursos de aguas (días o semanas). De allí que debe destacarse el hecho que una planta de tratamiento de este tipo está limitada a los aspectos de reducción de la materia orgánica y de sólidos en suspensión con la consiguiente relativa disminución de la contaminación bacteriológica. La mayoría de las plantas de tratamiento en uso no resuelven agudos problemas como la presencia de sustancias tóxicas altamente nocivas al organismo humano o a los cultivos; de los detergentes difícilmente biodegradables; de los altos contenidos de nutrientes tales como nitrógeno y fósforo; de los fenoles; de los contaminantes orgánicos; de sales disueltas; de ciertos virus re-

resistentes o quistes, no atacables.

Estos efectos se pueden reducir, cuando es necesario, a través de tratamientos terciarios tales como los que eliminan nutrientes, olores y sabores. Sin embargo, estas instalaciones son de alto costo inicial y de explotación.

En cuanto a sistemas de tratamiento de residuos industriales, ello es específico para cada tipo de residuo.

El costo de tratamiento, en general, es elevado y por ende, la reducción de la contaminación es un problema de costos más que un problema técnico.

La única alternativa posible es realizar, a la luz de nuevos antecedentes y estudios, una adecuada planificación regional y nacional (por cuencas hidrográficas) del uso y reuso de los recursos hídricos. Por lo demás, estudios técnico-económicos serían muy interesantes ya que, con seguridad colaborarían a tomar mejor las decisiones de política general de las aguas.

Es necesario enfatizar, de todo lo expuesto, que sería utópico pensar, siendo Chile un país en vías de desarrollo, en adoptar soluciones simplistas como sería la de considerar que cada fuente de contaminación debe ser inutilizada obligando, a través de una legislación represiva, a realizar tratamientos en todos los casos.

4.4.- PLANIFICACION EN TORNO AL RIO MAPOCHO.-

A continuación se indica una lista de algunas de las acciones de control que pueden ser aplicadas al río Mapocho que no implican materializar un proyecto de Plantas de Tratamiento para las aguas servidas que son descargadas a su curso.

- 1.- Lograr la localización de aquellas industrias que provocan aportes importantes de contaminación en tramos apropiados del río Mapocho.
- 2.- Programar un sistema adecuado de descargas de aguas contaminadas.
- 3.- Obtener que las descargas se realicen, si es posible, en los tiempos en que produzcan los mínimos efectos.

- 4.- Efectuar modificaciones en las prácticas de limpieza y descarga de líquidos en plantas industriales de modo que la concentración y volumen de las descargas sean mínimas.
- 5.- Impulsar los cambios de procesos industriales que la tecnología aconseje y que tengan como resultado la reducción de la carga contaminante.
- 6.- Lograr que la industria cambie características de productos como detergentes y compuestos de metales pesados por otros que provoquen menos perturbaciones en el sistema ecológico.
- 7.- Apreciar las posibilidades de aumentar los caudales mínimos del río Mapocho a través de descargas de aguas situadas antes de las fuentes de contaminación, como es el caso del Canal San Carlos.
- 8.- Llevar a cabo un control de vegetación y forestación para combatir la erosión.
- 9.- Conseguir que se informe ampliamente sobre el uso de fertilizantes, insecticidas, plaguicidas y herbicidas, impulsando la sustitución de su uso por otros métodos de control que sean aplicables.

Las acciones inmediatas que se podrían seguir respecto al río Mapocho se pueden resumir de la siguiente manera:

Intensificar el estudio de fuentes de contaminación antes de programar un plan coherente de reuso del agua: industrias que provocan una acentuada contaminación en el río, cantidad y calidad de las aguas de relave que se incorporan a las aguas del río de los dos establecimientos mineros ubicados a orillas del Mapocho, influencia efectiva de pesticidas.

Ir bosquejando algunas decisiones de uso y reuso del agua, de acuerdo a los antecedentes entregados en este estudio, en tramos más o menos definidos. Por ejemplo:

- 1ª Sección legal : agua potable y agua para riego, uso industrial
- 2ª Sección legal : agua para riego, parques y jardines (estética)
- 3ª Sección legal : -entre puente M. Rodríguez y Pudahuel: recreación, parques y jardines, (estética), abastecimiento industrial.
-entre Pudahuel y Canal Las Mercedes, rie

*controlado a cuenta
de aguas*
go, vida acuática, recreación.

4ª Sección legal : riego, uso industrial, vida acuática, baño, recreación.

De acuerdo a un programa de esta naturaleza, intensificar investigaciones específicas para aquellos parámetros que se encuentran normalmente excedidos en distintas horas del día, distintos días y durante algunos meses de modo de obtener promedios más confiables y siempre en relación a los caudales que presenta el río. Posteriormente, extrapolar resultados con criterios estadísticos que den finalmente una ley de comportamiento de las aguas del río, en el curso del año.

Se deja en claro que los parámetros específicos por medir obedecerían estrictamente a una planificación preliminar del uso del agua.

Por otra parte, debieran medirse algunos otros parámetros, que no se tomaron en cuenta en este estudio, para conocer las condiciones reales del río:

- a) Extracto-Carbón-Cloroformo (ECC) ~~como una medida de la materia orgánica~~ X
- b) Grasas y aceites
- c) Otros tóxicos, señalados y definidos por las fuentes mismas de contaminación industrial.
- d) Pesticidas, insecticidas.
- e) Clostridium perfringens, como una medida de la contaminación pasada y presente. (El Clostridium perfringens es una espora que tiene una larga supervivencia en el agua y es resistente a los tratamientos químicos y a la purificación natural de las aguas. Se presenta uniformemente en la región intestinal de los animales de sangre caliente).

Desde otro punto de vista, se deberá estudiar también la influencia real que sobre el río Maipo tiene la descarga del río Mapocho. Con ello debe integrarse un estudio, en global, de la hoya del Maipo-Mapocho.

En general, la planificación del uso y reuso de los recursos hídricos y la medición de la contaminación deben ser acciones conjuntas, no desligadas.

BIBLIOGRAFIA

- (1) American Water Works Association (AWWA)
AGUA, SU CALIDAD Y TRATAMIENTO
Unión Tipográfica Editorial Hispano-Americana. (UTEHA)
1ª edición en español, pág. 121, 1968, México.
- (2) Ingeniería y Proyectos INPRO Ltda.
LAS AGUAS SERVIDAS DE SANTIAGO.- ESTUDIO DE FACTIBILIDAD
DEL TRATAMIENTO. Antecedentes técnicos, contaminación
futura y alternativas de tratamiento, 1971, Santiago.
- (3) Instituto Nacional de Investigaciones Tecnológicas y
Normalización (INDITECNOR)
NORMAS DE AGUA POTABLE NCh-409 Of 70 (ex 2,61-11ch),
1970, Santiago de Chile.
- (4) Merino B., Raúl
"TENTATIVAS DE NORMAS DE RESIDUOS INDUSTRIALES LIQUIDOS
Y DE AGUA POTABLE". CURSO BASICO PARA TECNICOS SOBRE
RESIDUOS INDUSTRIALES LIQUIDOS.
Sección Ingeniería Sanitaria del Departamento de Obras
Civiles, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, U-
niversidad de Chile.- Colaboración de OPS/DMS, 1968,
Santiago, Chile.
- (5) Sancha, Ana María
CONSIDERACIONES SOBRE LOS PARAMETROS DE MEDICION DE CON-
CENTRACION DE MATERIA ORGANICA Y SU APLICACION EN LAGU-
NAS DE ESTABILIZACION Y CONTAMINACION DE CURSOS DE AGUAS.
Trabajo presentado al XIII Congreso Interamericano de
Ingeniería Sanitaria, 1972, Asunción, Paraguay.
- (6) Trujillo Z. y Zambrano D.
COMPOSICION QUIMICA DE LAS AGUAS DE RIEGO DE UN SECTOR
DE LA COMUNA DE MAIPU.
Estación Experimental Agronómica, Facultad de Agronomía
de la Universidad de Chile. Boletín Técnico Nº 22, Febre-
ro de 1966, Maipú, Chile.
- (7) Merino B., Raúl
PROBLEMAS DE PROTECCION Y CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA EN
LAGOS QUE SON RECEPTORES DE AGUAS SERVIDAS Y DE RESIDUOS
INDUSTRIALES LIQUIDOS.

- Sección Calidad del Agua, Departamento de Recursos Hidráulicos, Corporación de Fomento de la Producción (CORFO), Mayo de 1972, Santiago.
- (8) Ohio River Sanitary Commission (ORSANCO)
RIVER QUALITY APPRAISAL
1970, USA.
- (9) Oficina Proyecto Río de la Unidad (OPRU)
INFORME PROYECTO "CANAL PROSPERIDAD" (SANTIAGO-PEÑUELAS)
Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Mayo de 1972, Santiago.
- (10) Corporación de Fomento de la Producción (CORFO)
GEOGRAFIA ECONOMICA DE CHILE, texto refundido; Editorial Universitaria, 1967, Santiago.
- (11) Corporación de Fomento de la Producción (CORFO)
GEOGRAFIA ECONOMICA DE CHILE, Primer Apéndice; Editorial Universitaria, 1966, Santiago.
- (12) Falcon, Eduardo; Castillo, Octavio y Valenzuela, Manuel.
HIDROGEOLOGIA DE LA CUENCA DE SANTIAGO, Instituto de Investigaciones Geológicas (IIG) - Corporación de Fomento de la Producción (CORFO); Publicación Especial Nº 3; 1970, Santiago.
- (13) Castillo, Octavio; Falcon, Eduardo; Doyel, William y Valenzuela, Manuel.-
EL AGUA SUBTERRANEA DE SANTIAGO, Instituto de Investigaciones Geológicas, Boletín Nº 15, 1963, Santiago.
- (14) Peralta, Fernando.
HIDROGEOLOGIA DEL SECTOR DE PUDAHUEL, Corporación de Fomento de la Producción, inédito, Santiago.
- (15) Barros, Darío.
RECARGA ARTIFICIAL EN LOS ACUIFEROS DE LAS CONDES,
Memoria de título de la Universidad Católica, 1972, Stgo.
- (16) García, Rómulo.
INFORME SOBRE RECURSOS DE AGUA EN EL RIO MAIPO Y SU HOYA.
Dirección de Riego del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPYT), 1963, Santiago.

- (17) Linsley, Köhler, Pauhhus.
HIDROLOGIA PARA INGENIEROS.
Mc Graw-Hill Book Company, New York.
Ediciones Castilla S.A., Madrid, España.
- (18) Chovin, Paul; Roussel, André.
LA POLUCION ATMOSFERICA, 1ª edición, Ediciones Oikos Tau,
S.A., 1970.
- (19) MEMORIA DE LA SOCIEDAD DEL CANAL DE MAIPO
1961, Santiago.
- (20) Edwards, Ricardo.
CAPACIDAD DE RIEGO ACTUAL DE LOS RIOS DE LA ZONA CENTRAL
DE CHILE, Dirección de Riego del Ministerio de Obras Públi-
cas y Transportes, 1967, Santiago. Obra citada en referen-
cia (5).
- (21) León, Rubén.
APUNTES DE AGUA SUBTERRANEA. Apuntes de clases, Escuela
de Ingeniería, U. de Chile, 1970, Santiago.
- (22) MEMORIA DE LA JUNTA DE VIGILANCIA DEL RIO MAIPO PRESENTADA
A LA ASAMBLEA ORDINARIA, 1972, Santiago. *Estadist. y calidad de agua.*
- (23) Información proporcionada por la Sección Hidrometría de
la Dirección General de Aguas (D.G.A.) del Ministerio de
Obras Públicas y Transportes.
- (24) Ramírez, Eduardo.
PLUVIOMETRIA DE CHILE, Departamento de Recursos Hidráulicos
de la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO),
1971, Santiago.
- (25) PRIMER SEMINARIO SOBRE USO DE LOS RECURSOS DE AGUA EN CHI
LE, Seminario efectuado entre el 26 de Junio y el 1º de
Julio de 1972 en Santiago de Chile organizado por el Mi-
nisterio de Obras Públicas y Transportes.
- (26) Rendel, Palmer y Tritton
ESTUDIOS DE LOS RECURSOS HIDROLOGICOS DE LA HOYA DEL RIO
MAIPO. Dirección de Riego del Ministerio de Obras Públi-
cas, Octubre 1969, Santiago.
- (27) Oficina Proyecto Río de Unidad (OPRU)
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL GRAN SANTIAGO. DETER-

MINACION DE CONSUMOS. INFORME PRELIMINAR.

Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas y Transportes. Abril 1972, Santiago.

(28) Fouquet, Héctor

RIO DE LA UNIDAD Y RIO DE LA LIBERACION

Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

Diciembre 1970, Santiago.

(29) Información proporcionada por la Administración de Alcantarillado de Santiago, Dirección de Obras Sanitarias, Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

(30) Cauas, Martínez, Musalem y Uribe.

INFORME SOBRE MEDICION DE GASTOS Y ANALISIS DE AGUAS SERVIDAS DEL ALCANTARILLADO DE SANTIAGO QUE DESAGUAN AL ZANJON DE LA AGUADA.

Enero, Febrero de 1960, Santiago.

(31) Ruíz, Guillermo (Ing.); Vargas C., Sánchez, E., Curotto, V. (egres).

ESTADO ACTUAL DEL PROBLEMA EN RELACION CON LOS DESAGUES DE ALCANTARILLADO.

Centro Experimental de Aguas Servidas (CEXAS).

Informe presentado al "1er. Seminario sobre Uso de los Recursos de Agua en Chile" organizado por el Ministerio de Obras Públicas y Transportes. Junio-Julio 1972, Santiago.

(32) Sancha, Ana María.

QUIMICA Y BACTERIOLOGIA SANITARIA.

Apuntes de clases, Sección Ingeniería Sanitaria del Departamento de Obras Civiles, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, U. de Chile, 1971, Santiago.

(33) Vallejos, Enrique.

ESTUDIO DE LA CONTAMINACION DEL RIO ACONCAGUA.

Departamento de Recursos Hidráulicos, Corporación de Fomento de la Producción, Agosto 1971, Santiago.

(34) Escuela de Ingeniería Sanitaria

CONTAMINACION DE AGUAS

Departamento de Hidráulica, Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires, Organización Panamericana de la Salud, 1966, Buenos Aires, Argentina.

- Obra citada en la referencia (26), pág. 60.
- (35) Obra citada en la referencia (26), pág. 60.
- (36) Sanitary Engineering Research Project.
INVESTIGATION OF TRAVEL OF POLLUTION
Standard Service Agreement Nº 12C-4, University of California, July 1953, USA.
- (37) Obra citada en referencia (26), pág. 64.
- (38) Schifini, Juan Pablo.
OPERACIONES Y PROCESOS UNITARIOS DE TRATAMIENTO.
Apuntes de clases, Sección Ingeniería Sanitaria del Departamento de Obras Civiles, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, 1971, Santiago.
- (39) Merino B., Raúl.
APLICACION DE LA DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (DBO) EN LA EVALUACION DE LA CONTAMINACION Y AUTOPURIFICACION DEL RIO MAPOCHO.
Cátedra de Ingeniería Sanitaria, Escuela de Salubridad de la Universidad de Chile, 1962, Santiago.
- (40) Skarmeta, Miroslav.
DIGESTION DE LODOS Y APROVECHAMIENTO DE SUBPRODUCTOS DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS PARA SANTIAGO.
Memoria de Prueba para optar al Título de Ingeniero Civil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, 1960, Santiago.
- (41) Merino B., Raúl.
ABASTECIMIENTO Y USO INDUSTRIAL DEL AGUA. - CURSO BASICO PARA TECNICOS SOBRE RESIDUOS INDUSTRIALES LIQUIDOS.
Sección Ingeniería Sanitaria del Departamento de Obras Civiles, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile. Colaboración de O.P.S.-O.M.S., 1968, Santiago.
- (42) Información proporcionada por la Dirección General de Estadísticas y Censos.
- (43) Gallo B., Pedro.
CONTROL SANITARIO DE CURSOS DE AGUA.
Tesis de Prueba para optar al título de Especialista en Salubridad, Escuela de Salubridad, Universidad de Chile,

(no publicada), 1953, Santiago.
Obra citada en referencia (32).

- (44) Urzúa Merino, Hernán
EL INDICE DE CONTAMINACION BACTERIOFAGICO EN LAS AGUAS PURAS Y SERVIDAS.
Tesis de Prueba para optar al título de Profesor Extraordinario de la Cátedra de Higiene y Medicina Preventiva, Servicio Nacional de Salud. Imprenta y Litografía Leblanc, 1942, Santiago.
- (45) Franzó S., José Francisco.
INDICE DE CONTAMINACION DE CURSOS DE AGUAS SUPERFICIALES.
Tesis de Prueba para optar al título de Especialista en Salubridad, Escuela de Salubridad, Universidad de Chile, 1954, Santiago.
- (46) Casanueva del Canto, Ruperto.
PROBLEMA DE LAS AGUAS SERVIDAS DE LA CIUDAD DE SANTIAGO Y POSIBILIDADES DE TRATAMIENTO.
Informe no publicado y presentado por el autor, Ingeniero Jefe del Departamento Cooperativo Interamericano de Obras de Salubridad, 1946, Santiago de Chile.
- (47) Castro, Mario; Saieh, Jaime.
ESTUDIOS SOBRE LAS NECESIDADES DE AGUA Y LOS PROBLEMAS DE DESAGUES LIQUIDOS DE LAS INDUSTRIAS DEL GRAN SANTIAGO.
Memoria de título en preparación, Sección Higiene Ambiental del Servicio Nacional de Salud, 1972, Santiago.
- (48) Merino B., Raúl.
LA CONTAMINACION DEL AGUA CON RESIDUOS INDUSTRIALES LIQUIDOS.
Memoria de Prueba para optar al título de Ingeniero Civil Químico, Universidad de Concepción, Noviembre de 1966, Concepción, Chile.
- (49) Sección Ingeniería Sanitaria (SIS)
RESULTADOS Y ANALISIS DE MUESTREOS DE AGUA.- MUESTRAS TOMADAS EN EL CANAL LAS MERCEDES Y EN LA ZONA DEL RIO MAPOCHO EN CORRESPONDENCIA A LA BOCATOMA DEL CANAL.
Departamento de Obras Civiles, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Marzo y Abril de 1972, Santiago.

- (50) Laboratorio Central de la Direccion de Obras Sanitarias (D.O.S.)
CALIDAD FISICO-QUIMICA DEL AGUA POTABLE.
Trabajo presentado al "1er. Seminario sobre el Uso de Recursos de Agua en Chile", Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Junio-Julio 1972, Santiago de Chile.
- (51) Garcés B., Carlos; Vázquez C., Leopoldo. X
INVESTIGACION DE EBERTHELLA TYPHOSA EN EL MEDIO EXTERIOR
Instituto Bacteriológico de Chile, Boletín Nº 1, Volumen IV, Enero a Junio de 1947, Santiago.
- (52) Sylvester P., Carlos.
DESARROLLO Y EXPLOTACION DE LA MINA LA AFRICANA.
Apartado de la Revista "Minerales". Instituto de Ingenieros de Minas de Chile, Año XIX, Nº 86, Julio-Sept. 1964, Santiago.
- (53) Merino B., Raúl.
RESIDUOS DE LA MINERIA DEL COBRE.- CURSO BASICO PARA TECNICOS SOBRE RESIDUOS INDUSTRIALES LIQUIDOS.
Sección Ingeniería Sanitaria del Departamento de Obras Civiles, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Colaboración de la Oficina Sanitaria Panamericana (OPS/DMS), 1968, Santiago de Chile.
- (54) MEMORIA DE LA SOCIEDAD DEL CANAL DE MAIPO presentada a la Junta General Ordinaria del año 1964, Santiago.
- (55) Información proporcionada por el Ingeniero Martiniano Munita, Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas y Transportes.
- (56) U.S. Salinity Laboratory Staff.
DIAGNOSIS AND IMPROVEMENT OF SALINE AND ALKALINE SOILS.
Agriculture Handbook Nº 60, 1954, Washington, USA.
- (57) Thorne, D.W., and Peterson, H.B.
IRRIGATED SOILS THEIR FERTILITY AND MANAGEMENT.
2ª Ed., Mac Graw-Hill, 1954, New York, USA.
Obra citada en referencia (18).
- (58) Doneen, L.D.
STUDIES ON WATER QUALITY CRITERIA.- PROCEEDINGS CONFERENCE ON QUALITY OF WATER FOR IRRIGATION: 46-56.

Contribución Nº 14. Water Resource Center, University of California, Davis, 1958, USA.

Obra citada en referencia (18)

- (59) World Health Organization Technical
CASOS ESPECIALES DE CONTAMINACION
Report Series - Nº 318, Water Pollution Control, pág. 11,
1966, Ginebra.
Traducción del Ing. Raúl Merino como contribución al estudio de factibilidad del Canal de la Prosperidad.
- (60) Schifini, Juan Pablo.
"GLOSARIO TECNICO", - CURSO BASICO PARA TECNICOS SOBRE RESIDUOS INDUSTRIALES LIQUIDOS.
Sección Ingeniería Sanitaria del Departamento de Obras Civiles, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile. Colaboración de la Oficina Sanitaria Panamericana (OPS/OMS), 1968, Santiago de Chile.
- (61) Cisternas M., José.
ALCANTARILLADO Y DISPOSICION DE AGUAS SERVIDAS EN SAN JOSE DE MAIPO.
Memoria para optar al título de Ingeniero Civil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, U. de Chile, 1972, Santiago.
- (62) Sección Ingeniería Sanitaria
EL PROBLEMA DE LA CONTAMINACION DE LAS AGUAS.
Departamento de Obras Civiles, U. de Chile. Trabajo presentado por el SIS al "1er. Seminario sobre el Uso de los Recursos de Agua en Chile", Junio 1972, Santiago.
- (63) M. Frezier, ingeniero ordinario del Rey Luis XIV
RELACION DEL VIAJE POR EL MAR DEL SUR, Año 1713.
"El Mercurio", 20 de Febrero, 1966, Santiago de Chile.
- (64) Sánchez C., Amador; Vargas D., Carlos
PUESTA EN MARCHA Y PRIMERA ETAPA DE EXPERIMENTACION EN LAGUNAS DE ESTABILIZACION DE MELIPILLA.
Memoria para optar al título de Ingeniero Civil, Escuela de Ingeniería, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas U. de Chile, pág. 18, 1972, Santiago.

- (65) Instituto de Ingeniería Sanitaria
MICROBIOLOGIA DE AGUAS DE BEBIDA
Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires, Oc-
tubre, 1970, Buenos Aires, Argentina.
- (66) Ohio River Sanitary Commission (ORSANCO).
J.W.P.C.F., Vol. 43, pág. 641, 1971, USA.
- (67) Información proporcionada por el Sr. Octavio Von Chrismar
Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP)
Ministerio de Agricultura.

FLUVIOMETRIA DE LA CUENCA DE SANTIAGO

CUADRO 3.a.

ESTADISTICA DEL ESTERO ARRAYAN EN "LA MONTOSA" (23)

Gastos medios mensuales en m³/s.

AÑO/MES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	D	N	D
1953	1.20	0.90	0.70	0.50	0.70	0.90	1.00	1.50	3.60	3.10	8.10	7.30
54	3.20	1.70	1.30	1.10	0.90	1.20	1.00	1.10	1.50	1.70	1.90	2.00
55	1.30	0.80	0.70	0.70	0.80	0.85	0.80	0.70	0.80	1.20	2.50	1.70
56	1.00	0.70	0.70	0.60	0.50	0.40	0.30	0.80	0.70	0.90	1.40	0.90
57	0.60	0.60	0.60	0.60	0.70	0.70	0.70	0.80	0.80	1.20	2.10	2.10
58	0.90	0.70	0.60	0.50	0.60	-	0.80	0.80	-	1.80	2.40	1.60
59	1.20	0.64	0.50	0.60	0.71	0.90	1.27	1.12	1.26	1.31	1.68	-
1960	-	1.06	0.82	0.78	0.70	-	0.78	0.76	0.87	1.76	2.59	1.76
61	1.02	0.76	0.89	0.72	0.67	1.20	0.79	1.00	0.91	1.20	1.80	1.30
62	0.76	0.88	0.92	0.77	0.81	1.19	0.93	0.89	0.82	1.80	3.27	2.10
63	1.40	0.96	0.83	0.79	0.78	0.80	0.95	2.12	2.21	-	3.33	9.43
64	3.10	0.97	1.12	0.96	0.97	0.94	0.94	0.93	0.92	0.90	0.91	0.90
65	0.71	0.33	0.22	0.59	0.75	0.70	0.43	5.75	4.61	4.37	8.98	3.94
66	2.21	1.40	1.06	0.64	0.52	0.71	0.60	0.73	-	-	5.83	2.05
67	0.85	0.62	0.41	0.46	0.48	0.98	0.91	0.59	0.60	0.71	0.59	0.53
68	0.56	0.61	0.54	0.45	0.44	0.47	0.44	0.43	0.44	0.37	0.32	0.38
69	0.29	0.26	0.26	0.24	0.31	0.51	0.18	0.34	0.33	0.21	0.68	0.59
1970	0.40	0.24	0.26	0.24	0.35	0.38	-	-	0.59	1.00	1.79	1.26
71	0.78											
G.P.A.	1.19	0.79	0.69	0.62	0.65	0.80	0.75	1.20	1.31	1.50	2.78	2.35

G.P.A. = Gasto Promedio Anual.

CUADRO 3.b

ESTADISTICA DEL RIO MAPOCHO EN "LOS ALMENDROS" (23)

Gastos medios mensuales en m³/s

AÑO/MES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1949	8.04	3.93	2.51	1.90	5.77	5.00	3.48	4.21	4.19	7.02	8.24	5.31
1950	3.61	2.90	2.43	1.99	2.71	2.26	1.93	3.60	6.79	11.60	12.20	14.50
51	5.30	3.30	2.10	1.49	1.97	3.28	-	5.41	6.48	10.40	10.50	7.94
52	5.92	3.91	2.85	2.11	2.58	3.24	3.57	4.15	9.18	9.98	11.30	11.30
53	5.63	4.99	3.23	2.45	2.46	3.27	3.71	11.50	17.60	17.60	36.90	23.50
54	14.00	9.51	4.80	3.45	2.78	3.70	3.42	4.99	4.48	5.96	10.80	7.95
55	6.95	3.86	2.55	1.77	2.60	2.67	2.31	2.25	5.52	8.48	14.70	9.11
56	4.79	4.26	4.93	3.49	-	-	-	3.45	3.88	5.08	5.66	4.03
57	4.47	2.71	1.78	2.22	3.11	2.93	2.45	3.19	6.03	5.30	8.90	7.67
58	4.64	2.89	2.70	-	2.06	6.74	5.07	3.71	7.00	11.50	10.50	9.45
59	4.81	3.97	3.03	2.44	2.70	2.46	5.50	5.74	13.20	13.40	13.70	12.20
1960	8.03	4.83	3.40	2.45	2.29	4.60	3.35	4.81	5.72	10.10	14.20	12.10
61	7.04	5.19	6.38	-	2.29	4.60	3.96	5.00	9.15	22.70	17.20	18.20
62	-	5.63	3.94	2.89	2.10	3.35	4.16	4.73	5.65	15.80	16.70	11.10
63	6.28	4.29	-	2.24	2.16	2.40	4.35	5.76	11.90	22.50	24.90	30.40
64	-	7.65	-	2.70	2.61	2.55	2.42	2.10	3.64	3.22	2.88	3.21
65	3.54	2.87	2.09	1.92	2.05	2.16	2.25	10.20	7.80	14.60	17.60	12.40
66	9.89	4.94	2.99	2.43	2.07	2.22	3.12	3.93	6.65	9.50	8.31	7.00
67	5.28	3.71	2.50	2.09	1.41	1.39	2.39	1.46	1.73	1.95	2.47	3.75
68	3.30	1.75	1.53	1.31	0.98	0.94	0.84	0.75	0.88	0.98	1.11	1.36
69	1.85	1.66	1.18	0.75	1.35	0.34	1.49	3.39	-	10.30	7.11	7.02
1970	3.51	2.37	1.41	1.14	1.22	1.29	1.61	1.56	2.11	6.49	7.39	4.99
71	-	-	1.66	1.39	1.04	1.06	-	-	-	-	-	-
G.P.A.	5.88	4.26	2.94	2.18	2.09	2.85	3.11	4.35	6.78	10.29	12.23	10.36

T.M. = 5.60

G.P.A. = Gastos Promedio Anual

CUADRO 3.c

ESTADISTICA DEL RIO MAPOCHO EN "RINCONADA DE MAIPU" (23)

Gastos medios mensuales en m³/s.

AÑO/MES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1960	-	15.84	15.01	12.25	11.90	16.29	17.42	17.30	11.19	24.92	19.28	14.35
61	-	9.81	13.39	11.34	12.95	30.06	30.21	30.21	40.08	32.46	27.82	23.16
62	13.31	14.90	16.86	12.35	15.00	48.76	41.35	39.10	-	-	25.34	18.73
63	13.16	9.96	-	57.75	12.19	13.35	32.52	41.96	55.86	39.29	34.37	44.87
64	25.50	12.21	11.38	13.52	16.00	24.55	20.27	21.34	-	5.57	4.84	-
65	-	-	-	17.71	17.41	24.23	-	-	-	25.06	25.07	22.14
66	15.79	13.37	12.27	17.99	18.77	24.57	37.29	26.68	23.82	20.41	21.47	18.25
67	12.45	10.85	11.95	9.34	13.64	20.53	23.11	15.88	11.67	8.75	7.80	8.25
68	7.07	6.36	8.28	12.73	10.74	9.09	7.03	5.54	4.16	3.77	3.61	2.67
69	3.59	6.21	7.56	5.32	9.15	14.86	14.51	17.06	9.05	5.35	8.04	10.50
1970	9.26	2.80	9.03	3.57	8.91	17.08	21.18	19.96	-	15.18	17.13	8.51
71	3.78	4.88	6.14	6.18	7.45	11.44	29.70	-	-	-	-	-
G.P.A.	11.54	9.74	11.19	15.00	12.84	21.23	24.96	23.50	22.26	18.08	17.65	17.14

G.P.A. = Gasto Promedio Anual

CUADRO 3.d

ESTADÍSTICA DEL RIO COLINA EN "COMPUERTA VARGAS" (14) Y (23)

Gastos medios mensuales en m³/s.

AÑO/MES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1935	1.54	1.07	0.75	0.75	0.61	0.57	0.65	0.69	0.73	1.21	2.12	1.10
36	0.61	0.47	0.42	0.43	0.47	-	0.66	-	-	1.86	2.71	2.87
37	0.98	0.65	0.53	0.50	0.55	0.52	0.61	0.85	0.95	1.01	1.51	2.70
38	1.54	0.93	0.82	0.65	0.66	0.67	0.61	0.57	0.61	0.79	0.75	0.50
39	0.42	0.43	0.37	0.37	0.39	0.41	0.50	0.50	0.70	1.45	1.46	1.31
1940	0.64	0.51	0.44	0.42	0.48	0.70	0.94	1.27	1.58	2.15	2.39	2.37
41	1.50	0.67	0.58	0.53	0.31	-	0.50	-	-	-	-	-
46	0.49	0.39	0.37	0.43	0.40	0.42	0.65	0.41	0.53	0.67	0.45	0.37
47	0.25	0.22	0.22	0.24	0.26	0.36	0.65	0.63	1.09	1.77	3.04	1.37
48	0.53	0.34	0.23	0.34	0.62	0.47	0.91	1.34	1.93	2.58	1.78	1.97
49	1.34	0.78	0.59	0.51	0.70	0.65	0.64	0.94	0.95	1.91	2.05	0.77
1950	0.45	0.36	0.33	0.41	0.78	0.65	0.47	0.65	1.00	1.57	2.23	2.10
51	0.89	0.49	0.41	0.39	0.54	-	0.65	0.67	1.25	2.17	2.30	1.54
52	0.88	0.85	0.61	0.51	0.57	0.71	0.64	0.90	1.80	2.20	2.20	1.90
53	0.94	0.65	0.59	0.53	0.64	0.87	0.87	1.20	0.90	2.10	2.30	2.00
54	2.30	1.80	1.20	1.00	1.20	1.00	1.10	1.20	0.92	1.40	2.10	1.40
55	0.97	0.60	0.64	0.64	0.73	0.86	0.76	0.74	1.10	1.70	2.20	1.40
56	0.80	-	0.61	0.47	0.50	0.39	0.38	0.77	0.79	1.20	1.50	0.89
57	0.67	0.41	0.35	0.30	0.48	0.36	0.80	0.88	1.10	1.50	1.70	1.50
58	0.77	0.54	0.56	0.46	0.53	-	0.97	0.88	1.10	1.80	1.90	1.10
59	0.63	0.51	0.45	0.50	0.57	0.51	0.98	0.96	1.72	1.99	2.43	1.98
1960	0.66	0.48	0.42	0.43	0.44	0.65	0.53	0.77	0.99	2.30	2.30	1.70
61	0.76	0.76	0.68	1.11	-	-	-	-	-	-	-	-
G.P.A.	0.90	0.63	0.55	0.49	0.57	0.60	0.71	0.84	1.09	1.68	1.97	1.57

G.P.A. = Gasto Promedio Anual.

CUADRO 3.e

ESTADÍSTICA DEL ESTERO LAMPA EN "CHICAUMA" (14) Y (23)

Gastos medios mensuales en m³/s.

AÑO/MES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1943	-	-	-	-	0.55	0.53	0.56	0.63	0.62	0.65	0.65	0.62
1944	0.49	0.41	0.44	0.43	0.43	3.52	1.74	8.35	1.83	0.47	0.52	0.04
45	0.02	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	-	-	-	-	-	-
46	0.01	0.03	-	-	-	-	-	0.50	0.45	0.42	0.43	0.40
47	0.59	0.33	0.51	0.44	0.55	0.55	0.34	0.30	0.41	0.65	0.46	0.52
48	0.49	0.47	0.36	0.37	0.49	0.44	12.80	2.10	0.97	0.81	0.73	0.54
49	0.50	0.47	0.50	0.55	1.50	3.50	1.29	0.78	0.62	0.63	0.59	0.50
1950	0.43	0.48	0.49	0.50	0.79	0.53	0.50	0.55	0.57	0.48	-	0.46
51	0.47	0.16	0.45	0.65	0.70	1.10	3.80	-	-	0.64	0.60	0.54
52	0.54	0.54	0.55	0.55	0.57	1.15	1.42	0.82	0.76	0.73	0.58	-
59	-	-	-	-	-	-	1.19	1.28	1.09	0.88	0.59	0.49
1960	0.49	0.50	0.49	0.64	0.53	1.13	0.43	0.51	0.58	0.70	0.81	0.56
61	0.66	0.90	0.66	0.64	0.53	1.26	0.63	0.58	1.69	0.60	0.57	0.62
62	0.81	0.86	0.83	0.86	0.49	3.40	1.50	0.62	0.59	0.82	0.72	0.62
63	0.66	0.61	0.64	0.62	0.53	0.52	3.99	6.96	6.92	2.49	0.71	0.56
64	0.49	0.47	0.47	0.47	0.48	0.50	0.52	0.58	0.68	0.71	0.68	0.56
65	0.57	0.57	0.52	0.63	0.55	0.51	1.12	-	-	0.70	0.64	0.49
66	0.46	0.44	0.46	0.47	0.48	1.60	1.81	2.54	1.69	1.09	0.84	0.50
67	0.54	0.64	0.62	0.66	-	0.55	0.39	0.46	0.59	-	-	0.35
68	0.30	0.34	0.40	0.46	0.42	0.50	0.60	0.42	0.40	0.37	0.32	0.25
69	0.28	0.36	0.24	-	-	-	-	-	-	-	-	-
G.P.A.	0.46	0.48	0.48	0.53	0.57	1.18	2.26	1.65	1.20	0.77	0.62	0.48

G.P.A. = Gasto Promedio Anual

CUADRO 3.f

ESTADISTICA DEL CANAL SAN CARLOS EN "CCU" (23)

Gastos medios mensuales en m³/s.

AÑO/MES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1961	-	-	-	-	-	-	18.80	18.20	18.60	18.20	17.50	18.60
62	18.70	13.80	14.40	-	-	14.10	17.80	16.80	10.90	16.90	22.90	23.00
63	19.70	15.20	12.50	-	-	9.10	17.60	14.40	15.20	17.40	16.30	18.40
64	18.10	19.20	17.30	5.80	7.40	14.90	14.40	14.40	12.70	12.60	13.10	10.30
65	14.90	15.80	14.20	16.90	14.60	15.80	14.70	11.00	15.80	15.30	15.80	13.40
66	14.30	12.40	13.90	12.60	13.10	12.90	13.30	15.40	14.60	-	-	-
67	-	17.40	16.20	-	-	12.50	9.64	-	-	-	-	-
G.P.A.	17.14	15.63	14.75	12.75	12.30	13.22	15.18	14.98	14.63	16.08	17.12	16.74

CUADRO 3.g

ESTADISTICA DEL ZANJON DE LA AGUADA EN "PAJARITOS" (23)

Gastos medios mensuales en m³/s.

AÑO/MES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1963	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
64	0.45	0.38	0.55	0.60	0.80	7.66	4.85	4.50	3.98	2.31	0.53	0.54
65	s	s	s	6.84	5.29	4.86	6.21	5.44	2.16	1.41	s	s
66	s	s	s	3.99	2.48	5.57	4.70	4.18	2.77	1.48	0.44	1.45
G.P.A.	0.15	0.13	0.18	3.81	2.89	6.03	5.25	4.40	2.97	1.73	0.32	0.67

G.P.A. = Gasto Promedio Anual

CUADRO - 3.h
 ESTADISTICA DEL RIO MAIPO EN "SAN ALFONSO" (23)

AÑO/MES	Gastos medios mensuales en m ³ /s.											
	E	F	M	A	M.	J	J	A	S	O	N.	D
1950	83.8	60.6	49.3	37.4	32.8	28.5	26.6	26.6	33.9	49.8	72.7	136.0
51	-	66.8	49.5	38.2	33.5	32.6	33.1	35.2	32.0	45.4	86.1	157.0
52	116.0	59.7	42.6	33.7	32.4	33.6	34.3	34.1	38.7	47.8	78.9	138.0
53	109.0	82.2	56.2	41.8	33.5	34.3	34.0	39.7	54.6	58.8	145.0	182.0
54	200.0	147.0	87.0	64.0	51.6	48.5	44.8	45.4	46.8	-	-	105.0
55	91.3	70.1	57.6	40.0	37.1	27.7	22.2	21.0	23.4	33.5	-	86.7
56	72.6	60.4	43.4	38.1	36.5	34.0	33.2	34.4	29.7	44.4	99.6	98.1
57	75.5	57.8	43.2	33.4	26.5	-	23.7	24.0	25.7	68.0	118.0	141.0
58	145.0	90.0	-	46.0	41.6	39.0	30.0	29.0	43.8	96.5	114.0	138.0
59	72.2	60.1	46.7	-	37.9	36.1	38.9	44.5	44.6	56.5	113.0	172.0
1960	124.0	86.5	59.0	40.1	32.3	28.0	28.2	27.4	29.3	49.8	104.0	127.0
61	85.7	71.3	57.3	36.5	36.3	39.0	35.6	33.7	39.6	81.0	167.0	237.0
62	166.0	115.0	74.0	48.9	36.4	31.4	29.5	32.3	32.7	54.3	114.0	124.0
63	86.2	74.2	50.0	38.4	31.2	27.5	25.7	32.5	44.8	56.3	86.0	234.0
64	289.0	191.0	91.8	57.1	43.4	33.0	30.3	27.8	37.8	45.7	63.8	67.1
65	76.0	62.3	50.2	42.4	31.3	29.3	27.4	33.4	37.9	59.3	140.0	149.0
66	225.0	128.0	81.0	52.0	39.0	32.5	30.1	30.2	45.0	72.0	122.0	145.0
67	128.0	96.1	57.3	34.9	30.5	29.0	-	-	24.6	45.0	77.7	94.1
68	72.3	56.1	49.3	41.4	28.8	24.9	-	-	-	30.1	38.9	28.6
69	36.1	41.4	22.9	18.5	16.9	23.3	22.0	19.2	32.6	62.0	84.0	15.1
1970	98.7	65.0	42.7	29.8	27.8	25.5	25.3	18.7	-	-	-	-
G.P.A.	117.6	82.9	55.6	40.6	34.1	31.9	30.3	31.0	36.7	55.5	101.5	128.7

G.P.A. = Gasto Promedio Anual

CUADRO 3.1

ESTADISTICA DEL RIO MAIPO EN "LA OBRA" (9)

Gastos medios mensuales en m³/s.

AÑO/MES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1951	164	104	78	48	33	34	44	43	42	83	134	206
52	140	120	75	45	42	40	40	33	54	71	116	186
53	275	196	135	77	35	38	41	83	130	110	235	350
54	154	111	74	49	57	54	43	42	46	62	146	170
55	121	114	68	43	37	39	36	31	44	49	133	145
56	123	106	79	43	36	31	29	36	41	65	123	125
57	172	105	76	46	27	29	29	31	37	59	116	181
58	138	113	75	50	33	43	36	31	56	129	143	172
59	198	117	87	55	46	39	39	53	69	98	165	234
1960	134	94	78	45	37	41	42	59	46	84	156	199
61	180	128	89	56	39	50	40	43	53	116	208	246
62	123	92	62	70	43	43	42	40	42	70	151	159
63	416.3	207.3	117.2	73.9	31.3	29.2	45.0	47.4	66.7	95.0	146.8	344.4
64	107.3	87.9	74.1	56.6	53.8	42.9	39.8	33.7	42.6	55.3	78.6	88.5
65	264.2	162.6	108.0	70.9	43.5	43.0	38.1	78.7	67.7	112.5	207.2	194.2
66	172.0	132.6	77.0	55.3	54.8	45.5	47.3	50.2	64.9	100.5	162.3	165.1
67	106.3	95.4	72.2	46.3	38.6	31.9	28.0	27.0	32.1	61.4	94.4	130.0
68	71.9	70.2	48.2	25.7	27.0	21.2	21.0	23.0	26.4	30.7	50.0	44.9
69	139.9	114.0	73.2	50.0	22.5	35.6	24.5	28.3	38.2	64.8	109.7	232.6
1970	100.0	71.1	50.6	35.2	42.4	37.4	44.3	36.3	42.2	70.0	95.4	106.7
G.P.A.	165.0	112.9	79.8	52.0	39.0	38.4	37.5	42.5	52.0	79.3	138.5	184.0

G.P.A. = Gasto Promedio Anual

CUADRO 3.J

RESUMEN FLUVIOMETRICO PARA CADA ESTACION

Promedio de gastos medios mensuales para cada mes, en m³/s.

Estación y Curso	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Maipo en "La Obra"	165.0	112.9	79.8	52.0	39.0	38.4	37.5	42.5	52.0	79.3	138.5	184.0
Maipo en "San Alfonso"	117.6	82.9	55.6	40.6	34.1	31.9	30.3	31.0	36.7	55.5	101.5	128.7
Estero Arrayán en "La Montosa"	1.19	0.79	0.69	0.62	0.65	0.80	0.75	1.20	1.31	1.50	2.78	2.35
Río Mapocho en "Los Almendros"	5.88	4.26	2.94	2.18	2.09	2.85	3.14	4.35	6.78	10.29	12.23	10.36
SUMA	7.07	5.05	3.63	2.80	2.74	3.65	3.86	5.55	8.09	11.79	15.01	12.71
Río Mapocho en "Rinconada de Maipú"	11.54	9.74	11.19	15.00	12.84	21.23	24.96	23.50	22.26	18.08	17.65	17.14
Canal San Carlos en "CCU"	17.14	15.63	14.75	12.75	12.30	13.22	15.18	14.98	14.63	16.08	17.12	16.74
Zanjón de la Aguada en "Pajaritos"	0.15	0.13	0.18	3.81	2.89	6.03	5.25	4.40	2.97	1.73	0.32	0.67
Río Colina en "Compuerta Vargas"	0.90	0.63	0.55	0.49	0.57	0.60	0.71	0.84	1.09	1.68	1.97	1.57
Estero Lampa en "Chicauma"	0.46	0.48	0.48	0.53	0.57	1.18	2.26	1.65	1.20	0.77	0.62	0.48

PLUVIOMETRIA EN LA CUENCA DEL RIO MAPOCHO

CUADRO 4.a

PRECIPITACIONES (mm)

ESTACION 23 : FUNDO HUINGANAL

LAT 33°20' LONG 70°30'

AÑO HIDRO LOGICO/MES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
1957	0	0	0	3.2	172.2	25.5	60.6	44.1	54.7	9.5	0	42.0	411.8
58	0	0	0	0	105.8	114.8	51.1	102.4	21.1	14.1	15.9	0	425.2
59	0	0	7.8	45.6	56.0	96.3	51.5	83.7	16.9	29.8	0	0	387.6
1960	0	0	0	10.8	43.1	134.3	67.9	28.6	18.0	16.3	0	0	319.0
61	0	0	47.7	0	29.5	120.0	28.1	94.3	71.6	25.3	0.4	3.0	417.9
62	0	0	0	0	36.8	194.6	22.0	-	-	-	-	-	-
63	0.8	0	8.4	2.7	19.2	77.6	132.9	139.1	171.4	56.0	52.2	0	660.3
64	0	0	6.5	0	0	82.7	51.1	39.7	0	4.0	0	0	184.0
65	0	0	0	21.2	27.0	19.8	140.3	221.3	36.2	20.0	0	14.7	500.5
66	0	0	0	27.3	7.2	140.8	89.4	88.3	4.8	14.0	24.0	19.7	415.5
67	4.5	0	0	1.5	13.0	58.0	32.0	24.0	44.0	42.0	1.7	0	220.7
68	0	-	6.0	13.7	-	-	-	26.6	26.6	3.2	-	0	-
MAX	4.5	0	47.7	45.6	172.2	194.6	140.3	139.1	171.4	56.0	52.2	42.0	660.3
MIN	0.0	0	6.0	1.5	7.2	19.8	22.0	24.0	4.8	3.2	0.4	3.0	184.0
PROM	0.4	0	6.4	10.5	45.0	88.8	64.5	82.9	40.2	21.3	9.4	7.2	394.2

CUADRO 4.b
PRECIPITACIONES (mm)

ESTACION 38 : TOBALABA
LAT 33927' LONG 70934'

AÑO HIDRO LOGICO/MES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Annual
1946	0.0	0.0	0.0	10.2	12.8	21.4	46.0	20.4	0.0	18.5	0.0	0.0	129.3
47	0.0	0.0	0.0	1.0	30.0	108.5	34.7	57.2	2.9	26.1	0.0	0.0	260.4
48	0.0	0.0	3.5	48.9	71.3	28.5	186.1	16.2	41.8	7.5	0.0	0.0	403.8
49	0.0	0.0	8.7	0.0	183.0	47.7	23.8	46.4	4.7	0.0	0.0	0.0	314.3
1950	0.0	0.0	1.7	66.7	76.7	20.4	0.0	51.3	49.8	23.2	38.8	0.0	328.6
51	0.0	0.0	0.0	14.4	109.2	83.2	129.1	31.1	72.6	0.0	3.2	1.1	443.9
52	0.0	4.8	0.0	0.0	109.4	141.5	43.5	28.6	58.3	22.8	8.0	0.6	417.5
53	3.9	0.0	0.9	46.6	113.2	74.4	130.4	245.9	125.2	32.3	0.0	0.0	772.8
54	0.0	3.8	0.0	84.1	100.2	120.4	78.7	24.1	117.5	6.7	0.0	0.8	436.3
55	0.0	0.0	3.0	23.5	59.5	75.7	30.5	31.8	11.7	53.6	0.0	0.7	290.0
56	9.4	0.0	81.7	21.6	45.6	4.7	57.3	111.7	11.8	6.3	11.0	7.8	368.9
57	0.0	0.0	0.0	2.9	181.4	42.6	51.7	48.5	25.8	2.5	1.1	30.4	386.9
58	0.0	0.0	5.1	0.0	126.8	141.7	32.6	125.5	18.9	4.8	13.4	0.0	468.8
59	0.0	0.8	7.6	45.2	68.3	108.7	52.4	74.8	30.2	23.7	0.0	0.0	411.7
1960	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	46.6	84.8	74.2	29.3	11.7	2.7	0.0	249.7
61	0.0	0.0	22.7	0.0	39.1	133.1	25.9	86.1	66.1	30.5	0.0	7.4	344.8
62	0.0	0.0	0.0	0.0	37.3	216.0	23.8	48.6	12.5	37.2	0.0	1.4	376.8
63	0.0	0.0	7.5	4.3	21.0	55.3	178.2	131.0	137.6	47.4	17.4	0.0	599.7
64	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	111.7	48.0	60.5	0.0	6.1	0.0	7.8	234.8
65	0.0	0.0	0.0	16.5	37.4	-	-	-	-	-	-	-	-
66	0.0	0.0	0.0	44.8	6.3	152.2	110.8	68.5	-	10.5	24.7	27.7	-
68	0.0	0.0	2.4	15.5	0.0	5.0	5.4	26.7	43.7	0.0	4.4	0.0	103.1
MAX	9.4	4.8	81.7	84.1	183.0	216.0	186.1	245.9	137.6	53.6	38.8	30.4	772.8
MIN	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.7	0.0	16.2	0.0	0.0	0.0	0.0	102.1
PROM	0.6	0.4	6.6	20.3	64.9	82.8	65.4	67.1	38.0	17.7	5.9	4.1	367.1

CUADRO 4.c

PRECIPITACIONES (mm)

ESTACION 35 : MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS

LAT 33926' LONG 70939'

AÑO HIDRO- LOGICO/MES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
1960	-	-	-	-	-	85.0	45.0	15.1	5.0	4.5	0	0	-
61	2.0	0	16.0	0	4.4	95.6	18.5	68.7	41.8	23.0	0.2	7.6	277.8
62	0	0	0	0.2	13.7	158.4	17.0	33.2	4.7	12.8	0	0.2	240.2
63	0	0	5.1	0.4	22.8	35.0	145.9	98.1	114.1	28.7	6.3	0	456.4
64	0	0	0	1.3	0	102.2	36.6	60.5	0.3	0.2	0	2.0	203.1
65	0	0	0	34.6	32.6	14.1	131.0	160.2	7.2	17.7	3.3	13.1	413.8
66	0	0	0	33.2	7.2	131.5	104.9	46.1	0.8	6.0	18.0	13.0	360.7
67	0	0	0	1.3	12.3	37.5	-	-	-	-	-	-	-
MAX	2.0	0	16.0	34.6	32.6	158.4	145.9	160.2	114.1	28.7	18.0	13.1	456.4
MIN	0	0	5.1	0.2	4.4	14.1	18.5	15.1	0.3	0.2	0	0	203.1
PROM	0.3	0	3.0	10.1	13.3	82.4	71.3	68.8	24.8	13.3	4.0	5.1	325.3

CUADRO 4.d.
PRECIPITACIONES (mm)
 ESTACION 41 : SANTIAGO
 LAT 33°27' LONG 70°42'

AÑO HIDRO-LOGICO/MES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
1940	0.0	14.0	0.0	18.0	18.0	84.0	148.0	21.0	23.0	4.0	10.0	0.0	340.0
41	0.0	0.0	11.0	86.0	100.0	120.0	167.0	145.0	9.0	12.0	24.0	0.0	674.0
42	0.0	0.0	0.0	0.0	33.0	95.0	84.0	117.0	16.0	15.0	41.0	1.0	402.0
43	0.0	0.0	27.0	6.0	31.0	25.0	31.0	32.0	27.0	25.0	0.0	0.0	204.0
44	19.0	21.0	1.0	13.0	65.0	136.0	21.0	173.0	2.0	43.0	0.0	0.0	494.0
45	0.0	84.5	0.0	21.2	5.3	0.0	36.8	72.3	27.1	0.0	0.0	0.0	247.2
46	0.0	0.0	0.0	11.1	13.9	28.7	38.5	25.7	1.0	8.4	0.0	0.0	127.3
47	0.0	0.0	0.6	2.7	22.7	110.8	31.2	63.0	3.0	19.3	0.0	0.0	253.3
48	0.0	0.0	3.8	47.1	80.2	32.4	164.7	11.5	21.1	7.1	0.0	0.0	367.9
49	0.0	0.0	12.2	0.0	185.1	46.0	21.6	39.3	2.2	0.1	0.0	0.0	306.5
1950	0.0	0.0	1.0	77.2	80.9	16.8	0.1	45.1	39.3	10.1	22.2	0.0	292.7
51	0.0	0.0	0.0	19.6	81.1	65.2	106.1	12.9	35.5	0.0	2.0	0.1	322.9
52	0.0	2.5	0.0	0.0	98.4	102.4	39.7	27.9	41.0	14.8	7.7	0.0	334.4
53	6.4	0.0	0.9	38.6	70.8	38.4	101.7	198.7	112.7	14.8	0.0	0.0	583.0
54	0.0	0.9	0.0	60.7	67.9	85.2	71.1	13.5	12.0	4.9	0.0	0.0	316.2
55	0.0	0.0	0.5	13.5	44.8	53.0	21.1	20.6	5.3	33.1	1.5	0.5	193.9
56	5.5	0.0	39.8	12.9	37.3	4.9	64.3	76.9	14.2	4.4	2.8	1.0	264.0
57	1.0	0.1	0.0	2.2	161.3	23.4	43.5	42.2	15.8	0.2	0.0	19.7	309.4
58	0.0	0.0	0.2	0.0	98.4	107.8	22.7	90.8	7.2	1.3	7.4	0.0	335.8
59	0.0	0.0	18.2	59.5	58.0	79.2	45.2	41.8	11.3	6.6	0.0	0.0	319.7
1960	0.0	0.0	0.0	0.0	21.2	89.0	54.3	21.1	5.3	3.0	0.0	0.0	193.9
61	1.2	0.0	13.0	0.0	21.7	74.4	16.7	67.7	32.3	26.4	0.5	7.0	260.9
62	0.0	0.0	0.0	0.4	12.9	149.9	14.1	32.1	6.0	11.2	0.0	0.0	226.6
63	0.2	0.0	4.4	0.4	27.1	34.1	146.5	104.7	108.0	24.3	5.8	0.0	455.5
64	0.0	0.0	0.2	0.9	0.2	83.7	35.6	61.3	0.3	0.2	0.0	4.1	186.5
65	0.0	0.0	0.0	36.4	33.3	14.7	130.8	159.4	3.6	18.1	3.6	13.8	413.7
66	0.0	0.0	0.0	35.3	6.6	133.1	103.6	45.1	0.7	6.1	20.0	13.6	364.1
67	0.0	0.0	0.0	1.3	12.4	36.2	55.2	20.0	30.7	17.0	0.0	0.0	172.8
68	0.0	0.0	0.0	14.0	0.0	7.8	4.6	9.9	32.7	0.0	0.2	0.0	69.2
MAX	19.0	84.5	39.8	86.0	185.1	149.9	167.0	198.7	112.7	43.0	41.0	19.7	674.0
MIN	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	9.9	0.3	0.0	0.0	0.0	69.2
PROM	1.2	4.2	4.6	19.9	78.5	64.7	62.8	61.8	22.2	11.4	5.1	2.1	311.4

CUADRO 4.e

PRECIPITACIONES (mm)

ESTACION 48 : RINCONADA DE MAIPU, U. de Chile

LAT 33°32' LONG 70°46'

AÑO HIDRO- LOGICO/MES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
1964	-	-	-	-	-	69.0	30.0	67.0	0	0	0	-	-
65	0	0	0	26.0	60.0	18.0	124.0	132.0	0	14.0	6.0	12.0	392.0
66	0	0	0	42.0	-	172.0	108.0	28.0	-	0	22.0	15.0	-
67	0	0	0	1.7	12.0	21.0	86.0	32.0	0	12.0	-	-	-
MAX	0	0	0	42.0	60.0	172.0	124.0	132.0	0	14.0	22.0	15.0	-
MIN	0	0	0	1.7	12.0	18.0	30.0	28.0	0	0	0	12.0	-
PROM	0	0	0	23.2	36.0	70.0	87.0	64.8	0	65.0	9.3	13.5	392.0

CUADRO 4.f

PRECIPITACIONES (mm)

ESTACION : 66 MALLOCO

LAT 33°36' LONG 70°52'

AÑO HIDRO- LOGICO/MES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
1950	0.0	0.0	8.0	95.0	110.0	13.0	0.0	54.0	30.0	11.0	25.0	0.0	346.0
51	0.0	0.0	0.0	18.0	89.0	115.5	125.8	14.0	36.8	0.0	0.0	0.0	393.1
52	0.0	0.0	0.0	0.0	107.5	130.8	90.2	22.2	26.5	15.1	0.0	0.0	392.3
53	15.2	0.0	9.8	29.0	135.7	18.9	111.8	194.3	136.2	13.9	0.0	0.0	664.8
MAX	15.2	0.0	9.8	95.0	135.7	130.8	125.8	194.3	136.2	15.1	25.0	0.0	664.8
MIN	0.0	0.0	0.0	0.0	89.0	13.0	0.0	14.0	26.5	0.0	0.0	0.0	346.0
PROM	3.8	0.0	4.4	35.5	110.6	69.6	82.0	72.1	57.4	10.0	6.3	0.0	449.1

CUADRO 6.a

EMISARIOS DE ALCANTARILLADO DE SANTIAGO.
DESCARGAS AL RIO MAPOCHO (29).

DESIGNACION O UBICACION	DIAMETRO (mm)	CAUDAL MEDIO APROX. (l/s)
1.- Plaza de la India (Lo Barnechea)	200	8
2.- Vitacura por Tajamar	1000	500
3.- Pedro de Valdivia Norte	800	30
4.- Torres de Tajamar	300	25
5.- Canal San Pedro (Edit.)	300	30
6.- Ultra Mapocho	2300	490
7.- Miguel de Atero (Rebalse Tormenta)	1800	--
8.- Sector Norte-Santa María	2300	670
9.- Lo Espinoza	1200	240
10.- Pob. Abraham Gómez	600	35
11.- Carrascal (en terminación)	800	--
12.- Carrascal (Lo Velázquez)	500	50
13.- Carrascal Industria Fanaloza	300	30
14.- Carrascal Pob. Fanaloza	300	5
15.- Salvador Gutiérrez	2000	30
16.- Pob. San Genaro	250	30
17.- Cerro Colorado (en terminación)	800	10
18.- Quinta Normal	1000	320
19.- Quilicura (A. Vespucio)	1450	150
20.- Aeropuerto Pudahuel	450	15
21.- Barrancas Antigua (Pob. Tte. Merino)	800	40
22.- Barrancas (El Montijo)	1200	140
23.- Descarga Zanjón de la Aguada		7.607
24.- Descarga San Bernardo		99
25.- Descarga Peñaflores		-
26.- Descarga Talagante		39
27.- Descarga El Monte		-
Total		10.583 l/s

NOTA: Flujo de aguas servidas al río Mapocho por alcantarillado es de aproximadamente $3,0 \text{ m}^3/\text{s}$ (28% del total)

Flujo de aguas servidas al Zanjón de la Aguada por alcantarillado es de aproximadamente $7,6 \text{ m}^3/\text{s}$ (72% del total)

Flujo total que llega al río Mapocho $10,6 \text{ m}^3/\text{s}$

CUADRO 6.b

EMISARIOS DE ALCANTARILLADO DE SANTIAGO

DESCARGAS AL ZANJON DE LA AGUADA (29)

DESIGNACION O UBICACION	DIAMETRO (mm)	CAUDAL MEDIO APROX. (l/s)
1.- Canal Pedro de Valdivia	--	1.000
2.- Camino Puente Alto (V.Mackenna)	--	8
3.- Industrias Grau (V.Mackenna)	300	30
4.- Vicuña Mackenna	700	40
5.- Santa Carolina de Enaco, Lana- bel	1.200	30
6.- Granjas Obreras	400	35
7.- Pob. Papelera	350	35
8.- Pob. Chile	800	50
9.- Pob. El Pinar, General Riesco	800	30
10.- Carmen Sur (Pob. L. Nazar)	450	50
11.- Sumar (parte) y Pob. I. Riquelme	700	25
12.- Pob. Vicente Navarrete	450	25
13.- Santa Rosa Oriente (Aguas llu- vias y domiciliarias clandest.)	1.000	5
14.- Canal San Joaquín (Aguas de rie- go y aguas servidas)	--	400
15.- Colector Ñuñoa	1.600	700
16.- Colector Cinzano	250	30
17.- Colector Ochagavía	2.000	350
18.- Descarga en Ríos Talavera	1.100	25
19.- Colector Padura	850	100
20.- Pob. Mirador (Ramírez por San Miguel)	200	10
21.- Pob. San Miguel, Dávila	1.600	150
22.- Pob. El Mirador (Bascuñán)	175	4
23.- Pob. Pedro Montt	500	20
24.- Canales Club Hípico	-	6
25.- Pob. La Feria o Valenzuela LLa- nos	1.600	185
26.- Pob. San Joaquín Poniente	700	70
27.- Maestranza San Eugenio	350	15
28.- Pedro Aguirre Cerda (lado Sur)	550	30
29.- Pedro Aguirre Cerda (lado Norte)	400	7
30.- Pob. Matadero Lo Valledor, P.A. Cerda y Buzeta	550	12
31.- Pob. Lo Valledor, J.M. Caro y Buzeta	1.000	120
32.- Dagoberto Godoy	650	25
33.- Villa Esperanza y Pob. Stgo.	600	25
34.- Canal A-H	--	3.700
35.- Colector Las Rejas Nº 1	900	200
36.- Colector Pob. Las Rejas en 5 de Abril Nº 2	900	60
37.- Colector E. Williams	450	-
38.- Colector Las Américas	450	-
39.- Colector Pajaritos	350	-
40.- Colector Bueras	800	-
Total		7.607 l/s

CUADRO 6.c

INDUSTRIAS IMPORTANTES DEL GRAN SANTIAGO
QUE DESCARGAN SUS DESECHOS AL RIO MAPOCHO (47)

TIPO DE INDUSTRIA	RAZON SOCIAL	UBICACION	ALGUNOS PRODUC. ELABOR.	PRODUCCION APROX. ANUAL
1) Papel	Fáb. de Papeles Carrascal S.A.	Q. Normal	Papel envolver Papel corrugado	646 Ton 317 Ton
2) Cervecería	Cía. Cervecerías Unidas	Stgo. Norte	gaseosas orujo levadura desperdicio	12.089 doc. 10.320 Ton 231 Ton 3,4 Ton
	Cías Cervecerías Unidas	Providencia	Gas Carbónico Orujo levadura desperdicios cebada	62 ml/Kg 10.983 " 40 " 423 " 1.805 "
3) Refinería de azúcar	Refinería Nacional de Azúcar SAC.	Stgo. Oeste	azúcar granulada melaza	6.168 Ton 796 Ton
4) Mataderos	Luis Corrales Montoya	San Bernardo	pollos faenados	31 Ton
5) Conserveras de frutas y legumbres	Conserveras Deyco S.A.	Renca	verduras salsas frutas	1.979 Ton 1.142 Ton 907 Ton
	Hans Stein Schuck	Peñaflor	mermeladas jarabes	817 Ton 6.600 Bot.
	Walter Silberstein R.	Conchalí	mermeladas	440 Ton
6) Conserveras de carnes	Fco. Izquierdo Carbonell	Stgo. Norte	camotillos	70 Ton
	Montina Ind. de Productos Alimenticios S.A. Cecinas Winter S.A.	El Monte Q. Normal	embutidos diversos, cecinas cecinas, jamón	- 900 Ton
7) Bebidas alcohólicas	Establecimientos Nobis SAI.	Renca	bebidas diversas	32.072 lt.
8) Textiles	Algodones Hirmas S.A.	Renca	hilados rayón telas	3.530 Ton 693 Ton 15.000.000 m.
9) Tintorerías	Magni y Cía. Ltda.	Stgo. Norte	estampados	2.000.884 m.
	Soler, Manaut y Cía. Ltda.	Q. Normal	teñidos planchado	800.000 Kg. 184.272 m.

CUADRO 6.c (Continuación)

TIPO DE INDUSTRIA	RAZON SOCIAL	UBICACION	ALGUNOS PRODUC. ELABOR.	PRODUCCION APROX. ANUAL
10) Lavanderías	Aprestos Sandrico S.A	Conchalí	lavado	793.860 p.
11) Curtiembres	Manufacturas de Caucho y Cuero "Catecu" S.A.	Peñaflor	calzados	4.500.000 u.
	Duhalde, Beheran y Cía Ltda.	Q. Normal	suela vegetal descarne vegetal	32 ton 97 ton
	Beltrán Ilharreborde Hijo y Cía. Ltda.	Stgo. Norte	suelas descarnes	587 ton 129 ton
	Curtiembre Rufino Melero S.A.	Stgo. Norte	suelas y descarnes	-
12) Detergentes	Tomás Castillo y Cía.	Q. Normal	jabón velas grasa cera	537 ton 259 " 204 " 11 "
	Indus Lever SACI.	Q. Normal	Polvos Crema Jabones Margarina	26.177 " 2.849 " 479 " 954 "
13) Metalurgia	Ind. Nac. de Plomo Indep. S.A.	Q. Normal	Art. de plomo	692.978 u.
	Maestranza San Bernardo, Central de FFCC. del Estado	S. Bernardo	-	-
	S.A. Heiremans de Construcciones Metálicas "Socometal"	Renca	Estructuras Calderas Estanques, etc.	3.200 ton
14) Productos Químicos	Industrias Ceresita S.A.	Conchalí	pinturas latex, etc.	4.100 ton
	Productos Plásticos del Pacífico S.A.	Stgo. Norte	plásticos en gral.	-
	Carburo y Metalurgia	San Bernardo	carburos	3.000 ton
	Maier y Cía Ltda.	Q. Normal	amoníaco cloruros de Ca, varios	2.800 ton
	Química Harseim Ltda	Quilicura	eter industrial varios	5.600 ton
	Planta Prod. Quím. Cía. Imperial de Industrias Químicas	Peñaflor Stgo. Oeste	Prod. varios Amoníaco	710 ton 317.600 l.

CUADRO 6.d

PLANTAS DE CONCENTRACION DE MINERALES DE COBRE
EN LA CUENCA DE SANTIAGO

CARACTERISTICAS	COMPAÑIA MINERA LA DISPUTADA DE LAS CONDES (49)	COMPAÑIA MINERA DE LA AFRICANA (48)
UBICACION	Hoya del río Mapocho	Pudahuel
Produc. de Mineral (Ton/día)	5.300	900
Ley de Mineral	3%	3.12%
Produc. de Mineral Concentrado (Ton/d)	233	84
Ley de concentrado	30%	28.2%
Producción de Cobre Fino (Ton/día)	70 (1)	23 (2)
Cantidad de agua uti- lizada (m ³ /día)	10.650	1.500
Productos químicos utilizados	Acido cresílico Aceite de pino Carbonato de calcio	Cal sólida (1,5-2,0Kg/t) Aerofloat Nº 238 (35 gr/Ton) Aceite de pino (35 gr/Ton) Sulfuro de sodio Cianuro de sodio (4-6 gr/Ton) Xantatos (3-4 gr/Ton)
Relaves: ganga (t/d) agua (m ³ /d) Reactivos de flotación	5.067 10.650	819 500
Curso receptor del agua	río Mapocho y napa subterrá- nea	río Mapocho y napa subterránea

NOTAS: (1) Valor estimativo en función de los datos

(2) Producción de cobre fino en el año 1963, equivalente a 15.209.406 libras.

CUADRO 7.a

ANALISIS FISICO-QUIMICOS DEL RIO MAPOCHO A LO
LARGO DE SU CURSO: 29-MAYO-1969

LUGAR DE MUESTREO	SOLIDOS DISUELTOS	DUREZA TOTAL	CLORUROS (Cl)	NITRATOS (NO ₃)	SULFATOS (SO ₄)	S.A.R.
	mg/l	mg/l CaCO ₃	mg/l	mg/l	mg/l	-
5/5 Puente Ñilhue	306	160	16	3.7	115	0.41
8 Antes Canal S. Carlos	390	204	18	3.3	118	0.55
8-4 Pudahuel en Puente Lo Prado	1350	572	327	20.0	385	3.71
8-11 Rinconada de Maipú	1364	565	302	41.0	357	3.56
8-2 El Monte	1074	575	161	16.0	306	1.38

CUADRO 7.b

ANALISIS FISICO-QUIMICOS DEL RIO MAPOCHO A LO
LARGO DE SU CURSO: 19-AGOSTO-1969

LUGAR DE MUESTREO	SOLIDOS DISUELTOS	DUREZA TOTAL	CLORU. (Cl)	NITRAT. (NO ₃)	SULF. (SO ₄)	% Sodio	S.A.R.
	mg/l	mg/l CaCO ₃	mg/l	mg/l	mg/l		
5 Puente Ñilhue	142	82	8.3	7.1	40	16.9	0.38
8 Antes Canal S. Carlos	156	88	8.9	5.9	44	16.4	0.37
8-4 Pudahuel en Puente Lo Prado	566	255	91.0	23.0	130	36.3	1.85
8-11 Rinconada de Maipú	936	413	180.0	31.0	247	40.4	2.81
8-2 El Monte	998	526	177.0	28.0	285	28.7	1.87

CUADRO 7.c
CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DE LAS AGUAS DEL
RIO MAPOCHO EMPLEADAS EN LA EVALUACION DE SU
CONTAMINACION ~~(34)~~ (39)

Fecha	Lugar de Muestreo	t ^º	pH	OD	DOD	DBO
8/2/1962	Puente Manquehue	17	6.6	8.7	0.3	0.9
8/2/62	Río Mapocho, antes de recibir Canal S. Carlos	19	7.0	8.6	0.0	1.5
8/2/62	Canal S. Carlos antes descargar al Mapocho	15	7.9	9.3	0.1	1.4
13/2/62	Mapocho después recibir Canal S. Carlos	15	8.3	9.2	0.4	2.5
9/2/62	Mapocho antes recibir Colector P. de Valdivia	14	7.5	9.0	0.7	5.2
9/2/62	Colector Pedro de Valdivia	21	7.1	0.0	8.3	68.0
9/2/62	Mapocho después de recibir colector P. de Valdivia	14	7.8	9.0	0.6	5.3
23/2/62	Mapocho después de recibir colector P. de Valdivia	14	7.8	8.4	1.1	10.0
	Colector Monitor, frente a Clínica Santa María (No se tomó muestras por ser de poca importancia)	-	-	-	-	-
15/2/62	Mapocho antes de recibir Canal S. Pedro	17	8.3	8.6	0.5	3.2
15/2/62	Canal San Pedro al descargar al río Mapocho	15	8.5	8.8	0.7	2.0
15/2/62	Mapocho después de recibir el Canal S. Pedro	17	8.3	9.1	0.0	2.5
	Colector Sector Norte (fuera de servicio)					
	Colector M. de Atero (fuera de servicio)					
14/3/62	Mapocho antes recibir colector Renca	16	8.3	8.1	1.0	4.5
14/3/62	Colector Renca (Sector Norte-Santa María)	20	8.3	0.0	8.6	250.0
14/3/62	Mapocho, después de recibir colector Renca	20	8.3	4.2	4.4	38.0
15/3/62	Mapocho antes de recibir colector Lo Espinoza	17	8.4	5.3	3.8	21.0
15/3/62	Colector Lo Espinoza	21	8.9	0.0	8.3	225.0
15/3/62	Mapocho después recibir colector Lo Espinoza	17	8.3	5.5	3.6	31.0
	Colector Fanaloza (No se tomó muestras por ser de poco interés. Sirve a 80 personas)					

CUADRO 7.c. (continuación)

Fecha	Lugar de Muestreo	t°C	pH	OD	DOD	DBO
14/3/62	Río Mapocho, antes de recibir Colector Lo Velázquez	18	8.0	0.6	8.3	46.0
26/2/62	Colector Lo Velázquez	22	8.3	4.6	4.6	26.0
14/3/62	Colector Lo Velázquez	22	8.3	2.1	6.1	65.0
14/3/62	Mapocho después de recibir el colector Lo Velázquez	22	8.1	0.0	8.2	54.0
21/3/62	Mapocho en el puente El Resbalón	17	7.8	5.8	3.4	20.0
21/3/62	Mapocho antes de recibir el Colector Pob. Roosevelt	18	7.6	1.4	7.5	13.0
27/2/62	Mapocho antes de recibir el Colector Pob. Roosevelt	21	7.3	0.0	8.4	24.0
21/3/62	Colector Pob. Roosevelt	19	7.1	3.6	5.3	10.0
27/2/62	Colector Pob. Roosevelt	18	7.1	4.9	4.0	6.0
21/3/62	Mapocho después de recibir Colector Pob. Roosevelt	19	7.4	0.6	8.1	25.0
16/2/62	Mapocho antes de recibir el Zanjón de la Aguada	18	8.3	2.8	6.2	12.0
16/2/62	Zanjón de la Aguada antes descarga al Mapocho	18	7.3	3.5	5.5	6.0
23/3/62	Zanjón de la Aguada antes descarga al Mapocho	15	7.3	2.1	7.4	7.0
23/3/62	Río Mapocho después de recibir el Zanjón de la Aguada	17	7.3	3.1	6.1	4.0
20/3/62	Río Mapocho antes de recibir colector San Bernardo	19	7.5	4.6	4.2	4.0
20/3/62	Colector San Bernardo	20	8.0	3.0	5.7	30.0
20/3/62	Río Mapocho después de recibir colector San Bernardo	21	8.0	3.9	4.5	3.0
23/3/62	Río Mapocho antes de recibir colector Talagante	19	7.6	10.8	1.8	2.0
23/3/62	Colector Talagante	21	7.5	0.0	8.7	88.0
23/3/62	Río Mapocho después de recibir colector Talagante	19	8.1	11.7	3.0	3.0

CUADRO 7.d

ANALISIS DE DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (DBO)
 DE LAS PRINCIPALES DESCARGAS AL RIO MAPOCHO Y
 AL ZANJON DE LA AGUADA ~~(33)~~ (2)

FECHA	COLECTORES	CURSO SUPERFICIAL DE EVACUACION	DBO (mg/l)	TEMP	Caudal del Colector (m ³ /día)
1/4/70	Ultra Mapocho	Río Mapocho	270-260-230	253	42.610
	Santa María	Río Mapocho	290-300-200	263	57.550
	Lo Espinoza	Río Mapocho	300-390-650	447	20.740
22/4/70	Quilicura	Río Mapocho	140-110-90-80		
23/4/70	Quilicura	Río Mapocho	120-260-260	152	12.850
8/4/70	Canal P. de Valdivia	Zanjón de la Aguada	80-240-440-210-600	310	86.080
15/4/70	Ochagavía	Zanjón de la Aguada	300-310-160-150		
16/4/70	Ochagavía	Zanjón de la Aguada	290-400-140	250	30.100
15/4/70	Pob. La Feria	Zanjón de la Aguada	240-320-60-170		
16/4/70	Pob. La Feria	Zanjón de la Aguada	250-140-200	197	15.846
8/4/70	Canal A-H	Zanjón de la Aguada	180-290-330-700-490-320	385	230.450
Gasto total al río Mapocho			=	133.750 m ³ /día	
Gasto total al Zanjón de la Aguada			=	362.476 "	

496.226

1 -	253	x	42.61	=	10.780	} Σ AL Mapocho: 37.140 } Σ A Z. Aguada: 126.055 } <u>163.195</u>	23.0 77.0 100
2 -	263	x	57.55	=	15.136		
3 -	447	x	20.74	=	9.271		
4 -	152	x	12.85	=	1.953		
5 -	310	x	86.08	=	26.685		
6 -	250	x	30.10	=	7.525		
7 -	197	x	15.85	=	3.122		
8 -	385	x	230.45	=	88.723		
163.194 Kg/lora (DBO)							

(163.194 / 1840.000) 1000
 = 89 g/lb H₂O (DBO)
 - 55 tasa standard (R.E)
 34 g/lb H₂O P.E. Libre a R.L.

Ver pag 88

Ver pag 118

CUADRO 7.e

A) HOYA ANDINA DEL RIO MAPOCHO
 CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE ANALISIS EXISTENTES
 RECOPIADOS (mg/l) #

Parámetros	LUGARES DE MUESTREO											
	San Francisco antes Est. Yerba Loca			San Francisco en La Hermita			Molina en la Hermita			Estero Yerba Loca en Corral Quemado		
	MAX.	PROM.	MIN.	MAX.	PROM.	MIN.	MAX.	PROM.	MIN.	MAX.	PROM.	MIN.
SOLIDOS DISUELTOS	640	557	476	468	413	367	155	129	92	385	328	256
% Na	12.2	10.9	8.8	12.0	9.5	6.1	22.8	19.1	15.5	11.4	7.2	4.1
NITRATOS	15.0	5.5	0.7	4.2	1.7	0.0	7.6	3.8	0.0	6.0	3.0	1.1
CLORUROS	27.0	22.8	14.0	20.0	14.9	6.7	11.0	7.7	4.4	15.0	11.4	5.4
SULFATOS	335	304	260	249	234	210	29	21	10	230	186	138
BICARBONATOS	27	23	13	31	13	0	87	70	46	21	8	0
PH	6.94	6.70	6.02	6.94	5.69	4.42	7.40	7.17	6.90	6.78	5.51	4.16
SAR	0.51	0.45	0.34	0.42	0.33	0.20	0.47	0.40	0.36	0.33	0.22	0.12
DUREZA TOTAL	360	333	320	261	240	220	97	74	48	208	189	158
SILICE	21	20	19	18	17.3	15	17	15.5	15	18	16.3	14
COBRE	-	0.2	-	-	3.6	-	-	0.03	-	-	4.5	-
CO ₂ DIS.	19.0	8.4	4.5	4.0	18.4	5.0	14.0	8.1	5.0	15.0	8.2	4.0
MANGANESO	-	1.48	-	-	0.92	-	-	-	-	-	0.72	-

(#) Excepto % Na, PH y S.A.R.

CUADRO 7.f

B) PRIMERA SECCION LEGAL DEL RIO MAPOCHO.

CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE ANALISIS EXISTENTES RECORRIDOS
(mg/l) #

PARAMETROS	LUGARES DE MUESTREO											
	Estero Arrayán		Mapocho en Puente Ñilhue.		Mapocho en Los Al- mendros		Mapocho antes Ca- nal San Carlos					
	MAX.	MIN.	TIEMPO	MAX.	MIN.	TIEMPO	MAX.	MIN.	TIEMPO	MAX.	MIN.	TIEMPO
SOLIDOS DISUELTOS	322	290	306	324	142	262	-	-	-	390	-	137
% Na	21.0	15.3	18.2	16.9	8.0	12.8	32.0	7.0	12.8	16.4	-	8.1
NITRATOS	4.6	4.1	4.4	9.4	1.3	5.4	-	-	-	5.9	-	2.3
CLORUROS	17.0	8.1	12.6	14.0	4.4	10.7	185.0	3.9	21.0	18.0	-	6.7
SULFATOS	116	107	112	165	40	141	375	39	120	118	-	41
BICARBONATOS	106	77	92	55	12	33	92.	21	50	118	-	42
PH	7.34	7.20	7.27	7.28	6.50	6.94	7.90	6.75	7.30	7.36	6.94	7.08
SAR	0.68	0.49	0.59	0.41	0.23	0.35	2.15	0.13	0.40	0.55	-	0.23
DUREZA TOTAL	179	163	171	184	82	149	-	-	-	204	-	73
SILICE	27	27	27	21	12	17	-	-	-	32	-	13
COBRE	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-
CO ₂ DIS.	8.0	7.5	7.8	7.0	3.6	5.3	-	-	-	9.0	-	4.4
BORO	-	-	-	-	-	-	3.2	0.0	1.1	-	-	-

(#) Excepto: % Na, pH y SAR.

CUADRO 7.9

C) SEGUNDA SECCION LEGAL DEL RIO MAPOCHO.CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE ANALISIS EXISTENTESRECOPIRADOS (mg/l) #

PARAMETROS	LUGARES DE MUESTREO		
	Canal San Carlos		
	MAX.	MIN.	TOME
SOLIDOS DISUELTOS	1506	-	-
% Na	48.9	1.2	35.7
NITRATOS	3.1	-	-
CLORUROS	399	116	212
SULFATOS	446	150	297
BICARBONATOS	154	96	127
pH	8.00	6.69	7.50
SAR	4.59	1.51	2.64
DUREZA TOTAL	552	-	-
BORO	1.5	0.2	0.86

(#) Excepto : % Na, pH, SAR.

CUADRO 7.h

D) TERCERA SECCION LEGAL DEL RIO MAPOCHO.

CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE ANALISIS EXISTENTES RECOPIRADOS
(mg/l) #

PARAMETROS	LUGARES DE MUESTREO											
	Mapocho en Pudahuel		Zanjón de la Agua da en Pajaritos		Canal Comunero Rinconada		Mapocho en Rinconada de Maipú					
	MAX.	MIN.	TOMO	MAX.	MIN.	TOMO	MAX.	MIN.	TOMO	MAX.	MIN.	TOMO
SOLIDOS DISUELTOS	1350	566	945	1154	936	1226	1288	356	938	1364	880	1022
% Na	43.3	24.6	33.3	54.7	38.2	473	35.3	17.3	27.9	44.0	9.1	31.6
NITRATOS	23.0	6.4	15.6	23.0	0.0	7.5	-	-	-	41.0	6.0	22.3
CLORUROS	327	91	178	426	182	307	240	86	167	360	36	187
SULFATOS	385	130	307	357	84	204	344	193	266	418	101	272
BICARBONATOS	178	148	162	421	126	292	640	210	298	295	39	187
PH	7.80	6.96	7.23	7.90	6.28	7.20	7.65	6.25	7.13	8.30	6.45	7.35
S.A.R.	3.71	1.52	2.24	5.88	2.77	4.21	2.49	0.94	1.87	3.56	0.20	2.11
DUREZA TOTAL	572	255	476	515	386	446	-	-	-	5.65	413	485
SILICE	65	11	29	85	22	41	-	-	-	70	21	37
CO ₂ DIS.	28	12	20	340.0	4.8	131.6	-	-	-	70	24	47
SULFUROS	-	-	-	102.0	9.6	49.7	-	-	-	-	-	-
C.E.	-	-	-	-	-	-	2200	1010	1366	1796	270	1320
BORO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.0	0.0	1.1

(#) Excepto % Na, pH, SAR y CE.

CUADRO 7.i

E) CUARTA SECCION LEGAL DEL RIO MAPOCHO.

CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LOS ANALISIS EXISTENTES RECOPIRADOS (mg/l) #

PARAMETROS	LUGARES DE MUESTREO					
	MAPOCHO EN TALAGANTE			MAPOCHO EN EL MONTE		
	MAX.	MIN.	TEMP	MAX.	MIN.	TEMP
SOLIDOS DISUELTOS	-	-	-	10.74	9.20	9.84
% Na	-	-	-	28.7	18.0	22.6
NITRATOS	-	-	-	28.0	7.1	16.0
CLORUROS	-	-	-	177	146	163
SULFATOS	-	-	-	312	261	295
BICARBONATOS	-	-	-	226	165	208
pH	7.60	7.40	7.52	8.20	6.83	7.36
S.A.R.	-	-	-	1.87	1.10	1.41
DUREZA TOTAL	-	-	-	575	526	555
SILICE	-	-	-	33	25	29
CO ₂ DISUELTO	-	-	-	50.0	7.5	27.1
D.B.O.	27.0	16.5	21.0	-	-	-
SOLIDOS SUSPENDIDOS	107.0	23.0	54.8	-	-	-
O.D.	8.2	7.4	7.8	-	-	-

(#) Excepto : % Na, pH, SAR.

CUADRO 7.j

PARAMETROS CUYOS VALORES SE ENCUENTRAN EXCEDIDOS EN LOS ANALISIS EXISTENTES SEGUN NORMAS Y CRITERIOS DE CALIDAD DE USO DEL AGUA

A.- HOYA ANDINA DEL RIO MAPOCHO

CARACTERÍSTICAS (mg/l)	ESTACIONES DE MUESTREO				Valores límites tolerados según su uso (43), (44) (3) y (4)		
	S. Fco. antes Y.Loca	S. Fco. en Lo Hermita	Molina en Lo Hermita	Estero Y.Loca en C. Quemado	A.P.	Riego	Uso Indust.
Nitratos	15.0	-	-	-	12.0	-	12.0
Sulfatos	335	-	-	-	250	-	250
Dureza total	360	-	-	-	-	-	300
Cobre	-	3.6	-	4.5	1.5	2.5	3.0
Manganeso	1.48	0.92	-	0.72	0.2	-	0.3

B.- PRIMERA SECCION LEGAL DEL RIO MAPOCHO

CARACT.	Estero Arrayán	Mapocho en Pte. Ñilhue	Los Almen-dros	Antes Canal San Carlos	A.P.	Riego	Indust.
Sulfatos	-	-	375	-	250	-	250
Boro	-	-	3.2	-	-	1.0	-

C.- SEGUNDA SECCION LEGAL DEL RIO MAPOCHO

CARACT.	Canal San Carlos antes desemb. al río Mapocho	A.P.	Riego	Indust.
Sol. Dis.	1506	1500	-	-
Cloruros	399	350	750	1000
Sulfatos	446	250	-	250
Dureza total	552	-	-	300
Boro	1.5	-	1.0	-

CUADRO 7.j. (continuación)

D.- TERCERA SECCION LEGAL DEL RIO MAPOCHO

CARACT.	Mapocho en Pudahuel	Zanjón de la Aguada en Pajaritos	Canal Comunero Rinconada	Mapocho en Rinconada de Maipú	A.P.	Riego	Ind.
Sol. Dis.	-	1554	-	-	1500	-	-
Nitratos	23	23	-	41	12	-	12
Cloruros	-	426	-	360	350	750	1000
Sulfatos	385	357	344	418	250	-	250
pH	-	6.3	6.3	-	$\frac{6.5}{9.2}$	$\frac{5.5}{9.0}$	$\frac{5.5}{9.0}$
Dureza tot.	572	515	-	565	-	-	300
Boro	-	-	-	2.0	-	1.0	-
Súlfuros	-	102	-	-	0.1	-	0.1

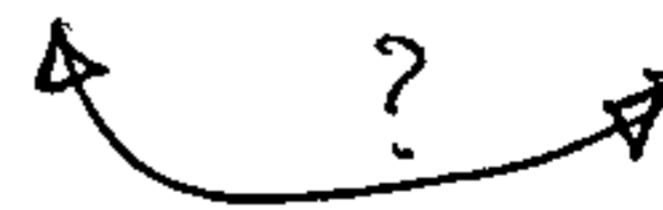
E.- CUARTA SECCION LEGAL DEL RIO MAPOCHO

CARACT.	Mapocho en Talagante	Mapocho en El Monte	A.P.	Ind.	Recreac.
Nitratos	-	28	12	12	-
Sulfatos	-	312	250	250	-
Dureza tot.	-	575	-	300	-
D.B.O.	27	-	2	10	10
Sol. Susp.	107	-	-	150	100

CUADRO 8.a

INDICES DE CASOS DE FIEBRE TIFOIDEA
Y PARATIFOIDEA

AÑO	CASOS POR CADA 100.000 Hb.			
	MORBILIDAD		MORTALIDAD	
	Santiago	Resto del país	Santiago	Resto del país
1947	98	54	1.6	8.9
1948	82	55	6.7	8.0
1949	66	45	5.0	8.0
1950	75	45	3.6	6.1
1951	65	40	1.7	5.4
1952	121	43	2.1	3.4
1953	97	52	1.1	2.6
1954	102	49	1.6	2.7
1955	108	34	1.6	2.2
1956	115	36	1.4	2.0
1957	129	35	2.0	2.1
1958	101	31	1.8	1.9
1959	60	38	1.5	3.3
1960	83	48	2.4	2.7
1961	92	43	1.6	2.8
1962	74	35	2.2	3.3
1963	76	37	1.8	2.7
1964	92	36	2.1	2.2
1965	90	51	1.9	2.5
SUMA	1.726	807	43.7	72.8



CUADRO "a"

RESULTADOS DE O.D. PARA DIFERENTES HORAS,
EN EL RIO MAPOCHO (8-9/Marzo/1972)

HORA DE MUESTREO	OXIGENO DISUELTO (mg/l)	
	BOCATOMA CANAL DE LAS MERCEDES	ANTES DEL ZANJON DE LA AGUADA
18.30	0.3	-
20.00	0.4	-
21.30	0.4	-
23.00	0.4	-
0.30	0.0	-
2.00	0.3	-
3.30	0.6	-
5.00	0.3	-
6.30	0.3	-
8.00	0.4	-
9.30	0.5	2.9
11.00	2.0	2.9
12.30	2.7	2.0
14.00	1.7	3.7
15.30	2.9	3.4
17.00	2.9	3.4
18.30	1.8	0.2

CUADRO "b"

RESULTADOS DE DBO CON RESINA PARA DIFERENTES
HORAS EN EL RIO MAPOCHO (13-14 Abril 1972)

DIA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	DBO C/RESINA EN LA BOCATOMA CANAL LAS MERCEDES (mg/l)
13-Abril	12:30	90
13-Abril	16:00	120
13-Abril	20:00	140
13-Abril	24:00	140
14-Abril	4:00	110
14-Abril	8:00	50
14-Abril	12:00	120

CUADRO "c"

INDICE COLI FECAL, PARA DIFERENTES HORAS,
EN EL RIO MAPOCHO (3-Abril-1972)

HORA DE MUESTREO	COLI FECAL (b/100 ml)	LOG (I. COLI FECAL)
13:00	2,4 . 10 ⁶	6.38
15:00	2,0 . 10 ⁹	9.30
17:00	1,3 . 10 ⁹	9.11
19:00	2,4 . 10 ⁶	6.38

CUADRO A

Lugar muestreo
1
2
3
4
6

Equivalente al listado
8
10
12
13
No se considera (la Africana)

ESTUDIO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS DEL RIO MAPOCHO-1972
ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS Y BACTERIOLÓGICOS

DIAS DE MUESTREO		A - Lunes 22 de Mayo - 1972				
LUGARES DE MUESTREO		1	2	3	4	5
HORA		8.10	13.50	15.50	17.00	18.05
DETERMINACIONES EN TERRENO		UNI- DADES				
pH	-	5.00	6.00	5.00	5.00	5.00
Temperatura	°C	9.00	12.00	16.50	13.00	13.00
Oxígeno Disuelto (O.D.)	mg/l	9.70	5.00	0.00	3.40	2.30
Oxigenación Relativa (O.R.)	%	83.80	46.10	0.00	32.10	21.70
DETERMINACIONES EN LABORATORIO						
MACROCOMPONENTES						
Calcio (Ca)	mg/l	89.50	114.00	117.20	127.80	128.90
Magnesio (Mg)	mg/l	10.40	15.60	20.70	19.50	18.80
Sodio (Na)	mg/l	80.00	120.00	180.00	120.00	135.00
Potasio (K)	mg/l	2.00	4.00	13.00	4.10	6.20
Carbonatos (CO ₃)	mg/l	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bicarbonato (HCO ₃)	mg/l	110.40	177.60	576.00	153.60	230.40
Cloruros (Cl)	mg/l	140.00	195.00	265.00	200.00	215.00
Sulfatos (SO ₄)	mg/l	193.40	239.10	78.20	281.00	278.60
MICROCOMPONENTES						
Cobre (Cu)	mg/l	0.60	0.40	0.50	0.30	0.40
Fierro total (Fe)	mg/l	2.10	1.20	0.89	0.95	nsd
Nitrógeno de Nitritos (N)	mg/l	0.01	0.07	0.002	0.10	0.09
Nitrógeno de Nitratos (N)	mg/l	0.50	0.50	0.30	0.50	0.30
Nitrógeno total Kjeldahl (N)	mg/l	3.60	8.90	30.00	7.30	10.60
Cromo hexavalente (Cr)	mg/l	0.05	0.20	0.90	0.30	0.10
Fosfatos (PO ₄)	mg/l	0.60	1.60	3.80	0.70	1.40
OTRAS CARACTERÍSTICAS						
pH	-	7.43	7.01	7.46	7.01	7.18
Residuo total a 180°C	mg/l	820	1280	1380	1250	1410
Residuo fijo total	mg/l	750	1110	1100	1110	1250
Residuo volátil total	mg/l	70	170	280	140	160
Residuo filtrable a 180°C	mg/l	590	850	1050	890	920
Residuo fijo filtrable	mg/l	510	750	950	800	820
Residuo volátil filtrable	mg/l	80	100	100	90	100
Residuo no filtrable	mg/l	230	430	330	360	490
Conductancia específica (CE)	µmhos cm a 25°C	749	1087	1509	1232	1305
S.A.R.	-	2.15	2.78	4.03	2.60	2.97
Porcentaje de sodio	%	39.6	42.3	50.0	39.1	42.2
Indice Coli (Coli Tipo I)	NMP 100ml	6.10 ⁵	-	7.10 ³	4.5.10 ⁶	3.2.10 ⁹
Presencia de Salmonellas	+ o -	+	-	-	-	+
D.B.O. (5 días a 20 ° C)	mg/l	30	30	90	20	30
D.Q.O.	mg/l	80	122	480	58	40
Detergentes (A.B.S.)	mg/l	1.3	6.1	15.0	3.1	10.0
Fenoles	mg/l	0.0	0.010	0.090	0.012	0.025

CUADRO A (continuación)

ESTUDIO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS DEL RIO MAPOCHO-1972

ANALISIS FISICO-QUIMICOS Y BACTERIOLOGICOS

DIAS DE MUESTREO		E - Martes 30 Mayo				
LUGARES DE MUESTREO		1	2	3	4	5
HORA		8.15	13.45	15.45	17.00	18.00
DETERMINACIONES EN TERRENO		UNI-DADES				
pH	pH	-	5.50	6.00	6.00	6.00
Temperatura		°C	7.00	11.00	15.00	13.00
Oxígeno Disuelto (O.D.)		mg/l	9.90	4.20	0.00	2.20
Oxigenación Relativa (O.R.)		%	81.50	38.00	0.00	20.80
DETERMINACIONES EN LABORATORIO						
MACROCOMPONENTES						
Calcio (Ca)		mg/l	104.40	128.90	134.20	126.70
Magnesio (Mg)		mg/l	13.00	18.10	25.30	32.40
Sodio (Na)		mg/l	112.00	150.00	212.00	152.00
Potasio (K)		mg/l	3.60	7.00	15.20	6.00
Carbonatos (CO ₃)		mg/l	0.00	0.00	0.00	0.00
Bicarbonatos (HCO ₃)		mg/l	100.80	211.20	686.40	168.00
Cloruros (Cl)		mg/l	200.00	225.00	310.00	225.00
Sulfatos (SO ₄)		mg/l	260.90	283.90	52.70	325.00
MICROCOMPONENTES						
Cobre (Cu)		mg/l	1.50	0.50	0.60	0.20
Hierro total (Fe)		mg/l	0.67	0.45	nsd	0.61
Nitrógeno de Nitritos (N)		mg/l	0.02	0.10	0.01	0.10
Nitrógeno de Nitratos (N)		mg/l	0.90	0.80	0.50	0.90
Nitrógeno total Kjeldahl (N)		mg/l	2.20	11.50	31.90	8.10
Cromo hexavalente (Cr)		mg/l	0.05	1.00	1.10	0.30
Fosfatos (PO ₄)		mg/l	0.10	0.70	2.80	0.30
OTRAS CARACTERISTICAS						
pH		-	7.56	7.11	7.52	6.91
Residuo total a 180°C		mg/l	1.000	1.200	1.600	1.300
Residuo fijo total		mg/l	900	1.100	1.300	1.200
Residuo volátil total		mg/l	100	100	300	100
Residuo filtrable a 180°C		mg/l	850	970	1.200	1.050
Residuo fijo filtrable		mg/l	700	870	1.100	950
Residuo volátil filtrable		mg/l	150	150	100	100
Residuo no filtrable		mg/l	150	230	400	250
Conductancia específica (CE)		µmhos/cm 25°C	999	1.246	1.369	1.361
S.A.R.		-	2.76	3.25	4.39	3.11
Porcentaje de sodio		%	43.4	44.9	50.0	42.0
Indice Coli (Coli tipo I)		NMP/100ml	6,2.10 ⁴	-	10 ⁶	2,4.10 ⁴
Presencia de Salmonellas		+ ó -	-	+	+	-
D.B.O. (5 días a 20 °C)		mg/l	30	30	95	20
D.Q.O.		mg/l	52	76	5.12	48
Detergentes (ABS)		mg/l	2.2	6.0	15.8	4.8
Fenoles		mg/l	0.0	0.040	0.080	0.011

CUADRO A (Continuación)
ESTUDIO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS DEL RIO MAPOCHO-1972
ANALISIS FISICO-QUIMICOS Y BACTERIOLOGICOS

DIAS DE MUESTREO		8 - Miércoles 24 de Mayo				
LUGARES DE MUESTREO		1.	2.	3. ✓	4	5
HORA		8.10	14.00	15.45	16.50	18.00
DETERMINACIONES EN TERRENO		UNI- DADES				
pH	pH	-	5.00	6.00	6.00	6.00
Temperatura	°C		9.00	12.00	16.00	13.00
Oxígeno Disuelto (O.D.)	mg/l		9.80	2.00	0.00	3.20
Oxigenación Relativa (O.R.)	%		84.70	18.40	0.00	30.20
DETERMINACIONES EN LABORATORIO						
MACROCOMPONENTES						
Calcio (Ca)	mg/l		42.60	120.30	122.50	135.30
Magnesio (Mg)	mg/l		5.80	15.60	24.00	22.70
Sodio (Na)	mg/l		14.50	135.00	190.00	120.00
Potasio (K)	mg/l		1.20	9.00	12.20	4.00
Carbonatos (CO ₃)	mg/l		0.00	0.00	0.00	0.00
Bicarbonatos (HCO ₃)	mg/l		67.20	240.00	542.40	172.80
Clóruos (Cl)	mg/l		15.00	190.00	270.00	280.00
Sulfatos (SO ₄)	mg/l		101.20	257.20	142.00	291.40
MICROCOMPONENTES						
Cobre (Cu)	mg/l		0.40	0.10	0.50	0.20
Fierro total (Fe)	mg/l		0.38	0.16	3.90	0.76
Nitrógeno de Nitritos (N)	mg/l		0.02	0.005	0.02	0.10
Nitrógeno de Nitratos (N)	mg/l		0.50	0.30	0.20	1.30
Nitrógeno total Kjeldahl (N)	mg/l		2.50	23.00	62.70	12.90
Cromo hexavalente (Cr)	mg/l		0.05	1.00	0.50	0.10
Fosfatos (PO ₄)	mg/l		0.30	1.00	1.20	0.30
OTRAS CARACTERISTICAS						
pH	-		7.67	7.35	7.33	7.17
Residuo total a 180°C	mg/l		270	1150	1530	1200
Residuo fijo total	mg/l		250	1050	1270	1150
Residuo volátil total	mg/l		20	100	260	50
Residuo filtrable a 180°C	mg/l		250	930	1110	910
Residuo fijo filtrable	mg/l		220	820	1050	30
Residuo volátil filtrable	mg/l		30	110	60	80
Residuo no filtrable	mg/l		20	220	420	290
Conductancia específica (CE)	µmhos cm a 25°C		427	1167	1619	1219
S.A.R.	-		0.19	3.08	4.13	2.50
Porcentaje de Sodio	%		18.6	44.1	49.8	37.2
Índice Coli (Coli tipo I)	NMP 100ml		6,2.10 ⁴	-	5.10 ¹⁴	7.10 ¹⁰
Presencia de Salmonellas	+ ó -		-	-	+	+
D.B.O. (5 días a 20°C)	mg/l		25	65	100	35
D.Q.O.	mg/l		112	108	672	1.16
Detergentes (ABS)	mg/l		1.0	5.2	16.2	4.9
Fenoles	mg/l		0.008	0.040	0.130	0.015

CUADRO A (Continuación)
 ESTUDIO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS DEL RIO MAPOCHO-1972
 ANALISIS FISICO-QUIMICOS Y BACTERIOLOGICOS

DIAS DE MUESTREO		F - Jueves 1º Julio					
LUGARES DE MUESTREO		1	2	3	4	5	
HORA		8.20	14.0	15.45	17.00	18.00	
DETERMINACIONES EN TERRENO		UNI-DADES					
pH	pH	-	6.0	6.0	7.0	6.0	6.0
Temperatura	°C	°C	9.0	12.0#	15.5#	13.0#	14.0#
Oxígeno Disuelto (O.D.)	mg/l	mg/l	10.1	5.8	0.0	4.0	2.4
Oxigenación Relativa (O.R.)	%	%	87.3	53.7	0.0	37.8	23.2
DETERMINACIONES EN LABORATORIO							
MACROCOMPONENTES							
Calcio (Ca)	mg/l	mg/l	85.2	93.4	49.0	109.7	42.6
Magnesio (Mg)	mg/l	mg/l	19.5	29.2	62.3	32.4	72.7
Sodio (Na)	mg/l	mg/l	108.0	156.0	186.0	140.0	152.0
Potasio (K)	mg/l	mg/l	3.2	5.6	14.0	5.2	7.6
Carbonatos (CO ₃)	mg/l	mg/l	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Bicarbonatos (HCO ₃)	mg/l	mg/l	105.6	192.0	604.8	168.0	302.4
Cloruros (Cl)	mg/l	mg/l	170.0	235.0	260.0	220.0	225.0
Sulfatos (SO ₄)	mg/l	mg/l	214.8	244.0	44.0	283.1	247.3
MICROCOMPONENTES							
Cobre (Cu)	mg/l	mg/l	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3
Fierro total (Fe)	mg/l	mg/l	0.29	0.61	0.76	1.14	1.40
Nitrógeno de Nitritos (N)	mg/l	mg/l	0.01	0.20	0.005	0.10	0.005
Nitrógeno de Nitratos (N)	mg/l	mg/l	1.0	1.0	0.5	1.5	0.8
Nitrógeno total Kjeldahl (N)	mg/l	mg/l	22.2	12.0	27.2	8.4	10.6
Cromo hexavalente (Cr)	mg/l	mg/l	0.05	0.3	0.9	0.2	0.5
Fosfatos (PO ₄)	mg/l	mg/l	0.3	0.7	4.5	0.7	1.1
OTRAS CARACTERISTICAS							
pH	-	-	7.67	6.90	7.39	6.90	7.32
Residuo total a 180°C	mg/l	mg/l	750	1.050	1.550	1.300	1.350
Residuo fijo total	mg/l	mg/l	680	950	1.350	1.200	1.250
Residuo volátil total	mg/l	mg/l	70	100	200	100	100
Residuo filtrable a 180°C	mg/l	mg/l	700	850	1.080	910	970
Residuo fijo filtrable	mg/l	mg/l	660	830	1.010	840	900
Residuo volátil filtrable	mg/l	mg/l	40	20	70	70	70
Residuo no filtrable	mg/l	mg/l	50	200	470	390	380
Conductancia específica (CE)	µmhos/cm 25°	µmhos/cm 25°	944	1.132	1.489	1.232	1.282
S.A.R.	-	-	272	361	419	301	328
Porcentaje de Sodio	%	%	44.0	48.6	50.7	42.4	44.4
Indice Coli (Coli tipo I)	NMP/100ml	NMP/100ml	6.10 ⁴	-	3.10 ⁹	1.8.10 ⁸	2.3.10 ⁸
Presencia de Salmonellas	ó -	ó -	-	-	+	-	-
D.B.O. (5 días a 20°C)	mg/l	mg/l	30	65	100	35	70
D.Q.O.	mg/l	mg/l	72	80	460	80	116
Detergentes (ABS)	mg/l	mg/l	1.3	6.8	13.9	5.2	9.4
Fenoles	mg/l	mg/l	0.0	0.016	0.080	0.009	0.040

Valores interpolados

CUADRO A (Continuación)
ESTUDIO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS DEL RIO MAPOCHO-1972
ANALISIS FISICO-QUIMICOS Y BACTERIOLOGICOS

DIAS DE MUESTREO		C- / Viernes 26 de Mayo					
LUGARES DE MUESTREO		1 ✓	2 ✓	3 ✓	4	5	
HORA		8.10	13.45	15.35	16.45	17.55	
DETERMINACIONES EN TERRENO		UNI- DADES					
pH	pH	-	5.50	8.20	7.70	7.70	7.20
Temperatura	°C		9.00	9.00	16.00	10.50	12.00
Oxígeno Disuelto (O.D.)	mg/l		10.00	5.90	0.00	4.60	1.50
Oxigenación Relativa (O.R.)	%		86.40	51.00	0.00	41.00	13.80
DETERMINACIONES EN LABORATORIO							
MACROCOMPONENTES							
Calcio (Ca)	mg/l		87.30	119.30	125.70	127.80	129.90
Magnesio (Mg)	mg/l		11.70	14.30	20.80	20.10	19.50
Sodio (Na)	mg/l		84.00	132.00	188.00	132.00	140.00
Potasio (K)	mg/l		2.20	6.90	15.00	5.60	7.40
Carbonatos (CO ₃)	mg/l		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bicarbonatos (HCO ₃)	mg/l		110.40	129.60	393.60	172.80	264.00
Cloruros (Cl)	mg/l		130.00	195.00	265.00	220.00	200.00
Sulfatos (SO ₄)	mg/l		189.30	238.70	257.10	273.20	274.10
MICROCOMPONENTES							
Cobre (Cu)	mg/l		0.50	0.60	0.60	0.30	0.40
Hierro total (Fe)	mg/l		2.40	1.20	1.60	0.61	1.52
Nitrógeno de Nitritos (N)	mg/l		0.02	0.02	0.01	0.02	0.10
Nitrógeno de Nitratos (N)	mg/l		0.90	0.50	0.50	0.40	0.90
Nitrógeno total Kjeldahl (N)	mg/l		2.20	7.30	31.10	7.80	10.90
Cromo hexavalente (Cr)	mg/l		0.05	0.50	1.00	0.30	0.30
Fosfatos (PO ₄)	mg/l		0.50	1.40	5.20	1.00	1.70
OTRAS CARACTERISTICAS							
pH	-		7.50	6.96	6.97	6.95	7.00
Residuo total a 180°C	mg/l		700	1030	1550	1180	1100
Residuo fijo total	mg/l		670	910	1250	1050	1000
Residuo volátil total	mg/l		30	120	250	130	100
Residuo filtrable a 180°C	mg/l		560	860	1100	930	930
Residuo fijo filtrable	mg/l		540	750	1000	830	830
Residuo volátil filtrable	mg/l		20	110	100	100	100
Residuo no filtrable	mg/l		140	170	450	250	170
Conductancia específica (CE)	µmhos cm 25°		787	1093	1509	1219	1275
S.A.R.	-		2.10	3.01	4.10	2.85	3.04
Porcentaje de Sodio	%		39.8	43.5	49.5	41.4	42.4
Indice Coli (Coli tipo I)	NMP		6,2.10 ⁴	-	2.10 ⁷	5.10 ¹⁰	7.10 ¹⁴
Presencia de Salmonellas	100ml + ó -		-	-	-	-	-
D.B.O. (5 días a 20°C)	mg/l		30	35	140	25	55
D.Q.O.	mg/l		52	92	600	84	164
Detergentes (ABS)	mg/l		2.8	8.6	13.3	4.2	12.5
Fenoles	mg/l		0.006	0.016	0.120	0.015	0.030

CUADRO A (Continuación)
 ESTUDIO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS DEL RIO MAPOCHO-1972
 ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BACTERIOLOGICOS

DIAS DE MUESTREO		6 - Sábado, 3-Junio					
LUGARES DE MUESTREO		1	2	3	4	5	
HORA		8.30	13.50	15.50	17.00	18.00	
DETERMINACIONES EN TERRENO		UNI- DADES					
pH	pH	-	5.5	6.0	7.0	6.0	6.0
Temperatura	°C		9.0	12.0#	16.0#	13.0#	14.0#
Oxígeno Disuelto (O.D.)	mg/l		8.2	5.0	0.0	3.6	1.6
Oxigenación Relativa (O.R.)	%		71.0	46.4	0.0	34.0	15.4
DETERMINACIONES EN LABORATORIO							
MACROCOMPONENTES							
Calcio (Ca)	mg/l		120.3	125.7	127.8	139.5	123.5
Magnesio (Mg)	mg/l		19.5	22.7	28.9	26.6	31.1
Sodio (Na)	mg/l		132.0	150.0	180.0	146.0	156.0
Potasio (K)	mg/l		4.0	5.2	13.2	5.2	7.0
Carbonatos (CO3)	mg/l		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Bicarbonatos (HCO3)	mg/l		81.6	182.4	508.8	182.4	264.0
Cloruros (Cl)	mg/l		190.0	215.0	290.0	220.0	225.0
Sulfatos (SO4)	mg/l		278.1	279.8	155.6	314.4	295.9
MICROCOMPONENTES							
Cobre (Cu)	mg/l		0.3	0.6	0.3	0.3	0.6
Fierro total (Fe)	mg/l		/	/	/	/	/
Nitrógeno de Nitritos (N)	mg/l		0.01	0.20	0.05	0.05	0.04
Nitrógeno de Nitratos (N)	mg/l		0.6	0.6	0.4	0.4	0.4
Nitrógeno total Kjeldahl (N)	mg/l		/	/	/	/	/
Cromo hexavalente (Cr)	mg/l		0.05	0.3	0.3	0.1	0.3
Fosfatos (PO4)	mg/l		/	/	/	/	/
OTRAS CARACTERISTICAS							
pH	-		8.23	7.25	7.46	7.61	7.26
Residuo total a 180°C	mg/l		1100	2900	1400	2100	1700
Residuo fijo total	mg/l		1010	2800	1100	1900	1500
Residuo volátil total	mg/l		90	100	300	200	200
Residuo filtrable a 180°C	mg/l		830	870	1100	950	980
Residuo fijo filtrable	mg/l		790	840	1000	850	890
Residuo volátil filtrable	mg/l		40	30	100	100	90
Residuo no filtrable	mg/l		270	2030	300	1150	720
Conductancia Específica (CE)	$\frac{\mu\text{mhos}}{\text{cm}}$		/	/	/	/	/
S.A.R.	25°C		292	316	370	299	325
Porcentaje de Sodio	%		42.6	43.6	46.0	40.0	43.1
Índice Coli (Coli tipo I)	NMP		/	/	/	/	/
Presencia de Salmonellas	100ml + ó -		/	/	/	/	/
DBO. (5 días a 20°C)	mg/l		/	/	/	/	/
DQO.	mg/l		/	/	/	/	/
Detergentes (ABS)	mg/l		/	/	/	/	/
Fenoles	mg/l		0.0	0.010	0.030	0.005	0.030

Valores interpolados

CUADRO A. (continuación)

ESTUDIO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS DEL RIO MAPOCHO-1972

ANALISIS FISICO-QUIMICOS Y BACTERIOLOGICOS

DIAS DE MUESTREO		D. - Domingo 28 de Mayo				
LUGARES DE MUESTREO		1 ✓	2 ✓	3 ✓	4	5
HORA		8.30	13.50	15.50	17.00	18.00
DETERMINACIONES EN TERRENO						
	UNIDADES					
pH	-	5.50	5.50	6.00	5.50	5.50
Temperatura	°C	9.00	12.00	16.00#	13.00#	14.00
Oxígeno Disuelto (O.D.)	mg/l	9.40	5.40	0.00	4.70	3.00
Oxigenación Relativa (O.R.)	%	81.30	49.80	0.00	44.40	29.00
DETERMINACIONES EN LABORATORIO						
MACROCOMPONENTES						
Calcio (Ca)	mg/l	95.80	121.40	123.50	134.20	134.20
Magnesio (Mg)	mg/l	11.00	15.60	22.70	20.10	20.10
Sodio (Na)	mg/l	100.00	132.00	156.00	130.00	136.00
Potasio (K)	mg/l	2.60	4.40	13.60	4.80	6.60
Carbonatos (CO ₃)	mg/l	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bicarbonatos (HCO ₃)	mg/l	110.40	124.80	427.20	168.00	235.20
Cloruros (Cl)	mg/l	150.00	195.00	220.00	200.00	210.00
Sulfatos (SO ₄)	mg/l	204.90	255.20	225.10	281.40	281.10
MICROCOMPONENTES						
Cobre (Cu)	mg/l	0.60	0.10	0.20	0.10	0.30
Fierro total (Fe)	mg/l	1.28	0.61	0.89	nsd	0.76
Nitrógeno de Nitritos (N)	mg/l	0.01	0.05	0.01	0.05	0.05
Nitrógeno de Nitratos (N)	mg/l	1.50	1.70	0.80	1.40	1.10
Nitrógeno total Kjeldahl (N)	mg/l	1.70	9.20	36.10	4.50	10.90
como hexavalente (Cr)	mg/l	0.05	0.10	0.10	0.10	0.10
Fosfatos (PO ₄)	mg/l	0.50	1.00	2.70	0.70	2.50
OTRAS CARACTERISTICAS						
pH	-	7.63	6.95	7.10	6.97	7.01
Residuo total a 180°C	mg/l	900	1100	1300	1200	1100
Residuo fijo total	mg/l	800	950	1000	1100	1000
Residuo volátil total	mg/l	100	150	300	100	100
Residuo filtrable a 180°C	mg/l	930	840	950	900	850
Residuo fijo filtrable	mg/l	620	750	900	830	800
Residuo volátil filtrable	mg/l	10	90	50	70	50
Residuo no filtrable	mg/l	270	260	350	300	250
Conductancia Específica (C.E.)	$\frac{\mu\text{mhos}}{\text{cm}} 25^\circ\text{C}$	894	1132	1122	1246	1267
S.A.R.	-	2.55	1.54	3.38	2.75	2.90
Porcentaje de sodio	%	48.6	43.2	44.8	40.0	41.0
Indice Coli (Coli tipo I)	$\frac{\text{NMP}}{100\text{ml}}$	6,2.10 ⁶	/	2,4.10 ⁴⁵	5.10 ¹⁰	4,6.10 ¹²
Presencia de Salmonellas	+ ó -	-	-	-	-	+
DBO. (5 días a 20°C)	mg/l	45	55	95	25	40
DQO.	mg/l	48	60	296	80	80
Detergentes (ABS)	mg/l	0.8	4.0	14.1	3.5	100
Fenoles	mg/l	0.0	0.014	0.065	0.004	0.015

Valores interpolados

CUADRO B

ESTUDIO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS DEL RIO MAPOCHO

(22 de Mayo al 3 de Junio de 1972)

CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LOS ANALISIS FISICO-QUIMICOS Y BACTERIOLOGICOS

VALORES MAXIMOS, MINIMOS Y MEDIOS

DETERMINACIONES ANALITICAS	UNIDADES	LUGARES DE MUESTREO											
		1.- MAPOCHO ANTES CANAL SAN CARLOS				2.- MAPOCHO EN PUENTE PUDAHUEL				3.- ZANJON DE LA AGUADA EN PAJARITOS			
		VALORES			TEMPº	VALORES			TEMPº	VALORES			TEMPº
	MAX.	MIN.	TEMPº	MAX.	MIN.	TEMPº	MAX.	MIN.	TEMPº	MAX.	MIN.	TEMPº	
Oxígeno Disuelto (O.D.)	mg/l	10.1	8.2	9.6	5.9	2.0	4.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Oxigenación Relativa (O.R.)	%	87.3	71.0	82.1	53.7	18.4	43.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Calcio (Ca)	mg/l	120.3	42.6	89.3	128.9	93.7	118.0	134.2	49.0	114.4	49.0	114.4	
Magnesio (Mg)	mg/l	19.5	5.8	13.0	29.2	14.3	18.8	62.3	20.7	29.5	20.7	29.5	
Sodio (Na)	mg/l	132.0	14.5	90.0	156.0	120.0	139.5	212.0	156.0	184.5	156.0	184.5	
Potasio (K)	mg/l	4.0	1.2	2.7	9.0	4.0	6.0	15.2	12.2	13.8	12.2	13.8	
Carbonatos (CO3)	mg/l	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Bicarbono. (HCO3)	mg/l	110.4	67.2	98.0	240.0	124.8	179.2	686.4	393.6	533.0	393.6	533.0	
Cloruros (Cl)	mg/l	200.0	15.0	142.0	235.0	190.0	207.0	310.0	220.0	269.0	220.0	269.0	
Sulfatos (SO4)	mg/l	278.0	101.2	206.0	283.9	238.7	257.0	257.1	44.0	156.4	44.0	156.4	
Cobre (Cu)	mg/l	1.50	0.30	0.61	0.60	0.10	0.37	0.60	0.20	0.43	0.20	0.43	
Hierro Total (Fe)	mg/l	2.40	0.29	1.19	1.20	0.16	0.70	3.90	0.76	1.34	0.76	1.34	
Nitrog. de Nitritos	mg/l	0.02	0.01	0.014	0.20	0.005	0.092	0.02	0.002	0.009	0.002	0.009	
Nitrog. de Nitratos	mg/l	1.50	0.50	0.84	1.70	0.30	0.77	0.80	0.20	0.46	0.20	0.46	
Nit. total Kjeldahl	mg/l	3.60	1.70	2.40	23.00	7.30	12.00	62.70	27.20	36.50	27.20	36.50	
Cromo hexavalente	mg/l	0.05	0.05	0.05	1.00	0.10	0.49	1.10	0.10	0.69	0.10	0.69	
Fosfatos (PO ₄)	mg/l	0.60	0.10	0.38	1.60	0.70	1.07	5.20	1.20	3.37	1.20	3.37	

CUADRO B (Continuación)

ESTUDIO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS DEL RIO MAPOCHO
(22 de Mayo al 3 de Junio de 1972)

CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LOS ANALISIS FISICO-QUIMICOS Y BACTERIOLOGICOS

VALORES MAXIMOS, MINIMOS Y MEDIOS

DETERMINACIONES ANALITICAS	UNIDADES	LUGARES DE MUESTREO											
		1.- MAPOCHO ANTES CANAL SAN CARLOS				2.- MAPOCHO EN PUENTE PUDAHUEL				3.- ZANJON DE LA AGUADA EN PAJARITOS			
		VALORES		VALORES		VALORES		VALORES		VALORES		VALORES	
		MAX	MIN	TEMP	MAX	MIN	TEMP	MAX	MIN	TEMP	MAX	MIN	TEMP
pH	-	8.23	7.43	7.66	7.35	6.90	7.09	7.52	6.97	7.32			
Residuo total a 180°C	mg/l	1100	270	792	2900	1030	1390	1600	1300	1475			
Residuo fijo total	mg/l	1010	250	722	2800	910	1265	1350	1000	1200			
Residuo volátil total	mg/l	100	20	69	170	100	120	300	200	270			
Residuo filtrable a 180°C	mg/l	850	250	631	970	840	880	1200	950	1085			
Residuo fijo filtrable	mg/l	890	220	577	870	750	803	1100	900	1000			
Residuo volátil filtrable	mg/l	150	10	53	110	20	80	100	50	831			
Residuo no filtrable	mg/l	270	20	189	2030	170	505	470	300	389			
Conductancia específica (C.E.) a 25°C	µmhos/cm	999	427	800	1246	1087	1140	1619	1369	1490			
S.A.R.	%	2.92	0.19	2.22	3.61	1.54	2.91	4.39	3.38	3.98			
Porcentaje de Na	%	44.0	18.6	38.8	48.6	42.3	44.4	50.7	44.8	48.8			
Indice Coli fecal (tipo I)	NMP/100ml	6,2.10 ¹⁴	6,0.10 ⁴	-	-	-	-	5.10	10	-			
D.8.0. (5d.-20°C)	mg/l	45	25	31.7	65	30	46.7	140	90	103.5			
D.Q.O.	mg/l	112	48	69.5	112	60	88.0	672	296	502.0			
Detergentes (ABS)	mg/l	2.8	0.8	1.57	8.6	4.0	6.12	18.3	13.9	15.60			
Fenoles	mg/l	0.008	0.0	0.002	0.040	0.010	0.021	0.130	0.030	0.085			

CUADRO B (Continuación)

ESTUDIO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS DEL RIO MAPOCHO

(22 de Mayo al 3 de Junio de 1972)

CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LOS ANALISIS FISICO-QUIMICOS Y BACTERIOLOGICOS

VALORES MAXIMOS, MINIMOS Y MEDIOS

DETERMINACIONES ANALITICAS	UNIDADES	LUGARES DE MUESTREO					
		4.- MAPOCHO DESPUES MINA "LA AFRICANA"		5.- MAPOCHO EN BOCATOMA CANAL LAS MERCEDES		VALORES	
		MAX.	MIN.	TOMO	MAX	MIN	TOMO
Oxígeno Dis. (OD)	mg/l	4.7	2.2	3.7	3.0	0.5	1.9
Oxigenación Relativa (OR)	%	44.4	20.8	34.4	29.0	24.8	17.9
Calcio (Ca)	mg/l	139.5	109.7	128.8	134.2	42.6	115.0
Magnesio (Mg)	mg/l	32.4	19.5	24.8	72.7	18.8	32.4
Sodio (Na)	mg/l	152.0	120.0	134.5	160.0	135.0	145.6
Potasio (K)	mg/l	6.0	4.0	5.0	7.6	5.0	6.8
Carbonatos (CO3)	mg/l	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Bicarbonatos (HCO3)	mg/l	182.4	153.6	169.9	302.4	230.4	264.5
Cloruros (Cl)	mg/l	225.0	180.0	210.0	250.0	200.0	219.5
Sulfatos (SO4)	mg/l	325.0	273.2	293.3	295.9	247.3	275.3
Cobre (Cu)	mg/l	0.3	0.1	0.24	0.6	0.3	0.40
Hierro total (Fe)	mg/l	1.14	0.61	0.69	1.52	0.16	0.64
Nitrógeno de Nitratos (N)	mg/l	0.10	0.02	0.074	0.10	0.005	0.043
Nitrógeno de Nitratos (N)	mg/l	1.5	0.4	0.92	1.1	0.3	0.62
Nitrógeno total	mg/l	12.9	4.5	8.2	10.9	7.8	10.2
Kjeldahl (N)	mg/l	0.3	0.1	0.20	0.5	0.1	0.30
Cromo hexavalente (PO4)	mg/l	1.0	0.3	0.62	2.5	0.8	1.47

CUADRO B (Continuación)

ESTUDIO DE CALIDAD DE LAS AGUAS DEL RIO MAPOCHO

(22 de Mayo al 3 de Junio de 1972)

CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LOS ANALISIS FISICO-QUIMICOS Y BACTERIOLOGICOS

VALORES MAXIMOS, MINIMOS Y MEDIOS

DETERMINACIONES ANALITICAS	UNIDADES	LUGARES DE MUESTREO					
		4.- MAPOCHO DESPUES MINA "LA AFRICANA"			5.- MAPOCHO EN BOCATOMA CANAL LAS MERCEDES		
		MAX	MIN	TIEMPO	MAX	MIN	TIEMPO
		VALORES					
PH	-	7.61	6.90	7.09	7.32	7.00	7.20
Residuo total a 180°C	mg/l	2100	1180	1363	1700	1100	1310
Residuo fijo total	mg/l	1900	1050	1248	1500	1000	1180
Residuo volátil total	mg/l	200	50	117	200	100	135
Residuo filtrable a 180°C	mg/l	1050	890	936	1100	350	951
Residuo fijo filtrable	mg/l	950	800	850	950	300	861
Residuo volátil filt.	mg/l	100	70	87	150	50	96
Residuo no filtrable	mg/l	1150	250	427	720	150	355
Conductancia específica (C.E.)	µmhos/cm. a 25°C	1361	1219	1255	1404	1267	1310
S.A.R.	-	3.11	2.50	2.83	3.30	2.90	3.10
Porcentaje de Sodio	%	42.4	37.2	40.4	44.4	41.0	42.6
Indice Coli fecal (tipo I)	NMP/100ml.	2,4.10 ¹⁴	1,8.10 ⁸	-	7.10 ¹⁴	6.10 ⁶	-
D.B.O. (5 d. a 20°C)	mg/l	35	20	26.7	70	30	46.7
D.Q.O	mg/l	116.	48.	77.8	212.	40.	119.3
Detergentes (ABS) Fenoles	mg/l	5.2	3.1	4.30	12.5	9.4	10.90
	mg/l	0.015	0.004	0.010	0.040	0.015	0.029

CUADRO C
RIO MAPOCHO

(22 de Mayo al 3 de Junio de 1972)

CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS Y BACTERIOLOGICAS DE SUS AGUAS QUE SON OBJETADAS POR LOS
CRITERIOS Y NORMAS CORRESPONDIENTES A SUS PRINCIPALES USOS.

PARAMETROS	Valores máximos tolerados por normas de calidad				Lugares de Muestreo-Valores máximos de determinación			
	(mg/l), excepto OR-pH-%Na-Bacterias)				(mg/l), excepto OR-pH-%Na-Bacterias			
	Abastec. A.P.	Agric. y Riego para verd.	Lagos receptores de A.S.	Abast. Industrial (elab. de alimentos)	Mapocho en Canal San Carlos	Mapocho en Puente Pudahuel	Puntilla La Africana	Bocatoma Canal Las Mercedes
Oxígeno Disuelto (OD)	2 (mín)	-	-	3 (mín)	-	2.0 (mín)	2.2 (mín)	0.5 (mín)
Oxígeno Relativo (OR)	70% (mín)	50% (mín)	-	-	87-71	54-18	44-21	29-5
D.B.O. (5d-20°C)	2	-	20	2	45	65	35	70
pH	6.5-9.2	5.5-9.0	6.0-9.0	5.5-9.0	-	-	-	-
Sólidos totales	1.500	1.500	-	1.500	-	2.900	2.100	1.700
Sólidos disueltos	1.000	-	-	-	-	-	1.050	1.100
Sólidos suspendidos	-	-	30	20	270	2.030	1.150	720
N. de Nitratos	10	-	-	12	-	-	-	-
N. de Nitritos	0.004	-	-	-	0.020	0.200	0.100	0.100
N. total Kjeldahl	0.35(1)	-	0.3	-	3.60	23.00	12.90	10.90
Cromo hexavalente	0.05	2.5	-	0.05	0.05	1.0	0.3	0.5
Cobre	1.5	2.5	-	3.0	1.5	-	-	-
Magnesio	100(2)	-	-	100	-	-	-	-
Cloruros	200(5)	750	-	1.000	200	235	225	250
Sulfatos	250(5)	-	-	250	278	284	325	296
Fosfatos	-	-	0.1	-	0.6	1.6	1.0	2.5
Detergentes (ABS)	0.5	0.5	-	0.5	2.8	8.6	5.2	12.5
Fenoles	0.001	0.020	-	0.010	0.008	0.040	0.015	0.040
%Na	-	80	-	4	6	-	-	-
Bacterias Coli fecal (b/100 ml)	10 ⁴	5.10 ⁴	-	10 ⁴	2.10 ¹⁴	-	2.4.10 ¹⁴	7.0.10 ¹⁴

(1) Las Normas Inditecnor establecen: N. de amoniaco=0.25, N. de albúmina= 0.10

(2) Magnesio=125 se aceptará este valor sólo cuando el sulfato presente sea menor a 200 mg/l

(3) Curso sobre Normas de Protección del Agua de los cuerpos R. de Aguas Servidas y de RIL, ref. (A)

(4) Standards de calidad para el lago Constanza, Alta Baviera, fijado por la International Water Quality Commission (7)

(5) Valores recomendables o aceptables por las Normas Inditecnor Nch 409 Of 70 (ex 2,61-11ch)

A.S. = Aguas Servidas RIL = Residuos Industriales Líquidos A.P. = Agua Potable

CUADRO D
RIO MAPOCHO

(22 de Mayo al 3 de Junio de 1972)

FRECUENCIA CON QUE ESTAN EXCEDIDOS LOS VALORES MAXIMOS TOLERADOS POR LAS
NORMAS DE CALIDAD SEGUN SUS USOS

Parámetros excedidos por sobre las Normas	Mapocho en Canal San Carlos				Mapocho en puente Pudahuel			
	Abast. agua Potable	Agric. y Riego	Lagos receptores de A.S.	Uso Industrial	Abast. agua potable	Agric. y Riego	Lagos receptores de A.S.	Uso Industrial
D.B.O. (5d-20°C)	100%	0%	100%	100%	100%	-	100%	100%
Sólidos totales	0%	0%	-	0%	14%	-	-	14%
Sólidos disueltos	0%	-	-	-	0%	-	-	-
Sólidos suspendidos	-	-	86%	86%	-	-	100%	100%
Nitrógeno de nitritos	100%	-	-	-	100%	-	-	-
Nitrógeno total Kjeldahl	100%	-	-	-	100%	-	-	-
Fosfatos	-	-	0%	-	-	-	33%	-
Cromo hexavalente	0%	0%	-	0%	100%	0%	-	100%
Detergentes	100%	100%	-	100%	100%	100%	-	100%
Fenoles	29%	0%	-	0%	100%	29%	-	72%
Bacterias Coli fecal	100%	100%	-	100%	-	-	-	-

Obs.: Salmonellas: De 24 muestras analizadas, 7 de ellas fueron + 29%

A.S. = Aguas Sservidas

NGTA: Los porcentajes fueron calculados en base a la ocurrencia de los valores excedidos respecto al número de observaciones que fueron seis o siete, según los casos (número de días de muestreo).

CUADRO D (Continuación)

RIO MAPOCHO

(22 de Mayo al 3 de Junio de 1972)

FRECUENCIA CON QUE ESTAN EXCEDIDOS LOS VALORES MAXIMOS TOLERADOS POR LAS

NORMAS DE CALIDAD SEGUN SUS USOS

Parámetros excedidos por sobre las Normas	Aguas abajo puntilla La Africana			Mapocho en Rinconada de Maipú				
	Abast. agua potable	Agric. y Riego	Lagos receptores de A.S.	Uso Industrial	Abast. agua potable	Agric. y Riego	Lagos receptores de A.S.	Uso Industrial
D.B.O. (5d-20°C)	100%	-	67%	100%	100%	-	100%	100%
Sólidos totales	14%	14%	-	14%	14%	-	-	14%
Sólidos disueltos	14%	-	-	-	14%	-	-	-
Sólidos suspendidos	-	-	100%	100%	-	-	100%	100%
Nitrógeno de nitritos	100%	-	-	-	100%	-	-	-
Nitrógeno total	100%	-	-	-	100%	-	-	-
Kjeldahl	-	-	-	-	-	-	-	-
Fosfatos	-	-	0%	-	-	-	83%	-
Cromo hexavalente	100%	0%	-	100%	100%	0%	-	100%
Detergentes	100%	100%	-	100%	100%	100%	-	100%
Fenoles	100%	0%	-	57%	100%	86%	-	100%
Bacterias Coli fecal	100%	100%	-	100%	100%	100%	-	100%

Obs.: Salmonellas: De 24 muestras analizadas, 7 de ellas fueron + (29%)

A.S. = Aguas Servidas

Los porcentajes fueron calculados en base a la ocurrencia de los valores excedidos respecto al número de observaciones que fueron seis o siete, según los casos (número de días de muestreo).

CUADRO E

FLUJO DE CADA SUSTANCIA OBJETADA POR LAS NORMAS DE USO DEL AGUA EN EL RIO MAPOCHO

(22 de Mayo al 3 de Junio de 1972)

ESTACION: Bocatoma Canal Las Mercedes (Rinconada de Maipú)

PARAMETROS	UNIDAD	Lunes 22 Mayo	Martes 30 Mayo	Miércoles 24 Mayo	Jueves 19 Junio	Viernes 26 Mayo	Sábado 3 Junio	Domingo 28 Mayo	Término Medio
CAUDAL	m ³ /s	13.40	11.52	12.80	11.35	11.86	18.12	12.40	13.06
D.B.O	Kg/h	1.445	2.070	1.610	2.850	2.345	-	1.780	2.020
D.Q.O.	Kg/h	1.925	4.300	9.750	4.740	7.000	-	3.560	5.200
FENOLES	Kg/h	1.25	1.04	1.84	1.63	1.28	1.96	0.67	1.40
DETERGENTES	Kg/h	483	464	571	384	532	-	446	480
NITROGENO DE NITRITOS	Kg/h	0.43	0.41	0.23	0.20	4.26	2.61	2.24	1.48
NITROGENO TO TAL Kjeldahl	Kg/h	51	43	36	43	47	-	49	45
FOSFATOS	Kg/h	68	54	37	45	73	-	112	65
SULFATOS	Kg/h	13.450	12.050	12.100	10.100	11.700	19.300	12.550	13.000
CLORUROS	Kg/h	10.400	10.380	9.660	9.180	8.540	14.650	9.350	10.300
SOL. TOTALES	Kg/h	67.900	51.800	58.000	55.000	47.000	110.700	49.100	62.800
SOL. SUSPEND.	Kg/h	23.600	6.200	15.200	15.500	7.250	47.000	11.180	18.000
SOL. DISUELT.	Kg/h	44.400	45.500	42.800	39.600	39.750	63.800	38.000	44.800
CROMO HEXAVAL	Kg/h	4.8	16.6	18.4	20.4	12.8	19.5	4.5	13.9
COBRE	Kg/h	19.3	20.7	13.8	12.2	17.1	39.1	13.4	19.4

CUADRO F

CALIDAD DEL AGUA DEL RIO MAPOCHO CON CAUDALES MAS PROBABLES

(22 de Mayo al 3 de Junio de 1972)

ESTACION: Bocatoma Canal Las Mercedes (Rinconada de Maipú)

CAUDALES (1) (m ³ /s)		DETERGENTES	FENOLES	SOLIDOS DISUELTOS		CLORUROS		SULFATOS (3)			
		CONCENTRACIONES EN (mg/l)									
		Límit. máx.	Detec tado	Lím. máx.	Detec tado	Lím. máx.	Detec tado	Lím. máx.	Detec tado	Lím. máx.	Detec tado
REGISTR	13.1		10.9		1.029		950		220		275
Límite o frontera (2)	285.0	0.5									
	19.0			0.020							
	12.4					1.000					
	14.3							200			
	14.4									250	

OBSERVACIONES: (1) Según la estadística disponible en la Dirección General de Aguas para la Estación limnigráfica de Rinconada de Maipú, el caudal promedio mensual máximo corresponde al mes de Abril de 1963 y fue de 58 m³/s. El gasto promedio mensual mínimo corresponde al mes de Diciembre de 1968 con 2,7 m³/s.

(2) Estos caudales límites o fronteras corresponden a los valores de gasto que producirían en el agua las concentraciones límites máximas de acuerdo a las Normas y Criterios de Calidad de Usos del Agua, para los distintos parámetros indicados.

(3) Solamente los parámetros considerados en la confección de este cuadro obedecen a una relación lineal con el caudal del río Mapocho de modo que fuera posible calcular su concentración para caudales más probables.

CUADRO G

VALORES DE LA CARGA ORGANICA EN EL RIO

MAPOCHO

VARIACION EN EL AÑO 1962 y 1972

CLAVE	LUGARES DE MUESTREO	AÑO 1962 (32)			AÑO 1972		
		DBO (mg/l)	CAUDAL (m ³ /s)	TON DBO día	DBO (mg/l)	CAUDAL (m ³ /s)	TON DBO día
1	El Arrayán	1.2	8.0	0.83	49.0	5.0	21.20
2	Mapocho antes Canal San Carlos	1.5	8.0	1.04	32.0	5.0	13.80
3	Mapocho después C. San Carlos y antes Colector P. de Valdivia	3.9	18.0	6.08	39.0	16.5	55.70
4	Mapocho después Col. P. de Valdivia	6.2	18.0	9.63	49.0	16.5	70.00
5	Mapocho en puente Pío Nono	2.5	18.0	3.90	87.0	16.5	124.00
6	Mapocho en puente M. Rodríguez	-	10.0	-	49.0	16.0	67.80
7	Mapocho antes Col. Sector Norte-Sta. María	4.5	6.7	2.60	29.0	10.5	26.40
8	Mapocho después Col. Sector Norte y antes Col. Lo Espinoza	30.0	6.7	17.40	29.0	10.5	26.40
9	Mapocho después Col. Lo Espinoza	39.0	6.7	22.50	58.0	10.5	52.60
10	Mapocho después Col. Lo Velázquez	54.0	5.2	24.30	49.0	10.5	44.50
11	Mapocho después Col. S. Gutiérrez	20.0	5.2	9.00	49.0	10.5	44.50
12	Mapocho después Col. Pob. San Genaro	13.0	5.2	5.83	78.0	10.5	70.90
13	Mapocho después Col. Quinta Normal	25.0	5.2	11.20	87.0	10.5	79.00
14	Mapocho en puente Pudahuel	-	6.0	-	47.0	9.5	38.60
15	Mapocho antes Zanjón de la Aguada	12.0	6.0	6.21	39.0	10.2	34.40
16	Mapocho después Zanjón de la Aguada	4.0	8.0	2.80	68.0	12.0	70.50
17	Mapocho en Peñaflores	3.0	18.0	4.65	39.0	11.5	38.80
18	Mapocho en Talagante	3.0	18.0	4.65	29.0	14.0	35.00
19	Mapocho en desembocadura al Maipo.	-	-	-	29.0	17.5	44.00
	Promedio			8.29			50.43