Este informe se presenta sin la aprobación prévia ni de las Naciones Unidas, ni del programa de las Naciones Unidas para el desarrollo. Por lo tanto no representa necesariamente los puntos de vista de las organizaciones mencionadas.

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

REH-713
v.7 c.2

0505

CALIDAD QUIMICA DE LAS AGUAS

DE LA IV REGION

ABRIL, 1979

INVESTIGACION DE RECURSOS HIDRAULICOS EN LA IV REGION

(PROYECTO CHI - 69 - 535)

CALIDAD QUIMICA DE LAS AGUAS DE LA IV REGION

I N D I C E

		Pág.
1.-	INTRODUCCION	1
2.-	OBJETIVOS	2
3.-	NORMAS DE USOS Y METODOLOGIA	3
3.1.-	Concepto de Calidad de Agua	3
3.2.-	Normas de Potabilidad de Agua para la Bebida y Usos Domésticos	3
3.3.-	Calidad de Agua para Regadío	5
3.3.1.-	Clasificación de las Aguas para Riego	5
3.3.2.-	Diagrama para la Clasificación de Aguas de Riego	6
3.3.3.-	Efecto de la Concentración de Boro en la Calidad de las Aguas	8
3.4.-	Calidad de Agua para la Ganadería	9
3.5.-	Calidad de Agua para la Industria	9
3.6.-	Clasificación y Representación Gráfica de los Análisis de Aguas	9

		Pág.
3.6.1.-	Clasificación	9
3.6.2.-	Representación Gráfica	10
3.7.-	Contaminación de las Aguas	11
4.-	CARACTERIZACION QUIMICA DE LAS AGUAS DE LA IV REGION	13
4.1.-	PROVINCIA DE ELQUI	14
4.1.1.-	Ubicación de las Zonas Muestreadas	14
4.1.2.-	Clasificación Química, según Alekine	16
4.1.3.-	Representación Gráfica de los Análisis de Aguas	18
4.1.4.-	Zonas que Presentan Problemas de Calidad de Agua	22
4.1.5.-	Calidad Química de las Aguas de la Provincia de Elqui	35
4.2.-	PROVINCIA DE LIMARI	39
4.2.1.-	Ubicación de las Zonas Muestreadas	39
4.2.2.-	Clasificación Química, según Alekine	41
4.2.3.-	Representación Gráfica de los Análisis de Aguas	43
4.2.4.-	Zonas que Presentan Problemas de Calidad	45
4.2.5.-	Calidad Química de las Aguas de la Provincia de Limarí	51

Pág.

4.3.- PROVINCIA DE CHOAPA 55

4.3.1.- Ubicación Geográfica de las Zonas Muestreadas 55

4.3.2.- Clasificación Química, según Alekine 56

4.3.3.- Representación Gráfica de los Análisis de Aguas 58

4.3.4.- Calidad Química de las Aguas de la Provincia de Choapa 59

4.4.- ZONAS COSTERAS Y SECTOR PAN DE AZUCAR LAS CARDAS 62

4.4.1.- Canales de Drenaje 62

4.4.2.- Estero Culebrón 65

4.4.3.- Estero Lagunillas 67

4.4.4.- Pozos y Norias del Sector Pan de Azúcar - Las Cardas 69

4.4.5.- Sector Tongoy, Guanaqueros y Morrillos 74

5.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 75

6.- ANEXOS 77

- Análisis de Aguas Superficiales - D.G.A
- Análisis de Aguas Superficiales - Proyecto CHI-69/535
- Análisis de Aguas Subterráneas - Proyecto CHI - 69/535
- Ubicación de Norias en los Mosaícos respectivos.

1.- INTRODUCCION

Los recursos hídricos de la IV Región se agrupan principalmente bajo tres divisiones hidrográficas que corresponden a las Hoyas 304, 305 y 306; las cuales prácticamente se enmarcan dentro de los límites de las Provincias de Elqui, Limarí y Choapa respectivamente. Además de las Hoyas 115 y 213 ubicadas dentro de la Provincia de Elqui y 116 Elqui - Limarí.

A través del Proyecto CHI 69/535 se evaluarán estos recursos para lo cual se requiere como una de sus tantas necesidades, del conocimiento de la calidad química de ellos.

El presente trabajo recopiló los antecedentes químicos existentes, que en el caso de las aguas superficiales corresponden en su mayor parte a la estadística proporcionada por la Dirección General de Aguas.

En el caso de las aguas subterráneas los análisis químicos fueron realizados por el Proyecto a través de su propia fuente de análisis.

Para lograr un mejor ordenamiento de las características químicas de estas aguas, se agruparon todos los recursos superficiales y subterráneos pertenecientes a una misma provincia, los que a su vez se clasificaron en sus correspondientes Hoyas hidrográficas. El sector Pan de Azúcar - Las Cardas, (Hoya 116 Elqui - Limarí) y las Zonas Costeras serán consideradas en un capítulo especial.

2.- OBJETIVOS DEL PRESENTE ESTUDIO

Este estudio debe como finalidad principal indicar las características químicas que poseen las aguas de la Cuarta Región, con el fin de señalar su posible uso para el consumo humano, agrícola e industrial. Junto con ello, destacar en forma objetiva aquellas zonas que presentan problemas de calidad química, ya sea por causas naturales o provocadas por la acción del hombre.

Por otra parte tiende a servir de ayuda a otras disciplinas dentro de este Proyecto como lo son la hidrogeología e Hidrología, las que necesitan del conocimiento de la composición química de las aguas para algunas de sus interpretaciones.

3.- NORMAS DE USOS Y METODOLOGIA

3.1.- Concepto de Calidad de Agua

Es posible definir la calidad de las aguas como la composición físico - química - biológica que las caracteriza.

El hecho de conocer sus propiedades, es fundamental para valorar los perjuicios que ésta podría ocasionar en la salud del hombre, en la agricultura, ganadería e industrias.

La necesidad de la utilización de los recursos hídricos en beneficio de la vida humana, ha obligado a efectuar reglamentaciones o normas que limitan el uso de las aguas, según sea el caso.

Cada país, a través de sus organismos especializados, ha elaborado normas de calidad, en las que se recomiendan las propiedades y concentraciones de los elementos que a su juicio resultan tolerables o aceptables para el organismo humano.

Estas se han elaborado en base a los recursos disponibles de cada país o región, y de la aclimatación de los usuarios a las aguas naturales que se encuentran en el territorio.

Debido a la extensa literatura que existe acerca de las normas dictadas para los distintos usos, este estudio se limitará solamente a dar en forma esquemática las principales consideraciones dentro de cada una de ellas.

3.2.- Normas de Potabilidad de Agua para la Bebida y usos Domésticos.

En nuestro país, el organismo encargado del estudio y preparación de normas a nivel nacional, es INDITECNOR.

De la norma Chilena N C H 409 of. 70 del 12 de Marzo de 1970, sobre calidad potable de las aguas, se considerarán, para el presente estudio, los extractos que se refieren solamente al aspecto químico de calidad de agua.

En general, se denomina como potable, aquella agua que puede ser consumida por el hombre sin perjuicio alguno para su salud; se deben considerar características físicas, químicas, bacteriológicas, radiológicas, etc.

En la siguiente Tabla aparecen las concentraciones máximas aceptables y máximas tolerables, según las normas chilenas, de las substancias químicas comúnmente consideradas en un análisis normal de agua.

TABLA N° 1

LIMITE DE CONCENTRACION DE ALGUNAS SUBSTANCIAS QUIMICAS PRESENTES EN EL AGUA POTABLE

SUBSTANCIAS		LIMITE SUPERIOR MAX. ACEPTABLE mgr/lt	LIMITE SUPERIOR MAX. TOLERABLE mgr/lt
Cloruros	(Cl^-)	200,0	350,0
Cobre	(Cu)	1,0	1,5
Hierro Disuelto	(Fe)	0,3	0,5
Magnesio	(Mg)	30,0	125,0
Tot. Sólidos Disueltos	(TSD)	500,0	1.500,0
Sulfatos	(SO_4)	250,0	400,0
Arsénico	(As)	0,12 mgr/lt, Límite Max.	
Nitrógeno de Nitratos	(N)*	10,00 mgr/lt Límite Máx.	

* Para fuentes subterráneas se aceptarán aguas hasta con un máximo de 15 mgr/lt

El PH de las aguas debe estar comprendido entre 6,5 y 9,2. Es posible calificar las aguas de acuerdo a sí sobrepasan o nó los límites impuestos por la norma. Se consideran:

- Como aguas potables: aquellas que no sobrepasan los límites convenientemente establecidos.
- Como aguas sanitariamente potables: aquellas que sobrepasando alguno de los límites máximos aceptables, no exceden ninguno de los índices establecidos en la columna de los máximos tolerables.
- Como aguas impotables: se consideran aquellas que sobrepasan algunos de los límites máximos tolerables.

3.3.- Calidad del Agua para Regadío

Al recomendar un agua de regadío, deben considerarse muchos factores ajenos a su calidad química misma, como lo son:

- La permeabilidad y calidad del suelo.
- Tipo de cultivo.
- Sistema de riego.
- Clima.
- Humedad, etc.

Es por ésto que la evaluación de la calidad de las aguas destinadas al regadío, no puede basarse en cánones generales, como en el caso del agua para el abastecimiento a poblaciones, debido a la consideración preliminar de todos los factores anteriormente nombrados. Sin embargo a nivel internacional existen recomendaciones de tipo general que fijan criterios de uso de agua en la agricultura con el objeto de no reducir la productividad por efectos de calidad.

3.3.1.- Clasificación de las Aguas para Riego

Las características más importantes que determinan la calidad de un agua para riego son:

- Concentración total de sales solubles.
- Concentración relativa del sodio con respecto a otros cationes.
- Concentración de boro u otros elementos que puedan ser tóxicos.
- Bajo ciertas condiciones, la concentración de bicarbonatos con relación a la concentración de Calcio más Magnesio.

Es posible indicar la siguiente clasificación en forma general:

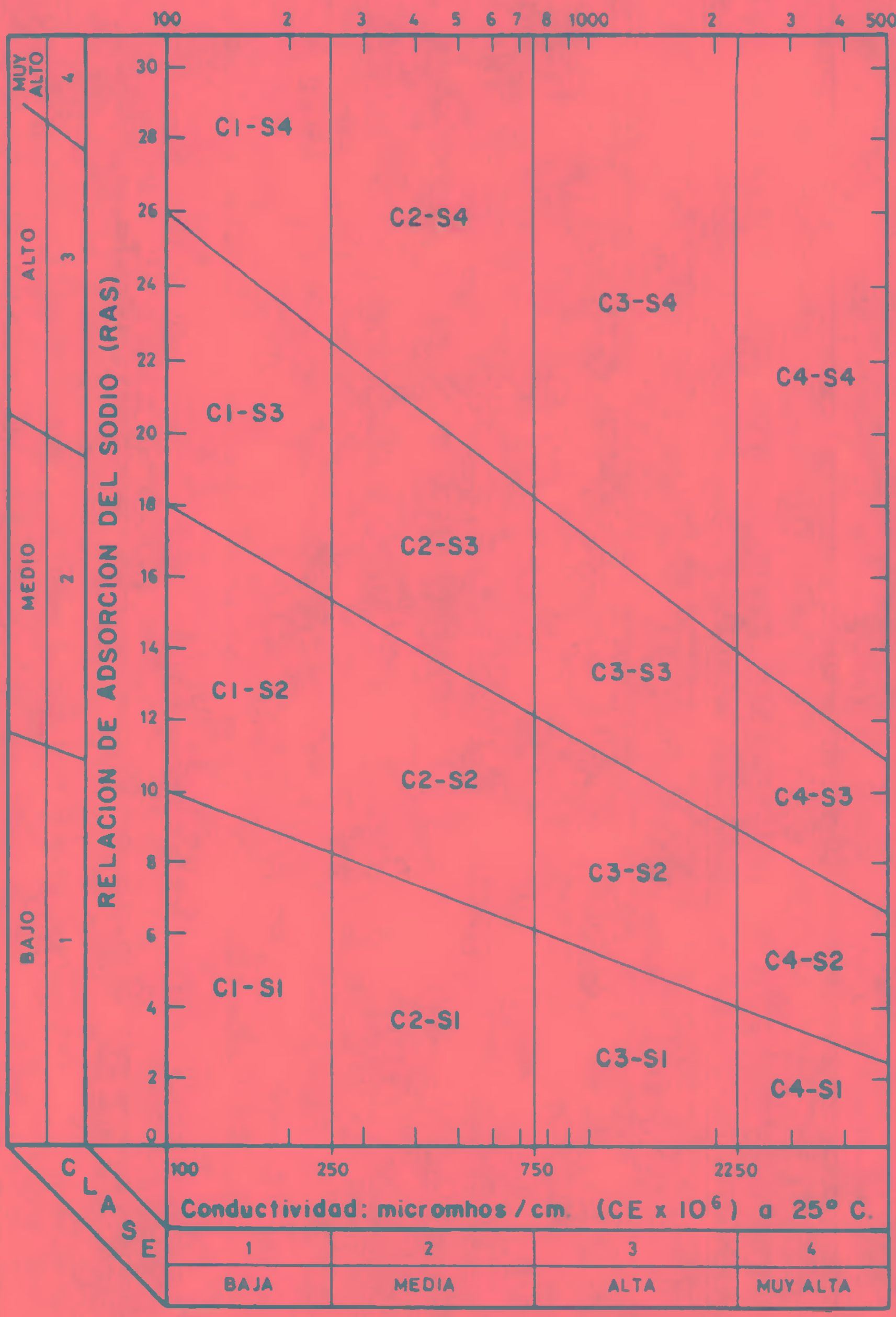
CARACTERISTICAS	AGUAS BUENAS	AGUAS MALAS
1º Sólidos Disueltos	Menos de 500 mgr/lt	Más de 8.000 mgr/lt
2º Elementos Tóxicos (B)	Menos de 0,33 mgr/lt	Más de 3,75 mgr/lt
3º Bicarbonato Sódico	Menos de 1,25 meq/lt	Más de 2,5 meq/lt
4º Relación de Calcio al total de cationes	Mayor de 35%	Menor de 35%

3.3.2.- Diagrama para la Clasificación de Aguas de Riego

Con el fin de conocer los posibles riesgos de salinización y sodificación a que están sometidos los suelos cuando son regados por las aguas, se ha propuesto un diagrama de clasificación de aguas de riego, elaborado por el Laboratorio de salinidad de los Estados Unidos (USSL), basado en valores de conductividad eléctrica (micromhos/cm) y en la relación de adsorción de sodio (S.A.R.) (Ver Fig. 3.1).

Según éste las aguas se dividen en cuatro clases con respecto a su conductividad:

a) Aguas de baja salinidad (C 1): los valores de CE son inferiores a 250 micromhos/cm. Estas aguas pueden usarse para riego de la mayor parte de los cultivos. Las posibilidades de salinización de los suelos es baja.



INVESTIGACION DE RECURSOS HIDRAULICOS EN LA IV REGION
SERPLAC - DGA - ONU - CORFO
CHI-535

CALIDAD QUIMICA DE LAS AGUAS DE LA IV REGION

Diagrama para la clasificación de las aguas para riego

ESCALA

FECHA 1979

FIG. 3.1

b) Aguas de salinidad media (C 2): los valores de CE deben encontrarse entre 251 y 750 micromhos/cm. Las plantas moderadamente tolerables a las sales pueden lograr un buen desarrollo sin mayores necesidades de prácticas especiales de control de salinidad.

c) Aguas altamente salinas (C 3): sus valores de CE se encuentran entre 751 y 2.250 micromhos/cm, no pueden usarse en suelos cuyo drenaje sea restringido. Deben ser aplicadas sobre cultivos muy tolerantes a las sales y los suelos necesitan un control adecuado de la salinidad.

d) Aguas muy altamente salinas (C 4): sus valores de CE se encuentran sobre los 2.250 micromhos/cm, no es recomendable su uso, sin embargo, bajo condiciones muy especiales pueden usarse para el desarrollo de cultivos altamente tolerantes a las sales.

Con respecto al sodio, también se han clasificado las aguas de riego a través de los valores de SAR debido al daño que puedan sufrir algunas plantas sensibles a este elemento.

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + mg}{2}}}, \text{ en meq/lt}$$

a) Agua baja en sodio (SI): Puede usarse en la mayoría de los suelos con baja probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable.

b) Agua media en sodio (S2): Puede usarse en suelos de textura gruesa o suelos orgánicos de buena permeabilidad.

c) Agua alta en sodio (S3): Puede producir niveles tóxicos de sodio intercambiable en la mayoría de los suelos.

d) Agua muy alta en sodio (S4): Es inadecuada para riego, excepto cuando la salinidad es baja o media, o cuando la disolución del calcio del suelo o la aplicación de yeso no hace antieconómico el empleo de estas aguas.

En el presente estudio, se indicarán los valores de SAR junto con la clasificación del U.S.S.L para cada tipo de agua.

3.3.3.- Efecto de la Concentración de Boro en la Calidad de las Aguas

En muchas aguas, este elemento está presente en concentraciones consideradas tóxicas para algunas plantas.

El boro, en pequeñísimas cantidades, es esencial para el desarrollo normal de las plantas, incluso la deficiencia de él, produce síntomas apreciables en muchas especies.

Existe una clasificación propuesta por Scofield en 1936, que se refiere a los límites permisibles de boro para aguas de riego, según el tipo de cultivos, (Tabla Nº 2).

TABLA Nº 2

LIMITES PERMISIBLES DE BORO PARA AGUAS DE RIEGO

TIPO DE AGUA	CULTIVOS SENSIBLES mgr/lt	CULTIVOS SEMI-TOLERANTES mgr/lt	CULTIVOS TOLERANTES mgr/lt
1. Excelente	< 0.33	< 0.67	< 1.00
2. Buena	0.33 a 0.67	0.67 a 1.33	1.00 a 2.00
3. Permitida	0.67 a 1.00	1.33 a 2.00	2.00 a 3.00
4. Dudosa	1.00 a 1.25	2.00 a 2.50	3.00 a 3.75
5. No Apropiada	> 1.25	> 2.50	> 3.75

3.4.- Calidad del Agua para la Ganadería

Desde el punto de vista químico, puede considerarse la calidad de las aguas para la ganadería similar a la propuesta para la bebida, aunque con límites de tolerancia más elevados en cuanto a la salinidad total.

3.5.- Calidad del Agua para la Industria

Es muy complejo dar normas generales que abarquen la calidad química de las aguas industriales.

Existen especificaciones y exigencias concretas para cada industria en particular. Entre ellas se puede nombrar a las industrias azucareras, lácteas, cerveceras, papeleras, textiles, industrias de plásticos traslúcidos, de licores, curtidos, tintes, etc.

En forma general, se puede decir que la mayor parte de los problemas en la industria, lo presentan las aguas con dureza alta, la turbidez o la materia en suspensión, los sulfatos y la sílice, que originan incrustaciones duras en calderas, el hierro y magnesio, que producen manchas de herrumbe o pardas, los aceites y grasas, que producen espumación en calderas y sedimentos, los cloruros, que dan gusto salino si son abundantes, la alcalinidad sódica, etc.

En caso de no contar con la calidad química requerida, las aguas deben ser sometidas a tratamientos adecuados.

3.6.- Clasificación y Representación Gráfica de los Análisis de Agua

3.6.1.- Clasificación

Para poder comparar diversos tipos de aguas, o bién conocer rápidamente por su análisis las características de un agua determinada, es que se han propuesto muchas clasificaciones, que pretenden ser útiles en el campo de la investigación.

En el presente estudio, se trabajará con la clasificación propuesta por Alekine.

Alekine propuso en 1953 su clasificación, basada en considerar 3 aniones más importantes, distinguiendo 3 tipos de aguas según predomine uno u otro de los aniones. Estos son: HCO_3^-, $SO_4^=$ y Cl^- (bicarbonatadas, sulfatadas y cloruradas).

A su vez, cada tipo de agua lo divide en tres clases, según el catión que predomine, siendo: Ca^{++}, Mg^{++}, o el Na^+ (cálcicas, magnésicas y sódicas).

Por último, cada clase la sub-divide a su vez en cuatro grupos. El presente trabajo no considerará esta sub-división por escapar de los márgenes de su propósito; designando las aguas solamente por el tipo y clase, ésto es:

Cloruradas Sódicas	=	Cl - S
Sulfatadas Cálcicas	=	S - C
Sulfatadas Sódicas	=	S - S
Cloruradas Cálcicas	=	Cl - C
Bicarbonatadas Sódicas	=	B - S
Sulfatadas Magnésicas	=	S - Mg

En caso que exista otro anión o catión que se encuentre en una proporción similar al predominante, se nombrarán ambos y en primer lugar el predominante.

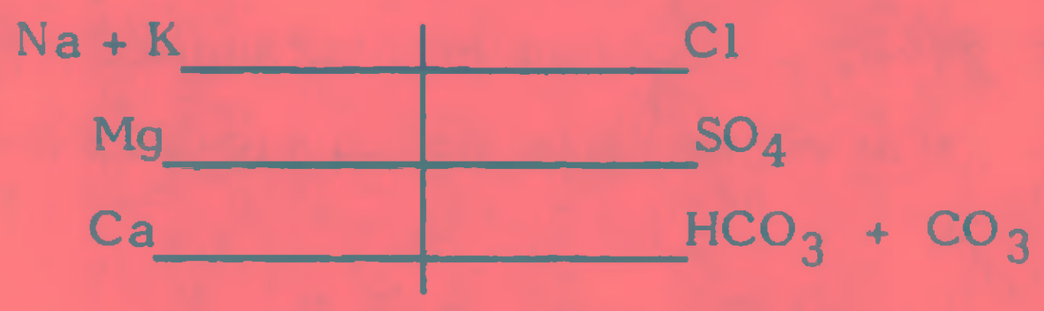
3.6.2.- Representación Gráfica

Es de gran utilidad, el hecho de poder representar gráficamente un análisis de agua, o una serie de ellos, ya que permite apreciar en forma fácil y rápida las variaciones existentes entre un tipo de agua y otro, en lugar de investigar en tablas de datos.

Los diagramas empleados en el presente trabajo, son los llamados "Diagrama de Stiff Modificados" (Custodio, 1965).

Consiste en tomar sobre semi-rectas convergentes o paralelas segmentos proporcionales a cada ión y unir los extremos dando así un polígono, sobre cada semi-recta se toma un sólo ión o bién un catión y un anión simultáneamente. La forma de la figura resultante da idea del tipo de agua.

Una de las distribuciones más objetivas y que presta mayor ayuda es la siguiente:



La ventaja de la utilización de estos diagramas, es que permite apreciar rápidamente los valores de las relaciones jónicas con respecto a la unidad y la variación entre cationes o entre aniones. Además se adapta muy bién para ser utilizados en mapas hidrogeoquímicos.

3.7.- Contaminación de las Aguas

En general, el término contaminación de un agua, está íntimamente ligado al uso directo de ella.

Se habla de un agua contaminada, cuando la alteración provocada en ella es tal, que no se puede utilizar para la bebida, por afectar a la salud del hombre.

En algunos casos, la contaminación es de origen natural, vale decir, las aguas poseen elementos y concentraciones de sales en cantidades elevadas por simple disolución de ellas, a medida que el agua escurre por los suelos.

Sin embargo, la principal contaminación observada a nivel mundial, se refiere a aquella provocada por la especie humana.

El aumento de la población es una de las causas del incre - mento de la contaminación, al traer consigo mismo un mayor desarro llo en la actividad industrial, comercial, agrícola, minera, metalúr - gica, química, etc.

La contaminación en los cursos superficiales de aguas, es fácilmente controlable, y en muchos casos, una acción protectora pue de llegar a paliar en parte este fenómeno; sin embargo, cuando se tra ta de aguas subterráneas, el problema es mayor, y generalmente ocu rre que cuando se logra observar la contaminación, su acción para de purarla llega tarde, ya que ha alcanzado un importante desarrollo en extensión.

El presente trabajo, pondrá especial interés en aquellas zo- nas cuyas aguas presentan algunas características químicas que sobre pasan los límites impuestos por las distintas normas de uso.

4.- CARACTERIZACION QUIMICA DE LAS AGUAS DE LA IV REGION

El presente estudio se basó principal mente en los análisis de aguas proporcionados por la Dirección General de Aguas (Aguas Superficiales) y por el Proyecto CHI - 69/535 (Aguas Subterráneas) a través de sus correspondientes fuentes de análisis.

Los antecedentes químicos para aguas superficiales datan de los años 1968 hasta 1977.

Lo ideal en este tipo de estudio hubiése sido mostrar las características químicas de las aguas en un período seco, normal y lluvioso, mediante análisis individuales, sin embargo la no existencia de estadísticas suficiente impide su realización.

Para mostrar las características químicas de las aguas superficiales pertenecientes a las tres Hoyas Hidrográficas consideradas: Elqui, Limarí y Choapa, se eligieron los análisis químicos promedios del año 1975, por reunir éste una información más completa en lo que respecta a número de determinaciones y estaciones muestreadas.

En aquellos sectores, considerados como zonas con problemas de calidad se han considerado los análisis individuales existentes durante algunos años, con el fin de apreciar las variaciones en las características de las aguas.

En el caso de aguas subterráneas, se dispone en muchos casos de un sólo análisis, efectuado ya sea durante el año 1978 ó Enero de 1979, por lo cual todas las consideraciones se han hecho en esta base.

El Mapa de ubicación M-4 muestra la división de Provincias utilizadas en la presentación de las características químicas de las aguas de la IV Región.

ELQUI

LIMARI

CHOAPA

La Serena

Coquimbo

Ovalle

Illapel

Los Vilos

Río Elqui

Río Turbio

Río Claro

Río Hurtado

Río Limarí

Río Rapel

Río Grande

Río Cogotí

Río Combarbalá

Río Choapa

Río Illapel

OCEANO PACIFICO

CHILE

ARGENTINA

REPUBLICA ARGENTINA

IV REGION

AREA DE ESTUDIO

SIMBOLOGIA

LIMITE DE REGION

LIMITE DE PROVINCIA

LIMITE INTERNACIONAL

0 10 20 30 40 50 60 Km

N

INVESTIGACION DE RECURSOS HIDRAULICOS EN LA IV REGION
SERPLAC - DGA - ONU - CORFO
CHI-535

CALIDAD QUIMICA DE LAS AGUAS DE LA IV REGION

Mapa de ubicación

ESCALA : 1 : 1.000.000

FECHA : FEBRERO 1979

M-4

4.1.- PROVINCIA DE ELQUI

4.1.1.- Ubicación Geográfica de las Zonas Muestreadas

A: Aguas Superficiales Hoya del Río Elqui

Para facilitar el estudio sobre calidad química de las aguas de la Provincia de Elqui, se dividirá la Hoya Hidrográfica del Río Elqui en tres sub-cuencas (Ver Mapa de Ubicación M- 4.1).

1.- Sub-cuenca del Río Turbio: Este Río está formado por la unión del Río Toro con el Río La Laguna. A su vez el Río Toro está formado por la unión del Río Malo con Río Vacas Heladas.

2.- Sub-cuenca del Río Claro: Este Río está formado por la unión de los Ríos Cochiguaz y Derecho.

3.- Sub-cuenca del Río Elqui: El Río Elqui se forma por la unión de las aguas del Río Turbio con el Río Claro.

B: Aguas Subterráneas

Los pozos existentes dentro de la Provincia de Elqui, aparecen ubicados en distintas divisiones hidrográficas según el "Catastro de Pozos de la IV Región", emitido a través del Proyecto CHI - 535 en Abril de 1978.

Se tiene:

- Hoya 115, Los Choros - Elqui
- Hoya 213, Los Choros
- Hoya 304, Elqui
- Hoya 116, Elqui - Limarí

Las coordenadas del área de ubicación de cada pozo, como también los datos de construcción y rendimientos, pueden obtenerse en el Catastro mencionado.

Las ubicaciones geográficas de las norias muestreadas aparecen en los mozaícos respectivos adjuntos en el apéndice de este informe.

La caracterización química de las aguas pertenecientes a la Hoya 116 se hará en un capítulo aparte denominado "Zonas Costeras y Sector Pan de Azúcar - Las Cardas".

71°00'
70°30'
70°00'
29°30'
30°00'
R I O E L Q U I
R. Claro
R. Turbio
R. Toro
R. Incaguas
R. La Laguna
R. Cochiguaz
R. Derecho
Embalse La Laguna
REPUBLICA ARGENTINA
LIMITE DE SUB-CUENCA
N
0 10 20 Km

INVESTIGACION DE RECURSOS HIDRAULICOS EN LA IV REGION
SERPLAC - DGA - ONU - CORFO
CHI-535

CALIDAD QUIMICA DE LAS AGUAS DE LA IV REGION

HOYA 304 - ELQUI

Mapa de ubicación

ESCALA

FECHA 1979

M-4.1

4.1.2.- Clasificación Química de las Aguas de la Provincia de Elqui (según Alekine)

A: Aguas Superficiales

C U A D R O N° 1

PUNTOS DE CONTROL	CLASIFICACION	PUNTOS DE CONTROL	CLASIFICACION
1 : Sub-Cuenca del Río Turbio		2 : Sub-Cuenca del Río Claro	
- R. Toro Muerto antes Jta. R. Malo	S-C	- R. Cochiguaz antes R. Derecho	B-C
- R. Malo antes de Jta. R. Toro Muerto	S-C	- R. Derecho antes R. Cochiguaz	B-C
- R. Malo después Jta. R. Toro Muerto	S-C	- R. Claro en Montegrande	B-C
- Termas del Toro	Cl-S	- R. Claro antes R. Turbio	B-C
- R. Malo después Termas del Toro	S-C		
- R. Malo antes R. Vacas Heladas	S-C		
- R. Vacas Heladas antes Jta. R. Malo	S-C	3: Sub-Cuenca del Río Elqui	
- R. Toro después de Vacas Heladas	S-C		
- R. Toro antes R. La Laguna	S-C		
- R. La Laguna salida Embalse	B-C	- R. Elqui en Algarrobal	S-C
- R. La Laguna antes R. Seco	B-C	- R. Elqui en Pte, Fiscal Vicuña	S-C
- R. Seco antes de R. La Laguna	S-C	- R. Elqui en Pte. Altovalsol	S-C
- R. La Laguna después de R. Seco	B-C	- R. Elqui en Almendral	S-C
- R. La Laguna antes R. Toro	B-C	- R. Elqui en Pta. de Piedra	S-C
- R. Turbio antes de R. Incaguaz	S-C	- R. Elqui en Pte. Fiscal La Serena	Cl-C
- R. Incaguaz antes R. Turbio	S-C		
- R. Turbio en Huanta	S-C		
- R. Turbio en Varillar	S-C		

3 : Aguas Subterráneas

CUADRO N° 2

UBICACION	CLASIFICACION
HOYA 115: LOS CHOROS -ELQUI	
Pozo B-10, CAP Romeral 12 (Qda. Romeral)	C1-C
Pozo A-1 , Caleta San Pedro (Vegas Norte)	C1-S
Pozo C-1 , Pta. Teatinos	C1,S -S
Pozo C-3 , Pta. Teatinos	C1-S
Pozo C-4 , Control J. Soldado	C1-S
Noria , ENAEX	C1-S
Noria , NA1, Vegas Norte	S -S
HOYA 213: LOS CHOROS	
Pozo C-5 , Angost., Los Choros Bajos	C1-S
Pozo B-5 , Pta. Colorada, Qda. Los Choros	S -C
Pozo B-2 , Los Choros 4	S -C
Pozo B-1 , Los Choros # 1	S -C
Pozo C-1 , Los Choros # 2	S -C
Pozo C-2 , Los Choros # 3	C1,S -C
Pozo D-1 , Los Choros # 5	C1-C
Noria , Agua Buena 1	C1-S
Noria , Agua Buena 2	C1-S
Noria , Mateo Ossandón	C1-S
Noria , Parcela Luis Herrera	C1-C
Noria , NA2, Qda. Los Choros	C1-S
Noria , NC1, Pueblo Los Choros	C1-S
Noria , NA6, Luis Osorio	Cl -C
HOYA 304: ELQUI	
Pozo A-1 , Bocalume	S -C
Pozo D-1 , Pueblo de Rivadavia	S -C
Pozo A-1 , Pueblo de Diaguitas	S -C
Pozo B-5 , Rec. agua pot. Vicuña	S -C
Pozo B-8 , Hda. Huancara	S -C
Pozo A-3 , Pueblo El Tambo	S -C
Pozo B-1 , Talcuna	S -C
Pozo C-3 , Agua pot. El Molle	S -C
Pozo A-1 , Obs. Cerro Tololo	S -C
Pozo D-10, Pueblo Las Rojas	S -C
Pozo C-21, Altovalsol	C1,S -S
Pozo C-16, Altovalsol	S,C1 -C
Pozo B-4 , Rec. Agua pot. La Serena	C1 -C
Pozo B-8 , La Antena	S,B -C
Pozo B-6 , Islón	S -S
Noria , CAP Elqui	C1 -C

.1.3.- Representación Gráfica de los Análisis de Aguas de la Provincia de Elqui

A: Aguas Superficiales

Mediante los diagramas de Stiff, es posible visualizar en forma objetiva, la variación experimentada por los macrocomponentes a lo lar - go del curso de los ríos, como también observar la relación cuantitativa que hay entre ellos.

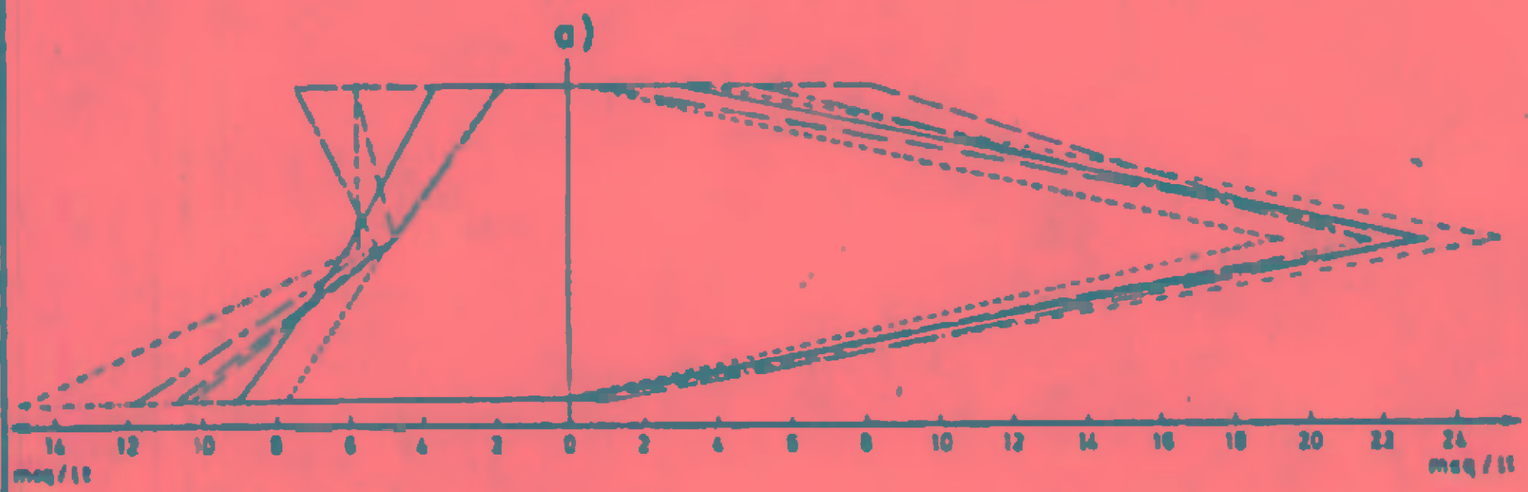
Para las aguas superficiales de la Hoya del Río Elqui, se han ela - borado 6 figuras que agrupan los diagramas de Stiff para la mayoría de los puntos de control existente en dicha cuenca:

Figura 4.1.
a) Diagrama de Stiff para las aguas de la sub-cuenca del Río Toro.
b) Río Turbio, desde la Junta del Río Toro con el Río La La - guna hasta Varillar.
c) Río Elqui.
d) Río La Laguna.
e) Río Incaguaz.
f) Sub-cuenca del Río Claro.

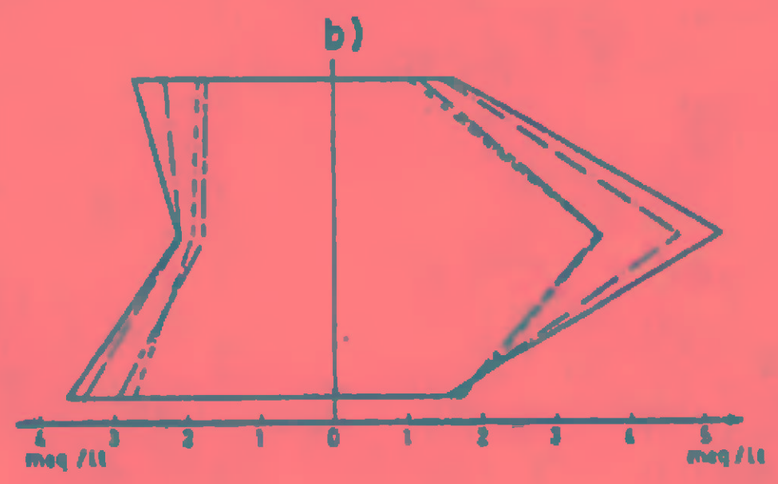
Los diagramas corresponden a los análisis de aguas promedios anuales del año 1975.

Para la sub-cuenca del Río Toro se consideraron los análisis realizados por el Proyecto CHI-69/535 durante el mes de Mayo de 1978.

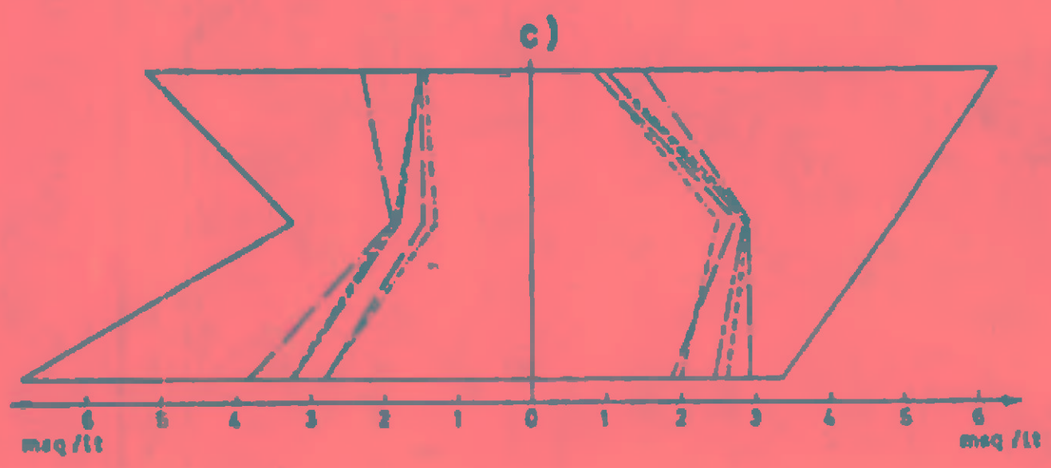
Debido a la gran mineralización que presentan las aguas perte - necientes a la sub-cuenca del Río Toro fue necesario dibujar los diagramas de Stiff en escala 1:2 (Fig. 4.1.a).



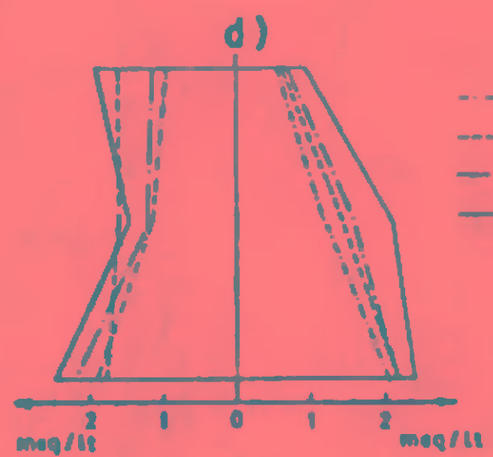
FECHA TOMA DE MUESTRA 8/78
- Río Malo antes junto Río Toro Muerto.
- Río Malo después junto Río Toro Muerto
- Río Malo después Baños del Toro
- Río Malo antes Río Vacas Heladas
- Río Vacas Heladas
- Río Toro antes Río La Laguna



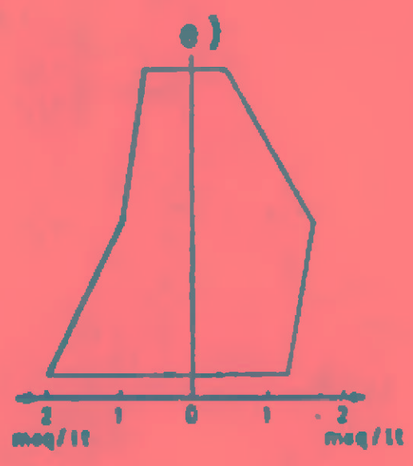
FECHA: PROMEDIOS DEL AÑO 1975
- Río Turbio despues Río La Laguna
- Río Turbio antes Río Incaguas
- Río Turbio en Huanta
- Río Turbio antes Río Claro



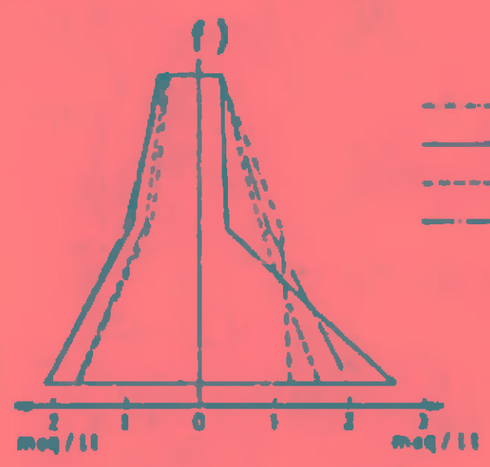
FECHA: PROMEDIOS DEL AÑO 1975
- Río Elqui en Algarrobal
- Río Elqui en Puente Fiscal Vicuña
- Río Elqui en Almendral
- Río Elqui después Planta Minera Almendral
- Río Elqui en Puente Altovalsol
- Río Elqui en Puente Fiscal La Serena



FECHA: PROMEDIOS DEL AÑO 1975
- Río La Laguna salida Embalse
- Río La Laguna antes Río Seco
- Río La Laguna despues Río Seco
- Río La Laguna antes Río Toro



FECHA: PROMEDIO DEL AÑO 1975
- Río Incaguaz antes Río Turbio



FECHA PROMEDIOS DEL AÑO 1975
- Río Cachiguaz antes Río Derecho
- Río Derecho antes Río Cachiguaz
- Río Claro en Montegrande
- Río Claro en Rivadavia

INVESTIGACION DE RECURSOS HIDRAULICOS EN LA IV REGION
SERPLAC-DGA-ONU-CORFO
CHI-939

CALIDAD QUIMICA DE LAS AGUAS DE LA IV REGION

HOYA 304 - ELQUI

Diagramas de Stiff - Aguas superficiales

ESCALA

FECHA 1978

FIG. 4.1

Al comparar la figura 4.1.a (Río Toro) con 4.1.b (Río Turbio), se ve que existe una gran diferencia en el contenido total de sales. El mejoramiento observado en las aguas del Río Turbio, se debe al aporte efectuado por el Río La Laguna (Fig. 4.1.d), cuyas aguas son del tipo bicarbonatadas - cálcicas, con bajo contenido en sulfatos.

Otro aporte importante sobre el Río Turbio, y que modifica en parte la calidad de sus aguas, se debe al Río Incaguaz (Fig. 4.1.e).

El Río Elqui (Fig. 4,1.c) está formado por la confluencia de los Ríos Turbio (Fig. 4.1.b) y Claro (Fig. 4.1.f).

La influencia de las aguas del Río Claro, sobre el Río Elqui, se puede apreciar a través de la comparación de las figuras 4.1.b y 4.1.c.

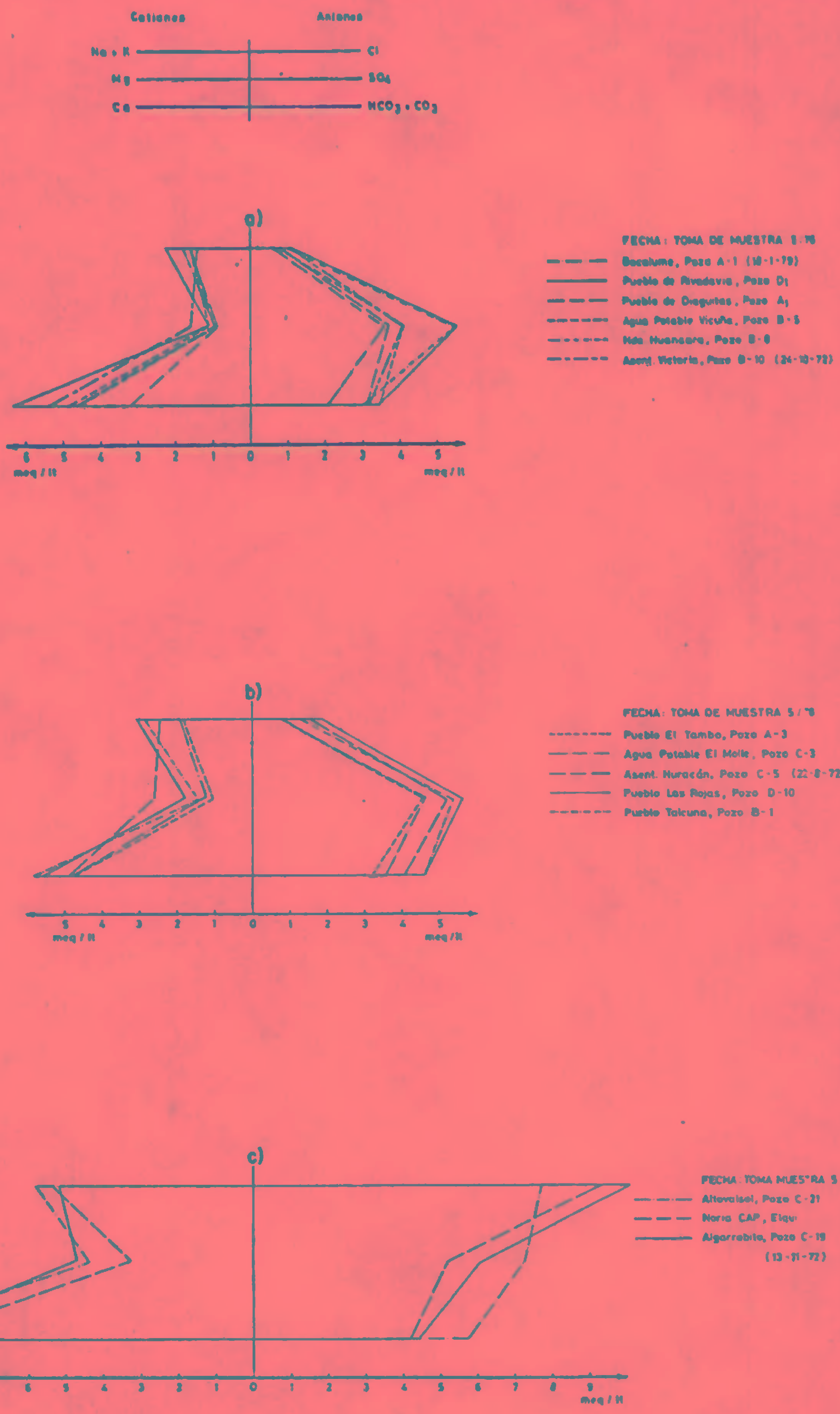
En las aguas de esta última, se observa una disminuición en el contenido de sulfatos, y un aumento en la concentración de bicarbonatos, debido a que las aguas del Río Claro son bicarbonatadas - cálcicas, y de bajo contenido en sulfatos.

En la Fig. 4.1.c el diagrama de Stiff correspondiente al Río Elqui en Pte. Fiscal La Serena, presenta una configuración distinta al resto de las aguas, siendo del tipo cloruradas - cálcicas. Esta diferencia en calidad será analizada posteriormente en el capítulo sobre "Zonas que presentan problemas de calidad de agua dentro de la Provincia de Elqui".

B : Aguas Subterráneas

- Hoya 304 - Elqui

La figura 4.2 muestra los diagramas de Stiff correspondientes a algunos pozos ubicados a lo largo del Río Elqui, entre Rivadavia y Alto - valsol. Junto con ellos figura el pozo A-1 de Bocalume, situado en el sector de Huanta.



INVESTIGACION DE RECURSOS HIDRAULICOS EN LA IV REGION
SERPLAC-DGA-DNU-CORFO
CHI-335

CALIDAD QUIMICA DE LAS AGUAS DE LA IV REGION

HOYA 304 - ELQUI

Diagramas de Stiff - Aguas Subterráneas

ESCALA

FECHA 1979

FIG 4.2

Se puede decir que la mayoría de estas aguas son sulfatadas-cálcicas, a excepción de algunos pozos ubicados en el sector de Altovalsol, Algarrobito y una Noria en Pte. Fiscal La Serena (CAP) que son cloruradas - cálcicas (Ver Fig. 4.2.c).

Existe otro conjuhto de sondajes, que no ha sido graficado mediante Stiff, pero cuyas aguas son también del tipo cloruradas y corresponden a pozos ubicados en el sector Punta de Piedra (a excepción de C-5 y C-6).

El Cuadro Nº 3 muestra estos valores, entregados por CELZAC, empresa constructora de las obras de captación.

- Hoya 213 - Los Choros

Al Norte de la Provincia de Elqui, cerca del límite con la III Región se encuentra ubicado el sector denominado Los Choros, los diagramas de Stiff correspondientes, aparecen en la Fig. 4.3.

Los diagramas de la Fig. 4.3.a., representan las aguas de pozos ubicados en el sector oriental de la Qda. Los Choros Altos, cerca de la Carretera Panamericana. Son aguas de tipo sulfatadas - cálcicas y cloruradas sódicas o cálcicas.

La Fig. 4.3.b y 4.3.c., representan los pozos y norias ubicados en el sector costero denominado Los Choros Bajos (Ver Plano de Ubicación en el apéndice). Existe un aumento notorio en el contenido total de sales, con respecto a los pozos anteriormente nombrados.

La Fig. 4.3.c aparece graficada en escala 1:3 mostrando así que la salinidad de estas aguas (de norias) es muy elevada.

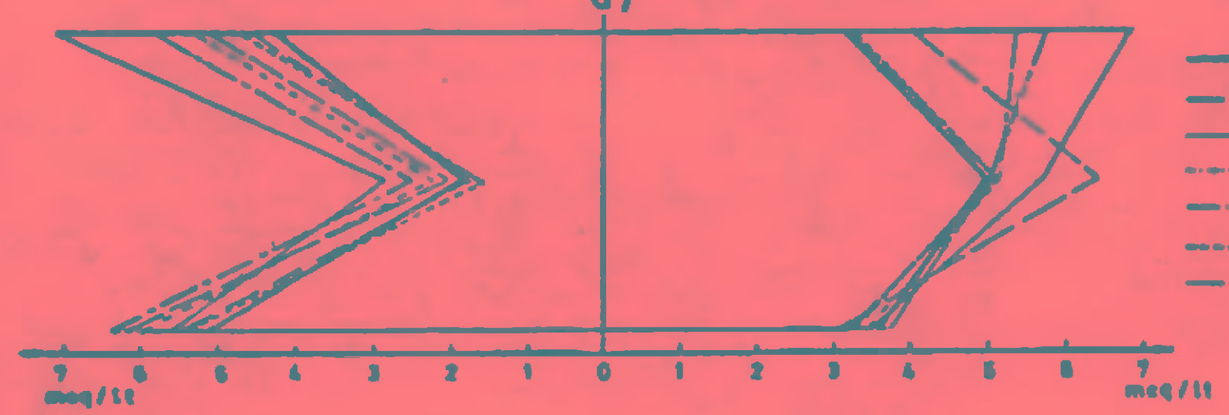
Los valores de CE, T.S.D. y pH se encuentran en los análisis correspondientes, ubicados en el apéndice de este informe.

CUADRO N° 3

CALIDAD DEL AGUA SUBTERRANEA EN LAS CAPTACIONES EXISTENTES EN PUNTA DE PIEDRA- LA SERENA

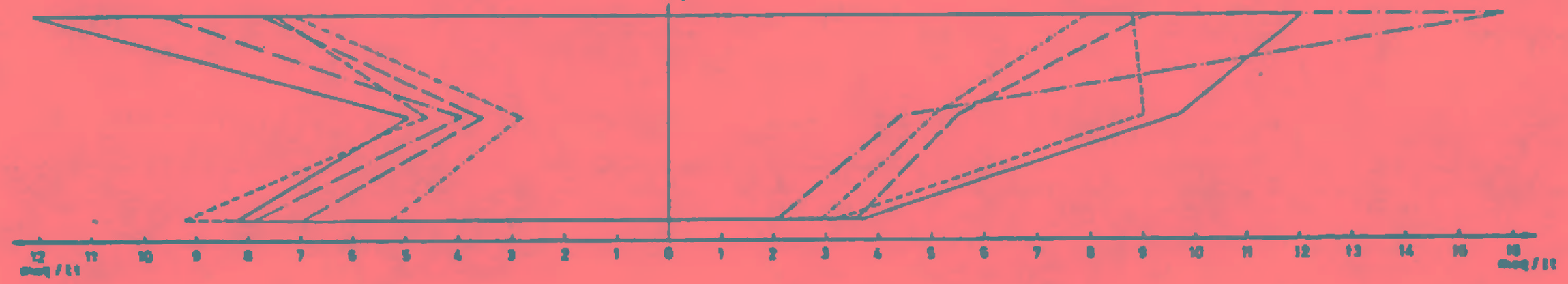
POZO	PH	Dureza Total en mgr/lt - $CaCO_3$	T.S.D mgr/lt	Cl mgr/lt meq/lt	Fe total mgr/lt	SO_4 mgr/lt meq/lt	Mg mgr/lt meq/lt
C-3	7.9	420	883	146.00 4.1	0.5	140.0 2.9	30.00 2.46
C-4	7.6	720	1520	285. 8.03	-	312.0 6.49	42.0 3.45
C-5	7.4	480	1730	230 6.4	-	318 6.62	34 2.79
C-6	7.4	240	700	76 2.14	-	169 3.5	20 1.6
C-7	7.5	682	1389	281 7.92	-	120 2.49	56.6 4.65
C-8	7.6	700	1250	225 6.3	0.2	274 5.70	46 3.78
C-9	7.3	640	1280	215 6.0	0.15	222 4.6	50 4.1

a)



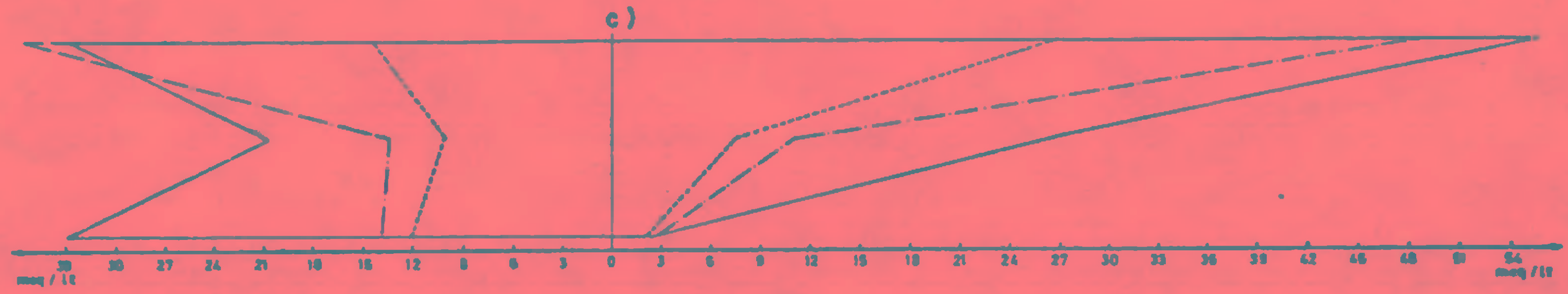
FECHA: TOMA DE MUESTRA 28/7/78
Quebrada Los Choros, Punta Colorada. Pozo B-1
Quebrada Los Choros, Punta Colorada. Pozo B-2
Quebrada Los Choros . Noria NA2
Quebrada Los Choros . Noria NA1
Quebrada Los Choros . Pozo B-2 (8/7/68)
Quebrada Los Choros . Pozo B-1 (10/8/67)
Quebrada Los Choros . Pozo D-1 (9/3/68)

b)



FECHA: TOMA DE MUESTRA 28/7/78
Quebrada Los Choros, Angosturas Pozo C-5
Quebrada Los Choros Noria en Plaza, Puntas
Noria Sr Mateo Cuscadán
Quebrada Los Choros Bajos Pozo C1 (28/6/67)
Quebrada Los Choros Bajos Pozo C2 (1/8/67)

c)



FECHA: TOMA DE MUESTRA 28/7/78
Noria Aguas Buenas 1
Noria Aguas Buenas 2
Noria Sr Luis Herrera

INVESTIGACION DE RECURSOS HIDRAULICOS EN LA IV REGION
SERPLAC-DGA-ONU-CORFO
CHI-535

CALIDAD QUIMICA DE LAS AGUAS DE LA IV REGION
HOYA 213 - LOS CHOROS
Diagramas de Stiff - Aguas Subterráneas

ESCALA

FECHA FEBRERO 1978

FIG. 43

4.1.4.- Zonas que presentan problemas de Calidad de Agua dentro de la Provincia de Elqui

El hecho de graficar las aguas mediantes di agramas de Stiff, permite visualizar las zonas que presentan problemas con respecto a los macrocomponentes de un agua. Sin embargo, en muchos casos, las aguas contienen microelementos en concentraciones apreciables, los cuales les confieren características de mala calidad.

A: Aguas Superficiales

En la Hoya del Río Elqui, existen dos zonas en que las aguas superficiales presentan problemas de calidad química, una de ellas se encuentra ubicada en la Hoya Hidrográfica del Río Turbio y la otra en la subcuenca del Río Elqui a la altura del puente Fiscal La Serena.

En primer lugar se hará la descripción de la calidad química con respecto a la primera de las zonas mencionadas, refiriéndose en particular a los microelementos presentes en estas aguas, como también a los valores de pH y relación T.S.D/CE.

a) Hoya Hidrográfica del Río Turbio

En general los mayores problemas de calidad química que se presentan en estas aguas provienen de la sub-cuenca del Río Toro, cuyas aguas contienen algunos elementos considerados no aptos por las distintas normas de uso. Estos problemas se hacen sentir durante algunos períodos en las aguas del Río Turbio, aunque en mucho menor grado.

Para facilitar la descripción de las características de estas aguas, se dividirá la sub-cuenca del Río Toro en sectores, incluyendo a continuación las características en las aguas del Río Turbio desde Junta hasta Varillar.

El Cuadro Nº 4 agrupa los puntos de control existentes para las aguas de la Hoya del Río Toro con la concentración de sus contaminantes mayores.

- Sector Aguas Arriba de los Baños del Toro

El Río Toro Muerto, a través de sus dos análisis químicos existentes, no revela una calidad química deficiente, solamente la cantidad de sulfatos sobrepasa el límite máximo tolerable para potabilidad.

Su PH es básico, las concentraciones de As y B son bajos, en cambio, el Rio Malo presenta un gran contenido en sales disueltas, debido posiblemente a la disolución de minerales provenientes de zonas de alteraciones. El PH es ácido y las aguas presentan color café. Los contenidos de As y B son relativamente bajos (Ver Cuadro Nº 4).

- Sector Baños del Toro

El grado de mineralización alcanzado por estas aguas es de importancia, su conductividad eléctrica señala valores entre 5.000 y 8.000 micromhos/cm.

La formación de los Baños del Toro se basa en una sucesión de piroclásticos y lavas, cuyos afloramientos en general presentan un aspecto de alteración hidrotermal.

El agua aflora a través de vertientes, cuyas concentraciones en arsénico y boro son muy elevadas. Son aguas de tipo cloruradas - sódicas, cristalinas y con PH sobre 7.0, (Ver Cuadro Nº 4).

CUADRO Nº 4

CONCENTRACION QUIMICA DE ALGUNOS ELEMENTOS CONTENIDOS EN LAS AGUAS DE LA HOYA HIDROGRAFICA DEL RIO TORO

ESTACIÓN	PH	SO_4 mgr/lt	Mg mg/lt	As mgr/lt	B mgr/lt	Al Tot. mg/lt	Fe Tot. mgr/lt	Cu
1- Río Toro Muerto	8.18	496.27	31.21	0.025	0.20	0.0	0.0	
2- Río Malo antes Toro Muerto	4.25	1118.46	60.21	0.040	0.75	60.1	66.35	
3- Río Malo después Junta con Río Toro Muerto	3.70	933.28	57.77	0.040	0.55	52.01	60.82	
4- Termas del Toro	7.40	855.92	22.57	13.40	90.00	0.00	0.00	
5- Río Malo después del Baño del Toro	3.99	1117.63	71.01	0.36	3.20	58.76	41.47	
6- Río Malo antes Vacas Heladas	4.24	1046.00	55.28	0.76	5.35	42.74	38.70	
7- Río Vacas Heladas antes R. Malo	6.12	1208.16	72.07	0.49	3.00	64.10	102.27	0.50
8- Qda. Don Lucas	8.70	304.51	40.10	0.00	0.35	0.0	8.38	
9- Qda. Las Animas antes Junta	4.29	5005.49	303.90	0.25	100.00	107.92	125.66	
10- Río Toro antes Jta. Río La Laguna	4.55	1048.50	63.70	0.94	6.25	45.41	71.88	1.37

- Sector Aguas Abajo de los Baños del Toro

El Río Malo al atravezar el sector de vertientes de los Baños del Toro, se contamina principalmente con grandes cantidades de arsénicos y boro. Además se aprecia un incremento en la concentración de cloruros.

Las cantidades de sulfato, hierro, magnesio y aluminio continúan siendo elevadas, impidiendo en general el uso de estas aguas. El PH es ácido, fluctuando entre valores 3.99 y 4.55.

El color que presentan sus aguas es café.

- Río Vacas Heladas antes Río Malo

Las características químicas de este río son muy similares a las adquiridas por el Río Malo después del sector de Las Termas del Toro. A través de un estudio titulado "Reconocimiento Geológico de la Alta Cordillera de Elqui", efectuado por Ricardo Thiele, Geólogo de la Universidad de Chile, es posible señalar la creencia de un origen común en ambos ríos; ya que supone la existencia de dos zonas de alteraciones hidrotermales, correspondiendo una a las rocas retásicas del área que rodea la Mina Hedionda y el Río Vacas Heladas, y la otra al sector de los Baños del Toro.

La unión del Río Vacas Heladas con el Río Malo, da origen al Río Toro, de características químicas semejantes a las de sus tributarios.

- Quebrada Don Lucas

Sus aguas desembocan al Río Toro, después de la Junta del Río Malo con Río Vacas Heladas, por el lado derecho del Río aguas abajo. No posee arsénico y las concentraciones de boro son pequeñas (0,35 mgr/lt). La CE es de 1.016 micromhos/cm y los

contenidos de hierro total son de 8,38 mgr/lt (19-1-79).

- Quebrada Las Animas

Desemboca al Río Toro por el lado izquierdo, cerca del lugar denominado La Troya. Sus aguas son de pésima calidad química, incrementando la contaminación del Río Toro (Ver Cuadro Nº 4). La CE es de 14.459 micromhos/cm y las concentraciones de boro alcanzan los 100 mgr/lt (19-1-79).

- Río Turbio después de Junta hasta Varillar

El Río Turbio formado por las aguas del Río Toro y Río La Laguna, presenta características químicas producto de su mezcla.

En el curso superior del Río La Laguna se encuentra ubicado el embalse del mismo nombre, el cual según su actividad regula en parte las características químicas del Río Turbio.

En años normales, entre los meses de Mayo a Agosto, el embalse cierra sus válvulas produciéndose un escurrimiento menor de agua por el Río La Laguna, de esta forma el Río Turbio recibe una mayor contribución proveniente del Río Toro, con las características químicas ya señaladas.

Este hecho da lugar a que el Río Turbio presente una calidad química variable que es función del caudal de la salida del embalse, principalmente. Durante algunos períodos, sus aguas llegan a ser impotables.

Para cuantificar en parte este efecto, se puede observar el Cuadro Nº 5 que muestra la variación de conductividad eléctrica y concentraciones de As registrados en el Río Turbio y

CUADRO N° 5

CALIDAD QUIMICA DE LAS AGUAS DEL RIO TURBIO CON LA VARIACION DEL CAUDAL EN EL RIO LA LAGUNA

FECHA DE MUESTRA		R. LA LAGUNA SALIDA EMB.	R. TORO ANTES R. LA LAGUNA		R. LA LAGUNA ANTES R. TORO		R. TURBIO DESPUES JUNTA	
Año	Día - Mes	Caudal mensual m³/seg	CE micromhos/cm	As mgr/lt	CE micromhos/cm	As mgr/lt	CE micromhos/cm	As mgr/lt
1972	3	0,804	2.598	-	538	-	1.890	-
1974	27 - 6	0,780	2.082	-	617	-	991	-
	29 - 7	0,354	1.940	-	583	-	859	-
	28 - 8	0,392	2.106	-	588	-	950	-
	24 - 9	2,088	1.967	-	399	-	552	-
	29 - 10	3,522	1.849	0,40	396	-	524	0,051
	19 - 12	4,340	1.704	0,55	348	0,022	423	0,045
1975	9 - 1	3,222	2.351	0,24	418	0,014	556	0,014
	25 - 2	2,766	2.227	0,18	443	0,014	626	0,016
	26 - 3	3,020	2.241	0,18	445	0,011	612	0,007
	23 - 4	0,928	2.351	0,33	606	0,018	955	0,052
	29 - 5	0,180	2.592	0,45	722	0,018	1.129	-
	24 - 6	0,200	2.366	-	696	-	1.142	-
	15 - 7	0,264	2.271	0,65	712	0,041	1.178	0,17
	13 - 8	0,392	2.366	-	691	-	1.211	-
	10 - 9	1,284	2.362	-	660	-	1.030	-
	11 - 11	3,294	2.503	-	429	-	572	-
	10 - 12	2,294	2.161	0,94	449	0,030	603	0,088
1976	21 - 1	1,745	2.042	0,53	463	0,007	676	0,072
	3 - 2	1,586	2.247	0,63	465	0,014	691	0,098
	9 - 3	1,778	2.292	0,52	479	0,017	674	0,034
	20 - 4	1,490	2.475	-	467	-	673	-
	18 - 5	0,173	2.307	0,53	595	0,008	982	0,068
	24 - 6	0,140	2.047	0,86	614	0,01	1.130	0,312
	6 - 10	1,940	2.086	-	538	-	973	-
	4 - 11	2,678	1.720	-	386	-	511	-
	17 - 11	2,678	2.400	0,28	517	0,032	930	0,16
	15 - 12	1,912	1.141	0,29	393	0,012	567	0,04
1977	18 - 1	1,943	1.696	0,16	372	0,003	569	0,038
	1 - 2	1,912	1.836	0,14	400	0,004	570	0,033
	9 - 3	1,371	1.890	0,59	380	0,05	550	0,065
	5 - 4	0,958	1.760	0,42	404	0,03	621	0,088
	10 - 5	0,105	2.132	0,49	745	0,04	1.165	0,225
	22 - 6	0,140	2.149	-	720	-	1.203	-
	26 - 7	0,154	0.114	-	682	-	1.195	-
	10 - 8	0,200	2.059	-	659	-	1.131	-
	7 - 9	0,219	1.532	-	526	-	879	-
	25 - 10	1,573	1.389	-	447	-	638	-
	23 - 11	0,439	1.191	-	526	-	736	-
	20 - 12	3,294	1.248	-	344	-	450	-

que tienen relación con los caudales registrados en la salida del Embalse. Los valores de CE y As en los ríos Toro, La Laguna y Turbio corresponden al mismo día de muestreo.

La importancia que tiene el embalse en la variación de las características químicas del Río Turbio se ven reflejadas hasta Varillar, en donde se han registrado concentraciones de arsénico de 0,138 mgr/lt, durante los años 1975 y 1976 respectivamente.

- MICROELEMENTOS PRESENTES EN ESTAS AGUAS, VALOR DE pH Y RELACION TSD/CE.

Arsénico

A través de los análisis químicos efectuados por el Proyecto CHI - 69/535 correspondientes a esta zona, se logró determinar que el arsénico no se encuentra en solución sino que posiblemente adsorbido sobre la fase en suspensión.

Al realizar los análisis sobre muestra filtrada, no se detectó este elemento, sin embargo al agitar vigorosamente los envases, se encontraron concentraciones importantes.

Un estudio exacto acerca de este fenómeno químico, con control de todos los parámetros, fue imposible de realizar por escapar de los márgenes de tiempo de este Proyecto. Sin embargo, es posible suponer algunos hechos en base solamente a los datos obtenidos, y a las características químicas que presentan las aguas.

Se puede postular la existencia de un proceso de floculación natural.

Los contenidos de arcilla, sulfato, aluminio y hierro presentes en estas aguas, ayudan a la producción de este fenómeno.

Ocurre que la sílice disuelta se combina con algunos cationes para dar origen a arcillas coloidales, el hierro disuelto con valencia más 2, al oxidarse se insolubiliza y da origen a hidróxido férrico coloidal, cambios de PH pueden producir sílice coloidal o aluminio coloidal.

Estos coloides, en forma de sal son muy afectados por la presencia de electrolitos, como ser sulfatos de aluminio, hidróxido cálcico, sulfato de hierro, etc., que los hacen pasar a geles por el proceso llamado de floculación.

Estos geles, por su gran superficie, pueden adsorber grandes cantidades de iones, jugando un papel importante en los mecanismos químicos naturales.

En el caso de estas aguas la presencia del hierro en estado precipitado como hidróxido férrico podría provocar una adsorción de los iones arsenatos sobre éste precipitado, o de otras superficies activas presentes, lo que representa un factor importante que limita la solubilidad del arsénico en el agua.

Aluminio

La mayoría de las aguas naturales contienen cantidades muy pequeñas de este elemento, generalmente no son mayores que unos pocos décimos de milígramos por litro. Las excepciones las pueden presentar las aguas con pH bajo.

Las aguas del Río Toro, Malo y Vacas Heladas presentan pH ácidos, entre 3,5 y 6,2 y los contenidos de aluminio son importantes. (Ver Cuadro N^{o} 4).

Hierro

En la mayoría de las aguas naturales el hierro se encuentra ya sea al estado coloidal o precipitado en forma de hidróxido férrico hidratado.

En el caso específico de las aguas de la sub-cuenca del río Toro, la mayor parte de hierro no se encuentra en solución, sino que precipitado, probablemente al estado de hidróxido férrico.

Es así que las cantidades de hierro informadas en el Cuadro N°- 4 corresponden a hierro total.

Cobre

Según análisis de aguas efectuados por ENAMI en el año 1968 y por la Dirección General de Aguas en la Sub-cuenca del Río Toro, indican concentraciones cercanas a los 3.0 mg/lt.

Probablemente la existencia de ión cobre en dichas aguas se deba en parte a que éstas atraviezan zonas de alteraciones en donde puede encontrarse este elemento.

PH

Las aguas del Río Malo, Toro y Vacas Heladas tienen un PH ácido, variando en un rango de 3.5 a 6.2.

Las aguas naturales con PH ácido pueden contener fuentes de iones hidrógenos. Comúnmente, se trata de una reacción que involucra la oxidación de los iones ferrosos, con la consiguiente precipitación como hidróxido férrico, produciendo una disminuición en el valor del PH.

Relación T.S.D./C E

En la mayoría de las aguas, la relación T.S.D./C E toma valores entre 0.5 y 0.9.

Sin embargo, ocurre que en algunas aguas, esta relación es sobre 1.0, lo que indicaría que los valores de T.S.D. son superiores a los de C E.

En aquellos casos en que las aguas poseen grandes concentraciones de iones sulfato, (sub-cuenca del Río Toro) éstos tienden a formar especies complejas del tipo Na SO_4^- y Ca SO_4^o, llamados pares iónicos, y a medida que la concentración de sulfato aumenta, una proporción mayor de ellos en solución llega a estar en esta forma. Estos pares iónicos tienen una carga menor que los iones libres, e incluso a veces de cero (Ca SO_4^o), lo cual complica los cálculos en la relación T.S.D./C E e influencian el comportamiento de los iones en los análisis químicos de la solución.

b) Sector Puente Fiscal La Serena

Otro de lossectores como se indicó anteriormente, dentro de la Hoya del Río Elqui que presentan problemas de calidad se refiere al Río Elqui a la altura del Puente Fiscal La Serena (Fig. 4.1.c).

Se puede observar un incremento en la salinidad y la predominancia de los iones cloruros sobre sulfatos (Ver análisis del Río Elqui en el apéndice).

Esto puede deberse en parte a la existencia de suelos formados por sedimentos de terrazas marinas en las proximidades de su desembocadura como también a la influencia de aportes subterráneos con esas características.

El Cuadro N^o 6 muestra las variaciones de concentraciones de algunos elementos, además de los valores de conductividad registrados en el Río Elqui en el Puente Fiscal La Serena entre los años 1968 y 1978.

Entre los análisis considerados en este Cuadro los correspondientes a los años 1974 y 1978 muestran los valores de conductividad más bajos, indicando que corresponden a épocas de mayores caudales en el Río Elqui.

Habría sido de interés mostrar estas variaciones a través de las mediciones de caudales respectivas, sin embargo, la no existencia de una estadística fluviométrica en este sector, lo impide.