

CON-114
c.1

LAS AGUAS SERVIDAS DE SANTIAGO

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD
DEL TRATAMIENTO

ANTECEDENTES TECNICOS,
CONTAMINACION FUTURA
Y ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO

COA = 83



1971

CON-114

c.1

LAS AGUAS SERVIDAS DE SANTIAGO

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL TRATAMIENTO

Antecedentes técnicos, contaminación fu
tura y alternativas de tratamiento.

Realizado por:

INGENIERIA Y PROYECTOS INPRO LTDA.

DIEGO DE DEZA 1430

SANTIAGO, CHILE

x

Este estudio fue contratado por la Dirección General de Obras Públicas, como una aproximación al saneamiento de la zona aguas abajo de la ciudad de Santiago y la posible recuperación del caudal de aguas servidas de ella efluente.

Prestaron su colaboración a INPRO los señores Raúl Herrera, Ingeniero Civil Químico; Miroslav Skarmetta, Ingeniero Civil; y Rubén Gennero, Ingeniero Civil.

En la recolección de los antecedentes se dispuso de la más amplia colaboración de la Administración de Alcanta rillado de Santiago.

La Dirección del Proyecto estuvo a cargo del señor Mariano Valle, Ingeniero Civil Industrial y la parte civil así como la redacción final estuvo a cargo del señor Joaquín Undurraga, Ingeniero Civil, ambos socios de INPRO.

La reproducción gráfica fue realizada por la señorita Judith Oliva.

INGENIERIA Y PROYECTOS INPRO LTDA.

SANTIAGO, 1971.

I N D I C E

Pág.

INTRODUCCION

1.- Propósitos del Estudio.....	1
2.- Antecedentes Generales.....	4
3.- Descripción del Estudio.....	8

C A P I T U L O I

EL AREA DE DRENAJE DE SANTIAGO

1.- Descripción General del Area de Santiago.....	10
2.- La Configuración Topográfica.....	13
3.- La Estructura Geológica.....	14
4.- Antecedentes Hidrológicos.....	17
5.- Régimen de Lluvias.....	22
5.1. Generalidades.....	22
5.2. Precipitaciones.....	24
6.- El Sistema de Regadío.....	32
7.- Límites del Area de Drenaje de Santiago.....	36

C A P I T U L O II

RECOLECCION Y DESTINO DE LAS AGUAS SERVIDAS

1.- El Sistema de Evacuación de Aguas Servidas.....	40
2.- Areas Regadas con Aguas Servidas.....	48
3.- Interrelación entre la Red de Alcantarillado y el Sistema de Riego.....	49

C A P I T U L O I I I

CARACTERISTICAS DE LAS AGUAS SERVIDAS

1.- Características Físicas.....	52
2.- Características Químicas.....	53
3.- Características Biológicas.....	53
4.- Selección de Colectores para ser Investigados.....	60
5.- Aforos.....	61
6.- Análisis de los Caudales de los Colectores Seleccionados.....	63

C A P I T U L O I V

ESTIMACION DE LA CONTAMINACION FUTURA

1.- Proyección de los Flujos de Aguas Servidas.....	89
2.- Crecimiento Demográfico e Industrial.....	91
3.- Consumo de Agua.....	100
4.- Flujos de Aguas Servidas.....	108
5.- Determinación de la Cantidad de Material Contaminante.....	113
6.- Determinación del Caudal de Crecida.....	117

C A P I T U L O V

DISCUSION DE LA ESCASEZ DE AGUA Y LAS ALTERNATIVAS DE ABASTECIMIENTO.....	119
---	-----

C A P I T U L O V I

DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS DE DISEÑO.....	128
---	-----

Pág.

C A P I T U L O VII

SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS SERVIDAS

1.- Tratamiento Primario.....	134
2.- Posibles Tratamientos Futuros.....	135

C A P I T U L O VIII

CRITERIOS DE SELECCION DE ALTERNATIVAS DE LOCALIZACION

1.- Planteamiento General.....	138
2.- Rectificaciones Previas al Sistema de Alcantarilla- do.....	140
3.- El Conjunto de Alternativas Posibles.....	142
NOTAS Y REFERENCIAS.....	146

-----x-----

INTRODUCCION.

1.- Propósitos del Estudio.

Los servicios dependientes del Ministerio de Salud, la Dirección de Obras Sanitarias, la Administración de Alcantarillado de Santiago, las Municipalidades del área poniente de la capital y muchos otros organismos han manifestado desde hace años su creciente preocupación por la contaminación provocada por las aguas servidas de esta ciudad.

La localización de Santiago en un valle agrícola regado por una antigua red de canales ha provocado una inevitable interrelación entre la eliminación de aguas de alcantarillado y ese sistema de regadío. La expansión de la ciudad ha ido cubriendo gradualmente los cauces troncales del regadío agrícola, los cuales a su vez han sido usados como cauces de evacuación de aguas servidas.

La acción contaminadora se hace más efectiva aún por la incorporación de estas aguas a canales que llevan regadío, aún a zonas que no quedan vecinas a la ciudad, como es el caso de las Comunas de Colina, Curacaví, María Pinto y tal vez en el futuro esas aguas llegarán hasta Casablanca y Valparaíso.

En consecuencia, los riesgos sanitarios derivados de este hecho van en aumento y los costos de su tratamiento curativo en incremento. A la vez, las áreas afectadas irán deteriorando su confortabilidad y el agrado de vivir allí, con toda la secuela de conflictos sociales de este hecho derivados.

Por tanto, el saneamiento de las vecindades de Santiago es un hecho inescapable en el mediano plazo. Sin embargo,

múltiples interrogantes deben ser despejadas antes de adoptar decisiones al respecto.

En primer lugar la recopilación de antecedentes de terreno, muchos de los cuales se encuentran dispersos y otros requerían una investigación ad-hoc, era una etapa previa.

A la luz de estos antecedentes era necesario proyectar al futuro los volúmenes de agua contaminada que serán evacuadas de la ciudad a fin de acotar la magnitud de las obras civiles que integrarían en sistemas de saneamiento.

La tercera interrogante fundamental que es necesario despejar era aquella relativa a la escasez de agua en el área de Santiago. Esta discusión es ilustrativa para elegir el grado de purificación que se pretendería para las aguas servidas si se optara por tratarlas.

Por último, la cuarta interrogante básica a despejar, como corolario de la respuesta de las anteriores, era el tipo de tratamiento que se daría a dichas aguas para darles el destino que se pretendía.

Estas interrogantes constituyen la primera parte del estudio que la Dirección General de Obras Públicas encomendó a INPRO en 1969 y cuyos resultados están contenidos en este volumen y sus planos anexos.

A partir de los antecedentes proporcionados en esta primera parte es posible, sin requerir de mayores datos, realizar estimaciones de costos para diversos diseños del sistema y de allí deducir conclusiones para adoptar una decisión final.

Este trabajo está orientado a ilustrar las decisiones

que al respecto se adopten en torno al monto de las inversiones necesarias para eliminar la contaminación. También una presunta rentabilidad podrán estimársele a los capitales a invertirse en base a las economías que de estas obras se desprenderían por menores gastos en salud, elevación de las horas disponibles de trabajo a consecuencia de la disminución de las enfermedades gastroinfecciosas y otros beneficios tangibles.

Sin embargo, esos beneficios tangibles no admiten comparación con la vida humana, el agrado de vivir y otros beneficios no cuantificables.

La importancia de estos últimos, prevalecen sobre los otros y por tanto, la determinación de esa rentabilidad carece de sentido, ya que cualesquiera que fuera el resultado el saneamiento deberá realizarse.

2.- Antecedentes Generales.-

La ciudad de Santiago, como cualquier centro urbano multitudinario, es una fuente de contaminación de las aguas que a través de ella fluyen para abastecer el consumo doméstico, el uso industrial o el aseo de los espacios públicos.

La gradiente topográfica les permite escurrir por gravedad, sin que sea necesario elevar caudales de emisarios o acueductos. Al poniente de la ciudad escurren a tajo abierto, de tal modo que la totalidad de las aguas servidas de ella procedentes, son usadas en el regadío, el cual adquiere singular importancia en el período de sequía que caracteriza al verano local.

Su distribución, realizada a través de múltiples canales que llevan dichas aguas a grandes extensiones destinadas, de preferencia, a la producción de hortalizas, provocan una contaminación cuyo grado, por su abundancia, puede estimarse de magnitudes no mensurables. Debe agregarse a la transmisión de verduras, la contaminación que en forma masiva realizan las moscas, todas de gran influencia en la salud pública.

El beneficio obtenido de la depuración de las aguas servidas es, en última instancia como se mencionaba más atrás, la vida humana, lo que incorpora un factor imponderable a los estudios de rentabilidad de las plantas que realizan el proceso.

Además de la contaminación bacteriológica, los malos olores transforman el sector poniente de Santiago en un lugar inhóspito y de condiciones ambientales inadecuadas a la época.

Estas circunstancias imponen un tratamiento de las

aguas procedentes de los servicios urbanos, tendiente a con jurar tales efectos, cualesquiera que sea el uso o destino que se les dé. En otros términos, aunque no se usaran en re gadío, por razones sanitarias y ambientales, las aguas servidas de Santiago debieran ser purificadas de la flora bacteriológica, eliminando además la frecuencia de emanación de malos olores, a través de un tratamiento primario de decantación y de una desinfección.

Dicho tratamiento las deja aptas para el regadío agrí cola. Sin embargo, en el futuro, la necesidad de elevar las condiciones ambientales y una eventual escasez de recursos hidráulicos en la Hoya del Maipo, pudieran aconsejar una ma yor purificación, lo que implica la eliminación de elementos orgánicos en suspensión y disueltos, a la vez que una oxigenación a través de tratamientos secundarios y terciarios.

El criterio que aconseja adoptar estos últimos, fuera de las consideraciones de tipo ambiental, está referido a la escasez relativa de los recursos hidráulicos, superficiales y subterráneos de la Hoya del Maipo y también al costo de po ner estos al servicio doméstico, comparado con el costo del tratamiento secundario y terciario de las aguas servidas.

Este estudio está destinado a responder las interrogantes que estas alternativas plantean y a dimensionar la que resulte elegida. Sin embargo, puede presentarse una con tingencia imprevisible, sobre la cual no es posible pronunciarse. Se refiere ésta a la eliminación de productos tóxicos, procedentes de las industrias, a través de los colecto res de alcantarillado.

En efecto, si por deficiencias de inspección y control las industrias eliminan residuos químicos nocivos a través

de su instalación de alcantarillado, cualquier tratamiento que no consulte su depuración, será ineficiente a los fines de hacerlas inocuas en cuanto a efectos sanitarios. Por otra parte, no tendría sentido practicar la eliminación de productos dilu^{idos} en un gran caudal, que han sido vaciados concentrados a un colector, pocas cuadras antes. Lo que procede en tal caso es su neutralización previa a la evacuación.

Este estudio consulta la depuración de las aguas servidas procedentes de la ciudad y que a grandes rasgos se configura en la captación por gravedad del Río Mapocho y el Zanjón de la Aguada. Este saneamiento es un paso importante hacia la eliminación de la contaminación, sin embargo, no la obtiene totalmente.

En efecto, la multiplicación bacteriológica es tan rápida y abundante, que la generación de bacterias en ciudades y pueblos vecinos, como San José de Maipo, Puente Alto, San Bernardo, Buin y otros, comprendidos en el área de drenaje del Río Maipo, contaminarían en cierto modo la Hoya hidrográfica, con lo cual los efectos de la planta que aquí se estudia no serían concluyentes. En otros términos, la contaminación es tan activa, que una zona se considera saneada sólo cuando se han eliminado todos los focos de generación bacteriológica, a través de la desinfección de las fuentes de escretas.

Por último, en este marco que define el estudio, debe tenerse presente como condición la continuidad del regadío en las áreas abastecidas por las aguas servidas. O sea, las tierras hoy regadas con dichos caudales continuarán siéndolo, cualesquiera que sea la alternativa elegida para el tratamiento.

Dicha restricción adquiere singular importancia, debi

do a que emisarios de alcantarillado y bocatomas de canales alternan su ubicación a lo largo del Mapocho y del Zanjón de la Aguada. Esta circunstancia agrega complejidad a la solución a adoptarse, toda vez que no es posible reunir con facilidad todo el caudal de aguas servidas en un punto, para tratarlas y recogerlas aguas abajo, para su posterior distribución a las áreas de riego debidamente purificadas.

En torno al enunciado que precede debe desarrollarse la selección de las alternativas a que conduce este estudio, para adoptar la definitiva, describir su diseño y proceder a su posterior evaluación.

3.- Descripción del Estudio.

Consecuente con los términos ya enunciados, que serán confirmados más adelante con elementos de juicio cualitativos y cuantitativos, este estudio está enfocado desde su iniciación a proteger la salud pública de Santiago.

Objetivo adicional del tratamiento primario y de desinfección, puede considerarse el mejoramiento de las condiciones ambientales e incluso la obtención de agua potable. Sin embargo, esta última será aconsejable como consecuencia de una discusión de escasez y costos de la provisión de agua para uso doméstico. Esta discusión permitirá definir el tipo de tratamiento a que serán sometidas y la consecuente forma de hacerlo y sus costos.

Para eliminar las incógnitas que el problema encierra, será necesario cubrir varias etapas.

En primer lugar deberá disponerse de un conjunto de datos de terreno, ordenados en forma sistemática, para facilitar la discriminación de las diversas soluciones. Entre estos datos deben consultarse los accidentes topográficos, los caudales superficiales, las fuentes hidrológicas subterráneas, el abastecimiento de agua potable, la red de alcantarillado, los caudales de cada emisario y colector, el sistema de riego que se surte de aguas servidas y la calidad de las mismas.

En segundo lugar deberá determinarse los caudales de aguas servidas y el material contaminante asociado a ellos, que fluirán a futuro, según el crecimiento demográfico e industrial del área drenada. Por otra parte, deberá tenerse disponibles una proyección de las tendencias hidrológicas, a fin de establecer la magnitud de los flujos de aguas contaminadas, ya que el sistema de alcantarillado prevaeciente en Santiago

es de tipo unitario. Además esto permite la comparación de re cursos. Como antecedente complementario de los anteriores, se requiere conocer los costos unitarios de abastecimiento de agua potable y de costos de tratamiento secundarios y terciarios.

Conclusión del análisis de la escasez del agua, así co mo de los costos de obtención a través de una u otra vía, se- rá el tipo de agua que debe fluir después del tratamiento y el adecuado proceso de purificación a que deben someterse.

Conocida la tecnología a aplicarse, será necesario es- tablecer si se proyectará una o varias plantas, describiendo las obras anexas necesarias para su funcionamiento, refirién- dose éstas especialmente a acueductos interceptores, sistemas de elevación, abovedamientos y otros similares. Se completa esta discusión con las bases de diseño de la o las plantas que cumplirían los objetivos perseguidos.

Por último, el adecuado funcionamiento del sistema de tratamiento que se proyecte, requiere de obras complementarias ajenas a la o las plantas mismas y que tienden a regularizar la circulación de las aguas servidas, sin fugas ni focos loca- les de contaminación.

C A P I T U L O I

EL AREA DE DRENAJE DE SANTIAGO

1.- Descripción general del área de Santiago.-

La ciudad de Santiago, como todos los grandes centros urbanos y de expansión acelerada, ha incorporado a la unidad metropolitana, varias localidades urbanas antes separadas e independientes. Es el caso de Renca, Barrancas, La Cisterna y San Bernardo.

El crecimiento horizontal de la ciudad permitirá identificar en el futuro como barrios de la misma, a centros urbanos todavía separados por espacios no edificados, como Maipú, Puente Alto y Quilicura. Esta afirmación se ve ratificada a través de la observación del Plano Nº 1.

De allí que para abordar problemas urbanísticos se usa la acepción de Gran Santiago, comprendiendo en ella, en forma no precisada, la ciudad propiamente tal y sus alrededores poblados. Para los efectos de este estudio, el elemento definitorio de los límites de la ciudad son las áreas de drenaje cuya delimitación se realizará más adelante.

La ciudad, con excepción de algunos barrios ubicados en lomajes precordilleranos, está localizada en una meseta con pendiente de oriente a poniente y con una cota media de 550 metros sobre el nivel del mar, como se observa en el Plan Nº 2.

El asentamiento de la ciudad está cruzado de oriente a poniente por los conos de rodados de los ríos Maipo y Mapocho,

lo que provoca pendientes ascendentes y descendentes, en el sentido longitudinal de norte a sur.

La meseta, que adquiere caracteres de un valle longitudinal abastecido hidrológicamente por corrientes cordilleras transversales, está limitada al poniente por la cordillera de la costa, que forma una barrera impermeable donde se estrellan las corrientes superficiales, como los ríos Mapocho, Colina, Lampa y el Estero de Angostura en Paine. Las corrientes subterráneas también se encuentran con esa barrera, lo que influye en el nivel freático, dando origen a vertientes en la ladera oriente de la Cordillera de la Costa.

La barrera por ella formada está interrumpida a través de un umbral que da salida al Río Maipo en su trayectoria hacia el Pacífico. De esta descripción se desprende que toda el área integra la Hoya Hidrográfica de este Río, del cual son afluentes los otros ya mencionados.

Santiago está emplazada en una planicie regada por un extenso sistema de canales desarrollados en el siglo pasado, cuando la ciudad era una aldea. El alcantarillado se construyó a principios de este siglo y antes prestaban estos servicios un sistema de acequias que cruzaban la ciudad para reunirse en canales de riego al poniente de la misma. En otros términos, Santiago estaba sobre una zona de riego agrícola y sus servicios de eliminación de escretas aprovechaban el mismo de regadío que la servía.

El crecimiento urbano ha ido invadiendo el área agrícola, que debe mantenerse bajo riego por exigencias productivas. Con el alcantarillado desaparecen las acequias domiciliarias, pero, los canales que las abastecían y que riegan los campos del sector poniente, continúan cruzando la ciudad, re

cogiendo caudales en bocatomas ubicadas en el área urbana y confundiéndose en algunos casos con vías de evacuación de aguas servidas.

La evolución de los servicios domésticos, a través del paso de la acequia al colector, significó un saneamiento del sector edificado. Pero, no alteró el cuadro primitivo en cuanto al destino de las aguas servidas, en parte porque ello habría significado una inversión adicional cuantiosa, para sustraer dichos flujos al regadío y su reemplazo por otras obras hidráulicas, así como por el desconocimiento de las consecuencias sanitarias que su omisión implicaba.

La marcha de los acontecimientos ha llevado a la situación que hoy se enfrenta, y que tenderá a agudizarse mientras mayor sea la expansión de la ciudad sobre el área agrícola, mayor la cantidad de aguas servidas que de ella fluyan y mayores los requerimientos sanitarios impuestos por las exigencias de la civilización.

Debe tenerse presente que las necesidades alimentarias de la creciente población metropolitana, incluyendo Valparaíso y sus alrededores, exigirán, no solo el reemplazo de los terrenos regados invadidos por la ciudad, sino, su incremento. En consecuencia, dadas las características climáticas dominantes, que obligan a mantener bajo riego la mayor parte de los cultivos gran parte del año, la situación del sistema de regadío en la Hoya del Maipo y terreno que le son accesibles a sus aguas por gravedad, dentro y fuera de ella, no está aún estabilizada. Esta perspectiva, aún sin considerar una ostensible tendencia descendente de las precipitaciones pluviométricas, no puede dejar de considerarse al abordar el estudio de saneamiento que aquí se pretende.

2.- La Configuración Topográfica.-

La planicie sobre la cual está ubicada la ciudad de Santiago acusa un desnivel continuo de oriente a poniente que desciende desde la cota 800 en las poblaciones más altas hasta la cota 500 en que se encuentra el Aeropuerto de Cerrillos. De este modo, en términos muy generales los perfiles topográficos obtenidos en cortes en esa dirección acusan líneas quebradas pero siempre descendentes de oriente a poniente, como se observa en el Plano Nº 3.

Esta configuración del terreno reflejada en el Plano Nº 2, proporciona la oportunidad, en el área de drenaje, de conducir los flujos por gravedad cualesquiera que sea el diseño urbanístico que se adopte. Por la misma razón los límites del área de drenaje donde se encuentra la ciudad son indefinidos, tanto hacia el oriente como al poniente.

Diferente es la situación si se obtiene perfiles a través de cortes de norte a sur. La influencia de los Ríos Mapocho y Maipo, a través de sus respectivos conos de rodados, se traduce en discontinuidades de la pendiente que limitan en cierta medida el área de drenaje por el norte y el sur.

Un corte del valle de Santiago realizado en dirección aproximada de norte a sur, de modo que pasara por el cerro San Cristóbal, como se observa en el Perfil Nº 4 del Plano Nº 4, indicaría que siguiendo la pendiente del cerro el terreno baja, pasa el Río Mapocho en descenso hasta llegar a las proximidades del ferrocarril de circunvalación donde acusaría el punto más bajo. De allí, siguiendo hacia el sur, empezaría a subir nuevamente, con gradiente suave hasta el camino que une a San Bernardo con Puente Alto a partir del cual volvería a descender hasta el Río Mapocho. El punto más bajo de tal perfil es la limahoya del valle a través de la cual escurre el Zanjón de la Aguada, que sirve de desague natural a las Que-

bradas de San Ramón y de Macul.

Al Norte del Río Mapocho, en el Sector Poniente al San Cristóbal, el valle, desde el punto de vista de la ciudad, desciende en esa dirección prácticamente en forma indefinida constituyendo el desague natural de todo este sector norte del valle, el Estero Lampa que desagua al Río Mapocho cuando este se enfrenta al poniente con la Cordillera de la Costa. Ilustrativo para apreciar las pendientes siguiendo la direc - ción norte a sur es el trazado del Perfil Nº 5 del Plano Nº4.

El limatón del cono de rodados del Río Maipo, capricho samente desviado hacia el norponiente, mientras dicho río corre en dirección sur poniente, separa en dicho cono dos secto res de drenaje que van a vaciar al Zanjón de la Aguada el pri mero y al propio Río el segundo.

Los puntos más bajos del área de drenaje se encuentran contiguos a la cordillera de la costa, donde la influencia combinada de los rellenos del Maipo y el Mapocho fué menor. Allí confluyen el Zanjón de la Aguada, el Río Mapocho, el Este ro Lampa que corre próximo y paralelo a dicha cordillera de norte a sur, y muchos otros cauces menores que desaguan la zo na agrícola del norte de Santiago.

Estos antecedentes permiten delimitar el área de drena je de la ciudad, lo que se realiza más adelante.

3.- La Estructura Geológica.

La ciudad de Santiago está edificada sobre el relleno aluvial depositado por los ríos Maipo y Mapocho sobre una de - presión que acusa la base rocosa de material volcánico o ígneo que constituye la infraestructura geológica de Chile Central.

Esta depresión se habría producido por una falla evi -

dente de dirección norte sur que se observa en el borde oriental y por una falla paralela a la primera en el borde occidental. Algunas publicaciones sostienen que esta última no evidencia fallamientos importantes que hubieran marginado la cuenca hacia el oeste. En virtud de esta tesis, la cuenca no correspondería rigurosamente a una fosa tectónica, sino, se habría formado por basculamiento del bloque occidental compuesto por la Cordillera de la Costa con descenso hacia el este.

La interrupción del cordón poniente en la zona de Talagante que da salida al Río Maipo y con ello a toda la hoya del valle corresponde a un desfiladero originado por fallas transversales, o sea, de oriente a poniente y por la acción del propio Río.

La cuenca rocosa que presenta protuberancias superficiales en forma de cerros islas, que sobresalen sobre el relleno, no obstante estar fracturada, puede considerarse impermeable. En efecto, a pesar de las fisuras y quebradas que revela, comparada con el material de relleno, es de tal modo compacta que para los efectos acuíferos es prácticamente impermeable.

Esta cuenca rocosa ha sido parcialmente rellenada por sedimentos fluviales, fluvio-glaciales, cenizas volcánicas y materiales de procedencia sólida. La mayor parte de ellos provienen de la hoya del Maipo superior; el resto proceden del Mapocho, en menor escala del Celina y en muy escasa del Estero Lampa.

El espesor del relleno es irregular, lo que ha sido constatado a través de las innumerables perforaciones realizadas para captar aguas subterráneas. Su espesor medio en la parte central de la cuenca fluctúa entre 400 y 480 metros. En todo el relleno se distinguen dos grandes unidades: en la base, los depósitos sedimentarios finos de arcilla y limo, in

crustados con piezas rocosas del tamaño de un bolón y sobre ella un agregado de arena, ripio y material grueso en general.

En estratificaciones locales se encuentran depósitos de barro, cenizas volcánicas y sedimentos lacustres que en parte engranan o cubren las dos grandes unidades anteriores.

En el sector norte de la cuenca se ha reconocido el mayor espesor y abundancia de sedimentos finos mientras el mayor espesor de agregados gruesos se ha detectado en el umbral de salida de la hoya hacia el océano.

El relleno aluvial es generalmente permeable, excepto en los estratos de sedimentos de tipo lacustre o de formación ébica. Estos adquieren mayor relieve en la zona de Pudahuel donde coinciden dos fenómenos que influyen en la contamina-ción de las aguas subterráneas.

En primer lugar en esa zona y al norte de Santiago se observan sedimentos estratificados de material fino de escasa permeabilidad. De este modo, el drenaje del Estero Lampa en su curso inferior es defectuoso.

Por otra parte, el cono de rodados del Mapocho que ha dirigido su relleno hacia el poniente produciendo un estancamiento del Estero Lampa, que con su afluente el Río Colina son muy pobres en sedimentos, no ha elevado su lecho y la cuenca que le circunda.

Este fenómeno causa el afloramiento superficial de las aguas subterráneas, procedentes de la alimentación pluviométrica y también aquellas que proceden de la filtración del riesgo con aguas servidas.

A su vez el cono de rodados del Maipo, de magnitudes superiores al relleno del Mapocho, al levantar el nivel del

valle en el umbral de salida hacia el poniente, provocó un es tancamiento del Mapocho inferior que fluye con bajas pendientes en ese sector.

Los rellenos gruesos de estos ríos están depositados en los sectores altos de la hoya y disminuyen hacia el poniente. Allí la profundidad en que se encuentran los materiales finos impermeables predominantes en el relleno de la cuenca es escasa y en muchos lugares aparecen en la superficie.

Estas características geológicas explican la filtra - ción de las aguas superficiales para enriquecer las napas subterráneas en el sector oriental y a la inversa el afloramiento de éstas al poniente constituyendo importante fuente de recuperación del caudal de los ríos. Este fenómeno es más notorio en el Mapocho y en el Colina que a mitad de sus cursos respectivos desaparece el caudal, sea porque se extraen sus aguas para riego y porque se filtran al subsuelo.

Una visión gráfica de los niveles de las aguas subte - rráneas con referencia a la superficie, factor de influencia relevante en la contaminación detectadas en Marzo de 1967, se obtiene de la observación del Plano N° 6 y de las "líneas de igual profundidad" allí trazadas.

4.- Antecedentes Hidrológicos.

La descripción geológica de la cuenca del valle de Santiago se asemeja a un recipiente impermeable, cuyos bordes son las fallas cordilleranas y al norte el cordón rocoso de Colina.

De este modo, la afluencia de agua procede de varias fuentes. La principal está constituida por las aguas superficiales de los Ríos Maipo, Mapocho, Colina y de los Esteros Lampa, Angostura y Arrayán, éste último afluente del Mapocho.

Estos cauces superficiales ingresan a la cuenca a través de umbrales rocosos, excepto el Estero Lampa que lo hace sobre un cono de relleno aluvial. Por tanto, sólo éste hace a portes de agua subterránea y de un valor muy exiguo por lo de más. Por otra parte, la aducción de agua potable que procede de Laguna Negra, ingresa a la cuenca un caudal adicional a los cursos naturales ya mencionados.

Adoptando una probabilidad pluviométrica de 50%, el caudal medio anual que se precipita en la cuenca que sólo es parte de la Hoya del Maipo se estima en $53 \text{ m}^3/\text{seg}$. Debe tener se presente que forman parte de la cuenca misma las quebradas precordilleranas que recogen no sólo precipitación pluvial, si no, también nivel. Esta es importante en el Cerro Ramón y otros contrafuertes contiguos a la falla oriental del valle, a sí como en algunos cerros de altura en la Cordillera de la Costa.

Sin embargo, durante el verano todas esas reservas de nieve de contrafuertes desaparecen y por tanto no constituyen traspasos pluviométricos de un año a otro y se considera, en consecuencia, que la totalidad de la precipitación anual es un recurso hidrológico ingresado a la cuenca en el año respec tivo.

Los caudales medios anuales de los diversos cauces, aforados durante períodos suficientemente representativos para adquirir significación estadística, se detallan a continuación en el Cuadro I.1, junto a los ingresos de precipitación para un año 50% a fin de obtener la entrada total de aguas a la cuenca.

CUADRO I. 1GASTOS MEDIOS ANUALES PARA LAS FUENTES HIDROLOGICAS
QUE ABASTECEN A LA CUENCA DE SANTIAGO.

		m ³ /seg.
NO	F U E N T E	CAUDAL
1	Río Maipo	102,00
2	Río Mapocho	5,75
3	Río Colina	0,89
4	Estero Lampa	0,91
5	Estero Angostura	3,86
6	Estero Arrayán	1,22
7	Acueducto Laguna Negra	2,20
8	Aguas subterráneas Estero Lampa	0,30
9	Precipitación del año 50%	53,00
	TOTAL DE CAUDALES MEDIOS ANUALES INGRESADOS	170,13

Del mismo modo, el recipiente a que se asemeja la cuenca, deja sólo una salida natural en el umbral de la zona de Talagante, cuyas corrientes, superficial y subterránea han sido aforadas en la localidad de El Paico.

Asimismo, salen como corrientes superficiales de la cuenca, dos canales que riegan terrenos pertenecientes a la Hoya del Río Puangue. Estos son los canales: De las Mercedes y Mallarauco respectivamente cuyos caudales, bastante permanentes en el año, especialmente el primero que mueve la Planta Eléctrica de Carena, son conocidos con bastante precisión.

La salida de agua de la cuenca por concepto de evapotranspiración se ha estimado en 65 m³/seg. aproximadamente.

Los caudales medios anuales de los diversos cauces

que dan salida al agua de la cuenca, se detallan a continuación en el Cuadro I.2 junto a las pérdidas estimadas por evapotranspiración, obteniéndose la salida total.

CUADRO I.2

GASTOS MEDIOS ANUALES DE LAS VIAS DE FUGA DE AGUAS DE LA CUENCA DE SANTIAGO

		m ³ /seg.
Nº	V I A	CAUDAL
1	Río Maipo	86,00
2	Canal Las Mercedes	9,10
3	Canal Mallarauco	5,30
4	Flujo de aguas subterráneas en El Paico	0,54
5	Evapotranspiración	65,00
TOTAL DE CAUDALES MEDIOS ANUALES SALIDOS		165,94
DIFERENCIA NO LOCALIZADA		4,19
SUMA IGUAL A CAUDALES MEDIOS ANUALES INGRESADOS		170,13

El balance hidrológico aproximado, arroja una diferencia de cuatro metros cúbicos por segundo, cuyo destino no es posible precisar. Corresponde al incremento del stock inmovilizado de agua 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 salen del circuito de afluentes y efluentes.

Los flujos promedios de las fuentes antes enunciadas a causan variaciones estacionales de importancia. Algunas son de régimen de deshielos y acusan sus crecidas máximas de Noviembre a Enero. Otras tienen régimen de invierno y acusan su caudal máximo en Julio. De allí que el uso óptimo de los re

cursos hidrológicos disponibles exija la construcción de obras de regulación para armonizar las disponibilidades de aguas a los requerimientos, los que no coinciden simultáneamente en la misma época del año.

A este objetivo están destinadas las obras de regulación en que la principal de ellas es el embalse del Río Yeso en el Maipo Alto.

En conformidad a la disponibilidad de agua proporcionada por las diversas fuentes, la cuenca dispondría de 5.350 millones de metros cúbicos (MCM) en un año 50%.

Otras estimaciones globales de los flujos superficiales que llegan a la cuenca asignan, para un año 85%, cuya precipitación se aproxima al 62% del agua caída en el año 50%, los siguientes volúmenes, aportados por los cauces que se indican:

Río Maipo	2,320 MCM
Río Mapocho, Estero Arrayán y Quebrada San Ramón	150 MCM
Estero Lampa y afluentes	57 MCM

Estas cifras son consistentes con el balance realizado para un año 50% y confirman la magnitud de la disponibilidad de aguas, aunque se están expresando para años hidrológicos diferentes y sólo se refieren al ingreso a través de las fuentes superficiales.

El reabastecimiento natural anual de las aguas subterráneas se aproxima a los 1.000 MCM en un año 85% mientras la extracción fluctúa para igual período en torno a los 500 MCM.

5.- Régimen de Lluvias.

La intensidad de agua caída, esto es la concentración de precipitación en un período de tiempo, es un antecedente indispensable para determinar la magnitud de las plantas de trata -

miento especialmente cuando se trata de un sistema, en la práctica unitario, como lo es el alcantarillado de Santiago.

Es obvio que no debe diseñarse una planta para procesar cualesquier cantidad de flujo incluyendo el máximo posible producido por la intensidad máxima de precipitación registrada en la historia hidrológica de la cuenca. En otros términos, del análisis de las precipitaciones y su influencia en el diseño, debe desprenderse un criterio de seguridad en el uso de la planta de modo que proporcione un servicio satisfactorio compatible con el costo de los mismos.

Con ese objeto se define como "SEGURIDAD TOTAL" el número de días del año en que toda el agua afluyente a la planta sería tratada. Se distingue de ella la SEGURIDAD DE SEQUIA que es el número de días de la época de riego en que todo el caudal afluyente sería procesado. Este segundo indicador es de gran importancia porque es en esa temporada cuando la contaminación es más difundida a través del uso agrícola de las aguas y en la cual, en consecuencia, debe imponerse exigencias más estrictas.

Para determinar las seguridades probables aplicables a la planta en discusión, es necesario resumir los antecedentes históricos de las precipitaciones y una interpretación meteorológica de ese fenómeno, lo que se incluye a continuación.

5.1 Generalidades. (2)

Los tres factores principales que rigen el clima de Chile son los sistemas de presión, la corriente marítima de Humboldt y la elevada barrera de los Andes.

Los sistemas de presión consisten en un cinturón subtropical de altas presiones permanentes con el correspondiente anticiclón en el Pacífico y los mínimos de presión asociados al frente solar meridional. Dichos sistemas de desplazan hacia el norte y hacia el **sur**, de acuerdo con las estaciones.

La zona del proyecto está situada en una región en que dominan los vientos oeste en el verano y sudoeste en el invierno, pero las lluvias se producen principalmente cuando el aire polar proveniente del sur, choca con el aire tropical cargado de humedad que avanza desde el norte ya la delgada masa de aire caliente se eleva sobre la masa más densa de aire frío, para formar nubes y ocasionar precipitaciones. Los años lluviosos tienen lugar cuando la penetración del aire frío del sur se interna más al norte, o cuando ella es más prolongada que lo corriente; las sequías, a la inversa, se producen cuando falla o se restringe dicha penetración. Asimismo, las fluctuaciones de presión en la región del frente polar pueden producir grandes tormentas que afectan toda la región de vientos oeste.

La corriente fría de Humboldt, que fluye hacia el norte por la costa de Chile, disminuye las temperaturas de verano y crea zonas de alta humedad relativa, neblinas y nubes a lo largo del litoral.

El efecto de Los Andes es más acentuado en las zonas de vientos del oeste, los que al chocar con las montañas producen importantes precipitaciones orográficas para suplementar las lluvias relacionadas con los movimientos de los sistemas de presión. Asimismo, las montañas desvían las tormentas de viento sudoeste, ampliando su penetración hacia el norte.

De acuerdo con la influencia de esos factores, Santiago posee clima mediterráneo, con veranos cortos y calurosos bien definidos regidos por vientos subtropicales variables e inviernos lluviosos regidos por el frente polar.

5.2 Precipitaciones.

Se dispone de estadísticas de agua caída en el valle de Santiago desde 1824, las cuales son muy elocuentes para indicar la tendencia que sigue el volumen de precipitaciones.

A modo ilustrativo se ha confeccionado el Cuadro I. 3 donde se indica para varios períodos las cantidades medias de precipitación anual. Además se indica una cuantía de agua caída sobre la cual se ha registrado precipitaciones en el 75%, 50% y 25% respectivamente, de los años que comprende el período correspondiente.

CUADRO I.3

PROMEDIOS Y COTAS BASE DE AGUA CAIDA SOBRE LAS CUALES SE REGISTRO VARIAS PROPORCIONES DE OCURRENCIAS.

Período	Nº de Años.	Promedio anual de agua caída.	Proporción de ocurrencias sobre la cota indicada.		
			75%	50%	25%
1824-1865	40	412	262	353	551
1824-1967	142	366	240	316	450
1866-1967	102	349	238	308	410
1938-1967	30	318	235	310	370

Fuente: 1824-1865 Memoria de la Asociación de Canales Unidos de Buin.

1866-1967 Quinta Normal D. M. C.

La simple observación del Cuadro I.3 permite deducir la tendencia declinante de las precipitaciones anuales. Esta situación no presenta aún caracteres críticos y puede anticiparse que no lo serán en el futuro inmediato.

En efecto, son considerados años agrícolas satisfactorios aquellos en que la precipitación anual fluctúe en torno a los 200 mm, entendiéndose que esa cuantía se distribuye a lo largo del período lluvioso. De acuerdo a ese criterio, puede esperarse que, conforme a los datos proporcionados por el Cuadro I. 3, más del 75% de los años serán años agrícolas satisfactorios. O sea, puede esperarse que cuatro de cada cinco años la dotación de agua será satisfactoria.

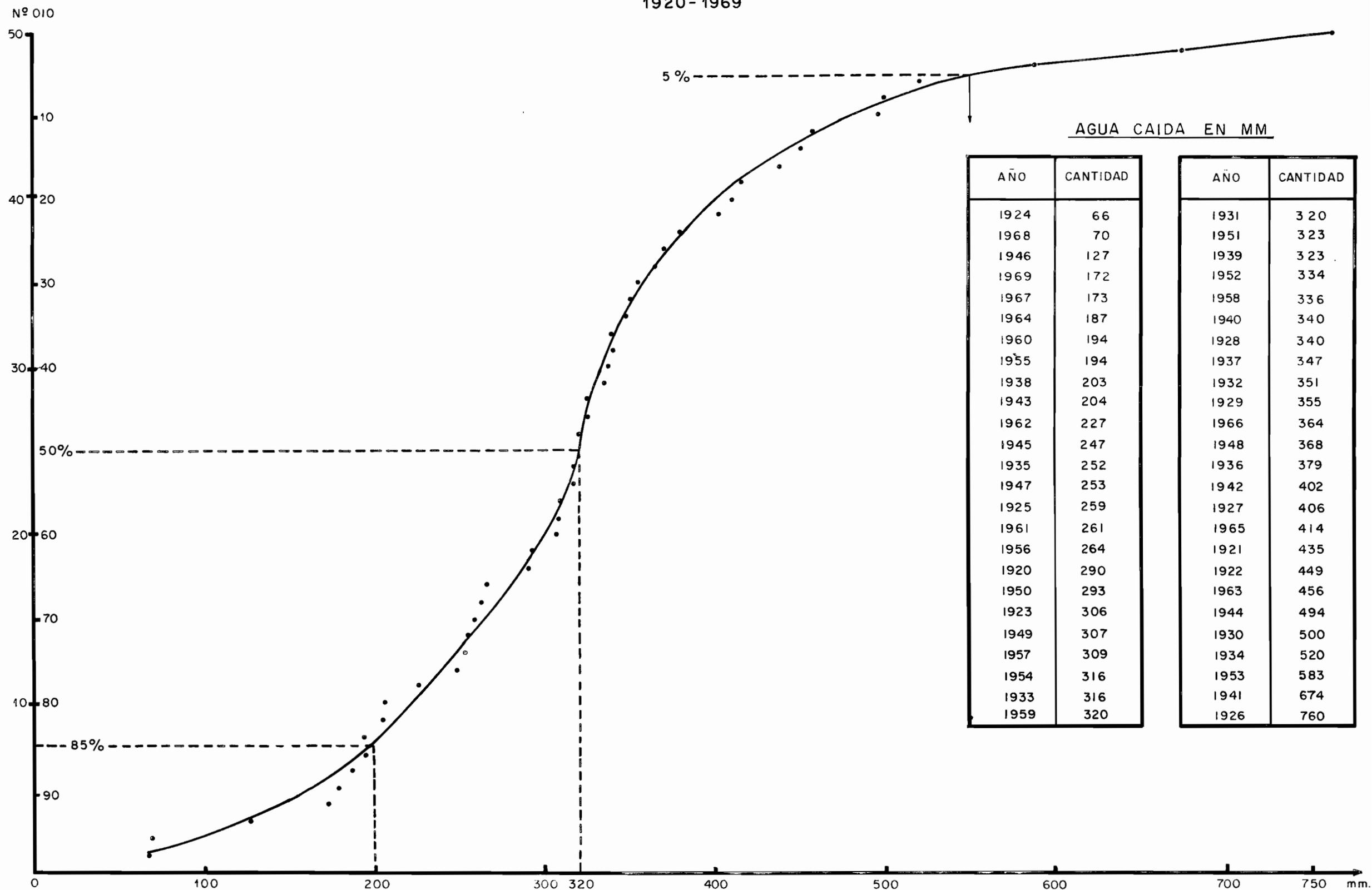
Sirve de complemento a estas consideraciones el análisis gráfico de las ocurrencias pluviométricas registradas en la Quinta Normal, correspondientes a los últimos cincuenta años que se presenta a continuación en el Gráfico I. 1.

Estas estadísticas revelan, asimismo, la intensidad de las precipitaciones, medida en milímetros de agua caída por día. Con ese antecedente se ha establecido el número de días que llovió más de 0,1 mm, 1 mm y más de 10 mm, respectivamente, en el transcurso de un lapso determinado de tiempo.

Para los efectos de este estudio, como se constatará más adelante, es necesario discriminar, entre esos días de lluvias superiores a una cuantía dada, aquellos comprendidos dentro de la temporada de regadío. Esta discriminación está orientada a determinar la seguridad de sequía ya definida al iniciarse este Párrafo 5.-

En este sentido, se limita la temporada de riego al período comprendido entre el 1º de Septiembre y el 30 de Abril siguientes.

Gráfico I.1
DISTRIBUCION DE LLUVIAS EN SANTIAGO
1920 - 1969



AGUA CAIDA EN MM

AÑO	CANTIDAD	AÑO	CANTIDAD
1924	66	1931	320
1968	70	1951	323
1946	127	1939	323
1969	172	1952	334
1967	173	1958	336
1964	187	1940	340
1960	194	1928	340
1955	194	1937	347
1938	203	1932	351
1943	204	1929	355
1962	227	1966	364
1945	247	1948	368
1935	252	1936	379
1947	253	1942	402
1925	259	1927	406
1961	261	1965	414
1956	264	1921	435
1920	290	1922	449
1950	293	1963	456
1923	306	1944	494
1949	307	1930	500
1957	309	1934	520
1954	316	1953	583
1933	316	1941	674
1959	320	1926	760

Tomando como base un período de 30 años, suficiente para obtener conclusiones de validez estadística, se contabiliza durante su transcurso 10.958 días. De estos correspondería a la temporada de riego 7.268 días, incluyendo en ambos casos ocho años bisiestos.

La intensidad de la precipitación ya definida, que se denomina "R", ha sido tabulada para el período comprendido entre los años 1931 y 1960, ambos inclusive, cuyos resultados se expresan a continuación en el Cuadro I. 4.

CUADRO I. 4

INTENSIDAD ANUAL DE LAS PRECIPITACIONES

M E S	Período 1931 - 1960		
	NUMERO DE DIAS		
	$R \geq 0,1 \text{ mm}$	$R \geq 1 \text{ mm}$	$R \geq 10 \text{ mm}$
Enero	14	9	3
Febrero	20	11	5
Marzo	28	19	6
Abril	82	55	15
Mayo	193	140	72
Junio	234	169	68
Julio	233	169	63
Agosto	202	148	53
Septiembre	143	85	19
Octubre	98	57	16
Noviembre	46	27	6
Diciembre	20	9	3
TOTALES	1.313	898	329

Por otra parte, la intensidad de las precipitaciones en la temporada de sequía, que se define así porque requiere del riego artificial, ha sido tabulada para el mismo período y sus resultados se incluyen a continuación en el Cuadro I. 5.-

CUADRO I. 5

INTENSIDAD DE LAS PRECIPITACIONES EN TEMPORADA DE SEQUIA.

Período 1931 - 1960

M E S	NUMERO DE DIAS		
	$R \geq 0,1 \text{ mm}$	$R \geq 1 \text{ mm}$	$R \geq 10 \text{ mm}$
Enero	14	9	3
Febrero	20	11	5
Marzo	28	19	6
Abril	82	55	15
Septiembre	143	85	19
Octubre	98	57	16
Noviembre	46	27	6
Diciembre	20	9	3
TOTALES	451	272	73

Con los datos proporcionados por los Cuadros I.4 y I.5 se ha determinado los coeficientes de seguridad total y de sequía, medidos en porcentajes de días de esos veinte años en que la intensidad de precipitación ha sido inferior a los valores límites elegidos. Dichos coeficientes están indicados a continuación en el Cuadro I. 6.

CUADRO I. 6COEFICIENTES DE SEGURIDAD TOTAL Y DE SEQUIA.

Series estadísticas Base: 1931-1960

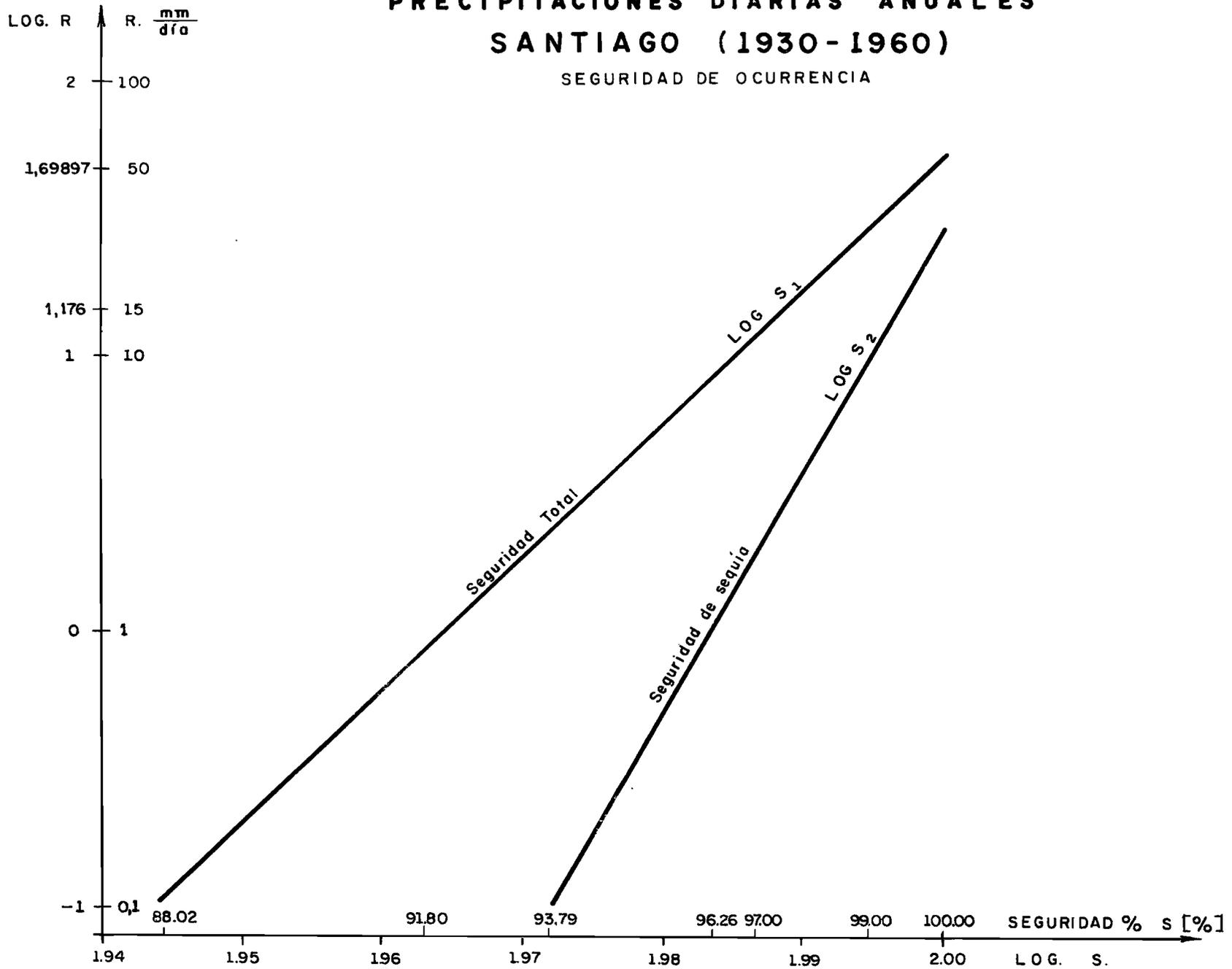
<u>SEGURIDAD TOTAL</u>			
Nº de días del período 10.958	VALORES DE R en mm.		
	0,1	1,0	10
Nº de días con lluvia menor que R.	9.645	10.060	10.629
Seguridad total de lluvia menor que R.	88,02%	91.80%	97%
<u>SEGURIDAD DE SEQUIA</u>			
Nº de días del período 7.268			
Nº de días con lluvia menor que R.	6.817	6.996	7.195
Seguridad de sequía de lluvia menor que R.	93,79%	96,26%	99%

Los resultados enunciados en el Cuadro I.6, llevados a un gráfico de coordenadas logarítmicas en que se ubica en las abscisas la seguridad y en ordenadas los valores de R proporciona una correlación satisfactoria, con lo que puede aceptarse en esas coordenadas, una relación lineal entre ambas variables. En base a este hecho se ha diseñado el Gráfico I.2 del cual se puede deducir extrapolaciones de valores confiables.

De allí se ha obtenido algunos valores que se enuncian a continuación en el Cuadro I.7.-

GRAFICO I.2
PRECIPITACIONES DIARIAS ANUALES
SANTIAGO (1930-1960)

SEGURIDAD DE OCURRENCIA



CUADRO I. 7COEFICIENTES DE SEGURIDAD TOTAL Y DE SEQUIA PARA
DIVERSOS VALORES DE "R".

VALORES DE "R" mm	SEGURIDAD EN %	
	TOTAL	DE SEQUIA
10	97.	99.
15	98,5	99,4
31,6	99	100

El conocimiento del caudal de crecida es de singular importancia en casos como el de Santiago, en que gran parte de la red de alcantarillado corresponde a sistema unitario. Este hecho implica que durante ciertos períodos, los de lluvia intensa, el caudal del alcantarillado crece en tal magnitud que no resulta factible su tratamiento, ya que sería necesario dimensionar los sistemas de aducción y proceso a escalas excesivas. De este modo en tales casos se presenta la alternativa de construir rebalses debiendo tenerse presente que ello implica el riesgo de entregar aguas más contaminadas que lo que normalmente debiera esperarse por la dilución adquirida, ya que el agua de lluvia removerá residuos parcialmente sedimentados en el propio sistema de alcantarillado y aducción a la planta. De allí la necesidad de plantear la eventual seguridad con que trabajará la planta, en especial en época de riego.

Anticipando algunas ideas respecto al caudal de crecida máximo que sería tratado por la Planta debe tenerse presente que el Departamento de Estudios de la Dirección de Obras Sanitarias ha fijado pautas sobre la materia.

En efecto, de acuerdo a instrucciones y normas generales impartidas por esa repartición los caudales máximos que deben tratarse deben equivaler al mayor de los valores que resulte de duplicar el gasto máximo horario de aguas servidas y de multiplicar por cinco el caudal medio diario de las mismas.

Los excesos que se produjeran sobre el gasto máximo a sí determinado sería interceptado y descargado sin tratamiento al respectivo caucé natural.

6.- El Sistema de Regadío.

En la cuenca de Santiago limitada en sus costados por las cordilleras de Los Andes y de la Costa y comprendida entre los cerros rocosos de Colina por el norte y de Angostura por el sur, se distinguen siete sistemas de regadío según la procedencia de las aguas y que son los siguientes:

- Area del Río Maipo
- Area del Río Mapocho
- Area del Río Colina
- Area del Estero Lampa
- Area del Estero Angostura
- Area del Zanjón de la Aguada
- Area regada con caudales ajenos a la cuenca.

Este último se refiere a una porción de terreno ubicado al costado sur de la cuenca y que se riega a través del Canal Chada que recoge su caudal en la hoya del Estero Angostura en la Provincia de O'Higgins y cuya cuantía es despreciable. La influencia de ésta área en la cuenca de Santiago puede apreciarse con la simple observación del Plano Nº 5 donde además de constatar su pequeñez, se advierte lo distante que está de la ciudad. En dicho plano esta área aparece con achurado diagonal grueso-delgado.

Del mismo modo, el área que riega el Estero Angostura y que en el Plano Nº 5 aparece achurado diagonal grueso es reducida y está distante de Santiago, de modo que su influencia es nula en el regadío y en las posibles alteraciones de éste, a consecuencia de interrumpir los actuales flujos de las aguas servidas con una Planta de Tratamiento.

Las cinco áreas restantes están directa o indirectamente relacionadas con tales flujos. Han sido representadas en el Plano Nº 5 con diversos achurados de modo que son fácilmente individualizables así como lo son sus canales principales.

La mayor parte de la superficie de la cuenca es regada con caudales que se extraen del Río Maipo, según lo ilustra el Plano Nº 5. En efecto, por el norte, a través del Canal del Carmen que se desprende del Canal San Carlos en su intersección con el Río Mapocho, las aguas del Maipo llegan hasta el límite de la cuenca.

Similar observación puede realizarse hacia el sur, en que a partir del Zanjón de la Aguada las aguas de ese Río surten la casi totalidad de la tierra agrícola en riego.

Llama la atención que el sector que rodea el Aeropuerto de Pudahuel y ambas riberas del Río Mapocho aparezcan regadas por el Río Maipo, en circunstancias que está servido por los Canales La Punta, Yungay, Zapata y Pudahuel, todos efluentes del Mapocho. Esta aparente anomalía se explica porque este último agota su cauce con las extracciones que se realizan en el tramo comprendido entre su nacimiento y la intersección con el Canal San Carlos. Aguas abajo de este punto se surte del rebalse de dicho canal en aquella parte de sus aguas que no pasan por el sifón hacia el Canal del Carmen, derrame que constituye el único caudal del río en el tramo comprendido entre dicho sifón y la toma del Canal Pudahuel. Aguas abajo queda nuevamente seco. De este modo el sector indicado se riega con aguas del Maipo u-

tilizando como canales el San Carlos primero y el propio Río Mapocho a continuación.

Aguas abajo de la bocatoma del Canal Pudahuel donde el caudal superficial se agota, el Río Mapocho recupera aguas subterráneas, recibe derrames y colectores de alcantarillado, todo lo cual le proporciona un caudal que agregado al excedente que le entrega el Zanjón de la Aguada es extraído en varios Canales para surtir terrenos del sector poniente de la cuenca y también del Valle del Puangue.

Se completa el sistema de riego de la cuenca con la perforación de numerosos pozos en explotación. De un total de 700 pozos que existían en 1967, 182 de ellos se utilizaban para suplir o mejorar dotaciones de riego agrícola. Se obtenía entre todos ellos, en esa fecha, un promedio de $1,55 \text{ m}^3/\text{seg}$ y estaban localizados de preferencia en Lampa, Colina, Rinconada de Lo Aguirre e Isla de Maipo.

La disminución pluviométrica de los años posteriores debe haber provocado un aumento de las perforaciones, y un uso más intenso de las existentes, todo lo cual se estima en un incremento de gasto extraído de un 30%.

En la zona poniente de Santiago y en los sectores de mayor contaminación de las aguas servidas los pozos de captación no son muy numerosos, debido a que la reducción del área regada por la invasión de la ciudad libera caudales lo que permite elevar la dotación de los terrenos que permanecen agrícolas.

Los caudales extraídos del Río Maipo desde su nacimiento hasta el cruce del Ramal Ferroviaria de Paine a Talagante, se aproxima a los $100 \text{ m}^3/\text{seg}$. En efecto, se ha determinado que el gasto promedio utilizado por esos canales en las temporadas de riego de los años 1955 a 1962 fue de $96,84 \text{ m}^3/\text{seg}$, incluyendo las aguas de lavado del alcantarillado que se entregaban a tra-

vés del Canal San Carlos.

Calificar el uso de las aguas con destino agrícola no compete directamente al estudio del tratamiento de aguas servidas. Sin embargo, indirectamente puede establecerse una relación, toda vez que la dotación total de recursos hidrológicos, en el mejor de los casos, tiende a mantenerse mientras el uso doméstico de los mismos a acentuarse.

En una situación límite en que los flujos que concurren al área de drenaje de la ciudad se hicieran muy escasos para proporcionarle agua potable, tendría que elegirse como alternativas para suplir tal deficiencia, trasladar recursos hidrológicos dejando de secano terrenos hoy regados o tratando las aguas servidas para dejarlas potables.

Debe tenerse presente, al discutir el regadío de la cuenca, que no puede usarse como expediente para elevar el rendimiento de los caudales disponibles de aguas servidas, tranques de noche, como se acostumbra para regularizar los sistemas de regadío corrientes.

La alternativa de construir tales embalses debe desecharse de plano, toda vez que ellos se transformarían en lagunas anaeróbicas. Además, la cantidad de sólidos en suspensión que llevan esas aguas es tan alta que su sedimentación los mutilaría rápidamente.

Estos antecedentes son decisivos en la discusión de la escasez de recursos hidráulicos y su posible superación cuando ella vaya estrechando el cerco del abastecimiento, tanto por el crecimiento del consumo como por la gradual, aunque lenta, declinación de las precipitaciones.

7.- Límites del Area de Drenaje de Santiago.

La topografía de la planicie donde está emplazada la

ciudad tiene como drenajes obligados el Zanjón de la Aguada el Río Mapocho y en el futuro, si la ciudad se extendiera hacia el norte de Quilicura, entraría a la zona de drenaje del Estero Lampa. Desde ya, la configuración topográfica in dica que si se sigue la máxima pendiente en Conchalí, o sea la perpendicular a las curvas de nivel, se llega al Río Colina afluente de aquel Estero.

Sin embargo, trazando trayectorias de pendientes mo deradas dirigidas hacia el poniente, pasando por el norte del carro de Renca, es posible desaguar Conchalí al Mapocho. Es el caso del Colector Quilicura, individualizado con el N^o 8 en la nominación de descargas de alcantarillado detalladas más adelante, que recoge las aguas servidas de las comunas del Norte de la capital.

El Estero Lampa desagua al Mapocho en Pudahuel, pró- ximo al puente que cruza el camino a Valparaíso. Seis kilóme- tros aguas abajo de esta confluencia, el Zanjón de la Aguada desagua en el Río Mapocho, constituyendo este punto el lugar donde concurren o donde debieran concurrir más bien, si no se extrajeran antes para regadío, todas las aguas de drenaje de lo que se ha denominado el área de Santiago.

En otros términos, el punto de encuentro del Zanjón y el Mapocho definen una hoya que es el área de drenaje de Santiago, la cual no reconoce límites hacia el norte de la ciudad, toda vez que por dicho lugar debe necesariamente pa- sar cualesquier flujo que escurra desde esa dirección.

Los límites oriente y poniente del área están consti- tuídos, naturalmente por los contrafuertes de las Cordille- ras de los Andes y la Costa.

El límite sur del área de drenaje estaría definida por el limatón o línea cúspide del cono de rodados del Río

Maipo que separa las áreas que escurrirían en dirección sur hacia éste y hacia el Zanjón de la Aguada en dirección norte. Sin embargo, la configuración topográfica de dicho cono de forma de abanico muy abierto, especialmente en la zona de San Bernardo hace difícil distinguir un límite preciso de h_q yas de drenaje.

En la práctica este límite está dado por la separación de los sistemas de alcantarillado. Hacia Santiago, de Sur a Norte escurren las aguas del Sector Gran Avenida desde la calle Alejandro Guzmán en el Paradero N^o 30 de dicha arteria, las cuales son evacuadas al Zanjón de la Aguada a través del Colector N^o 32, según la individualización realizada más adelante.

Tres cuadras hacia el sur de la calle indicada, o sea frente al Paradero N^o 31 de la Gran Avenida, empieza el área que drena a través del alcantarillado de San Bernardo, escurriendo las aguas de norte a sur hacia esta ciudad, desde donde son evacuadas hacia el poniente para desaguar finalmente en el Mapocho en las proximidades de Padre Hurtado.

La separación de ambos sistemas señala el límite sur del área de drenaje de Santiago en este sector.

Una apreciación gráfica de esos límites puede constatare de la observación del Plano N^o 7.

Del mismo modo, en el sector Vicuña Mackenna el límite sur del área de drenaje de Santiago está definido por la separación de los sistemas de alcantarillado. Hacia Santiago de sur a norte escurren las aguas recogidas en el camino Particular San Carlos ubicado en la vecindad de la ciudad de Puente Alto, las cuales son evacuadas al Zanjón de la Aguada a través de la descarga N^o 21 según la individualización realizada más adelante.

Pocas cuadras al sur y desde las calles Profesor Alcaíno y Callejón Tocornal, el alcantarillado, perteneciente a la ciudad de Puente Alto, escurre hacia el Río Maipo.

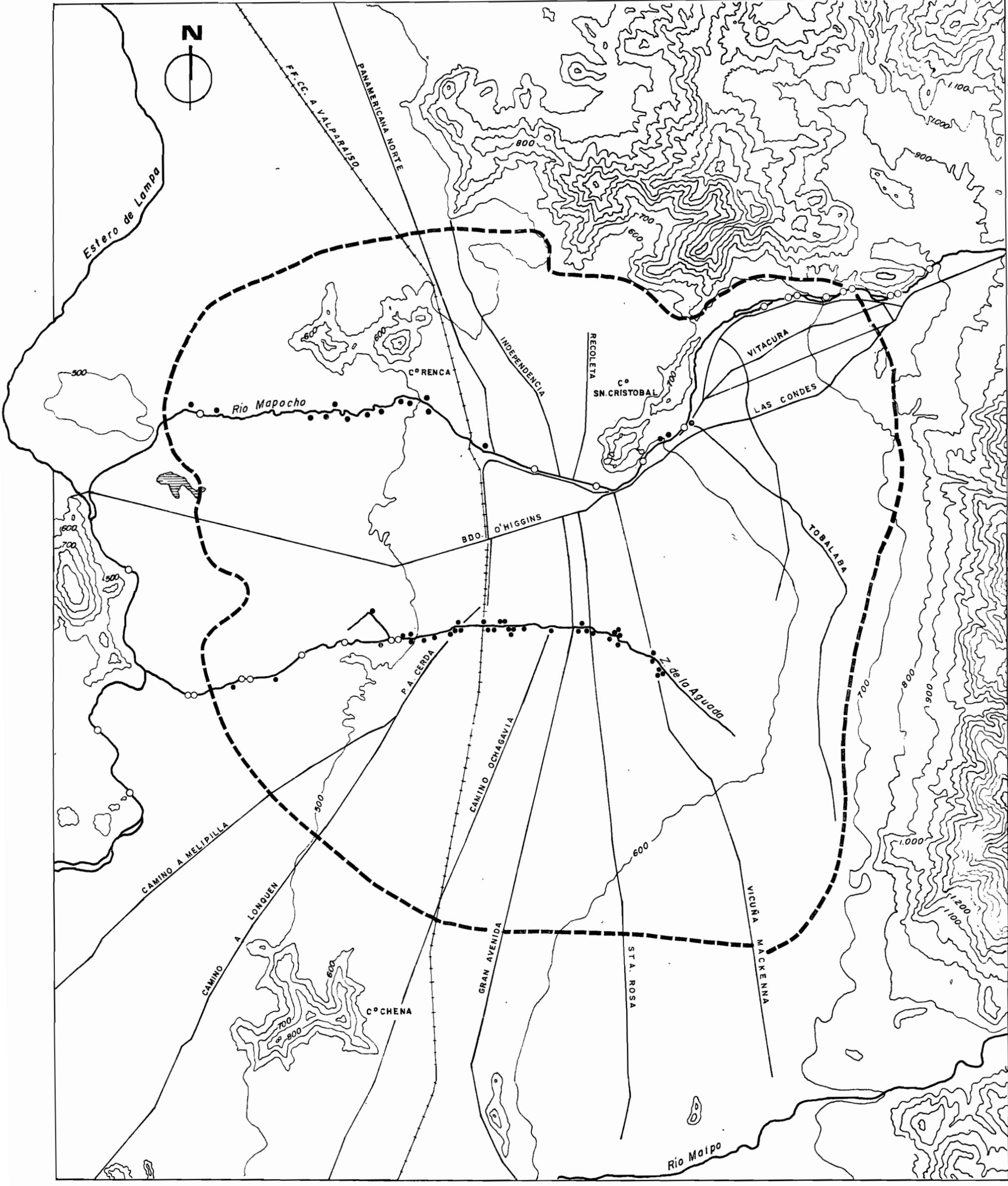
La separación de ambos sistemas define el límite sur del área de drenaje de Santiago en este Sector.

Por ahora no hay otros límites definidos para dicha área en su costa sur. Físicamente se ubica, según se dijo, conforme a la línea cúspide del cono de rodados, pero, en la práctica las redes de alcantarillado que se construyan en el futuro serán las que proporcionen el límite preciso.

Para los efectos de este estudio se ha considerado tanto los límites naturales como las impuestas por el plano regulador de Santiago. El área de drenaje determinada de esta manera, puede visualizarse en el Plano N° 7.

Un detalle de las zonas consideradas se incluye, además, en el Capítulo IV, en el que se identifican dichas zonas y en las cuales se basan las proyecciones demográficas y de desarrollo industrial.

//.



ESTUDIO DE FACTIBILIDAD : TRATAMIENTO AGUAS SERVIDAS DE SANTIAGO
BOCATOMAS Y DESCARGAS

- Bocatoma (Bocatoma y descarga N^o I y 1 (Lo Barneched) no están incluidas.)
- Descarga
- Vías Principales
- ⋯ Area de Drenaje Aproximada



C A P I T U L O I I

RECOLECCION Y DESTINO DE LAS AGUAS SERVIDAS.

1.- El Sistema de Evacuación de Aguas Servidas.

El alcantarillado de Santiago se evacúa a través del Río Mapocho y el Zanjón de la Aguada, por medio de numerosos colectores o descargas. La distinción entre ambas denominaciones no obedece a ningún hecho objetivo, sino más bien a la costumbre.

En términos más generales se denomina descarga a cualquier caudal que se vacié en otro. Colector se refiere más bien a una descarga debidamente canalizada.

En la descripción que aquí se realiza y con el objeto de facilitar su identificación se conserva la denominación con la cual el personal de la Administración de Alcantarillado de Santiago se refiere a cada cauce.

El Mapocho y el Zanjón de la Aguada reciben todos los caudales comprendidos en el área cuyas aguas servidas son materia de este estudio. Reciben además, otros caudales procedentes de poblaciones excluidas de una futura Planta de Tratamiento para Santiago según se establece más adelante.

A fin de disponer de un inventario exhaustivo de todas las descargas que vacían sus flujos de aguas servidas a esos cauces, se ha confeccionado una lista completa de ellas, adjudicándole un número correlativo, indicando el diámetro del colector cuando proceda y registrando los aforos disponibles antes de iniciar este estudio, que aunque no son recientes, proporcionan una idea de la magnitud de los caudales que fluían por ellos en las fechas señaladas.

Este dato constituyó un antecedente valioso para INPRO en orden a orientar sus investigaciones de terreno.

Se ha incluido un juego de valores de gastos instantáneos medidos en todos ellos en las proximidades del mediodía, o sea, cuando la mayor parte de los caudales de emisarios acusan su valor máximo diario. Asimismo, en dicho inventario se registra un cálculo aproximado de valores promedios diarios para un período significativo de dos meses realizado en fechas diversas.

En los Cuadros II.1 y II.2 insertados a continuación se incluye dicho inventario.

CUADRO II.1

DESCARGAS Y COLECTORES AFLUENTES AL MAPOCHO.

Enumerados de Oriente a Poniente.

Gasto Q en m³/seg.

N°	DENOMINACION	DIAMETRO mm	G A S T O S					
			NOV - DIC 1957		MAR - ABR 1958		NOV - DIC 1958	
			Qi	Qm	Qi	Qm	Qi	Qm
1	Des. Lo Barnechea	200	-	-	-	-	-	-
2	Des. Vitacura	1.000	-	-	-	-	-	-
3	Des. Pobl. Pedro de Valdivia Norte	800	-	-	-	-	-	-
4	Des. Pobl. Lo Contador	500	-	-	-	-	-	-
5	Col. Ultra Mapocho	2.300	-	-	-	-	-	-
6	Col. Miguel de Atero	1.800	-	-	-	-	-	-
7	Col. Sector Norte Santa María	2.300	1,150	0,877	1,180	0,900	1,230	0,958
8	Col. Lo Espinoza	1.200	-	-	-	-	-	-
9	Des. Pobl. Abraham Gómez	600	-	-	-	-	-	-
10	Des. Pobl. Carrascal	300	-	-	-	-	-	-
11	Des. Pobl. Panaloza	500	0,000	0,000	0,002	0,001	0,005	0,003
12	Col. Mapocho en S. Gutiérrez	2.000	-	-	-	-	-	-
13	Des. Pueblo de Renca	700	-	-	-	-	-	-
14	Des. Planta Endesa	300	-	-	-	-	-	-
15	Col. Quinta Normal	1.000	0,380	0,290	0,395	0,301	0,388	0,296
16	Col. Quilicura	1.450	-	-	-	-	-	-
17	Des. Aeropuerto Pudahuel	450	-	-	-	-	-	-

CUADRO II.2

DESCARGAS Y COLECTORES AFLUENTES AL ZARJON DE LA AGUADA.

Enumerados de Oriente a Poniente.

Gasto Q en m³/seg.

N°	DENOMINACION	DIAMETRO TRO mm.	G A S T O S					
			NOV-DIC 1957		MAR-ABR 1958		NOV-DIC 1958	
			Qi	Qm	Qi	Qm	Qi	Qm
18	Canal Pedro de Valdivia	-	0,806	0,615	0,810	0,618	0,748	0,571
19	Des. Camino Puente Alto	700	0,008	0,006	0,012	0,009	0,008	0,006
20	Des. Industria Grau	200	-	-	-	-	-	-
21	Des. Vicuña Mackenna	700	-	-	-	-	-	-
22	Des. Granjas Obreras	400	0,042	0,032	0,045	0,034	0,046	0,035
23	Des. Pobl. Parcelera	350	0,034	0,025	0,040	0,033	0,044	0,033
24	Des. Pobl. Chile	900	0,056	0,042	0,054	0,041	0,070	0,053
25	Des. Pobl. El Pinar, Sumar y otras	600	0,022	0,016	0,026	0,019	0,032	0,024
26	Des. Sierra Bella Sur	800	0,072	0,549	0,048	0,036	0,054	0,041
27	Des. Pobl. Vicente Navarrete	200	-	-	-	-	-	-
28	Des. Santa Rosa Oriente	1.000	0,045	0,034	0,038	0,029	0,056	0,042
29	Canal San Joaquín	-	-	-	-	-	-	-
30	Col. Ñuñoa	1.600	0,840	0,641	0,745	0,588	0,894	0,682
31	Des. Barros Luco	300	-	-	-	-	-	-
32	Col. Ochagavía	2.000	0,196	0,149	0,260	0,198	0,230	0,175
33	Col. Padura	850	0,128	0,097	0,148	0,112	0,130	0,099
34	Des. Pobl. Mirador N° 1	200	0,004	0,003	0,007	0,005	0,006	0,004
35	Col. Pobl. Miguel Dávila	1.700	0,096	0,073	0,132	0,100	0,116	0,088
36	Des. Pobl. Mirador N° 2	200	0,003	0,002	0,003	0,002	0,004	0,003
37	Des. Pobl. Pedro Montt	600	0,016	0,012	0,015	0,011	0,018	0,013
38	Des. San Alfonso	250	-	-	-	-	-	-
39	Col. Valenzuela Llanos	1.600	0,058	0,044	0,080	0,061	0,086	0,065
40	Des. Pobl. San Joaquín	700	-	-	-	-	-	-
41	Des. Maestranza San Eugenio	350	0,012	0,009	0,012	0,009	0,012	0,009
42	Des. Pedro Aguirre Cerda	550	0,020	0,015	0,020	0,015	0,030	0,023
43	Des. Matadero Lo Valedor	300	0,002	0,001	0,004	0,003	0,004	0,003
44	Des. Pobl. Buzeta	550	0,002	0,001	0,004	0,003	0,003	0,002
45	Des. Pobl. Lo Valedor y J.M.Caro	1.000	0,004	0,003	0,008	0,006	0,005	0,003
46	Des. Dagoberto Godoy	650	0,014	0,010	0,014	0,010	0,016	0,012
47	Des. Villa Espeza	400	0,016	0,012	0,018	0,013	0,014	0,010
48	Canal A - H	-	4,895	3,756	1,730	3,610	5,120	3,908
49	Col. Las Rejas	900	0,172	0,131	0,180	0,137	0,216	0,165
50	Des. Las Rejas N° 2	400	0,044	0,033	0,058	0,044	0,070	0,053
51	Col. E.Williams	450	-	-	-	-	-	-
52	Col. Las Américas	450	-	-	-	-	-	-
53	Col. Pajaritos	350	-	-	-	-	-	-
54	Col. Bueras	500	-	-	-	-	-	-

Los espacios en blanco de los Cuadros anteriores significan que para la descarga correspondiente no había datos disponibles.

En los Planos N^{os}. 8A y 8B aparece indicado el lugar de desague de cada descarga o colector individualizado con el número correlativo asignado a cada uno. Además, en dichos Planos se ha indicado el sector que drena cada descarga, el cual es fácilmente identificable siguiendo la línea con flecha que termina en dicho número correlativo; a su vez el sector está limitado por una línea continua.

Conforme a la delimitación del área de drenaje de Santiago realizada más atrás, sirven a ésta las descargas y colectores individualizados con los números siguientes:

- N^{os}. 2 a 17, ambos inclusive, y que desaguan al Mapocho.
- N^{os}. 18 a 54, ambos inclusive, y que desaguan al Zanjón de la Aguada.

La descarga N^o 1 que sirve al Barrio de Lo Barnechea es de escaso caudal, está muy distante del resto y el nivel freático dista aproximadamente 25 mts. de la superficie. En consecuencia, el saneamiento de ese gasto reducido y su posterior eliminación a través de la inmersión en la capa subterránea merecen un tratamiento separado de las plantas a las cuales este estudio se refiere. No tendría sentido conectar a lo largo de veinte kilómetros un interceptor para recoger un caudal que fluye por un colector de 200 milímetros.

Merecen mención especial el Canal San Joaquín individualizado con el N^o 29 que lleva casi exclusivamente derrames o excedentes de aguas de riego y cuyo caudal es, por estas mismas causas, muy variable.

En los Planos N^{os}. 8A y 8B, los barrios del área de drenaje que están saneados, o sea, que cuentan con servicio domiciliario de alcantarillado, conectado a la red o por conectarse próximamente con obras en ejecución o por iniciarse, están achuradas o sombreados. Así se presenta un mosaico muy aproximado, a la fecha de elaborarse este informe, de la situación de la ciudad en cuanto a evacuación de aguas servidas con servicios comunes.

Entre los sectores sombreados se ha individualizado uno en especial y en el que comprende los barrios de Vitacura y Apoquindo y que desagua a través de la descarga N^o 2 al Canal San Carlos pasando de allí al Mapocho, previa bocatomas del Canal del Carmen que cruza el río por medio de un sifón, para ir a regar al norte del valle. A dicho sector se le ha individualizado por la letra I.

Esta descarga N^o 2 no estaba proyectada para desaguar en el Canal San Carlos, sino vaciarse en el emisario que corre por Av. Vitacura hacia Providencia pasando el sector I a integrarse al Sector F.

En efecto, el drenaje del barrio que rodea Apoquindo, baja por Av. Tajamar a través de un colector de 900 mm de diámetro, hasta encontrarse con el que procede de Vitacura en la Avenida del mismo nombre, el que a su vez es también de 900 mm. de diámetro. Se reúnen en una cámara de la cual sale un colector hacia Providencia, pero, de solo 500mm.

Dicha cámara tiene un desagüe de tormenta de 1.150 mm, que se vacía al Canal San Carlos. Ahora bien, la conexión con el Sector F a través del colector antes indicado, de menor diámetro que sus dos afluentes, está obstruido y por tanto todo el drenaje del Sector I está pasando al Canal a través del vertedero de rebalse. Con ello contamina

no sólo el Mapocho, sino, también el Canal del Carmen y con ello gran parte del área agrícola del norte de Santiago.

Merece especial atención otra singularidad hidráulica que tiene gran influencia en la contaminación ambiental. Se trata del Canal La Pava que obtiene sus aguas de una interrupción del colector que cruza la esquina de la Av. Bernardo O'Higgins y General Velásquez y que pocas cuadras aguas abajo riega los campos que rodean el primer tramo del Camino al Aeropuerto de Pudahuel. El saneamiento de la zona obligará a eliminar fuentes de contaminación como la señalada cerrando las bocatomas de alcantarillado, como ésta, que no obedecen a ninguna programación preliminar, sino, han resultado de un aprovechamiento espontáneo de las aguas urbanas.

El sistema de alcantarillado exhibido en el mosaico que representan los Planos N^{os}. 8A y 8B puede considerarse como unitario, es decir, que recoge simultáneamente las aguas que proceden del servicio doméstico e industrial y las aguas lluvias.

En efecto, aunque es difícil precisar cuáles son los sectores, o más bien, calles o barrios donde no hay alcantarillas de aguas lluvias, la simple observación lleva a concluir que son muy escasas las calles que carecen de ellas. Cada proyecto de alcantarillado que se ha ido confeccionando localmente, a medida que la ciudad ha ido extendiéndose, se ha realizado en forma independiente. De este modo, en algunos se han dejado las aberturas para recoger aguas lluvias; en otros, aunque no habían sido previamente consultadas, al ejecutar las obras, se han construido sumideros de aguas lluvias.

Los antecedentes disponibles indican que de dos millones de metros lineales de red existentes en 1964, sólo en

diez mil las aguas servidas escurren separadas de las aguas lluvias.

Por último, en los Planos 8A y 8B se advierte junto al Mapocho y al Zanjón de la Aguada, una indicación de números romanos. Estos señalan la ubicación de las bocatomas que dan origen a múltiples canales de regadío que aprovechan las aguas de esos cauces naturales y sobre las cuales, más adelante se realiza una descripción más detallada.

El alcantarillado de Santiago tiene tres entradas de agua de lavado, de las cuales la única significativa es la que ingresa al Sector E, cerca de la Plaza Baquedano. De las otras dos, una sirve también al Sector E, con un ingreso en Quinta Normal y la otra al Sector C, entrando a la red en Recoleta.

El uso de aguas de lavado es irregular y no hay estadísticas de los gastos inyectados. Sin embargo, su investigación es innecesaria, ya que la construcción del Ferrocarril Metropolitano y del Edificio destinado a la reunión de la UNCTAD interceptarán los principales colectores de agua de lavado con el consecuente cierre de las bocatomas.

Se tiene proyectado aprovechar, en el futuro, dichos colectores, alterando en parte su trazado a consecuencia de la construcción de dicho ferrocarril, para recibir las aguas servidas del sector oriente de la capital, en un punto cercano a la Plaza Baquedano.

En consecuencia, al estudiar la construcción de una Planta de Tratamiento no debe considerarse el gasto procedente de aguas de lavado.

2.- Areas Regadas con Aguas Servidas.

De la descripción del sistema de riego se desprende a grandes rasgos cuales son las áreas que se riegan con aguas servidas superficiales. En cuanto a la contaminación de la napa subterránea y el uso para riego que de ella pueda hacerse, aparte de la indefinición que encierra, su importancia es secundaria en ese proceso. Por otra parte los caudales extraídos de la napa son utilizados, por lo general, cerca del pozo a través del cual se obtienen. Por tanto, pozo y zona de riego se confunden.

En términos generales puede decirse que no están afectas a contaminación las áreas regadas por el Río Colina, El Estero Lampa y el Estero Angostura cuyos achurados los individualizan en el Plano Nº 5 conforme al detalle del mosaico respectivo.

Igual afirmación puede hacerse con respecto a las áreas regadas por el Río Maipo cuyas bocatomas se encuentran aguas arriba de las descargas del alcantarillado de Puente Alto. Las aguas servidas procedentes de esta ciudad constituyen materia de un estudio diferente. Por tanto, en esta clasificación se hace referencia solo a las áreas que se riegan con aguas servidas de Santiago.

Desde este punto de vista, toda el área regada por canales desprendidos del Maipo ubicados al sur del Zanjón de la Aguada, está exenta de contaminación provocada por la capital. Las zonas regadas por el Canal del Carmen o sea, procedentes del Río Maipo a través del Canal San Carlos, están contaminadas por la descarga individualizada con el Nº 2 en el Plano Nº 8A. Este fenómeno afecta igualmente a las aguas del Canal San Carlos que se vierten al Río Mapocho y se recogen aguas abajo.

En otros términos, toda el área regada con aguas procedentes del Maipo ubicada al norte del Zanjón de la Aguada está afecta a contaminación procedentes del alcantarillado de Santiago.

En las áreas regadas por el Río Mapocho, aquellas que quedan al oriente de la ciudad están exentas de contaminación. No así el resto, incluyendo los sectores del valle de Puangue que a través de los Canales Las Mercedes y Mallarauco, son abastecidos por este río.

Por último, toda el área regada con caudales procedentes del Zanjón de la Aguada están afectas a contaminación.

Esta descripción se visualiza en la observación del Plano Nº 5.

3.- Interrelación entre la red de alcantarillado y el sistema de riego.

Tanto el Río Mapocho como el Zanjón de la Aguada cumplen la doble función de cauces de aguas de riego como de drenes del alcantarillado.

Así alternativamente en el lecho de cada uno caen descargas y están construídas bocatomas para abastecer de riego los terrenos ubicados al poniente de la ciudad.

Este fenómeno reviste una importancia capital y decisiva para este estudio, toda vez que la red de alcantarillado no es susceptible de modificarse, los terrenos regados no pueden quedar de secano, las gradientes no permiten alteraciones en el sistema de canales y no puede aumentarse el número de plantas de tratamiento, en forma arbitraria, sin gravar seriamente el costo del proceso.

Podría decirse que parte importante de la complejidad que encierra sanear de contaminación la vecindad de Santiago se debe a esta interrelación que plantea disyuntivas de difícil conciliación.

No se hará mención aquí a un fenómeno que escapa a todo control y es la evacuación clandestina de escretas y desperdicios a los canales de riego que cruzan la ciudad en tramos que fluyen a tajo abierto, en barrios que cuentan con servicio público de alcantarillado.

Las bocatomas que extraen caudales del Mapocho y del Zanjón de la Aguada, están sometidas a alteraciones frecuentes derivadas especialmente del avance urbanístico. Incluso en momentos de redactar este Informe, se proyecta refundir aquellas que salen del Zanjón en dos obras hidráulicas de las cuales se desprenderían los ramales necesarios para surtir los campos actualmente un riego con caudales de allí procedentes.

En los Planos N^{os}. 8A y 8B se ha ubicado las bocatomas que salen de ambos cauces naturales dentro del área de drenaje y de sus alrededores inmediatos, individualizándolas con números romanos, numeradas siguiendo el Mapocho hacia aguas abajo y el Zanjón hacia aguas arriba de la confluencia con aquel.

El inventario de dichas bocatomas está detallado a continuación en el Cuadro II.3.-

CUADRO II.3

BOCATOMAS EN EL MAPOCHO Y EN EL ZANJON DE LA AGUADA
UBICADAS EN EL AREA DE DRENAJE DE SANTIAGO Y EN SUS
PROXIMIDADES INMEDIATAS.

Nº	CANAL	RIBERA
<u>RIO MAPOCHO</u>		
<u>Numeradas de Oriente a Poniente.</u>		
I	Lo Matta	Sur
II	San Cristóbal	Norte
III	Lo Curro	Norte
IV	Lo Saldes	Sur
V	Manquehue	Norte
VI	Conchalí	Norte
VII	Recabarren Alto	Norte
VIII	Lo Errázuriz	Norte
IX	El Salto	Norte
X	Recabarren Bajo	Norte
XI	San Pedro - El Carmen	Norte
XII	La Pólvora	Norte
XIII	Yungay - Zapata	Sur
XIV	La Punta	Norte
XV	Pudahuel	Norte
XVI	La Africana - Farfana	Norte
XVII	Las Mercedes	Norte
XVIII	Esperanza Alto	Norte
<u>ZANJON DE LA AGUADA</u>		
<u>Numeradas de Poniente a Oriente.</u>		
XIX	Los Pidenes	Sur
XX	Larráin	Sur
XXI	Loma Blanca	Norte
XXII	Rinconada	Norte
XXIII	Maipú Aguada o Porvenir	Norte
XXIV	Los Pajaritos	Sur
XXV	Ortuzano	Norte
XXVI	San José	Norte

C A P I T U L O I I I

CARACTERISTICAS DE LAS AGUAS SERVIDAS1.- Características Físicas.

Diversos reconocimientos efectuados en el Zanjón de la Aguada y el Río Mapocho, mostraron que ambos cursos de agua presentan características similares. Las observaciones realizadas en 1970 en zonas cercanas a Santiago, mostraron que el agua, en ambos cursos, presentaba un color pardo obsouro y una gran turbidez. Además era perceptible un ligero olor, propio de las aguas servidas, a lo largo de los respectivos cursos. Este olor era perceptible aún cuando la temperatura ambiente era de entre 5o y 9o C en el momento de las observaciones.

En el agua se observaba, además, una gran cantidad de sólidos, correspondientes a desperdicios provenientes de las descargas del alcantarillado. La apariencia estética de los cursos de agua en esta zona era extremadamente desfavoragble.

Por otra parte, observaciones realizadas en meses de verano, indican que las emanaciones provenientes de ambos cursos crecen notablemente, produciendo olores muy desagradagbles. En párrafos posteriores de este informe se demostrará que las condiciones observadas son de esperar, debido a la cantidad y características de las aguas servidas que se descargan a los cursos de agua en cuestión.

Si se tiene presente que el Zanjón de la Aguada y el Río Mapocho fluyen a través de áreas densamente pobladas de la ciudad, las características desagradables del agua, tanto

en lo que respecta a la visión como al olfato, se convierten en un factor altamente depresivo en las vidas de una gran cantidad de la población de Santiago.

2.- Características Químicas.

En el Cuadro III.1 se muestran algunos análisis químicos típicos del agua en los ríos Mapocho y Maipo. En este cuadro puede verse que el agua en estos ríos presenta una dureza que varía desde alrededor de 200 hasta más de 400 ppm. Los sólidos son relativamente altos, variando de alrededor de 700 en el Maipo hasta más de 1.000 ppm. en el Mapocho.

Estos análisis del agua no revelan ninguna característica del agua que pueda considerarse un contaminante, o que pueda interferir con el tratamiento de las aguas servidas. El agua parecería tener una relativamente buena capacidad de amortiguamiento -de tampón-, esto es, será resistente a los cambios de pH.

3.- Características Biológicas.

La Información relativa a la calidad biológica del agua en los ríos Maipo y Mapocho, ha sido tomada del informe "La Contaminación del Agua en Residuos Industriales Líquidos" realizado por el Ing. Raúl Merino B. (3)

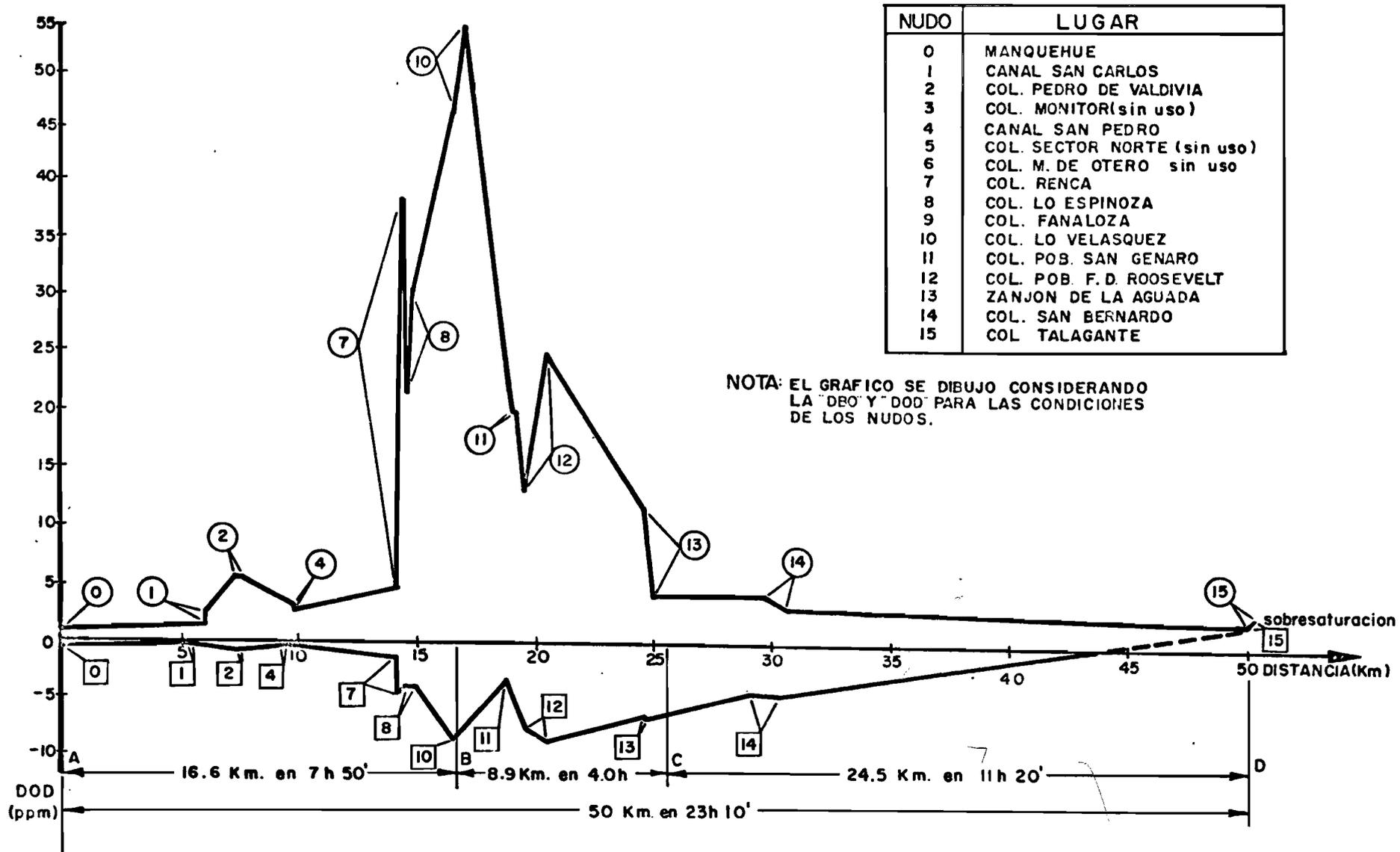
Una parte del trabajo presentado en ese informe, se refiere al muestreo del Río Mapocho, el Zanjón de la Aguada y el Río Maipo, en 15 localizaciones. Las muestras fueron analizadas para determinar la Demanda Bioquímica de Oxígeno -DBO-, el oxígeno disuelto y las bacterias coliformes. Los resultados obtenidos para el DBO y el oxígeno disuelto están indicados en el Gráfico III.1.-

CUADRO III.1ANALISIS QUIMICO DE LAS AGUAS DE LOS RIOS CERCANOS A SAN-
TIAGO.

Río	Mapocho	Maipo	Maipo
Boletín Nº (1)	763	515	94
Fecha	2-59	12-52	3-55
Ubicación	Santiago	Sn. Antonio	Buin
pH	7,5	8,3	7,7
Alcalinidad, como CaCO ₃ , mg/1	86	152	88
Dureza, como Ca CO ₃ mg/1	214	404	316
<u>Sólidos mg/1</u>			
Volátil	28	--	93
Fijos	960	--	628
Disueltos	467	880	706
Suspendidos	621	--	15
Total	1.088	--	721
Cloruro, como Cl ⁻ , mg/1	43	136	104
Hierro, como Fe ⁺⁺ , mg/1	0,05	0,15	0,25
Sulfato, como SO ₄ , mg/1	160	--	214
Calcio, como Ca ⁺⁺ , mg/1	72	--	107
Magnesio, como Mg ⁺⁺ , mg/1	8	--	32
Sodio y Potasio, como Na ⁺ , mg/1	46	--	28
Fluoruro, como F ⁻ , mg/1	0,3	0,2	0,15

(1) Boletines de análisis del Ministerio de Obras Públicas.

GRAFICO III.2



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

En dicho gráfico puede observarse que la contaminación, expresada en términos de DBO, alcanza un máximo en el Río Mapocho justo aguas abajo del colector "Lo Velásquez". Un segundo máximo de inferior magnitud se presenta a escasa distancia aguas abajo del colector que sirve a la Población Roosevelt. Desde allí la contaminación disminuye hasta llegar a sus valores más bajos en el colector Talagante.

El DBO máximo medido aguas abajo del colector "Lo Velásquez" fué de cerca de 58 partes por millón -ppm-. Un valor como este del DBO es varias veces superior del que puede ser aceptado en un curso de agua, si desea prevenirse los malos olores. Se estima que valores sobre 10 o 16 ppm. se traducirán en malos olores durante los meses más cálidos del año.

La evidencia de una contaminación excesiva puede encontrarse al analizar los déficit de oxígeno disuelto, que se anotan también en el mismo Gráfico III.1.- Un déficit de cerca de 9 ppm. de oxígeno disuelto, que es equivalente a cero oxígeno disuelto, ocurre aguas abajo del colector Lo Velásquez y también aguas abajo del colector Población Roosevelt. Gradualmente, a medida que el agua fluye aguas abajo, la reaireación va restaurando el oxígeno perdido por la actividad biológica.

En el Cuadro III.2 se registran los valores máximos y mínimos del índice de bacterias coliformes en el río Mapocho detectados en 1954 por el Dr. José Francisco Franzó. Los valores anotados en el cuadro muestran que el índice varía desde un mínimo de 35 coliformes por cada 100 centímetros cúbicos aguas arriba de la ciudad en el río Mapocho, hasta un máximo de 1.600.000.000 bacterias coliformes por cada 100 centímetros cúbicos de agua, en un punto cercano a la confluencia del río con el Zanjón de la Aguada. Cantidades de coliformes como éstas, indican que el agua que se encuentra

en el río está constituida en ciertos períodos, exclusivamente por desperdicios urbanos.

CUADRO III.2

INDICE COLI EN AGUAS DEL RIO MAPOCHO.(1)

Unidades por cada 100 cm³ de agua.

SECCION DEL RIO MAPOCHO	MINIMO	MAXIMO
A.- Desde la Cordillera hasta Vitacura.	35	16.000
B.- Desde la Cía. Cervecerías Unidas hasta primera descarga del alcantarillado norte, Puente la Máquina.	2.400	9.200.000
C.- Desde el punto anterior hasta confluencia con el Zanjón de la Aguada.	35.000	1.600.000.000
D.- Desde el punto anterior hasta confluencia con el río Maipo.	3.500	92.000.000

- (1) Tomado de Dr. José Francisco Franzó. Índice de Contaminación de Cursos de Aguas Superficiales. Tesis de Preuba para optar al título de Especialista en Salubridad. Escuela de Salubridad, Universidad de Chile, 1954.

En opinión de diversos expertos, es muy difícil mostrar una relación entre la presencia de bacterias asociadas a las aguas servidas en el río y la ocurrencia de enfermedades en la ciudad. Sin embargo, los análisis estadísticos han revelado una alta incidencia de fiebre tifoidea y paratifoidea en Santiago.

La incidencia de estas enfermedades derivadas del agua, parece ser mucho más alta en Santiago que en ciudades de tamaño similar, en otras partes del mundo, que dan un tratamiento adecuado a sus aguas servidas. En el Cuadro III.3 se muestra la incidencia de la fiebre tifoidea y paratifoidea para Chile y Santiago en el período 1947-1965. Estas estadísticas muestran que la incidencia anual de la tifoidea y paratifoidea en Santiago, medida a través de las tasas de mortalidad se han mantenido duplicando e incluso triplicando a la del resto del país en el período considerado.

Un número tan alto de casos de tifoidea como el que muestran las estadísticas para Santiago, es un indicador de una presencia aún mucho mayor de otras enfermedades derivadas de la contaminación del agua, como la disentería, diarrea y otras enfermedades que normalmente no son informadas a las autoridades médicas. Estas últimas enfermedades, si bien de menor gravedad, tienen como consecuencia una pérdida de tiempo de trabajo y una reducción general del nivel de salud de la comunidad.

//.

CUADRO III,3INDICES DE CASOS DE FIEBRE TIFOIDEA Y PARATIFOIDEA.

Casos por cada 100.000 habitantes

Año	MORBILIDAD		MORTALIDAD	
	Santiago	Resto del país	Santiago	Resto 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

4.- Selección de colectores para ser investigados.

Los antecedentes disponibles para aproximarse a la ingeniería de este estudio eran muy rudimentarios, tanto en la cuantía del gasto actual a tratarse como a las características de esos caudales.

De allí surgió la exigencia de realizar aforos y a nálisis químicos en una magnitud tal que sus resultados fueron lo suficientemente representativos como para realizar una evaluación preliminar de las plantas en estudio.

Naturalmente que esta investigación, dado el número de colectores afluentes al Mapocho y al Zanjón de la Aguada, debiera restringirse a una muestra. En efecto, de los Cuadros II.1 y II.2 se desprende que una investigación exhaustiva habría requerido aforar y analizar los caudales de 54 colectores, tarea de un costo muy elevado. Por o tra parte, de esos mismos Cuadros se desprende que muchos de tales colectores son de dimensiones pequeñas y que el gasto que por ellos escurría en los años 1957 y 1958 era muy reducido.

De la observación de los Cuadros II.1 y II.2 y considerando juicios apreciativos y estimaciones fundadas del personal de la Administración de Alcantarillado de Santiago, se seleccionó ocho colectores para ser investigados que representaban en aquellos años una cifra superior al 60% de las aguas servidas del área de drenaje.

Además estos ocho colectores sirven otros tantos sectores, individualizados con achurados diferentes en los Planos N^{os}. 8A y 8B, que cubren parte importante de la superficie urbana de la ciudad.

Estos colectores y los sectores que drenan se detallan a continuación en el Cuadro III.4.-

CUADRO III. 4.

COLECTORES SELECCIONADOS Y SECTORES QUE DRENAN..

COLECTOR		SECTOR
DESIGNACION	NUMERO	
ULTRA MAPOCHO	5	C
SANTA MARIA	7	B
LO ESPINOZA	8	D
QUILICURA	16	A
PEDRO DE VALDIVIA	18	F
OCHAGAVIA	32	H
VALENZUELA LLANOS	39	G
CANAL A-H	48	E

5.- Aforos.

Los colectores seleccionados e indicados en el Cuadro III. 4, fueron aforados, en series sistemáticas de mediciones realizadas en el período comprendido entre el 15 de Enero y el 23 de Abril de 1970.

Dichos aforos se realizaron en días Martes a Viernes y la mayoría de ellos entre las 11 y las 14 horas con resultados muy regulares.

Una serie especial de medidas se realizó, en cada colector, durante un día completo con una periodicidad de tres a cuatro horas aproximadamente. Esta verificación permitió establecer que las crecidas máximas diarias de cada colector se producen en torno al mediodía, con lo cual, las series registradas a esas horas en el primer juego de mediciones representaban los gastos máximos diarios.

Simultáneamente a los aforos se recogió muestras de agua que fueron analizadas en la forma que se describe en el párrafo 6 de este Capítulo y cuyos resultados allí se consig^unan.

El número de aforos realizados en cada colector se indican a continuación en el Cuadro III.5.-

CUADRO III.5

NUMERO DE AFOROS REALIZADOS EN LOS COLECTORES SELECCIONADOS

Período 15 Enero 1970-23-IV-1970

C O L E C T O R		NUMERO DE AFOROS
DESIGNACION	NUMERO	
ULTRA MAPOCHO	5	41
SANTA MARIA	7	28
LO ESPINOZA	8	36
QUILICURA	16	58
PEDRO DE VALDIVIA	18	53
OCHAGAVIA	32	45
VALENZUELA LLANOS	39	77
CANAL A-H	48	65
T O T A L		403

Los gastos registrados al recogerse las muestras que fueron analizadas, así como el día y hora en que fueron tomadas, se indican en los Cuadros III.7 a, b, c, d, e, f, g, h, insertados más adelante, en los cuales se resumen los antecedentes recogidos para cada colector seleccionado.

6.- Análisis de los Caudales de los Collectores Seleccionados.

Para disponer de una adecuada información en la elección de tratamiento de las aguas servidas, es necesario conocer su composición química, la magnitud y tipo de los sólidos en suspensión, la demanda bioquímica de oxígeno, la dureza, la demanda de cloro y otras características.

Todos son antecedentes necesarios. Sin embargo, no todas esas características son igualmente fluctuantes ni todas se requieren con igual precisión, razones por la cual la frecuencia requerida de su investigación es diferente.

De la discusión al respecto se desprende que debe realizarse los análisis que se describen a continuación y que comprenden la investigación de los elementos que en cada uno se detallan.

a.- ANALISIS BASICO.

Sólidos volátiles, fijos y totales.

pH

Oxígeno disuelto

Nitrógeno en todas sus formas

Fósforo

Sulfuros.

b.- ANALISIS SUPLEMENTARIO.

Fosfatos

Grasas

Sulfatos

c.- ANALISIS OCASIONAL.

Fierro

Manganeso

Plomo

Cobre

Zinc

Arsénico

Cloruros

Sodio

Potasio

Boro

Calcio

Magnesio

d.- DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (DBO).

e.- DEMANDA DE CLORO.

Para los efectos de este último análisis, se define como demanda de cloro la cantidad de este elemento que es necesario agregar para lograr una concentración residual de cloro de 1 mg/1t.

De los análisis indicados se realizó, de muestras obtenidas en los diversos colectores, las cantidades señaladas a continuación en el Cuadro III.6 y sus resultados, excepto la demanda de cloro, están resumidos en los Cuadros III.7 a, b, c, d, e, f, g, h.

CUADRO III. 6ANALISIS REALIZADOS A MUESTRAS DE LOS COLECTORES SELECCIONADOS.

ESPECIFICACION DEL ANALISIS	NUMERO
BASICO	74
SUPLEMENTARIOS	9
OCASIONALES	8
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	42
DEMANDA DE CLORO	4
T O T A L	137

Como se indicó más atrás, en los ocho colectores seleccionados, se realizó dos tipos de muestreos. El primero consistió en la extracción de una muestra una vez al día midiendo simultáneamente el gasto al momento de tomarla.

El segundo tipo de muestras analizadas fueron recogidas durante 24 horas en cada colector con una periodicidad de tres a cuatro horas. Asimismo, en estos casos se midió el gasto que escurría al obtenerla.

El detalle de este muestreo en cada colector incluyendo fecha, día de la semana y hora en que se realizó, además del gasto que escurría, temperatura del agua y resultados del análisis practicado, se presenta en los Cuadros III. 7 a, b, c, d, e, f, g, h.-

Para visualizar las variaciones horarias de los indicadores claves para la determinación del tratamiento, se ha confeccionado los Gráficos III.2 a, b, c, d, e, f, g, h.

En ellos se presenta las cantidades de gasto, DBO, sólidos fijos, volátiles y totales registrados en las mediciones realizadas en diversas horas del mismo día.

CUADRO III.7 a

RESUMEN DE ANTECEDENTES DE LOS COLECTORES SELECCIONADOS.

COLECTOR N° 5 = ULTRA MAPOCHO

LUGAR DE MUESTREO = DESEMBOCADURA

FECHA	19- II -70	5- III -70	20- III -70	1-IV-70					
DIA	Jueves	Jueves		Loyosa		Granate		Amarillo	
HORA	13,30	11,50	12,20	6,45	9,10	13,00	14,40	17,00	20,00
Q: m ³ /seg	0,340	0,529	0,531	0,429	0,536	0,545	0,480	0,513	0,471
°C	20,50	21,30	20,50	18,70	19,30	20,50	20,00	20,60	21,00
COLOR		Amarillos	Reizos	Loyosa		Granate		Amarillo	
D.S.O.	ppm				270		260		230
Ph	ppm	8,75	9,20	9,30	10,05		9,30	8,85	9,40
Sólidos Totales	ppm	1.595,00	2.074,00	1.850,00	1.461,00		1.621,00	1.922,00	2.157,00
Sólidos Volátiles	ppm	421,00	321,00	652,00	222,00		393,00	529,00	446,00
Sólidos Fijos	ppm	1.177,00	1.153,00	1.198,00	1.239,00		1.223,00	1.393,00	1.711,00
Sólidos en Suspensión	ppm	585,00	510,00	259,00	361,00		326,00	322,00	175,00
Sólidos Sedimentables	ppm	66,40	64,80	114,80	8,40		50,00	6,40	3,20
Sólidos Disueltos	ppm	1.013,00	1.564,00	1.592,00	1.100,00		1.295,00	1.600,00	1.981,00
Nitrógeno de Nitritos	ppm	0,20	0,15	0,05	0,10		0,15	0,18	0,35
Exp. como NO ₂	ppm	0,65	0,49	0,16	0,33		0,49	0,58	1,15
Nitrógeno de Nitros	ppm	0,53	2,20	0,44	0,22		1,25	0,59	0,45
Exp. como NO ₃	ppm	2,35	9,75	1,95	0,97		5,53	2,61	1,99
Nitrógeno Amiacal	ppm	16,90	24,30	39,00	4,58		11,40	34,35	26,94
Exp. como NH ₄ ⁺	ppm	21,73	31,35	50,30	6,03		14,70	44,66	34,75
Nitrógeno Organico	ppm	3,40	6,95	8,77	9,24		2,92	3,07	1,68
Fósforo (P)	ppm	2,50		2,65				3,25	
Exp. como PO ₄	ppm	7,70		8,12				9,96	
Exp. como P ₂ O ₅	ppm	5,73		6,07				7,44	
Oxígeno Disuelto	ppm	0,00	0,71	0,96	2,09		2,08	0,73	4,20
Turbidez	ppm	220,00	800,00	550,00	180,00		350,00	265,00	135,00
Sulfuro Total	ppm	0,11	0,00	4,80	8,80		0,00	0,00	0,00
Consumo de Oxígeno	ppm								
Grasa	ppm	74,10		53,50				46,60	
Sulfatos (SO ₄ ²⁻)	ppm	266,00		328,80				360,50	
Zinc	ppm			0,60				1,30	
Cobre	ppm			0,40				0,35	
Fierro	ppm			3,00				3,75	
Manganeso	ppm			0,06				0,10	
Plomo	ppm			0,25				0,35	
Cloruros	ppm			228,70				368,70	
Arsénico	ppm			0,08				0,00	
Boro	ppm			0,00				0,00	
Calcio	ppm			138,70				148,20	
Magnesio	ppm			12,60				27,10	
Sodio	ppm			284,00				296,00	
Potasio	ppm			20,80				41,50	
Dureza total como CaCO ₃	ppm			398,40				432,10	

CUADRO III.7 b

RESUMEN DE ANTIQUEDADES DE LOS COLECTORES SELECCIONADOS.

COLECTOR N° 7 = SANTA MARIA

LOGAR DE MUESTREO = SALIDA AL MAPOCHO

FECHA	12-11-70	26-11-70	12-11-70	1-IV-70				
DIA	Jueves	Jueves	Jueves	Miércoles				
HORA	14,30	13,25	12,05	7,35	9,40	14,00	17,35	22,15
Velocidad	0,98	0,80	0,84	0,44	0,84	0,73	0,71	0,66
Temp	21,30	20,70	20,60	18,00	18,90	19,10	19,70	19,00
COLOR			Rojizo	Verde		Verde	Chocolate	Natural
G.B.O.					290	300		200
Pn	7,10	6,55	7,05	7,50		6,95	7,35	7,15
Sólidos Totales	423,00	1.234,00	1.896,00	1.161,00		1.766,00	1.612,00	1.223,00
Sólidos Volátiles	489,00	442,00	582,00	279,00		538,00	387,00	277,00
Sólidos Fijos	934,00	792,00	1.314,00	882,00		1.228,00	1.225,00	946,00
Sólidos en Suspensión	276,00	251,00	412,00	122,00		304,00	265,00	62,00
Sólidos Sedimentables	38,40	20,80	64,80	12,00		31,20	15,60	5,20
Sólidos Disueltos	1.147,00	983,00	1.484,00	1.039,00		1.462,00	1.347,00	1.661,00
Nitrogeno de Nitritos	0,18	0,05	0,15	0,05		0,25	0,27	0,20
Exp. como NO2	0,58	0,16	0,49	0,16		0,82	0,89	0,66
Nitrogeno de Nitratos	0,34	0,48	0,19	0,51		0,24	0,22	0,29
Exp. como NO3	1,50	2,10	0,84	2,25		1,06	0,97	1,28
Nitrogeno Amoniacoal	17,95	27,41	31,40	15,35		25,14	22,66	22,99
Exp. como NH4	23,07	35,36	40,51	19,80		32,43	29,50	29,67
Nitrogeno Organico	1,72	3,87	4,02	0,51		2,19	1,75	2,19
Fósforo (P)							1,60	
Exp. como P04							4,90	
Exp. como P2O5							3,67	
Oxigeno Disuelto	0,00	0,00	0,00	0,68		0,00	0,15	0,49
Turbidez	161,00	280,00	380,00	75,00		410,00	330,00	140,00
Sulfuro Total	34,66	10,60	5,05	0,00		0,26	0,26	0,00
Consumo de Oxigeno								
Grasa							20,10	
Sulfatos (SO4 ²⁻)							384,40	
Zinc							1,50	
Cobre							0,48	
Hierro							3,88	
Manganeso							0,10	
Plomo							0,30	
Cloruros							255,20	
Arsenico							0,09	
Boro							0,00	
Calcio							178,50	
Magnesio							11,60	
Sodio							222,60	
Potasio							18,30	
Dureza total como CaCO3							494,10	

CUADRO III.7 f

..71.

RESUMEN DE ANTECEDENTES DE LOS COLECTORES SELECCIONADOS.

COLECTOR N° 32 = OCHAGAVIA
LUGAR DE MUESTREO = CARRETERA SUR

FECHA	20-11-70	15-11-70	20-11-70	15-IV-70	16-IV-70					
DIA	Viernes	Viernes	Viernes	Miércoles						
HORA	13,40	13,35	13,50	19,35	23,50	3,50	7,40	12,40	16,50	20,35
Q: m ³ /seg	0,40	0,51	0,51	0,40	0,35	0,23	0,28	0,45	0,45	0,36
T° C	20,60	20,40	19,00	18,50	18,10	18,00	17,90	18,50	18,50	18,30
COLOR					Café					
D.B.U.	pp.m			300	310	160	150	290	400	140
Ph	pp.m	7,05	6,85	6,95	7,25	7,00	7,10	7,20	7,25	7,10
Sólidos Totales	pp.m	1045,00	1201,00	1758,00	1333,00	1324,00	1073,00	1322,00	1393,00	1303,00
Sólidos Volátiles	pp.m	332,00	413,00	553,00	245,00	304,00	226,00	334,00	409,00	327,00
Sólidos Fijos	pp.m	713,00	788,00	1205,00	1088,00	1030,00	747,00	988,00	984,00	976,00
Sólidos en Suspensión	pp.m	266,00	143,00	659,00	286,00	138,00	23,00	251,00	171,00	96,00
Sólidos Sedimentables	pp.m	64,00	19,60	92,00	44,80	13,60	2,40	51,60	26,80	6,40
Sólidos Disueltos	pp.m	819,00	1056,00	1099,00	1047,00	186,00	1050,00	1071,00	1222,00	207,00
Nitrógenos de Nitrato	pp.m	0,48	0,18	0,15	0,38	0,15	0,18	0,10	0,30	0,20
Exp. como NO ₂	pp.m	0,59	0,59	0,49	1,25	0,49	0,58	0,33	0,99	0,66
Nitrógenos de Nitrito	pp.m	0,45	0,25	0,32	0,82	0,05	0,32	0,81	0,14	0,78
Exp. como NO ₃	pp.m	2,00	1,11	1,47	3,63	0,22	1,42	3,58	0,62	3,37
Nitrogeno Amoniacal	pp.m	31,46	37,21	35,52	27,30	41,90	21,24	45,76	25,15	32,50
Exp. como NH ₄ ⁺	pp.m	40,20	48,00	45,82	35,22	54,05	31,17	58,83	32,33	41,79
Nitrogeno Organico	pp.m	3,58	1,25	3,66	1,92	2,55	1,69	2,92	2,92	2,49
Fósforo (P)	pp.m			1,84	4,90	2,50	1,84	4,25	5,40	3,10
Exp. como PO ₄	pp.m			5,64	15,02	3,66	5,75	13,03	16,56	9,50
Exp. como P ₂ O ₅	pp.m			4,22	11,22	5,70	4,21	9,73	12,37	7,10
Oxígeno Disuelto	pp.m	0,00	0,00	0,00	0,48	0,05	0,00	0,05	0,03	0,04
Turbidez	pp.m	225,00	210,00	600,00	180,00	140,00	75,00	270,00	250,00	290,00
Sulfuro Total	pp.m	18,90	2,13	56,00	0,26	0,40	0,00	0,00	0,00	0,66
Consumo de Oxígeno	pp.m				76,00	64,40	45,60	87,20	84,00	56,80
Grasa	pp.m			15,30						
Sulfatos (SO ₄ ²⁻)	pp.m			207,80						
Zinc	pp.m							2,15		
Cobre	pp.m							3,00		
Hierro	pp.m							4,88		
Manganeso	pp.m							0,10		
Plomo	pp.m							0,20		
Cloruros	pp.m							258,80		
Arsenico	pp.m							0,09		
Boro	pp.m							0,00		
Calcio	pp.m							151,40		
Magnesio	pp.m							16,50		
Sodio	pp.m							191,50		
Potasio	pp.m							20,80		
Dureza total como CaCO ₃								446,20		

CUADRO III.7 g

..72.

RESUMEN DE ANTECEDENTES DE LOS COLECTORES SELECCIONADOS.

COLECTOR N° 39 = VALENZUELA LLANOS
LUGAR DE MUESTREO = SAN JOAQUIN

FECHA DIA	10-1-70					15-1-70					20-1-70				
	Martes	Martes	Martes	Martes	Jueves	Miércoles	Miércoles	Miércoles	Miércoles	Jueves	Jueves	Jueves	Jueves		
HORA	14,50	14,35	14,20	11,15	13,41	17,10	22,15	23,20	3,05	7,10	7,40	12,15	16,00	20,00	
Q: m ³ /seg.	0,122	0,123	0,119	0,139	0,148	0,133	0,121	0,111	0,143	0,151	0,152	0,148	0,138	0,123	
T° C	19,0	20,0	20,4	19,3	18,1	17,5	17,1	17,1	16,5	16,7	16,9	17,5	17,5	17,5	
COLOR											Incoloro				
U.B.O.	pp.m					240		320	60	170		250	140	200	
Ph		7,35	7,30	7,00	7,10	6,90	7,35	7,55		7,23	6,20	7,95	7,10	7,35	7,35
Sólidos Totales	pp.m	957,00		1411,00	1127,00	1421,00	1233,00	1175,00		1000,00	1024,00	1108,00	1185,00	1149,00	1204,00
Sólidos Volátiles	pp.m	306,00		439,00	323,00	343,00	212,00	278,00		202,00	232,00	224,00	273,00	326,00	298,00
Sólidos Fijos	pp.m	651,00		972,00	804,00	1078,00	1021,00	897,00		798,00	792,00	884,00	913,00	823,00	906,00
Sólidos en Suspensión	pp.m	186,00		242,00	203,00	181,00	74,00	100,00		6,00	12,00	11,00	47,00	141,00	61,00
Sólidos Sedimentables	pp.m	34,80		46,80	49,60	51,20	3,00	46,40		0,80	4,40	6,40	6,80	26,00	10,40
Sólidos Disueltos	pp.m	783,00		1159,00	924,00	1240,00	1159,00	1075,00		994,00	1012,00	1057,00	139,00	1008,00	1143,00
Nitrógeno de Nitratos	pp.m	0,05		0,10	0,23	0,05	0,35	0,28		1,00	1,75	0,25	0,05	0,08	0,35
Exp como NO ₂	pp.m	0,16		0,33	0,76	0,16	1,16	0,92		3,30	5,78	0,83	0,16	0,24	1,16
Nitrógeno de Nitratos	pp.m	0,64		0,73	0,99	0,47	0,10	0,18		0,20	7,85	0,03	0,31	0,88	0,35
Exp como NO ₃	pp.m	2,84		3,23	4,38	2,08	0,44	0,80		0,87	34,77	0,13	1,37	3,85	1,55
Nitrógeno Amoniacal	pp.m	22,80		22,11	26,55	22,30	25,87	29,93		24,24	23,24	32,90	42,25	24,20	29,24
Exp como NH ₄	pp.m	29,30		28,42	44,25	28,76	33,40	38,61		39,27	29,86	42,28	54,32	31,11	37,59
Nitrógeno Orgánico	pp.m	2,44		3,15	1,81	2,04	1,46	2,04		1,68	1,31	1,24	5,55	2,45	2,63
Fósforo (P)	pp.m		6,30			1,91	4,00	0,18		0,72	1,30	2,05	4,25	4,60	4,25
Exp como PO ₄	pp.m		19,30			5,85	12,26	0,55		2,21	3,98	6,29	13,03	14,10	13,03
Exp como P ₂ O ₅	pp.m		14,40			4,37	9,16	0,41		1,65	2,97	4,69	9,73	16,53	9,73
Oxígeno Disuelto	pp.m	0,00		0,00	0,00	0,00	0,83	0,97		4,20	1,70	0,35	0,20	0,95	0,70
Turbidez	pp.m	97,00		155,00	260,00	330,00	120,00	101,00		25,00	27,00	64,00	103,00	155,00	44,00
Sulfuro Total	pp.m	0,00		9,33	3,60	9,30	0,00	0,80		0,00	0,00	0,00	0,53	0,00	0,40
Consumo de Oxígeno	pp.m						48,80	18,40		7,20	18,40	23,60	60,00	55,60	52,80
Grasas	pp.m		97,60			21,50									
Sulfatos (SO ₄)	pp.m		157,20			281,50									
Zinc	pp.m												0,50		
Cobre	pp.m												0,30		
Hierro	pp.m												2,45		
Manganeso	pp.m												0,10		
Plomo	pp.m												0,25		
Cloruros	pp.m												237,50		
Arsénico	pp.m												0,10		
Boro	pp.m												0,00		
Calcio	pp.m												175,40		
Magnesio	pp.m												15,50		
Sodio	pp.m												162,80		
Potasio	pp.m												20,20		
Dureza total como CaCO ₃	pp.m												502,00		

CUADRO III.7 h

..73.

RESUMEN DE ANTECEDENTES DE LOS COLECTORES SELECCIONADOS.

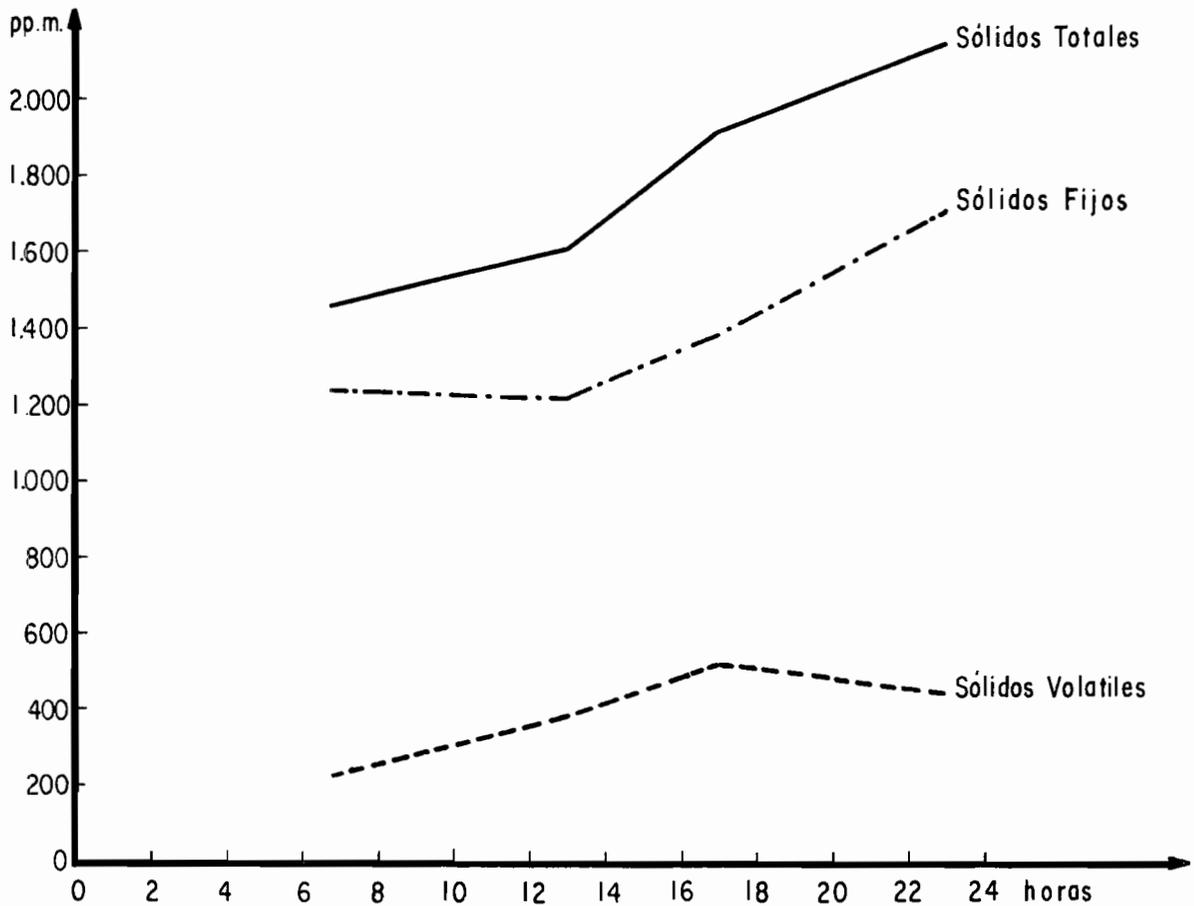
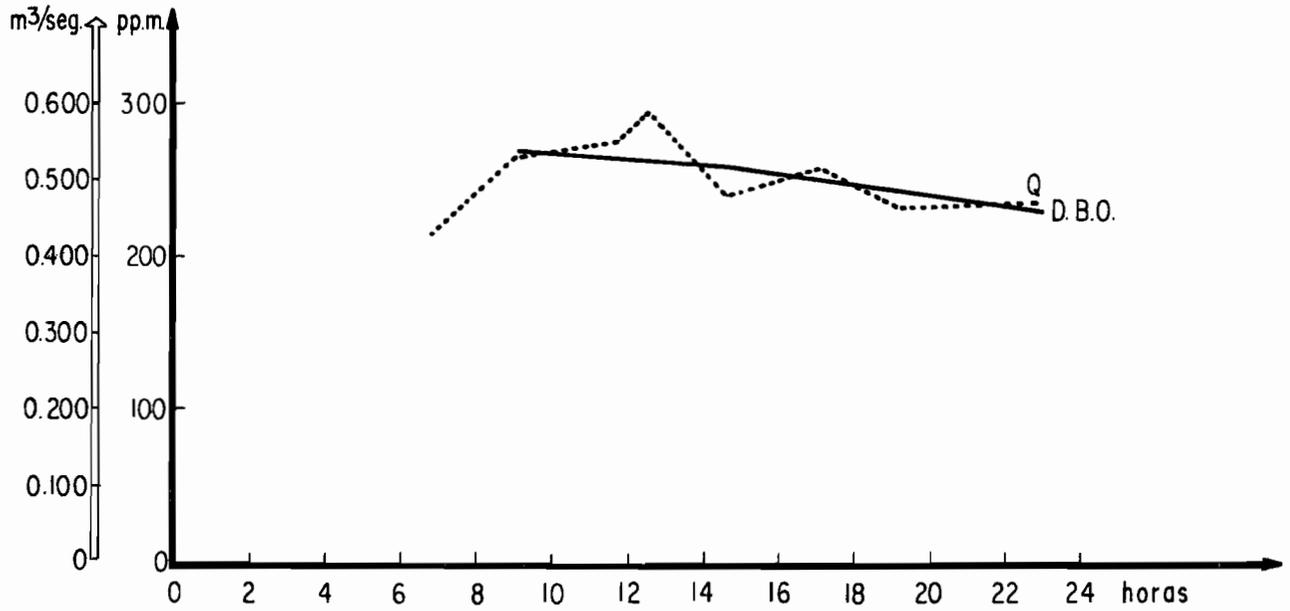
COLECTOR N° 48 = CANAL A-H
LUGAR DE MUESTREO = CASETA D.O.S.

FECHA	27-1-70	0-II-70	24 II 70	10-II-70	8-IV-70										
DIA	Martes	Martes	Martes	Martes	Miércoles										
HORA	14,10	14,15	14,20	12,50	0,30	5,15	9,00	13,00	14,00	17,00	19,00	20,15	21,00	20,30	
Q = m ³ /seg	1,75	1,80	2,05	2,17	2,11	1,81	2,70	3,18	3,27	3,30	3,24	3,03	2,83	2,47	
T° C	20,5	21,00	20,40	20,11	16,00	16,00	16,00	17,50	17,50	17,50	17,50	17,00	17,00	16,00	
COLOR			A-Elect								Colorado				
D.B.O. pp.m						180	200		330		700	490		320	
Ph pp.m	7,30	6,90	7,15	7,05	7,25	6,90	7,45	6,75		7,00			8,35		
Sólidos Totales pp.m	861,00	1028,00	1020,00	156,00	1008,00	1025,00	354,00	1250,00		1281,00			1161,00		
Sólidos Volátiles pp.m	269,00	305,00	277,00	356,00	221,00	254,00	413,00	338,00		368,00			360,00		
Sólidos Fijos pp.m	592,00	723,00	743,00	803,00	787,00	761,00	927,00	912,00		913,00			801,00		
Sólidos en Suspensión pp.m	162,00	215,00	246,00	183,00	14,00	22,00	158,00	172,00		497,00			87,00		
Sólidos Sedimentables pp.m	41,20	82,40	76,00	30,00	7,50	6,00	17,60	13,60		7,60			3,60		
Sólidos Disueltos pp.m	99,60	81,00	77,00	97,00	99,00	100,00	196,00	170,00		73,40			107,00		
Nitrogeno de Nitritos pp.m	0,15	0,10	0,10	0,20	0,40	0,72	0,42	0,39		0,20			0,55		
Exp como NO2 pp.m	0,49	0,33	0,33	0,66	1,32	2,37	1,39	1,29		0,66			1,82		
Nitrogeno de Nitratos pp.m	0,88	0,50	0,17	0,73	0,37	0,12	0,23	0,10		0,70			0,83		
Exp. como NO3 pp.m	3,90	2,22	0,75	3,23	1,63	0,53	1,01	0,41		3,10			3,67		
Nitrogeno Amoniacal pp.m	21,20	14,00	17,65	22,40	19,70	3,95	37,96	29,05		17,23			17,37		
Exp como NH4 + pp.m	27,20	19,20	22,80	28,90	25,41	5,09	48,36	37,48		22,22			22,40		
Nitrogeno Orgánico pp.m	2,01	1,86	1,87	1,66	1,46	1,75	2,70	2,04		1,83			0,73		
Fósforo (P) pp.m			1,71		2,24	0,58	3,10	2,30		1,98			2,45		
Exp como PO4 pp.m			5,24		6,86	1,77	9,50	7,05		6,07			7,51		
Exp como P2 O5 pp.m			3,92		5,13	1,32	7,10	5,27		4,53			5,61		
Oxigeno Disuelto pp.m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,68	1,07	0,00	0,83		1,16			0,34		
Turbidez pp.m	98,00	130,00	190,00	200,00	79,00	37,00	83,00	102,00		123,00			75,00		
Sulfuro Total pp.m	0,11	13,30	0,49	5,33	0,00	0,00	0,01	0,00		0,00			0,00		
Consumo de Oxigeno pp.m					35,20	17,60	65,60	60,00		68,80			51,20		
Grosos pp.m			20,40												
Sulfatos (SO4) pp.m			248,60												
Zinc pp.m			0,25												
Cobre pp.m			0,68												
Hierro pp.m			4,13												
Manganeso pp.m			0,05												
Piomo pp.m			0,20												
Cloruros pp.m			134,70												
Arsenico pp.m			0,18												
Boro pp.m			0,00												
Calcio pp.m			131,00												
Magnesio pp.m			13,50												
Sodio pp.m			109,00												
Potasio pp.m			12,80												
Dureza total como CaCO3			326,50												

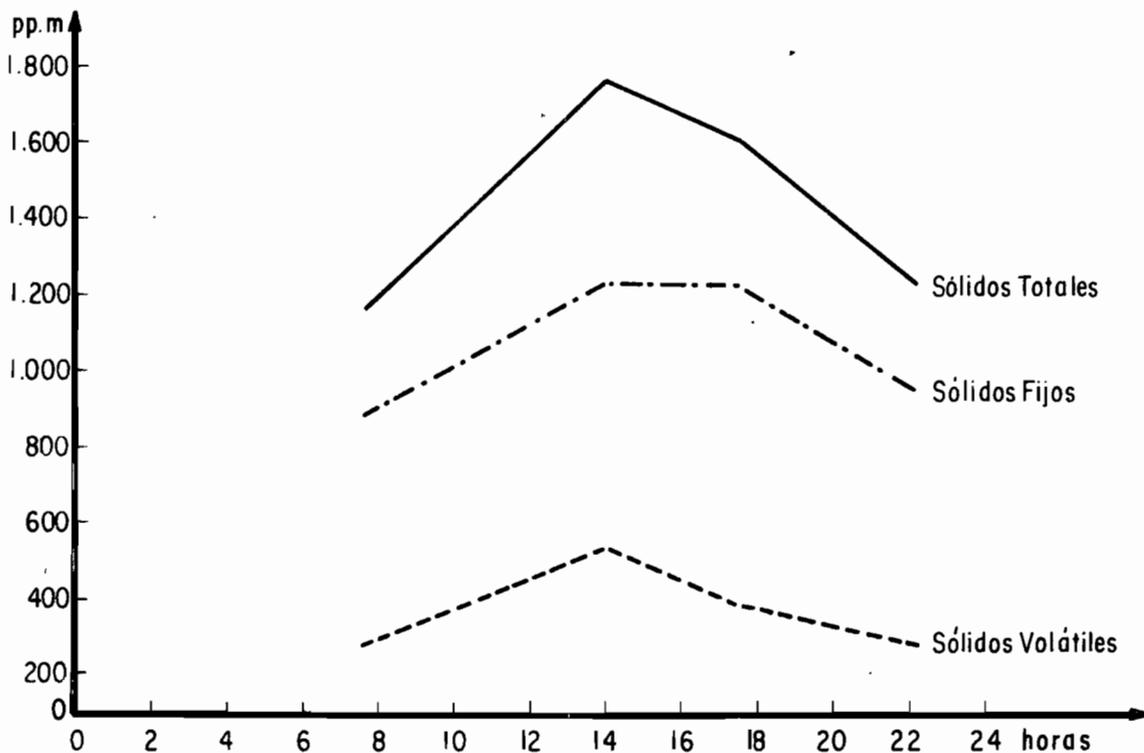
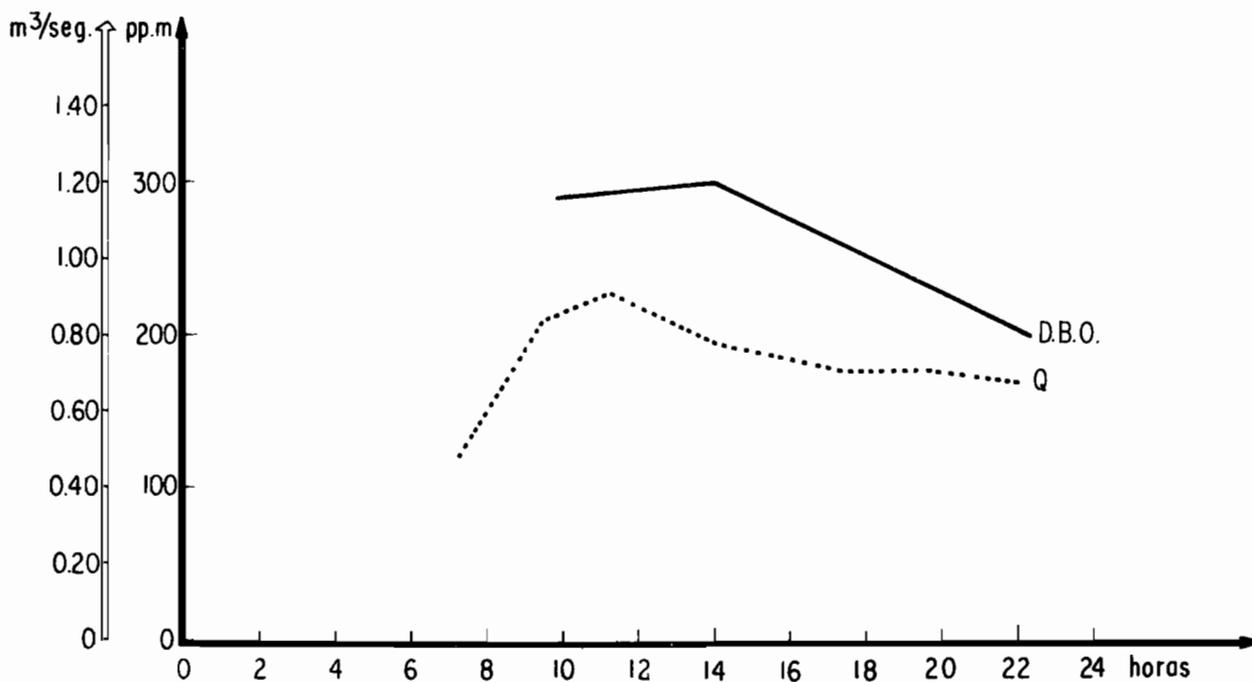
III. A LA CAJADO ~ 0,15 m³/seg

(2) EN ESTE CANAL ESTAN CONSIDERADAS LAS AGUAS DEL CANAL "LA PAVA" ~ 0,8 m³/seg.

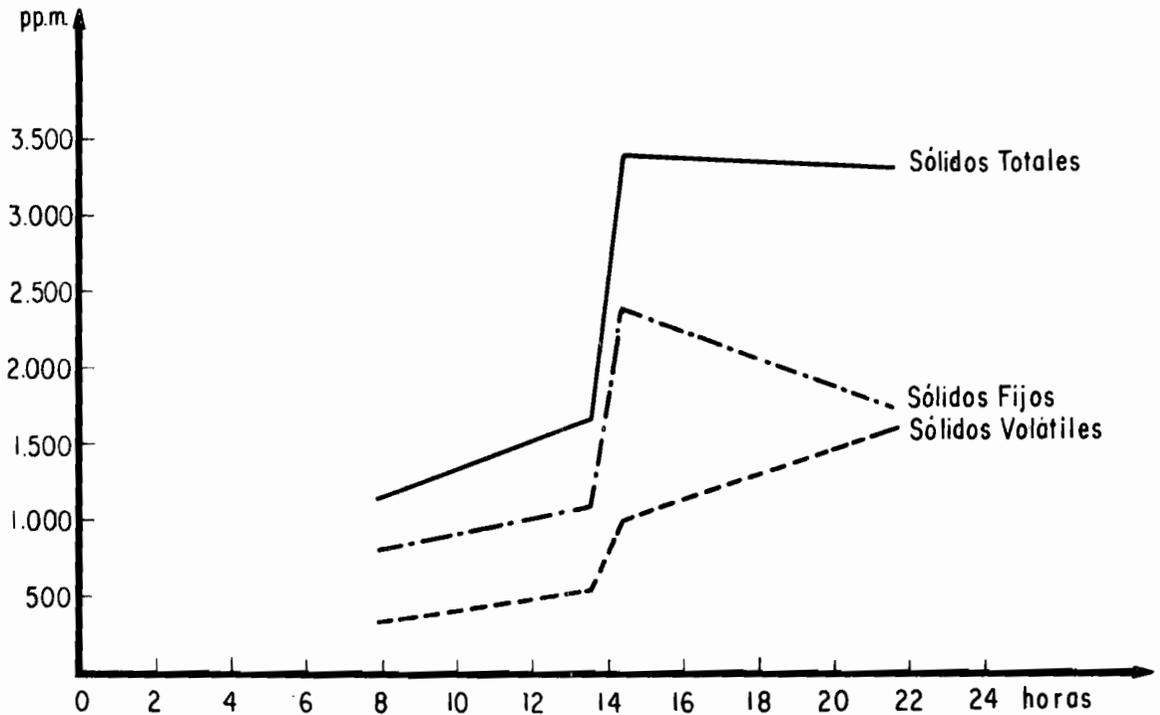
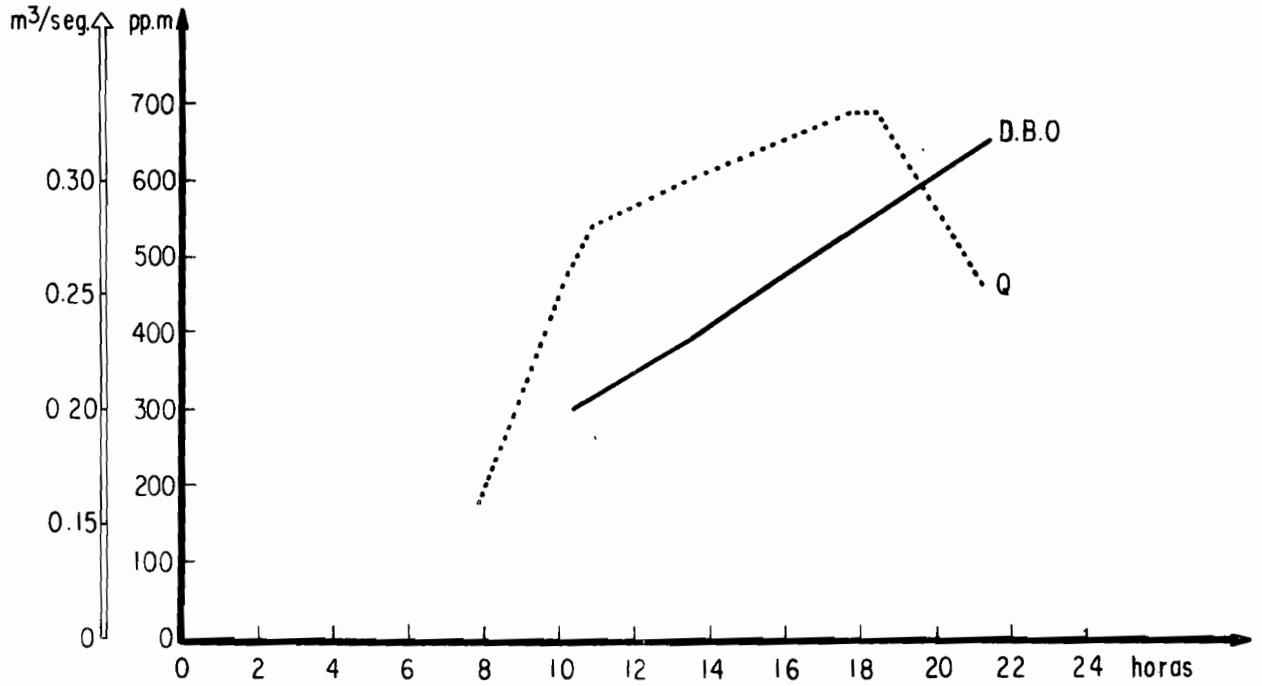
NUMERO COLECTOR : 5
 NOMBRE COLECTOR : ULTRA MAPOCHO
 LUGAR MUESTREO : DESEMBOCADURA
 FECHA : 1-IV-70



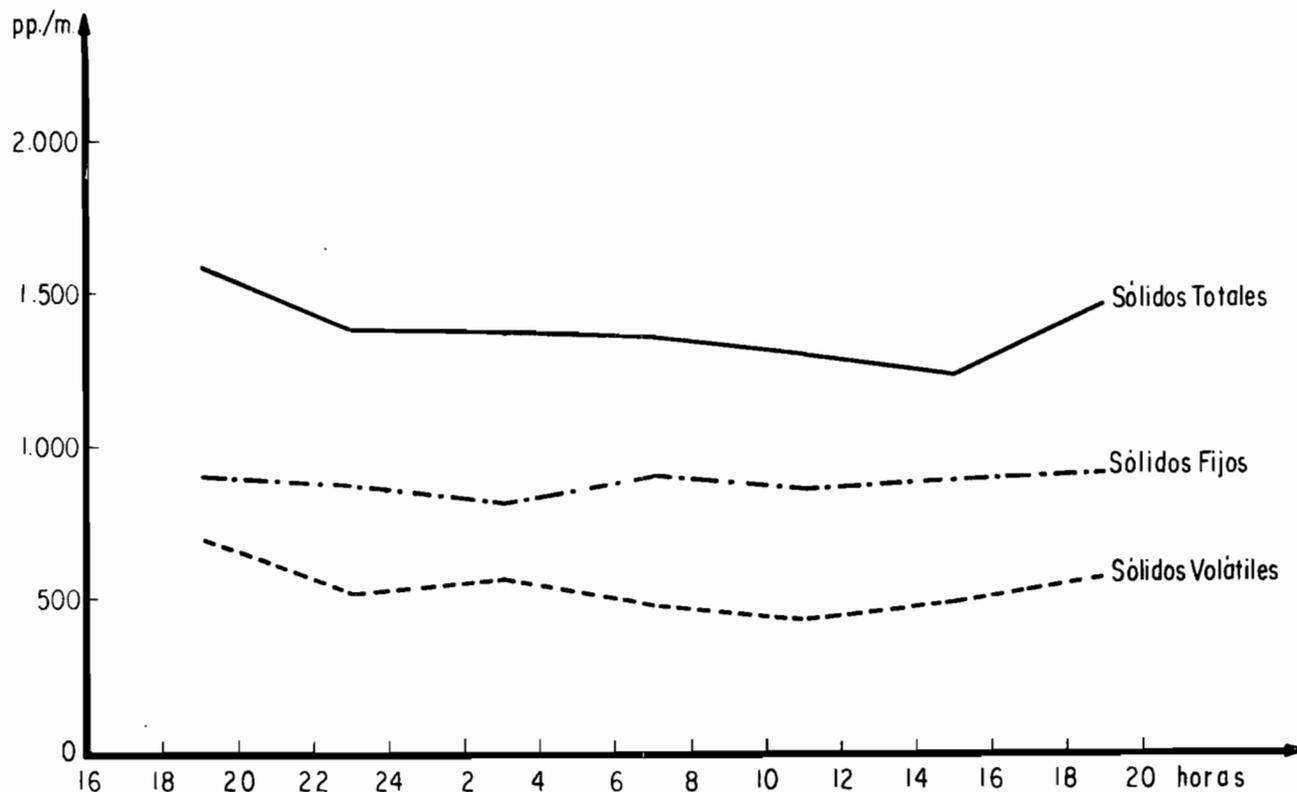
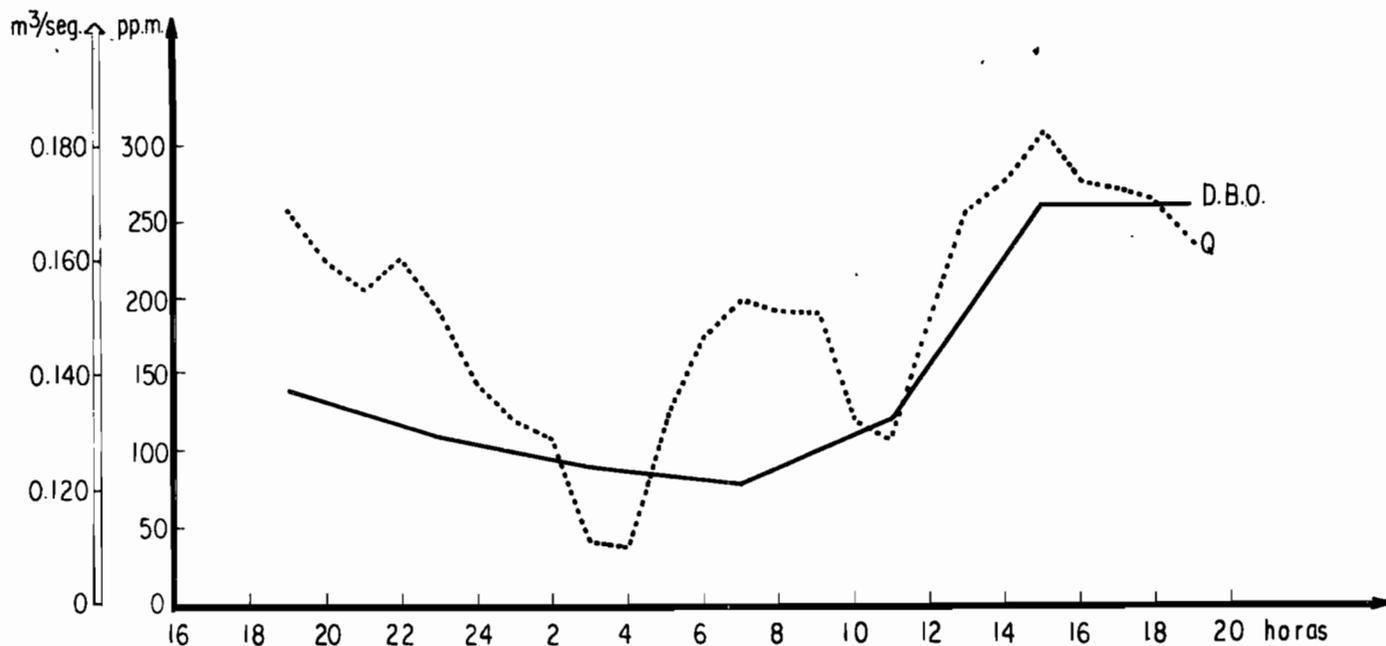
NUMERO COLECTOR : 7
 NOMBRE COLECTOR: SANTA MARIA
 LUGAR MUESTREO: SALIDA AL MAPOCHO
 FECHA : 1-IV-70



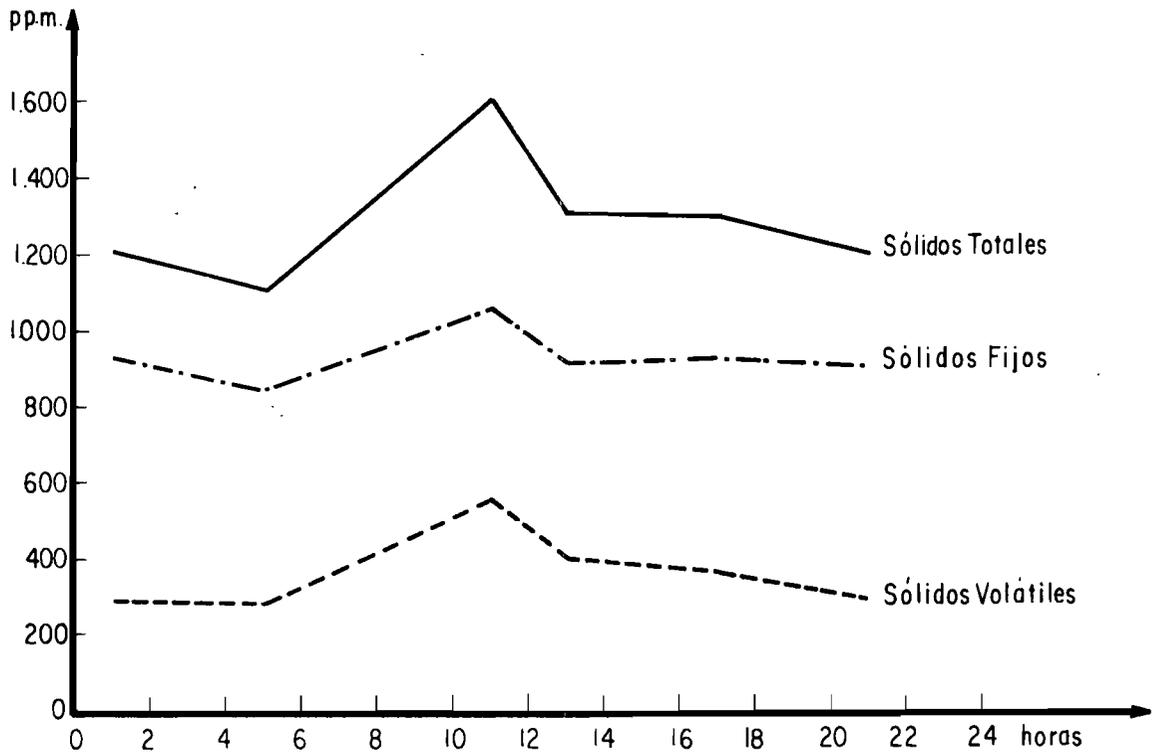
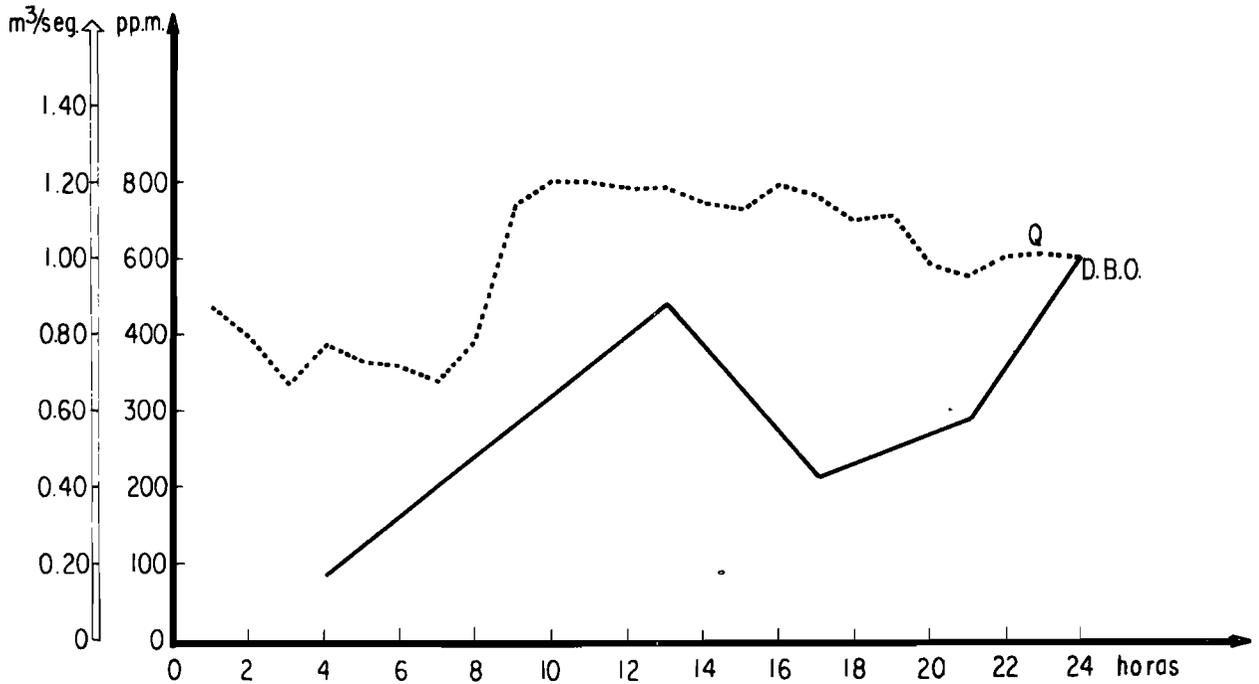
NUMERO COLECTOR: 8
 NOMBRE COLECTOR: LO ESPINOZA
 LUGAR MUESTREO: CANAL DE SALIDA
 FECHA : 1-IV-70



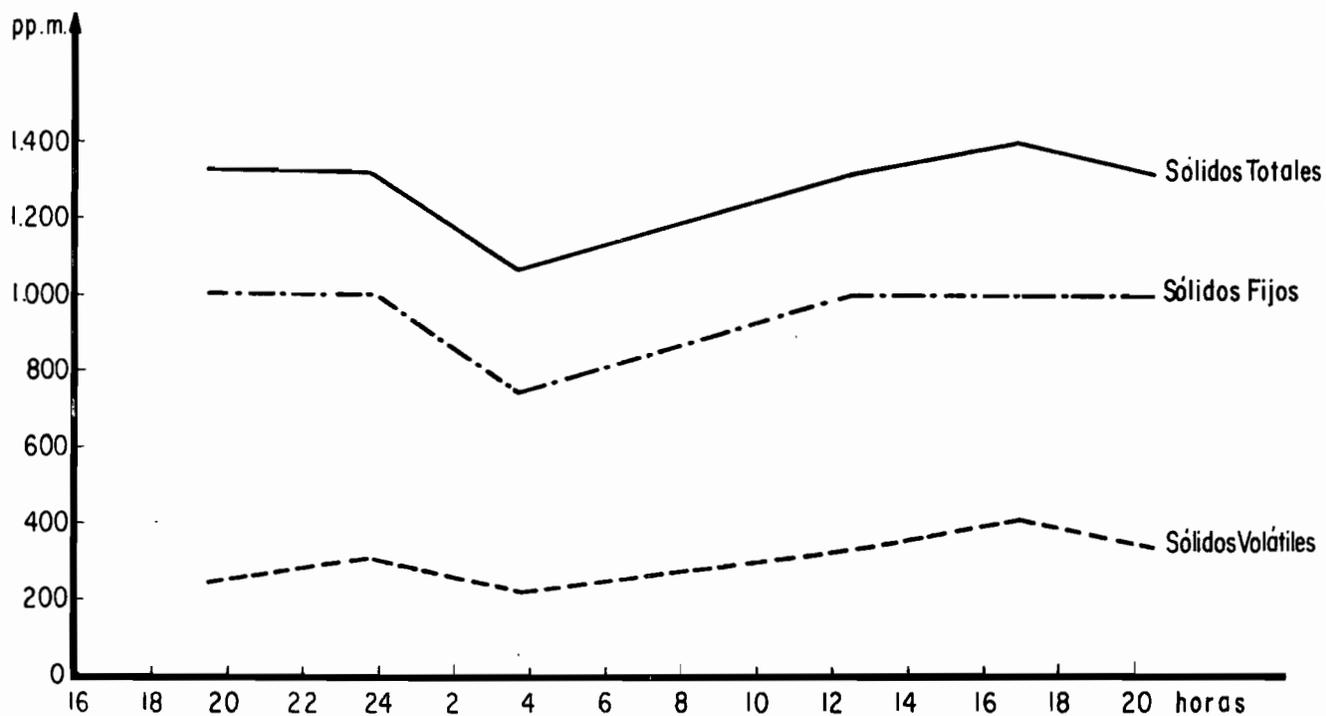
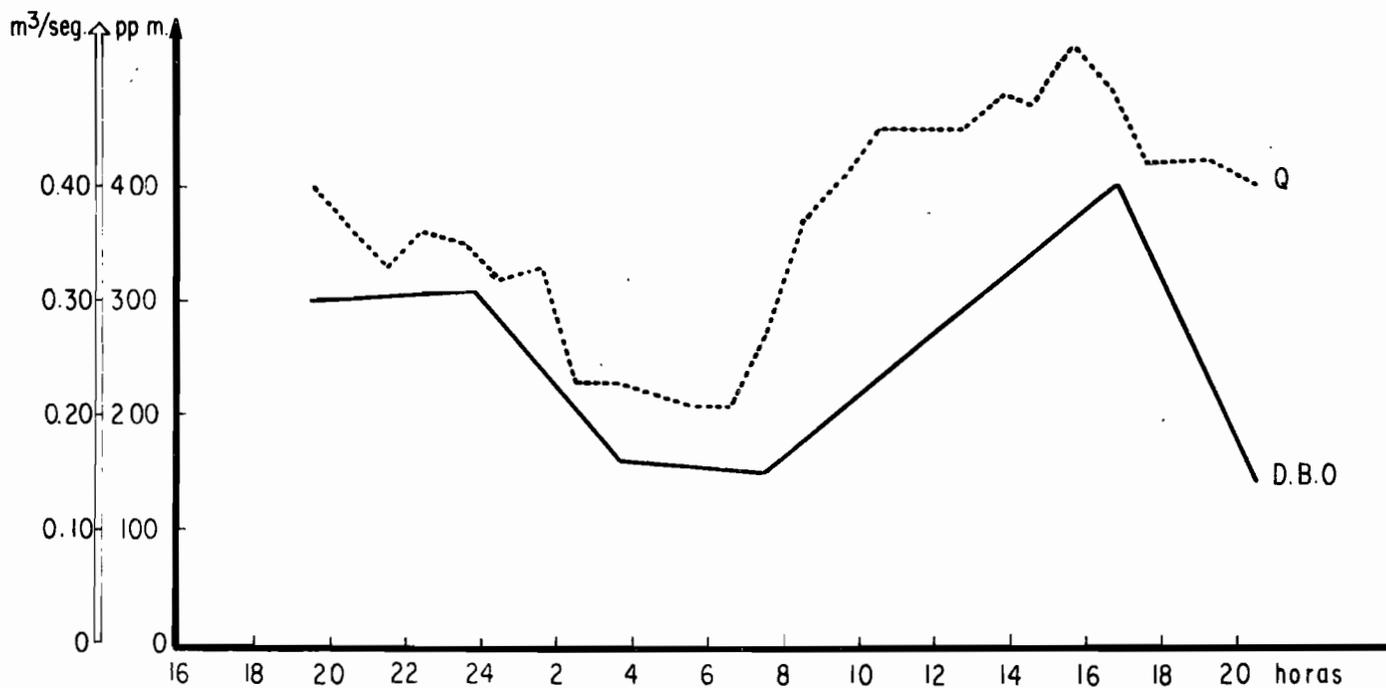
NUMERO COLECTOR : 16
 NOMBRE COLECTOR : QUILICURA
 LUGAR MUESTREO : CARRETERA PANAMERICANA
 FECHA : 22-IV-70 - 23-IV-70



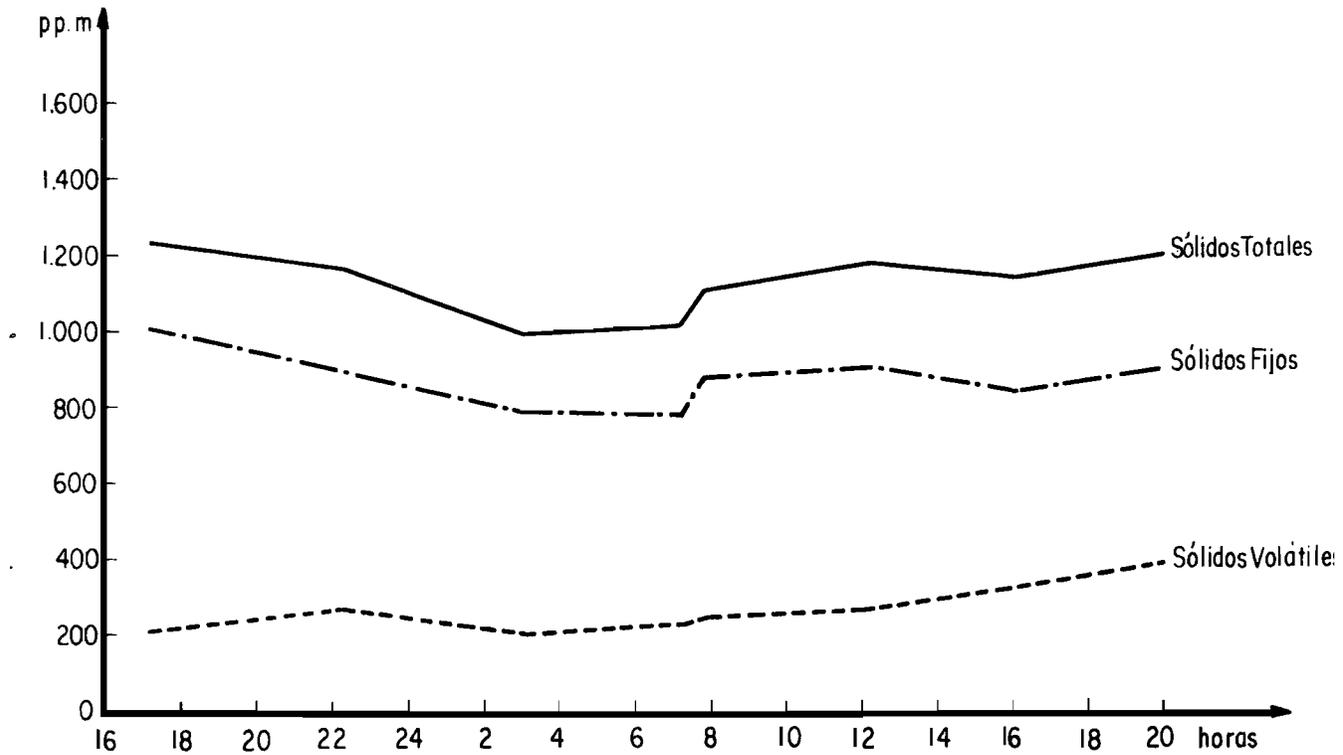
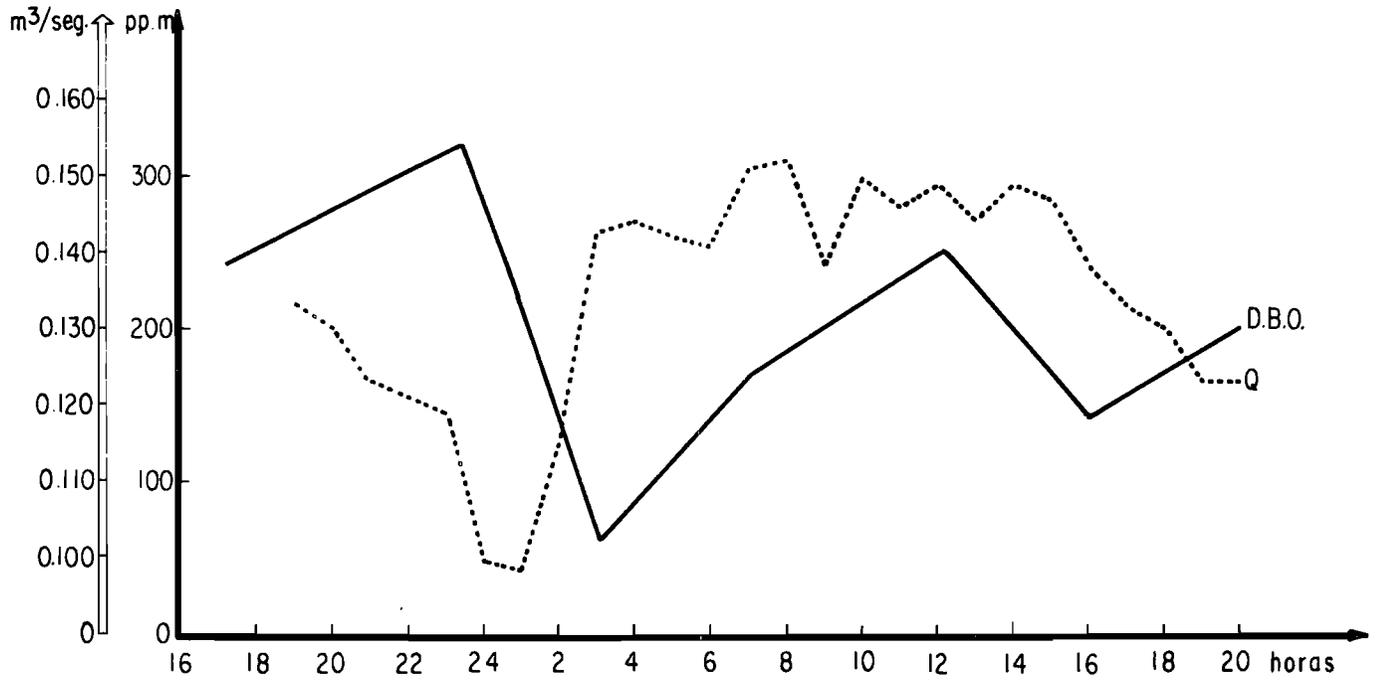
NUMERO COLECTOR : 18
 NOMBRE COLECTOR : PEDRO DE VALDIVIA
 LUGAR MUESTREO : VICUÑA MACKENA
 FECHA : 8 - IV - 70



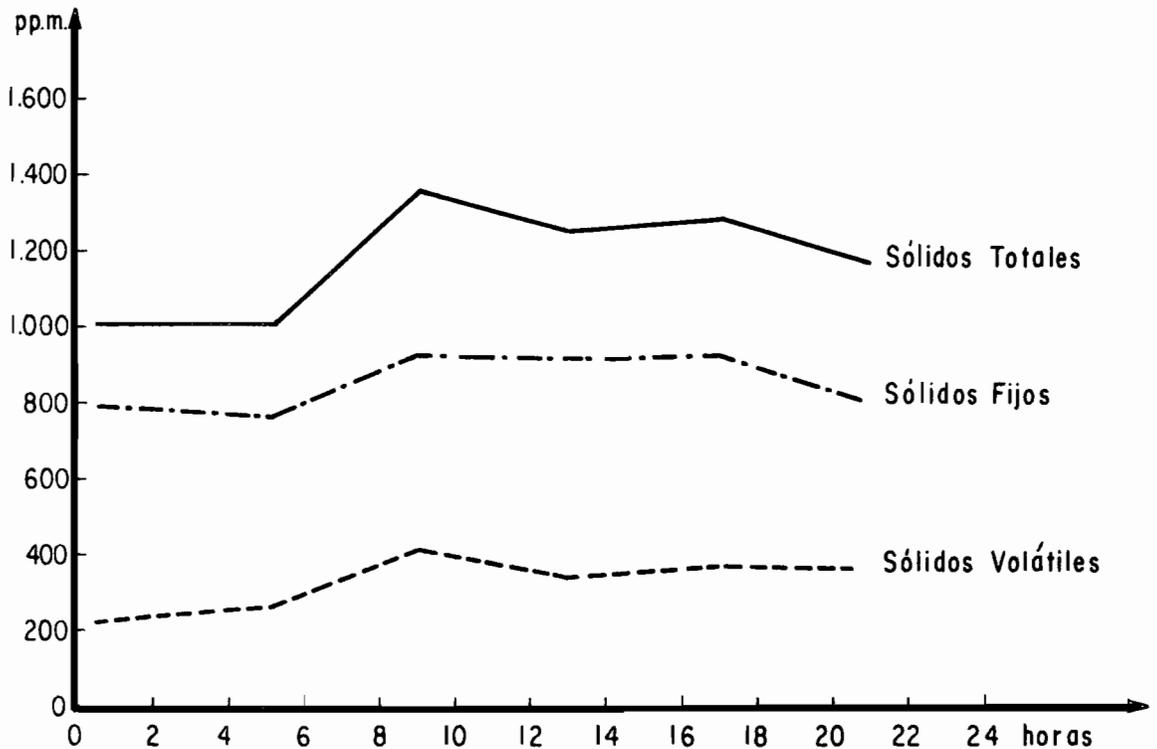
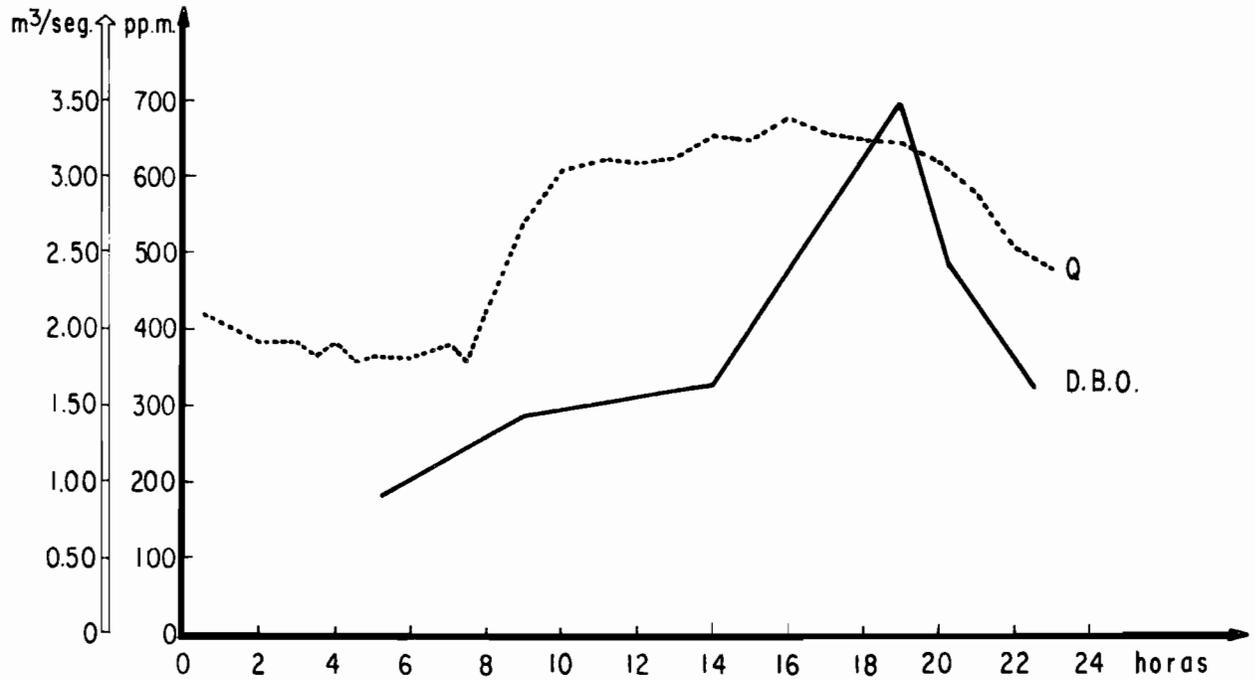
NUMERO COLECTOR : 32
 NOMBRE COLECTOR : OCHAGAVIA
 LUGAR MUESTREO : CARRETERA SUR
 FECHA : 15-IV-1970 - 16-IV-70



NUMERO COLECTOR: 39
 NOMBRE COLECTOR: VALENZUELA LLANOS
 LUGAR MUESTREO: SAN JOAQUIN
 FECHA: 15-IV-70 - 16-IV-70



NUMERO COLECTOR : 48
 NOMBRE COLECTOR : A - H
 LUGAR MUESTREO : C A S E T A D.O.S
 FECHA : 8 - IV - 70



De la observación de los Cuadros III.7 se desprende que las mediciones realizadas en Abril a lo largo del mismo día, son representativas de la situación en el período de estiaje que coincide con la temporada de riego.

En la mayoría de los colectores se observa gran continuidad en los promedios de gasto durante esa temporada. Hace excepción a esta norma el Canal A-H que eleva en un 80% el caudal en Abril con referencia a Enero y Febrero.

Asimismo, en dicho canal, el caudal máximo diario registrado en Abril entre las 15 y las 17 horas supera en un 56% el caudal mínimo registrado el mismo día a las 0,30 horas.

Además de ser el colector de mayor gasto, ya que cubre el 46% del caudal registrado por los ocho colectores seleccionados, recoge las aguas servidas del sector urbano de la capital donde se producen las mayores concentraciones diarias de personas, donde prevalece la edificación en altura y donde los patrones de consumo de agua potable son muy altos con escasa utilización en riego de jardines.

Estas consideraciones conducen a estimar que las investigaciones realizadas en esta recapitulación y destinadas a un estudio de factibilidad son suficientes para ese objeto. No obstante, deberán ampliarse si se opta por la construc -ción de plantas de tratamiento conforme a una tecnología dada según la cual el diseño de ingeniería debe fundarse en antecedentes muy completos.

La representatividad de los antecedentes recogidos en Abril, deducida de la observación de los Cuadros III. 7, permite determinar los datos que servirán de base para un estudio de factibilidad.

Para efectos del análisis posterior los gastos instantáneos medios en $m^3/\text{seg.}$ han sido traducidos a metros cúbicos diarios. Asimismo, las cantidades en ppm, han sido expresadas a kilogramos por día.

En el Cuadro III.8, se encuentran resumidos los datos extraídos de las mediciones realizadas a lo largo de un mismo día en Abril de 1970 para los diferentes colectores.

Este resumen, expresado en valores globales diarios se realizó bajo la ilustración de los Gráficos III.2. En efecto, como las mediciones se realizaron en diversas horas y con periodicidades desuniformes, fué necesario extrapolar los datos recogidos a aquellas horas en que no había muestras tomadas.

De allí que ha debido recurrirse a un método gráfico y no a un simple cálculo de promedios.

La última columna del Cuadro III.8 indica los valores totales registrados en los ocho colectores por día, en m^3 para el caudal y en kilogramos para los diversos elementos e indicadores resultantes de los análisis realizados.

El flujo registrado fué de 496.226 metros cúbicos, lo que arroja un gasto medio de $5,75 m^3/\text{seg.}$

La Demanda Bioquímica de Oxígeno -DBO- registrada alcanzó a 161.568 kilos, lo que significa un promedio de 309 mg/1t.

QUADRO III, 8

RESUMEN DE CAUDALES DIARIOS Y DE CARACTERISTICAS DE ESOS CAUDALES EN LOS COLECTORES SELECCIONADOS.

DESIGNACION DEL COLECTOR		ULTRA MAPOCHO	SANTA MARIA	LO ESPINOZA	QUILICURA	SUB-TOTALES	PEDRO DE VALDIVIA	OCHAGAVIA	VALENZUELA LLANOS	CANAL A-G	SUB-TOTALES	TOTALES
NUMERO DEL COLECTOR		5	7	8	16	MAPOCHO	18	32	39	48	ZANJON	
GASTO DIARIO Y ELEMENTOS CONTENIDOS												
ESPECIFICACION	UNIDAD											
Gasto	m ³ /día	42.610	57.550	20.740	12.850	133.750	86.080	30.100	15.846	230.450	362.476	496.226
D.B.O.	Kg/día	10.735	14.870	10.605	1.916	38.126	26.830	8.000	3.532	85.080	123.442	161.568
Sólidos totales	"	79.750	80.850	50.424	17.805	228.829	114.450	49.365	17.790	310.550	492.155	720.284
Sólidos volátiles	"	15.985	20.665	19.215	5.594	62.459	31.835	9.145	3.977	77.625	122.582	185.041
Sólidos fijos	"	63.765	60.185	31.209	11.211	166.370	82.615	40.220	13.813	232.925	369.573	535.943
Sólidos en suspensión	"	12.655	10.270	6.944	736	30.605	16.875	4.824	2.166	41.120	64.985	95.590
Sólidos sedimentables	"	1.639	851	966	129	3.585	1.097	757	263	2.052	4.169	7.754
Sólidos disueltos	"	67.095	70.580	43.480	17.069	198.224	97.575	44.541	15.624	259.430	417.170	615.394
Nitrógeno en nitritos	"	8,3	10,0	2,0	5,2	25,5	37,6	5,9	8,5	99,1	151,1	175,6
Nitrógeno expresado como NO ₂	"	27,3	32,9	6,6	16,4	83,2	124,0	19,4	28,0	326,0	487,4	580,5
Nitrógeno en nitratos	"	25,3	19,3	9,4	8,3	62,3	40,0	13,4	13,2	92,6	159,2	221,5
Nitrógeno expresado como NO ₃	"	105,8	80,6	39,3	34,7	260,4	167,0	56,0	55,0	397,0	665,0	925,4
Nitrógeno amoniacal	"	788	1.211	392	346	2.737	2.146	1.002	465	4.917	8.530	11.267
Nitrógeno expresado como NH ₄ ⁺	"	1.015	1.559	505	445	3.524	2.760	1.290	597	6.320	10.967	14.491
Nitrógeno orgánico	"	191	89	89	29,8	398,8	193	72	36,8	405	706,8	1.105,6
Fósforo	"	178	92	63	55	338	256	109	29	488	882	1.220
Fósforo expresado como PO ₄	"	392	282	193	169	1.036	785	334	89	1.495	2.703	3.739
Fósforo expresado como P ₂ O ₅	"	293	211	144	126	774	586	250	66	1.105	2.007	2.751
Sulfuros totales	"	108,7	6,2	1,9	2,2	119,0	2,2	4,0	4,6	0,0	10,8	129,8
Grasas	"	1.980	1.150	2.480	-	-	-	450	900	4.700	-	-
Consumo de oxígeno	"	-	-	-	517	-	4.969	348	436	11.930	-	-

Se considera que los colectores que no fueron analizados contienen una cantidad menor de DBO, ya que en su mayor parte son más pequeños y no poseen muchos residuos de tipo industrial. De esta manera, se estima que el total de DBO descargado a los ríos, provenientes de la ciudad de Santiago, es de alrededor de 200.000 Kg. por día, esto es, entre 80 y 100 gramos por personas por 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 gramos de DBO per cápita por día. En consecuencia, se estima que el DBO de los residuos industriales es de alrededor de 80.000 a 90.000 Kg. por día, en tanto que el DBO proveniente de los residuos domésticos es de 110.000 a 120.000 kilogramos por día.

De acuerdo con la literatura técnica y la experiencia chilena, las aguas servidas siempre acusan un DBO inferior a las cifras de los sólidos en suspensión, ya que un aumento de la DBO trae, generalmente, un aumento correlativo de dichos sólidos.

Esta discordancia que se observa debe ser analizada cuidadosamente si se pretende realizar un diseño definitivo del sistema de tratamiento. Esta investigación debe incluir un empadronamiento y su análisis respectivo de los residuos de las industrias de Santiago y en forma especial aquellas que evacuan residuos orgánicos.

Esta es una tarea de gran importancia que puede realizarse a través del Servicio Nacional de Salud, que tiene la tuición legal de la sanidad urbana en esta materia.

De los datos recogidos en los análisis realizados, no parece necesario considerar sistemas especiales de extrac -

ción de grasas y aceite. Estos equipos normalmente se justifican más bien, en los casos en que pueda obtenerse, como subproducto del tratamiento, un aprovechamiento comercial de las materias recuperadas.

En resumen, los análisis no indican características anormales en relación a lo que pueda esperarse de los residuos de un conglomerado urbano de esta magnitud. La única característica poco usual, como se anotó, es la concentración algo elevada de DBO.

Considerando que el flujo total promedio del Mapocho es de aproximadamente $15 \text{ m}^3/\text{seg.}$ la concentración de DBO aguas abajo de la confluencia con el Zanjón de la Aguada, podría alcanzar valores de hasta 150 mg/lt. Para reducir esta concentración de DBO a un nivel aceptable de 15 mg/lt. será necesario remover el 90 por ciento del DBO proveniente de las descargas actuales de aguas servidas. Debe mencionarse, en todo caso, que las concentraciones actuales de DBO en el río en este momento son probablemente algo inferiores a los 150 mg/lt.

Este fenómeno se debe a que en el lecho del río ocurre, en cierta medida, un tratamiento biológico natural que reduce la concentración de DBO. Sin embargo, incluso con esta consideración, debe plantearse la necesidad de remover un 90% del DBO, ya que la gran velocidad actual de remoción del DBO por procesos naturales en el río, está relacionada con la gran carga de contaminación presente. Cuando esta carga disminuye, la velocidad de tratamiento natural que realiza el río, será inferior.

Entre las soluciones alternativas a consultarse para aquellos casos en que las aguas evacuadas se excedan en DBO normal exigir un tratamiento parcial de los residuos o la imposición de un gravamen especial en proporción al exceso

de DBO desaguado por la industria afectada.

En todo caso, este fenómeno detectado a través de los análisis realizados es un aspecto particular del estudio, que requiere ser abordado en forma especial entre las investigaciones definitivas en vista al diseño de ingeniería del sistema de tratamiento.

La cantidad de sólidos en suspensión es de alrededor de 96,000 Kg. por día en los ocho colectores analizados. De esta manera, puede proyectarse que la cantidad total de sólidos en suspensión, para toda la ciudad, debe alcanzar a cerca de 120,000 Kg. por día. Considerando que en el tratamiento primario puede esperarse remover alrededor del 40% de estos sólidos, puede concluirse que actualmente cada día deberán ser evacuados cerca de 48 toneladas de sólidos secos como resultados de este tratamiento primario. De realizarse un tratamiento secundario, los sólidos que deberán ser evacuados podrían llegar a triplicar esta cantidad.

Los análisis indican, además, que existe fósforo y nitrógeno en cantidades adecuadas para soportar un tratamiento biológico, cuando se alcance la etapa de considerar un tratamiento secundario.

Debido a que no se realizaron mediciones de grasas y oxígeno consumido para todos los colectores, no se incluyen totales de estos elementos.

Debe destacarse, en todo caso, que los valores indicados en esta discusión son sólo aproximaciones efectuadas para disponer de una idea general de la escala en la cual debe plantearse el proyecto.

En cuanto a la demanda de cloro, se realizaron análisis específicos en algunos colectores seleccionados. Estos análisis mostraron que los colectores afluentes al Mapocho tienen una demanda de cloro levemente superior a los que drenan hacia el Zanjón de la Aguada. Así, se determinó que la demanda de cloro, ya definida más atrás, es de 10,54 mg/1t, para los colectores que drenan al Mapocho y de 10,30 mg/1t para los que drenan al Zanjón de la Aguada.

Los análisis de demanda de cloro se realizaron a fin de disponer de un antecedente ilustrativo al respecto. Sin embargo, ello no implica anticipar juicios sobre tratamiento por agregado de cloro a las aguas servidas crudas.

Más adelante, en el Capítulo VI, donde se realiza la discusión de las alternativas de tratamiento se hará referencia a este tema.

-----X-----

C A P I T U L O I V

ESTIMACION DE LA CONTAMINACION FUTURA

1.- Proyección de los Flujos de Aguas Servidas.

Para estimar la cantidad de elementos contaminantes que debe considerarse para diseñar el sistema de tratamiento, será necesario realizar previsiones futuras de los flujos y contenido de las aguas servidas. A su vez, los flujos y características de las aguas en el futuro dependerán del desarrollo demográfico e industrial de la ciudad. De este modo, en este párrafo se proyectarán los flujos de aguas servidas, basándose en las estimaciones actuales de dichos flujos, en el desarrollo demográfico e industrial esperado y la mayor demanda -consumo- de agua derivado de este desarrollo.

A continuación, en este Capítulo se abordará la determinación de la cuantía de elementos contaminados a extraer e inclusive la magnitud del caudal de crecida.

Las estimaciones en cuanto a población y desarrollo industrial estarán referidas al área de drenaje delimitada en este estudio, y no se considerará expansiones que, por las características de drenaje, deban usar soluciones de evacuación diferentes al Mapocho y Zanjón de la Aguada. De esta manera, las densidades de saturación previstas para el área, será un factor determinante de las características de diseño.

Debe destacarse, además, que para realizar las proyecciones se ha tenido en cuenta los resultados de estudios recientes, pero dichos resultados se han modificado de acuerdo a los cambios en las tendencias proyectadas que mues

tran los resultados preliminares del Censo de Población y Vivienda recién realizado.

Debe destacarse que las proyecciones que servirán de base para el diseño de las plantas de tratamiento se harán para el año 1995. Esta fecha se ha adoptado considerando que la materialización de una obra de esta naturaleza requerirá de un período considerable de gestación, que por la experiencia internacional al respecto puede estimarse de entre 8 a 10 años.

Además, este período de 25 años está cerca del límite en que pueden realizarse proyecciones de cierta validez. Por otra parte, debe tenerse presente que las unidades de tratamiento tienen una relativa flexibilidad en lo que respecta a su ampliación, siempre que, como se anota posteriormente, se hagan las correspondientes previsiones en cuanto a terrenos disponibles.

En atención a estas consideraciones y teniendo en cuenta que la puesta en marcha puede estimarse sólo para los finales de ésta década, no parece aconsejable el mantener una capacidad ociosa por un período excesivo.

La única excepción en este aspecto y para lo cual debe hacerse una proyección particular, se refiere al diseño de los interceptores.

En este caso, por la gran inversión requerida y la prácticamente nula flexibilidad de ampliación, se adoptará como base de diseño la demanda estimada a un plazo de cuarenta años desde la puesta en marcha de la planta, esto es, el año 2020.

2.- Crecimiento Demográfico e Industrial.

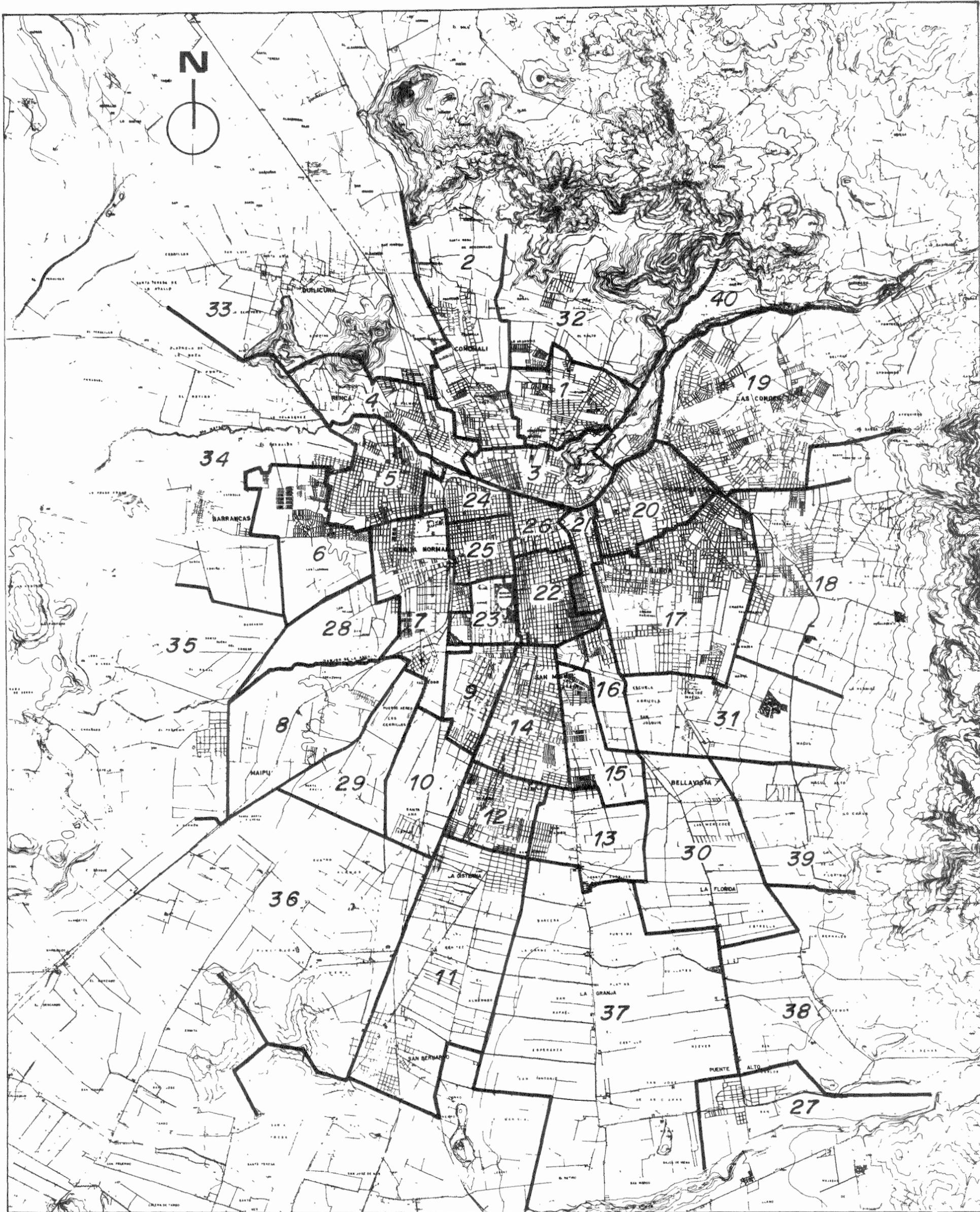
Con el objeto de ser consecuente con estimaciones de crecimiento aceptados en otros estudios realizados por el Ministerio, se tomará como base de las proyecciones de desarrollo demográfico e industrial, las contenidas en el "Estudio del Sistema de Transportes Metropolitano de Santiago de Chile", realizado por BCEOM, SOFRETU y CADE. Como indicador del desarrollo industrial se emplearán las proyecciones del empleo industrial contenidas en este estudio.

Debe destacarse que estas estimaciones poseen la ventaja adicional de estar basadas en las políticas sectoriales y urbano regionales actuales, con lo que resulta inoficiosos su cuestionamiento en este momento, aparte de las modificaciones que digan relación con su ajuste a los requerimientos de este estudio en particular.

En este sentido ha sido necesario analizar las áreas incluidas en la definición del Gran Santiago, y excluir de ellos las que no corresponden al área de drenaje considerado.

En todo caso, para la proyección de la población para el año previsto, o sea 1995, se utilizarán las cifras correspondientes a la densidad de saturación.

El estudio citado destinado a establecer los requerimientos del transporte metropolitano divide el área de drenaje de Santiago y sus alrededores en 39 sectores, algunos de los cuales evacuan sus aguas servidas sólo parcialmente al sistema Mapocho-Zanjón según se detalla más adelante.



9 Sept 84

Un mosaico de esta división se presenta en el Plano Nº 10.

En el Cuadro IV.1, se indica la ubicación comunal de cada sector separados entre aquellos que drenan al Mapocho de los que drenan al Zanjón.

La población de saturación que se ubicará en estos sectores hacia 1995 y la ocupación industrial en los mismos a esa fecha, han sido determinadas en base al Plano Regulador y a las políticas y tendencias de desarrollo actualmente.

Los resultados de estos cálculos se han insertado en los Cuadros IV.2 y IV.3 incluidos a continuación.

La capacidad poblacional de los sectores que drenan al Mapocho, como lo indica el Cuadro IV.2, es de 1.414.000, habitantes que ocuparán en 1995 una superficie total, tanto urbana como industrial de 7.449 hectáreas. El cuociente arroja una densidad de 189,8 habitantes por hectárea, tasa considerada normal.

La capacidad poblacional de los sectores que drenan al Zanjón, como lo indica el Cuadro IV.3, es de 4.065.000, habitantes que ocuparán en 1995 una superficie total, tanto urbana como industrial de 21.601 hectáreas.

El cuociente arroja una densidad de 188,1 habitantes por hectáreas, tasa muy similar a la indicada en los sectores que drenan al Mapocho.

CUADRO IV.IUBICACION COMUNAL DE LOS SECTORES EN
QUE SE DIVIDE EL AREA DE DRENAJE.DRENAJE DEL MAPOCHO.

Nº SECTOR	COMUNA	Nº SECTOR	COMUNA
1	Santiago-Conchalí	6	Barrancas
2	Santiago-Conchalí	32	Conchalí
3	Santiago	33	Quilicura
4	Renca	34	Renca-Barrancas
5	Quinta Normal	40 (1)	Las Condes
<u>DRENAJE AL ZANJON.</u>			
Nº SECTOR	COMUNA	Nº SECTOR	COMUNA
7	Santiago-Q.Normal	22	Santiago
8	Maipú	23	Santiago
9	San Miguel	24	Santiago
10	La Cisterna	25	Santiago
11 (2)	La Cisterna-San Bernardo	26	Santiago
12	La Cisterna	28	Maipú
13	La Granja	29	Maipú
14	San Miguel	30	La Florida
15	San Miguel	31	Ñuñoa
16	San Miguel	35	Maipú
17	Ñuñoa	36 (4)	Maipú-San Bernardo
18	Ñuñoa-La Reina	37 (5)	La Granja
19 (3)	Las Condes	38 (6)	Puente Alto
20	Providencia	39	La Florida
21	Santiago		

- (1) Transitoriamente desagua al Mapocho.
(2) Sólo el 50% corresponde al área de drenaje
(3) Transitoriamente una parte desagua al Mapocho.
(4) Sólo la tercera parte corresponde al área de drenaje.
(5) Sólo el 15% corresponde al área de drenaje.
(6) Sólo el 50% corresponde al área de drenaje.

CUADRO IV.2

POBLACION Y EMPLEOS INDUSTRIALES EN 1995 POR SECTORES.

DRENAJE AL MAPOCHO.

Nº SECTOR	SUP. URBANA DEL SECTOR. (Há)	SUP. INDUSTRIAL DEL SECTOR (Há)	POBLACION DE SATURACION (miles de personas)	EMPLEOS INDUS - TRIALES
1	791	56	201	5.600
2	946	83	194	6.640
3	433	139	140	13.900
4	570	245	149	19.600
5	854	68	204	6.900
6	1.054	23	216	2.300
32	222	44	36	4.400
33	460	292	77	23.600
34	932	116	184	9.280
40	71	50	13	5.000
TOTALES	6.333	1.116	1.414	97.220

CUADRO IV.3
POBLACION Y EMPLEOS INDUSTRIALES EN 1995 POR SECTORES

DRENAJE DEL ZANJON.

Nº SECTOR	SUP.URBANA DEL SECTOR (HÁ)	SUP.INDUSTRIAL DEL SECTOR (HÁ)	POBLACION DE SATURA CION (miles de personas)	EMPLEOS INDUS - TRIALES
7	920	99	253	15.600
8	926	283	178	28.300
9	506	0	107	0
10	669	30	125	3.000
11	813	25	162	2.500
12	664	69	148	6.900
13	773	166	166	16.600
14	837	230	201	33.000
15	268	60	57	8.600
16	524	136	123	19.400
17	2.001	225	502	22.500
18	1.338	105	250	10.500
19	2.913	5	380	500
20	837	15	113	1.500
21	280	66	78	6.600
22	633	210	211	21.000
23	137	115	53	15.500
24	297	129	101	12.900
25	406	65	127	6.500
26	316	65	90	6.500
28	314	93	60	9.300
29	52	72	10	8.200
30	1.192	105	254	10.500
31	550	69	117	6.900
35	659	0	156	0
36	42	120	7	11.967
37	18	8	3	795
38	0	16	11	1.550
39	135	0	22	0
TOTALES	19.020	2.581	4.065	287.112

Como se anotó, los antecedentes expuestos serán utilizados más adelante para determinar las proyecciones de los flujos de aguas servidas. Estas proyecciones se basarán en el aumento del consumo de agua proveniente del crecimiento de la población, y en el aumento del mismo que provocará el desarrollo previsible del sector industrial; este último medido a través de los incrementos del empleo en el sector. En ambos casos se tendrá en cuenta una expansión del área saneada por el sistema de alcantarillado.

Para realizar lo anterior fue necesario relacionar los flujos actuales de agua servidas con las correspondientes poblaciones y base industrial, además de determinar el grado de saneamiento actual de las áreas urbanas de la ciudad.

La información disponible en cuanto a superficie ocupadas y empleo está referido en general a los años 1966 y 1967, por lo que fue necesario actualizarlo a 1970. Para ello se emplearon los resultados preliminares del Censo que se anotan en el Cuadro IV.4, en el que se comparan las cifras preliminares de población y vivienda para 1970 con los del Censo de 1960.

En cuanto a las áreas saneadas, se realizó una estimación que tomaba como base la información existente en la Dirección de Obras Sanitarias del MOP. Como dicha información era bastante antigua, fue actualizada a través de dos medios el análisis de los programas previstos y realizados por el Ministerio y la medición directa de los Planos 8A y 8B.

Las estimaciones de población y empleo industrial para 1970, junto con las cifras del "Estudio del Sistema de Transporte Metropolitano de Santiago de Chile" (4) que sirvieron de base para realizarlas se registran en el Cuadro IV.5. Asimismo, en el Cuadro IV.6 se registran las estimaciones respectivas para las superficies ocupadas por viviendas e industrias y para el área total saneada en 1970. (11).

RESULTADOS DE LOS CENSOS DE POBLACION Y VIVIENDA
POR COMUNAS DE LA PROVINCIA DE SANTIAGO.

COMUNA	CENSO 1970 (1)		CENSO 1960		DIF. POBLACION	
	VIVIENDA	POBLACION	VIVIENDA	POBLACION	ABSOLUTA	%
Santiago	115.798	510.246	139.367	646.522	-136.276	-21,1
Conchalí	44.558	246.353	29.872	159.930	86.423	(2)54,0
Providencia	20.246	85.704	15.777	83.551	2.153	2,6
Ñuñoa(2)	60.484	281.466	38.049	206.305	(3)75.161	(2)36,4
Maipú	25.013	117.872	9.045	51.424	66.448	129,2
Quinta Normal	25.720	137.225	29.086	150.560	-13.335	- 8,9
Renca	12.670	67.168	9.878	53.640	13.528	25,2
Quilicura	4.818	22.644	1.089	6.451	16.193	251,0
Til-Til	1.905	9.198	1.661	8.843	355	4,0
Colina	3.411	18.058	2.135	13.584	4.474	32,5
Lampa	1.987	10.220	1.259	6.752	3.468	51,4
Barrancas	36.538	184.241	14.546	78.504	105.737	134,7
Curacaví	2.042	11.481	1.732	10.333	1.148	11,1
Las Condes	34.133	169.815	15.780	86.236	83.579	96,9
La Florida	11.887	53.379	3.446	18.734	34.645	184,9
La Reina (3)	11.989	55.238			55.238	100,0
San Miguel	57.737	320.029	47.275	244.185	75.844	31,1
La Cisterna	43.607	247.448	29.231	154.668	92.780	60,0
La Granja	30.620	163.666	12.359	68.408	95.258	139,3
Puente Alto	15.425	81.031	8.707	51.436	29.595	57,5
San José de Maipú	2.222	9.601	1.808	8.357	1.244	14,9
Pirque	1.219	8.037	1.154	8.200	- 163	- 2,0
Talagante	4.176	23.619	3.045	19.155	4.464	23,3
Peñaflor	6.823	37.788	4.312	25.463	12.325	48,4
Isla de Maipo	2.515	12.903	1.868	10.295	2.608	25,3
Melipilla	8.568	49.306	6.514	40.885	8.421	20,6
María Pinto	923	5.980	877	6.104	- 124	- 2,0
El Monte	2.473	14.897	2.031	12.152	2.745	22,6
Alhué	873	5.078	854	5.829	- 751	-12,9
San Pedro	1.536	8.255	1.373	9.014	- 759	- 8,4
San Antonio	12.089	53.100	9.164	45.538	7.562	16,6
Santo Domingo	1.027	4.114	1.027	4.910	- 796	-16,2
Cartagena	4.825	7.124	2.138	6.652	472	7,1
El Tabo	2.228	2.180	1.409	2.579	- 399	-15,5
Navidad	1.656	6.618	1.416	7.208	- 590	- 8,2
San Bernardo	21.707	117.766	12.772	71.591	46.175	64,5
Galera de Tango	987	6.198	927	6.139	59	1,0
Buín	5.479	31.233	4.442	25.875	5.358	20,7
Paine	3.486	21.876	2.988	20.386	1.490	7,3
(2) + (3)		336.704		206.305		(3)63,2
TOTALES	645.400	3.218,155	470.413	2.436.398	781.757	(2)32,1

(1) Las cifras de 1970 son provisionarias

(2) Provisorio sin revisar

(3) La Reina más Ñuñoa, en 1970 y Ñuñoa en 1960.

CUADRO IV.5ESTIMACIONES DE POBLACION Y EMPLEO
INDUSTRIAL POR AREA DE DRENAJE

NUMERO DE PERSONAS		AREA DE DRENAJE	
ESPECIFICACION	AÑO	MAPOCHO	ZANJON DE LA AGUADA
Población Total	1967	696.390	1.909.725
	1970(1)	680.046	2.154.877
Empleos Industriales	1966	46.740	198.980
	1970	46.800	210.000

(1) De acuerdo a resultados preliminares del Censo, corregidos considerando un 5% de omisión.

CUADRO IV.6SUPERFICIE OCUPADA POR VIVIENDAS E INDUSTRIAS Y AREAS
SANEADAS POR EL SISTEMA DE ALCANTARILLADO.

ESPECIFICACION	AÑO	AREA DE DRENAJE	
		MAPOCHO	ZANJON DE LA AGUADA
Superficie Ocupada Por viviendas	1967	4.235	16.667
	1970	4.320	17.750
Superficie Ocupada Por Industrias	1966/7	866	2.328
	1970	870	2.460
Area Saneada por el sistema de alcantarillado.	1970	3.600	13.150

Cabe observar que de acuerdo a las estimaciones para 1970 incluidas en el Cuadro IV.6, el área total ocupada por viviendas e industrias alcanza a 25.400 Há y el área saneada a 16.750 Há. Así, el porcentaje de área servida por el sistema de alcantarillado es de un 66% de acuerdo a estas estimaciones; este porcentaje está de acuerdo con los promedios de que se dispone para los sectores saneados de Santiago.

3.- Consumo de Agua.

En esta sección se hará una descripción del consumo total de agua potable, referido a los dos sistemas de drenaje. A continuación se estimará su distribución entre consumo doméstico e industrial. Estos antecedentes se proyectarán para el año 1995, de acuerdo a los aumentos de población y desarrollo industrial ya anotados y a los aumentos del consumo por habitante. En general los consumos de agua se analizarán para los períodos de mayor demanda, estimándose los correspondientes gastos medios máximos, vale decir, el gasto medio para los meses de mayor consumo.

Debe tenerse presente que al analizar la información existente se constatan ciertas divergencias entre los diferentes estudios realizados, en cuanto a las proyecciones del consumo y la cuantía de los recursos hídricos disponibles en la cuenca, (5). En todo caso, dichas diferencias no son de una magnitud que pueda hacer variar las estimaciones futuras que se incluyen más adelante.

Los consumos actuales serán comparados, en el Párrafo siguiente, con las estimaciones correspondientes de los flujos de aguas servidas. Considerando que existen márgenes de recuperación pre-determinados, (6) ésta comparación sirve tanto de comprobación de los antecedentes existentes, como de base para realizar las proyecciones.

El abastecimiento de agua potable a la ciudad proviene de diversas fuentes y además, es distribuido por diferentes empresas. En términos generales y de acuerdo a estimaciones de la Empresa de Agua Potable de Santiago, la distribución entre las fuentes es la siguiente: (7)

- Las Vizcachas	: 60%
- Sistema de Laguna Negra y otras fuentes cordilleranas.	: 25%
- Quebrada de Ramón	: 6 %
- Vitacura	: 8 %
- Pozos Profundos	: 1 %

En cuanto a las producciones máximas por servicio de distribución, para el año 1966 el MOPT en el informe "Déficit de Obras de Infraestructura para el Agua Potable de Santiago" (8), los estimaba en la forma siguiente:

- Servicio de la Empresa de Agua Potable	8,20 m3/seg
- Servicio El Canelo	1,67 m3/seg
- Servicios de la Dirección de Obras Sanitarias (+)	1,98 m3/seg
- Servicios Particulares	1,00 m3/seg
TOTAL PRODUCCION MAXIMA	12,85 m3/seg

(+) Santiago Norte y Oeste	: 1 m3/seg.
Santiago Sur	: 0,71 m3/seg
Cristóbal Colón	: 0,27 m3/seg

Ahora bien, analizando las áreas de drenaje actuales correspondientes a estos servicios, puede estimarse que del total del abastecimiento de cada servicio, los porcentajes incluidos en el Cuadro IV.7, siguiente serán evacuados por los dos cursos de drenaje que comprende este estudio.

CUADRO IV. 7PORCENTAJES DE EVACUACION A CADA CAUCE DE DRENAJE
DEL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE SEGUN SERVICIO

SERVICIO DE ABASTECIMIENTO	CAUCE DE DRENAJE	
	ZANJON DE LA AGUADA	MAPOCHO
Servicio E.A.P.S.	90 %	10% (1)
Servicio El Canelo	12 % (2)	--
Servicio de la D.O.S.	--	--
Santiago Norte y Oeste	2 % (3)	98%
Santiago Sur	100 %	--
Cristóbal Colón	20 %	80%
Servicios Particulares	--	100% (4)

(1) Corresponde al área del Mapocho al Norte.

(2) Estimación tomada de "Estudios de los Recursos Hidrológicos de la Hoya del Río Maipo", Rendel, Palmer y Tritton, M.O.P., Dirección de Riego, 1968.

(3) Corresponde al área de Peñalolén.

(4) Debido a que la estimación sobre el abastecimiento de estos servicios es baja, se ha asimilado a la "Empresa de Agua Potable Lo Castillo Ltda".

De esta manera, las producciones máximas por área de drenaje para 1970 serían de 3,02 m³/seg para el Mapocho y de 11,38 m³/seg para el Zanjón de La Aguada. Estas cifras tienen sólo un valor indicativo, ya que se refieren a producciones y no a consumo. Además, no pueden compararse directamente con los flujos de alcantarillado, ya que no todas las áreas abastecidas están saneadas.

Ahora bien, con los antecedentes elaborados en el MOP en 1967, corregidos para 1970 con informaciones directas de las empresas, se confeccionó el Cuadro IV. 8, indicado a continuación, para las áreas de drenaje en cuestión.

CUADRO IV. 8

CONSUMO DE AGUA POTABLE EN AREAS SANEADAS.

ESPECIFICACION	1970 AREA DE DRENAJE	
	MAPOCHO	ZANJON DE LA AGUADA
Población abastecida y saneada en 1970, en miles de personas.	564	1.680
Dotación equivalente en 1970 (lt/hab/día)	360	375
Gasto medio en 1970 (m ³ /día)	203.000	630.000
Gasto medio máximo en 1970 (m ³ /día)	264.000	820.000
Gasto medio máximo en 1970 (m ³ /seg)	3,03	9,45

Debe tenerse presente que en el Cuadro IV.8 las dotaciones se refieren a valores equivalentes, es decir, se ha considerado los gastos domésticos e industriales ponderados de acuerdo a su importancia relativa de consumo.

Como comprobación del orden de magnitud de estas cantidades, puede citarse que el gasto medio máximo, que corresponde en forma bastante aproximada al gasto medio del mes de Enero, fue, para la Empresa de Agua Potable, de 806.000 m³/seg, es decir, 9,34 m³/seg. Ahora bien, esta empresa representa el 72% del total del abastecimiento que drenan por ambos cursos. Si se aplica este porcentaje al gasto medio de Enero, el abastecimiento total resultaría ser algo superior a los 13 m³/seg, comparado con los 12,48 m³/seg estimados a partir de las dotaciones y poblaciones equivalentes.

Ahora bien, para separar los consumos doméstico e industrial, se han utilizado los antecedentes presentados en el informe sobre los "Recursos Hidrológicos de la Hoya del Río Maipo" de Rendel, Palmer y Tritton. En este estudio se estima un total de entrada para consumo de las industrias de 4,7 m³/seg. y una pérdida total del mismo de 228 lt/seg. La distribución del consumo industrial total entre las dos áreas de drenaje se ha realizado basándose en los empleos industriales ya estimados, incluidos en el Párrafo anterior. El consumo industrial total se ha corregido de acuerdo a las áreas incluidas en los sistemas de drenaje.

De esta manera, se ha llegado a la distribución indicada en el Cuadro IV.9 insertado a continuación.

//.

CUADRO IV. 9DISTRIBUCION DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE
EN AREAS SANEADAS.

1970

M³/SEG.

ESPECIFICACION	AREA DE DRENAJE		TOTAL
	MAPOCHO	ZANJON DE LA AGUADA	
Consumo doméstico medio máximo	2,03	6,05	8,08
Consumo industrial medio máximo	1,00	3,40	4,40
Consumo total medio máximo	3,03	9,45	12,48

Para proyectar estos valores al año 1995, se han empleado las estimaciones de población y empleo industrial ya realizadas. Se ha considerado una dotación de 430 l/hab/día para el área saneada por el Río Mapocho y de 525 l/hab/día para el área saneada por el Zanjón de la Aguada. Estas cifras están basadas en estimaciones de dotación efectuadas por la E.A.P.S. y D.O.S. y corresponde a un promedio de aproximadamente 500 l/hab/día, que está de acuerdo a estándares internacionales (9). Debe destacarse que en esta proyección una parte importante de la comuna de Las Condes debe transferir su drenaje al Zanjón de la Aguada.

El área saneada se considerará de un 90% del área total abastecida que drena por los cauces indicados, lo que está de acuerdo con los programas previstos. En todo caso debe tenerse en cuenta que los mayores porcentajes saneados no implican aumentos proporcionales de población saneada.

Con estos antecedentes se elaboró el Cuadro IV.10 insertado a continuación.

CUADRO IV. 10

PROYECCION DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE EN AREAS
SANEADAS.

1995

ESPECIFICACION	AREA DE DRENAJE		TOTALES
	Mapocho	Zanjón de la Aguada	
Población total en 1995 (en miles)	1,414	4,065	5,479
Población abastecida y saneada en 1995, en miles (90%)	1,270	3,650	4,920
Dotación equivalente en 1995 (lt/hab/día)	430	525	497
Gasto medio en 1995 (m ³ /día)	545,000	1,900,000	2,445,000
Gasto medio máximo en 1995 (m ³ /día).	710,000	2,380,000	3,090,000
Gasto medio máximo en 1995 (m ³ /seg).	8,20	27,50	35,70

Para diferenciar entre consumo doméstico e industrial, se consideraron las proyecciones de empleo industrial, incluidas en los Cuadros N^{os}. IV.2 y IV.3. De estas cifras puede verse que, dadas las actuales políticas de desarrollo urbano y regional, no debe esperarse un crecimiento significativo de la actividad industrial. Esto se ve reflejado, especialmente en el área de drenaje del Zanjón de la Aguada, por el relativamente bajo crecimiento del empleo industrial, en relación al crecimiento demográfico.

De esta manera, la distribución previsible del consumo de agua, es la que se indica en el Cuadro N^o IV.11 insertado a continuación.

CUADRO IV.11

DISTRIBUCION DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE EN
AREAS SANEADAS EN 1995

ESPECIFICACION	AREA DE DRENAJE		TOTALES
	Mapocho	Zanjón de la Aguada	
Consumo doméstico medio máximo	6,13	22,85	28,98
Consumo industrial medio máximo	2,07	4,65	6,72
Consumo total medio máximo	8,20	27,50	35,70

M³/SEG.

4.- Flujos de Aguas Servidas.

Para conocer la cantidad total de material contaminante proveniente de los residuos industriales y domésticos de la ciudad, es necesario conocer los flujos totales de aguas servidas. El gasto de aguas servidas puede asimilarse al gasto de los diferentes colectores de alcantarillado en el período de menor pluviosidad. Este gasto que corresponde aproximadamente al gasto efectivo del mes de Enero, se ha denominado gasto medio máximo, ya que prácticamente coincide con el gasto medio de los períodos de mayor uso de agua, como ha sido constatado en diferentes estudios ya anteriormente citados. (10).

Ahora bien, como se indicó en Capítulos anteriores, los diferentes colectores estudiados fueron aforados en el período de estiaje. Además de los colectores que fueron sujetos a muestreo para posterior análisis, también fueron aforados otros colectores importantes. Con estos antecedentes, más los obtenidos de otros aforos realizados en diferentes épocas, indicados en los cuadros II.1 y II.2 y estimaciones realizadas a través de observaciones directas, se confeccionaron los Cuadros N^{os}. IV.12 y IV.13. En ellos se indica para 1970 el gasto medio máximo estimado, en lt/seg para cada una de las descargas y colectores afluentes a cada curso principal de drenaje.

Al analizar estos cuadros puede observarse que los gastos correspondientes a los colectores analizados en detalle, incluidos en el capítulo anterior, representan sobre el 60% del gasto total del sistema de alcantarillado de Santiago.

CUADRO IV. 12GASTOS MEDIOS MAXIMOS DE DESCARGAS Y COLECTORES
AFLUENTES AL MAPOCHO

Enumerados de Oriente a Poniente

AÑO 1970

NO	DENOMINACION	Diámetro mm	Gasto Medio Má- ximo Estimado. lt/seg.
1	Des. Lo Barnechea	200	5
2	Des. Vitacura	1.000	500
3	Des. Pobl. P. de Valdivia N.	800	30
4	Des. Pobl. Lo Contador	500	25
5	Col. Ultra Mapocho	2.300	490
6	Col. Miguel de Atero	1.800	--
7	Col. Sector Norte Sta. Mar.	2.300	670
8	Col. Lo Espinoza	1.200	240
9	Des. Pobl. Abraham Gómez	600	35
10	Des. Pobl. Carrascal	300	50
11	Des. Pobl. Fanaloza	500	30
12	Col. Mapocho En S. Gutiérrez	2.000	5
13	Des. Pueblo de Renca	700	30
14	Des. Planta Endesa	300	15
15	Col. Quinta Normal	1.000	320
16	Col. Quilicura	1.450	150
17	Des. Aeropuerto Pudahuel	450	15
		TOTAL	2.610

CUADRO IV.13

GASTOS MEDIOS MAXIMOS DE DESCARGAS Y COLECTORES
AFLUENTES AL ZANJON DE LA AGUADA.

Enumerados de Oriente a Poniente

Año 1970.

Nº	DENOMINACION	Diámetro mm	Gasto Medio Máxi- mo Estimado lt/seg.
18	Canal Pedro de Valdivia	-	1.000
19	Des. Camino Puente Alto	700	8
20	Des. Industria Grau	200	3
21	Des. Vicuña Mackenna	700	40
22	Des. Granjas Obreras	400	35
23	Des. Pobl. Papelera	350	35
24	Des. Pobl. Chile	900	50
25	Des. Pobl. El Pinar, Sumar y otras.	600	30
26	Des. Sierra Bella Sur	800	50
27	Des. Pobl. Vicente Navarreta	200	2
28	Des. Santa Rosa Oriente	1.000	2
29	Canal San Joaquín	-	400
30	Col. Acuña	1.600	700
31	Des. Barros Luco	300	60
32	Col. Ochagavía	2.000	350
33	Col. Padura	850	100
34	Des. Pobl. Mirador Nº 1	200	4
35	Col. Pobl. Miguel Dávila	1.700	150
36	Des. Pobl. Mirador Nº 2	200	4
37	Des. Pobl. Pedro Montt	600	20
38	Des. San Alfonso	250	6
39	Col. Valenzuela Llanos	1.600	185
40	Des. Pobl. San Joaquín	700	70
41	Des. Maestranza San Eugenio	350	15
42	Des. P. Aguirre Cerda	550	30
43	Des. Matadero Lo Valledor	300	10
44	Des. Pobl. Buzeta	550	12
45	Des. Pobl. Lo Valledor y J.M. Caro	1.000	120
46	Des. Dagoberto Godoy	650	25
47	Des. Villa Esperanza	400	25
48	Canal A-H	-	2.720
49	Col. Las Rejas Nº 1	900	200
50	Des. Las Rejas Nº 2	400	60
51	Col. E. Williams	450	500
52	Col. Las Américas	450	
53	Col. Pajaritos	350	
54	Col. Buerras	800	
T O T A L			7.021

Además, comparando el flujo total actual de cada uno de los sistemas de drenaje y los respectivos abastecimientos de agua potable, indicados en el Párrafo IV.3 anterior, puede deducirse que el alcantarillado recupera el 86% en el área de drenaje del Mapocho y el 74% en el área de drenaje del Zanjón de la Aguada. Como promedio para la ciudad la recuperación es de 77%.

Debe señalarse que estos porcentajes de recuperación, si bien algo inferiores a los indicados en otros estudios como el de "Tratamiento de las Aguas Servidas de Santiago. Sector Zanjón de la Aguada", que plantea valores de entre 80 y 85%, son perfectamente compatibles con los señalados por la literatura internacional (6), como promedio de diferentes localidades.

Los antecedentes anteriores, esto es, el consumo de agua potable en 1970 indicado en el Cuadro IV.8, el flujo de aguas servidas en el mismo año señalado en los Cuadros IV.12 y IV.13 y el consumo probable de agua potable en 1995 indicado en el Cuadro IV.11 permiten establecer una relación con los gastos de aguas servidas en 1995.

En efecto, a través de los índices de recuperación recién mencionados puede extrapolarse el flujo de aguas servidas en base al consumo de agua en ese año.

No obstante, el avance en el abastecimiento de agua potable aventaja siempre al drenaje correlativo por alcantarillado, sea por retardo en el proceso de saneamiento o por destinos no recuperables, como el riego de jardines, calefacción u otros, propios de las zonas donde el consumo se eleva en forma drástica.

En este caso, el consumo de agua potable, en el área de drenaje en estudio, subirá de 12,48 m³/seg, a 35,70 m³/seg entre 1970 y 1995. Esto es, casi triplicará su valor.

Sin duda que el saneamiento no seguirá ese ritmo por lo cual, conforme a previsiones de la D.O.S. el porcentaje de saneamiento con respecto al abastecimiento de agua se supone de una tasa igual al 80% de éste.

Por otra parte, los índices de recuperación deben tender a uniformarse como consecuencia de la distribución urbanística propia de una ciudad habitada con una densidad de saturación como se supuso en el Párrafo 2 de éste Capítulo.

Aplicados estos criterios la tasa de recuperación se aproximaría al 71% con lo cual los flujos medios máximos de aguas servidas alcanzarían en 1995 los valores indicados a continuación en el Cuadro IV.14.

CUADRO IV.14

PROYECCIONES DE FLUJOS DE AGUA POTABLE Y AGUAS SERVIDAS EN 1995 EN EL AREA DE DRENAJE

M3/SEG.

ESPECIFICACION	AREA DE DRENAJE		TOTAL
	Mapocho	Zanjón de la Aguada	
Flujo Medio máximo de Agua Potable	8,20	27,50	35,70
Flujo Medio Máximo de Aguas servidas	5,85	19,70	25,55

Debe tenerse presente que los aumentos demográficos y el desarrollo industrial previsibles, junto al incremento del área saneada están implícitos en las proyecciones del consumo de agua potable, debidamente modificados en la medi

da que el saneamiento va a la zaga del abastecimiento.

5.- Determinación de la Cantidad de Material Contaminado.

El material contaminante que interesa conocer, en lo que respecta a su cuantía, para fines de diseño preliminar, se refiere a la cantidad total de DBO y de sólidos en sus -
suspensión. Además, interesa conocer la demanda total de cloro para dimensionar la magnitud de adición de dicho material, si es que ello se juzga necesario.

Para determinar los totales actuales de estos tres componentes se ha empleado el resultado de los análisis in
cluidos en el Párrafo 6 del Capítulo III.

En lo que respecta a los dos primeros, se ha empleado
el siguiente método. Como es conocida la cantidad total de DBO y sólidos en suspensión, presentes en los ocho colecto
res muestreados, y, además, se conoce la relación de gasto
s entre estos colectores y el total del sistema de alcantar
illado, se hizo primero una proyección global. Esta proye
cción se comparó y corrigió, para cada sistema de drenaje por el resultado parcial correspondiente a los colectores muestreados de cada uno de los sistemas en particular. Además, se tuvo en cuenta la composición doméstico-industrial de las áreas correspondientes a los colectores muestreados y a los que no lo fueron, ya que la contaminación proveniente
de residuos industriales es inferior, en términos relativos, a la proveniente de residuos domésticos.

Con estos antecedentes, se confeccionó el Cuadro IV. 15 insertado a continuación:

CUADRO IV. 15

CANTIDAD DE MATERIAL CONTAMINADO POR AREA DE DRENAJE.

ESPECIFICACION	AREA DE DRENAJE		TOTALES
	Mapocho	Zanjón de la Aguada	
Flujo de los colectores muestreados. (m3/día).	133.750	362.476	496.226
Flujo medio máximo total (m3/día)	225.000	606.000	831.000
Kg. DBO/día colectores muestreados a - fluentes a cada área de drenaje.	38.126	123.442	161.568
Kg. DBO/día total del área.	51.600	161.500	213.100
Kg. Sólidos en susp/día, colectores muestreados.	30.605	64.985	95.590
Kg. sólidos en susp/día, total del área	37.405	92.795	130.200

Considerando el volumen de los flujos industriales, el DBO/día total con que contribuye este sector es de aproximadamente 85.000 Kg., siendo la contribución del sector doméstico de aproximadamente 128.000 Kg., de DBO/día.

En cuanto a la demanda de cloro, extrapolando de los muestreos realizados, pudo confeccionarse el cuadro siguiente.

CUADRO IV. 16

DEMANDA DE CLORO POR AREA DE DRENAJE

DEMANDA	1970 AREA DE DRENAJE	
	Mapocho	Zanjón de la Aguada
Demanda de cloro colectores muestreados. (mg/lt).	10,54	10,30
Demanda de cloro total del área. (Kg/día).	2.371,50	6.191,80

El orden de magnitud de otros componentes de las aguas servidas puede obtenerse fácilmente de la observación del Cuadro Nº III.7 incluido en el Párrafo 6 del Capítulo III.-

Finalmente, para conocer la cuantía futura del material contaminante, se relacionó sus volúmenes actuales para los flujos estimados, recién anotados, con los correspondientes a los flujos proyectados para 1995. Además, se tuvo en consideración las diferencias en las proyecciones de desarrollo industrial entre las dos áreas, ya que, como se anotó en

el Capítulo anterior, los correspondientes residuos tienen un comportamiento diferente a los domésticos, en cuanto a la magnitud de su contaminación. Estos resultados se incluyen en el Cuadro Nº IV. 17 insertado a continuación.

CUADRO IV. 17

PROYECCION DE LA CANTIDAD DE MATERIAL
CONTAMINANTE POR AREA DE DRENAJE.

ESPECIFICACION	1995 AREA DE DRENAJE		TOTALES
	Mapocho	Zanjón de la Aguada	
Flujo medio máximo de aguas servidas (m3/seg).	5,85	19,70	25,55
Kg. DBO/día total del área.	165.000	340.000	505.000
Kg. sólidos en susp/día, total del área	81.000	255.000	336.000
Demanda de cloro total del área (Kg/día)	6.200	20.400	26.600

Del total del DBO estimado para 1995, 395.000 Kg. corresponden a residuos domésticos y aproximadamente 110.000 Kg. corresponden a residuos industriales. Esto se explica considerando que el consumo industrial que representaba alrededor del 35% del consumo total de agua en 1970, disminuye en 1995 a un valor algo inferior al 17% del total del consumo de agua, de acuerdo a las proyecciones señaladas en el párrafo anterior.

En cuanto a los sólidos en suspensión, considerando que el tratamiento primario removerá alrededor del 40% de ellos, deberá disponerse de un sistema para evacuar del orden de 135 toneladas diarias como producto del tratamiento de las aguas de ambos cursos de drenaje.

6.- Determinación del Caudal de Crecida.

Considerando que por razones de dimensionamiento de la planta de tratamiento de aguas servidas, debe limitarse el caudal de entrada, el Departamento de Estudios de la Dirección de Obras Sanitarias se pronunció en el sentido de fijar a priori un máximo de entrada a la Planta y así no proceder a la evaluación exacta de los caudales de aguas lluvia de la hoya.

De esta manera se sugirieron y adoptaron las siguientes cifras como criterio de dimensionamiento; para la capacidad del emisario debe aceptarse un caudal total, es decir, la suma de las aguas servidas más las aguas lluvias de cinco veces el caudal medio; para la capacidad de la planta de tratamiento debe aceptarse un caudal equivalente a tres veces y media el caudal medio.

El excedente que no se tratará en la planta y que corresponde a una vez y media el gasto medio será interceptado mediante un by pass o acumulado en estanques especiales, recomendándose en primera instancia adoptar la primera solución. Probablemente, cuando se haga necesario llegar a tratamientos más refinados de las aguas, tal como se discutirá más adelante, será también necesario el empleo de estanques de acumulación u otra solución que impida la descarga de aguas servidas sin tratamiento.

Considerando los antecedentes expuestos en el Párrafo 5.2 del Capítulo I, puede juzgarse fácilmente la incidencia del criterio de dimensionamiento adoptado. Cabe indicar también que un hecho adicional refuerza la necesidad de tratar el excedente, por cualquier método, cuando se haya alcanzado una etapa más avanzada en la disminu - ción de los índices de contaminación.

Esto es que a través del período de estiaje se va produciendo una sedimentación parcial a lo largo de todo el sistema de recolección de las aguas servidas, de modo que cuando empiezan las primeras lluvias, ellas arras - tran estos sedimentos, obteniéndose una concentración relativamente superior de material contaminante que la que cabría esperar en los caudales de crecida.

-----x-----

C A P I T U L O V

DISCUSION DE LA ESCASEZ DE AGUA Y LAS ALTERNATIVAS
DE ABASTECIMIENTOS

Las aguas servidas pueden tratarse en diferente grado, de tal modo de ir sucesivamente, disminuyendo el DBO, la concentración bacteriológica y otros elementos contaminantes. Así existen diversas etapas de tratamiento, que serán abordadas en el Capítulo VII y que consultan desde el tratamiento más simple destinado a mejorar las condiciones ambientales, a través de una disminución de la frecuencia en que se presentan olores desagradables provenientes de descomposiciones anaeróbicos y a disminuir la concentración de bacterias coliformes, para prevenir los riesgos para la salud, hasta el extremo de depuración más completa, en que eventualmente el agua tratada puede ser usada para el consumo humano.

Dentro de esta gama de posibilidades, que corresponden a determinados tratamientos, existen dos opciones fundamentales que se refieren, la primera a abordar, en una primera etapa, sólo la eliminación de los efectos nocivos principales derivados de la presencia de aguas sin tratar, o bien, plantear desde el principio el aprovechamiento, ya sea con fines domésticos o industriales, de las aguas depuradas.

La decisión entre estas dos opciones dependerá de la escasez relativa del recurso agua y, como es lógico, esta escasez relativa tendrá implícita la comparación de costos alternativos. En otros términos, la escasez relativa del recurso agua dependerá del costo de contar con agua en la localización y tiempo en que se la necesite. Así, en este caso, el agua proveniente de las fuentes naturales sería esca

sa en la cuenca si el costo de producirla y contar con ella en los períodos en que se la necesite es superior al costo de tratar, eventualmente, almacenar y distribuir el efluente completamente purificado proveniente del tratamiento de las aguas servidas.

De esta manera, aparecen tres elementos de juicio fundamentales para definir la alternativa más eficiente en tre estas dos opciones. Estos elementos de juicio son los siguientes:

- a) La escasez absoluta del agua en la cuenca, vale decir, si el agua afluyente a la cuenca donde se ubica la ciudad es suficiente para abastecer la demanda proyectada para uso doméstico e industrial y si queda el excedente necesario para el riego de las zonas agrícolas. Si esta escasez no se presenta, la decisión para surtir la cuenca queda condicionada a los factores indicados a continuación.
- b) El costo relativo de tratar aguas de río para su aprovechamiento doméstico e industrial, comparado con el costo de tratar las aguas servidas hasta dejarlas aptas para el consumo doméstico e industrial.
- c) El costo relativo de llevar y almacenar las aguas de río para su purificación y el de distribuir la correspondiente producción, frente al costo de distribuir el efluente de un tratamiento completo de las aguas servidas.

Estrictamente existiría un cuarto elemento y es que en el caso de que el recurso fuera de escasez absoluta en la cuenca, podría plantearse su aducción desde cuencas vecinas, pero, de la sola observación de las características topográficas esta alternativa puede excluirse.

El análisis de estos tres elementos se hará sólo en términos globales, dando el orden de magnitud de las cifras involucradas, ya que, como se apreciará a continuación estas órdenes de magnitud son de tal modo concluyentes que permiten desechar, sin requerir de una mayor precisión, la alternativa de plantear, en una primera etapa el tratamiento completo de las aguas servidas.

Ahora bien, para analizar el primer elemento de juicio, o sea, la escasez absoluta, puede recurrirse a cifras ya señaladas en capítulos anteriores. Así en el Cuadro I.1 se estableció que los gastos medios anuales de las diferentes fuentes hidrológicas que abastecen a la cuenca de Santiago son como promedio anual de 170 m³/seg. para un año 50%, y en el Cuadro I.2, que dichos gastos para las vías de fuga de aguas de la cuenca son de 165,94 m³/seg. como promedio anual para un año 50%.

Además debe considerarse que sólo un 30% de esta disponibilidad depende de la pluviosidad en la cuenca.

Ahora bien, la proyección del consumo urbano se aproximará a los 36 m³/seg. para 1995, como se desprende del Cuadro IV.10. Este consumo corresponde a la densidad de saturación demográfica del área. Debe tenerse en cuenta que el crecimiento urbano implica, por la penetración urbana hacia áreas agrícolas, una disminución de la demanda neta de agua, ya que la demanda urbana por hectárea es inferior a la agrícola. Además, debe considerarse que el agua retenida por riego domiciliario u otras causas es algo inferior al 10% del agua consumida, con lo que de los 36 m³/seg. requeridos por la ciudad, una disponibilidad de aproximadamente 26 m³/seg. serán evacuadas y susceptibles de uso agrícola. Además, este volumen es efectivamente útil para riego, dada la configuración topográfica de la cuenca y sólo es necesario darle el tratamiento adecuado para obtener el agua que se desea.

De esta manera, puede apreciarse que desde el punto de vista de la existencia del recurso en la cuenca, no se ha ce necesario el aprovechamiento de las aguas servidas tratadas para uso doméstico e industrial.

De este modo, en la decisión entraría a jugar el segundo elemento, vale decir, el costo comparativo de purificar para el consumo de aguas de río o aguas servidas. Al respecto se indicarán sólo estadísticas muy estimativas, ya que parece obvio, al considerar que ambos sistemas de tratamiento son esencialmente similares, que el tratamiento de aguas más con taminadas será más costoso que el de aguas relativamente me nos contaminadas. El costo estimado por la Empresa de Agua Potable de Santiago, de la construcción de plantas de purifi cación de agua de río, es del orden de US\$ 1.700.000 por m³/seg. de agua captada y purificada.

Si bien debe existir una economía de escala en fun ción del aumento del agua purificada, se mantendrá este valor para considerar el caso más desfavorable.

En cuanto al costo del tratamiento de aguas servidas, si bien no existen estimaciones para el país, para los efec tos de esta comparación pueden emplearse estimaciones interna cionales (13).

Un resumen de estos antecedentes se exhiben en los Gráficos V.1 y V.2 insertados a continuación.

Considerando que en términos generales, los costos de construcción de Obras Civiles en el país serán inferiores a los estimados para países con más alto ingreso, para los que existen estas estadísticas, los costos internacionales serán disminuídos para su comparación. Esto también implica situar se en una posición extrema, ya que, por su parte, los costos de las maquinarias y equipos importados serán superiores.

Gráfico V. 1

PLANTAS DE TRATAMIENTO PRIMARIO Y PLANTAS DE LODOS ACTIVADOS
COSTO DE CONSTRUCCION EN DOLARES POR MILLONES DE GALONES DIARIOS (MGD)
(1MGD = 3.785 Metros Cúbicos por Día)
AJUSTADOS A JUNIO DE 1967

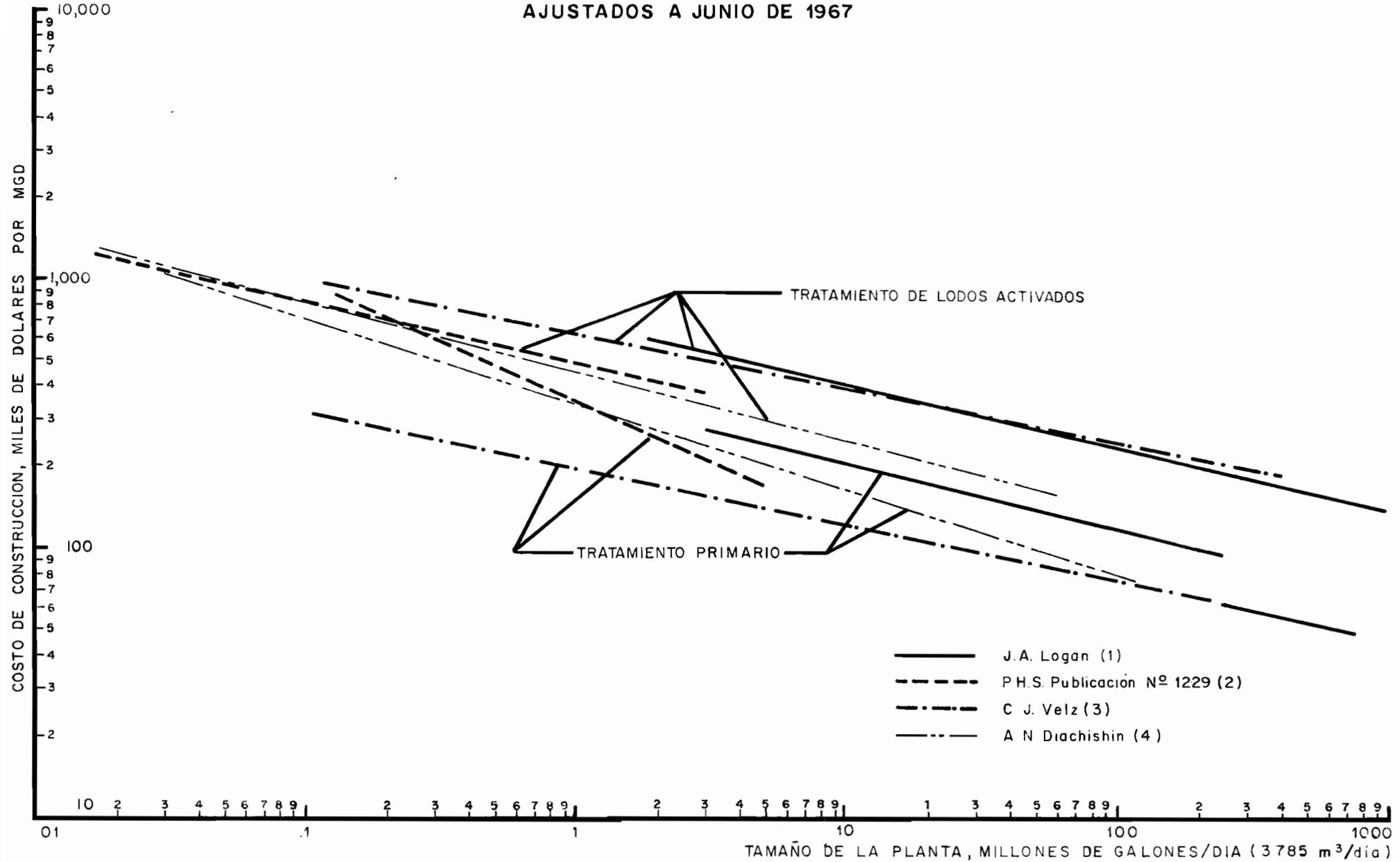
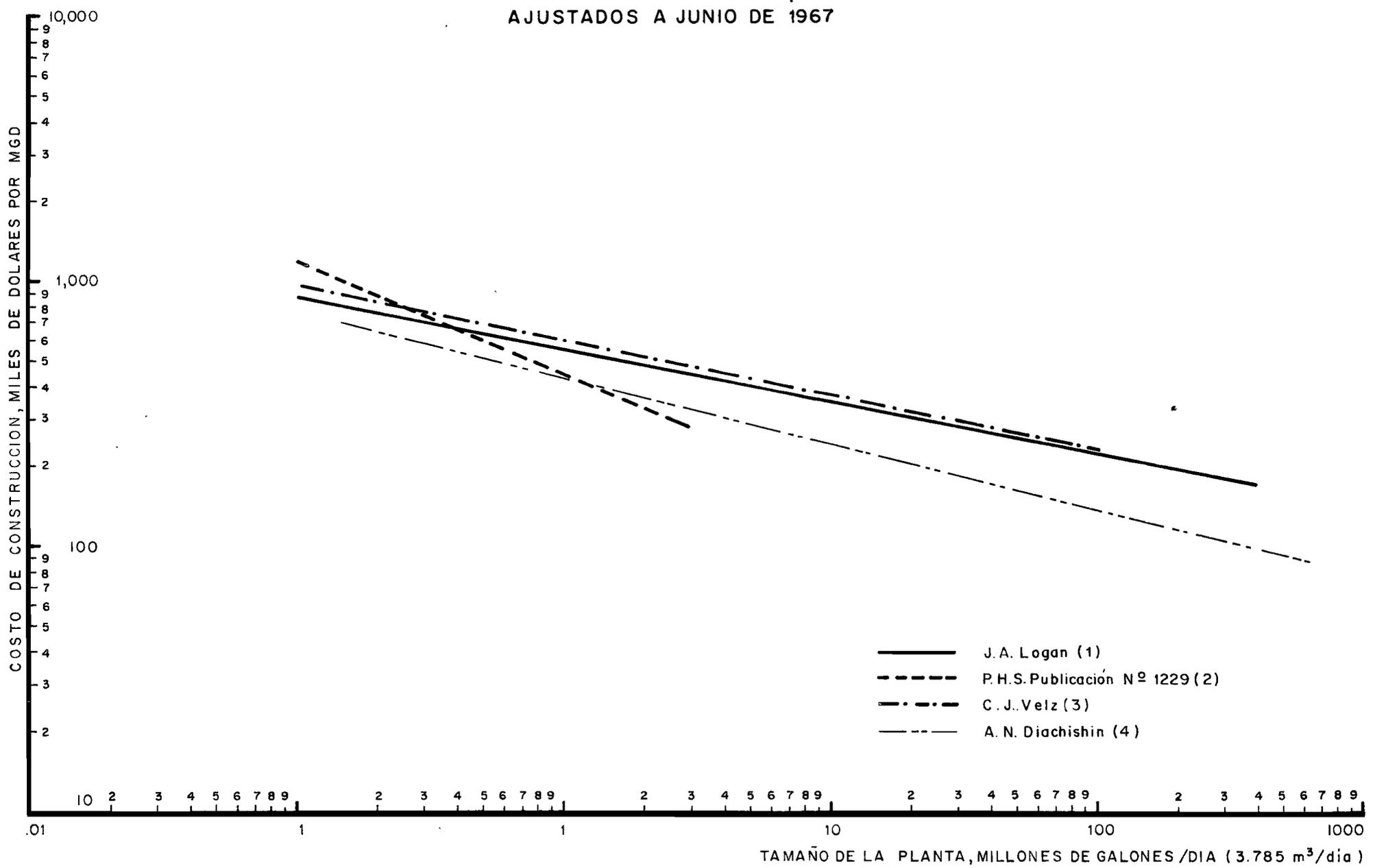


Gráfico V. 2

PLANTAS DE FILTROS BIOLÓGICOS
COSTO DE CONSTRUCCION EN DOLARES POR MILLONES DE GALONES DIARIOS (MGD)
(1MGD = 3.785 Metros Cúbicos por Día)
AJUSTADOS A JUNIO DE 1967



Con estas consideraciones, puede constatarse que el costo del tratamiento primario, según se le define en el Capítulo VII, dado por la literatura, para las escalas de producción del Zanjón de la Aguada y Mapocho, es de 1,2 a 1,6 millones de dólares por m³/seg. de agua tratada; el tratamiento secundario del orden de 3,5 a 4,9 millones de dólares por m³/seg. de agua tratada. Otros autores sitúan el conjunto de estos procesos entre 3,1 y 4,1 millones de dólares por m³/seg. de agua tratada. Estos mismos autores indican que el costo adicional del tratamiento terciario es del orden de 1,7 a 2,6 millones de dólares por m³/seg. de agua tratada.

De esta manera, el sistema completo variará entre 4,8 y 6,7 millones de dólares por m³/seg. de agua tratada, en el caso más favorable. Si estos costos se disminuyen, por las consideraciones ya expuestas, incluso a la mitad, vale decir a 2,4 ó 3,4 millones de dólares por m³/seg. de agua tratada, aún resulta menos costosa la purificación de las aguas de río. A esto debe sumarse el hecho que en los costos anotados para el tratamiento de aguas servidas, sólo se tuvo en cuenta los costos principales y existen algunos procesos anexos para dejar las aguas en condiciones de consumo, que subirían aún más su costo total.

Eliminado este segundo elemento de juicio, sólo resta analizar si el almacenamiento y distribución de las aguas de río, frente al costo similar para el efluente de un tratamiento completo, podría tener una incidencia determinante frente a la elección de las opciones planteadas.

En cuanto a la distribución, puede aceptarse sin mayor análisis que, en todo caso, favorecerá la alternativa del aprovechamiento de las aguas de río, ya que los sistemas

de tratamiento de aguas servidas normalmente estarán situados en cotas más bajas que los lugares de consumo debido a que el sistema de alcantarillado opera íntegro por gravedad. Este hecho haría necesario el bombeo del efluente para llevarlo hacia los usuarios. Si bien las distancias entre efluente tratado y consumo podrían ser algo inferiores, el hecho recién señalado, sumado a la eventual necesidad de incluir sistemas de regulación de distribución en las plantas de tratamiento, con su respectivo costo adicional, indican que la distribución no hace variar la conclusión de los dos elementos anteriores.

En cuanto al almacenamiento, este aspecto surge fundamentalmente de la variación estacional de los caudales que en el caso del río Maipo en La Obra, para año 50% es de 45 a 200 m³/seg. en los dos extremos. Debe considerarse que el Maipo representa alrededor del 60% de los recursos hídricos de la hoya.

Ahora bien, la competencia por el uso del agua en el momento de menor caudal será entre el consumo urbano y el regadío. Si el agua estuviera eventualmente tratada en forma primaria su efluente sólo satisfaría la demanda agrícola (y podría existir un costo adicional para distribuir a otras áreas de regadío diferente a las de drenaje natural)

Si estuviera tratada completamente podría disminuir la cuota necesaria para consumo en el período de estiaje, pero requeriría de cierto almacenamiento de regulación, fuera del problema de cotas.

A su vez, el aprovechamiento agrícola del agua de río, de tal forma de no presionar la demanda para consumo urbano en los períodos más secos, también requeriría de al-

macenamiento, Vale decir, la necesidad de almacenamiento si bien diferentes para ambas alternativas, no parece decisiva, dadas las proyecciones de consumo.

Aún más, dada las proyecciones de demanda, parece ser inevitable, el que deberán plantearse nuevos sistemas de almacenamiento.

De esta manera, como conclusión general de este análisis preliminar, parece evidente que de mantenerse más o menos constantes las condiciones hidrológicas y no presentar variaciones fundamentales las proyecciones de consumo de agua, no es aconsejable, en una primera etapa, plantear un sistema de tratamiento más allá del primario y correspondiente desinfección, que sólo elimine los efectos nocivos derivados de las aguas servidas sin tratamiento.

-----x-----

C A P I T U L O VI

DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS DE DISEÑO

Los beneficios que pueden obtenerse mediante el tratamiento de los residuos domésticos y de aguas servidas provenientes de las industrias son numerosos. Como se mencionó en la Introducción y se analizó en el Capítulo anterior, no es factible, en las condiciones actuales, el plantear la purificación completa de los residuos domésticos y de las aguas contaminadas por las industrias. Esto significa que no parece aconsejable purificar el agua servida de manera tal que pudiera ser empleada para consumo humano y para propósitos de recreación que impliquen contacto humano directo, como es el caso del baño.

En consecuencia, es necesario analizar los beneficios específicos que pueden obtenerse dentro de los límites de la factibilidad económica. En nuestra opinión, del análisis realizado en el Capítulo anterior es factible dar un tratamiento a las aguas servidas de Santiago para alcanzar los siguientes objetivos.

- a) Disminuir en forma notoria los peligros de salubridad asociados a la descarga , al ambiente de residuos sin tratamiento.
- b) Reducir las molestias en cuanto a olores, asociados a la descomposición anacróbica de los residuos.
- c) Mejorar las condiciones estéticas en los ríos, junto con superar otras molestias, a través de la eliminación de los sólidos.

- d) Proveer de agua de calidad tal que sea adecuada para la irrigación, de tal manera que no constituya una amenaza para los trabajadores del campo ni para los consumidores de los productos agrícolas.
- e) Proveer las bases para una futura producción de agua de gran calidad, proveniente de las descargas de residuos.

El programa para alcanzar los objetivos enunciados puede dividirse en tres etapas de construcción. Cada etapa está dirigida a alcanzar ciertos objetivos específicos.

El primer y básico objetivo de cualquier programa debe ser el de reducir los peligros para la salud derivados de la descarga al ambiente de residuos sin tratamiento. Para reducir estos riesgos para la salud es necesario eliminar las bacterias que producen enfermedades, antes de descargar las aguas servidas.

En términos generales, los organismos de salubridad a través del mundo han establecido valores de concentraciones de bacterias en el agua, que pueden ser considerados satisfactorios para cada uso en particular. Se sugiere que un objetivo razonable para las aguas de los Ríos Mapocho y Maipo puede ser el de una concentración de alrededor de 1.000 bacterias coliformes por cada 100 c.c. Sin embargo este estandar podría ser refinado por la autoridad de salubridad responsable del área. En todo caso, como base de cálculo se aceptará este valor en la cuantificación correspondiente.

El segundo objetivo, que puede obtenerse en la fase inicial, debería ser el de alcanzar una calidad del agua adecuada para ser usada para riego en la agricultura. Aquí

también la calidad del agua requerirá de una reducción de la concentración de bacterias, a un nivel tal que evite la contaminación de enfermedades tanto entre la gente trabajando en el campo, como entre los consumidores de los productos que hayan sido irrigados con esta agua. La concentración de coliformes sugerida arriba para el objetivo de salubridad también es aplicable en este caso. Esto es, se recomienda una concentración que no supere los 1.000 coliformes por cada 100 c.c. de agua.

De esta manera, se recomienda que el objetivo inicial básico del tratamiento de las aguas servidas de Santiago, esté dirigido a la desinfección del agua para reducir el riesgo potencial para la salud que actualmente existe.

En nuestra opinión, el segundo objetivo en orden de importancia, que debe perseguir el tratamiento de las aguas servidas, debería ser la prevención de los olores desagradables que resultan de la descomposición anaeróbica de las aguas negras, especialmente en los períodos más calurosos del año. Considerando que los olores son provocados por la descomposición de la materia orgánica que contienen las aguas servidas, es necesario extraer estas materias antes de descargar las aguas servidas. Las materias orgánicas se presentan en las aguas servidas tanto como materias en suspensión como en la forma de materias orgánicas disueltas, las que requieren métodos de tratamiento diferentes para extraer unas u otras.

El grado a qué es necesario extraer las materias orgánicas de los residuos domésticos y aguas servidas de origen industrial antes de ser descargadas al río, depende de varios factores. A continuación se anotan algunos de estos factores.

- a) El flujo disponible en el río para diluir las aguas servidas.
- b) Las características del río, esto es, si su flujo es rápido o lento, profundo o superficial, y la presencia de compuertas u otras estructuras.
- c) La temperatura del agua.
- d) La naturaleza de la vida biológica, flora y fauna, en el agua.
- e) La naturaleza del suelo que constituye el lecho sobre el cual fluye el río.

Muchos de estos factores están inter-relacionados entre sí.

El grado de extracción de las materias orgánicas sólo puede determinarse después de un exhaustivo estudio del río y de sus características. Este es un estudio que puede requerir de varios años para su realización, debido a las variaciones de flujo en el río de año en año y las caracte-rísticas cambiantes que presenta en las diferentes estacio-nes del año.

Sin embargo, para ríos que presentan un grado tan alto de contaminación como el Mapocho, el primer paso, como se indicó, que no requiere de mayor estudio para su deci-sión, es el tratamiento primario definido en el Capítulo VII, como una forma de mejorar las condiciones actuales.

Debe mencionarse, en todo caso, que para ríos del tipo general del Maipo-Mapocho, el límite superior de mate-ria orgánica permisible, expresado como DBO, no debiera exceder los 15 mg/1 en el río aguas abajo de cualquier des -

carga. En ríos en los que se desea una mayor calidad del agua, como en el caso de agua para consumo humano, pisciculturas u otros usos similares, el DBO no debería exceder los 4 mg/l.

Una razón adicional para plantear la extracción de las materias orgánicas en suspensión en las aguas servidas, antes de su descarga al río, está relacionada con la efectividad de la desinfección. Si el agua que se desea desinfectar contiene materias en partículas, no puede alcanzarse una desinfección efectiva, ya que las bacterias contenidas dentro de las partículas están protegidas del agente desinfectante. Después que hayan desaparecido los efectos del agente desinfectante, estas partículas se romperán, liberando en esta forma bacterias vivas hacia el agua. Incluso, si esta agua con materias en partículas es consumida por el hombre, puede provocar contagio de enfermedades por las bacterias vivas allí presentes.

En cuanto a la calidad del agua en el futuro, como ya ha sido especificado, no se considera factible, en este momento, el plantear un tratamiento tal de los residuos de Santiago que permita obtener condiciones ideales en los ríos. Sin embargo, deben considerarse planes preliminares desde la primera etapa de tal manera que cuando en el futuro sea factible elevar la calidad del agua del río hasta niveles ideales, estos planes estén considerados y no se produzcan interferencias motivadas por faltas de previsión.

Así, por ejemplo, cuando se adquieran terrenos para la primera etapa de la construcción del sistema de tratamiento de aguas, debería adquirirse también suficiente cantidad adicional de terreno en cada sitio, como provisión de espacio para futuras construcciones de unidades adicionales de

tratamiento. De esta manera, la selección de ubicación para la planta de tratamiento deberá considerar que los espacios disponibles tengan posibilidades para expandir las instalaciones de tratamiento, de acuerdo al programa de construcción.

La calidad ideal del agua que debe considerarse como el objetivo final del tratamiento, deberá consistir en un agua de río libre de bacterias patógenas, clara, incolora e inodora, incluso en los períodos más secos y cálidos del año. El contenido, de DBO de un agua como ésta debería ser inferior a los 4 mg/1 y el oxígeno disuelto debería estar a un nivel superior los 5 mg/1.

Esta agua no debería contener ningún material tóxico y debería ser adecuada para todas las actividades relacionadas con el uso del agua, excepto el consumo humano sin tratamiento específico.

Pasarán muchos años antes que pueda alcanzarse a agua de esta calidad en los alrededores de Santiago. Sin embargo, este ideal debe mantenerse presente, como objetivo último, mientras se programa todo el sistema de tratamiento.

C A P I T U L O VII.

SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS SERVIDAS.

1.- Tratamiento Primario.

El método más económico y efectivo para desinfectar las aguas servidas purificadas es la adición de cloro, en dosis suficientes para matar las bacterias presentes. Experiencias realizadas en otros lugares indican que una dosis de cloro que sea suficiente para obtener un residuo de cloro de 1 mg/1, después de 0,5 a 2 horas de tiempo de contacto, proveerá, generalmente, una desinfección adecuada, esto es, un índice coli de menos de 1.000 coliformes por cada 100 c.c.

Para residuos domésticos, libres de residuos industriales, se requiere usualmente una dosis de cloro de alrededor de 15 mg/1. Sin embargo, la presencia de residuos industriales altera esta dosis.

La dosis requerida, en el caso de Santiago, se ha de terminado realizando muestreos de la demanda de cloro de las aguas servidas en diversos colectores. Los resultados obtenidos, incluidos en el Capítulo III, indican que será necesario una dosis de cloro de 10,4 mg/1 para alcanzar una concentración residual de 1,0 mg/1 después de dos horas.

Previo a la cloración, será necesario extraer las materias en partículas de cierto tamaño, presentes en las aguas servidas, de tal modo que la cloración pueda ser efectiva. El método más eficiente para extraer el material en suspensión en las aguas servidas es la sedimentación.

La sedimentación se logra al permitir que las aguas servidas fluyan lentamente en grandes estanques, en los cuales existe condiciones que pueden asimilarse a las de reposo. Bajo estas condiciones, los sólidos en suspensión en las aguas servidas se irán depositando gradualmente en el fondo de los estanques; desde allí estos sólidos pueden extraerse en forma de lodos. Estos lodos, a su vez, deberán ser digeridos y secados.

En el caso de Santiago, considerando el gran volumen de lodos involucrados, parece aconsejable que ellos sean secados mediante un proceso continuo de filtración -filtros de vacío-. Puede esperarse que la sedimentación remueva alrededor del 30% del DBO de las aguas negras que pasan a través de los estanques de sedimentación y un 60% de los sólidos suspendidos.

La sedimentación se denomina sistema de tratamiento primario de las aguas servidas. El tratamiento primario de los residuos de Santiago no eliminará totalmente los olores provenientes de las aguas negras. El tratamiento primario simplemente disminuirá la frecuencia con que se presentan estos olores. Sin embargo, el tratamiento primario es esencial para poder realizar una efectiva desinfección por cloración.

Los lodos secos, ya sean digeridos o filtrados, pueden ser enterrados o servir como elemento base de fertilizantes o para enmienda de suelos.

2.- Posibles Tratamientos Futuros.

Como se estableció, el tratamiento primario y la clorinación lograrán la desinfección y la extracción de al

rededor del 30% del DBO. Esto sólo no eliminará los peligros y molestias potenciales de la contaminación actual. Será necesario un tratamiento adicional para lograr una calidad tal del agua de los diferentes cursos de agua que sea agradable desde el punto de vista estético.

El tratamiento adicional puede ser realizado de diferentes maneras. La forma particular de tratamiento que se emplee no debería ser decidida hasta que se realice un estudio exhaustivo del río, de tal modo de determinar el grado de tratamiento que se requiere.

El tipo de tratamiento adicional más indicado, después del tratamiento primario, consistiría en un sistema de tratamiento biológico. En dicho sistema se emplean bacterias aeróbicas para oxidar bioquímicamente la materia orgánica, transformándolo en dióxido de carbono y agua. Con un sistema eficiente de oxidación biológico pueden obtenerse extracciones de DBO de hasta un 95%. En general, se emplean dos tipos de sistemas biológicos. Estos son: filtros biológicos y el proceso de lodos activados. Ambos procesos utilizan el mismo tipo de bacterias. Sin embargo, los equipos y procesos son en cierta medida diferentes. El sistema de lodos activados se prefiere, generalmente, para operaciones en gran escala, debido a las necesidades de espacio.

En regiones del mundo densamente pobladas y altamente industrializadas, una extracción del 90% del DBO es insuficiente para asegurar una alta calidad del agua en los cursos de agua receptoras del efluente de las plantas de tratamiento. Recientemente varias plantas de tratamiento han instalado procesos de tratamiento adicionales al sistema secundario. Este tipo de tratamiento se conoce como tra-

tamiento terciario.

El tratamiento terciario comprende métodos tales como la absorción, sobre carbón activado, del DBO residual, la coagulación química y filtración a través de filtros rápidos de arena y una serie de otros métodos que están aún en su etapa de desarrollo.

En todo caso, puede anticiparse que pasarán muchos años antes que Santiago esté en una situación tal que deba considerarse la necesidad de un tratamiento terciario.

C A P I T U L O V I I I

CRITERIOS DE SELECCION DE ALTERNATIVAS DE LOCALIZACION

1.- Planteamiento General.

El saneamiento que este estudio pretende, significa eliminar toda contaminación bacteriológica y malos olores de las aguas que proceden del área de drenaje considerada.

La eliminación de cualesquier foco de contaminación significa que ningún caudal procedente del uso doméstico de be ser usado en riego u otro destino que implique propaga -
ción de bacterias.

Sería deseable para eliminar la contaminación am -
biental por contacto, especialmente por medio de las mos -
cas, que todos los cauces por donde circulen aguas servi -
das sean debidamente abovedados. Es el caso del Colector
Pedro de Valdivia y del Canal A-H, cuya circulación a tajo
abierto constituyen focos infecciosos. No es materia de es-
te estudio establecer el costo de esta obra adicional, ya
que no influye en la selección de la alternativa a elegir -
se para el sistema de tratamiento y en consecuencia debe
considerársele como una de las muchas inversiones que debe
realizarse para extender y perfeccionar el servicio de alcan -
tarillado de la ciudad.

La premisa de someter a tratamiento todo caudal de
aguas servidas por pequeño que sea, exige llevarlos hasta
las plantas de tratamiento sin que sean recogidos en el
trayecto por bocatomas de riego, cuya ubicación ha sido des

crita en el Capítulo II de este estudio. Del mismo modo, si se mantuviera el régimen actual de vaciado directo de descargas al Mapocho y al Zanjón, para obtener la eliminación de toda contaminación, debiera depurarse todos sus caudales y antes de ser recibidos por las múltiples bocatomas que los interceptan.

Por otra parte, las áreas regadas con caudales recogidos del Mapocho, provengan del alcantarillado o del vaciado del Canal San Carlos, no pueden quedar de secano ante la posibilidad de eliminar los canales que de él se derivan. Como se desprenderá de la discusión de las alternativas de ubicación del sistema de tratamiento, esta restricción no plantea exigencias costosas para regularizar el Río. No sucede igual para el Zanjón en que la ubicación de las bocatomas con referencia a las descargas y la mayor superficie servida con sus aguas imponen condiciones que exigen una mayor inversión en obras civiles de aducción.

Impuestas las dos restricciones enunciadas de eliminar toda contaminación a través de los caudales y de mantener en riego las actuales áreas regadas por canales derivados del Mapocho y del Zanjón, procede configurar las posibles estructuras del proyecto del sistema de tratamiento.

Para ello es necesario corregir algunas deficiencias de la red de alcantarillado, suponer la ubicación de una o múltiples plantas de tratamiento en varios lugares, construir interceptores que lleven las aguas servidas a dichas plantas, mantener la dotación de los canales de riego, recurriendo al bombeo si es necesario y compensando caudales de un lecho a otro para mantener la tasa de regadío.

Este juego de posibilidades que representa múlti -

tiples combinaciones de las diferentes alternativas según la ubicación y gasto de cada descarga, cada bocatoma, según la diferente dimensión de cada planta, todo ello proyectado a Santiago en 1995, debe tener una solución que consultados todos estos factores arroje un criterio de optimización que en este caso será el mínimo costo.

El diseño general así elegido deberá ser evaluado en su beneficio. Tratándose del anteproyecto de menor costo, cualquier otro será más desfavorable y en consecuencia no será el beneficio factor determinante para elegir un proyecto u otro.

En este Capítulo destinado a discutir las alternativas entre el juego de combinaciones señalado, se plantea un proceso eliminatorio hasta llegar a comparar las combinaciones factibles y que la simple observación no conduzca a descartar por irrealizables absurda o exageradamente costosas.

La secuencia a seguir entre ese múltiple juego de combinaciones tendrá como primera etapa la eliminación de alternativas por medio de la rectificación de algunas anomalías en el sistema de alcantarillado.

A continuación se enunciará el conjunto de alternativas posibles pasando después a describir las obras que debieran incorporarse a la estructura del sistema para cumplir con las restricciones impuestas. De esta descripción preliminar varias soluciones serán descartadas sin requerir evaluación alguna.

2.- Rectificaciones Previas al Sistema de Alcantarillado.

Para cumplir con todas las restricciones impuestas

por razones sanitarias y mantención de áreas en riego, conforme a los enunciados del planteamiento general formulado en el Párrafo anterior y evitar costosas obras civiles que no se justifican a la simple observación, es necesario realizar algunas correcciones a la red de alcantarillado.

La primera de ellas se refiere a la habilitación del desague de la descarga N° 2 a la red del Sector F individualizado en el Plano N° 8-A y que fluye al Zanjón a través del Colector Pedro de Valdivia. Liberado así el Canal San Carlos, de la eliminación que le proporciona dicha descarga, quedará saneado el Canal del Carmen y con ello una extensa área agrícola del norte de la cuenca, así como las aguas de riego que el primero de estos canales entrega al Mapocho y que son recogidos aguas abajo por las bocatomas de los canales La Pólvara, Yungay Zapata y La Punta.

La segunda se refiere al vaciado de las descargas N°s. 3 y 4 a la red del Sector E individualizado en el Plano N° 8-A y que fluye al Zanjón a través del Canal A-H. De este modo, se eliminaría una contaminación a los caudales del Mapocho que serán recogidos aguas abajo por los tres canales antes señalados.

La tercera se refiere a la eliminación de la interrupción del colector que en la esquina de las Avdas. Bernardo O'Higgins y General Velásquez da nacimiento al Canal La Pava.

Como alternativa para no desviar las descargas N°s. 2,3 y 4 hacia la red de la ciudad, podría consultarse la construcción de un interceptor en el lecho del Mapocho desde el Canal San Carlos hasta aguas abajo de la bocatoma del Canal La Punta si se optara por tratar todo el caudal del Mapocho o hasta la descarga N° 5 si se optara por llevar las a -

guas servidas en aducciones especiales. En este último caso, el interceptor que debiera construirse desde la descarga Nº5 hacia aguas abajo debiera ser debidamente ensanchado para dar cabida a los caudales futuros entregados por las descargas Nºs. 2, 3, y 4.

No puede pensarse en la construcción de una planta de tratamiento para sanear las aguas entregadas por las descargas Nºs. 2, 3 y 4 cualesquiera que sea el gasto efluente ya que no hay espacio para ubicarla y aunque lo hubiera de -terioraría un sector residencial que incluye el Hotel más moderno del país.

Las consideraciones anteriores conducen, en primera instancia a estudiar el vaciado de las descargas señaladas a la red y evaluar lo que significa conseguirlo.

3.- El Conjunto de Alternativas Posibles.

Dos criterios definen el conjunto de alternativas posibles a elegirse para el diseño del sistema de tratamiento.

El primer criterio se refiere al tratamiento de todo el caudal que fluye por los cauces naturales del Mapocho y el Zanjón, o restringirlo sólo a las aguas procedentes de las descargas del alcantarillado. A primera vista, parece obvio no sobredimensionar una planta de tratamiento para sanear caudales que hayan sido contaminados aguas arriba por el vaciado de aquellas descargas. Sin embargo, no resulta tan obvio si se tiene presente que evitar tal sobredimensionamiento implica construir acueductos interceptores paralelos a esos flujos naturales a fin de obtener un escurrimiento separado de las aguas servidas.

El segundo criterio que define la configuración del sistema se refiere a la construcción de una o varias plantas

de tratamiento. Al optarse por la planta única, donde puedan aprovecharse las economías de escala, todas las aguas que de ban someterse al proceso de depuración deben reunirse en un lugar venciendo los obstáculos propios de la distancia y de las cotas topográficas en el intento de operar, en lo posi - ble, por gravedad.

El número máximo de plantas que podría consultar el sistema, puede determinarse, a priori, de la observación de los Planos N° 8A y 8B que indican la ubicación de descargas y bocatomas.

Desde luego, si la solución óptima descartara la plan ta ú n i c a, la ubicación de las plantas que aquella aconseja es t á n i n d i c a d a en las riberas del Mapocho y del Zanjón. En e - fecto, no tiene sentido, consultar la construcción de dos plantas en el Zanjón, ninguna en el Mapocho y llevar las a - guas de este a aque l a tr á v e s de un acu ed ucto que no podr ía es c ur r i r por gr av e d a d a. Más costoso aún, sería proceder a la inversa llevando caudales del Zanjón al Mapocho para ser tra t a d o s en dos plantas allí ubicadas, ya que las condiciones to p og r á f i c a s son a ú n m á s d e s f a v o r a b l e.

Razonando, entonces, en términos de ubicar las plan tas m ú l t i p l e s en ambas riberas, la observación de los Planos N°s. 8A y 8B indica que, aún sin hacer estudios de costo, no será aconsejable construir más de dos plantas en cada uno. En efecto, los espacios disponibles para ubicarlas están localizados al poniente de la concentración de descargas que aparece muy gráfica en la observación del Plano N° 7. De este modo en el Mapocho necesariamente una eventual plan ta d e tr a t a m i e n t o, por razones de espacio, debe ubicarse aguas abajo de la descarga N° 9. Desde allí hasta la última descarga que recibe el Mapocho, individualizada con el N° 17, media una distancia inferior a diez kilómetros y los caudales de aguas servidas que afluirán en ese intervalo serán reducidos. En consecuencia

no cabe considerar en ese tramo más de dos plantas de tratamiento.

Asimismo, en el curso del Zanjón sólo hay espacios disponibles para ubicar una eventual planta de tratamiento al poniente de la descarga Nº 48. Si allí se ubicara, una estaría destinada a purificar las aguas de las descargas que concurren en el sector y aguas arriba de éste, o sea, desde la Nº 18 hasta la Nº 52, ambas inclusives. Dada la ubicación de las descargas siguientes, o sea, las individualizadas con los Nºs. 53 y 54, si en el Zanjón se ubicara una segunda planta, estaría próxima a ellas y aguas abajo de las mismas. Por tanto, en el espacio que media entre ambas eventuales localizaciones, al no haber descargas afluentes, no tendría objeto ubicar una tercera planta.

En resumen, las posibles combinaciones del número de plantas a consultarse tendrían como mínimo una y como máximo cuatro. Entre ellas debe seleccionarse la solución óptima.

Una reflexión aclaratoria parece necesaria a fin de clarificar la selección entre las diferentes alternativas conjugadas y que se refiere a la singularidad del punto de confluencia del Mapocho con el Zanjón. Este lugar reúne la característica de encontrarse tanto en el lecho de uno como del otro y valen para él todas las consideraciones relativas a la ubicación de las posibles plantas en las riberas de los cauces naturales. Esta opción implica descartar cualquiera ubicación que no esté localizada en torno al Mapocho o al Zanjón.

En otros términos, no se puede considerar como alternativa de solución óptima la ubicación de una planta fuera de los cauces indicados, en el espacio comprendido entre ambos. Llevar hasta allí los caudales de aguas servidas para retornarlos después de tratadas, a uno de ellos, implica sólo complejidad sin ventaja alguna. Inclusive los acueductos que ten

drían una longitud superior a un acueducto que vaciara las aguas del Mapocho al Zanjón, en la eventual construcción de una planta única serán más caros por unidad de gasto fluyente y por unidad de longitud, por razones hidráulicas y estructurales.

En torno a estas posibilidades de construir no más de cuatro plantas pudiendo ser sólo una, es necesario describir las obras que sería necesario ejecutar en cada caso, sea para depurar todo el caudal de los cauces naturales o sólo las aguas servidas.

De este mosaico descriptivo, es posible eliminar a priori algunas de las alternativas consultadas. Sin embargo, hacerlo constituye entrar en el proceso de evaluación, lo que escapa a esta parte del estudio.

Como una acotación marginal que, sin aportar un criterio decisivo, puede influir en la selección de la solución óptima, debe tenerse presente que el avance de la ciudad hacia el poniente invadiendo terrenos agrícolas, irá atenuando las exigencias de riego en su actual configuración.

Por otra parte, la normalización del Zanjón de la Aguada a iniciativa de los regantes, consulta concentrar en dos lugares la extracción de aguas en dos bocatomas ubicadas donde hoy se encuentran aquellas individualizadas con los números XXI y XXV respectivamente, lo que introduce una simplificación a la discusión de las alternativas seleccionadas.

NOTAS Y REFERENCIAS.

- (1) En este capítulo se han empleado, principalmente, los siguientes textos de referencia.
 - "Hidrogeología de la Cuenca de Santiago" por E. Falcón M., O. Castillo B., M. Valenzuela M., Instituto de Investigaciones Geológicas, Sección Hidrogeología, Departamento de Recursos Hidráulicos, CORFO, Publ. Esp. Nº 3 1970.
 - "Estudio de los Recursos Hidrológicos de la Hoya del Río Maipo", Rendel, Palmer & Tritton, Dirección de Riego, Ministerio de Obras Públicas, Primer Informe Preliminar, Septiembre, 1968.
- (2) Esta descripción general ha sido extraída del "Estudio de los Recursos Hidrológicos de la Hoya del Río Maipo", op. cit.
- (3) "La Contaminación del Agua con Residuos Industriales Líquidos", R. Merino B., Noviembre, 1966.
- (4) Estas cifras están tomadas del "Estudio del Sistema de Transporte Metropolitano de Santiago de Chile" de BCEOM, SOFRETU, CADE, Ministerio de Obras Públicas y Transportes 1968. En este Estudio fueron incorporadas las políticas urbano-regionales vigentes, de tal modo que estas proyecciones las reflejan.
- (5) Existen divergencias tanto en cuanto a las proyecciones de consumo de agua, como a la factibilidad que la demanda futura sea satisfecha. Así, las proyecciones de consumo incluidas en la "Hidrogeología de la Cuenca de Santiago", op. cit. que a su vez tienen su fuente en la E.A.P., parecen algo a bultadas. En dicho estudio se concluye que para satisfacer la

demanda futura será necesario realizar nuevas obras. Por su parte en el "Estudio del Sistema de Transporte Metropolitano...", op. cit., se establece que los recursos de agua no serán suficientes para satisfacer la demanda a 1990, pero parece existir en dicho estudio una sub-avaluación de los recursos de la Cuenca, como queda corroborado en el "Estudio de los Recursos Hidrológicos de la Hoya del Río Maipo", op. cit.

- (6) Esta información puede obtenerse, para el caso chileno, en el estudio "Tratamiento de las Aguas Servidas de Santiago. Sector Zanjón de la Aguada", de A. Cauas L., A. Martínez L., L. Musalem M., R. Uribe S., Memoria para optar al Título de Ingeniero Civil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, U. de Chile, 1961. En este informe se plantean valores de entre 80 y 85% para el factor de recuperación. En cuanto a estadísticas para comunidades de otros países, pueden obtenerse en el manual "Design and Construction of Sanitary and Storm Sewers", American Society of Civil Engineers, ASCE - Manuals and Reports on Engineering Practice - Nº 37 - CMPCF Manuals of Practice Nº 9, 1970. Aquí puede observarse que el rango de variación es considerable.
- (7) Dato proporcionado por la Empresa de Agua Potable de Santiago. Además, puede corroborarse en otros estudios del MOPT.
- (8) Cifras obtenidas del informe "Déficit de Obras de Infraestructura para el Agua Potable de Santiago", Delegación Zonal de Santiago, Dirección Delegaciones Zonales y Asesoría, Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Mayo de 1967.
- (9) Estos antecedentes pueden encontrarse en los mismos informes incluidos en la cita (6).

- (10) Tomado de "Tratamiento de las Aguas Servidas de Santiago op. cit.
- (11) Estas estimaciones de áreas, pueden relacionarse con las incluídas en los informes "Tratamiento de Las Aguas Servidas de Santiago...", op. cit. y "Problema del Alcantarilla do de Santiago", H. Laso, MOP, 1957.
- (12) Pluviometría de Chile, II parte, fascículo II 1966. Oficina Meteorológica de Chile. Fuerza Aérea de Chile. Ministerio de Defensa Nacional.
- (13) Para determinar estos costos se han empleado diversos antecedentes, entre los que cabe destacar:
- "A Compilation of Cost Information for Conventional and Advanced Waste Water Treatment Plants and Processes", de R. Smith, U.S. Dep. of the Interior, Federal Water Pollution Control Administration, Dec. 1967.
 - "Cost of Waste Water Treatment Processes", U.S. Dep. of the Interior, Federal Water Pollution Control Administration, Rep. Nº TWRC-6, Dec. 1968.
 - Informes Internos. Camp., Dresser & McKee International Inc., Consulting Engineers.
 - "The Economics Of Urban Sewage Disposal", P.B. Downing Frederick A. Praeger Pub., 1969.

1987

Faint, illegible text, possibly bleed-through from the reverse side of the page.

CENTRO DE INFORMACION DE RECURSOS HIDRICOS



3 5617 00003 8299