



REPUBLICA DE CHILE
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACION
DE RECURSOS NATURALES — CORFO

MANUEL MONTT 1164 - FONDO 236641 - CASILLA 14995 - SANTIAGO

I66e
5271
VIC1



EVALUACION DEL GRADO DE CONTAMINACION
QUIMICA DEL RIO BIO-BIO

XIMENA TREPIANA PLANAS
Químico



REPUBLICA DE CHILE
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACION
DE RECURSOS NATURALES — CORFO

MANUEL MONTT 1164 - FON0 236641 - CASILLA 14995 - SANTIAGO

EVALUACION DEL GRADO DE CONTAMINACION

QUIMICA DEL RIO BIO - BIO

XIMENA TREPIANA PLANAS

Químico

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACION DE RECURSOS NATURALES

IREN - CORFO

Marzo 1980



C O N T E N I D O

- 1.- INTRODUCCION
 - 2.- RESUMEN Y CONCLUSIONES
 - 3.- DESCRIPCION DE LA ZONA EN ESTUDIO
 - 4.- RECURSOS HIDRICOS
 - 5.- EVALUACION DEL GRADO DE CONTAMINACION
 - 5.1. METODOLOGIA GENERAL ADOPTADA
 - 5.1.1. TECNICAS DE MUESTREO
 - 5.1.2. TECNICAS DE ANALISIS DE LAS MUESTRAS
 - 5.2. ANALISIS QUIMICO
 - 5.3. CARACTERIZACION QUIMICA DE LAS AGUAS
 - 6.- DISCUSION DE RESULTADOS
 - ANEXO 1.- EVALUACION DE LOS PARAMETROS
 - ANEXO 2.- DESCRIPCION DE ALGUNOS PARAMETROS QUIMICOS Y FISICO-QUIMICOS
 - ANEXO 3.- NORMAS CHILENAS
 - ANEXO 4.- ESTACIONES DE MUESTREO DEL RIO BIO-BIO
- BIBLIOGRAFIA



1. INTRODUCCION

El Río Bío-Bío permite desde su nacimiento el desarrollo de una gran variedad de actividades productivas y servicios a la población que habita la VIII Región. Entre ellas, son dignas de mencionar la generación hidroeléctrica, regadío, procesos industriales, agua potable y recreación.

Este mismo desarrollo ha traído como consecuencia un deterioro de la calidad de las aguas, del Río Bío-Bío, cuyo impacto ambiental el gobierno regional de la VIII Región ha encargado estudiar.

Como parte de la evaluación de este impacto, causado por los efluentes contaminantes vaciados a las aguas continentales del río Bío-Bío, que realiza INTEC CHILE, se presenta en este Informe un análisis del nivel de contaminación detectado en el río Bío-Bío, sobre la base de mediciones mensuales que realizó en el cuerpo receptor, durante el período de Abril a Noviembre de 1979, IREN-CORFO.

2. RESUMEN Y CONCLUSIONES

Las aguas del río Bío-Bío permiten el desarrollo de importantes actividades productivas en la VIII Región, incluyendo el abastecimiento de agua potable a su población.

Una parte de las aguas empleadas, tanto en los procesos industriales como en el agua potable, o en el regadío, retornan al río, quien actúa de cuerpo receptor.

Estos efluentes industriales o urbanos son los principales responsables de la contaminación química detectada en el río Bío-Bío, que se ve aminorada por el enorme caudal que evacúa y la capacidad de autodepuración de sus aguas.



Durante 8 meses del año 1979, IREN CORFO efectuó un muestreo sistemático a lo largo de secciones del río Bío-Bío y sus principales afluentes por encargo de INTEC - CHILE.

A fin de estimar el real impacto de los efluentes contaminantes al río Bío-Bío, se efectuó un balance hidrológico para cada una de las estaciones de muestreo.

Las principales conclusiones de este trabajo se presentan a continuación:

- 1°- El río Bío-Bío descarga al Océano Pacífico un caudal medio equivalente anual de $960 \text{ m}^3/\text{seg.}$ presentando su máximo en los meses de mayor pluviosidad (Julio-Agosto) y produciéndose su estiaje en el mes de Abril.
- 2°- Existen 13 emisarios de alcantarillado que entregan un caudal promedio de $0,96 \text{ m}^3/\text{seg.}$ de aguas al río Bío-Bío.
Otros 6 emisarios industriales a lo largo del río, aportan un caudal promedio de $4,3 \text{ m}^3/\text{seg.}$
Ambos sistemas de descargas entregan sus aguas al río sin previo tratamiento.
- 3°- En el período que abarcó el estudio, se detectó que fue sobrepasado el contenido de demanda química de oxígeno (DQO), a lo largo del río, y el contenido de nitrito durante el mes de Septiembre, en relación a lo tolerado por la norma chilena de agua potable (nitrito = $0,004 \text{ ppm}$ y DQO = 4 ppm).
- 4°- Se observa abundante espuma en la superficie del río a partir del sector de Laja, una alta concentración de sólidos en suspensión producto del arrastre de sedimentos, y manchas de petróleo en la desembocadura, que sobrepasan los márgenes tolerados por la norma chilena para recreación y vida acuática.



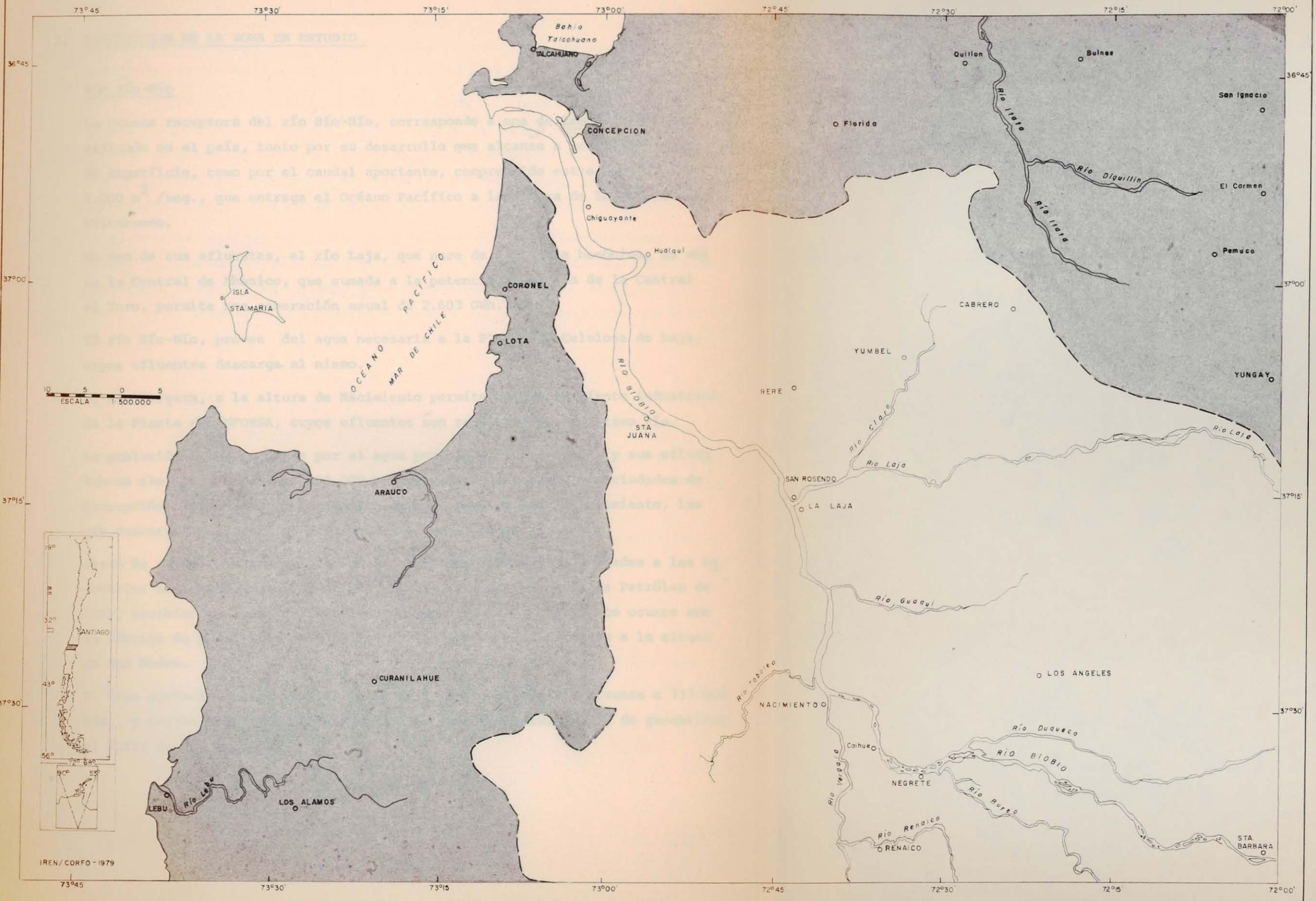
5°- A lo largo del año, se observan dos períodos de incremento en el índice de nitrito, a lo largo del río. Ello corresponde a los meses de Mayo y Septiembre.

El primero de estos períodos, se relaciona con la incapacidad que tiene el río para diluír la carga aportada por los efluentes servidos. El alto índice de nitritos que se presenta en el mes de Septiembre es producto de la lixiviación de los suelos provocada por las lluvias.

6°- La principal influencia de los emisarios industriales y urbanos en la calidad de las aguas del río Bío-Bío, está representado en el alto índice de DQO que tiene su especial influencia en dos sectores del río. El sector de Laja presenta el máximo valor de DQO en el mes de Abril alcanzando a 72 ppm, siendo el valor más bajo de 4 ppm en el período de mayor caudal (Septiembre).

El segundo sector, correspondiente a Concepción, presenta el máximo valor de DQO en el mes de Abril, llegando a 40 ppm. manteniendo en el mes de Septiembre el máximo valor tolerado por la norma.

7°- La carga contaminante de DQO que evacúan al río las industrias de INFORSA y Laja no alcanza a ser diluída por los caudales del cuerpo receptor durante los meses de estiaje. El exceso de contaminación provocado en el sector de Laja, no alcanza a ser purificado por el río, y a la altura de Concepción presenta aún un alto índice que se ve incrementado por las nuevas descargas servidas del sector.



LA ZONA DE LA ZONA EN ESTUDIO

La zona receptora del río Bio-Bio, corresponde a una zona de alta productividad, tanto por su desarrollo que alcanza a ser superficial, como por el caudal aportante, que es de 1.500 m³/seg., que entrega el Océano Pacífico a la zona de estudio.

Una de sus afluentes, el río Laja, que por su desarrollo y la Central de Laja, que sumada a la potencia de la Central de Laja, permite la generación anual de 2.503 GWh. El río Bio-Bio, provee del agua necesaria a la Planta de Laja, cuyas afluentes descargan al mismo río. La planta de Laja, a la altura de Nacimiento permite la generación de energía eléctrica.

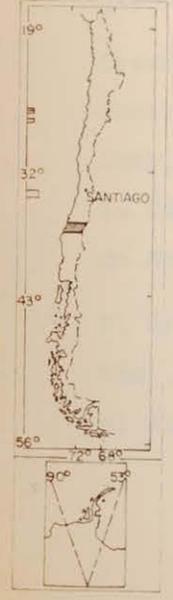
La planta de Laja, cuyas afluentes son el río Laja y el río Cilo, por el agua que aportan a las turbinas de la planta, se genera la energía eléctrica.

La planta de Laja, cuyas afluentes son el río Laja y el río Cilo, por el agua que aportan a las turbinas de la planta, se genera la energía eléctrica.

La planta de Laja, cuyas afluentes son el río Laja y el río Cilo, por el agua que aportan a las turbinas de la planta, se genera la energía eléctrica.

La planta de Laja, cuyas afluentes son el río Laja y el río Cilo, por el agua que aportan a las turbinas de la planta, se genera la energía eléctrica.

ESCALA 1:500.000



IREN/CORFO - 1979



MANUEL MONTT 1164 - FONOS 236641 - CASILLA 14995 - SANTIAGO

3. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA EN ESTUDIO

Río Bío-Bío

La cuenca receptora del río Bío-Bío, corresponde a una de las de mayor significado en el país, tanto por su desarrollo que alcanza a los 24.000 Km² de superficie, como por el caudal aportante, comprendido entre los 700 a 1.000 m³ /seg., que entrega el Océano Pacífico a la altura de la ciudad de Talcahuano.

En uno de sus afluentes, el río Laja, que nace de la Laguna homónima, se ubica la Central de Abanico, que sumada a la potencia instalada de la Central el Toro, permite una generación anual de 2.603 GWh.

El río Bío-Bío, provee del agua necesaria a la Planta de Celulosa de Laja, cuyos efluentes descarga al mismo.

El río Vergara, a la altura de Nacimiento permite el procesamiento industrial de la Planta de INFORSA, cuyos efluentes son recibidos por el mismo río.

La población total atendida por el agua potable del río Bío-Bío y sus afluentes se eleva por sobre los 300.000 habitantes, considerando las ciudades de Concepción, Talcahuano, Chiguayante, Santa Juana, La Laja y Nacimiento, las que descargan sus aguas de alcantarillado en el mismo río.

Cerca de su desembocadura, las aguas del río proveen sus necesidades a las industrias de tejido y maderas de Chiguayante, y a la refinería de Petróleo de ENAP, recibiendo a cambio los efluentes industriales. Otro tanto ocurre con la fábrica de papel Bío-Bío y la industria de pizarreño situadas a la altura de San Pedro.

El área agrícola regada por las aguas de la hoya del Bío-Bío alcanza a 113.000 Hás., y existe una tendencia a incrementar esta superficie a fin de garantizar el éxito de los cultivos.



MANUEL MONTT 1164 - FONDO 236641 - CASILLA 14995 - SANTIAGO

En su amplio desarrollo el río Bío-Bío intercepta una gran variedad de paisajes, desde la pampa Trasandina de Lonquimay donde nace, la Cordillera de Los Andes, la depresión intermedia y la Cordillera de la Costa.

Tanto las formaciones geológicas de estos paisajes, como la intervención humana en la vegetación natural de estas áreas, provocan efectos sobre la calidad de las aguas del río, ya que dejan al descubierto suelos disgregados, sobre los cuales actúa la alta pluviosidad de la zona, acelerando su transporte hacia el río Bío-Bío en su papel de dren principal de la cuenca.

De particular importancia resulta la colección de los excesos de aguas de riego, que son arrastrados hasta el río, junto a parte de los fertilizantes, que tienen una poderosa influencia en la calidad del cuerpo receptor. De igual efecto resultan los arrastres de pesticidas y desinfectantes que emplea la actividad agrícola.

4. RECURSOS HIDRICOS

El caudal que arrastra el río Bío-Bío y los afluentes estudiados, tiene especial relación con el trabajo realizado, dado que determina por una parte, la concentración de los elementos contaminantes, y por otra la capacidad propia de regeneración de la calidad de las aguas.

Estos caudales han sido determinados de distintas maneras para las diferentes secciones analizadas en el río Bío-Bío.

Río Bío-Bío

El río presenta tres sectores bastante marcados. En su nacimiento que es en la Cordillera de Los Andes, el desarrollo en el Valle Central y luego pasa por la Cordillera de la Costa para desembocar en el Pacífico. A la entrada Del Valle Central es controlado por la estación fluviométrica de Rucalhue que cuenta con estadística desde 1938.



MANUEL MONTT 1164 - FONOS 236641 - CASILLA 14995 - SANTIAGO

En este punto el río presenta características nivo-pluviales, debido al deshielo de verano y las precipitaciones de invierno, en la medida que entra al Valle Central y recibe los tributarios en su mayoría pluviales, se observa que la crecida pluvial es más importante que la de deshielos.

En la zona en estudio entre Coihue y desembocadura se cuenta con alrededor de una veintena de estaciones fluviométricas de las cuales se han seleccionado ocho de ellas para su uso, ya sea por su ubicación o su nivel de antecedentes.

Existe además una vasta red de estaciones pluviométricas de las cuales fueron utilizadas cinco.

Estas estaciones necesariamente no coinciden con los puntos de muestreo químico donde se necesitan sus caudales con probabilidad 50% y 80% por lo que se adoptó la siguiente metodología.

La generación de los caudales se efectuó en base a gastos específicos (gasto por unidad de área) o gastos específicos por unidad de precipitación.

Esto según las condiciones geológicas, geomorfológicas, tipo de vegetación y características meteorológicas similares.

La probabilidad de excedencia se obtuvo por métodos gráficos usando la fórmula de Weibull de donde se obtuvieron los caudales medios anuales para un año 50% y 80%.

En el plano adjunto se tiene la ubicación de las estaciones fluviométricas y meteorológicas, además de los puntos de muestreo donde se entregan caudales.

En el cuadro siguiente están los caudales 50% y 80% en los puntos requeridos.

C U A D R O 4.1

GASTOS MEDIOS MENSUALES CON PROBABILIDAD 50% Y 80%

(m³/req.)

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	PROMEDIO ANUAL
BIO-BIO EN COIHUE													
50%	262,0	444,3	131,2	355,0	552,3	1.062,6	1.207,9	812,7	982,2	971,7	824,0	790,8	700,0
80%	195,0	331,0	97,7	264,5	411,5	791,6	899,9	605,5	731,7	723,9	613,9	589,1	522,0
VERGARA EN DESEMBOCADURA													
50%	34,2	31,0	19,0	29,8	154,4	294,0	306,4	215,2	222,0	102,7	78,4	47,2	128,0
80%	25,5	23,1	14,2	22,2	115,2	219,3	228,6	160,5	165,6	76,6	58,5	35,2	95,5
BIO-BIO EN NACIMIENTO													
50%	302,0	484,3	153,0	392,1	720,1	1.382,4	1.543,0	1.047,4	1.227,0	1.094,8	919,5	853,9	843,3
80%	225,6	361,8	114,3	292,9	537,9	1.032,7	1.152,6	782,4	916,6	817,8	696,9	637,9	630,0
TAVOLEO EN DESEMBOCADURA													
50%	4,7	4,2	2,6	4,1	21,0	40,0	41,7	29,3	30,2	14,0	10,6	6,4	17,5
80%	3,4	3,0	1,9	3,0	15,2	29,0	30,2	21,2	21,9	10,2	7,7	4,6	12,7
HUAQUI EN DESEMBOCADURA													
50%	26,7	16,5	18,5	26,1	42,6	57,2	88,7	76,0	52,9	46,6	35,0	29,3	43,0
80%	20,5	12,7	14,2	20,0	32,7	43,9	68,0	58,3	40,6	35,7	26,8	22,5	33,0
BIO-BIO ANTES LAJA													
50%	333,7	505,5	174,3	422,7	784,4	1.481,0	1.674,7	1.153,2	1.311,4	1.156,5	968,1	890,5	950,0
80%	255,3	386,7	133,3	323,4	600,0	1.133,0	1.281,1	882,2	1.003,2	884,7	740,6	681,2	693,2
LAJA EN DESEMBOCADURA													
50%	60,9	46,7	53,4	89,3	208,0	252,0	302,3	307,6	302,7	242,2	174,5	119,4	180,0
80%	49,8	38,0	43,5	72,7	169,0	205,1	246,0	250,4	246,4	197,2	142,0	96,4	146,6
BIO-BIO AGUAS ABAJO LAJA													
50%	403,7	564,9	232,9	523,8	1.015,2	1.772,9	2.022,5	1.494,4	1.651,2	1.430,9	1.168,9	1.032,1	1.110,0
80%	308,8	432,1	178,2	400,7	776,6	1.356,3	1.547,2	1.143,2	1.263,2	1.094,6	894,2	789,6	850,0
BIO-BIO EN DESEMBOCADURA													
50%	349,0	488,0	201,2	452,6	877,1	1.531,8	1.747,5	1.291,2	1.426,6	1.236,3	1.010,0	891,7	960,0
80%	283,4	396,2	163,4	367,5	712,2	1.243,8	1.419,0	1.048,5	1.158,4	1.003,9	820,0	724,0	780,0



5. EVALUACION DEL GRADO DE CONTAMINACION

Para los fines de este estudio se asociará la contaminación a un concepto más bien legal, refiriéndose a lo que hace que un medio fluído se considere inapropiado para determinado uso. La contaminación es pues, función del uso y resulta del desequilibrio entre entrada o producción y salida o descomposición de ciertos materiales. (12)

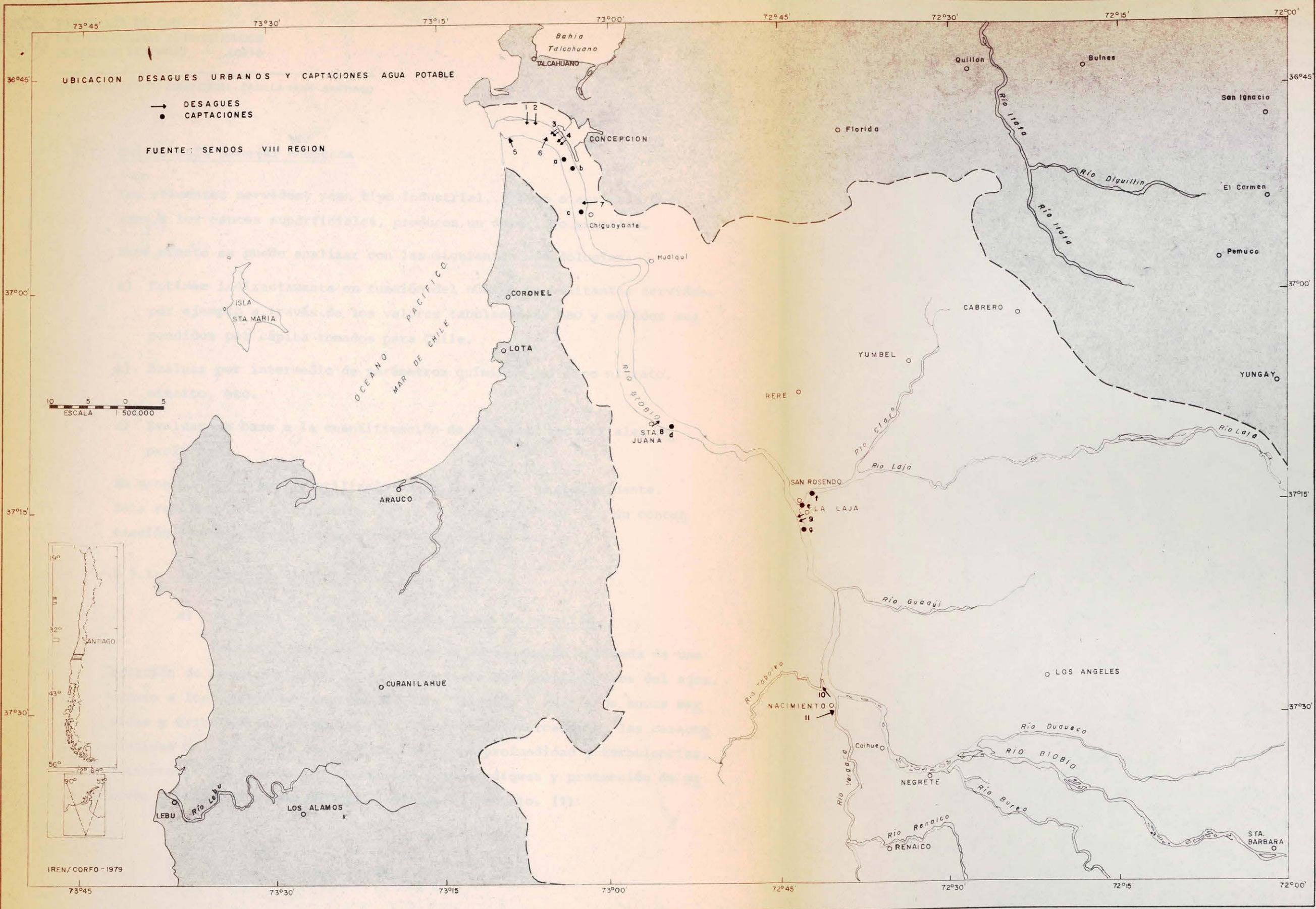
En un medio fluído puede existir contaminación de tipo orgánica, química o térmica, entre otras.

La contaminación orgánica consiste en una acumulación exagerada de moléculas originadas por los organismos, compatibles con la vida y generalmente metabolizables o degradables. Es el caso de la contaminación del petróleo.

La contaminación química resulta de sustancias poco frecuentes en estado natural o sustancias nuevas, a las que la vida no ha tenido ocasión de adaptarse todavía, que penetran en las células y bloquean determinados mecanismos fisiológicos fundamentales. Algunos ejemplos de contaminación son la presencia de sales de cobre, cromo, etc.

Para el caso en estudio, los efluentes que pueden ser contaminantes para las aguas del río Bío-Bío son los emisarios urbanos de las ciudades de Concepción, Talcahuano, San Pedro, Chiguayante, Santa Juana, Laja y Nacimiento. Además de las descargas industriales de INFORSA, Celulosa Laja, Planta San Pedro, ENAP y Textil Caupolicán.

El uso mayoritario del agua del río es como potable, para la mayor parte de la población de la VIII Región. Así, tenemos que las ciudades de San Pedro, Concepción, Chiguayante, Santa Juana, San Rosendo y Laja toman el agua potable del río Bío-Bío. Otro tanto hacen algunas industrias, además de ser utilizado en pesca, recreación y vida acuática.



UBICACION DESAGUES URBANOS Y CAPTACIONES AGUA POTABLE

- DESAGUES
- CAPTACIONES

FUENTE: SENDOS VIII REGION

ESCALA 1:500.000





5.1. Metodología General Adoptada

Los efluentes servidos, sean tipo industrial, urbano o agrícola que caen a los cauces superficiales, producen un deterioro en ellos.

Este efecto se puede analizar con las siguientes metodologías:

- a) Estimar indirectamente en función del número de habitantes servidos, por ejemplo a través de los valores tabulados de DBO y sólidos suspendidos per cápita tomados para Chile.
- b) Evaluar por intermedio de parámetros químicos del tipo nitrato, nitrito, etc.
- c) Evaluar en base a la cuantificación de residuos industriales específicos.

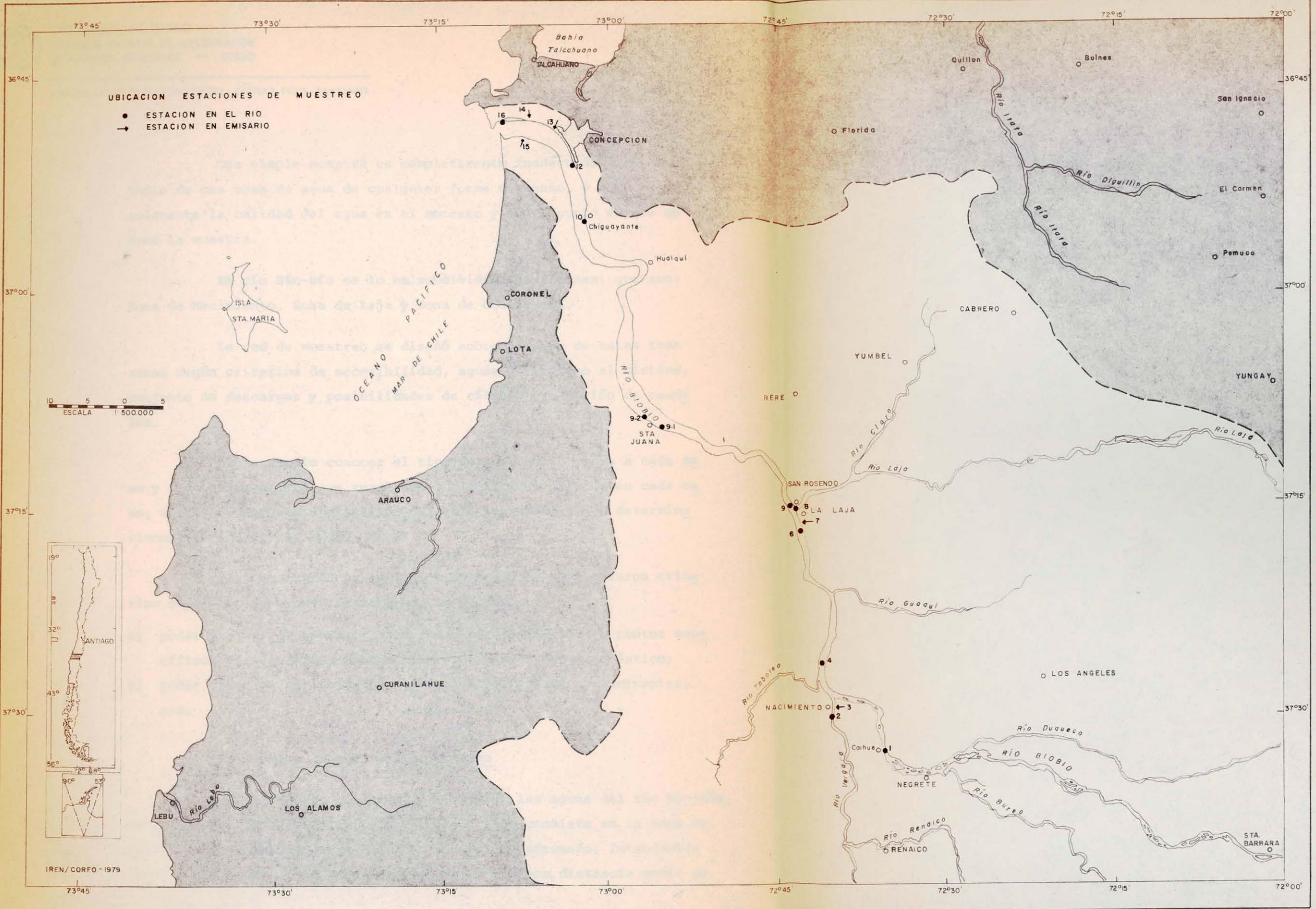
En general el parámetro utilizado es la llamada carga contaminante.

Esta resulta de la interacción, entre el curso receptor con su concentración, y el efluente servido con su concentración.

5.1.1. Técnicas de Muestreo

a) Criterio de elección de estaciones de muestreo

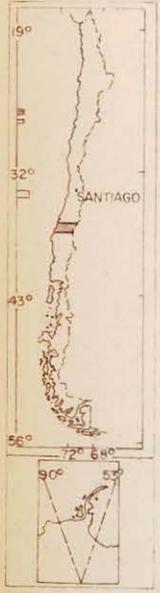
Muchos factores intervienen en la selección adecuada de una estación de muestreo, entre otros: objetivos del estudio, usos del agua, acceso a los puntos de muestreo deseados, llegada y mezcla de aguas servidas y tributarias, velocidad de flujo, cambios marcados en las caracteriísticas del lecho del curso, tipo de lecho, profundidad y turbulencias, estructuras físicas artificiales como presas, diques y protección de paredes y personal y facilidades otorgadas al estudio. (1)



UBICACION ESTACIONES DE MUESTREO

- ESTACION EN EL RIO
- ESTACION EN EMISARIO

ESCALA 1:500.000



IREN/CORFO - 1979



MANUEL MONTT 1164 - FONDO 236641 - CASILLA 14995 - SANTIAGO

Una simple muestra es completamente inadecuada para el estudio de una masa de agua de cualquier forma o tamaño, y representa solamente la calidad del agua en el momento y en el punto en que se tome la muestra.

El río Bío-Bío se lo ha subdividido en 3 zonas, que son: Zona de Nacimiento, Zona de Laja y Zona de Concepción.

La red de muestreo se diseñó sobre la base de estas tres zonas según criterios de accesibilidad, aguas de ingreso al sistema, conjunto de descargas y posibilidades de cálculo o medición de caudales.

Es necesario conocer el tipo de agua que ingresa a cada zona y el tipo de mezcla que resulta con el efluente servido en cada caso, además de las características del efluente mismo según determinaciones efectuadas por INTEC-CHILE.

Para el diseño de la red de muestreo se consideraron criterios según observaciones de terreno, en cuanto a:

- a) poder evaluar el efecto de las zonas de degradación en puntos específicos de captación de agua para su uso en riego o doméstico;
- b) poder caracterizar y definir la vía de entrada de contaminantes, etc.

b) Técnicas y frecuencia de muestreo

La técnica de muestreo utilizada en las aguas del río Bío-Bío, Vergara y Laja fue la extracción directa. Esta consiste en la toma manual, usando una botella plástica de un volumen adecuado, introducida en el curso de agua a una profundidad media y a una distancia media de



MANUEL MONTT 1164 - FON0 236641 - CASILLA 14995 - SANTIAGO

las orillas, tratando de conseguir que las condiciones locales no difieran mucho de las globales.

Este muestreo se efectuó durante 8 meses del año 1979, a partir del mes de Abril. De este forma se detectaron las diferencias estacionales que afectan al caudal del río según sea época de estiaje o época de máximos caudales.

c) Estaciones de muestreo

Según el criterio de elección de estaciones de muestreo indicado anteriormente, se eligieron 13 puntos ubicados a lo largo del río y 5 emisarios. Estas estaciones se presentan en plano adjunto.

La descripción de las estaciones escogidas es la siguiente:

ESTACIONES EN EL RIO BIO-BIO

<u>N° EST.</u>	<u>NOMBRE</u>	<u>OBSERVACIONES</u>
1	Bío-Bío en Coihue	- Agua natural de entrada al sistema.
2	Vergara en Fuerte Nacimiento	- Agua de entrada al sistema y control antes de desague INFORSA.
3	Emisario INFORSA	- Desague industria papelera.
4	Bío-Bío aguas abajo de Nacimiento	- Estación que indica la mezcla de los ríos Bío-Bío, Vergara, emisario INFORSA y desague urbano de Nacimiento.
5	Guaqui en desembocadura	- Aguas provenientes de sector agrícola, probable contaminación con pesticidas y fertilizantes.
6	Bío-Bío en balseadero Laja	- Control antes descarga de Planta Celulosa Laja.
7	Emisario Planta Celulosa	- Desague industria papelera.



MANUEL MONTT 1164 - FONONO 236641 - CASILLA 14995 - SANTIAGO

- | | | |
|-----|-------------------------------|---|
| 8 | Laja en puente de ferrocarril | - Agua del río Laja, afluente del Bío-Bío. |
| 9 | Bío-Bío en San Rosendo | - Estación ubicada después de desagüe industrial y urbano de Laja y del río Laja. |
| 9.1 | Bío-Bío antes de Sta. Juana | - Estación antes de desagüe urbano de Sta. Juana. |
| 9.2 | Bío-Bío después de Sta. Juana | - Control después de desagüe urbano. |
| 10 | Bío-Bío antes de Chiguayante | - Estación antes de desagüe industrial y urbano de Chiguayante. |
| 11 | Emisario Chiguayante | - Desagüe industria textil. |
| 12 | Bío-Bío antes de La Mochita | - Control del agua potable de la Planta La Mochita. |
| 13 | Emisario de Concepción | - Desagüe urbano. |
| 14 | Emisario ENAP | - Desagüe industrial de refinería de petróleo. |
| 15 | Emisario San Pedro | - Desagüe industria papelera. |
| 16 | Bío-Bío en desembocadura | - Control que indica la calidad del agua vertida al mar. |

5.1.2. Técnicas de análisis de las muestras

a) Parámetros evaluados

Los parámetros que se analizaron son los siguientes: oxígeno disuelto; DBO; DQO; temperatura; pH; cloruros; fósforo de fosfato; sólidos suspendidos y disueltos; conductancia específica; sulfuros; sulfatos; fierro y cromo hexavalente, nitrógeno de amonio, nitratos y nitritos.

Estas mediciones permiten evaluar los aspectos de contaminación basados en balances de oxígeno y contaminación química.



No se incluyen en este estudio, la contaminación bacteriológica ni el estudio de la biología acuática.

b) Métodos de análisis

Con excepción de la DBO y DQO, el total de los parámetros son analizados en el terreno mismo, para evitar su descomposición o cambios de cualquier tipo, y así los resultados representen verdaderamente las condiciones del agua en ese momento.

Los análisis químicos se efectuaron con un equipo portátil marca Hach el cual ocupa métodos convencionales de análisis, basados en los APHA Standard Methods, 13th, ed., 1971, adecuados a métodos rápidos y de terreno.

Métodos de Análisis utilizados.

Cloruro : titulación con nitrato mercúrico (método APHA Standard Methods, 13th ed., 97 (1971)).

Cromo hexavalente: Método de 1,5 - Diphenyl carbohydrazida (APHA Standard Methods, 13 th. ed., 156 (1971)).

Conductividad: Rango: 0-20.000 micromhos./cm., método de lectura directa.

Fierro total: Método de 1,10 - Fenantrolina (APHA Standard Methods, 13th. ed., 189 (1971)).

Oxígeno disuelto: Método de titulación Winkler - Azida (APHA Standard Methods, 13th. ed., 477 (1971)).

pH : Método colorimétrico (APHA Procedimiento simplificado para Examinación manual de agua, M 12,52 (1964)).



- Nitrógeno de amoníaco : Método Nessler (APHA Standard. Methods, 13 th. ed., 226 (1971).
- Nitrógeno de nitrato : Método de reducción de Cadmio.
- Nitrógeno de nitrito : Método de diazotización.
- Ortofosfato : Método del ácido ascórbico (APHA Standard Methods, 13 th. ed., 532 (1971).
- Sulfato : Método turbidimétrico (APHA Standard Methods, 13 th. ed., 334 (1971).
- Sulfuro : Método del sulfuro de plomo.

5.2. Análisis químico

Los análisis químicos efectuados en las diferentes estaciones de muestreo, durante los 8 meses, se presentan en las tablas siguientes.

Algunos de los parámetros se presentan en forma gráfica. (Anexo 4).

ESTACION 1 - Bío-Bío en Coihue:

Presenta un caudal máximo en el mes de Julio. La cantidad de sales disueltas, medida a través de la conductividad eléctrica indica una variación inversa con el caudal, excepto en el mes de mayor caudal en el cual por el gran arrastre de sedimentos hay una mayor solubilización de sales.

Las concentraciones de nitrito y amoníaco se encuentran bajo las normas para agua potable, excepto durante el mes de Septiembre que salta por sobre el valor tolerado, probablemente debido al uso de fertilizantes nitrogenados ya que el sector es totalmente agrícola.

Los valores de DQO se encuentran fuera de las normas y presentan una gran dilución durante los meses de lluvia.

Según este parámetro, las aguas elegidas como naturales, de entrada al sector en estudio, ya vienen con contaminación de tipo agrícola.



ESTACION 2 - Río Vergara en Nacimiento:

El caudal máximo se capta en el mes de Julio. La cantidad de sales en solución disminuye con el aumento de caudal, notándose el efecto de mayor arrastre de sedimentos por las lluvias durante el mes de Julio.

Según las normas de agua potable los valores de DQO están por sobre las normas sobre todo en el mes de menor caudal y el valor de nitrito está en el límite tolerado durante el mes de Septiembre.

Esta zona por ser netamente agrícola, también contamina el agua por sus derrames de riego y fertilizantes.

ESTACION 4 - Bío-Bío aguas abajo de Nacimiento:

Presenta el máximo caudal en el mes de Julio y tendencia a aumentar su cantidad de sales disueltas en este mes por el mayor arrastre de sólidos que provocan las lluvias.

Se sale de las normas para agua potable durante el mes de Septiembre en cuanto a nitrito y amoníaco se refiere, efecto suma de las aguas que llegan a este punto, las del río Vergara y del Bío-Bío en Coihue.

El DQO disminuye por efecto de dilución en los meses lluviosos desde Julio a Octubre, el resto cae fuera de la norma.

Debido al gran caudal que aporta el río Bío-Bío a este punto, los efluentes contaminantes de la industria y alcantarillado de Nacimiento no afecta la calidad de las aguas del río.

ESTACION 6 - Bío-Bío en balseadero Laja:

Presenta el máximo caudal en el mes de Julio y efecto de dilución de las sales en solución, con el caudal.

Los valores de nitrito se encuentran fuera de las normas en los meses de Mayo y Septiembre.

El DQO disminuye desde Julio a Octubre por efecto de dilución y el resto de los meses está fuera del valor tolerado por las normas.



ESTACION 8 - Laja en Pte. Ferrocarril:

El agua de este afluente al río Bío-Bío es de buena calidad, sólo saliéndose de las normas para agua potable en su valor de nitrito, en el mes de Septiembre.

ESTACION 9 - Bío-Bío en San Rosendo:

El máximo caudal se presenta en Julio. Hay una fuerte variación de nitritos durante los meses de Mayo y Septiembre. Esta variación se mantiene desde las aguas naturales de entrada al sistema en estudio, agudizándose en este caso por descargas servidas de Laja y San Rosendo.

Los valores de DQO están fuera de las normas, excepto en los meses de Agosto, Septiembre y Octubre.

A partir de esta estación de muestreo hasta la desembocadura del río en el mar, hay un alza del DQO en el mes de Julio. Esto se debe al mayor arrastre de sedimentos industriales por las lluvias, que ocurren en este mes.

ESTACION 9.1 y 9.2 - Bío-Bío antes y después de Santa Juana:

Al igual que el resto de las estaciones de muestreo anteriores, durante los meses de Mayo y Septiembre hay un alza de nitritos. En los meses de Mayo, Junio y Septiembre los valores de nitrito caen fuera de los tolerados por las normas, notándose la influencia de las descargas de alcantarillado de Santa Juana, ya que los valores son más altos en el punto 9.2.

ESTACION 10 - Bío-Bío antes Chiguayante:

Esta estación sigue el mismo patrón de conducta que las anteriores en su relación inversa caudal-conductividad eléctrica.



Los valores de nitrito y amoníaco se encuentran bajo el límite tolerado por las normas, excepto el alto valor encontrado en el amoníaco, durante el mes de Julio. Se trata de una situación puntual que no tiene explicación lógica en el conjunto de muestras de ese sector.

ESTACION 12 - Bío-Bío antes La Mochita:

Máximo caudal en Julio y su relación con el contenido de sales se mantiene inverso. Este tipo de agua es la utilizada como potable para Concepción.

Los valores de DQO se salen de la norma, excepto en Agosto, Septiembre y Octubre.

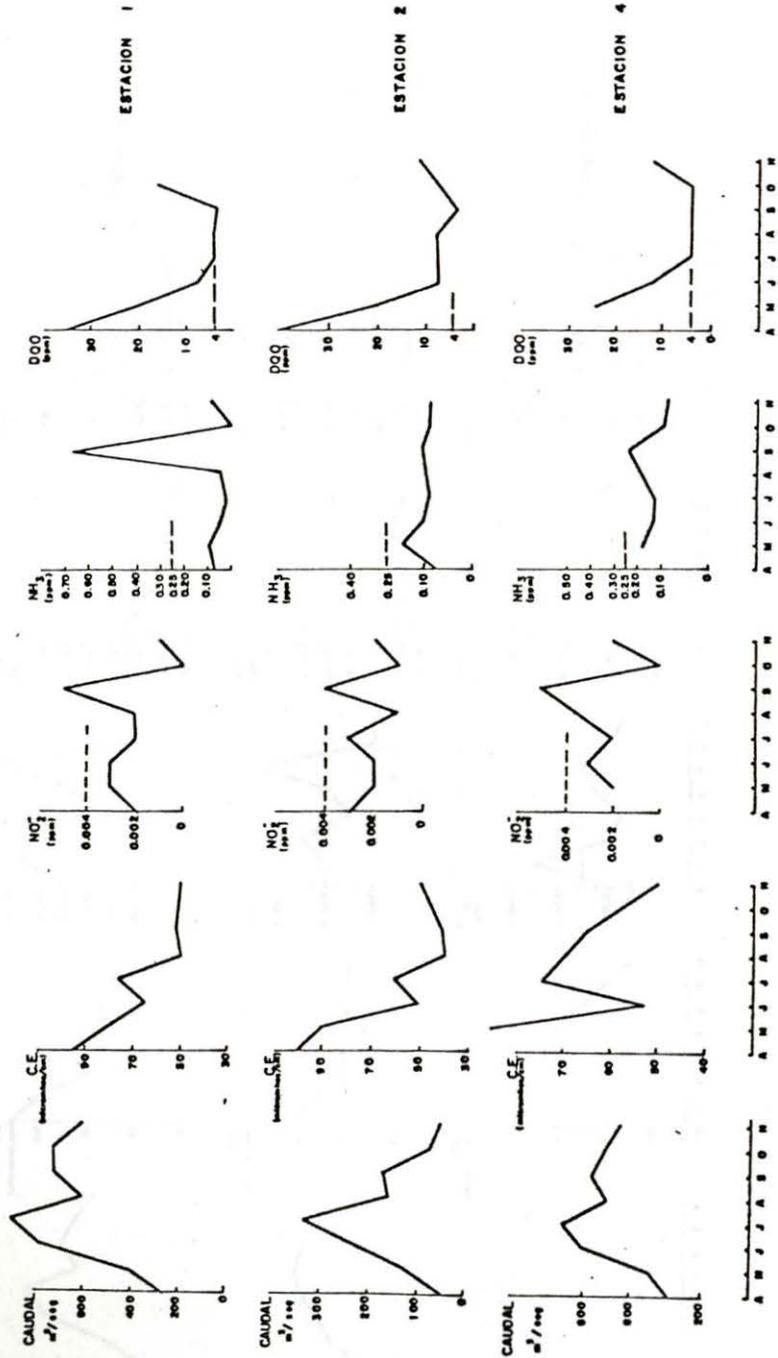
En Abril el valor del cromo hexavalente está muy cercano al límite tolerado por la norma chilena de agua potable.

ESTACION 16 - Bío-Bío en desembocadura:

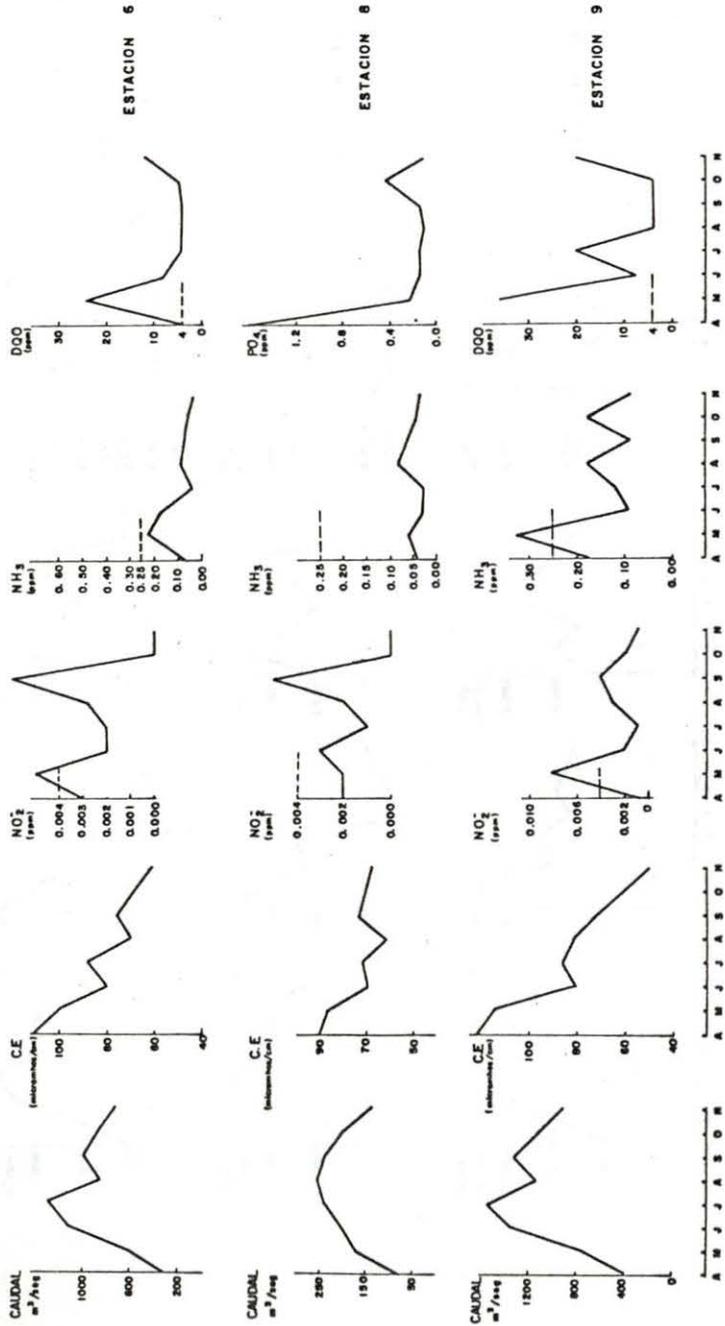
En esta estación se capta la contaminación que se produce en el río por los alcantarillados de Concepción y Talcahuano y las descargas de ENAP y Planta San Pedro.

Los valores de nitrito, amoníaco y DQO, se encuentran fuera de los tolerados por las normas durante casi todos los meses. Además hay detección visual de petróleo durante todo el año, lo cual está fuera de las normas para la vida acuática.

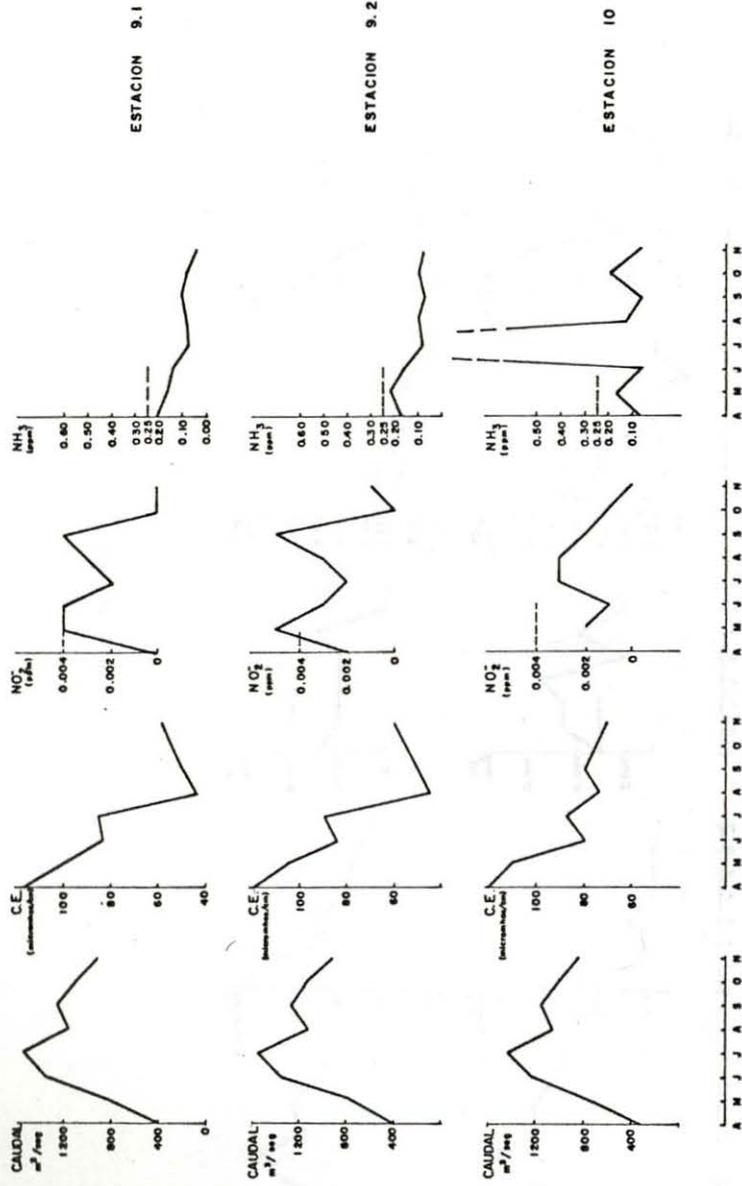
RIO BIO-BIO



RIO BIO-BIO



RIO BIO-BIO



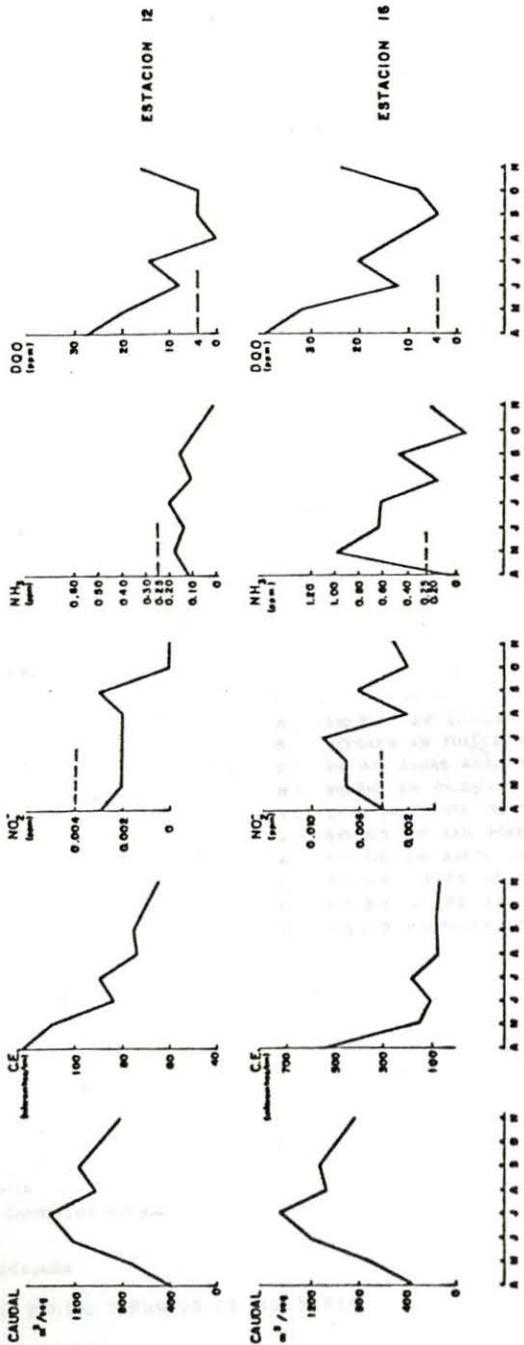
ESTACION 9.1

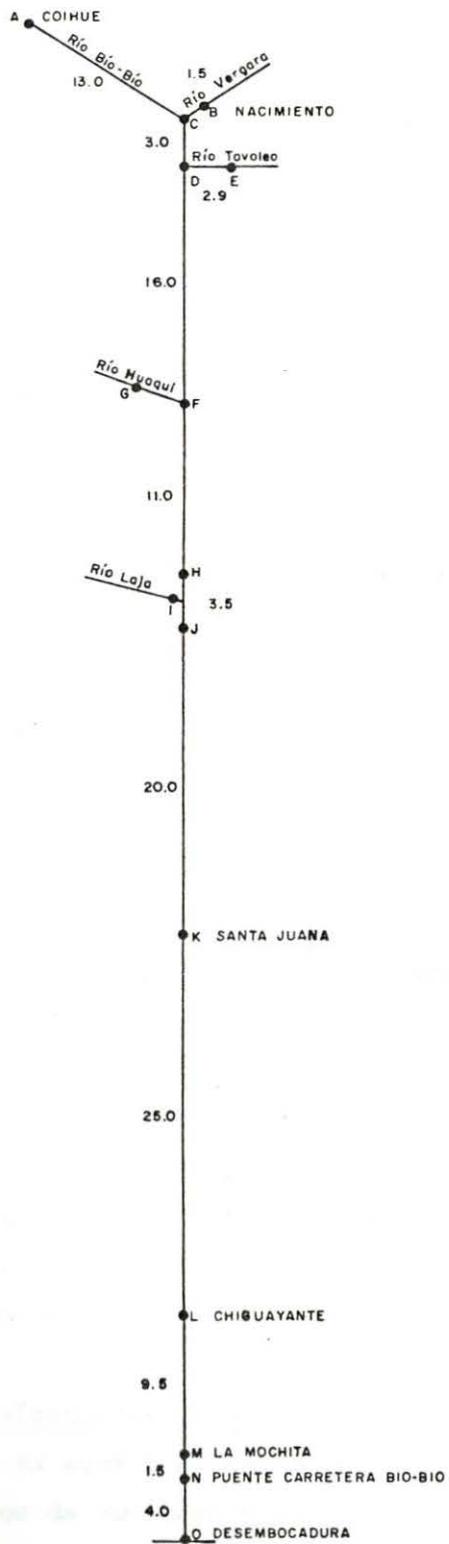
ESTACION 9.2

ESTACION 10

A M J J A S O N A M J J A S O N A M J J A S O N

RIO BIO-BIO





- A : BIO BIO EN COIHUE
- B : VERGARA EN FUENTE NACIMIENTO
- C : BIO BIO AGUAS ABAJO NACIMIENTO
- H : BIO BIO EN BALSEADERO LAJA
- I : LAJA EN FUENTE DE FERROCARRIL
- J : BIO BIO EN SAN ROSENDO
- K : BIO BIO EN SANTA JUANA
- L : BIO BIO ANTES DE CHIGUAYANTE
- M : BIO BIO ANTES LA MOCHITA
- O : BIO BIO EN DESEMBOCADURA

FIGURA 5.3

RIO BIO-BIO Y PUNTOS DE MUESTREO



5.3. Caracterización química de las aguas

La caracterización química de las aguas se ha efectuado sobre la base de un corte a lo largo del río según figura 5.3. En ella se han representado los diferentes puntos de muestreo aplicados.

Estos puntos sirven de eje de coordenadas que graficadas versus diversos parámetros analizados, dan un índice de variación a lo largo del sector del río en estudio.

pH: Los valores de pH a lo largo del río y en el transcurso de los meses en estudio están dentro de las normas para consumo humano, recreación y estética y vida acuática. Excepto durante el mes de Septiembre, en la estación Bío-Bío después de Nacimiento, que se encontró un valor 5,6 probablemente por influencia de la descarga de INFORSA que en esa oportunidad tuvo un pH de 4,1.

Temperatura: La temperatura del río no varía en forma notable desde sus valores naturales tomados en Coihue. No existe contaminación térmica por las descargas industriales ni urbanas del sector.

Conductividad eléctrica: este parámetro está totalmente dentro de todos los valores tolerados por normas chilenas. Varía 50 micromhos/cm a la entrada al sector en estudio, y 540 micromhos/cm en la desembocadura. Las descargas industriales y urbanas no tienen mayor influencia en este parámetro.

Oxígeno disuelto: el oxígeno disuelto mínimo necesario para que exista vida acuática es de 5 ppm. Este valor es sobrepasado en todos los puntos de muestreo y en todos los meses muestreados. Una excepción la encontramos en el mes de Agosto en el río Vergara en Nacimiento, situación puntual que debe ser tomada como muestra no representativa de las condiciones globales.

Los efluentes servidos no tienen incidencia en este parámetro.



Fosfato: los valores de fosfatos fluctúan entre 0,0 ppm y 1,55 ppm. No se ve una influencia clara de las descargas.

Sulfato, cromo y fierro: ninguno de estos parámetros sufre variaciones debido a las descargas servidas y se encuentran totalmente bajo las normas.

DBO : la demanda bioquímica de oxígeno conserva valores bajos a pesar de las descargas servidas urbanas e industriales, que tienen valores altísimos de DBO.

Las normas señalan valores de 2 ppm para agua potable e industrial, 30 ppm vida acuática y 10 ppm para recreación. El sector del río en estudio mantiene valores entre 1 y 3 ppm antes y después de los efluentes servidos.

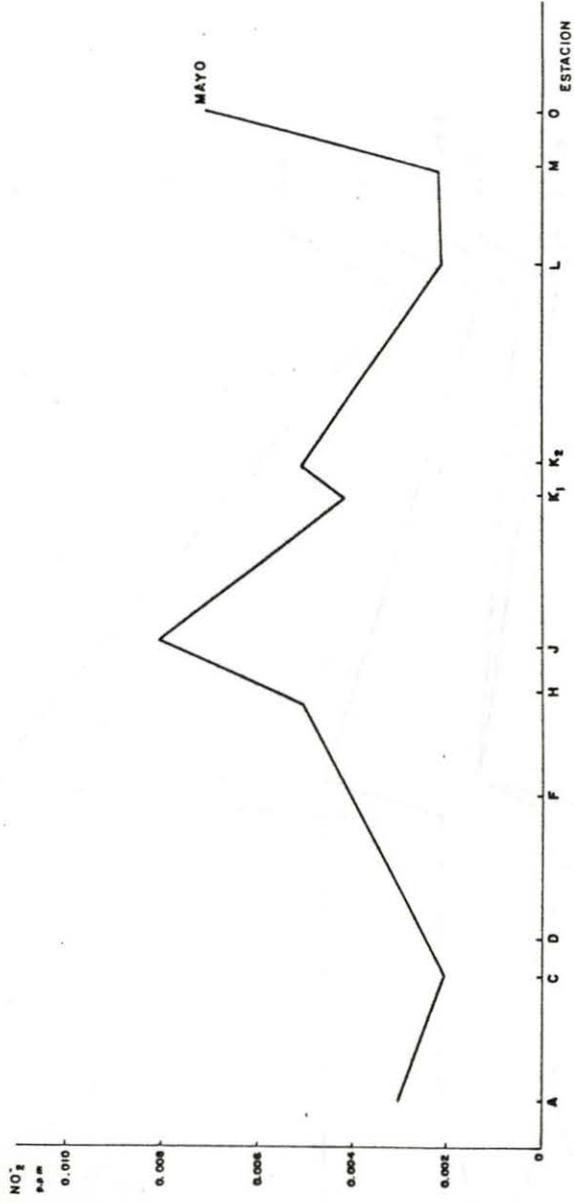
DQO : la demanda química de oxígeno se le llama también oxígeno consumido. Como tal tiene un valor máximo de 2,5 en las normas. Como demanda química de oxígeno se debe tomar un valor aproximado de 4 ppm como límite.

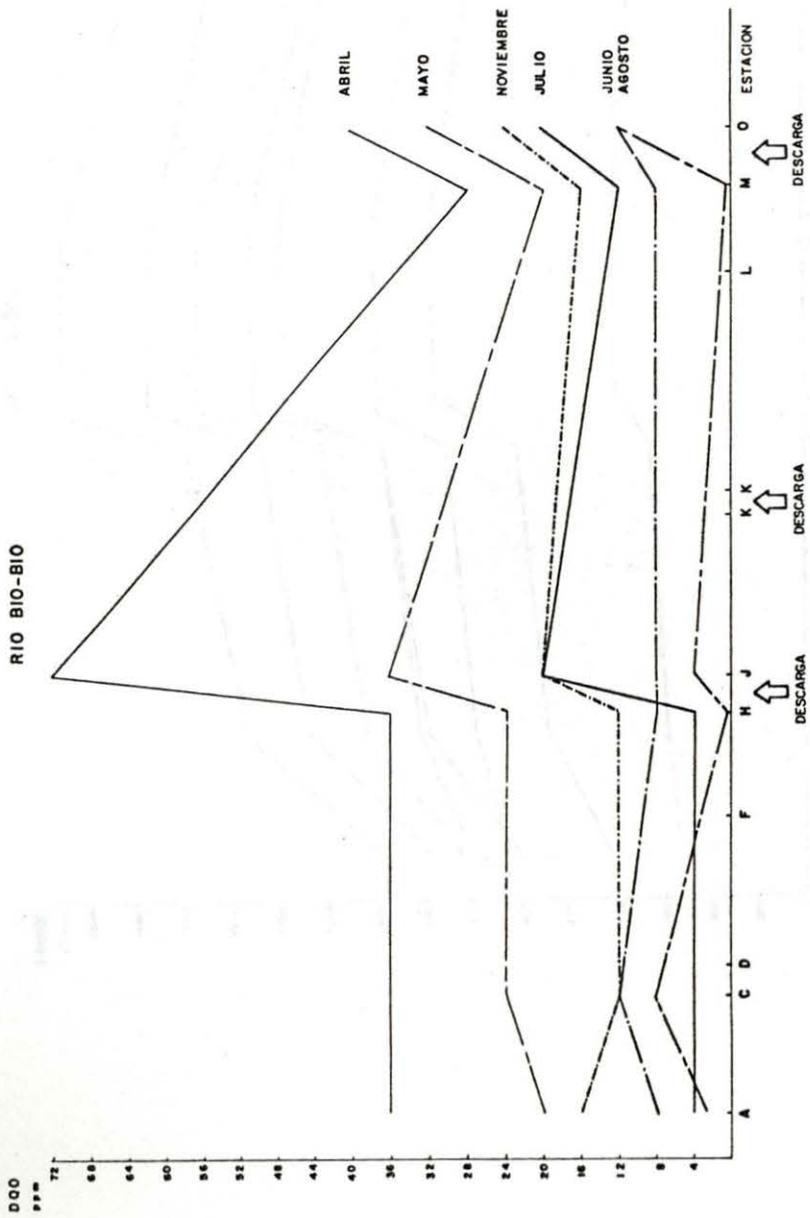
Las aguas del río, desde Coihue mismo, tienen valores iguales o mayor que 4 ppm, pasando por máximas de 72 ppm.

Un análisis del gráfico hecho con los valores de DQO y más aún con las descargas de DQO sacadas del producto del DQO x caudal punto a punto, indica claramente la influencia de las descargas urbanas e industriales, las que producen alzas notables.

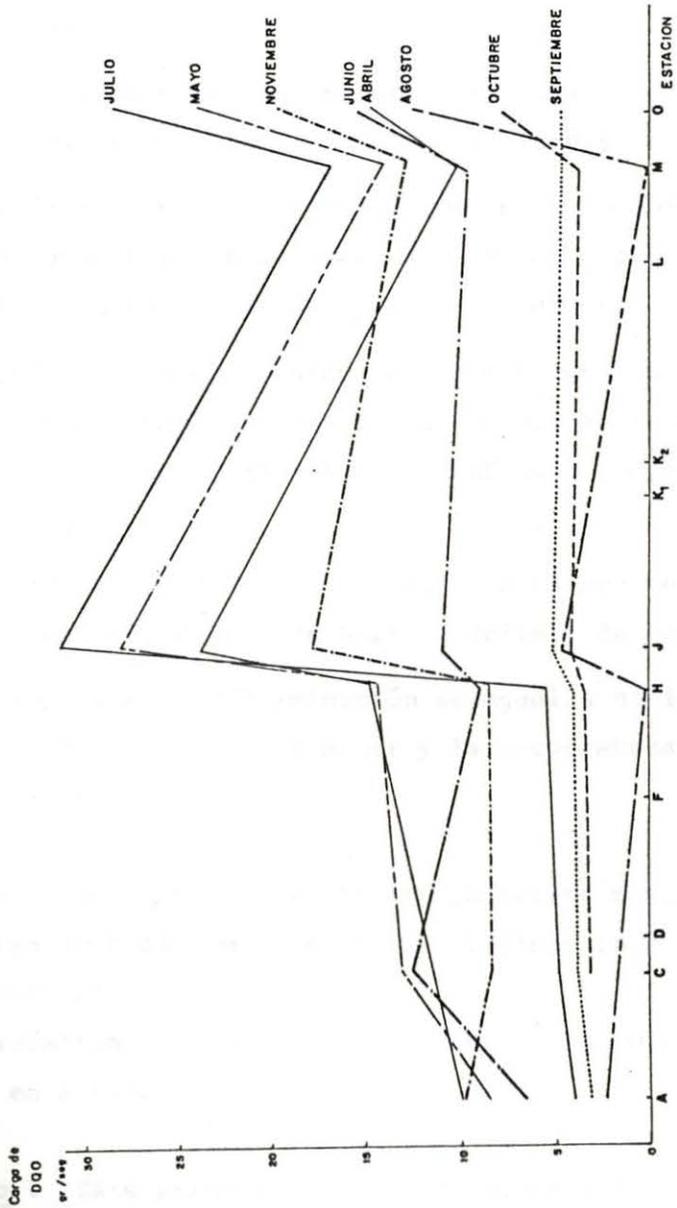
Un análisis del gráfico de carga de DQO, indica la influencia inmediata de las lluvias durante el mes de Julio por arrastre de materiales y luego una dilución en Agosto, Septiembre y Octubre, para volver a aumentar en la época de estiaje desde Noviembre a Abril inclusive.

RIO BIO-BIO





RIO BIO-BIO





La demanda química de oxígeno indica claramente los sectores del río que se encuentran sometidos a descargas de tipo industrial y también urbanas, aumentando cada vez que ello sucede. Luego existen tramos en que la capacidad autodepuradora del río es capaz de estabilizar.

La presencia de materias oxidables en el agua, no indica una dilución de la carga contaminante ya que siempre se mantiene alta.

Este parámetro se encuentra totalmente fuera del permitido por la norma de agua potable a través de todo el sector del río en estudio, situación que se agudiza durante meses que son de estiaje.

Trabajando con cargas contaminantes a través de la DQO se obtienen curvas que denotan en forma clara la influencia de las descargas urbanas e industriales además de la influencia del caudal receptor del río punto a punto.

Durante el año 1979 los meses críticos en cuanto a contaminación química se refiere, fueron de Abril a Julio y de Octubre a Noviembre.

Se estima que esta contaminación se agudiza en los meses de verano ya que el caudal receptor es menor y la temperatura que cataliza los procesos aumenta.

Nitrato : Los valores de nitrato encontrados son bajos, y llegan a un máximo de 0,44 ppm. Las normas indican un máximo de 10 ppm para agua potable.

Este parámetro no se ve influenciado por las descargas servidas del sector en estudio.

Nitrito : Este parámetro sufre variaciones desde Coihue hasta la desembocadura desde valores de 0,0 ppm hasta 0,009 ppm. El límite para agua potable es de 0,004 ppm. Este límite sobrepasado en numerosas



oportunidades debido a descargas urbanas, arrastre de suelos por aguas lluvias, entre otras razones, llegando a valores extremos de 0,009 ppm en la desembocadura.

Amoníaco : Varía desde valores $<0,05$ ppm en Coihue hasta 0,95 ppm en desembocadura. Este parámetro a pesar de sufrir variaciones en forma puntual en algunas estaciones de muestreo y en algunos meses, no da un índice claro de contaminación por efluentes servidos o arrastre por lluvias, sino hasta llegar a la desembocadura.

Los valores de nitrito y amoníaco encontrados en la desembocadura son altos indicando la gran contaminación que produce la descarga urbana de Concepción y Talcahuano.

6.- DISCUSION DE RESULTADOS

Descarga contaminantes:

a) Demanda química de oxígeno:

Las descargas contaminantes, urbanas e industriales, más significativas a lo largo del río y que fueron motivo de preocupación del presente estudio son:



MANUEL MONTT 1164 - FON0 236641 - CASILLA 14995 - SANTIAGO

Industria	Caudal efluente		
	m ³ / mes	m ³ / sep	$\overline{\text{DQO}}$
INFORSA	842.580	0,325	981 ppm
Celulosa Laja	3.980.000	1,535	991 ppm
Textil Chiguayante	26.400	0,01	462 ppm
ENAP	5.900.000	2,276	20 ppm
Planta San Pedro			809 ppm
Alcantarillado Con cepción	54.000	0,02	224 ppm

Estas descargas con una concentración propia mensual caen en el curso receptor (río Bío-Bío) que tiene un caudal mensual dado y cuya calidad química resulta deteriorada en la medida en que éste no tenga capacidad autodepuradora o de dilución suficiente.

Para que la calidad tomada a través del parámetro DQO, no se deteriore más allá de un valor de 4 ppm, que es aproximadamente el valor que da la norma de agua potable, los caudales receptores deben ser los siguientes:

(caudal descarga) X (DQO ppm mensual)

$$\frac{\text{caudal descarga} \times \text{DQO ppm mensual}}{4 \text{ ppm DQO}} = \text{caudal mínimo receptor}$$



MANUEL MONTT 1164 - FONONO 236641 - CASILLA 14995 - SANTIAGO

INFORSA

Caudal descarga: $0,325 \text{ m}^3/\text{seg.}$

	caudal (m^3/seg) mín. receptor	caudal receptor río Vergara
Abril	2.880	22,2
Mayo	108	115,2
Junio	352	219,3
Julio	468	328,6
Agosto	6	160,5
Septiembre	72	165,6
Octubre	18	76,6
Noviembre	18	58,5

Suponiendo la misma descarga durante todos los meses del año, los meses críticos durante 1979, fueron de Abril a Julio.

CELULOSA LAJA

Caudal descarga : $1,535 \text{ m}^3/\text{seg}$

	caudal m^3/seg mín. receptor	caudal receptor río Bío-Bío
Abril	680	323,4
Mayo	480	600,0
Junio	280	1.133,0
Julio	411	1.281,1
Agosto	301	882,2
Septiembre	313	1.003,2
Octubre	528	884,7
Noviembre	385	740,6



MANUEL MONTT 1164 - FON0 236641 - CASILLA 14995 - SANTIAGO

Debido al gran caudal del río Bío-Bío, los meses de mayor contaminación en este punto se encuentran entre Enero y Abril, (meses de caudales más pequeños).

La acción en forma individual de las descargas de la textil Chi^uguayante, ENAP, San Pedro y alcantarillado de Concepción, en cuanto a DQO se refiere no es crítica debido al inmenso caudal del río en todo ese sector. Se debe analizar la acción en conjunto que llevan a deteriorar el río en su desembocadura, provocando daños posteriormente en la fauna marina.

Otro problema que debe tenerse en cuenta es la turbiedad que se observa en todo el recorrido del río desde Coihue mismo, y la gran cantidad de espuma en suspensión encontrada desde el sector de Laja hasta la desembocadura, sumado aquí la presencia de manchas de petróleo.

Para que la calidad, tomada a través de los parámetros DQO y sólidos suspendidos, no se deteriore y se mantenga según el agua de entrada al sistema, (es decir Bío-Bío en Coihue y Vergara en Nacimiento) los caudales receptores calculados deben ser tales, que sólo la industria de INFORSA presentaría problemas, siendo los meses críticos los cuatro primeros del año.



ANEXO 1

EVALUACION DE LOS PARAMETROS CONSIDERADOS

<u>PARAMETRO</u>	<u>INFORMACION</u>
- Amoníaco	- Contenido de aguas servidas. Toxicidad para peces. NUTrientes para crecimiento de algas. - Demanda de cloro. - Desoxigenación potencial.
- Cloruro	- Efluente de aguas servidas. - Sales provenientes de insecticidas y herbicidas. - Efecto en riego. - Uso como trazador. - Sabor. - Contaminación con agua de mar.
- Conductancia específica	- Medida de los electrolitos disueltos totales. - $(CE) \times f = \text{sólidos disueltos totales donde } f = 0.65$
- Cromo	- Contaminación industrial. - Toxicidad (cromo hexavalente)
- DBO	- Medida de la materia orgánica biodegradable capaz de absorber oxígeno disuelto.
- DQO	- Materia orgánica e inorgánica oxidable.
- Fierro	- Potabilidad. - Depósito de sólidos. - Color.
- Fosfato	- Crecimiento algal. - Presencia de detergentes.



- N - NO_2^-
 - Nitrificación.
 - Contenido de aguas servidas.
 - Potabilidad.
 - Contaminación reciente.

- N - NO_3^-
 - Aguas servidas y drenaje que contengan nitratos.
 - Crecimiento algal.
 - Reserva de oxígeno.
 - Potabilidad.
 - Estabilización de la materia orgánica.

- OD
 - Efecto en peces y otras especies acuáticas.
 - Condición de frescura o septicidad de las aguas.
 - Producción de olor, si se tiene ambiente anaeróbico.

- pH
 - Factor a considerar en procesos de tratamiento del agua.
 - Efectos tóxicos.
 - Fotosíntesis.
 - Vida acuática.
 - Corrosión.
 - Descarga de residuos ácidos industriales.
 - Afecta grandemente la toxicidad del amonio y cianuro.

- Residuos suspendidos
 - Obstrucciones.
 - Demanda de oxígeno debido al bentos.
 - Reducción en la penetración de la luz.
 - Efecto en la fotosíntesis.

- Sulfato
 - Corrosión del concreto.
 - Presencia de residuos industriales.
 - Potabilidad.



- Temperatura

- Efecto en peces.

- Agua de refrigeración.

- Velocidad de oxidación de materia orgánica.

- Solubilidad del oxígeno en agua.



ANEXO 2

DESCRIPCION DE ALGUNOS PARAMETROS QUIMICOS
Y FISICO - QUIMICOS

(1,5,6,7)

TEMPERATURA

Los cambios de temperatura en un cuerpo de aguas pueden ser resultado de un fenómeno climático natural o de la incorporación de residuos industriales.

Aumentos en la temperatura producen disminución en la capacidad de oxigenación, aumento en la demanda de oxígeno, putrefacción o depósito de lodos y crecimiento de hongos (fungus).

NITRATO

A pesar de sus numerosas fuentes, los nitratos son rara vez abundantes en aguas superficiales naturales, porque sirven como fertilizante esencial para todo tipo de plantas, desde fitoplancton a árboles. La acción fotosíntesis está constantemente utilizando los nitratos o convirtiéndolos en N orgánico de células vegetales.

La concentración límite de nitrato se refiere especialmente al efecto tóxico que causa en los primeros ocho meses de vida de un niño en que el consumo de aguas es proporcionalmente alto.

Nitratos en exceso causan irritación de las paredes mucosas del tracto intestinal y vejiga.

Un peligro potencial se presenta cuando se reducen a nitritos, los que se pueden combinar con aminas primarias o secundarias presentes en los alimentos para formar nitrosaminas cancerígenas.

Los nitratos por ser la forma más estable de nitrógeno, indican estabilización de la materia orgánica.



Niveles altos de nitratos no son convenientes porque tienden a promover el desarrollo de algas microscópicas, provocando procesos posteriores de eutroficación.

NITRITOS

Su origen puede ser la oxidación del amoníaco o la reducción bacteriana o química de los nitratos. En el primer caso, aún si no existiera además amoníaco, indica contaminación reciente.

Los NO_2^- y NO_3^- sólo se encuentran en aguas servidas recientes y en concentraciones inferiores a 1,0 mg/lt.

SULFATOS

Los sulfatos se encuentran naturalmente en las aguas como resultado de lavados del terreno formados por yeso u otros.

Se presenta como estado final de oxidación de sulfuros, sulfitos y tiosulfatos.

También pueden provenir de numerosas industrias: minería, curtiembre, pulpa sulfútica, textiles, etc.

La presencia de sulfatos también tiene influencia en la economía ya que amentan la corrosividad del agua hacia el concreto.



MANUEL MONTT 1164 - FON0 236641 - CASILLA 14995 - SANTIAGO

Cuando el sulfato se encuentra en dosis muy alta puede tener efectos la
xantes, en especial si predomina el magnesio o sodio sobre el calcio.

En general, cuando se analiza las aguas de un río a lo largo de su cur
so, se detecta un aumento progresivo del contenido de sulfatos ya que
este anión es fácilmente removido y trasportado de la superficie de la
tierra.

CLORURO

Es el único ión estable en aguas naturales. Sus sales son casi todas so
lubles. No tiene rol importante en la vida celular.

Los efectos fisiológicos por cloruro no existen, sino a concentraciones
que se acercan a las del agua de mar.;

Pueden ser de origen mineral natural o ser producidos por: contaminación de
aguas marinas, sales provenientes de los insecticidas y herbicidas, aguas de
desechos humanos o animales, efluentes de industrias del papel, plantas gal
vanizadoras, refinерías de petróleo, etc.

FIERRO

Se encuentra principalmente en aguas de pH bajo, las que lo disuelven de las
areniscas ferruginosas. En otros casos el Fe está disuelto a expensas de
materia orgánica, formando complejos órgano-férricos. También puede provenir
de contaminación industrial.

El ión ferroso es rápidamente oxidado, en las aguas naturales superficiales,
a férrico formando un hidróxido insoluble.

En aguas aireadas, la concentración de Fe es raras veces alta. En aguas pro
fundas, el pH puede ser tal que mantenga cantidades grandes de Fe en solución.



MANUEL MONTT 1164 - FONDO 236641 - CASILLA 14995 - SANTIAGO

El Fe es un constituyente normal del organismo y sus sales no son tóxicas en pequeñas cantidades.

CROMO

Normalmente no existe en las aguas naturales, debiéndose su origen, cuanto existe, a contaminación industrial (talleres de cromados, curtidurías, etc.)

Las sales de Cr. trivalentes, son poco tóxicas, en cambio las de Cr hexavalente son fuertemente tóxicas (cromatos y dicromatos).

Existe evidencia de que dosis grandes de cromatos tienden a producir efectos corrosivos en el aparato intestinal y pueden causar nefritis.

La toxicidad de sales de cromo hacia la vida acuática varía ampliamente con la especie, temperatura, pH, valencia del cromo, dureza del agua, etc.

SOLIDOS DISUELTOS

Consisten principalmente de: carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos, fosfatos y nitratos de Ca, Mg, Na y K con trazas de Fe y Mn.

El límite en las normas se colocó pensando en problemas de sabor.

pH

Es un factor importante en varios campos:

- a) en el abastecimiento de agua es un factor a considerar en coagulación, desinfección, ablandamiento y control de corrosión;
- b) en tratamiento de residuos empleando procesos biológicos, es un factor que debe mantenerse dentro de ciertos límites;
- c) en la vida acuática las mejores aguas para mantener diversificación de especies son aquellas en las que el pH es de 7 a 8.



MANUEL MONTT 1164 - FONONO 236641 - CASILLA 14995 - SANTIAGO

- d) es un índice de corrosión;
- e) varía con la actividad bacteriana, con la temperatura y las transformaciones químicas que puede sufrir el agua por el transcurso del tiempo;
- f) es un indicador de la descarga de residuos ácidos de tipo probablemente industrial.

FOSFATOS

Varias aguas de desechos, efluentes y aguas contaminadas contienen fosfatos. Pequeñas cantidades de ciertos fosfatos condensados se agregan a algunos abastecimientos de agua en el curso del tratamiento. Grandes cantidades de los mismos compuestos pueden ser agregados cuando el agua es usada en lavanderías u otros procesos de limpieza, ya que estos materiales son constituyentes mayoritarios de muchos limpiadores o detergentes comerciales.

Los ortofosfatos que se aplican en agricultura o cultivos caseros como fertilizantes son acarreados a las aguas superficiales por las lluvias o por las nieves derretidas. Los fosfatos orgánicos se forman primeramente en los procesos biológicos.

El fósforo es un elemento que es esencial para el crecimiento de organismos y puede ser a menudo el nutriente que limite su crecimiento.

DQO

Se conoce como "oxígeno consumido" o demanda de oxígeno al dicromato" o "demanda química de oxígeno".

Con ciertos desechos que contienen sustancias tóxicas, esta prueba es el único método para determinar la carga orgánica.

Con desechos que sólo tienen nutrientes bacteriano orgánicos y materia no tóxica se pueden usar sus resultados para tener una aproximación de los valores carbonosos de la DQO en 20 días.



MANUEL MONTT 1164 - FON0 236641 - CASILLA 14995 - SANTIAGO

Cuando un agua servida tiene una composición relativamente constante y no contiene materias tóxicas, puede establecerse una relación lineal entre DBO y DQO, relación particular y aplicable sólo a las aguas en que fue obtenida.

OXIGENO DISUELTO

El OD es un indicador de la condición de frescura o septicidad de las aguas. Mientras mayor sea el contenido de materia orgánica, menos oxígeno disuelto tendrá.

DBO

Mide el oxígeno requerido por un agua contaminada para su estabilización. Es una indicación del contenido de materia orgánica, junto a los sólidos volátiles.



MANUEL MONTT 1164 - FONO 236641 - CASILLA 14995 - SANTIAGO

ANEXO 3

NORMAS CHILENAS

A continuación se hace una reseña de los parámetros estudiados que caen dentro de normas chilenas.

NORMA DE AGUA POTABLE (Nch 409 Of. 70, Inditecnor 61 - 11ch)

Cromo hexavalente	0.05 ppm
N de nitratos	10 ppm
Cloruros	200-350 ppm
Fierro disuelto	0.3-0.5 ppm
N de Amoníaco	0.25 ppm
N de nitritos	0.004 ppm
Oxígeno consumido (DQO)	2.5 ppm
Sólidos disueltos	500-1.500 ppm
Sulfatos	250-400 ppm
pH	6.5-9.2 ppm

NORMA DE AGUA PARA RIEGO (Nch 1333)

Cloruro	200 ppm
Cromo	0.10 ppm
Fierro	5.0 ppm
Sulfato	250.0 ppm
Cond. Eléctrica	1.500
Sólidos disueltos	1.000 ppm



MANUEL MONTT 1164 - FONOS 236641 - CASILLA 14995 - SANTIAGO

NORMA PARA AGUA DE RECREACION CON CONTACTO DIRECTO (Nch 1333)

pH 6.5-8.3

Temperatura 30°C

NORMA PARA VIDA ACUATICA (Nch 1333)

Oxígeno disuelto 5 ppm

pH 6.5-9.0



ANEXO 4

ESTACIONES DE MUESTREO

DEL

RIO BIO - BIO

Fecha de muestreos:	3 al 5 de Abril	6 al 11 de Agosto
	3 al 5 de Mayo	3 al 8 de Septiembre
	7 al 8 de Junio	1 al 6 de Octubre
	4 al 6 de Julio	5 al 10 de Noviembre

(-) = Sin analizar.

ESTACION 1 BIO-BIO EN COIHUE

	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
pH	7,5	7,6	7,3	7,7	7,2	7,2	7,2	7,5
t ^a (°C)	14,5	11,5	5,0	8,2	12,0	11,0	12,5	11,0
CE (μ mhos/cm)	94	80	65	76	50	52	-	50
OD (ppm)	10	11	12	12	9	11	10	12
PO ₄ ⁻³ (ppm)	0,80	0,15	0,18	0,06	0,02	0,02	0,05	0,19
Cl ⁻ (ppm)	5	4	3	3	3	3,5	3	2,5
S ⁻ (ppm)	-	-	-	-	-	-	-	-
SO ₄ ⁻ (ppm)	7	6	3	3	2	3	2	1
Cr ⁺⁶ (ppm)	0,0	0,005	0,0	0,005	0,005	0,007	0,0	0,005
Fe _T (ppm)	0,28	0,06	0,09	0,11	0,16	0,13	0,06	0,19
Caudal 80% (m ³ /seg)	264,5	411,5	791,6	899,9	605,5	731,7	723,9	613,9
DBO (ppm)	2	1	1	2	2	2	9	2
DQO (ppm)	36	20	8	4	4	4	112	16
N - NO ₃ ⁻ (ppm)	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	0,4	0,1	0,2	0,1
N - NO ₂ ⁻ (ppm)	0,002	0,003	0,003	0,002	0,002	0,005	0,0	0,001
N - NH ₃ (ppm)	0,06	0,08	<0,05	<0,05	<0,05	0,65	0,04	0,08

ESTACION 2 - VERGARA EN FTE. NACIMIENTO

	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
pH	7,5	7,3	6,9	7,3	6,9	6,9	7,1	7,1
t ^a (°C)	16,6	12,5	5,5	9,6	10,5	9,5	14	-
CE (µ mhos/cm)	100	90	52	60	40	42	-	50
OD (ppm)	10	10	12	12	4	11	9	11
PO ₄ ⁻³ (ppm)	0,28	0,15	0,26	0,03	<0,01	<0,01	0,03	0,18
Cl ⁻ (ppm)	5	5	3	4	3,5	4,0	3,5	3,0
S ⁼ (ppm)	-	-	-	-	-	-	-	-
SO ₄ ⁼ (ppm)	2	3	2	1	2	3	2	2
Cr ⁺⁶ (ppm)	0,005	0,002	-	-	-	-	-	-
Fe _T (ppm)	0,18	0,26	0,24	0,25	0,21	0,23	0,27	0,20
Caudal 80A (m ³ /seg)	22,2	115,2	219,3	328,6	160,5	165,6	76,6	58,5
DBO (ppm)	2	1	1	2	2	2	2	1
DQO (ppm)	40	20	8	8	8	4	8	12
N - NO ₃ ⁻ (ppm)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	0,2	<0,1
N - NO ₂ ⁻ (ppm)	0,003	0,002	0,002	0,003	0,001	0,004	0,001	0,002
N - NH ₃ (ppm)	0,07	0,20	0,12	0,09	0,12	0,13	0,11	0,09

ESTACION 4 - BIO-BIO AGUAS ABAJO NACIMIENTO

	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
pH	-	7,1	7,1	7,4	-	5,6	7,1	7,2
t ^a (°C)	-	12	4	8,8	-	9	11	10
CE (µ mhos/cm)	-	85	53	74	-	65	-	52
OD (ppm)	-	11	12	11	-	11	10	12
PO ₄ ⁻³ (ppm)	-	0,13	1,05	0,09	-	0,0	0,07	0,18
Cl ⁻ (ppm)	-	4	3,5	4,5	-	3,5	2,5	4,0
S ⁻ (ppm)	-	-	-	-	-	-	-	-
SO ₄ ⁻ (ppm)	-	6	3	3	-	3	1	1
Cr ⁺⁶ (ppm)	-	0,035	-	-	-	-	-	-
Fe _T (ppm)	-	0,20	0,15	0,17	-	0,14	0,17	0,18
Caudal 80% (m ³ /seg)	292,9	537,9	1.032,7	1.152,6	782,4	916,6	817,8	686,9
DBO (ppm)	-	1	1	3	-	1	2	1
DQO (ppm)	-	24	12	4	-	4	4	12
N - NO ₃ ⁻ (ppm)	-	<0,1	<0,1	<0,1	-	0,2	0,1	0,2
N - NO ₂ ⁻ (ppm)	-	0,002	0,003	0,002	-	0,005	0,0	0,002
N - NH ₃ (ppm)	-	0,17	0,14	0,14	-	0,25	0,09	0,07

ESTACION 6 - BIO-BIO BALSEADERO LAJA

	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
pH	7,4	7,5	7,3	7,5	7,3	7,3	7,2	7,2
t ^a (°C)	16,3	13,0	4,0	7,5	11,0	9,5	11	-
CE (μ mhos/cm)	110	100	80	88	70	75	-	60
OD (ppm)	9	10	11	12	11	10	10	10
PO ₄ ⁻³ (ppm)	0,03	0,15	0,07	0,12	0,07	<0,01	0,16	0,08
Cl ⁻ (ppm)	5	5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
S ⁼ (ppm)	-	-	-	-	-	-	-	-
SO ₄ ⁼ (ppm)	7	5	3	3	2	4	1	3
Cr ⁺⁶ (ppm)	0,015	0,025	-	-	-	-	-	-
Fe _T (ppm)	0,18	0,26	0,16	0,15	0,18	0,16	0,08	0,14
Caudal 80% (m ³ /seg)	323,4	600,0	1.133,0	1.281,1	882,2	1.003,2	884,7	740,6
DBO (ppm)	2	1	1	2	2	1	2	1
DQO (ppm)	36	24	8	4	0	4	4	12
N- NO ₃ ⁻ (ppm)	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	0,3	0,1	<0,1
N- NO ₂ ⁻ (ppm)	0,003	0,005	0,002	0,002	0,003	0,006	0,0	0,0
N- NH ₃ (ppm)	0,07	0,22	0,18	<0,05	0,09	0,07	0,06	<0,05

ESTACION 7 - EMISARIO LAJA

	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
pH	-	-	6,7	6,3	6,9	6,3	6,6	6,3
t ^a (°C)	18	27	20	26	25	25	25	-
CE (µmhos/cm)	-	-	-	-	-	-	-	-
OD (ppm)	-	-	-	-	-	-	-	-
PO ₄ ⁻³ (ppm)	-	-	-	-	-	-	-	-
Cl ⁻ (ppm)	-	-	-	-	-	-	-	-
S ⁼ (ppm)	-	-	-	-	-	-	-	-
SO ₄ ⁼ (ppm)	87,2	54,4	26,3	-	88,0	46	61,8	78,9
Cr ⁺⁶ (ppm)	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe _T (ppm)	-	-	-	-	-	-	-	-
Caudal 80 ^h (m ³ /seg)	-	-	-	-	-	-	-	-
DBO (ppm)	200	175	120	220	200	130	330	175
DQO (ppm)	1.360	960	560	1.072	784	816	1.376	1.003

ESTACION 8 - LAJA PTE. FERROCARRIL

	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
PH	7,7	7,4	7,2	7,4	7,3	7,5	7,5	7,5
t ^a (°C)	15	14	7	8,5	13	11	11	-
CE (µmhos/cm)	90	87	70	72	62	72	-	68
OD (ppm)	10	11	11	12	10	11	11	11
PO ₄ ⁻³ (ppm)	1,55	0,18	0,10	0,10	0,06	0,10	0,38	0,08
Cl ⁻ (ppm)	5	3	2,5	3	3	3	2,5	2,5
S ⁼ (ppm)	-	-	-	-	-	-	-	-
SO ₄ ⁼ (ppm)	4	4	4	4	2	3	1	2
Cr ⁺⁶ (ppm)	0,005	0,005	-	-	-	-	-	-
Fe _T (ppm)	0,08	0,15	0,08	0,07	0,16	0,07	0,06	0,06
Caudal 80% (m ³ /seg)	72,7	169,0	205,1	246,0	250,4	246,4	197,2	142,0
DBO (ppm)	-	-	-	-	-	-	-	-
DQO (ppm)	-	-	-	-	-	-	-	-
N - NO ₃ ⁻ (ppm)	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	0,2	0,1	<0,1
N - NO ₂ ⁻ (ppm)	0,002	0,002	0,003	0,001	0,002	0,005	0,0	0,0
N - NH ₃ (ppm)	<0,04	0,06	<0,03	<0,03	0,09	<0,05	<0,04	<0,02

ESTACION 9 BIO - BIO EN SAN ROSENDO

	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
pH	7,5	7,2	7,1	7,4	7,2	7,4	7,4	7,2
t _a (°C)	21	13,5	5	9	8,5	10,0	11	-
CE (µ mhos/cm)	122	115	81	86	80	72	-	50
OD (ppm)	12	10	12	12	10	11	10	10
PO ₄ ⁻³ (ppm)	0,28	0,10	0,06	0,06	0,05	0,05	0,18	0,04
Cl ⁻ (ppm)	5	6	5	5	6	5,5	4,5	3,0
S ⁼ (ppm)	-	-	-	-	-	-	-	-
SO ₄ ⁼ (ppm)	7	4	4	3	1	3	5	1
Cr ⁺⁶ (ppm)	0,025	0,035	-	-	-	-	-	-
Fe _T (ppm)	0,14	0,21	0,15	0,12	0,19	0,18	0,10	0,16
Caudal 80% (m ³ /seg)	400,7	776,6	1.356,3	1.547,2	1.143,2	1.263,2	1.094,6	894,2
DBO (ppm)	3	2	1	2	2	2	3	1
DQO (ppm)	72	36	8	20	4	4	4	20
N - NO ₃ ⁻ (ppm)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	0,2	0,4	0,2
N - NO ₂ ⁻ (ppm)	0,001	0,008	0,002	0,001	0,003	0,004	0,002	0,001
N - NH ₃ (ppm)	0,17	0,31	0,07	0,12	0,08	0,08	0,17	0,07

ESTACION 9.1 - BIO-BIO ANTES DE STA. JUANA

	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
PH	7,4	7,2	7,1	7,3	7,0	7,2	7,2	7,3
t ^a (°C)	16,6	13	4	7,9	10	13	10,2	9
CE (μ mhos/cm)	118	100	83	86	44	50	-	58
OD (ppm)	10	10	12	11	10	12	9	12
PO ₄ ⁻³ (ppm)	0,75	0,13	0,25	0,07	<0,01	0,06	0,15	0,11
Cl ⁻ (ppm)	7,5	5	4	5,5	3,5	5,0	4,0	3,0
S ⁼ (ppm)	-	-	-	-	-	-	-	-
SO ₄ ⁼ (ppm)	7	5	3	3	2	3	1	1
Cr ⁺⁶ (ppm)	0,025	0,030	-	-	-	-	-	-
Fe _T (ppm)	0,13	0,26	0,21	0,11	0,14	0,16	0,12	0,09
Caudal 80% (m ³ /seg)	400,7	776,6	1.356,3	1.547,2	1.143,2	1.263,2	1.094,6	894,2
DBO (ppm)	-	-	-	-	-	-	-	-
DQO (ppm)	-	-	-	-	-	-	-	-
N - NO ₃ ⁻ (ppm)	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	0,1	0,3	0,1	0,4
N - NO ₂ ⁻ (ppm)	0,0	0,004	0,004	0,002	0,003	0,004	0,0	0,0
N - NH ₃ (ppm)	0,21	0,17	0,16	0,08	0,09	0,12	0,09	<0,05

ESTACION 9.2 - BIO-BIO DESPUES STA. JUANA

	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
pH	7,4	7,2	7,1	7,3	7,0	7,2	7,3	7,3
t ^a (°C)	16,4	13	4	6,5	10	13	10,2	9
CE (µmhos/cm)	120	100	80	90	45	50	-	60
OD (ppm)	10	10	12	11	10	11	5	11
PO ₄ ⁻³ (ppm)	0,15	0,13	1,15	0,03	< 0,01	0,04	0,09	0,05
Cl ⁻ (ppm)	7,5	5	4	5,5	3,0	5,0	3,0	3,5
S ⁻ (ppm)	-	-	-	-	-	-	-	-
SO ₄ ⁻ (ppm)	6	6	4	3	2	3	1	2
Cr ⁺⁶ (ppm)	0,025	0,035	-	-	0,015	0,015	-	-
Fe _T (ppm)	0,08	0,28	0,15	0,10	0,22	0,21	0,14	0,08
Caudal 80% (m ³ /seg)	400,7	776,6	1.356,3	1.547,2	1.143,2	1.263,2	1.094,6	894,2
DBO (ppm)	-	-	-	-	-	-	-	-
DQO (ppm)	-	-	-	-	-	-	-	-
N - NO ₃ ⁻ (ppm)	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,3	0,3	0,3
N - NO ₂ ⁻ (ppm)	0,002	0,005	0,003	0,002	0,003	0,005	0,0	0,001
N - NH ₃ (ppm)	0,17	0,21	0,16	0,07	0,09	0,08	0,09	0,07

ESTACION 10 - BIO-BIO ANTES DE CHIGUAYANTE

	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
pH	7,7	7,3	7,2	7,4	7,3	7,3	7,4	9,8
t ^a (° C)	16,5	15,5	6	8,8	11,8	9,5	13,0	8
CE (µmhos/cm)	120	110	78	88	74	80	-	70
OD (ppm)	9	10	12	8	12	11	11	11
PO ₄ ⁻³ (ppm)	0,28	0,12	0,40	0,08	0,04	0,05	0,18	0,06
Cl ⁻ (ppm)	10	5	4,5	5,5	5,0	5,0	3,0	4,5
S ⁼ (ppm)	-	-	-	-	-	-	-	-
SO ₄ ⁼ (ppm)	5	6	3	4	1	4	2,5	1
Cr ⁺⁶ (ppm)	0,045	0,035	0,013	0,015	0,005	0,015	0,005	0,015
Fe _T (ppm)	0,08	0,12	0,17	0,16	0,16	0,17	0,13	0,06
Caudal 80% (m ³ /seg)	367,5	712,2	1.243,8	1.419,0	1.048,5	1.158,4	1.003,9	820,0
DBO (ppm)	-	-	-	-	-	-	-	-
DQO (ppm)	-	-	-	-	-	-	-	-
N - NO ₃ ⁻ (ppm)	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	0,2	0,3	0,2	<0,1
N - NO ₂ ⁻ (ppm)	0,002	0,002	0,001	0,003	0,003	0,002	0,001	0,0
N - NH ₃ (ppm)	0,07	0,17	0,08	1,8	0,11	0,07	0,07	<0,02

ESTACION 12 - BIO-BIO ANTES PTA. MOCHITA

	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
pH	7,6	7,6	7,3	7,4	7,4	7,3	7,4	7,6
t ^a (° C)	-	16	7	8,5	12,2	10,0	12,0	9,5
CE (µmhos/cm)	122	110	83	90	74	75	-	65
OD (ppm)	10	11	12	12	11	10	11	8
PO ₄ ⁻³ (ppm)	0,08	0,15	0,15	0,12	0,07	0,13	0,11	0,10
Cl ⁻ (ppm)	10	5	5	6	5,5	5,5	3,0	5,0
S ⁼ (ppm)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
SO ₄ ⁼ (ppm)	6	5	3	2,5	1,0	3,0	2,5	2,0
Cr ⁺⁶ (ppm)	0,045	0,025	0,005	0,015	0,015	0,015	0,015	0,005
Fe _T (ppm)	0,11	0,13	0,19	0,15	0,18	0,18	0,26	0,07
Caudal 80% (m ³ /seg)	367,5	712,2	1.243,8	1.419,0	1.048,5	1.158,4	1.003,9	820,0
DBO (ppm)	2	1	1	2	2	1	2	1
DQO (ppm)	28	20	8	12	0	4	4	16
N - NO ₃ ⁻ (ppm)	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	0,3	0,2	<0,1
N - NO ₂ ⁻ (ppm)	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002	0,003	0,0	0,0
N - NH ₃ (ppm)	0,13	0,19	0,15	0,2	0,12	0,16	0,11	<0,03

ESTACION 16 - BIO-BIO EN DESEMBOCADURA

	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
PH	7,7	7,2	7,2	7,3	7,2	7,3	7,3	7,3
t ^a (°C)	-	15,8	7	12,5	13,5	12,0	12,0	16,0
CE (µmhos/cm)	540	154	103	178	79	82	-	70
OD (ppm)	10	9	10	11	11	10	10	9
PO ₄ ⁻³ (ppm)	1,25	0,24	0,10	0,14	0,08	0,10	0,17	0,15
Cl ⁻ (ppm)	50	16,5	9	30	6	10	5	4,5
S ⁼ (ppm)	<0,1	<0,1	-	-	-	-	-	-
SO ₄ ⁼ (ppm)	20	9	6	7,5	3	8	3	2,5
Cr ⁺⁶ (ppm)	0,015	0,025	0,015	0,015	0,015	0,015	0,0	0,005
Fe _T (ppm)	0,18	0,25	0,18	0,14	0,16	0,16	0,15	0,17
Caudal 80% (m ³ /seg)	367,5	712,2	1.243,8	1.419,0	1.048,5	1.158,4	1.003,9	820,0
DBO (ppm)	2	2	2	2	2	2	2	1
DQO (ppm)	40	32	12	20	12	4	8	24
N - NO ₃ ⁻ (ppm)	<0,1	0,1	<0,1	0,1	0,3	0,1	0,3	0,3
N - NO ₂ ⁻ (ppm)	0,004	0,007	0,007	0,009	0,002	0,006	0,002	0,003
N - NH ₃ (ppm)	<0,05	0,95	0,65	0,65	0,17	0,5	0,09	0,22



BIBLIOGRAFIA

- 1.- A.M. Sancha " Manual de muestreo de aguas superficiales y análisis en terreno con descripción de un laboratorio portátil económico". SIS, U. de Chile, 1974. 85p.
- 2.- "Informe preliminar sobre contaminación ambiental en la región de Concepción". Talcahuano, Mayo, 1975.
- 3.- Jorge Castillo G. " Contaminación y autopurificación de aguas superficiales". 1973. 145p. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil.
- 4.- Water Quality Criteria, 2nd. Edition by Mckee and Wolf
" The resources agency of California State Water Quality Control Board". Sacramento, California, Publication N°3-A, 1963.
- 5.- "Standard Methods for the examination of water and wastewater", 13th. Edition, 1971. APHA-AWWA-WPCF
- 6.- "Curso sobre Química, Biología e Ingeniería Sanitaria". Universidad de Chile, SIS, OMS, CEPIS, 24 Spt. al 11 de Octubre 1973.
- 7.- Manual del Curso Intensivo "Curso básico para técnicas sobre residuos industriales líquidos". 10 al 19 de Abril de 1969.
- 8.- " Recovery and Restoration of Damaged Ecosystems, Edited by J. Cairns Jr., KL Dickson, and E.E. Herricks, 1975, Cop. 1977.
- 9.- R. Merino Besoain. " Anteproyecto de Norma de protección de los cuerpos de agua receptores de aguas servidas y de residuos industriales líquidos". Nov. 1974. Publicación 24-G, Recursos Hidráulicos, CORFO.



MANUEL MONTT 1164 - FONO 236641 - CASILLA 14995 - SANTIAGO

- 10.- R. Merino Besoaín. " La contaminación del agua con residuos industriales líquidos". Nov. 1976. Memoria de Título.
- 11.- Clair N. Sawyer, " Chemistry for Sanitary Engineers" Mac. Graw Hill Book Company, Inc. 1960, New York Toronto London.
- 12.- Ramón Margalef "Ecología", Ed. Omega, S.A., Barcelona, 1977.