REPUBLICA DE CHILE

COMISION NACIONAL DE RIEGO

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD HOYA DEL RIO RAPEL

VOLUMEN 1

RECURSOS DE AGUA

(LIBRO SEGUNDO)

AGROIPLA, ING. CONSULTORES, CHILE

ENGINEERING-SCIENCE, INC., U.S.A.

Abril, 1978

COMISION NACIONAL DE RIEGO

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD HOYA DEL RIO RAPEL

VOLUMEN 1

"RECURSOS DE AGUA"

LIBRO SEGUNDO

3779

A. I. E. S. A.

V. AGUAS SUBTERRANEAS

VI. ANALISIS DE RECUPERACIONES

VII. CALIDAD DE LAS AGUAS

VIII. RECURSOS TOTALES DE AGUA

I N D I C E

		Página Nº
V.	AGUAS SUBTERRANEAS	9
1.-	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	11
1.1	Conclusiones	13
1.2	Recomendaciones	17
2.-	SUBDIVISION DE LA HOYA EN SECTORES	21
3.-	REGISTRO DE POZOS PROFUNDOS	27
3.1	Catastro	29
3.2	Desarrollo Histórico de las Perforaciones	33
4.-	COEFICIENTES ELASTICOS	39
4.1	Transmisibilidades	41
4.2	Almacenamiento	44
5.-	NIVEL FREATICO	45
5.1	Profundidad del Nivel Freático Relativa al Terreno	47
5.2	Niveles Freáticos Relativos al Nivel del Mar	49
5.3	Fluctuaciones del Nivel Freático	53
5.4	Red de Observación	85

Página Nº

6. RECARGA, MOVIMIENTO Y DESCARGA 87

7.- EXPLOTACION ACTUAL Y FUTURA 99

7.1 Explotación Potencial 102
7.2 Explotación Actual 105
7.3 Uso Futuro 113
7.4 Zonas de Explotación Futura 117

A N E X O A : Registro de Pozos Profundos 119

VI. ANALISIS DE RECUPERACIONES 131

1.- INTRODUCCION 133

1.1 Objetivo y Alcance del Estudio 135
1.2 Consideraciones Generales Sobre Recuperaciones 137

2.- RELACIONES FUNDAMENTALES QUE/ RIGEN LAS RECUPERACIONES 147

3.- APLICACION PRACTICA DE LAS ECUACIONES FUNDAMENTALES 155

3.1 Análisis de las Recuperaciones Cuando Se Cuenta con Corridas de Aforos 157
3.2 Análisis de las Recuperaciones Cuando No se Cuenta con Corridas de Aforos 161

		Página Nº
4.-	APLICACION A LA HOYA DEL RIO RAPEL	165
	4.1 Metodología General	167
	4.2 Tasas de Riego	169
	4.3 Sectores de Riego	170
	4.4 Reuso Externo	179
	4.5 Reuso Interno	180
5.-	FUNCIONAMIENTO DEL EMBALSE SUBTERRANEO	201
A N E X O	A : DEMOSTRACION COMPLEMENTARIA PARA EL REUSO INTERNO	207
VII.	CALIDAD DE LAS AGUAS	213
1.-	ANTECEDENTES DISPONIBLES	215
	1.1 Servicios de Agua Potable y Alcantarillado	217
	1.2 Dirección de Obras Sanitarias	218
	1.3 Dirección General de Aguas	218
	1.4 Corporación de Fomento, Departamento Recursos Hidráulicos	220
2.-	NORMAS Y CRITERIOS NACIONALES E INTERNACIONALES	237
	2.1 Normas de Agua Potable	240
	2.2 Criterios para Usos Agrícolas	244
	2.3 Protección de Cuerpos Receptores	247

		Página Nº
3.-	CARACTERISTICAS DE LAS AGUAS	251
	3.1 Aguas Superficiales	253
	3.2 Aguas Subterráneas	304
VIII.	RECURSOS TOTALES DE AGUA	339
1.-	GENERALIDADES	341
2.-	DISPONIBILIDAD DE AGUAS	347
3.-	APTITUD DE USO DE LAS AGUAS	355
4.-	APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS DE AGUA	363

V.- AGUAS SUBTERRANEAS.

1. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

1.1 CONCLUSIONES.

- Se recopilaron antecedentes en 299 pozos ubicados en la hoya del Rapel, con sus antecedentes físicos y pruebas de bombeo, niveles freáticos observados, altura relativa al mar, etc.
- El 67% de los pozos han sido perforados por empresas particulares.
- Se presume que al año 2000 existirán, en la hoya Rapel, un total de 602 pozos, significando un incremento anual del 3%.
- Se contó con 54 valores de Transmisibilidades, obtenidos de pruebas de bombeo a caudal constante, se incluye un plano de esta constante con valores de 1 a 10.000 m2/día y aún superiores.
  Las zonas de mayores transmisibilidades se encuentran para el Cachapoal en : Al Norte de Rancagua, al Poniente de Requínoa y en Quinta de Tilcoco; para el Tinguiririca se encuentran entre San Fernando y Nancagua.
- Se contó con 6 pruebas de bombeo que permitían calcular "S", obteniéndose valores discordantes con las condiciones de acuíferos libres.
  Se optó por asignar valores a cada sector acordes con experiencias en otros valles, ellos van entre 2 y 15 por ciento.

- Los antecedentes existentes, sobre aguas subterráneas en la hoya Rapel, son insuficientes para una planificación de uso óptimo de recursos.

- Hubiese sido conveniente para este estudio efectuar una toma masiva de datos del nivel freático actual que permita conocer la situación existente.

- En base a los datos recopilados, se seleccionó el mes de Marzo de 1971 para dibujar los planos de isofreáticas relativos al terreno y relativos al nivel del mar.

- Las mayores profundidades del nivel freático se encuentran en las vecindades del río Cachapoal, 1a. Sección y por el contrario, existen 59.000 hás. de suelos con niveles freáticos inferiores a 2 metros de profundidad.

- Las pendientes del escurrimiento del agua subterránea fluctúan entre el 8 y el 3 por mil para el valle del Cachapoal y entre el 12 y el 1,5 por mil para el valle del Tinguiririca.

- En cuanto a recargas a los acuíferos cabe destacar que con los antecedentes existentes y ante la falta de aforos y pruebas de infiltración, no es posible individualizar los factores de recarga ni la proporcionalidad entre ellos. Según limnigramas, es posible diferenciar 2 épocas de recarga :

  - En Primavera y Verano, provenientes de infiltración del regadío y desde canales y lecho de ríos y esteros; se presenta en las 1as. Secciones de los Valles Cachapoal y Tinguiririca.

  - En Invierno, proveniente de infiltración de aguas lluvias. Se observan generalmente en las partes bajas y medias de los valles.

Existen zonas de considerable magnitud con niveles freáticos altos que están imposibilitados de recibir recargas adicionales, esto representa una potencialidad de explotación de acuíferos hoy día no utilizadas.

- Perfiles transversales trazados en secciones de mayor interés muestran caudales pasantes desde 1,59 a 0,04 m3/seg. Los mayores se ubican en la 1a. Sección del Cachapoal y los menores en la cabecera de los esteros tributarios del Valle Central.
- En cuanto a descargas de los acuíferos se puede decir que :
  - El Estero Las Cadenas, al Poniente de Rancagua, no recibiría aportes subterráneos, en períodos normales de escurrimiento.
  - Las descargas subterráneas de los acuíferos del Cachapoal Norte y Sur se producen al río Claro de Rengo. Para Marzo 1971 se calculó un caudal de 1,21 m3/seg. para estas descargas.
  - En la cabecera del Cachapoal 3a. Sección, habría una descarga desde los acuíferos hacia el río, de 1,5 m3/seg. y además pasarían subterráneamente hacia la 3a. Sección 0,4 m3/seg.
  - Importantes descargas se efectúan por evaporación desde suelos con niveles freáticos cercanos a la superficie.
  - En Alhué y en Tinguiririca Afluentes, las recargas y descargas se producen como situaciones locales sin influir en zonas relativamente vecinas, debido a las bajas permeabilidades existentes. En Tinguiririca Centro la situación es similar aunque más intermedia entre la descrita y la de la Sección Norte y Sur de este río.

- En los 299 pozos catastrados, existe una capacidad potencial de extracción de 9,36 m3/seg., predominando la potencialidad de los pozos de regadío (3,89 m3/seg.), aunque en número, los de uso urbano los superan levemente.

- Las mayores explotaciones con fines urbanos se concentran en la 1a. Sección del Cachapoal, especialmente para Rancagua y las mayores explotaciones para regadío se concentran en Alhué y Tinguiririca Centro y Afluentes, de Santa Cruz a Población y El Huique.

- El 57% de la explotación con fines urbanos se consume en Rancagua y San Fernando; el 18% entre Rengo, Santa Cruz, Graneros y Peumo y el 25% restante se reparte entre 65 localidades y pueblos de menor población.

- La relación entre uso actual y caudal potencial de los pozos existentes alcanza solo al 15% para toda la hoya del Rapel; en regadío es el 12,6%, en uso urbano es el 24% y en uso industrial el 7,6%.

- En general la explotación actual, por sectores, no presenta valores significativos si se le compara con los caudales pasantes subterráneamente y con los volúmenes almacenados y capacidad de recarga. Una excepción a esta conclusión, el el Valle del Alhué donde mayores explotaciones deberán programarse con acuciosos estudios previos.

- Para el año 2005 la explotación del agua subterránea en la hoya sería de 3,2 m3/seg., de los cuales 1,2 serían para regadío, 1,84 para uso urbano y 0,14 para uso industrial. El 40% del consumo futuro total de la Hoya Rapel se ubicará en Cachapoal Norte y especialmente en el uso urbano de Rancagua.

- El abastecimiento de agua subterránea para Rancagua deberá ser requerido desde 4 recintos por lo menos, debiendo sectorizar la ciudad acorde con la ubicación de éstos; el acuífero debe abastecer esa demanda sin presentar mayores problemas, siempre que se explote el acuífero desde diversos recintos.
- La Hoya Rapel posee numerosas zonas aptas a la explotación de acuíferos, teniendo posibilidades de inducir recargas que hoy día no se presentan debido a la presencia de acuíferos saturados.

1.2 RECOMENDACIONES.

Con el objeto de completar los antecedentes existentes y posibilitar una planificación del uso óptimo del recurso agua, se recomienda :

- Solicitar a la Dirección General de Aguas, Institución encargada de estudiar, planificar y controlar el uso de las aguas que :
  - Efectúe un inventario de los recursos subterráneos
  - Ejecute pruebas de bombeo en aquellos lugares donde se requiera información más detallada de los coeficientes elásticos
  - Construya y opere una red de pozos de observación de niveles freáticos, reiniciando a la brevedad las mediciones que efectuó CORFO hasta 1972
  - Obtenga planos de variaciones isofreáticas anuales que permitan determinar la magnitud de las recargas

- Controle el caudal subterráneo explotado
- Publique anualmente los resultados que obtenga de los puntos anteriores y que
- Asista a las Instituciones y Empresas que efectúan estudios relacionados con recursos hidráulicos.

En forma particular y especial, se recomienda :

- Obtener por una vez muestras de agua de todos los pozos en explotación, efectuando análisis físico-químico completo y a través de sus resultados diseñar y poner en práctica una red de observación de la calidad de las aguas subterráneas.
  En ciertos pozos seleccionados, hacer análisis bacteriológicos para asegurar la potabilidad de las aguas.
- Hacer estudios sísmicos o de gravedad en varios sectores de la Hoya Rapel, para reconocer el basamento rocoso.
- Perforar 3 pozos en el Valle del Cachapoal y 3 en el Valle del Tinguiririca para calibrar la sísmica; además estas perforaciones servirían para reconocer los acuíferos en cuanto a geología, cantidad y calidad de las aguas. Todos ellos deberán alcanzar el basamento rocoso.
- Efectuar estudios tendientes a reconocer la magnitud de la percolación profunda que se produce por regadío o lluvias en distintas clases de suelos de la hoya y ante distintas solicitaciones de recarga.
- Efectuar periódicamente corridas de aforo que permitan detectar la magnitud y las zonas donde se producen pérdidas o recuperaciones de caudal.

- Mantener un control del riego en aquellas áreas con niveles freáticos menores de 2 metros para evitar concentraciones salinas y pérdidas del recurso por evaporación.

En lo general se recomienda que los recursos subterráneos de la Hoya Rapel se utilicen para Usos Urbanos e Industriales y que respecto a Regadío su utilización se efectúe en forma conjunta con los recursos superficiales, tendiendo así al uso óptimo del recurso.

La utilización conjunta con las aguas superficiales involucra el uso de las aguas subterráneas en forma masiva y durante períodos de escasez de agua superficial, algunos meses críticos del año, quedando la posibilidad de que recuperen sus niveles durante el resto del año, actuando asi como un elemento regulador natural.

2. SUBDIVISION DE LA HOYA EN SECTORES.

15.

2. SUBDIVISION DE LA HOYA EN SECTORES.

La subdivisión que aquí se presenta tiende exclusivamente a diferenciar, dentro de la hoya del Rapel, diferentes sectores acuíferos cuya identificación permita tratarlos en forma separada.

No sería posible hacer una descripción de los acuíferos de la hoya sin diferenciarlos, sino que por el contrario se requiere describirlos por sectores específicos aunque ellos estén interrelaciones entre sí.

Los sectores han sido seleccionados en forma tal que en lo posible representen unidades acuíferas homogéneas, sin que ellas estén separadas o independientes de los acuíferos de sectores vecinos. El propio estudio de los sectores y estudios posteriores sobre la materia, irán mejorando esta sectorización hacia separaciones más manifiestas entre los acuíferos que en cada una de ellas existan.

La sectorización planteada puede observarse en el Plano Nº 3 y ella no guarda relación con otras sectorizaciones que se hayan planteado en este Estudio de Rapel.

T A B L A Nº 1

SUPERFICIE ALUVIAL POR SECTOR

	S e c t o r	Superficie Aluvial (Km2)
1	Cachapoal Norte	412
2	Cachapoal Sur	412
3	Claro de Rengo	141
4	Cachapoal 2a. Sección	251
5	Cachapoal 3a. Sección	332
6	Zamorano	246
7	Tinguiririca Norte	244
8	Tinguiririca Sur	248
9	Chimbarongo Alto	164
10	Tinguiririca Central	488
11	Tinguiririca Afluentes	1.005
12	Alhué	130
13	Rapel en Desembocadura	-
	T o t a l	4.073

3. REGISTRO DE POZOS PROFUNDOS

3. REGISTRO DE POZOS PROFUNDOS.

3.1 CATASTRO.

Se efectuó una minuciosa recopilación de antecedentes de todos los pozos para captar aguas subterráneas, construídos con maquinaria especializada, que han sido perforados en la hoya hidrográfica del Rapel.

El registro se basó en el que tenía el Departamento de Recursos Hidráulicos de CORFO, al día hasta 1974 aproximadamente; su actualización se basó en las nuevas perforaciones efectuadas por las principales firmas constructoras de pozos e Instituciones Fiscales que trabajan en la especialidad.

Los nuevos pozos se ingresaron al registro cuando previamente se les pudo ubicar en terreno, lo que permitió darles un número con coordenada geográfica que lo identificase; por este motivo 3 pozos quedaron sin ingresar al catastro.

El total de pozos catastrados es de 299 y su detalle puede observarse en Anexo. Su ubicación va en los Planos.

El encabezamiento de cada columna parece bastante claro como para no requerir de mayores explicaciones, salvo las 2 últimas :

USO : P = Potable
P-SU = " sin uso
P-AB = " abandonado
I = Industrial (incluye Agroindustria)
R = Regadío
E = Estudio

AQ = Indica con una letra A si hay análisis Químico

Como puede observarse, no fue posible obtener todos los antecedentes para cada pozo perforado; algunos de ellos sólo se sabe que existen, pero no cuentan con ninguna característica, por el contrario otras firmas perforistas cuentan con completos registros para todos sus pozos. Se hace ver la necesidad de una exigencia de registro de antecedentes en la Dirección General de Aguas, institución encargada de controlar el uso del recurso agua.

Se incluyen, además, en el registro antecedentes tales como :

- Elevación geométrica relativa al mar
- Transmisibilidad obtenida por bombeo
- Indicación "Br" de haber alcanzado el basamento rocoso

En forma conjunta con la obtención de este tipo de antecedentes, se obtuvieron las mediciones del nivel freático registradas históricamente, las pruebas de bombeo que permitieron calcular transmisibilidades, los análisis químicos, etc.

T A B L A Nº 2

POZOS PERFORADOS POR SECTOR

Sector	Nº de Pozos Perforados	Profundidad Habilitada (m)			Caudal en Prueba Bombeo lts/seg			lts/s/m Habilitado
		Desde	Hasta	Promedio	Desde	Hasta	Promedio	
Cachapoal Norte	38	19	150	81	0,5	130	32	0,4
" Sur	29	15	150	71	0,3	130	30	0,4
Claro de Rengo	26	14	154	63	1,7	80	27	0,4
Cachapoal 2a.	18	15	75	47	6	140	38	0,8
Cachapoal 3a.	23	29	63	47	8	70	38	0,8
Zamorano	22	18	60	39	5	70	26	0,6
Tinguiririca Norte	15	12	66	42	2	55	27	0,6
" Sur	16	10	69	38	3	50	22	0,6
Chimbarongo Alto	1	30	30	30	0,8	0,8	0,8	-
Tinguiririca Central	36	20	104	63	15	120	56	0,9
" Afluentes	44	25	104	45	2	120	34	0,7
Alhué	27	18	121	55	6	121	45	0,8
Rapel en Desembocadura	4	21	25	23	2	30	16	0,7
	299	10	154	55	0,3	140	35	0,6

Esta tabla se presenta solamente para dar una idea de valores medios de metros perforados y caudales obtenidos por sector, sin que signifique lo que pueda o deba obtenerse en cada sector ya que las condiciones variarán de un lugar a otro en un mismo sector.

En todo caso puede observarse en él que las mayores profundidades perforadas y habilitadas se encuentran en Cachapoal 1a. Sección y en la parte baja y afluentes del Tinguiririca.

Los mayores caudales promedio se han obtenido en Tinguiririca Central, con pozos de aproximadamente 100 m. de profundidad; allí se obtiene también los mayores gastos específicos promedio = 0,9 lt/seg/m habilitado. Por el contrario, los menores gastos específicos promedio (0,4) se obtienen en el Cachapoal 1a. Sección, dada la cantidad de metros que deben perforarse para alcanzar el nivel freático.

3.2 DESARROLLO HISTORICO DE LAS PERFORACIONES.

Hasta el presente se han registrado 299 pozos profundos perforados con maquinaria especializada, 262 de ellos cuentan entre sus antecedentes con la fecha de perforación, ignorándose la del 14% restante.

Los pozos sin antecedentes de fecha de perforación, fueron distribuídos proporcionalmente entre los pozos con antecedentes, logrando así el total de 299 para el año 1977 inclusive, ver Gráfico Nº 1.

Los primeros pozos fueron construídos en 1952 y de allí hasta 1966 el gráfico Nº 1 muestra un incremento

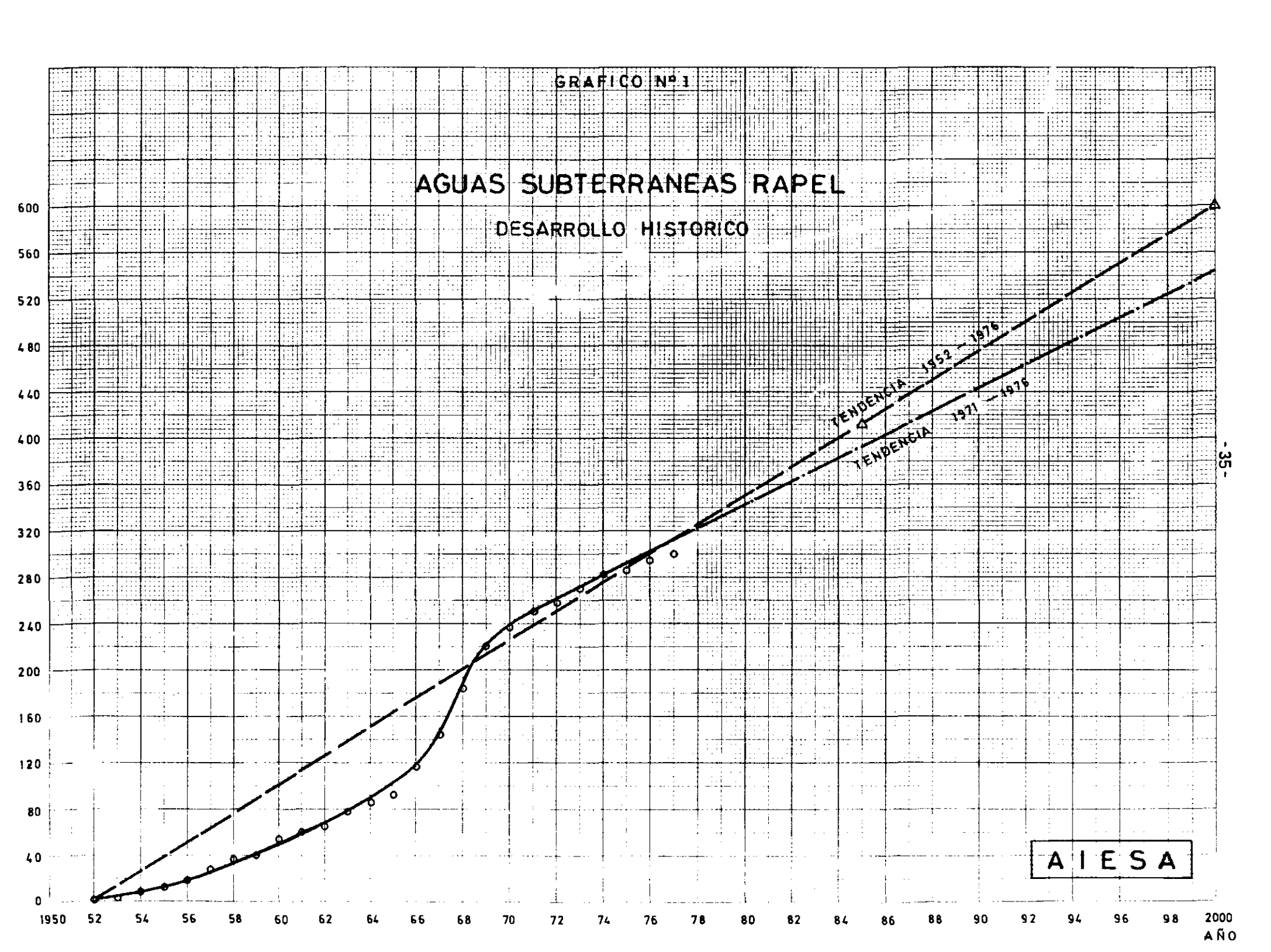


GRAFICO Nº 1
AGUAS SUBTERRANEAS RAPEL
DESARROLLO HISTORICO
TENDENCIA 1952 – 1976
TENDENCIA 1971 – 1976
AIESA
600
560
520
480
440
400
360
320
280
240
200
160
120
80
40
0
1950 52 54 56 58 60 62 64 66 68 70 72 74 76 78 80 82 84 86 88 90 92 94 96 98 2000
AÑO

paulatino en ellos, llegando a esa fecha con 115 pozos. A partir de 1966 y hasta 1970 el incremento anual fue notoriamente superior al del período anterior, debido especialmente a la sequía que afectó al país en esos años, (240 pozos en 1970). Desde 1970 a 1977 el incremento ha sido inferior a los períodos anteriores, llegando sólo a 10 pozos anuales para toda la hoya del Rapel.

Entre los 299 pozos catastrados, existen 68 pozos actualmente sin uso y 37 abandonados, estos últimos sin posibilidad de usarse nuevamente.

Los pozos sin uso, pueden ser utilizados si se les instala bombas; estos son especialmente pozos de agua potable rural y urbano, perforados durante los últimos años y que aún no se encuentran funcionando.

Con el objeto de conocer en forma aproximada el número de pozos que existirán en la hoya del Rapel en 1985 y en el año 2000, se extrapoló la tendencia anterior hasta esas fechas, mediante dos criterios :

a) Extrapolación lineal desde 1976 en adelante, continuando la recta 1971-1976. Este criterio es conservativo pues considera el período con menor incremento anual; se obtienen 392 y 543 pozos para 1985 y año 2000 respectivamente.

b) Extrapolación lineal desde 1976, de la pendiente media de crecimiento, entre los años 1952 (2 pozos) y 1976 (299 pozos). Se obtienen así 414 y 602 pozos para 1985 y año 2000 respectivamente.

De los dos criterios mencionados se ha preferido el último en razón a que representa en mejor forma el incremento en la actividad agrícola que debe producirse en los próximos años, como también los planes de saneamiento rural que ya se están desarrollando.

Cabe entonces tener presente que para el año 2000 el número de pozos perforados en la hoya del Rapel debería ser el doble del actual, el incremento anual sería del orden de 12 pozos.

Estas tendencias y extrapolaciones podrían cambiar notoriamente si existiese algún programa específico de captaciones subterráneas hoy en día desconocido. En este aspecto corresponde hacer notar que a lo menos en el sector agrícola existe un mayor costo en el agua obtenida por pozos, respecto al agua superficial; si esta situación cambiase al existir una "Empresa de Riego" que explotase en forma conjunta el agua superficial y subterránea sin diferencias de costo entre ellas, se tendría a corto plazo un incremento notorio en el número de perforaciones.

Entre las empresas perforistas cabe destacar que las empresas privadas han construído 200 pozos y las estatales 99. Se observa el siguiente detalle :

-	Celzac	79 pozos
-	Saavedra y Cobo	52 "
-	Capt. de Aguas Subterráneas	25 "
-	Otras 10 firmas particulares	44 "
-	CORFO	75 "
-	Dirección de Riego	16 "
-	Dirección de Obras Sanitarias (*)	8 "
	TOTAL	299 pozos

(*) La D.O.S. perfora sus pozos habitualmente por medio de Empresas privadas de perforación.

4. COEFICIENTES ELASTICOS

TRANSMISIBILIDAD Y ALMACENAMIENTO

4. COEFICIENTES ELASTICOS : TRANSMISIBILIDAD Y ALMACENAMIENTO.

4.1 TRANSMISIBILIDADES.

Entre los 299 sondajes existentes, se cuenta con numerosas pruebas de bombeo, pero sólo algunas pueden considerarse de interés para cálculos de T. Se consideraron valederos sólo aquellos bombeos efectuados a caudal constante, obteniéndose un total de 54 valores de Transmisibilidad.

Los valores obtenidos se lograron principalmente en recintos de agua potable, por ser la prueba a caudal constante una exigencia de la D.O.S. En varios recintos ocurre que los valores obtenidos para pozos vecinos, difieren fuertemente entre ellos, lo que hace disminuir el número de datos de T valederos; además su dispersión en el área resulta escasa.

Por lo expuesto y con el objeto de lograr una mayor dispersión de datos en el área estudiada, se calcularon valores de T por medio de caudales específicos, utilizándose el abaco de Meyer.

Tanto los valores obtenidos del abaco como los de pruebas de caudal constante, se presentan en el Plano Nº 1; allí se separaron los valores de T entre :

0	y	1.000	m3/día/m
1.000	y	5.000	"
5.000	y	10.000	"
10.000	y	mayores	"

En el valle del río Tinguiririca, debido a que la mayor parte de su área presenta valores de T menores de 1.000 m2/día, se subdividió el sector entre 0 y 500 m2/día y desde 500 a 1.000 m2/día.

Los valores de T, obtenidos para cada pozo bombeado se presentan en Anexo Nº 1, identificando allí si se obtuvo por medio de bombeo a caudal constante o por medio de gasto específico.

En el Valle del Cachapoal, se puede observar una gran zona de alta permeabilidad ($5.000 < T < 10.000$) ubicada desde el norte de la ciudad de Rancagua, pasando por el río Cachapoal hacia el sur, para dividirse en la localidad de Gultro en dos ramas; una sigue hacia el sur por el costado poniente de la carretera principal, hasta el río Claro de Rengo y de allí al poniente hasta Quinta de Tilcoco; la otra rama ingresa a la 2a. Sección del río, corriendo paralela y al sur de él hasta la localidad de Coinco.

Dentro de ella existen pequeños sectores con valores de T mayores a 10.000 m2/día/m, no representando áreas de consideración salvo en el hecho de que uno de ellos se ubica inmediatamente al norte de Rancagua, señalando allí la factibilidad de una explotación más intensiva, para futuros abastecimientos de la ciudad.

La mayor parte del área del Rapel posee transmisibilidades entre 1.000 y 5.000 m2/día, así se encuentran el Zamorano y el Cachapoal 2a. y 3a. zonas, además de gran parte del sector norte de la 1a. Sección.

Gran influencia en área representa también el sector de menor transmisibilidad, ubicado generalmente en los flancos de los cerros que circundan la cuenca y en los valles afluentes, como el Claro de Rengo; también ocupa gran parte de la 3a. Sección del Cachapoal. Es interesante recalcar el sector, aunque pequeño, ubicado al S-E de Doñihue, sector que insinúa una prolongación de los cerros de Doñihue en esa dirección y que angosta la sección de escurrimiento subterráneo e interrumpe la rama de mayor permeabilidad.

En lo que respecta al Valle del Alhué, todos los valores de T obtenidos resultan inferiores a 1.000 m2/día (salvo 1 pozo); se obtiene un promedio de 600 m2/día.

Para el Valle del río Tinguiririca, el sector de mayor valor de T se encuentra ubicado desde San Fernando a Nancagua, al centro del relleno fluvial, con valores de 1.000 a 5.000 m2/día.

Todo el resto de la cuenca del Tinguiririca tiene valores de T inferiores a 1.000 m2/día, razón por la cual se individualizó en el mapa los sectores con valores mayores de 500 y de los inferiores a 500.

Los mayores de 500 se ubican preferentemente de San Fernando hacia Chimbarongo y desde Convento Viejo hasta la desembocadura en el Cachapoal.

Los valores de T inferiores a 500 se ubican en los rellenos de los valles afluentes del Tinguiririca de la Cordillera de la Costa.

4.2 ALMACENAMIENTO.

Para calcular valores del coeficiente de Almacenamiento a lo largo de la hoya Rapel, se contó con 6 pruebas de bombeo en diversos recintos de la D.O.S. en los que se midieron influencias en pozos de observación ubicados en los respectivos recintos.

Los lugares de observación y sus correspondientes resultados son :

Peralillo	:	2×10^{-4}
Santa Cruz	:	5×10^{-4}
San Vicente de Tagua Tagua	:	3×10^{-3}
Barrio Industrial Rancagua	:	1×10^{-6}
Chimbarongo	:	2×10^{-4}
Coinco	:	1×10^{-1}

Se considera que Coinco y Peralillo (artesianismo local) presentan valores razonables, el resto no puede corresponder a la realidad de acuíferos libres.

Se han adoptado los siguientes valores de "S", basados en experiencias de otras hoyas similares.

Sector	S %
Cachapoal Norte y Sur	15
Cachapoal 2a., Tinguiririca Norte y Sur, Alhué Zamorano, Claro de Rengo, Chimbarongo Alto, Rapel Desembocadura	12
Cachapoal 3a., Tinguiririca Centro	10
Tinguiririca Afluentes	7
	2

5. NIVEL FREATICO

5. NIVEL FREATICO.

5.1 PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREATICO RELATIVA AL TERRENO.

Entre las numerosas observaciones del nivel freático que se han realizado en la hoya del Rapel durante los últimos 20 años, se seleccionó el mes de Marzo de 1971 como el mes con mayor número de observaciones convenientemente distribuídas a lo largo de la hoya.

Las profundidades fueron medidas en pozos que no se encontraban en explotación y se refirieron al nivel medio del terreno circundante.

Con los datos obtenidos se dibujó el Plano Nº 2. En él se observan con líneas segmentadas aquellos sectores que no poseen datos del nivel para ese mes, pero que por razones supuestas ha sido posible presumirlas.

En Cachapoal Norte es posible observar las mayores profundidades del nivel freático, las que alcanzan a 100 mts. de profundidad en la zona que dicho río ingresa al Valle Central. Las profundidades disminuyen hacia el norte y hacia el poniente, siendo las menores observadas del orden de los 5 mts. cerca de Graneros y de 20 mts. en las vecindades del Estero Las Cadenas, lo que estaría demostrando que este Estero no recibe aportes subterráneos desde el oriente (según Plano Nº 3, el caudal subterráneo escurre de norte a sur).(*)

El Sector Cachapoal Sur muestra también sus mayores profundidades en la zona superior del río Cachapoal, disminuyendo hacia el poniente y hacia el sur. Hacia el poniente logra profundidades de sólo 30 mts. en la desembocadura

(*) Esta aseveración no puede confirmarse plenamente por el momento, dados los escasos datos existentes en esa zona, tanto topográficos como de pozos vecinos al Estero Las Cadenas.

del Estero Las Cadenas al río. Hacia el sur alcanza los 45 mts. de profundidad frente a Requínoa, donde las curvas de isoprofundidad presentan un quiebre manifiesto de dirección al pasar el umbral allí existente; más al sur la mayor pendiente va de norte a sur, alcanzando la superficie del terreno en las márgenes del río Claro, con evidente demostración de que dicho río recoge el aporte subterráneo de la 1a. Sección.

El río Claro de Rengo presenta su cono de deyección mostrando las mayores profundidades del nivel freático en la parte alta de él y las menores al poniente de la ciudad de Rengo.

El Estero Zamorano presenta en general acuíferos saturados, ya que sus niveles freáticos no sobrepasan los 5 mts. de profundidad, salvo en las vecindades de Pelequén, debido al cono deprimido que se ha formado por la explotación de esa zona.

La 2a. Sección del Cachapoal manifiesta en su cabecera oriente un rápido acercamiento del nivel freático respecto al terreno, debido tal vez a la incapacidad del acuífero para transportar el caudal que ingresa al área, se obtiene así rápidamente y desde aguas arriba de Doñihue, un valle con acuíferos saturados. La prolongación subterránea de los cerros de Doñihue implica una barrera que obliga a las aguas subterráneas a salir a la superficie.

En el Plano Nº 2 en referencia, se han "achurado" las zonas con nivel freático menores o iguales a 2 mts. de profundidad, señalando así las zonas de alto potencial de evaporación, ellas totalizan 59.000 hás. para la Hoya de Rapel.

El valle del Tinguiririca presenta en general niveles cercanos a la superficie; puede observarse que gran parte del valle, al igual que en de Chimbarongo, los niveles están a menos de 2 mts. de profundidad, estando los mayores de 5 al oriente de San Fernando y también al sur del río, hasta la localidad de Chimbarongo. En el valle del Tinguiririca no se conocen niveles estáticos mayores de 25 metros.

Desde la localidad de Santa Cruz hasta la junta con el Rapel, en el valle del Tinguiririca y sus esteros afluentes, el nivel freático se presenta en los primeros 5 mts.

El valle del Alhué presenta también niveles freáticos altos, aunque en él la fluctuación del nivel a través del año es de extremo interés y se comenta en el capítulo especial, ésto, producto de su intensa explotación de acuíferos y su recarga durante un corto período.

5.2 NIVELES FREATICOS RELATIVOS AL NIVEL DEL MAR.

Se presentan en el Plano Nº 3 , las curvas de isonivel freático, relativas al nivel del mar; ellas demuestran el sentido del escurrimiento subterráneo.

Se seleccionó el mes de Marzo de 1971 por las razones ya expresadas al hablar de profundidades del nivel freático.

Los puntos que dan apoyo básico a este plano fueron pozos donde se cuenta con la cota, relativa al mar, del punto de medición del nivel freático y con medición de éste para el mes considerado; se obtuvieron 110 puntos de apoyo aproximadamente.

Como interpolación de valores y extensión en áreas de escasa información, este plano fue trazado con apoyo de la cartografía 1:50.000 del Instituto Geográfico Militar y del Plano Nº 2 (Profundidad del Nivel Freático).

El sentido general del escurrimiento subterráneo en el Valle del Cachapoal, 1a. y 2a. Sección, es de NE a SW con 500 mts. en Codegua y 200 mts. en la cabecera de la 3a. Sección; son 300 mts. de desnivel para 66 Kms. lo que dá una pendiente media de 4,5‰. Esta pendiente se hace máxima en la 2a. Sección, en Doñihue, alcanzando allí un 8‰ y alcanza valores mínimos de 3,5‰ entre Graneros y Requínoa.

En el Claro de Rengo la pendiente media es de 6‰ y en el Zamorano alcanza sólo a 4‰. En la zona de transición de la 2a. y 3a. Sección del Cachapoal, la pendiente media es de 3‰, valor que puede hacerse extensiva a toda la 3a. Sección de este río.

La forma y curvatura de las líneas de isoprofundidad, permiten detectar áreas de recarga y de descarga del agua subterránea. Estas observaciones deben considerarse sólo como de sentido general ya que conviene recordar el débil apoyo con que cuentan las curvas trazadas. Mejores observaciones podrían efectuarse si se contase con nivelación topográfica de los puntos de medición de todos los pozos existentes en la hoya y con una corrida de medición hecha especialmente para este objetivo.

La inflexión de las curvas de 500, 475, 450 y 425 mts. muestran escurrimientos desde el Estero Codegua hacia el Cachapoal; desde el flanco oriental hacia Rancagua y

desde la salida del río Cachapoal al valle, hacia el Puente Carretero sobre dicho río.

Al sur del río Cachapoal, la corriente subterránea se divide en dos ramas, una de ellas la de mayor caudal se dirige hacia el SW pasando la angostura de Requínoa hasta llegar a Rosario, donde se une al escurrimiento del Claro de Rengo para dirigirse al W a medida que parte del caudal se va descargando en la sección inferior del río Claro.

El otro cauce subterráneo ingresa a la 2a. Sección del río, escurre por ella y en conjunto con la anterior, pasan a la 3a. Sección. En la 2a. Sección, el caudal subterráneo pasa de influente a efluente debido principalmente al estrechamiento provocado por los cerros de Doñihue y su presunta prolongación subterránea, lo que hace peraltar el nivel freático y aflorar parte del caudal en escurrimiento.

El Estero Zamorano presenta escurrimiento de oriente a poniente, sumando su corriente a la del Cachapoal, al ingresar a la 3a. Sección.

De lo expuesto, puede decirse que el Estero Las Cadenas, al poniente de Rancagua, en general no estaría recibiendo aporte subterráneo ya que éste se dirige libremente hacia el sur; los cauces superficiales que reciben aporte subterráneo serían el Claro de Rengo, desde 5 Kms. al poniente de Rengo y hasta su desembocadura en el Cachapoal y el Cachapoal en la 2a. Sección desde Doñihue hacia aguas abajo.

En cuanto al Tinguiririca, las pendiente medias del nivel freático son las siguientes :

12‰	-	desde el ingreso del río al valle, hasta San Fernando
7‰	-	desde el río hacia el norte de Sn. Fernando
4,5‰	-	de San Fernando a Nancagua
10 a 6‰	-	desde el río hacia Convento Viejo
2,5‰	-	desde Anquinco a Palmilla por el Estero Chimbarongo
1,5‰	-	desde Palmilla a Juntas con el Cachapoal
2‰	-	en los alfuentes costaneros del Tinguiririca

Se observa así una fuerte pendiente en el sector alto del valle, mayores del uno por ciento; pendientes del medio por ciento en el Valle Central y pendientes muy bajas (2 por mil) en la parte baja del Valle del Tinguiririca y esteros afluentes donde el río atraviesa la Cordillera de la Costa.

El valle del Alhué presenta una pendiente media del 2,5‰ en su parte regable aguas arriba del Embalse Rapel.

En el Valle del Tinguiririca el sentido de las curvas indica lo siguiente :

- Una recarga desde el río Tinguiririca en su salida al valle. Esta recarga se divide en 2 corrientes :
  - Corriente hacia el norte con escurrimiento principal desde San Fernando hacia Nancagua y escurrimiento menor desde San Fernando hacia Pelequén.
    Los cauces superficiales de los esteros Antivero y Roma, ambos en su tramo final, pueden recibir pequeños aportes subterráneos, provocados por el estrechamiento de la sección filtrante.

- Corriente hacia el sur, desde el río hacia Convento Viejo, con descargas en el Estero Chimbarongo y Estero El Molino.

- En la zona de la Cordillera de la Costa, habrán recargas desde los esteros afluentes hacia el río Tinguiririca.
- Los acuíferos del Tinguiririca 1a. Sección y los del Zamorano pueden considerarse independientes para los fines prácticos, ya que sus relaciones por las angosturas de Pelequén y del Antivero son despreciables en cuanto a caudal subterráneo pasante.

5.3 FLUCTUACIONES DEL NIVEL FREATICO.

Mediante mediciones periódicas del nivel freático en algunos pozos de la hoya Rapel se han dibujado limnigramas o gráficos de las fluctuaciones observadas. Se analizan a continuación los limnigramas agrupados en los sectores previamente definidos.

Limnigramas :

Cachapoal Norte.

Se cuenta con 7 limnigramas representativos del área, estando todos ellos al norte del Estero Las Cadenas y ninguno en el área de mayor explotación subterránea, Rancagua. De ellos, se seleccionaron los 4 siguientes :

3400 - 7030-C-	2	representa el	borde oriental
3400 - 7040-B-	16	"	" extremo norte
3400 - 7040-B-	2	"	" sector Graneros
3400 - 7040-D-	1	"	" Estero Cadenas

Pueden observarse en el Gráfico Nº 2 y del análisis de ellos se desprende que las mayores fluctuaciones (22 mts.) ocurren en la parte alta de este sector, extremos norte y oriente y las menores fluctuaciones (6 mts) se observan en las vecindades del Estero Las Cadenas, evidenciarían así las zonas de recarga y de posible descarga respectivamente.

En los de mayores fluctuaciones, la recarga se manifiesta de Octubre a fines de Abril, mientras que en los de menores fluctuaciones sólo va de Diciembre a Junio, es decir 2 meses después.

Cachapoal Sur.

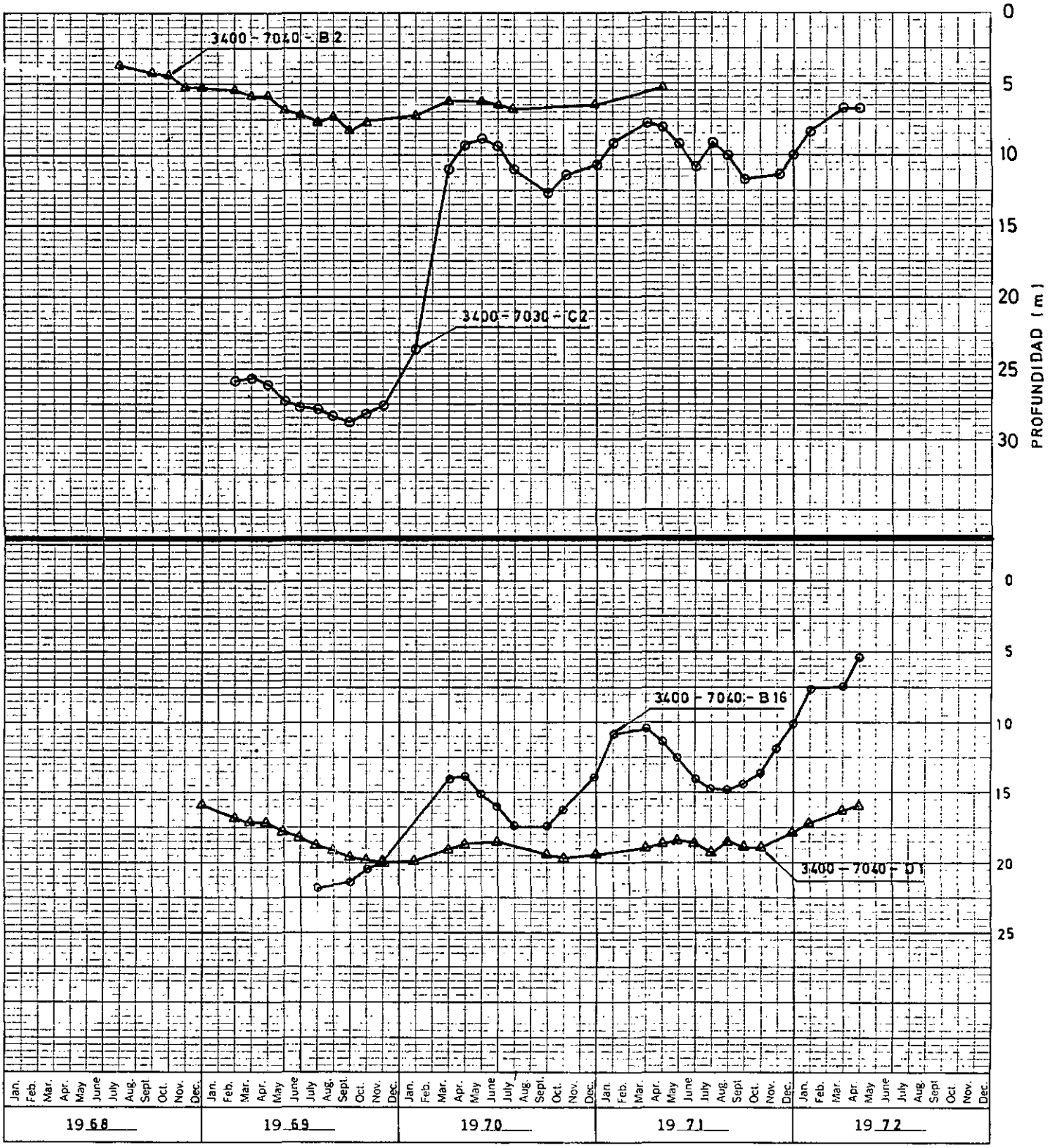
Se cuenta con 7 limnigramas de esta área ubicados en Requínoa, Rosario, Quinta de Tilcoco y término de la 2a. Sección del río; no hay limnigrama entre el Cachapoal en Gultro y Requínoa, zona de niveles profundos. Se seleccionaron los 4 siguientes :

3410 - 7050-D-1 en Requínoa, al centro de este sector
3420 - 7040-A-3 en Rosario, vecino al Claro de Rengo
3420 - 7050-A-1 en Quinta de Tilcoco, parte baja de la 1a. Sección sur y
3420 - 7100-A-2 donde se unen la 1a. y 2a. Sección del Cachapoal

Todos ellos pueden observarse en el Gráfico Nº 3. Su análisis permite observar que las mayores fluctuaciones medidas, 8 metros, se presentan en Requínoa y las menores, 1 metro, en la confluencia de las 1a. y 2a. secciones.

GRAFICO Nº 2

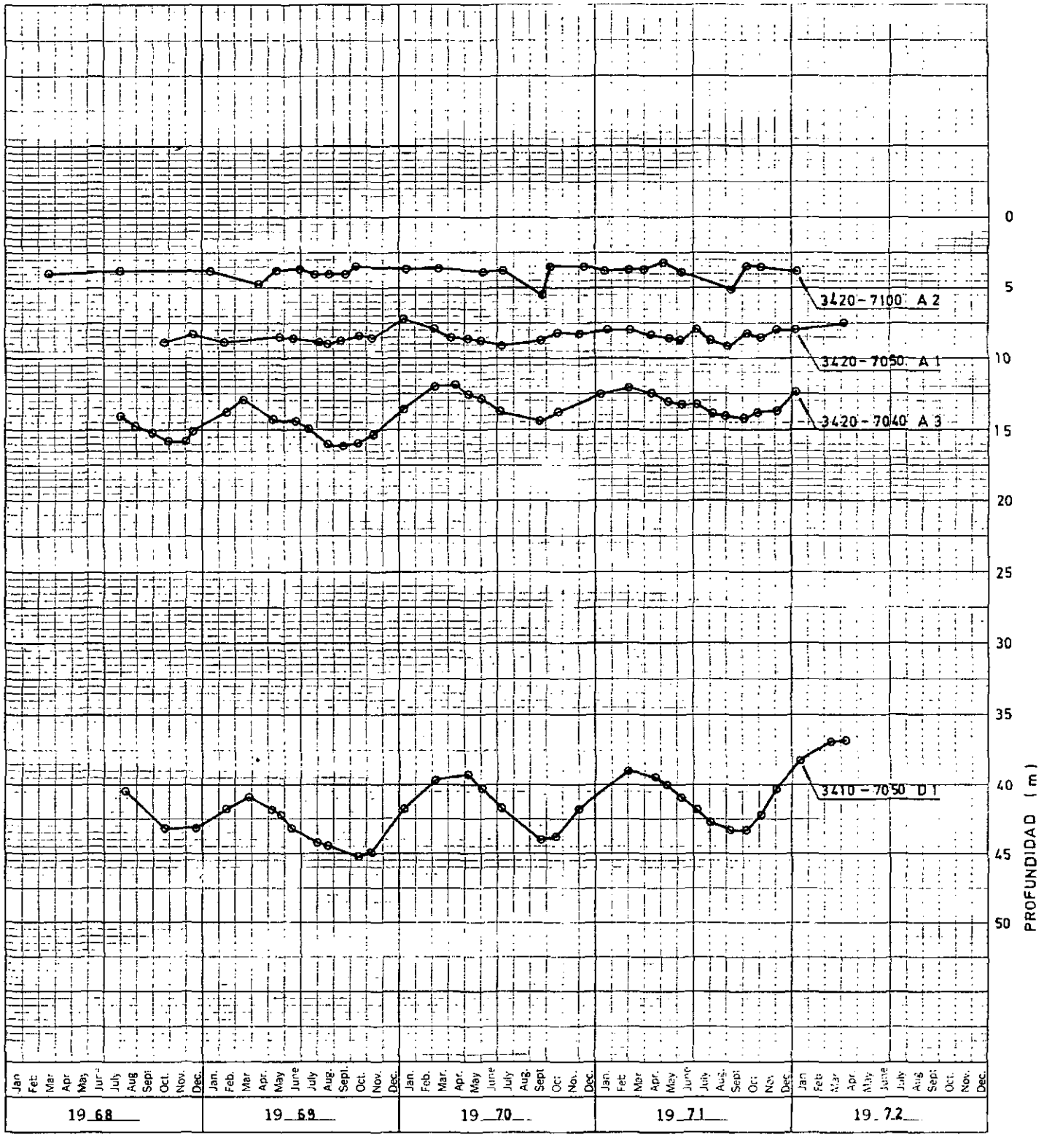
LIMNIGRAMAS CACHAPOAL NORTE



AIESA

GRAFICO Nº 3

LIMNIGRAMAS CACHAPOAL SUR



AIESA

Ambas zonas representan las áreas de mayores recarga y descarga del sector.

En el sector de recarga los ascensos de nivel van de Octubre a Abril, similar al sector norte; en la zona de descarga no es posible especificar claramente períodos de ascensos o descensos de nivel tal vez por estar los niveles muy próximos a la superficie y por lo tanto, afectos a situaciones puntuales de riego y evaporación.

Claro de Rengo.

Se seleccionaron 4 de los 5 limnigramas existentes :

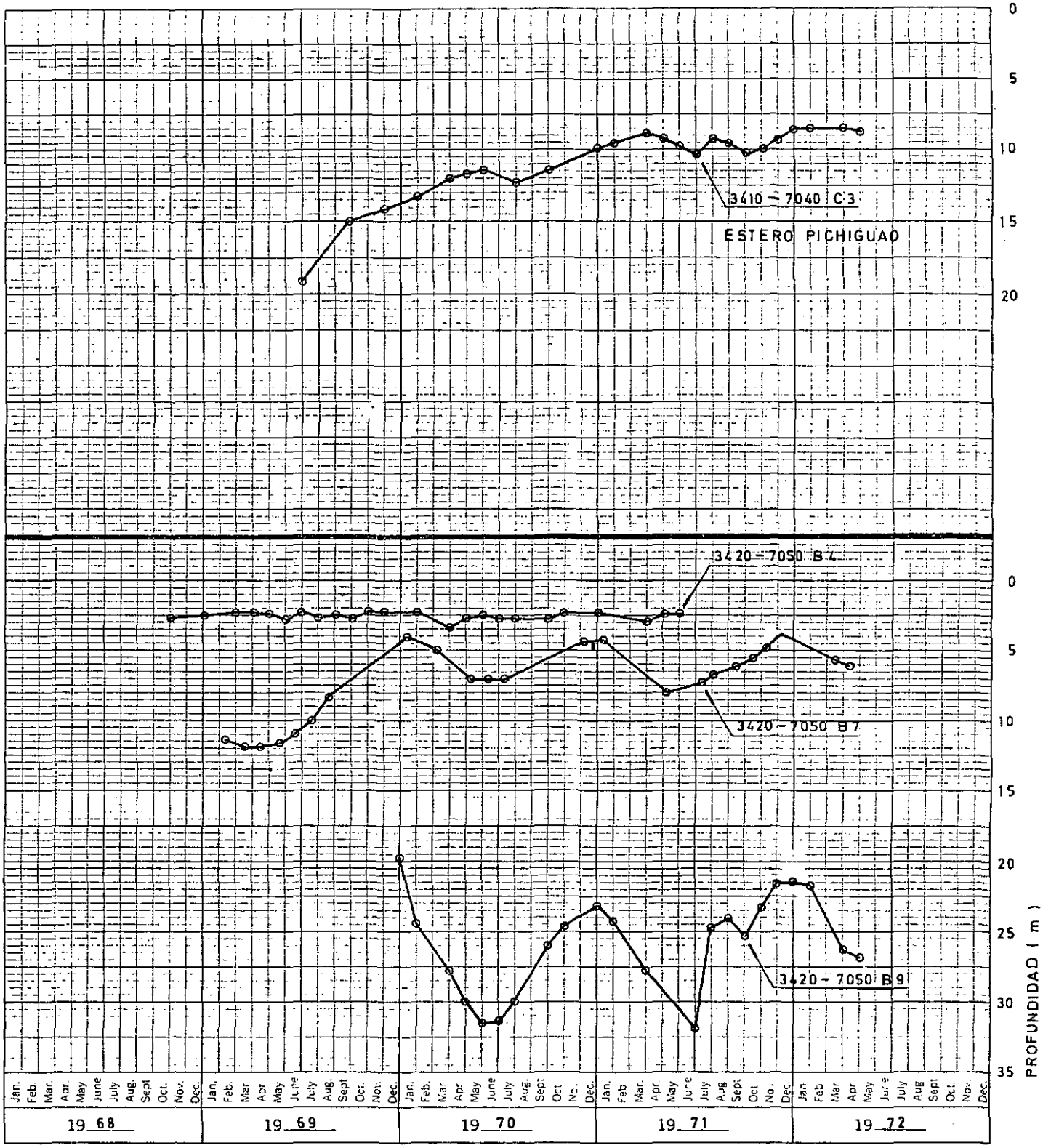
3410 - 7040-C-3 representativo del Estero Pichiguao, límite norte
3420 - 7050-B-9 al oriente de Rengo
3420 - 7050-B-7 en Rengo
3420 - 7050-B-4 al poniente de Rengo

Se observa en ellos que las mayores fluctuaciones están al oriente de Rengo, con ascensos en invierno. Las fluctuaciones prácticamente nulas a lo largo del año están en la parte baja del valle, al poniente de Rengo, donde confluyen las aguas del Cachapoal Sur, es allí área de descarga de los acuíferos.

Los limnigramas pueden observarse en el Gráfico Nº 4.

GRAFICO N° 4

LIMNIGRAMAS RIO CLARO DE RENGO



AIESA

Cachapoal 2a. Sección.

En esta sección se cuenta con 11 limnigramas, de los cuales se escogieron 4, ellos son :

3410 - 7050-B-1 en la cabecera de la 2a. Sección
3410 - 7050-A-1 en Doñihue
3410 - 7100-D-4 sobre la prolongación de los cerros de Doñihue y
3420 - 7100-A-3 al término de la 2a. Sección

Puedenobservarse en el Gráfico Nº 5.

En la cabecera de la sección, el pozo B-1 muestra una fluctuación similar aún a la de la 1a. Sección, con máximos en Febrero y mínimas en Septiembre, presenta a la vez las fluctuaciones de mayor magnitud.

En el resto de la 2a. Sección, las fluctuaciones prácticamente desaparecen, los niveles son casi constantes, cercanos a la superficie.

Cachapoal 3a. Sección.

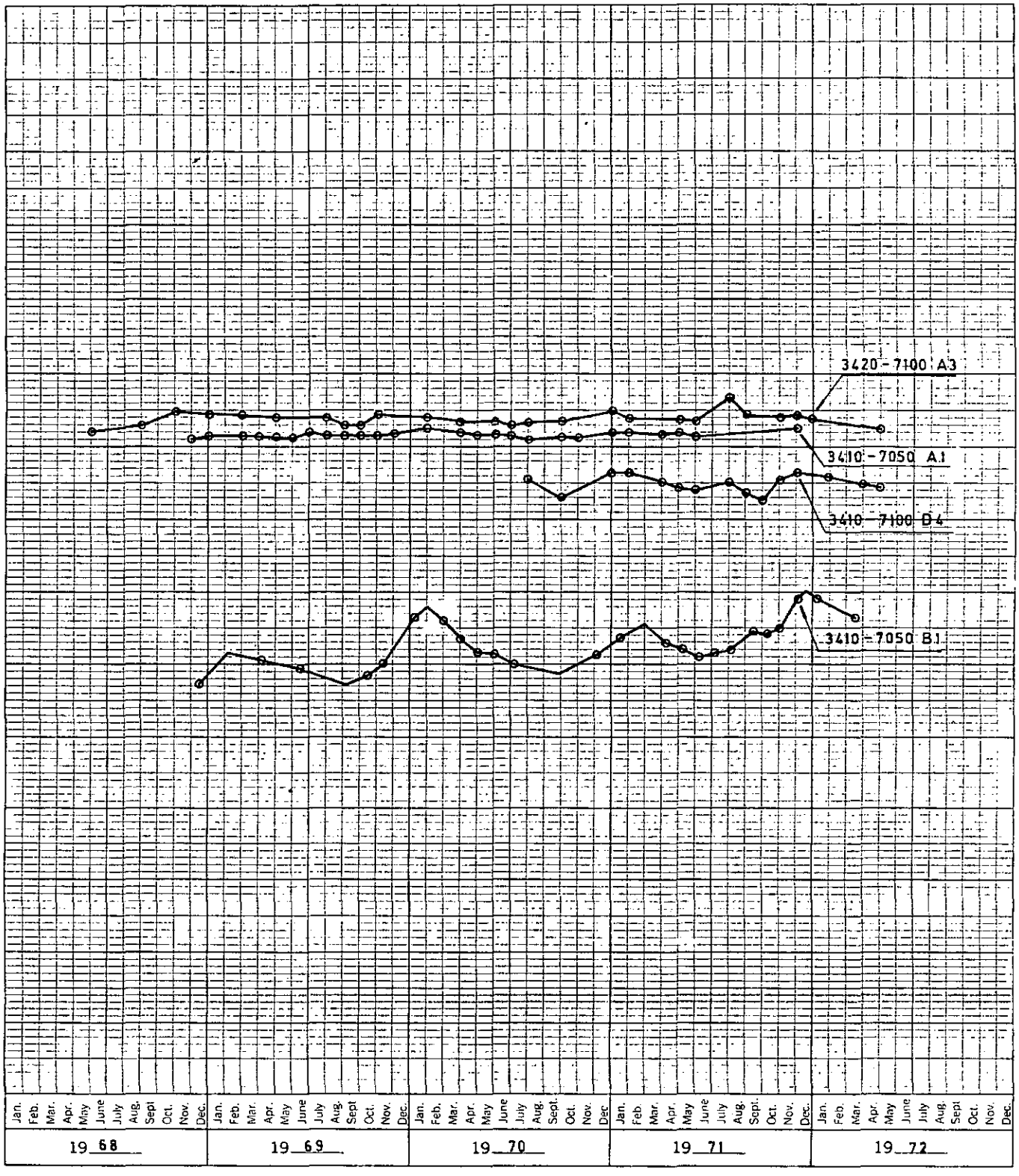
Se cuenta con 5 limnigramas, de los cuales se seleccionaron 3 como representativos del área :

3420 - 7100-A-4 en la cabecera de la 3a. Sección
3410 - 7110-C-3 en la zona central de la 3a. Sección y
3410 - 7120-D-2 al término de la Sección y vecino a la confluencia con el río Tinguiririca.

Pueden observarse en el Gráfico Nº 6.

GRAFICO Nº 5

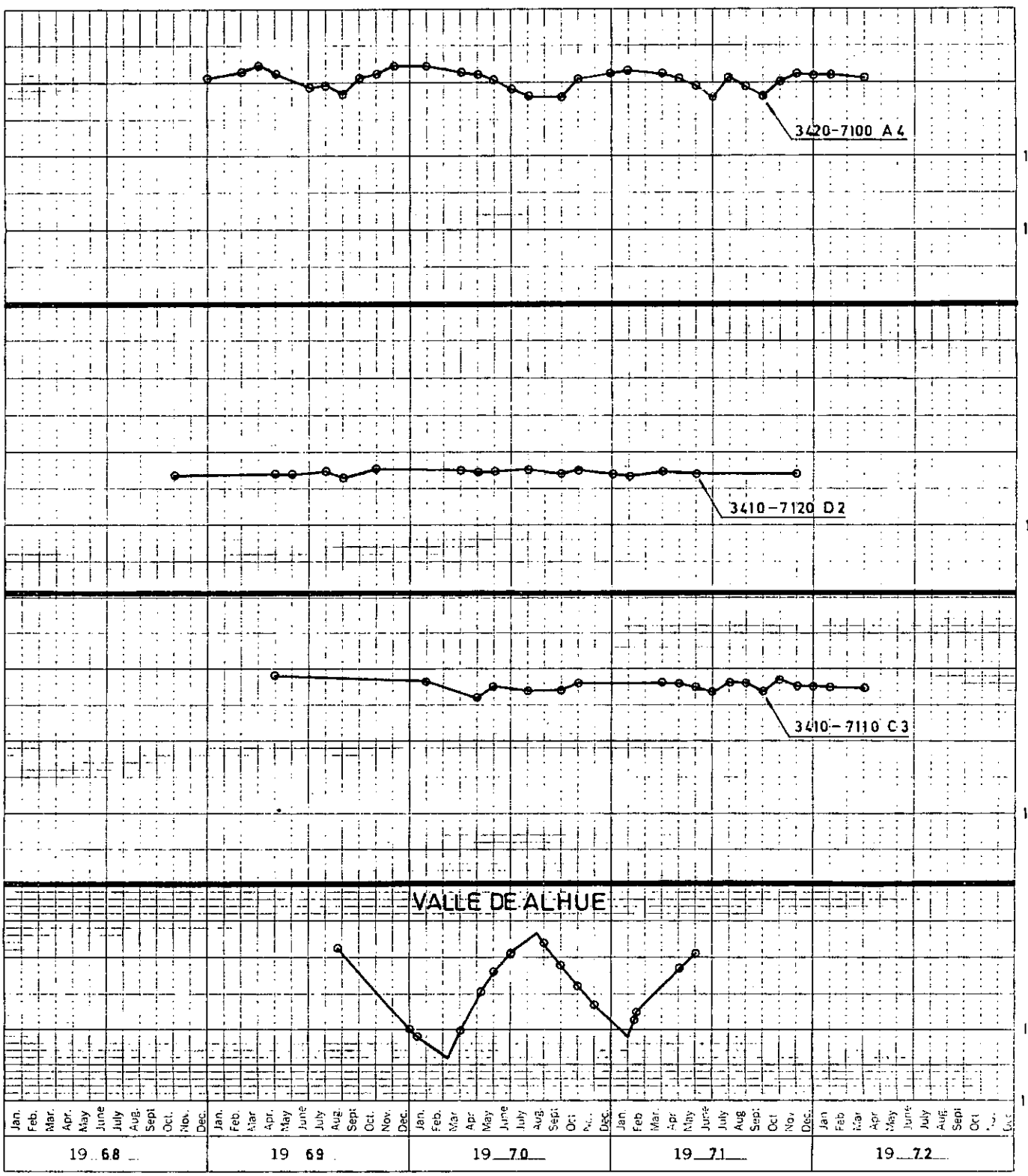
LIMNIGRAMAS CACHAPOAL 2ª SECCION



AIESA

GRAFICO Nº 6

LIMNIGRAMAS CACHAPOAL 3ª SECCION y ALHUE



AIESA

Todos ellos tienen sus niveles en los primeros 7 metros y no manifiestan oscilaciones notables, salvo en la cabecera donde existen pequeños ascensos de Octubre a Marzo.

De lo expresado hasta aquí para todo el Valle del Cachapoal, se concluye que en toda el área de riego de su 1a. Sección, los niveles freáticos de los pozos allí ubicados ascienden durante la temporada de riego y deshielo (Octubre a Marzo) evidenciando la influencia de recarga a lo menos de uno de estos factores. En el resto del valle, los altos niveles impiden observar recargas, dada la saturación existente en ellos.

Valle del Alhué.

Entre los años 1962 y 1971 se midieron niveles freáticos en 13 pozos del Valle del Alhué, en forma bastante interrumpida.

Los niveles medios se ubican entre 1 y 14 metros, oscilando no más de 6 metros en cada pozo con máximos en Octubre y mínimos (más profundos) en Febrero, lo que demuestra una recarga en invierno y una descarga por bombeo durante el período de riego. Esta situación se observa similar en todo el valle, denotando una saturación a comienzos de primavera, lo que evidencia que la recarga por lluvia es superior a la extracción del período anterior, cualesquiera que haya sido ésta.

El hecho del fuerte descenso durante el período de riego, unido a niveles freáticos altos requiere de

una buena selección del equipo motobomba que evite disminuciones notorias de caudal al aumentar la altura de bombeo.

Un limnigrama teórico, basado en mediciones obtenidas en divérsos pozos, pero representativo de la situación que se observa en el valle, se presenta en el gráfico Nº 6.

Valle del Estero Zamorano.

Existen sólo 2 limnigramas

3420 - 7050-D-6 ubicado en Pelequén, en la cabecera del valle y el

3420 -7050-C-2 ubicado aguas abajo de la confluencia con el Antivero

El pozo de Pelequén, con niveles que oscilan entre 13 y 15 metros muestra ascensos rápidos en períodos invernales demostrando su cercanía al área de recarga.

El Pozo C-2 por el contrario, con niveles cercanos a los 2 metros de profundidad, no manifiesta variaciones notorias, evidenciando área de saturación y descarga.

En general el valle del Zamorano, mostraría ciertas similitudes, en cuanto a fluctuaciones de niveles se refiere, con el valle del río Claro de Rengo.

No se estimó necesario presentar estos limnigramas.

Tinguiririca Norte.

Se cuenta con 4 limnigramas, presentándose 3 de éstos en el Gráfico Nº 7, ellos son :

3430 - 7050-D-2 Zona de ingreso del río al valle
3430 - 7050-C-3 Al oriente de San Fernando
3430 - 7050-C-7 Al sur de San Fernando

En el D-2, cabecera del valle, no se notan fluctuaciones de importancia, tiene niveles cercanos a la superficie.

El C-3, San Fernando posee niveles más profundos, 20 metros, denotando recargas en períodos de verano, al igual que en el Cachapoal.

El C-7, al sur de San Fernando, muestra niveles freáticos altos y recargas similares al C-3, pero más amortiguadas.

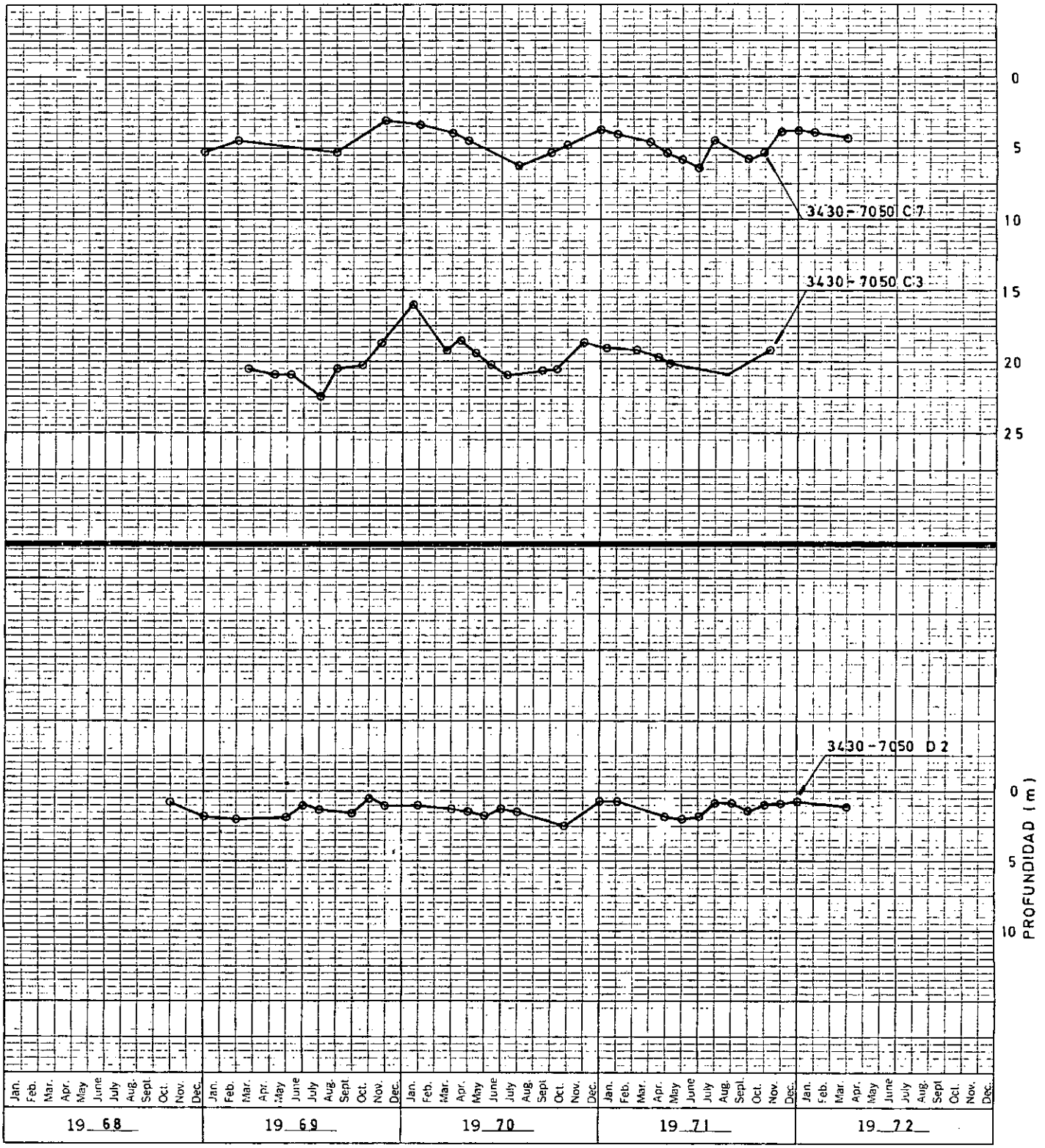
Tinguiririca Sur.

De los 7 limnigramas existentes, en el Gráfico Nº 8 se dibujaron 5; los 3 que se describen a continuación se ubican en un perfil longitudinal Norte-Sur y los 2 restantes, en otro perfil N-S vecino al Ferrocarril entre Tinguiririca y Chimbarongo.

3430 - 7050-C-5 extremo norte del sector vecino al río
3440 - 7050-A-3 al centro del sector y
3440 - 7050-C-1 al extremo sur del área, vecino a la zona de descarga del acuífero

GRAFICO Nº 7

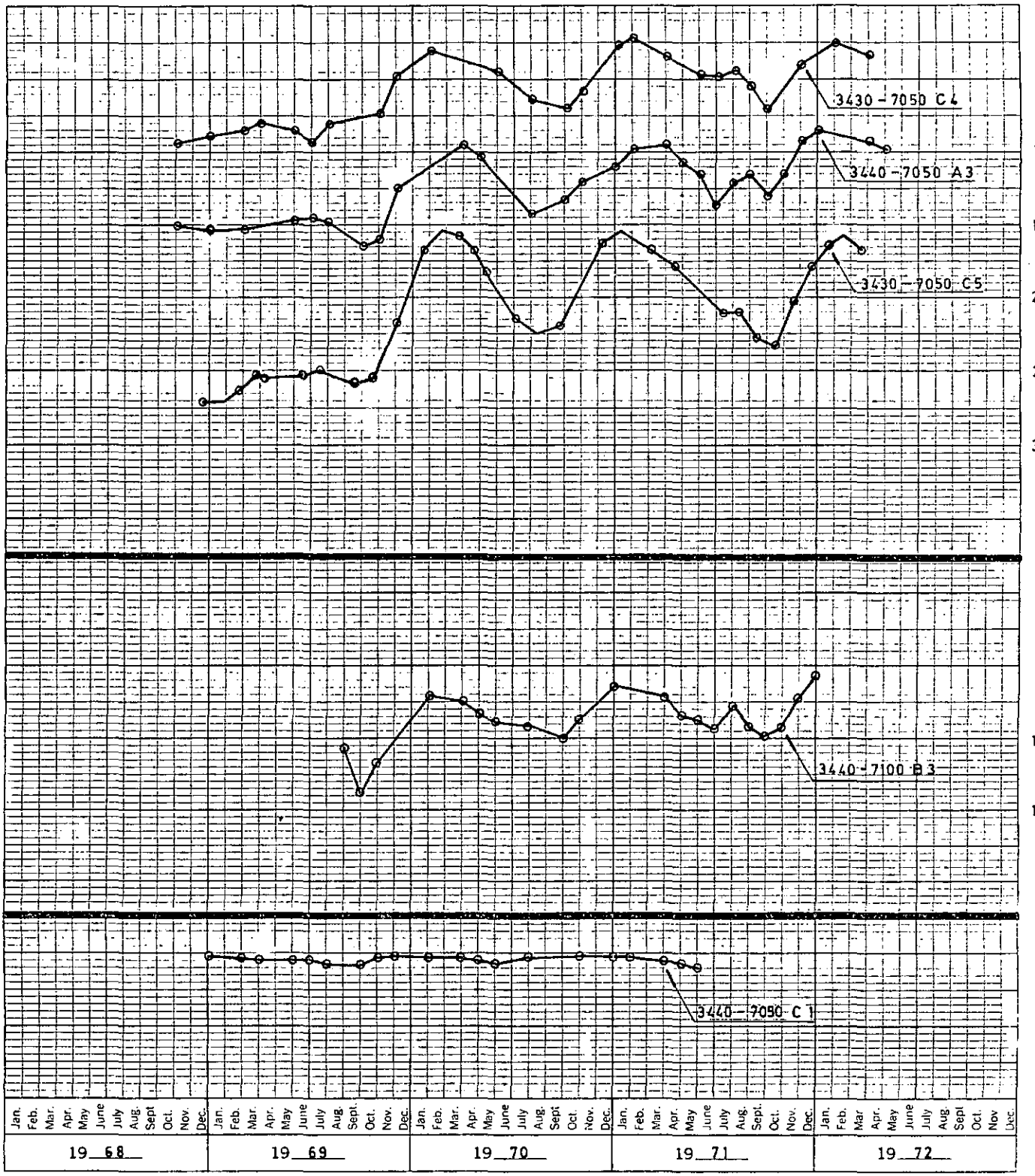
LIMNIGRAMAS RIO TINGUIRIRICA NORTE



AIESA

GRAFICO Nº 8

LIMNIGRAMAS RIO TINGUIRIRICA SUR



AIESA

Se observa en el gráfico que en el extremo Norte la recarga es notoria en el período de riego o deshielo (7 mts. de fluctuación) y en el extremo sur, ausente de fluctuaciones y con niveles cercanos a la superficie detectan área de descarga.

Los pozos 3430 - 7050-C-4 y
3440 - 7100-B-3 demuestran recargas y fluctuaciones similares a las del extremo Norte de esta área, pero amortiguadas en magnitud (5 mts.), aunque coincidentes en el período de recarga. Sus niveles freáticos se encuentran más próximos a la superficie.

Tinguiririca Central.

Existen 7 limnigramas; de ellos se dibujaron 4 en el Gráfico Nº 9 esparcidos convenientemente a lo largo del valle:

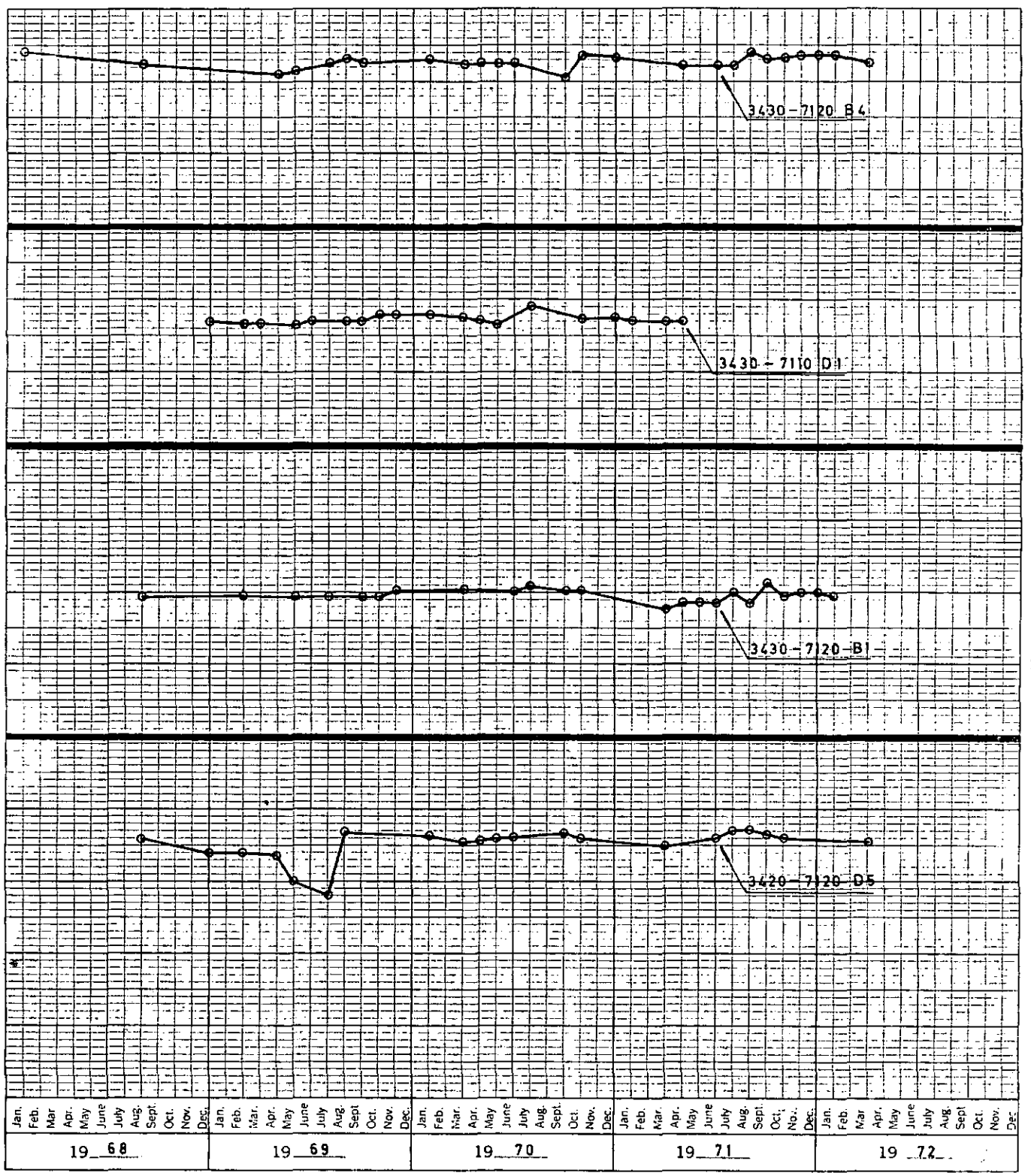
3430 - 7110-D-1 en Nancagua al centro del sector
3430 - 7120-B-1 en Palmilla
3430 - 7120-B-4 y
3420 - 7120-D-5 ambos en el Huique o parte baja del Tinguiririca

Todos ellos con niveles en los primeros 5 metros, no manifiestan fluctuaciones de interés; la condición de acuífero saturado impide observar los períodos de recarga y descarga. Se puede concluir que son acuíferos inexplotados para la potencialidad de ellos.

Sólo en el D-5, el Huique se observa la influencia de la sequía de 1969 con un pequeño descenso del nivel freático, el cual se recuperó con los primeros riegos de Septiembre.

GRAFICO Nº 9

LIMNIGRAMAS TINGUIRIRICA CENTRAL



AIESA

Tinguiririca Afluentes.

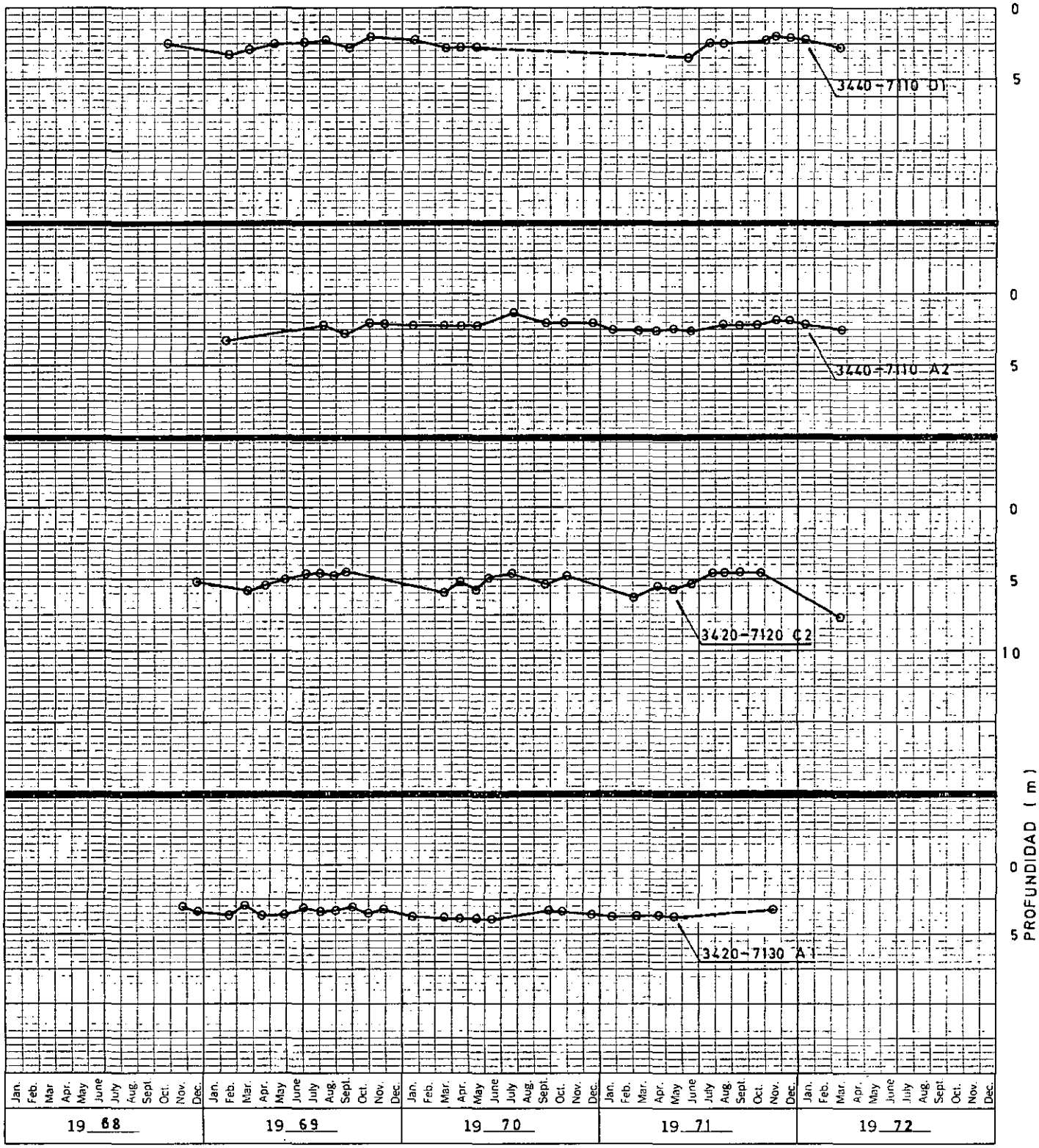
Se contaba con 10 limnigramas en esta área; se seleccionaron 4 que pueden verse en el Gráfico Nº 10, convenientemente distribuídos en la zona, ellos son :

3440 - 7110-D-1	Auquinco o cabecera del Valle del Chimbarongo, con niveles altos y poco fluctuantes
3440 - 7110-A-2	Al Este de Santa Cruz, cerca del Estero Chimbarongo, también con niveles altos, poco fluctuantes, influenciado por factores locales de recarga.
3420 - 7120-C-2	Peralillo, con niveles entre 4 y 7 metros, demuestra las recargas de invierno y las descargas por bombeo de Octubre a Marzo; por ser este pozo representativo de un área de bombeo, es el único que manifiesta claramente las influencias de las recargas y descargas
3420 - 7130-A-1	Marchigue, aunque presenta leves fluctuaciones de su nivel, logra mostrar que la recarga se produce en invierno

Al igual que en Tinguiririca Central, las zonas con acuíferos en explotación logran mostrar las recargas invernales, de magnitud superior a las descargas actuales.

GRAFICO Nº 10

LIMNIGRAMAS TINGUIRIRICA AFLUENTES



AIESA

5.4 RED DE OBSERVACION.

Para controlar las fluctuaciones del Nivel freático es conveniente medir en forma periódica (1 vez al mes) la profundidad de éste, en pozos convenientemente ubicados y distribuídos a lo largo de la hoya hidrográfica.

La Red deberá basarse, en lo posible en pozos que no estén en explotación o especialmente construídos para este objetivo y que estén suficientemente alejados de áreas de explotación para evitar así sus influencias en los niveles a medir.

En la Hoya del Rapel, CORFO controló hasta Abril de 1972 una red de pozos que cubría prácticamente toda la hoya. Del análisis de la estadística reunida se desprende la conveniencia de limitar el control a las siguientes zonas :

1.- Sector comprendido entre Graneros y Estero Las Cadenas
2.- Sector de la Carretera Panamericana comprendido entre El Estero Las Cadenas y Chimbarongo
3.- Sector comprendido entre Santa Cruz y Peralillo

En el Valle del Alhué se han detectado fuertes fluctuaciones estacionales del Nivel freático, provocadas en gran medida por la intensa explotación de los acuíferos. No se ha estimado necesario continuar controlando estos valles, en razón de ser fenómenos ya conocidos y con características estacionales y muy locales, afectando a pocos usuarios, además de las dificultades de acceso existentes.

Basado en el criterio anterior y como una primera aproximación, se propone la siguiente red de control, la

que sólo después de ser probada y ratificada en terreno, podría ser considerada como definitiva :

Coordenadas :

3400 - 7030-A-5	3420-7120-C-4
-C-2	-D-4
3400 - 7040-B-17	3420-7130-D-3
-B-20	3430-7050-A-1
-C-2	-C-4
-D-3	-C-6
-D-10	-C-11
3410 - 7040-A-6	3430-7100-D-1
3410 - 7050-D-1	3430-7110-C-1
3420 - 7040-A-9	3430-7120-A-3
3420 - 7050-B-5	-B-4
-B-7	-D-4
-C-1	-D-7
3420 - 7120-C-1	3440-7050-A-1
-C-3	3440-7100-C-1

Los factores que definen el costo de operación de esta red, son aproximadamente los siguientes :

Kms. recorridos : 600, considerando Rancagua como base de operación

Días de trabajo en terreno : 5

Días de trabajo en oficina : 0,5

6. RECARGA, MOVIMIENTO Y DESCARGA

6. RECARGA, MOVIMIENTO Y DESCARGA.

El Análisis de estos factores se hará en forma conjunta para cada uno de los sectores en que previamente se subdivió la hoya Rapel.

Su descripción y los cálculos de caudales pasantes, se basan en los antecedentes obtenidos en los capítulos anteriores, especialmente de Transmisibilidades e Isofreáticas.

Al no contar con corridas de aforos ni pruebas de infiltración en distintos sectores de la hoya Rapel, no es posible individualizar los factores de recarga y menos aún la proporcionalidad en que éstos inciden en la formación de los escurrimientos subterráneos. Con los antecedentes existentes, limnigramas y planos obtenidos, sólo resulta posible mencionar los factores de recarga que parecen ser los de mayor importancia, agrupándolos en dos grandes grupos :

- Recargas en Primavera y Verano, provenientes de regadío y/o infiltración en ríos y canales. Este tipo de recargas se observa fundamentalmente en la zona alta o "1a. Sección" de los valles Cachapoal y Tinguiririca.
- Recargas en Invierno, provenientes de infiltración de aguas lluvias. Se observan generalmente en las partes bajas y medias de ambos valles.

Es posible que en las partes altas o 1as. Secciones, también hayan recargas de Invierno, pero los limnigramas demuestran que en esos períodos predominan las des-

cargas, no evidenciando influencias de este posible factor de recarga. Análogamente en las secciones bajas, la saturación lograda al término del Invierno, no permite mostrar la influencia del riego como factor de recarga; podría decirse que si en estas zonas bajas se explotasen los acuíferos más intensamente, se inducirían recargas desde riego y desde lecho de ríos y esteros que hoy en día no se inducen debido a la saturación existente.

Cachapoal Norte :

El Plano Nº 3, Isofreáticas relativas al mar, muestra recargas provenientes del Noreste y del Este, Esteros Codegua y río Cachapoal respectivamente; en los limnigramas se observa que ellas son de Primavera y Verano.

El escurrimiento se produce hacia el Sur, no observándose en todo el sector áreas de descarga subterránea ya que el Plano Nº 2 (Isofreáticas relativas al terreno) no muestra niveles menores de 5 mt. ni esteros (La Cadena) que estén recibiendo aportes.

El caudal subterráneo saliente de este sector, hacia el Sur, puede calcularse en el perfil A-A' del Plano 2, ubicado paralelo y al sur del río Cachapoal

$$Q = 1{,}57 \text{ m3/seg.}$$

Cachapoal Sur :

El escurrimiento se produce de NE a SW como continuación del Sector Norte. Entre las localidades de Rosario

y Rengo se suma a la corriente principal el escurrimiento subterráneo del Claro de Rengo, para continuar ambos en sentido Este a Oeste.

Las recargas son de Primavera-Verano en el sector regado por la 1a. Sección del Cachapoal, no observándose desde Quinta de Tilcoco hacia el Poniente.

La descarga del acuífero se produce en el Claro de Rengo al Poniente de esta localidad y no se observan (para Marzo 1971) descargas por evaporación de suelos saturados (menos de 2 m.)

Se calcularon caudales pasantes en 3 perfiles :

B-B'	frente a Requínoa	Q = 1,59 m3/seg
C-C'	" " Quinta de Tilcoco	Q = 1,52 "
D-D'	saliente del sector	Q = 0,31 "

Puede observarse que sumando el aporte del Claro de Rengo al Caudal B-B', el Caudal C-C' muestra una diferencia de sólo 0,17 m3/seg; la diferencia de los caudales en los perfiles C y D es notoria = 1,21 m3/seg, caudal que se descarga en el río Claro.

Claro de Rengo :

El escurrimiento se produce a lo largo de su valle, de SE a NW, hasta encontrarse entre Rosario y Rengo, con el escurrimiento del Cachapoal Sur.

Las descargas del sector se producen en la parte baja del valle hacia el lecho del mismo río.

Un perfil E-E' ubicado donde el Claro entra al Valle Central acusa un caudal subterráneo en escurrimiento de sólo 0,10 m3/seg.

Las recargas son de Invierno en las partes alta y central del valle, siendo la parte baja un área de descarga.

Cachapoal 2a. Sección :

Las aguas subterráneas de este sector escurren en el sentido del valle actual; ingresan desde la 1a. Sección y se descargan en su parte inferior tanto por evapotranspiración en su sección baja como por descarga de los acuíferos al río, antes de ingresar a la 3a. Sección.

En la parte alta del sector hay recarga de Primavera-Verano. En el resto predominan los acuíferos saturados.

Las pendientes son : 4% en la cabecera; 8‰ en Doñihue y 4‰ en la parte baja.

El caudal entrante, medido en la sección F-F' alcanza a 0,86 m3/seg y el caudal saliente en G-G' a 0,75 m3/seg.

Se desprende de estas cifras que el caudal que aflora al río en este sector, es despreciable; no ocurre así

cerca de la confluencia del Claro con el Cachapoal ya que allí la descarga sería :

$$Q_G + Q_D - Q_H =$$

$$0,75 + 0,31 - 0,32 = 0,74 \text{ m3/seg.}$$

Zamorano :

Con escurrimientos de Oriente a Poniente, a lo largo del valle del mismo nombre, con recargas poco apreciables dada la saturación existente, parecen provenir principalmente del regadío en su área.

Recargas desde las zonas altas no son de importancia, salvo la que puede ingresar desde El Claro por Malloa.

Las descargas se producen por evaporación y por afluencia al Cachapoal en la parte baja.

El perfil I-I' en su sección media acusa un caudal subterráneo pasante de 0,79 m3/seg. el que sumado al del perfil H-H' (0,32 m3/seg.) y comparando con el caudal entrante a la 3a. Sección (0,39 m3/seg.), dá una descarga de 0,72 m3/seg. en el tramo final de este sector.

Se desprende entonces que en la zona inmediatamente superior al inicio de la 3a. Sección, habría un aporte subterráneo cercano a 1,5 m3/seg., aporte del acuífero al caudal superficial del río.

Cachapoal 3a. Sección :

Del caudal subterráneo que ingresa a la sección, 0,39 m3/seg., salen de ella solo 0,08 m3/seg. El resto lo hace por evaporación y descarga al cauce del río.

El escurrimiento es en el sentido del valle con una pendiente media del 3%o.

Las recargas son : de Primavera-Verano en la cabecera de la sección; allí también se aprecia la recarga de invierno en años de mayor precipitación.

Para el resto de la sección, casi toda ella, la saturación acuífera no permite observar recargas, debiendo existir una potencialidad por ambos tipos de recargas.

Las descargas serían por evaporación en gran parte de este sector, especialmente en las zonas media y baja.

Alhué :

Tanto el caudal subterráneo entrante al valle, como el saliente (Q = 0,04 m3/seg.) son de escasa magnitud y no demuestran un escurrimiento propiamente tal.

Las recargas se producen por precipitaciones de invierno y las descargas por bombeo desde pozos durante Primavera-Verano y por evaporación en las áreas carentes de explotación.

Las recargas de invierno generalmente han excedido a las descargas por bombeo, existiendo anualmente una adecuada recuperación de los niveles freáticos, tal como lo demostró el limnigrama representativo del sector.

Tinguiririca Norte :

El escurrimiento se produce desde SE a NW, a lo largo del valle actual, con pendientes del 12‰ desde el ingreso del río al valle, hasta San Fernando y 7‰ desde esta ciudad hacia el norte.

La recarga es del tipo Primavera-Verano con mayores fluctuaciones en la cabecera del valle y sin evidenciar descargas por evaporación.

Las descargas se producen como :

- Aporte del acuífero al cauce superficial de los Esteros Antivero y Roma, de escasa importancia y
- Caudal subterráneo pasante al sector Tinguiririca Centro por el perfil M-M' de 0,28 m3/seg.

Tinguiririca Sur :

El escurrimiento va de Norte a Sur, desde el río hacia Convento Viejo, con pendientes del 10 al 6‰.

La recarga es de Primavera-Verano en todo el sector, salvo en las vecindades de Convento Viejo donde la saturación se lo imposibilita, haciéndose presente allí descarga por evaporación y por aporte al cauce superficial de

los Esteros Chimbarongo y El Molino.

El caudal subterráneo pasante por el perfil N-N' ubicado al Norte de Chimbarongo, al centro del sector, es de

$$Q = 0,44 \text{ m3/seg.}$$

El relativamente bajo caudal obtenido para este sector, se debe a los bajos valores de permeabilidad allí existentes.

Chimbarongo Alto - Zona Costera de Rapel :

No existe información como para describirlos en forma similar a los otros sectores.

Tinguiririca Centro :

El escurrimiento, en la dirección del valle, se produce con una pendiente media del 4,5‰ desde San Fernando a Cunaco y del 1,5‰ desde Palmilla a Juntas con el Cachapoal.

Esta escasa pendiente y las bajas transmisibilidades existentes en el sector (menores a 1000 m2/día) imposibilitan escurrimientos de importancia. El caudal pasante por los perfiles M-M' y O-O' (Palmilla), así lo demuestran, son 0,28 y 0,08 m3/seg. respectivamente.

La situación se complementa con niveles freáticos altos, provocando descarga por evaporación, más que por descarga al río.

Una explotación del acuífero en esta área deberá basarse en depresiones locales y recargas de Invierno y aún de Primavera-Verano durante la explotación del acuífero.

Tinguiririca Afluentes :

De escurrimiento similar al sector anterior, y con una pendiente media del 2,5‰ desde Auquinco a Palmilla y del 2,0‰ en el resto del sector.

Las permeabilidades son menores aún que las del sector anterior, por lo cual no es posible lograr caudales pasantes superiores a los 0,10 m3/seg. en perfiles a través del valle.

Las recargas son por precipitaciones de Invierno y las descargas por evaporación durante Primavera-Verano.

Una explotación de estos acuíferos debe basarse en las posibilidades de recuperación por infiltración de las lluvias.

7. EXPLOTACION ACTUAL Y FUTURA

7. EXPLOTACION ACTUAL Y FUTURA.

Para un buen conocimiento de la explotación actual se hubiese requerido efectuar una encuestra a los propietarios de los 299 pozos profundos, dirigida a conocer la magnitud del bombeo a que se somete cada pozo; magnitud tanto en cantidad de lts/seg. como en tiempo real de bombeo.

En este tipo de encuesta se requiere aforar el caudal instantáneo bombeado, lo que resulta de difícil ejecución pues son muchos los casos en que los pozos están directamente conectados a estanques, redes, industrias, etc. que impiden una visión clara del caudal bombeado.

Encuestas de este tipo se han realizado muy pocas a lo largo del país, a nivel de hoya hidrográfica, resultando también difícil obtener de ellas algunas conclusiones que pudiesen hacerse extensivas a la hoya del Rapel. Se conoce de encuestas en Copiapó y Aconcagua.

El caso del valle del Copiapó no es extrapolable, dado que por su condición de área desértica, el regadío es intenso y durante todo el año, totalmente diferente al Rapel donde el regadío por aguas subterráneas es sólo complementario de las aguas superficiales.

La explotación de aguas subterráneas en el valle del Aconcagua es de características similares a las del Rapel, aunque más intensa, por ser un valle que sufre más constantemente de escasez. Los valores de la encuesta Aconcagua se utilizarán como criterio en este estudio.

7.1 EXPLOTACION POTENCIAL.

Se ha denominado explotación potencial al caudal máximo obtenido en la prueba de bombeo de cada pozo, cuando éste fue probado al término de la construcción.

Los caudales expresados en lts/seg., se obtuvieron del catastro de pozos y se presentan en la Tabla Nº 3; en ella se aprecian los caudales potenciales para los 13 sectores de la hoya, divididos en Regadío (R), Agua Potable (P) e Industriales (I) y cada uno de éstos en : utilizables; sin uso actual (SU), pero de posible uso futuro mediante reparación o complementación de equipos y Abandonado (AB), significando este último la imposibilidad de recuperarlo.

Por lo expresado, en la Tabla Nº 3 se presentan las cifras del catastro sólo para los pozos utilizables y los sin uso.

Los números entre paréntesis indican la cantidad de pozos existentes.

T A B L A Nº 3

EXPLOTACION POTENCIAL

SECTOR	R	R-SU	P	P-SU	I	I-SU	Totales (Incluye Abandonados)
Cachapoal Norte	299 (6)	11 (1)	393 (15)	163 (4)	372 (11)	0 (0)	1.248 (38)
Cachapoal Sur	22 (1)	210 (2)	403 (16)	107 (4)	70 (4)	0 (1)	812 (29)
Cachapoal 2a.	184 (2)	0 (1)	206 (10)	140 (2)	30 (2)	70 (1)	630 (18)
Cachapoal 3a.	338 (8)	130 (2)	195 (8)	204 (5)	0 (0)	0 (0)	867 (23)
Claro de Rengo	190 (5)	0 (0)	286 (10)	92 (4)	129 (5)	0 (0)	697 (26)
Zamorano	147 (5)	0 (0)	175 (8)	24 (2)	70 (1)	70 (2)	498 (22)
Tinguiririca Norte	41 (2)	0 (0)	131 (4)	56 (2)	139 (4)	45 (1)	416 (15)
Tinguiririca Sur	138 (3)	0 (0)	72 (6)	43 (3)	55 (2)	0 (0)	330 (16)
Tinguiririca Centro	887(12)	315 (4)	205 (7)	195 (5)	30 (1)	0 (0)	1.702 (36)
Tinguiririca Afluente	838(13)	115 (2)	88 (9)	104 (7)	0 (0)	32 (4)	1.177 (44)
Chimbarongo Alto	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (1)	0 (0)	0 (0)	1 (1)
Alhué	801(16)	102 (2)	6 (1)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	917 (27)
Rapel Desembocadura	0 (0)	0 (0)	8 (1)	55 (2)	0 (0)	0 (0)	65 (4)
T o t a l e s	3.885(73)	883(14)	2.168 (95)	1.184(41)	895(30)	217 (9)	9.360 (299)

De la tabla se observa que la mayor cantidad de pozos es con fines de agua potable, ligeramente superior en número a los de regadío, aunque éstos los superan en caudal potencial.

Por sectores se observa que :

- Tinguiririca Centro y Afluentes son los con mayor potencial y básicamente de regadío. Alhué es similar a los anteriores. Estos 3 sectores representan los centros de mayor extracción por bombeo dada la escasez de agua superficial que normalmente sufren durante el período de riego.

- Cachapoal Norte y Sur son los 2 sectores de mayor explotación con finalidad de agua potable (Zona Rancagua). En el resto de la hoya, salvo los 3 últimos sectores, los caudales potenciales para agua potable son similares.

7.2 EXPLOTACION ACTUAL.

Como se dijo anteriormente, para obtener el uso actual se hubiese requerido de una encuesta apropiada. El caudal potencial no guarda relación con el uso actual y aún no siempre el equipo de bombeo instalado iguala en caudal al obtenido en la prueba de bombeo, siendo en muchas ocasiones inferior a éste.

Como relación de interés, obtenida en el Valle del Aconcagua en 1969, año de sequía, se dan a continuación los valores porcentuales para los diversos tipos de uso, entre los caudales potenciales y los caudales medios anuales realmente explotados y obtenidos por encuestra directa al usuario :

Regadío	5 - 15 %
Agua Potable	50 - 60 %
Industrial	20 %

En otros capítulos del estudio de Rapel, hecho por esta Oficina para esa Comisión, se han calculado los caudales actualmente explotados y las necesidades para el año 2005 de los Usos Potable e Industrial. Sólo para el Regadío se requerirá de una presunción basada en las cifras de Aconcagua.

7.2.1 **REGADIO.**

En la encuesta Aconcagua se concluyó que para sectores del valle con escasa explotación subterránea, por ser ésta sólo un complemento eventual de la superficial, el porcentaje fluctuaba entre 0 y 10; por el contrario en sectores que normalmente sufren escasez, el porcentaje fluctuaba entre 10 y 20.

En valles del Norte Chico, con un mayor número de meses anuales de explotación, el porcentaje oscila alrededor del 20 a 25 y en Copiapó es aún superior.

Como alcance general, cabe recordar que en la zona central normalmente se riega de Septiembre a Marzo (7 meses) y en estos 210 días, no más de 160 son de trabajo y ellos sólo con 8 a 10 horas diarias. Por lo tanto, si un pozo se utilizase durante 160 días de 8 horas diarias, al año, sólo se utilizaría un 15% de su potencialidad.

Teniendo en cuenta los requerimientos de riego y la escasez eventual de agua superficial en la hoya Rapel, por cada sector de ésta, se presenta a continuación la Tabla Nº 4 con los presuntos caudales actualmente extraídos para regadío.

TABLA Nº 4

PRESUNTOS CAUDALES ACTUALES DE REGADIO

Sector	Caudal Potencial (l/s)	Valor Porcentual Presunto	Caudal Actual Presunto (l/s)*
Cachapoal Norte	299	10	30
" Sur	22	5	1
" 2a.	184	5	9
" 3a.	338	5	17
Claro de Rengo	190	15	29
Zamorano	147	10	15
Tinguiririca Norte	41	10	4
" Sur	138	5	7
" Centro	887	15	133
" Afluentes	838	15	126
Chimbarongo Alto	0	-	0
Alhué	801	15	120
Rapel Desembocadura	0	-	0
T o t a l			491 ≈ 12,6%

(*) Se trata del promedio anual extraído por bombeo.

7.2.2. AGUA POTABLE.

Del capítulo correspondiente a "Uso Urbano del Agua" en "Producción y Consumo" se obtienen para Diciembre 1975 los siguientes caudales medios anuales, explotados desde pozos profundos :

a) Servicios "Sendos"

Ciudad	Producción Actual (lts/seg.)
Rancagua	222
San Fernando	73
Rengo	29
Santa Cruz	26
Graneros	27
Chimbarongo	7
Peumo	11
Lo Miranda	5
Las Cabras	6
Nancagua	8
Requínoa	8
Chépica	4
Peralillo	6
Codegua	5
Doñihue	4
Pichidegua	3
Olivar Alto	3
Quinta de Tilcoco	4
Rosario	3
Placilla	2
Población	2
Pelequén	2
	460 lts/seg.

b) Servicios Rurales Existentes y en Instalación

Figuran 35 servicios existentes y 14 en instalación. Se considera que ellos sirven poblaciones no mayores a 1.000 habitantes y que abastecen con dotaciones del orden de 150 lts/habitante/día, se tendrá un consumo medio anual de 60 lts/seg.

Más adelante y en conjunto con el uso actual Industrial, se presentan en la Tabla Nº 5 divididos por sectores de la hoya.

Se puede observar que el 57% de la explotación con fines urbanos se consume entre las 2 ciudades más grandes de la hoya; el 18% entre otras 4 ciudades y el 25% restante se reparte entre 65 localidades y pueblos de menor población.

7.2.3 **INDUSTRIAL.**

Del capítulo correspondiente a "Consumo de Agua Industrial en la Hoya Rapel", se obtuvieron los siguientes comentarios y cuadro resumen :

"Si se considera que en materia de uso urbano recién se ha reiniciado una estadística de consumos, resulta más difícil esperar información del consumo industrial debido a que gran parte del consumo de agua está en pocas industrias grandes que poseen sus propios pozos y que no los controlan".

"En todo caso, las estimaciones hechas a través de los datos de capacidad de las captaciones para la industria (catastro) y de cifras de producción industrial, permiten asegurar que el total de consumo de agua industrial es una pequeña proporción del total del agua usada en la cuenca".

"CUADRO RESUMEN DE CONSUMO INDUSTRIAL"

Industria	Caudal Pozo (lts/seg.)	Consumo de Agua estimado miles m3/año	Capacidad Potencial Utilización (%)
Conserv. - Malloa	70	331	15
Coop. - Marchigue	15	71	15
Chiprodal - Graneros	32	151,3	15
Frutícola - El Olivar	10	47,3	15
Viña Sta.Blanca-Rancagua	15,3	20	5
Viñex -El Olivar	30	20	2
Indura -Graneros	25,8	203,4	25
El Teniente-El Olivar	30	141,9	15
ENAP - San Fernando	26,6	125,8	15
Indac -Rengo	40	315,4	25
Ticino -Rengo	10	47,3	15
Barrio Industrial Rcga.	60	283,8	15
FIAT - Rancagua	48	227,1	15

A estos comentarios y cuadro resumen, deben agregarse los siguientes pozos Industriales que aparecen en el catastro :

72.

Industria	Caudal Pozo (lts/seg.)	Capacidad Potencial Utilización (%)	Observación
Chiprodal - Graneros	55	0	Pozo de reserva
Matadero - Rancagua	40	2	Poco uso
Fdo. San Pedro - Rancagua	8	2	Poco uso
FIAT - Rancagua	40	0	Pozo de reserva
Asent. C.Cortes- Rancagua	44	2	Poco uso
El Teniente - Rancagua	4	5	-
Fdo. El Bosque - Doñihue	15	5	Gallineros
Ticino - Rengo	27,5	0	Pozo de reserva
ENAP - San Fernando	22,5	0	" "
ENAP - San Fernando	26,6	0	" "
Fdo. S. Enrique-Chimbarongo	30	2	Poco uso
Las Garzas - Chimbarongo	25	2	" "
Pta. Siles - Nancagua	30	2	" "

Todos ellos se resumen en la Tabla Nº 5, agrupados por sectores.

7.2.4 USO ACTUAL TOTAL POR SECTOR.

Considerando ambos listados de pozos Industriales y lo expresado en Uso Urbano y Regadío, se ha confeccionado la siguiente Tabla Nº 5 "Presuntos Caudales Actuales de Agua Subterránea Explotada por Sector de la Hoya Rapel".

TABLA Nº 5

CAUDAL ACTUAL PRESUNTO

(lts/seg.)

Sector	Regadío	Uso Urbano	Industrial	Total
Cachapoal Norte	30	258	30	318
" Sur	1	18	7	26
" 2a.	9	17	1	27
" 3a.	17	21	0	38
Claro de Rengo	29	35	12	76
Zamorano	15	4	10	29
Tinguiririca Norte	4	78	4	86
" Sur	7	14	1	22
" Centro	133	40	1	174
" Afluentes	126	28	2	156
Chimbarongo Alto	0	1	0	1
Alhué	120	2	0	122
Rapel Desembocadura	0	4	0	4
T o t a l	491	520	68	1.079

Comparando la Tabla Nº 3 "Explotación Potencial" con la Tabla Nº 5 "Caudal Actual Presunto", se observa lo siguiente :

- La relación entre uso actual y caudal potencial de los pozos existentes alcanza sólo al 15% para toda la hoya del Rapel, en regadío es el 12,6%; en Uso Urbano es el 24% y en Industrial el 7,6%.

- En Cachapoal Norte, Sur y 2a; Tinguiririca Norte y Rapel Desembocadura, el uso urbano es el de mayor importancia.
  En Tinguiririca Centro y Afluentes y en Alhué el regadío es el uso mayoritario.
  En los otros 5 sectores el tipo de uso es compartido.

- Las cifras totales de uso actual por sector, no presenta valores significativos si se le compara con los caudales pasantes subterráneamente y con los volúmenes almacenados y capacidad de recarga.
  Una excepción a esta regla es el sector Alhué donde el caudal actualmente explotado es del orden del caudal factible de explotar allí. En caso de tratar de explotar mayores caudales, deberá efectuarse en este sector un estudio más detallado con pozos y pruebas de bombeo especialmente construídos para este objetivo.
  Para Tinguiririca Centro y Afluentes, la explotación actual es baja si se considera que ella está esparcida a lo largo de los sectores; sería diferente si estuviese concentrada. Este alcance resulta aplicable a Cachapoal Norte donde la mayor explotación se concentra en el Uso Urbano de Rancagua, situación que deberá tenerse presente en el futuro, debiendo programarse nuevos "recintos" para abastecer la ciudad.

7.3 USO FUTURO.

7.3.1 REGADIO.

Acorde con el Gráfico Nº 1 "Desarrollo Histórico", se considera que el año 2000 existirá el doble de pozos que en la actualidad, lo que significa un crecimiento anual del 3%. En esta cifra no se han tomado en consideración

planes extraordinarios de regadío con aguas subterráneas, como los que se propongan en este informe u otros.

No es posible presumir qué sectores crecerán con tasas superiores al 3% y cuales con tasas inferiores, por lo cual se han hecho extrapolaciones por sector con tasa media del 3%, o sea 2,43 veces para los 30 años del período 1975-2005.

Los resultados de esta extrapolación aparecen en la Tabla Nº 6 que se acompaña más adelante.

Se ha considerado en este criterio que el incremento de seguridad de riego, que debe irse dando en el futuro para la implantación de frutales y cultivos especializados, se logrará en gran medida con las obras hidráulicas de regulación y conducción de aguas superficiales no impactando severamente en los recursos subterráneos.

7.3.2 USO URBANO.

Del estudio efectuado por esta oficina para la hoya Rapel, en su capítulo "Demanda de Agua Diferente de Riego", Cuadro Nº 11, se extrajo la cifra de consumos medios diarios, se expresó ésta en lts/seg. de caudal medio anual y se le agrupó por sectores, presentando su resultado en la Tabla Nº 6.

7.3.3 INDUSTRIAL.

En el estudio citado recientemente, en su punto 2.3 se supone que la demanda de aguas subterráneas

industriales crecerá a razón de 2,4% anual, o sea 2,02 veces para el período 1975-2005. Allí se expresan los consumos totales anuales, los que alcanzarán a 4.010.000 m3 para el año 2005, esta cifra se presenta en la Tabla Nº 6 dividida para los diversos sectores de la hoya Rapel.

TABLA Nº 6

USO FUTURO DEL AGUA SUBTERRANEA

(Año 2005)

Sector	Caudal Medio Anual (lts/s.) Regadío	Uso Urbano	Industrial	Total
Cachapoal Norte	73	1.123 (*)	60	1.256
" Sur	2	68	14	84
" 2a.	22	46	2	70
" 3a.	41	60	0	101
Claro de Rengo	70	86 (*)	24	180
Zamorano	37	36	20	93
Tinguiririca Norte	10	167 (*)	8	185
" Sur	17	53	2	72
" Centro	323	130 (*)	2	455
" Afluentes	306	42	4	352
Chimbarongo Alto	0	10	0	10
Alhué	292	7	0	299
Rapel Desembocadura	0	10	0	10
T o t a l	1.193	1.838	136	3.167

(*) En estas cifras ya se excluyó el aporte de drenes y vertientes.

7.3.4 GENERALIDADES.

- El 40% del consumo futuro total de la hoya Rapel se ubicará en Cachapoal Norte y especialmente en el Uso Urbano de Rancagua.
- Tinguiririca Centro, Afluentes y Alhué serían las áreas de mayor explotación para regadío; Alhué requerirá de estudios más detallados si se desea explotar los 299 lts/seg. previstos.
- El uso urbano representará el 58% del consumo total; el uso industrial será el 4% y el regadío el 38% restante.
- En el futuro deberá considerarse la explotación de aguas subterráneas para usos múltiples y en conjunto con las aguas superficiales, con el fin de incrementar los recursos totales de agua posibilitando el transporte de aguas a cuencas vecinas, especialmente al Maipo.
- Para abastecer de agua potable a las ciudades y pueblos de la Hoya en el año 2005, el agua subterránea no presenta problemas en cuanto a la cantidad requerida en cada caso. Especial consideración merece Rancagua que solicita al acuífero la cantidad de 1.123 lts/seg., cifra que no será posible obtenerla de un solo recinto. Para esto deberán considerarse en el futuro por lo menos 4 recintos :
  - El actual del estanque vecino a la carretera
  - Uno a ubicarse en el Camino a Machalí, más cercano a Rancagua que el recinto Nogales
  - En el sector del Barrio Industrial o acceso Norte a la ciudad

- Al Poniente de la ciudad, sector del Matadero
  En una sectorización de la ciudad, acorde a estos recintos de abastecimiento, no debería haber dificultades de abastecimiento.

7.4 ZONAS DE EXPLOTACION FUTURA.

La hoya del Rapel presenta en general buenas condiciones para explotar aguas subterráneas: permeabilidades buenas y altas; niveles estáticos en general próximos a la superficie (salvo en las vecindades del río Cachapoal); factores de recarga aún no utilizados, debido a niveles freáticos altos; ninguna sobreexplotación existente; etc.

Se puede decir que dejando de lado las zonas vecinas a los cerros, la hoya presenta condiciones favorables de explotación en casi todos sus sectores :

- Cachapoal Norte presenta buenas condiciones cerca de Graneros y hasta el Barrio Industrial Rancagua, cerca de Rancagua se reservaría para Agua Potable; la zona de Codegua es desfavorable por baja Permeabilidad.
- Cachapoal Sur presenta buenas condiciones al sur de Requínoa. Al Norte de Requínoa es inconveniente por la gran altura de elevación.
- Claro de Rengo no presenta buenas condiciones de permeabilidad como para una explotación masiva.
- Cachapoal 2a. y 3a. Sección son aptos para explotación más intensiva, salvo en las vecindades de Doñihue.

- Zamorano, prácticamente inexplotado, puede proporcionar un caudal subterráneo de interés.
- Tinguiririca Norte y Alhué deberían considerarse con cifras topes las dadas como explotación futura (año 2005).
- Tinguiririca Sur presenta buenas condiciones.
- Tinguiririca Centro también tiene buenas condiciones para explotaciones locales de importancia.
- Tinguiririca Afluentes - por su magnitud de áreas e independencia entre sus zonas debido a las bajas permeabilidades pueden significar volúmenes importantes a extraer siempre que se consideren zonas suficientemente separadas entre sí.
  Especial interés tiene el área de Población y El Huique.
- De Chimbarongo Alto no se puede decir nada por falta de pozos y antecedentes; aparenta ser un área interesante en su parte baja y
- Rapel en desembocadura deberá explotarse con extremo cuidado por la intrusión salina si se pretenden obtener de él caudales considerables.

A N E X O - A

ANEXO Nº 1

REGISTRO DE POZOS PROFUNDOS

①

Sector y Cuadrante	Predio	Propietario	Profundidad Perforada	Profundidad Habilitada	Ranurados	Diámetro Cañer. Pulg.	Altura c/r al mar	Basamento roca	Uso	Prueba Bombeo Caudal (lt/seg)	Nivel Bombeo (m)	Nivel Estático (m)	Descenso (m)	Transmisividad por Gasto Esp.	Transmisividad por Bombeo	Análisis Químico
3400-7030	CACHAPOAL NORTE:															
A-5	Fdo. Sta. Filomena	Charles Berriman	40	40	M 14.00- 40.00	8-6	542.31	-	P	0.5	33.0	14.5	18.5	5	-	-
C-1	Asent. C. Cortés	CORA	58	57	M 23.50- 57.00	12-10	501.89	-	R	74.0	24.0	15.5	8.5	1.500	-	-
C-2	Asent. C. Cortés	CORA	66	66	M 11.50- 66.00	12	503.21	-	RSU	11.0	57.7	13.0	24.7	60	-	-
3400-7040																
B-2	Fábrica Chiprodal	CHIPRODAL	56	55	M 11.61- 53.00	13⅜	473.72	-	I	32.0	10.4	1.8	8.6	600	-	-
B-6	Pueblo La Compañía	S N S	19	19	M 8.00- 16.50	8	492.69	-	PSU	10.0	2.2	1.7	0.5	3.700	-	-
B-9	A. P. Graneros	D O S 788	60	60	M 13.68- 56.00	13⅜	479.87	-	P	25.0	8.1	4.7	3.4	1.300	-	AQ
B-10	A. P. Graneros	D O S 764	60	59	M 13.50- 55.50	13⅜	481.29	-	P	25.0	9.8	6.0	3.8	1.200	-	-
B-16	Huerto Fénix	Alejandro Herrera	48	47	39.60- 47.60	10-8	503.60	-	R	45.0	14.5	8.6	5.9	1.400	-	-
B-17	INDURA	INDURA	42	42	31.64- 40.75	10	472.68	-	I	25.8	17.0	12.5	4.5	1.000	-	-
B-20	Parcela Las 2 Marías	Augusto Fonseca	34	34	31.50- 33.50	14	506.23	-	R	5.0	28.9	23.0	5.9	135	-	-
B-21	Pueblo La Compañía	S N S	91	90	M 25.00- 68.00	10	±493	-	P	20.0	28.1	14.8	13.3	200	350	-
B-22	Fábrica Chiprodal	CHIPRODAL	60	60	M 11.00- 56.00	12	±473	-	I	55.0	11.0	4.6	6.4	1.000	1.235	-
C-1	Matadero Frigorífico	CORFO	90	90	55.00- 87.00	10	485.59	-	I	40.0	50.5	50.0	0.5	15.000	15.640	-
C-2	Fundo San Pedro	Gonzalo Vial	70	70	45.28- 69.00	8	473.62	-	I	8.0	46.0	45.4	0.6	2.400	-	-
D-1	Fundo Tuniche	Hernán Rodríguez	28	28	- -	-	458.23	-	P	5.1	13.5	12.1	1.4	600	-	-
D-2	Fiat Chilena	Fiat Chilena	42	40	M 18.86- 37.27	13⅜-10	±465	-	I	48.0	18.4	15.9	2.5	3.500	-	-
D-3	Fiat Chilena	Fiat Chilena	43	42	M 19.62- 37.75	13⅜-10	465.17	-	I	40.0	23.0	20.0	3.0	5.000	11.520	-
D-4	Fundo La Gambaina	Santos Bustos	70	70	- -	-	506.51	-	R	-	-	-	-	-	-	-
D-5	Hospital Regional	S N S	100	100	- -	-	494.65	-	RSU	23.0	55.9	54.5	1.4	6.300	-	-
D-6	Hospital Regional	S N S	100	100	- -	-	494.19	-	P	30.0	55.1	54.2	0.9	6.300	-	-
D-7	Asent. C. Cortés	CORA	55	50	37.00- 49.00	10	483.29	-	I	44.0	12.5	4.9	7.6	1.000	-	-
D-8	Asent. C. Cortés	CORA	50	50	M 25.00- 50.00	10	473.64	-	R	55.0	18.2	13.2	5.0	2.000	-	AQ
D-9	Fundo La Cabaña	Pablo Kaulen	52	52	29.44- 49.83	12	466.74	-	R	70.0	36.7	20.3	16.4	750	1.100	-
D-10	Barrio Industrial	CORFO	66	66	M 42.10- 64.00	12	474.60	-	I	60.0	41.7	39.6	2.1	5.500	16.000	-
D-11	AP. Barrio Ind Rancag	D O S	88	87	M 20.00- 85.00	14-10	±475	-	RSU	13.0.0	38.5	33.8	4.7	5.300	6.200	-
3410-7040																
B-1	Soc. Minera El Tte.	Soc. Minera El Tte.	116	115	96.36- 114.62	12-10	500.56	-	P	41.0	80.4	77.5	2.9	2.600	-	-
B-2	AP. Rancagua	D O S	114	114	105.00- 114.00	12-10	510.12	-	P	19.0	71.6	66.1	5.5	600	-	AQ
B-3	AP. Rancagua	D O S	120	120	99.00- 120.00	12-10	510.58	-	P	21.0	70.3	69.6	0.7	5.700	-	-
B-4	AP. Rancagua	D O S	120	120	97.80- 120.00	12-10	510.74	-	P	20.5	70.4	69.5	0.9	4.300	-	-
B-5	AP. Rancagua	D O S	120	120	97.40- 120.00	12-10	510.18	-	P	19.2	68.4	68.0	0.4	9.400	-	-
B-6	Viña Sta Blanca		127	125	M 98.00- 124.50	12-10	-	-	I	15.3	93.9	93.0	0.9	3.100	-	-
B-7	Planta Precipitados	Soc. Minera El Tte.	151	70	- -	-	-	-	I	4.0	49.7	42.5	7.2	100	-	-
B-8	AP. Sauzal	D O S	139	136	103.85- 136.00	16	562.41	-	RAB	10.0	140.0	101.0	-	-	-	-
B-9	AP. Sauzal	D O S	151	150	98.00- 150.50	16-13⅜	563.46	-	P	25.0	123.0	119.9	3.1	1.500	-	-
B-10	AP. Sauzal	D O S	150	149	M 94.98- 149.10	12-8	±564	-	P	-	-	-	-	-	-	-
B-11	AP. Rancagua	D O S	120	120	M 75.10- 120.00	16-12	±510	-	P	55.0	77.1	73.6	3.5	3.100	-	-
B-12	AP. Rancagua	D O S	120	120	76.00- 119.00	16-12	±510	-	P	60.0	74.5	71.2	3.3	3.600	-	-
B-13	AP. Sauzal	D O S	150	150	M 86.00- 148.00	12	-	-	RSU	-	-	111.4	-	-	-	-
3410-7040	CACHAPOAL SUR:															
A-1	Planta Vinex	Vinex S.A.	133	129	M 103.66- 126.66	10	499.47	-	I	30.0	105.1	99.6	5.5	1.000	2700	-
A-2	AP. Olivar	D O S	82	80	- -	-	470.01	-	RSU	10.0	53.2	53.1	0.1	20.000	-	-
A-3	AP. Olivar	D O S	82	78	- -	-	470.01	-	P	10.0	53.7	53.2	0.5	3.700	-	-
A-4	Pueblo Yungay	S N S	123	123	M 60.60- 122.00	8-6	513.01	-	P	15.0	99.8	96.2	3.6	700	2.060	-
A-5	Estación Los Lirios	FF.CC. del Estado	120	120	90.55- 120.00	10	484.72	-	P	20.0	92.2	89.9	2.3	1.500	-	-
A-6	Centro Frut Olhiggins	Frut. O'Higgins	131	131	M 86.00- 130.00	10-8	502.41	-	I	10.0	112.1	106.0	6.1	300	834	-
A-7	AP. El Olivar	D O S	102	101	62.30- 101.91	12-10-8	±469	-	P	30.0	76.8	71.3	5.5	300	2.540	AQ
A-8	Planta Limos Ranc	Soc. Minera Tte.	133	131	103.00- 130.70	10	±493	-	I	30.0	99.5	94.1	5.4	1.000	-	-
C-1	AP. Requínoa	D O S	105	103	- -	13⅜-10	427.89	-	P	13.0	66.9	65.9	1.0	2.400	-	-
C-2	AP. Requínoa	D O S	105	101	- -	13⅜-10	427.75	-	P	13.0	63.5	61.7	1.8	1.300	-	-
C-4	AP. Requínoa	D O S	150	150	M 75.00- 150.00	12	-	-	P	11.0.0	67.9	65.4	1.5	14.700	-	AQ
C-5	Asent. Sta Amalia	CORA	95	95	M 70.00- 94.00	10	-	-	RSU	32.0	56.9	45.9	11.0	500	-	-
3410-7050																
B-5	Pueblo Copequén	S N S	16	15	8.80- 14.80	6	365.07	-	P	6.0	6.4	6.3	0.1	12.000	7.050	-
B-6	Fdo Sn José 4 Hijue	Mario Araos	54	54	- -	-	435.70	-	P	5.0	45.5	43.3	2.2	400	-	-
B-7	Alamos Quemados	J. Vecinos Olivar	70	70	M 38.87- 64.67	16-14	416.37	-	RSU	130.0	47.1	29.1	18.0	1.300	19.800	-
B-8	Puntilla Copequén	S A R A	25	22	M 15.00- 21.00	10	-	-	RSU	0.3	18.0	10.4	7.6	5	-	-
D-1	Pueblo El Abra	S N S	47	47	38.00- 44.00	8	404.29	-	RSU	10.0	38.4	37.7	0.7	2.500	1.449	-
D-2	Pueblo El Abra	S N S	80	80	58.00- 78.00	10	-	-	P	20.0	42.2	40.9	1.3	2.800	12.700	-
D-3	Asent. Choapino	S A R A	-	-	- -	-	-	-	I	-	-	-	-	-	-	-
D-4	Asent. San Jorge	CORA	40	37	M 27.00- 35.00	10	-	-	R	22.0	20.7	19.2	1.5	2.700	-	-
3420-7040																
A-3	AP. Rosario	D O S	22	20	- -	-	345.68	-	P	11.3	12.7	12.4	0.3	7.400	-	-
A-4	AP. Rosario	D O S	21	20	- -	-	345.68	-	P	13.3	12.7	12.4	0.3	8.800	-	-
A-6	Fundo Pichiguao	Soc. Agr. Pichiguao	15	-	- -	-	±350	-	RAB	-	-	-	-	-	-	-
A-8	Fundo Pichiguao	Soc. Agr. Pichiguao	55	55	22.23- 53.00	12	±342	-	RSU	80.0	14.9	13.6	1.3	12.300	50.000	-
3420-7050																
A-1	AP. Quinta Tilcoco	D O S	45	45	M 10.00- 45.00	10	278.57	-	P	55.0	9.9	9.0	0.9	12.200	-	-
A-2	AP. Quinta Tilcoco	D O S	31	28	10.25- 27.50	10	277.62	-	RSU	55.0	8.6	6.8	1.8	6.000	-	-
A-3	Pueblo Corcolén	S N S	15	15	9.00- 14.00	6	249.35	-	P	5.0	2.9	2.5	0.4	2.300	2.640	-
A-4	AP. Quinta Tilcoco	D O S	30	30	14.00- 29.20	10	±277	-	P	61.0	10.1	8.7	1.4	8.500	-	AQ
3420-7100																
A-2	Pueblo Zuñiga	S N S	46	43	M 27.30- 40.50	8	220.13	-	P	15.0	5.6	4.2	1.4	2.000	63.200	-

AIESA

ANEXO Nº 1

REGISTRO DE POZOS PROFUNDOS

②

Sector y Coordenada	Predio	Propietario	Profundidad Perforada	Profundidad Habilitada	Ranurados	Diámetro Cañer. Pulg.	Altura c/r al manzanco	Basamento	Uso	Prueba Bombeo Caudal (lt/seg)		Nivel Bombeo (m)	Nivel Estático (m)	Descenso (m)	T(m²/día/m) por Gasto Esp.	T(m²/día/m) por Bombeo	Análisis Químico
3410-7050	CACHAPOAL 2a:																
A-1	Doñihue	Municip. Doñihue	61	61	M 16.40-58.00	14	353.10	-	R	140.0	✓	11.4	4.9	6.5	4.300	22.000	-
A-2	Doñihue	CORFO	58	52	M 5.00-50.00	12	±351	-	I-SU	70.0		4.3	1.7	2.6	4.000	6.500	-
B-1	Fundo El Bosque	Gonzalo Vial	32	32	22.74-29.60	8	404.53	-	I	15.0	✓	16.8	14.4	2.4	1.700	-	AQ
B-2	AP. Lo Miranda	DOS	75	75	M 17.14-75.00	10-8	405.10	-	P	27.5	✓	12.1	11.8	0.3	1.800	-	AQ
B-3	AP. Lo Miranda	DOS	75	75	M 16.23-75.00	10	405.23		P	27.5	✓	12.6	12.0	0.6	900	-	-
B-4	Criadero El Bosque	Gonzalo Vial	46	46	- -	-	425.56	-	I	-	✓	-	-	-	-	-	-
C-1	AP. Coinco	DOS	61	60	M 11.00-58.12	10	333.63	-	P	15.0	✓	6.1	5.7	0.4	7.500	-	AQ
C-2	AP. Coinco	DOS	46	46	M 11.02-42.60	10	333.14	-	P	15.0	✓	6.0	5.4	0.6	5.000	6.000	-
C-3	Esc. 66 Coltauco	Ministerio Educac.	32	32	M 14.00-26.00	8	±298	-	P	25.0	✓	20.1	11.0	9.1	550	-	-
C-4	AP. Chillehue	DOS	65	63	N 13.15-62.00	10	-	-	P-SU	70.0		15.3	2.3	13.0	1.000	-	-
C-5	AP. Chillehue	DOS	60	60	N 12.00-57.00	10	-	-	P-SU	70.0		9.3	0.8	8.5	1.500	-	-
3410-7100																	
D-1	Pueblo El Rulo	SNS	18	15	8.00-14.40	6	280.62	-	P	6.0	✓	2.7	1.8	0.9	1.200	2.800	-
D-2	AP. Coltauco	DOS	60	60	N 16.00-57.00	10	±267	-	P	20.0	✓	2.0	1.3	0.7	3.100	-	-
D-3	AP. Coltauco	DOS	60	60	N 26.00-57.00	10	±267	-	P	20.0	✓	8.3	1.1	7.2	500	4.000	-
D-4	Viña El Molino	Fundación Educac.	32	32	9.60-30.50	12	±283	-	R	44.0	✓	12.7	8.4	4.3	2.600	-	-
D-5	Fdo. Sn. Carlos-Molino	María Aldunate	16	15	8.40-14.40	10	-	-	R-SU	-		-	-	-	-	-	-
D-6	AP. Montegrande	DOS	30	30	5.25 28.53	8	-	-	P	32.0		9.3	0.6	8.7	500	-	AQ
3420-7100																	
A-3	Pueblo Toquihua	SNS	39	37	N 16.87-35.50	8	207.07	-	P	18.0	✓	8.4	4.3	4.1	800	3.170	-
3410-7110	CACHAPOAL 3a:																
C-1	AP. Las Cabras	DOS	78	63	42.90-58.85	10	133.37	-	P	26.0	✓	7.4	3.8	3.6	1.300	-	AQ
C-2	AP. Las Cabras	DOS	58	58	43.00-53.00	10	133.37	-	P	26.0	✓	6.6	4.0	2.6	2.000	-	-
C-3	Fdo. La Rosa SOFRUCO	Soc. Agr. La Rosa	50	50	N 4.00-49.00	13⅜-10	145.98	-	R	70.0	✓	16.5	0.7	15.8	800	-	-
C-4	Fdo. La Rosa SOFRUCO	Soc. Agr. La Rosa	50	50	N 6.00-48.00	12 - 10	145.24	-	R	70.0	✓	15.5	3.0	12.5	1.000	-	-
D-1	Fdo. La Rosa SOFRUCO	Soc. Agr. La Rosa	60	40	N 9.36-37.00	12 - 10	152.44	-		17.5	✓	28.3	2.0	26.3	100	-	-
3410-7120																	
D-1	Fdo. Las Juntas	Gmo. Correa F.	29	29	4.10-26.00	10	109.98	-	R	40.0	✓	23.4	2.3	21.1	350	530	-
D-2	Pueblo Patagua Cº.	SNS	33	33	N 8.45-31.95	6	121.07	-	P	8.0	✓	7.8	6.2	1.6	800	1.270	-
D-3	Fundo Las Juntas	Gmo. Correa F.	32	32	5.52-29.70	10	110.57	-	R	28.0	✓	9.0	1.1	7.9	640	-	-
D-4	Fundo Las Juntas	Gmo. Correa F.	32	31	5.54-31.54	10	111.39		R	20.0	✓	18.0	2.9	15.1	230	-	-
D-5	AP. Pataguas Orilla	DOS	30	30	5.76-28.67	8	-	-	R-SU	22.0		5.7	4.0	1.7	2.000	-	AQ
3420-7100																	
A-1	AP. Peumo	DOS	-	-	- -	-	182.50	-	P	-	✓	-	-	-	-	-	-
A-4	AP. Peumo	DOS	60	60	N 10.70-58.00	16-10	182.88	-	P	55.0	✓	9.1	5.1	4.0	2.700	-	-
A-5	AP. Peumo	DOS	-	-	- -	-	183.36	-	R-SU	-	✓	-	-	-	-	-	-
A-6	Estadio Peumo	Municipal Peumo	-	-	- -	-	176.54	-	R-SU	-	✓	-	-	-	-	-	-
3420-7110																	
A-1	AP. Pichidegua	DOS	53	53	N 15.00-53.00	10	-	-	P	15.7	✓	29.0	5.7	23.3	120	-	-
A-2	AP. Pichidegua	DOS	53	53	N 15.66-53.00	10	-	-	P	15.7	✓	29.5	5.5	24.0	120	-	-
B-1	Hijuela Los Galpones	Julio Riemtoro	-	-	- -	-	175.83	-	R	-	✓	-	-	-	-	-	-
B-2	Hijuela La Isla	H. Burmeiter	-	-	- -	-	169.24	-	P	-	✓	-	-	-	-	-	-
B-3	Fundo SOFRUCO	SOFRUCO S.A.	50	50	N 7.20-49.00	12	168.05		R-SU	60.0	✓	12.5	2.0	10.5	110	-	-
B-4	Fundo SOFRUCO	SOFRUCO S.A.	50	50	N 5.50-50.00	12-10	168.42	-	R-SU	70.0	✓	12.0	3.0	9.0	1.600	-	-
B-5	Fundo La Rosa	SOFRUCO S.A.	50	50	N 5.25-48.00	12	149.76	-	R	50.0	✓	14.5	1.8	12.7	750	-	-
B-6	AP. Larmahue	DOS	70	60	N 19.00-55.00	12	-	-	R-SU	50.0		12.4	1.9	10.5	700	-	-
B-7	AP. Larmahue	DOS	60	60	N 15.00-57.00	12	-	-	R-SU	50.0		22.4	1.8	20.6	400	-	-
3420-7050	ZAMORANO:																
C-1	Pueblo El Tambo	SNS	39	38	23.66-35.70	8	252.11	-	P	18.0	✓	13.0	11.0	2.0	1.600	9.500	-
C-2	Pueblo Requegua	SNS	30	30	16.67-27.80	8	233.79	-	P	12.0	✓	2.8	1.7	1.1	2.000	20.000	-
C-3	Asent. La Chepica	CORA	30	30	- -	-	-	-	P-SU	15.0	✓	6.3	0.8	5.5	500	-	-
C-4	Conservera Tomates	Mantos Blancos	60	60	N 3.00-53.00	12	-	-	I	70.0	✓	12.4	3.3	9.1	1.400	-	-
C-5	Conservera Tomates	Mantos Blancos	60	60	N 10.00-52.55	12	-	-	I-SU	70.0	✓	13.0	2.0	11.0	1.100	-	-
C-6	Conservera Tomates	Mantos Blancos	47	47	- -	-	-	-	I-SU	-	✓	-	-	-	-	-	-
D-2	AP. Pelequén	DOS	33	30	- -	-	278.22	-	R-SU	9.0	✓	17.7	3.1	14.6	100	-	-
D-3	AP. Pelequén	DOS	37	37	N 10.60-37.20	10	277.35	-	P	6.1	✓	33.7	4.9	28.8	30	-	AQ
D-4	AP. Pelequén	DOS	23	20	- -		-	-	P-AB	7.0	✓	11.0	3.4	7.6	150	-	-
D-5	AP. Pelequén	DOS	27	23	- -	-	-	Br	P-AB	5.0	✓	25.0	3.2	21.8	30	-	-
D-6	AP. Pelequén	DOS	37	36	N 10.00-36.00	10	277.35	-	P	7.0	✓	31.3	4.9	26.4	40	-	-
3420-7100																	
D-1	Pueblo de Indios	SNS	34	27	N 10.50-26.00	6-4	212.21	-	P	17.0	✓	9.1	3.4	5.7	500	5.200	-
D-2	Pueblo Rastrojo	SNS	18	18	9.00-17.00	6	226.43	-	P	5.0	✓	2.8	1.9	0.9	1.000	4.000	-
D-3	Quinta Centenario	Soc. Agr. Pérez	-	-	- -	-	-	-	R-AB	-	✓	-	-	-	-	-	-
D-4	Quinta Centenario	Soc. Agr. Pérez	-	-	- -	-	-	-	R-AB	-	✓	-	-	-	-	-	-
D-5	Fundo Viña Vieja	Augus Rodriguez	21	21	- -	-	-	-	R	39.0	✓	9.3	2.6	6.7	1.000	-	-
D-6	AP. S.Vic. TaguaTagua	DOS	45	45	N 6.00-42.00	13⅜	-	-	P	60.0	✓	4.8	1.6	3.2	3.500	-	-
D-7	AP. S.Vic. TaguaTagua	DOS	45	45	N 6.00-42.00	13⅜	-	-	P	50.0	✓	5.4	1.5	3.9	2.400	6.300	-
3430-7110																	
B-1	Asent. La Rioja	CORA	54	54	27.27-54.00	10	198.94		R	31.0	✓	40.0	0.3	39.7	200	-	-
B-2	Asent. Millahue	CORA	55	55	19.14-55.00	10	200.20	-	R	24.0	✓	41.5	-0.2	41.7	100	-	-
B-3	Asent. Millahue	CORA	51	51	N 13.87-51.70	10	201.84		R	31.4	✓	12.0	-0.2	12.2	400	-	-
B-4	Asent. Millahue	CORA	54	54	N 11.11-54.80	10	203.94	-	R	22.0	✓	20.8	1.2	22.0	200	-	-

AIESA

ANEXO Nº 1

REGISTRO DE POZOS PROFUNDOS

③

Sector y Coordenada	Predio	Propietario	Profundidad Perforada	Profundidad Habilitada	Ranurados	Diámetro Cañer. Pulg.	Altura s/r al mar	Basamento rocoso	Uso	Prueba Bombeo Caudal (lt/seg)		Nivel Bombeo (m)	Nivel Estático (m)	Descenso (m)	T(m²/día) por Gasto Esp.	T(m²/día) por Bombeo	Análisis Químico
3410-7040	CLARO DE RENGO :																
C-3	Asent. Santa Anita	CORA	-	-	- -	-	381.28	-	R	-	✓	-	-	-	-	-	-
3420-7040																	
A-1	Fundo Tipaume	Roberto Wachholtz	95	-	- -	-	±380	-	R-AB	-	✓	-	-	-	-	-	-
A-2	Fundo El Quillay	Manuel Sigren	66	-	- -	-	-	-	R-AB	-	✓	-	-	-	-	-	-
A-5	Pueblo Cerritos	SNS	30	28	8.00-25.00	8	382.38	-	P	18.0	✓	4.5	2.2	2.3	1.400	-	AQ
A-7	Fundo El Molino	Sergio Reginato	-	-	- -	-	-	-	R	-	✓	-	-	-	-	-	-
A-9	Asent. Quintalva	CORA	-	-	- -	-	-	-	R	-	✓	-	-	-	-	-	-
A-10	AP. Rinconada Malam.		-	-	- -	-	-	-	P	-	✓	-	-	-	-	-	-
A-11	Pueblo La Ariana		-	-	- -	-	-	-	P	-	✓	-	-	-	-	-	-
A-12	Pueblo Chanqueah.		-	-	- -	-	-	-	P	-	✓	-	-	-	-	-	-
C-1	AP. Popeta	SNS	140	140	M 10.00-138.00	10	-	-	P-SU	1.7	✓	82.4	4.4	78.0	3	-	-
C-2	Avicola Bellavista		-	-	- -	-	-	-	I	-	✓	-	-	-	-	-	-
3420-7050																	
B-1	Fundo La Granja	Valentín Nicoletti	71	70	M 4.00-66.62	13⅜-10	318.77	-	R	38.0	✓	60.0	5.7	54.3	100	-	-
B-2	AP. Rengo	DOS	85	70	20.00-70.80	13⅜-10	329.64	-	P	9.0	✓	15.0	8.8	6.2	240	-	-
B-3	AP. Rengo	DOS	85	68	16.50-68.50	13⅜-10	330.03	-	P	36.0	✓	17.1	5.9	11.2	550	-	AQ
B-4	Pueblo Panquehue	SNS	22	22	9.00-19.00	8	279.25	-	P	11.0	✓	3.7	2.5	1.2	1.700	3.500	-
B-5	Pueblo Cartagena	SNS	14	14	6.50-13.50	6	310.28	-	P	6.0	✓	2.0	1.7	0.3	3.700	9.500	-
B-6	Pueblo Malambo	SNS	40	26	- -	-	345.78	-	P-SU	3.0	✓	19.3	4.2	15.1	30	-	-
B-7	Viña Sta. Lucía	Soc. Agr. Sta. Lucía	-	-	- -	-	310.31	-	R	-	✓	-	-	-	-	-	-
B-8	Industria INDAC	INDAC S.A.	90	87	M 9.00-85.70	12-10	337.28	-	I	40.0	✓	45.0	5.9	39.1	160	-	-
B-9	Pueblo Malambo	SNS	86	86	39.59-86.00	10-8	±345	-	P-SU	7.0	✓	70.0	20.1	49.9	20	-	-
B-10	Industrias Ticino	TICINO S.A.	12	-	- -	-	±344	-	I	-	✓	-	-	-	-	-	-
B-11	Industrias Ticino	TICINO S.A.	25	25	M 5.00-24.00	10	±345	-	I	27.5	✓	4.9	1.4	3.5	1.400	-	-
B-12	AP. Rengo	DOS	154	154	M 55.00-154.00	16-12	±332	-	P	40.0	✓	51.1	16.5	34.6	200	-	-
B-13	Industrias Ticino	TICINO S.A.	60	59	M 9.58-56.00	12	±345	-	I	10.0	✓	33.0	4.1	28.9	50	-	-
C-7	AP. Malloa	DOS	50	50	N 14.00-47.00	12	-	-	P-SU	80.0		10.0	1.3	8.7	1.800	-	-
C-8	AP. Malloa	DOS	50	50	N 14.00-46.00	12	-	-	P	80.0		10.6	1.3	9.3	1.800	-	-
3420-7050	TINGUIRIRICA NORTE :																
D-1	Fundo Rigolemu	Alberto Pannat	48	48	- -	-	-	-	R-AB	2.0		48.0	4.0	44.0	5	-	-
3430-7050																	
A-1	Frigorif. S. Fernando	CORFO	66	66	N 9.00-64.60	12	-	-	I-SU	45.0	✓	28.0	6.1	21.9	230	1.200	
A-2	Angost. S. Fernando	DOS	36	34	N 5.67-33.00	8	-	Br	P-SU	20.0		21.0	1.5	19.5	150	-	AQ
C-1	AP. San Fernando	DOS	45	41	- -	-	355.20	-	P	54.0	✓	17.2	16.5	0.7	15.000	-	AQ
C-2	AP. San Fernando	DOS	50	45	- -	-	356.27	-	P	30.0	✓	18.4	16.7	1.7	3.300	-	-
C-3	AP. San Fernando	DOS	43	40	- -	-	355.34	-	P	30.0	✓	22.7	15.1	7.6	700	-	-
C-7	INACAP	INACAP	17	17	9.05-16.80	8	347.93	-	P	17.0	✓	4.6	3.9	0.7	4.600	3.800	AQ
C-8	ENAP Sn. Fernando	ENAP	60	53	43.00-53.00	16	369.19	-	I	22.5	✓	37.0	22.0	15.0	250	-	AQ
C-9	ENAP Sn. Fernando	ENAP	60	57	30.05-55.20	18-13⅜	369.24	-	I	55.0	✓	26.4	4.0	22.4	400	-	AQ
C-10	ENAP Sn. Fernando	ENAP	60	60	34.18-60.00	16	367.44	-	I	26.6	✓	26.6	6.7	19.9	200	-	AQ
C-11	MAGGI	CHIPRODAL	-	12	- -	-	349.21	-	I	-	✓	-	-	-	-	-	-
C-12	AP. San Fernando	DOS	46	45	23.49-45.00	12	356.02	-	P-SU	36.0	✓	37.0	19.5	17.5	350	-	-
D-1	Pueblo Agua Buena	SNS	40	40	18.00-40.00	6	518.76	-	R	6.4	✓	28.9	24.0	5.9	200	-	-
D-2	Fundo Tilcarehue	Vital Jimenez	38	38	- -	-	486.63	-	R	35.0	✓	30.3	1.1	29.2	200	-	-
D-3	Fundo Tilcarehue	Vital Jimenez	59	37	- -	-	486.11	-	R-AB	2.2	✓	33.1	3.6	29.5	10	-	-
3430-7050	TINGUIRIRICA SUR :																
C-4	Pblo. Cuesta Gonzalez	SNS	22	21	N 10.51-21.06	8	355.30	-	P	15.0	✓	8.7	2.4	6.3	400	-	-
C-5	Pueblo Tinguiririca	SNS	35	35	20.00-34.00	8	404.05	-	P	9.0	✓	21.0	18.1	2.9	500	-	-
C-6	Pueblo 3 Puentes	SNS	36	36	- -	-	414.44	-	P	3.0	✓	22.7	11.0	11.7	40	-	-
C-13	Asent. San Javier	CORA	40	40	- -	-	-	-	P-SU	12.0	✓	8.7	6.7	2.0	1.000	-	-
3440-7050																	
A-1	Fundo El Recreo	Edgardo Kunze	45	45	- -	-	345.88	-	R	50.0	✓	29.0	11.0	18.0	500	-	-
A-2	Fundo La Macarena	P. Etcheverry	36	36	26.84-36.00	8	396.12	-	P	5.0	✓	34.0	22.3	11.7	300	-	-
A-3	Fundo Sn. Enrique	RP. Camilo Vial R.	36	36	13.24-36.00	8	338.18	-	I	30.0	✓	16.5	7.8	8.7	600	-	-
A-4	Esc. Agr. L. Garzas	Fund. Chile Cultura	35	34	N 11.50-34.50	10	353.38	-	I	25.0	✓	32.0	11.0	21.0	200	-	-
A-5	Fundo Sta. Berta	Fdo. Sotomayor	41	40	5.60-38.97	12	336.89	-	R	42.5	✓	32.4	7.4	25.0	300	-	-
3440-7100																	
B-1	AP. Chimbarongo	DOS	10	10	- -	-	334.33	-	R-AB	21.6	✓	8.4	6.4	2.0	2.000	-	-
B-2	Viña Sta. Elisa	Juan Mir	69	69	- -	-	309.86	-	R	45.0	✓	25.3	9.2	16.1	500	-	-
B-3	AP. Chimbarongo	DOS	60	60	N 17.72-56.20	13⅜	335.92	-	P	25.0	✓	18.2	11.3	6.9	600	-	-
B-4	AP. Chimbarongo	DOS	60	60	N 18.00-55.78	13⅜	335.24	-	P-SU	25.0	✓	17.0	11.4	5.6	800	2.100	AQ
B-5	Asent. Mariposas	CORA	20	20	7.74-18.00	10	-	-	P-SU	6.0	✓	7.5	4.8	2.7	400	-	-
C-1	Pblo. Convento Viejo	SNS	35	35	N 14.90-28.04	8	270.86	-	P	15.0	✓	5.9	1.7	4.2	600	-	-
C-2	Presa Convento Viejo	Dirección de Riego	46	-	- -	-	-	-	E-AB	-	✓	-	-	-	-	-	-
3440-7050	CHIMBARONGO ALTO :																
C-1	Pueblo Codegua	SNS	30	30	8.99-30.00	6	328.16	-	P-SU	0.8	✓	21.9	0.7	21.2	5	-	-

ANEXO Nº 1

REGISTRO DE POZOS PROFUNDOS

④

Sector y Coordenada	Predio	Propietario	Profundidad Perforada	Profundidad Habilitada	Ranurados	Diametro Cañer. Pulg	Altura ctr. cima	Gasa.	Uso	Prueba Bombeo Caudal (lt/seg)	Nivel Bombeo (m)	Nivel Estatico (m)	Descenso (m)	Tm Ada/m por Gasto Esp	Tm Ada/m por Bombeo	Analisis Químico
3420-7120	TINGUIRIRICA CENTRAL:															
C-1	Asent. 21 de Mayo	CORA	75	75	N 8.84 - 71.54	14-12	133.90	-	R	110.0	15.8	2.8	13.0	1.700	2.000	-
C-9	Comite Camp. S. Carlos	SARA	100	73	N 4.00 - 71.00	14-	-	-	R-SU	90.0	29.9	3.7	26.2	600	850	-
D-1	Fundo Las Mercedes	Alberto Tagle	116	-	-	-	-	-	R-AB	-	-	-	-	-	-	-
D-2	Fundo Las Mercedes	Alberto Tagle	106	-	-	-	-	-	R-AB	-	-	-	-	-	-	-
D-3	Fundo Las Mercedes	Alberto Tagle	218	-	-	-	-	-	R-AB	-	-	-	-	-	-	-
D-4	Asent. Union Campes	CORA	82	82	N 14.00 79.84	16	133.18	-	R	100.0	23.1	2.4	20.7	800	-	-
D-5	Asent. El Triunfo	CORA	80	80	66.45 76.00	12	139.31	-	R	52.0	44.6	1.5	43.1	200	-	-
D-6	Asent. El Barco	CORA	80	78	N 10.00 76.80	12	-	-	R-SU	80.0	24.0	2.6	21.4	600	-	-
3430-7100																
C-1	A.P. Placilla	D.O.S.	35	35	19.40 34.40	8	-	-	P	15.7	4.1	1.1	3.0	900	-	-
C-2	A.P. Placilla	D.O.S.	46	43	21.00 41.00	8	-		A-SU	20.0	1.9	1.1	0.8	5.000	-	-
C-3	A.P. Placilla	D.O.S.	-	-	-	-	-	-	P	7.0	-	-	-	-	-	AQ
D-1	Asent. J. Manantiales	CORA	55	55	12.07 56.00	12	-	-	R	46.0	25.1	9.1	16.0	500	-	-
D-2	Asent J Manantiales	CORA	41	41	N 26.31 41.00	10	-	-	P-SU	15.0	26.5	18.5	8.0	300	-	-
D 3	Asent La Tuna	CORA	40	36	N 6.50 34.00	10	-	-	P-SU	20.0	19.5	4.8	14.7	250	-	-
3430-7110																
A-1	Fundo Talhuen	B.Garcia-Huidobro	91	78	66.34 78.00	12	141.87	-	R	56.0	33.7	1.2	32.5	250	-	-
C-1	Pueblo Cunaco	S.N.S.	28	27	-	-	182.03	-	P	4.5	20.0	1.0	19.0	40	-	-
D-1	A.P. Nancagua	D.O.S	36	36	-	-	216.16	-	P	27.0	3.9	1.2	2.7	1.800	-	AQ
D-2	A.P. Nancagua	D.O.S.	35	35	-	-	215.67	-	P	28.5	11.7	0.9	10.8	500	-	-
D-3	Fundo Sta. Eugenia	Sergio Torretti	51	51	10.00 51.00	12	201.96	-	R	63.0	18.2	2.7	15.5	700	-	-
D-4	Planta Silos Corfo	CORFO	25	20	4.00 17.00	12	-	-	I	30.0	10.2	2.9	7.3	700	1.100	-
D-5	Planta Silos Corfo	CORFO	25	-	-	-	-	-	I-AB	-	-	-	-	-	-	-
3430-7120																
B-1	Asent. Agua Santa	CORA	108	98	N 11.85 98.00	12-10	154.07	-	R	120.0	12.2	4.7	7.5	3.000	1.600	AQ
B-2	Asent. Agua Santa	CORA	97	92	-	-	154.11	-	R	105.0	34.0	4.4	29.6	600	-	-
B-3	Asent. Santa Rita	CORA	105	-	-	-	-	-	R-AB	-	-	-	-	-	-	-
B-4	Asent Niun paso atr	CORA	104	104	N 54.67 102.80	14	142.71	-	R	60.0	23.4	3.5	19.9	500	600	-
B 5	Asent Las Majadas	CORA	100	85	N 5.00 - 83.00	14	-	-	R-SU	75.0	16.0	1.7	14.3	900	1.300	-
D-1	A.P. Santa Cruz	DOS	50	47	18.86 - 43.86	12	161.29	-	R-AB	35.0	5.0	2.4	2.6	2.400	-	-
D-2	A.P. Santa Cruz	DOS	48	46	N 13.97 - 46.00	13⅜10	161.29	-	P	30.0	9.6	2.7	6.9	800	-	-
D-3	A.P. Santa Cruz	DOS	86	-	-	-	165.74	-	R-AB	-	-	-	-	-	-	-
D-4	Asent. Santa Rosa	CORA	50	48	10.79 - 48.35	12	170.73	-	R	50.0	25.0	7.0	18.0	500	-	-
D-5	Fundo Sta. Virginia	José Díaz	92	92	-	-	154.33	-	R	65.0	21.8	4.3	17.5	-	-	-
D-6	Fundo La Tuna	José Díaz	95	94	-	-	163.60	-	R	60.0	19.0	3.1	15.9	-	-	-
D-7	Asent. La Puerta	CORA	128	100	N 18.15 - 97.00	14 - 10	158.64	-	R-SU	70.0	42.7	1.8	40.9	300	160	-
D-8	A.P. Santa Cruz	DOS	60	60	N 21.00 - 59.00	12	-	-	P	70.0	14.0	3.1	10.9	1.200	-	-
D-9	A.P. Santa Cruz	DOS	60	60	N 23.00 - 51.00	12	-	-	R-SU	70.0	19.3	3.8	15.5	800	3.000	-
D-10	A.P. Santa Cruz	DOS	60	60	N 24.00 - 58.00	12	-	-	P-SU	70.0	-	-	-	1.200	4.200	AQ
3400-7100	ALHUE:															
A - 1	Hacienda Polulo	Com. Hda. Polulo	95	18	2.30 - 12.73	-	-	-	R	16.0	11.5	2.8	8.7	330	-	-
A - 2	Pueblo Villa Alhué	S.N.S	46	19	-	-	-	-	P	6.0	7.7	3.3	4.4	200	-	-
C - 1	Hacienda Lonche	Ricardo Ariztía	49	33	8.00 - 30.00	10	-	Br	R-AB	8.0	7.7	3.0	4.7	300	-	-
3400-7110																
A - 1	Hacienda Quilamuta	Raimundo Correa	53	50	-	-	-	-	R	54.0	19.3	3.3	16.0	600	-	-
A - 2	Hacienda Quilamuta	Raimundo Correa	60	60	-	-	-	-	R	20.0	32.0	7.0	25.0	130	-	-
A - 3	Hacienda Quilamuta	Raimundo Correa	-	-	-	-	-	-	R-AB	-	-	-	-	-	-	-
A - 4	Hacienda Quilamuta	Raimundo Correa	64	64	-	-	-	-	R	121.0	15.0	10.0	5.0	4.600	-	-
A - 5	Hacienda Quilamuta	Raimundo Correa	-	-	-	-	-	-	R	-	-	-	-	-	-	-
A - 6	Hacienda Quilamuta	Raimundo Correa	-	-	-	-	-	-	R	-	-	-	-	-	-	-
A - 7	Fundo Sta. Lucía	Santiago Leteller	75	67	-	-	-	-	R	35.0	32.8	2.0	30.8	200	-	-
A - 8	Fundo Sta. Lucía	Santiago Leteller	71	66	-	-	-	-	R	57.0	42.5	9.0	33.5	300	-	-
A - 9	Fdo. Sn. Antonio Peral	Alejandro Errazuriz	124	121	-	-	-	-	R	80.0	30.3	5.8	24.5	600	-	-
A-10	Fundo Viña Vieja	Luis Ruiz-Tagle	78	-	-	-	-	Br	R-AB	-	-	-	-	-	-	-
A-11	Fundo Viña Vieja	Luis Ruiz-Tagle	-	-	-	-	-	-	R-AB	-	-	-	-	-	-	-
A-12	Fundo Viña Vieja	Luis Ruiz-Tagle	-	-	-	-	-	Br	R-AB	-	-	-	-	-	-	-
A-13	Fundo Viña Vieja	Luis Ruiz-Tagle	-	-	-	-	-	-	R-AB	-	-	-	-	-	-	-
A-14	Fundo Viña Vieja	Luis Ruiz-Tagle	80	80	14.30 - 80.09	-	-	-	R	44.0	15.1	4.1	11.0	700	-	-
A-15	Fundo Sta. Lucía	Santiago Leteller	61	-	-	-	-	-	R-AB	-	-	-	-	-	-	-
A-16	Fundo Los Molles	David Contreras	55	55	N 13.05 - 52.52	12	-	-	R-SU	57.0	33.7	2.0	31.7	300	-	-
B - 1	Asent. Alhué	CORA	105	-	-	-	-	-	R-AB	-	-	-	-	-	-	-
B - 2	Asent. Alhué	CORA	50	49	N 37.50 - 49.30	12	-	-	R	31.0	29.0	7.6	21.4	250	-	-
B - 3	Asent. Alhué	CORA	84	52	-	-	-	-	R	62.0	24.0	11.0	13.0	800	-	-
B - 4	Asent. Alhué	CORA	53	53	41.86 - 53.00	12	-	-	R	29.0	19.8	9.0	10.8	500	-	-
B - 5	Fundo Sn. Alfonso	José Suarez	58	58	N 12.99 - 56.31	12	-	-	R	57.0	38.4	6.1	32.3	300	-	-
B - 6	Fundo Sn. Alfonso	José Suarez	53	53	18.23 - 44.18	12	-	-	R	55.0	27.5	4.3	23.2	400	-	-
B - 7	Fundo Sn. Alfonso	José Suarez	54	53	N 13.58 - 51.00	12	-	-	R-SU	45.0	32.4	6.6	25.8	300	-	-
B - 8	Asent. Alhué	CORA	50	50	N 23.00 - 49.00	12	-	-	R	40.0	39.0	9.9	29.1	230	730	-
3350-7140	RAPEL DESEMBOCADURA:															
C - 3	A.P. Navidad	DOS	25	25	12.00 - 17.50	10	-	-	R-SU	30.0	7.8	3.4	4.4	1.200	-	AQ
C - 4	A.P. Navidad	DOS	25	25	N 8.85 - 22.00	10	-	-	R-SU	25.0	7.9	3.5	4.4	1.000	-	-
D - 1	Pueblo Rapel	S.N.S.	21	21	3.80 - 21.00	6	-	-	R-AB	2.0	5.9	5.8	0.1	3.700	-	-
D - 2	Pueblo Rapel	S.N.S.	22	21	15.92 - 20.79	10-6	-	-	P	8.0	15.3	5.6	9.7	130	-	-
3410-7120																
A - 1	A.P. Llallauquen	DOS	32	32	20.60 30.50	8	-	-	R-SU	23.0	28.0	16.0	12.0	300	-	AQ

ANEXO Nº 1

REGISTRO DE POZOS PROFUNDOS

⑤

Sector y Coordenada	Predio	Propietario	Profundidad Perforada	Profundidad Habilitada	Ranurados	Diámetro Cañer. Pulg.	Altura s/r almac.	Basa rocosa	Uso	Prueba Bombeo Caudal (lt/seg)	Nivel Bombeo (m)	Nivel Estático (m)	Descenso (m)	Unidad m³/hr por Gasto Esp.	Unidad m³/hr por Bombeo	Análisis Químico
3400-7140	TINGUIRIRICA AFLUENTE:															
C-1	Asent. Hidango	INIA	27	27	N 0.83-27.40	8	-	-	P	4.0	18.0	3.3	14.7	40	-	-
D-1	Pblo. Rosario Solís	SNS	40	40	9.03-40.00	6	236.69	-	P	2.2	23.1	0.2	22.9	14	-	-
D-2	Hosp. Rosario Solís	SNS	40	38	4.22-38.08	6	-	-	P	1.8	22.0	1.6	20.4	12	-	-
3410-7130																
A-1	Pueblo La Estrella	SNS	31	30	N 3.20-30.00	8-6	193.11	-	P-SU	2.3	25.2	1.8	23.4	14	-	-
A-2	Pueblo La Estrella	SNS	31	30	25.00-30.50	14	190.78	-	P-SU	3.6	23.2	0.2	23.0	22	-	-
C-1	Avícola El Boldal	SARA	34	30	- -	-	-	Br	I-SU	0.8	6.3	3.8	2.5	50	-	-
D-1	Hda. La Esperanza	L. Errazuriz	56	-	- -	-	-	Br	R-AB	-	-	-	-	-	-	-
D-2	Fdo. S. José Marchigüe	Com. Pereira Ining.	72	30	6.32-30.75	10	-	Br	R	25.5	16.5	4.2	12.3	330	-	-
D-3	Fdo. S. José Marchigüe	Com. Pereira Ining.	26	-	- -	-	-	Br	R-AB	-	-	-	-	-	-	-
D-4	Fdo. S. José Marchigüe	Com. Pereira Ining.	26	-	- -	-	-	Br	R-AB	-	-	-	-	-	-	-
D-5	Fdo. S. José Marchigüe	Com. Pereira Ining.	23	-	- -	-	-	Br	R-AB	-	-	-	-	-	-	-
D-6	Fdo S. José Marchigüe	Com. Pereira Ining.	32	30	N 11.48-26.87	10	-	-	R	8.0	17.2	7.0	10.2	130	-	AQ
D-7	Fundo Los Sauces	Julio Del Pozo	40	-	- -	-	-	-	R-AB	-	-	-	-	-	-	-
D-8	Fundo Los Sauces	Julio Del Pozo	34	-	- -	-	-	-	R-AB	-	-	-	-	-	-	-
D-9	Fundo Los Sauces	Julio Del Pozo	25	-	- -	-	-	-	R-AB	-	-	-	-	-	-	-
3420-7120																
C-2	Asent. 21 de Mayo	CORA	108	60	N 32.00-58.00	16-12	134.50	-	R	100.0	25.2	3.5	21.7	800	1.500	-
C-3	Asent. Sn. Isidro	CORA	95	60	N 50.55-57.00	14-11½-10	129.51	-	R	100.0	35.7	3.2	32.5	500	600	AQ
C-4	Asent. 21 de Mayo	CORA	61	61	N 15.00-60.00	16	134.86	-	R	120.0	25.1	5.7	19.4	1.100	1.200	-
C-5	AP. Peralillo	DOS	30	30	- -	-	128.02	-	P	-	-	-	-	-	-	-
C-6	AP. Peralillo	DOS	27	27	- -	-	128.22	-	P-SU	-	-	-	-	-	-	-
C-7	AP. Peralillo	DOS	44	44	N 15.25-41.00	10	-	-	P-SU	25.0	5.2	0.2	5.0	900	-	-
C-8	AP. Peralillo	DOS	43	43	N 15.00-41.00	10	-	-	P-SU	25.0	8.5	1.0	7.5	600	2.400	-
3420-7130																
A-1	Matadero Marchigüe	Coop. Marchigüe	140	39	N 6.30-38.30	10	130.86	Br	I-SU	15.0	11.5	3.4	8.1	300	900	-
A-2	Criadero de Aves	Coop. Marchigüe	53	53	- -	-	-	-	I-SU	14.0	26.6	3.9	22.7	100	-	-
D-1	AP. Población	DOS	51	51	N 18.50-48.80	10	132.97	-	P	25.0	14.5	7.0	7.5	600	-	-
D-2	AP. Población	DOS	50	47	N 18.63-43.48	10	132.95	-	P	25.0	15.8	6.8	9.0	500	530	AQ
D-3	Fundo Sta. Teresa	Gino Michelini	80	54	N 35.20-52.50	12-10	131.47	-	R	70.0	37.3	6.4	30.9	400	1.000	-
3420-7140																
B-1	Rinconada Halcones	Coop. Marchigüe	56	36	N 5.00-34.50	12	155.46	-	I-SU	2.5	25.0	5.2	19.8	20	-	-
3430-7120																
A-1	Fdo. Rincón Yaquil	Suc. Cancino	32	-	- -	-	-	-	R-AB	-	-	-	-	-	-	-
A-2	Fdo. Rincón Yaquil	Suc. Cancino	44	-	- -	-	-	-	R-AB	-	-	-	-	-	-	-
A-3	Asent. Sn. Corazón	CORA	51	51	- -	-	136.44	-	R	70.0	28.1	4.2	21.9	600	-	-
A-4	Pueblo La Finca	SNS	25	25	N 10.00-25.50	8	149.00	-	P	15.0	5.1	2.0	3.1	800	-	-
3440-7110																
A-1	Pueblo Quinahue	SNS	26	26	N 16.27-24.60	8	180.70	-	P	4.5	19.0	3.5	15.5	50	-	-
A-2	Fdo. Sn. José Boldal	José A. Díaz	81	80	- -	-	186.54	-	R	80.0	19.1	3.4	15.7	900	-	-
A-3	Fundo Quinahue	Angel Arrigorriaga	70	70	N 5.00-66.00	16-12	-	-	R	72.0	27.0	2.2	24.8	500	-	-
B-1	Fundo El Monte	Sergio Slack	-	-	- -	-	201.32	-	R	-	-	-	-	-	-	-
B-2	Pueblo Puquillay	SNS	28	28	N 8.00-25.00	8	202.96	-	P-SU	10.0	6.0	1.0	5.0	300	-	-
B-3	Viña San Luis	Viña San Luis	77	76	- -	-	204.95	-	R	8.0	37.3	5.1	32.2	40	-	-
B-4	Fundo El Alba	Olga Crespo	41	40	N 3.21-39.60	12	208.85	-	R	70.0	22.2	1.7	20.5	600	-	-
B-5	Asto. La Palma	CORA	75	56	- -	-	-	-	R-SU	60.0	25.0	0.9	24.1	400	-	-
B-6	Fdo. S. Adriana	Sgo. Torretti	65	61	N 1.50-60.18	12	-	-	R-SU	55.0	23.0	0.0	23.0	400	-	-
D-1	Pueblo Auquinco	SNS	31	31	N 12.20-29.00	8	220.85	-	P	10.0	6.0	3.5	2.5	700	-	-
3440-7120																
B-1	Asent. La Patagua	CORA	105	104	N 65.73-102.30	16-10	170.08	-	R	50.0	39.7	1.9	37.8	200	300	-

VI.- ANALISIS DE RECUPERACIONES.

1. INTRODUCCION

1. INTRODUCCION.

1.1 OBJETIVO Y ALCANCE DEL ESTUDIO.

El presente informe tiene por objeto analizar los problemas de recuperaciones en la hoya hidrográfica del río Rapel. Con este objeto, además de hacer referencia a las características generales que presenta el fenómeno de las recuperaciones de un río, se presenta un análisis teórico general de este problema señalándose la forma en que puede abordarse.

La aplicación de esta teoría para cada caso particular requiere contar con un cabal conocimiento de la hoya en estudio y además disponer de información experimental básica constituída normalmente por corridas de aforos realizadas en forma sistemática y periódica durante varios años.

Para el caso de la hoya del río Rapel no se ha contado desgraciadamente para este estudio con corridas de aforos que permitan un análisis total del problema. En vista de esto se propone una forma simplificada de análisis, fundamentada tanto en la teoría general que se expone como en la experiencia de esta Oficina obtenida a través de la ejecución de estudios similares en otras cuencas del país.

Se detalla en este trabajo la aplicación de dicha metodología al caso de la hoya del río Rapel. Esta metodología ha sido incluída en el modelo de simulación hidráulica de la cuenca por lo que los montos de las recuperaciones y su reuso posterior en zonas situadas hacia aguas

abajo se obtendrán a través de la operación de dicho modelo.

En el presente trabajo se detallan las consideraciones de cálculo y la forma en que el modelo de simulación determina recuperaciones en las diferentes zonas del valle y las considera como recursos de agua reutilizables para otras.

Para este objeto y considerando su representación posterior en el modelo de simulación se ha dividido la hoya del río Rapel en grandes sectores, pudiendo evaluarse las recuperaciones totales que se producen en cada uno de ellos, éstos quedan como recursos de agua disponibles para los sectores de más aguas abajo. Se incluye además una metodología que permite tener en cuenta las recuperaciones o retornos que se producen internamente dentro de cada sector y que pueden ser reutilizados dentro de ellos mismos.

1.2 CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE RECUPERACIONES.

Es frecuente observar en los ríos de la zona central y norte de nuestro país el fenómeno conocido con el nombre de "Recuperaciones del Río". Si bien en las partes altas de los valles los canales de regadío en determinados meses captan la totalidad de las aguas del río, hacia aguas abajo y sin que medien nuevos afluentes superficiales el río recupera en parte su caudal, tanto debido a excedentes de agua utilizadas en regadío como por afloramientos de aguas infiltradas en el terreno y que retornan a la superficie por falta de capacidad de transmisión de los estratos del subsuelo. En esta forma las aguas retornan al cauce superficial y quedan disponibles para ser captadas otra vez por canales de regadío y ser utilizadas nuevamente, favoreciéndose en esta forma el uso y reuso de las aguas a lo largo del valle.

Debido a este efecto de Recuperaciones, si bien las tasas de riego utilizadas normalmente en las partes altas de los valles son considerablemente altas y muy por encima de las necesidades efectivas de los cultivos, las aguas realmente consumidas o retenidas por unidad de superficie del terreno resultan en cantidad por lo general bastante razonables. Con esto se produce una especie de control natural sobre los volúmenes de agua efectivamente consumidos retornando los excesos al cauce del río. Este efecto tiene sin embargo, como contrapartida el hecho de que se va produciendo

una degradación en cota de los recursos de agua limitándose sus posibilidades de utilización en las zonas altas de los valles.

El conocimiento de los procesos de Recuperación que tienen lugar en un valle, son de gran importancia para el correcto y óptimo aprovechamiento de los recursos de agua disponibles. Esto es especialmente importante cuando se pretende planificar el uso de los recursos de agua y/o modificar la infraestructura básica existente, ya sea construyendo obras de regulación en el río o introduciendo procesos de racionalización en el uso de los recursos de agua. Todo lo anterior puede modificar el régimen de infiltración de las aguas en el terreno, sobre todo si se modifican las dotaciones aplicadas a los terrenos, con lo cual si bien posiblemente los consumos efectivos de agua no se alterarían, sí se afectarían los montos y las ubicaciones a lo largo del lecho del río en que se dispondría de los recursos.

En el análisis de este problema resulta necesario conocer el mecanismo físico de esas Recuperaciones, de donde provienen, sus montos según orígenes, características dominantes según distintas fuentes de donde provienen, y en general todos los factores que inciden sobre ella y sus características. Este conocimiento físico resulta imprescindible si se pretende predecir el comportamiento que tendrían las Recuperaciones en el río al modificar algunas de las características de la infraestructura de aprovechamiento de las aguas.

La creciente necesidad de utilizar cada vez mejor los recursos de agua disponibles en cada valle, exigirá recurrir tanto a procesos de racionalización en el uso de las aguas como a la regulación de los caudales superficiales de los ríos, todo lo cual traerá como consecuencia una disminución de las Recuperaciones ,lo que afectará los caudales disponibles para el regadío de los sectores bajos de los valles.

Para los fines de este trabajo entenderemos por Recuperaciones de un río la variación de Caudal que éste experimenta en sus recursos de agua superficial, entre dos secciones de él, los cuales se deben a aportes a su cauce que no es posible controlar individualmente. No se incluyen aquí aquellos aportes al río motivados por escurrimientos superficiales de quebradas, esteros u otros ríos afluentes. En el caso en que entre dos secciones de un río no se produzca un incremento de los recursos de agua sino una disminución de ellos, la sección será de infiltración y las Recuperaciones serán negativas.

Las recuperaciones que se producen en un río tienen su origen, en líneas generales, en las siguientes tres causas fundamentales :

- Excedentes de agua de riego aplicadas a los terrenos : Su Recuperación en el cauce del río puede realizarse tanto a través de escurrimiento superficial de derrames como de exceso de agua infiltrada en el terreno, pero que aflora nuevamente en el cauce. Las Recuperaciones que tienen este origen son evidentemente tanto mayores cuanto mayor es la tasa de riego utilizada en el área.

- Afloramiento, dentro de la sección en análisis, de caudales de la napa subterránea cuyo origen ha sido la infiltración de aguas superficiales en zonas situadas aguas arriba de la zona en estudio. La cuantía de las Recuperaciones que tienen este origen está condicionada fundamentalmente por las características de los rellenos permeables del valle y la alimentación con que cuentan los mismos.

- Infiltración en el terreno de aguas lluvias que posteriormente afloran para llegar al cauce del río en forma superficial. No se incluyen aquí las aguas lluvias que escurren superficialmente y alcanzan el cauce del río a través de esteros y quebradas, ellas se individualizan separadamente como aportes al río y no constituyen Recuperaciones. La cuantía de las Recuperaciones que tienen su origen en precipitaciones dependen fundamentalmente del monto de las lluvias anuales, su distribución, las condiciones climáticas imperantes en la zona y las características del subsuelo.

En el caso que existan Recuperaciones negativas, la causa de ello resulta ser infiltraciones del escurrimiento superficial del río en su lecho, constituyendo alimentación de las napas subterráneas. Las Recuperaciones negativas resultantes en este caso serán también la combinación de las tres causas antes referidas.

En el monto de las Recuperaciones, según sea su origen, influyen diversos factores que es necesario conocer y analizar para llegar a comprender mejor el mecanismo que las regula. Estos factores serían los siguientes :

- Características físicas del valle : Se refiere tanto a su orografía como a la existencia y características de rellenos permeables, especialmente en relación con espesores, permeabilidades y capacidad de almacenamiento. Este tipo de condiciones incide fundamentalmente en el régimen del escurrimiento subterráneo, capacidad de transmisión de los acuíferos a lo largo del valle, capacidad de almacenamiento de los acuíferos, niveles de la napa subterránea en cada sector, zonas de infiltración y afloramientos de la napa a lo largo del valle, etc.

- Características Hidrológicas de los recursos de agua : Se refiere fundamentalmente al hecho de que son las precipitaciones, que caen bajo distintas formas sobre la hoya hidrográfica drenada por el río y con distribuciones características, las que condicionan fundamentalmente los recursos de agua disponibles.

- Sistemas de regadío a lo largo del valle : Se refiere tanto a la distribución de los terrenos de cultivo a lo largo del valle como a la infraestructura de riego existente. La magnitud de las dotaciones que utilizan los canales de riego fijan en gran medida las Recuperaciones provenientes del regadío.

- Alimentación de las napas subterráneas : Los volúmenes de recarga de agua que reciben las napas subterráneas, asociadas a la capacidad de transmisibilidad de los rellenos permeables que constituyen los acuíferos fijan las zonas y volúmenes de afloramientos de los caudales subterráneos.

El desarrollo de los ríos en nuestro país, de cordillera a mar, se caracteriza por fuertes pendientes en los tramos superiores las que se van suavizando y haciéndose menor en los cursos medios e inferiores de los valles. Es importante destacar la influencia decisiva que ejerce el factor pendiente de los valles sobre aspectos tales como : Pendientes de los terrenos de cultivo, velocidad de escurrimiento de las aguas en los cauces superficiales, naturaleza, permeabilidad y espesor de los rellenos fluviales depositados por las corrientes superficiales que constituyen el relleno de los valles.

El hecho de que los materiales que puede arrastrar una corriente de agua aumentan de tamaño al aumentar la velocidad del escúrrimiento, explica el por qué en las partes altas de los valles, a la salida de los cauces andinos, se encuentran los rellenos más potentes y de mayor gradación y por lo tanto más permeables. Continuando hacia aguas abajo, los rellenos que se encuentran en un valle hacia su curso medio e inferior, van siendo cada vez más finos y por lo tanto de menor permeabilidad. Debe tenerse en cuenta sin embargo, que a lo largo de la historia geológica del desarrollo de los valles las condiciones han cambiado y por lo tanto, es posible encontrar en las partes altas de los valles algunos rellenos finos de baja permeabilidad mientras que también es posible encontrar en las partes bajas zonas de rellenos más bien gruesos y de permeabilidad alta. En todo caso las condiciones generales, influidas básicamente por la pendiente de los valles, permiten suponer la existencia de rellenos gruesos y permeables en las partes altas, los que van disminuyendo de permeabilidad hacia la desembocadura de los ríos.

Estos hechos sucintamente expuestos son los responsables de algunas importantes características que presentan los valles a lo largo de su recorrido en relación con el problema de las recuperaciones del río. Es así como en las partes altas de los valles, zona que aproximadamente coincide con lo que se denomina primera sección de regadío del valle, el relleno de éste se caracteriza por una alta permeabilidad, un potente espesor y una fuerte pendiente de la superficie.

Estas características hacen que estas zonas altas posean, en general, gran capacidad para transmitir escurrimientos subterráneos así como para almacenar importantes volúmenes de agua, los niveles libres de las napas subterráneas se mantienen generalmente a gran profundidad bajo el terreno superficial, configurándose de este modo condiciones altamente favorables para la infiltración del agua superficial, lo cual es un factor importante de alimentación de las napas subterráneas. En estas zonas las Recuperaciones serán normalmente negativas. Continuando valle abajo se reduce considerablemente la capacidad para transmitir escurrimientos subterráneos de los acuíferos. Los caudales subterráneos infiltrados en las partes altas de los valles no pueden continuar su escurrimiento en forma subterránea por falta de capacidad de transmisibilidad de los rellenos, viéndose obligados a aflorar en el terreno. Desde el punto en que se inician los afloramientos por este concepto en el lecho del río y hacia aguas abajo los niveles de la napa subterránea en general, se encuentran muy próximos a la superficie, encontrándose los escurrimientos subterráneos limitados

por la capacidad de transmisión de los rellenos permeables. Desde dicho punto hacia aguas abajo el río se caracterizará por presentar Recuperaciones positivas, pudiendo justificarse sólo por condiciones muy locales la presencia de Recuperaciones negativas.

Otro aspecto importante en relación con el problema de Recuperaciones, tiene que ver con las pendientes y gradación de los rellenos de los valles, lo constituye el hecho de que las corrientes superficiales de agua en las partes altas de los valles corren sobre rellenos altamente permeables y no saturados, dadas estas condiciones caben esperar fuertes infiltraciones en el cauce de estas corrientes superficiales. Sin embargo, es conocido el hecho que los materiales finos que transportan esas corrientes van paulatinamente impermeabilizando su lecho de escurrimiento. Infiltraciones importantes sólo se producen cuando el caudal del río aumenta sobre un cierto valor, situación en la cual por una parte el río desborda su cauce habitual comprometiendo otros terrenos que no se encuentran normalmente inundados, quedando el agua en contacto con terrenos no impermeabilizados, y por otra parte posiblemente el mayor caudal del río es capaz de producir movomientos en el fondo del lecho que rompen la impermeabilidad alcanzada anteriormente.

Debe considerarse que la impermeabilización que tiene lugar en el terreno por inundación y depósito de los materiales finos desaparece posteriormente al secarse el terreno recobrando éste su capacidad de infiltración primitiva.

Este proceso de infiltración hacia las napas subterráneas según se indicaba, sólo puede tener lugar en las

partes altas de los valles en la que los rellenos cuentan con gran capacidad de almacenamiento disponible, no así en las partes medias y bajas de los valles en la que los rellenos se encuentran prácticamente saturados, excepción hecha del caso que ellos hayan sido artificialmente deprimidos a través de captaciones subterráneas.

2.- RELACIONES FUNDAMENTALES QUE RIGEN LAS RECUPERACIONES

2. RELACIONES FUNDAMENTALES QUE RIGEN LAS RECUPERACIONES.

- Balance de Aguas Superficiales a Nivel de Río

Se consulta efectuar un balance entre las aguas superficiales que entran y salen del cauce de río en un determinado tramo de él.

Se define como Recuperaciones de un río (R_T) la variación de caudal que experimenta en sus recursos superficiales, el escurrimiento del río entre dos secciones de él, motivado por aportes a su cauce que no es posible controlar individualmente.

Sea :

Q_{AE} = Caudal superficial del río que entra al tramo considerado

Q_{AS} = Caudal superficial del río que sale del tramo considerado

Q_{TC} = Caudal de toma de canales que captan sus aguas del río dentro del tramo considerado

Q_{AP} = Caudal de aportes laterales que recibe el río dentro del tramo considerado y que no correspondan a excedentes de regadío.

Igualando los caudales de agua que entran y salen del tramo se tiene :

$$Q_{AE} + Q_{AP} + R_T = Q_{AS} + Q_{TC}$$

de donde :

$$1.- \quad R_T = Q_{AS} - Q_{AE} + Q_{TC} - Q_{AP}$$

- Aguas Superficiales de Riego a Nivel de Valle

Se designa por :

Q_{CE} = Caucales que entran al tramo de valle considerado escurriendo a través de canales de regadío

Q_{CS} = Caudales que salen del tramo de valle considerado escurriendo a través de canales de regadío

Q_{PR} = Volúmenes de agua que ingresan al tramo de valle considerado en forma de precipitaciones sobre los terrenos de riego. Este término sólo debe ser considerado si hay cierta seguridad de que los aforos en cauces superficiales incluyen el respectivo aporte de las precipitaciones. Si los aforos, por ejemplo, se realizan varios días después de una lluvia podrían considerarse $Q_{PR} = 0$

Q = Se define como caudal total que reciben los terrenos de riego dentro del tramo de valle considerado

$$2.- \quad Q = Q_{CE} - Q_{CS} + Q_{TC} + Q_{PR}$$

- Aguas Subterráneas a Nivel de Valle

Se designa por :

$Q_{SS'}$ = Suma de los aportes netos a la napa subterránea dentro del tramo de valle considerado

$aQ_{SS'}$ = Caudal subterráneo que entra al tramo de valle considerado yq que no aflora dentro de él

$bQ_{SS'}$ = Parte del caudal que reciben los terrenos de riego provenientes del regadío artificial y de las precipitaciones que infiltra en el terreno, alimentando la napa subterránea y que no aflora dentro del tramo de valle considerado

$cQ_{SS'}$ = Parte del escurrimiento superficial del río que se infiltra en su lecho, alimentando la napa subterránea dentro del tramo considerado.

$dQ_{SS'}$ = Parte de las precipitaciones que caen fuera de la zona de riego y que se infiltra a la napa subterránea sin aflorar dentro del tramo considerado

Se cumple que :

$$Q_{SS'} = aQ_{SS'} + bQ_{SS'} + cQ_{SS'} + dQ_{SS'}$$

De donde :

$$3.- \quad a + b + c + d = 1$$

Se designa además por :

Q_{SE} = Caudal de agua subterránea que entra al tramo de valle considerado

Q_{SS} = Caudal de agua subterránea que sale del tramo de valle considerado

ΔV = Incremento del volumen de agua almacenada en el acuífero dentro del tramo de valle considerado. Si es disminución de volumen lleva signo negativo

Los aportes netos a la napa subterránea ($Q_{SS'}$) pueden tener dos destinos :

Salir de la zona en estudio, escurriendo subterráneamente (Q_{SS}) o incrementar el volumen de almacenamiento (ΔV)

de donde :

$$4.- \quad Q_{SS'} = Q_{SS} + \Delta V$$

- Relaciones de Conjunto

Se designa por :

R' = Parte del caudal subterráneo que ingresa al tramo de valle en estudio y que aflora dentro de él

R_R = Parte de las recuperacionss que provienen de las aguas que reciben los terrenos de riego en el tramo de valle considerado

R_P = Recuperaciones provenientes de las precipitaciones que caen fuera de los terrenos de riego. Dado que generalmente estas precipitaciones sólo producen escurrimiento superficial, este término puede despreciarse. Así se considerará en lo sucesivo y si no es el caso deberán efectuarse las modificaciones correspondientes.

Puede señalarse que las recuperaciones totales (R_T) que se reciben en un tramo de río provienen en parte de los afloramientos de los escurrimientos subterráneos que ingresan al tramo de valle considerado (R') y en parte de las recuperaciones provenientes de las aguas que reciben los terrenos de riego (R_R), descontándose si procede las infiltraciones del caudal superficial del río en su lecho ($cQ_{SS'}$);

$$5.- \quad R_T = R' + R_R - cQ_{SS'}$$

Se define por :

T_B = Tasa bruta de riego a nivel de bocatoma de canales aplicada a los terrenos de riego

T_E = Tasa efectiva de riego a nivel de bocatoma de canales tal que si se aplicara a los terrenos de regadío no se producirían recuperaciones de riego.

A = Superficie de riego dentro del tramo considerado

De acuerdo a las definiciones anteriores puede señalarse que el exceso de agua aplicado en regadío queda dado por :

$$A\ (T_B - T_E)$$

Dado que $Q = AT_B$

se tiene que el exceso de agua aplicado en regadío puede expresarse por :

$$Q\left(1 - \frac{T_E}{T_B}\right)$$

El exceso de agua aplicado en regadío puede seguir dos caminos, uno producir recuperaciones de riego (R_R) y otro infiltrarse alimentando la napa subterránea y no aflorando dentro del tramo considerado, luego

$$Q(1 - \frac{T_E}{T_B}) = R_R + bQ_{SS}$$

6.- Por lo tanto $R_R = Q(1 - \frac{T_E}{T_B}) - bQ_{SS}$

Reemplazando esta relación en ec 5. se tiene :

$$7.- \quad R_T = R^* + Q(1 - \frac{T_E}{T_B}) - bQ_{SS} - cQ_{SS}$$

Finalmente puede señalarse que el caudal subterráneo que entra (Q_{SE}) al tramo de valle considerado puede tener dos destinos :

Uno aflorar dentro de este tramo de valle (R^*) y otro continuar escurriendo subterráneamente sin aflorar dentro del tramo considerado, luego

$$8.- \quad Q_{SE} = R^* + aQ_{SS}$$

3.- APLICACION PRACTICA DE LAS ECUACIONES FUNDAMENTALES

3. APLICACION PRACTICA DE LAS ECUACIONES FUNDAMENTALES.

Se indicará a continuación la forma de aplicar las relaciones anteriores a un valle cualquiera.

Se supondrá que previamente se ha sectorizado el valle por lo menos en tres secciones con las siguientes consideraciones :

- Primera Sección.- Corresponde a la parte alta del valle, extendiéndose hacia aguas abajo hasta la zona en que se inician los afloramientos en el cauce del río. Se tratará normalmente de un sector fundamentalmente de infiltración del escurrimiento superficial del río en su lecho.

- Segunda Sección.- Sección situada inmediatamente aguas abajo de la anterior y que debe reunir la mayor parte o totalidad de los afloramientos subterráneos provenientes de las napas del primer sector.

- Tercera Sección.- Situada aguas abajo de la segunda sección y extendiéndose hasta la costa. En casos particulares y según las condiciones locales podría convenir subdividirla en más de una sección.

3.1 ANALISIS DE LAS RECUPERACIONES CUANDO SE CUENTA CON CORRIDAS DE AFOROS.

Se considera el caso en que se dispone de corridas de aforo mensuales durante un cierto período de tiempo.

Se conoce por lo tanto para todas las secciones del valle los siguientes antecedentes :

Q_{AE} Q_{CE}

Q_{AS} Q_{CS}

Q_{TC} Q_{PR}

Q_{AP}

Mediante las relaciones 1 y 2 se pueden calcular los valores de R_T y Q respectivamente para cada sección del valle.

Por simple sumatoria se pueden obtener los valores de R_T y Q para todo el valle.

- Determinación del Valor $\frac{T_E}{T_B}$

Se considera la aplicación de las ecuaciones fundamentales a todo el valle en su conjunto.

Para todo el valle se tiene :

$Q_{SE} = 0$, $R' = 0$, $a = 0$;

$d = 0$: esto puede asumirse razonablemente de acuerdo a lo antes señalado.

De las relaciones 4 y 7 se tiene :

$$R_T = Q(1 - \frac{T_E}{T_B}) - Q_{SS} - \Delta V$$

Conociendo o estimando el caudal de descarga subterráneo al mar (Q_{SS}) y el incremento del volumen de almacenamiento subterráneo (ΔV) correspondientes generalmente, sólo a la primera sección del valle, la relación anterior permite determinar la razón $\frac{T_E}{T_B}$. Esta ecuación conviene que sea aplicada a sumatorias anuales de caudales, es decir, a volúmenes anuales, debido a la dificultad de determinar a priori variaciones mensuales en los parámetros Q_{SS} y ΔV.

- Análisis de la Primera Sección.

Para ella se cumple :

$$Q_{SE} = 0,\ R' = 0,\ a = 0,\ b + c = 1$$

Luego de la ecuación 7 se obtiene :

$$R_T = Q(1 - \frac{T_E}{T_B}) - Q_{SS'}$$

De esta relación se obtienen los valores de $Q_{SS'}$ para cada corrida de aforo.

Con estos antecedentes no se puede descomponer el valor total $Q_{SS'}$ en sus componentes $cQ_{SS'}$ y $bQ_{SS'}$. Para ello se requieren antecedentes adicionales. En algunos casos podrá suponerse conocido R_R si se cuenta con aforos en los cauces recolectores de las recuperaciones de riego (aplicación de la ecuación 6) para la determinación de $bQ_{SS'}$.

En otros casos y si las condiciones hidrológicas lo indican podría suponerse $b = 0$.

- Análisis de la Segunda Sección.

Para esta sección se cumple que b = 0 y c = 0 y a = 1.

Las ecuaciones 7 y 5 nos permiten calcular los valores de $\underline{R}^t$ y R_R respectivamente.

Dado que en la segunda sección se desprecia la variación del volumen de almacenamiento ΔV, la ecuación 4 indica que $Q_{SS} = Q_{SS^t}$.

El valor de Q_{SS} lo podemos estimar hidrogeológicamente, por lo tanto, la ecuación 8 nos permite calcular Q_{SE} de esta sección.

- Operación del Embalse Subterráneo de la Primera Sección.

El valor Q_{SS} de la primera sección es igual al valor Q_{SE} de la segunda sección.

Por lo tanto aplicando la ecuación 4 a la primera sección se puede calcular ΔV.

El análisis de los ΔV acumulados (valores de V) correlacionados con los Q_{SS} de la primera sección permite conocer la forma de operación del embalse subterráneo de esta sección $\left[Q_{SS} = f(V)\right]$.

Se obtiene Q_{SS} en función del volumen V determinándose a su vez el desfase existente entre las alimentaciones que recibe el embalse subterráneo y los afloramientos que éste produce.

- Análisis de la Tercera Sección.

Para esta sección podrá estimarse que b = 0 y c = 0

Q_{SE} de la tercera sección debe ser igual a Q_{SS} de la segunda.

El Q_{SS} de la tercera sección se puede estimar hidrogeológicamente.

La ecuación 5 permitirá verificar que el valor de R' es muy pequeño o nulo, resultando :

$$R_T = R_R = Q(1 - \frac{T_E}{T_B})$$

3.2 ANALISIS DE LAS RECUPERACIONES CUANDO NO SE CUENTA CON CORRIDAS DE AFOROS.

Al no contarse con corridas de aforos no es posible determinar los distintos parámetros que intervienen en el problema en cada una de las secciones en que se supone dividido el valle. Esto implica no poder evaluar exactamente las recuperaciones propias del regadío, las infiltraciones hacia la napa subterránea y los afloramientos de ésta, las variaciones del volumen de almacenamiento subterráneo y lo que es más importante, el valor de la tasa efectiva T_E que constituye el parámetro fundamental en la determinación de las recuperaciones propias del regadío.

En estos casos, sin embargo, siempre será posible estimar en forma aproximada la cuantía de las recuperaciones en zonas de interés en base a dos consideraciones

fundamentales, a saber :

- Estimación del valor de la tasa efectiva T_E en base a estudios de este tipo realizados en otras zonas y en las cuales se ha contado con los antecedentes suficientes para ello.

- Adecuado conocimiento de la zona en estudio a objeto de permitir conocer a priori los puntos o cauces principales en que se recogen las recuperaciones de grandes zonas de riego. Se requiere conocer también las secciones del río caracterizadas ya sea por infiltración de los escurrimientos superficiales en su cauce hacia las napas subterráneas o bien por afloramientos de estos últimos hacia dichos cauces superficiales.

Otro antecedente importante, sobre el cual siempre se dispondrá de información es el referente a las tasas brutas de riego T_B a nivel de bocatoma de canales. Para condiciones actuales de riego en general, estas tasas brutas son conocidas normalmente a través de información relativa al caudal captado por canales, o bien en último caso, mediante la información proporcionada por las estaciones de control fluviométrico existente en los ríos y los respectivos derechos que le corresponde a cada canal limitados a su capacidad máxima. Para el estudio de condiciones futuras de operación de un área de riego, siempre será necesario adoptar una tasa bruta o aún, algunas alternativas para ella.

Para un sector de riego la diferencia entre las tasas brutas y efectivas, multiplicada por el área de

riego del sector (A), permite conocer el volumen total de las recuperaciones de dicha área las que se recogerían en cauces previamente definidos.

$$\text{Volumen recuperaciones} = (T_B - T_E)\, A$$

Con esta metodología queda sin embargo, sin definir los problemas de intercambio de agua entre los escurrimientos superficiales y las napas subterráneas. En muchos problemas de la práctica el conocimiento de las características del subsuelo permitirá no asignar mayor relevancia a este aspecto. En otros casos, por otra parte, sí la tendrá, debiendo señalarse que en general no es posible realizar estimaciones sobre estos valores requiriéndose contar con antecedentes experimentales para poder definir estos intercambios. Estos antecedentes experimentales fundamentalmente se refieren a corridas de aforos y a mediciones de los niveles libres de las napas, todo ello realizado en forma sistemática y periódica.

4. APLICACION A LA HOYA DEL RIO RAPEL

4. APLICACION A LA HOYA DEL RIO RAPEL.

4.1 METODOLOGIA GENERAL.

Desgraciadamente para esta hoya no se cuenta con corridas de aforo que permitan aplicar la teoría general en la forma expuesta en el punto 3.1 anterior. Seguiremos por lo tanto, una metodología del tipo de la reseñada en el punto 3.2.

El interés principal que presenta el análisis de las recuperaciones radica en el hecho de que parte de las aguas pueden ser reutilizadas más hacia aguas abajo de donde ellas fueron usadas en regadío inicialmente. De aquí que este fenómeno modifica la disponibilidad de aguas con que se cuenta en la cabecera de los valles.

Para la cuenca del río Rapel se ha preparado un modelo de simulación que se presenta en informe separado, el cual permite efectuar en forma bastante simple, la distribución de los recursos de agua disponibles a las distintas áres de riego. En este modelo se ha incluído por lo tanto, el cálculo de las recuperaciones, según las bases que se exponen a continuación, efectuándose además el reuso de los recursos de agua provenientes de ellas en las zonas en que ello es físicamente factible.

Para el análisis de las recuperaciones se ha dividido la cuenca del río Rapel en 12 sectores de riego de acuerdo con las fuentes de agua que cada uno de ellos utiliza y con los puntos o cauces en que cada uno de estos sectores descarga sus recuperaciones de riego. Por lo general, estos

sectores corresponden aproximadamente a las secciones legales en que se dividen los cauces superficiales, habiendo sido eso sí necesario en algunos casos, subdividir alguna sección cuando sus derrames o recuperaciones del regadío drenaban hacia sectores diferentes.

Las recuperaciones del riego de cada sector pueden ser utilizadas en otro situado más hacia aguas abajo, según se detalla más adelante. Sin embargo, dentro de cada sector existe además un reuso interno del agua mediante el cual una parte de las recuperaciones del sector se utilizan dentro del propio sector, problema que también ha sido necesario analizar. A objeto de diferenciar el reuso de las aguas que se efectúa en un sector con recursos provenientes de otro, se ha denominado a este último como reuso externo.

En lo que sigue de este punto se presenta la sectorización realizada para la cuenca, consideraciones respecto al reuso externo de las aguas en los sectores y un análisis del denominado reuso interno en cada sector. Se presenta finalmente, un análisis teórico sobre la forma en que podría incluirse en el modelo de simulación de la cuenca el problema de los intercambios de agua entre cauces superficiales y napa subterránea, como así mismo la manera de tener en cuenta la variación del volumen de almacenamiento subterráneo.

Para la aplicación práctica del último aspecto citado, el cual por lo general sólo tiene cierto interés en las primeras secciones de los ríos principales, no se cuenta con la información básica necesaria (parámetros establecidos en la teoría). En todo caso esa forma de abordar el problema ha sido incluída en el modelo de simulación por

cuanto en el futuro podría contarse con dicha información o bien, para las condiciones actuales a través de la simple estimación de valores podria obtenerse, por lo menos, un cierto conocimiento sobre la sensibilidad de dichos parámetros y la forma en que ellos afectan los resultados generales. Podrá deducirse además, si se justifica o no más adelante, efectuar mediciones experimentales especiales para su determinación si su influencia fuera muy importante en las conclusiones que se obtuvieran con la operación hídrica de la cuenca.

4.2 TASAS DE RIEGO.

Como se ha dicho, no se cuenta con antecedentes para esta cuenca que permitan determinar su propia tasa efectiva T_E . En vista de esto, se procederá a estimar un valor basado en la experiencia de IPLA en otros estudios similares.

De otros estudios se han obtenido las siguientes cifras :

- Estudio inédito de IPLA para la hoya del río Aconcagua, (1976) : tasa efectiva = 11.000 m3/há/año
- Estudio recuperaciones hoya río Maipo, (1975) Memoria de Título, Ingeniero Oscar Silva : tasa efectiva = 13.410 m3/há/año
- Estudio recuperaciones de riego área de Maule Norte, realizado por Agro-Ipla para la Dirección de Riego del M.O.P. (1977) : tasa efectiva = 11.500 m3/há/año

- Estudio del Ingeniero Sr. Ricardo Edwards, de la Dirección de Riego del M.O.P., ("Capacidad de riego actual de los ríos de la Zona Central de Chile", 1967) para la evaluación del uso real de agua a nivel de cuenca en los principales ríos de la zona central del país : valor obtenido = 10.125 m3/há/año.

En vista de estos antecedentes se ha decidido adoptar, para la cuenca del río Rapel, una tasa efectiva de 11.000 m3/há/año.

En lo que se refiere a las tasas brutas de riego a nivel de bocatoma de canales, ellas serán proporcionadas al modelo de simulación para las condiciones futuras de operación de la cuenca de acuerdo con los cultivos previstos para cada sector, consultándose además varias alternativas de acuerdo con el grado de tecnificación que se vaya considerando para el regadío.

4.3 SECTORES DE RIEGO.

La hoya hidrográfica del río Rapel se dividió en doce sectores de riego, atendiendo a sus recursos, su ubicación y muy especialmente los puntos o cauces donde se recogen sus recuperaciones.

El río Cachapoal se dividió en cuatro sectores:*

---

* La nomenclatura utilizada para estos sectores es la misma empleada en el modelo de simulación.

CA 1

Este sector se encuentra situado al Norte del río Cachapoal. Limita al Norte con el río Peuco, al Sur con el río Cachapoal, al Este con los canales Cachapoal y Lucano (canales de más aguas arriba de la ribera norte del río Cachapoal) y al Oeste con el estero La Cadena.

En este sector se encuentran parte de las comunas de Rancagua, Machalí, Graneros y Mostazal.

Comprende el área regada por las siguientes fuentes : los canales de la ribera norte de la primera sección del río Cachapoal, el estero Codegua, el estero La Cadena y parte del área regada por el río Peuco.

Las recuperaciones de este sector de riego se colectan en el estero La Cadena, el que las conduce hacia el río Cachapoal, donde quedan disponibles para ser usadas en la segunda sección de este río.

CA 2

Este sector se encuentra situado al Sur del río Cachapoal. Sus límites son : por el Norte el río Cachapoal, por el Sur el estero Tipaume y río Claro de Rengo, por el Este los canales Santa Luisa, Peumal y del Cerro que captan sus aguas en el río Cachapoal y el canal Ramirano que capta sus aguas en el río Claro y por el Oeste el canal Copequén que es el primero de la ribera sur de la segunda sección del río Cachapoal y las zonas regadas por las vertientes de las comunas de San Vicente y Quinta de Tilcoco.

En este sector quedan comprendidas las comunas de Olivar, parte de Rengo, Quinta de Tilcoco y San Vicente de Tagua Tagua.

Los recursos hidráulicos de este sector provienen de los canales de la ribera sur de la primera sección del río Cachapoal y las vertientes de San Vicente y Quinta de Tilcoco.

Las recuperaciones de este sector de riego son usadas en la parte sur del sector, donde alimentan los esteros Tipaume y Pichiguao y riegan parte de las comunas de Rengo, Quinta de Tilcoco y San Vicente. Luego las recuperaciones son conducidas al río Claro de Rengo donde quedan disponibles para ser usadas en la segunda sección de este río.

CA 3

Este sector comprende las áreas regadas por la segunda sección del río Cachapoal, en sus riberas norte y sur y las vertientes de Coinco.

Limita al norte con los canales La Miranda, Rinconada, Parralina, Purén, Rinconada de Ulloa y La Mirandina, al Sur con el cordón montañoso comprendido entre el Cerro Copequén y Puntilla La Placeta; y el río Claro de Rengo, al Este con el estero La Cadena y el canal Copequén y al Oeste con el canal El Durazno y el río Cachapoal.

En este sector se encuentran las comunas de Doñihue, Coltauco y Coinco.

Las recuperaciones de la ribera norte de este sector de riego se colectan en el estero Purén o Idahue, el que las conduce al río Cachapoal, donde quedan disponibles para ser usadas en la tercera sección de este río. Los derrames de la ribera sur también drenan hacia el río Cachapoal y quedan disponibles en la tercera sección del río.

CA 4

Este sector comprende las áreas regadas por la tercera sección del río Cachapoal, en su ribera norte y sur.

Sus límites son : por el Norte el estero Alhué y parte del ramal derecho del canal Cocalán, por el Sur el estero La Condenada, por el Este el canal Cocalán y sus ramales que corren hacia el norte y los canales Almahue y Santa Irene de la ribera sur; y por el Oeste los ríos Cachapoal y Tinguiririca.

En este sector se encuentran las comunas de Peumo, Las Cabras, parte de Alhué y Pichidegua.

Las recuperaciones de este sector drenan hacia tres cauces diferentes : la parte norte drena hacia el estero Alhué, las zonas ribereñas del río Cachapoal drenan hacia el mismo río y la parte sur del sector drena hacia el río Tinguiririca. Las recuperaciones de la parte norte, antes de drenar hacia el estero Alhué, alimentan los esteros Las Palmas y Quilicura, en la misma forma lo hacen las recuperaciones del área de la ribera norte del río Cachapoal, al alimentar el estero Taguilla.

CL 1

El río Claro de Rengo se dividió en dos sectores :

Se encuentra situado al Sur del estero Tipaume y del río Claro de Rengo.

Limita al Norte con el estero Tipaume y el río Claro, al Sur con el Cerro Chapetón, al Este con los canales El Rincón, La Pandina y Ramirano, ramales de los canales Chanquiahue Unidos y los canales Popeta, Bisquert y El Vergel, que captan sus aguas en la ribera sur del río Claro y al Oeste con el canal Manchenes.

En este sector se encuentra la comuna de Rengo.

Comprende las áreas regadas por los canales que captan sus aguas en el estero Tipaume y en la primera sección del río Claro de Rengo.

Las recuperaciones de este sector contribuyen a alimentar al estero Tipaume y drenan hacia el mismo río Claro donde quedan disponibles para ser usadas en la segunda sección de este río.

CL 2

Se encuentra situado al sur del río Claro de Rengo.

Limita al Norte con el río Claro, al Sur con el estero Los Maquis, un ramal del canal Punta de Tunca y el estero Cucharón, al Este con los canales Manchenes y San Luis y al Oeste con los ríos Claro y Cachapoal.

En este sector quedan comprendidas partes de las comunas de Malloa y San Vicente.

Comprende las áreas regadas por los canales que captan sus aguas en la segunda sección del río Claro de Rengo.

Parte de las recuperaciones de este sector drenan hacia los esteros Huinixo y Las Truchas, los que las conducen hacia el estero Zamorano, donde quedan disponibles para ser usadas en la segunda sección de este estero. El resto de las recuperaciones alimenta el estero Cucharón y drena hacia el mismo río Claro.

El estero Zamorano se dividió en dos sectores :

ZA 1

Este sector comprende el área regada por los canales de la primera sección del estero Zamorano.

Limita al Norte con los esteros Los Maquis y Zamorano, al Sur con la confluencia de los esteros Antivero y Charquicán, al constituír el estero Zamorano y con el canal Espinal, al Este con el canal Santa Inés, ramal del canal La Ensenada y al Oeste con el canal Zamorano o Rastrojino.

En este sector se encuentra una parte de la comuna de Malloa.

Las recuperaciones de este sector de riego drenan hacia el mismo estero Zamorano y quedan disponibles para ser usadas en la segunda sección de este estero.

ZA 2

Este sector comprende el área regada por los canales de la segunda sección del estero Zamorano.

Limita al Norte con el estero Cucharón y los canales del Cerro y Pueblo de Indios, al Sur con los canales La Rinconada y Las Pataguas, al Este con el canal Zamorano o Rastrojino y al Oeste con las áreas regadas por los tranques Idahue, Millahue y Las Pataguas, excluyendo esta zona y el estero Zamorano.

En este sector se encuentra la mayor parte de la comuna de San Vicente de Tagua-Tagua.

Las recuperaciones de este sector alimentan el Zanjón de la Puerta Pesada y drenan hacia el mismo estero Zamorano.

El río Tinguiririca se dividió en tres sectores :

TI 1

Este sector se encuentra situado al norte del río Tinguiririca.

Limita al Norte con el estero Los Maquis, incluyendo el área regada por este estero, al Sur con el río Tinguiririca, al Este con los faldeos de la Cordillera de Los Andes y al Oeste con el cordón montañoso comprendido entre los cerros San Rafael y Calabozo.

En este sector se encuentran parte de las comunas de San Fernando y Malloa.

Comprende el área regada por una parte de los canales de la ribera norte de la primera sección del río Tinguiririca y las áreas regadas por los esteros Antivero, Charquicán y Los Maquis.

Las recuperaciones de este sector de riego alimentan los esteros Charquicán y Los Maquis y drenan en su mayor parte hacia el estero Zamorano, donde quedan disponibles para ser usadas en la primera sección de este estero.

TI 2

Este sector se encuentra situado al sur del río Tinguiririca.

Limita al Norte con el río Tinguiririca, al Sur con el estero Chimbarongo, al Este con los primeros canales de los faldeos de la Cordillera de Los Andes y al Oeste con las localidades de Villa Alegre y Manantiales y el cordón montañoso que se encuentra entre el río Tinguiririca y el estero Chimbarongo.

Comprende parte de las comunas de Chimbarongo, San Fernando y Placilla.

En este sector se encuentran las áreas regadas por el río Claro, por parte de los canales de la ribera sur de la primera sección del río Tinguiririca, por unos pocos canales del estero Chimbarongo y por varios esteros cuyos recursos provienen de los derrames de riego del área regada por el río Tinguiririca en este sector.

Las recuperaciones de este sector de riego drenan en su mayor parte hacia el estero Chimbarongo. Sin embargo, las recuperaciones del área regada por el río Claro, lo hacen hacia el río Tinguiririca.

TI 3

Este sector comprende las áreas regadas por el resto de los canales de la primera sección del río Tinguiririca en sus riberas norte y sur, por los recursos del estero Chimbarongo traspasados hacia el río Tinguiririca mediante el canal Las Trancas y por varios esteros cuyos recursos provienen de los derrames de riego del área servida por el río Tinguiririca en la ribera sur.

Sus límites son : por el Norte el estero La Condenada y el cordón montañoso comprendido entre los Cerros Peñón y Calabozo, por el Sur el estero Chimbarongo y el cordón de cerros que se encuentra entre el río Tinguiririca y el estero Chimbarongo, por el Este el cerro Calabozo y las localidades de Villa Alegre y Manantiales y por el Oeste el estero Chimbarongo y el río Tinguiririca.

En este sector quedan comprendidas parte de las comunas de Placilla, Nancagua y Palmilla.

Las recuperaciones del área regada en la ribera norte y derecha del río Tinguiririca alimentan el estero La Araña y drenan hacia el mismo río y las recuperaciones del área de la ribera sur e izquierda del río Tinguiririca drenan hacia el estero Chimbarongo.

CV 1

Este sector comprende el área regada por los esteros Chimbarongo y Las Toscas, el área regada por varios tranques pequeños de la Cordillera de la Costa y el área de nuevo riego que contempla el proyecto Convento Viejo.

Limita al Norte con el área de nuevo riego de Alcones y la junta del estero Las Cadenas con el río Tinguiririca, al Sur con el área de nuevo riego de Nilahue y la provincia de Curicó, al Este con el estero Chimbarongo y el río Tinguiririca y al Oeste con las áreas de Alcones y Nilahue.

En este sector se encuentra parte de las comunas de Chépica, Palmilla, Peralillo, Santa Cruz y Marchigue.

Las recuperaciones de la parte de este sector que corresponden a la zona regada actualmente, alimentan los esteros Las Toscas, Peralillo y Las Cadenas y el canal Santa Adela y drenan hacia el estero Chimbarongo y río Tinguiririca.

Se adjunta un plano, Figura Nº 1, en el que se indican las zonas comprendidas en cada uno de los sectores de riego considerados.

4.4 REUSO EXTERNO.

Los sectores de riego producen retornos externos que van a incrementar el escurrimiento superficial de los ríos.

Los retornos producidos por un sector, pueden volver al mismo cauce del que provienen los recursos de regadío del sector, o bien, drenar hacia otras fuentes de captación. En ambos casos, ellos se hacen disponibles para volver a ser usados en el regadío de otros sectores de aguas abajo.

A continuación se presenta un esquema del sistema físico de riego en la hoya del río Rapel, Figura Nº 2, en el que se indica con líneas de segmentos, el destino de los retornos producidos en cada uno de los sectores. Esta información fue obtenida del conocimiento del terreno y de los mosaicos de red de canales, escala 1:50.000.

Las recuperaciones externas totales de cada sector se obtienen a través de la siguiente relación, expresadas como volúmenes :

$$\text{Volumen recuperaciones} = (T_B - T_E)\ A$$

T_B y T_E tasas brutas y efectivas de riego respectivamente a nivel de bocatoma de canales.

4.5 REUSO INTERNO.

4.5.1 Aspectos Generales.

Existen zonas que son regadas con recursos que provienen de los derrames de regadío del propio sector en que se encuentran.

Debido a este reuso interno del agua de riego, las tasas en bocatoma a nivel de sector necesarias para los cultivos, son menores que las que se tendrían si este fenómeno no ocurriera.

La disminución de las tasas de riego depende de las superficies que son regadas con excedentes de regadío

de las zonas servidas directamente. Estas áreas de riego indirecto, son claramente identificables en cada sector. * Ver Figura Nº 1.

Se indican en el Cuadro Nº 1 para cada sector, las fuentes de captación cuyos recursos provienen de derrames de regadío y las superficies que riegan cada una de ellas. A objeto de medir estas superficies se delimitaron primeramente en los mosaicos de red de canales escala 1:50.000 y luego se corrigieron con los mosaicos de capacidad de uso de la tierra, de esta misma escala.

El conocimiento en cada sector de la magnitud de las superficies que se riegan tanto en forma directa como indirecta a través de la utilización de recuperaciones del propio sector permite determinar, según se indica en el punto siguiente, nuevas tasas brutas a nivel de bocatoma de canales que incluyen este efecto del reuso interno. Esta forma de considerar el reuso interno permite operar con el modelo de simulación en base a los grandes sectores ya definidos, evitando de este modo tener que proceder a una mayor subdivisión del área. Para cada sector se determina una tasa equivalente en bocatoma de canales la que depende de las características del propio sector.

---

* "Estudio integrado de los recursos naturales renovables O'Higgins y Colchagua" - IREN.

C u A D R O Nº 1

AREA DE RIEGO DIRECTO E INDIRECTO

EN SECTORES HOYA RIO RAPEL

Sector	Recursos del Sector	Areas Riego Directo (Hectáreas) Total Recurso	Total Sector	Area Riego Indirecto (Hectáreas) Zonas Consideradas	Parcial	Total Recurso	Total Sector	Area Total (Hás) (*)
CA 1	R. Peuco	2.312		Derrames Varios		108		
	E. Codegua	2.058		Derrames Varios		195		
	R. Cachapoal 1a. Secc. R. Norte	33.867	38.237	Derrames Varios	983			
				E. La Cadena	1.407	2.390	2.693	40.930
CA 2	R. Cachapoal 1a. Secc. R. Sur	20.993	20.993	Derrames Varios	5.458			
				E. Tipaume y E.Pichiguao	2.292			
				Derrames Com.de Rengo	1.423			
				E. y Vertientes Com. Q. Tilcoco	4.745			
				Vertientes Com. San Vicente	187	14.105	14.105	35.098
CA 3	R. Cachapoal 2a. Secc.	13.814	13.814	Derrames Varios	673			
				E. Idahue	3.215			
				Vertientes Com. Coinco	2.725	6.613	6.613	20.427
CA 4	R. Cachapoal 3a. Secc.R. Norte (Retornos a E. Alhué)	5.648		E. Las Palmas y Quilicura		1.888		
	R. Cachapoal 3a. Secc. (Retornos al mismo río)	14.058		Derrames Varios	1.810			
				E. Taguilla	2.148	3.958		
	R. Cachapoal 3a. Secc. R.Sur (Retornos a R. Tinguiriri ca)	7.950	27.656	Derrames Varios		1.568	7.414	35.070
CL 1	R. Claro Rengo 1a. Secc	7.069	7.069	Derrames Varios	248			
				E. Tipaume	893	1.141	1.141	8.210

(*) Valores aproximados. Para valores definitivos ver informe del Uso Actual del Suelo, Plan Integral - Primera Etapa.

(C U A D R O Nº 1 - Continuación)

Sector	Recursos del Sector	Areas Riego Directo (Hectáreas) Total Recurso	Total Sector	Areas Riego Indirecto (Hectáreas) Zonas Consideradas	Parcial	Total Recurso	Total Sector	Area Total (Hás) (*)
CL 2	R. Claro Rengo 2a. Secc. (Retornos a E.Zamorano)	1.642		Derrames Varios	243			
				E. Huinico	755			
				E. Las Truchas	228	1.226		
	R. Claro Rengo 2a. Secc. (Retornos a R. Claro)	3.512	5.154	E. Cucharón	347	347	1.573	6.727
ZA 1	E. Zamorano 1a. Secc.	2.733	2.733	Derrames Varios		55	55	2.788
ZA 2	E. Zamorano 2a. Secc.	8.129	8.129	Derrames Varios	603			
				Zanjón de la Puerta Pesada	1.600	2.203	2.203	10.332
TI 1	R. Tinguiririca (Retornos a E. Zamorano)	12.402		Derrames Varios	133			
				E. Charquican	2.230			
				E. Los Maquis	462	2.825		
	E. Antivero (Retornos a E. Zamorano)	1.100		Derrames Varios		35		
	E. Los Maquis (Retorno a E. Zamorano)	700	14.202			-	2.860	17.062
TI 2	R. Claro (Retornos a R. Tinguiririca)	470				-		
	R. Tinguiririca y E.Chimbarongo (Retornos a E.Chimbarongo)	20.165	20.635	Derrames Varios	1.002			
				Esteros y Derrames	9.723	10.725	31.360	31.360
TI 3	R.Tinguiririca R.Norte (Retorros al mismo río)	7.851		Derrames Varios	1.524			
				E. La Araña	408	1.932		
	R.Tinguiririca R. Sur (Retornos a E.Chimbarongo)	8.814	16.665	Derrames Varios	253			
				Esteros y Derrames	3.890	4.143	6.075	22.740
CV 1	E. Chimbarongo	25.387	25.387	Derrames Varios	4.778			
				E. Las Toscas	6.728			
				C. Sta. Adela	932			
				E. Peralillo	1.525			
				E. Las Cadenas	1.102	15.065	15.065	40.452(1)

(1) No se incluye zona de tranques costeros y área de nuevo riego.

4.5.2 Tasas Equivalentes a Nivel de Sectores.

Para considerar el reuso interno del agua de riego, se utilizarán tasas de riego a nivel de sectores, que se determinan basándose en las áreas de riego indirecto de cada sector.

Cada sector está compuesto por un área de riego directo y un área de riego indirecto, que aprovecha los retornos de riego de la primera.

Se pueden distinguir dos situaciones :

a) Retornos del área directa (área 1) mayores que la demanda del área indirecta (área 2)

b) Retornos del área directa menores que la demanda del área indirecta.

a) Retornos del área 1 mayores que la demanda del área 2.

En este caso basta pedir al río la demanda del área 1, esto es su superficie S_1 por la tasa bruta en bocatoma T_B

En el sistema equivalente con superficie $(S_1 + S_2)$ y tasa en bocatoma a nivel de sector T_S, la demanda será : $T_S(S_1 + S_2)$

Por lo tanto,

$$T_S(S_1 + S_2) = T_B S_1$$

Luego

$$T_S = \frac{S_1}{S_1+S_2} T_B$$

b) Retornos del área 1 menores que la demanda del área 2.

En este caso debe pedirse al río la demanda del área 1 y la demanda del área 2 pero disminuída en los retornos del área 1.

Por lo tanto,

$T_S(S_1 + S_2) = T_B S_1 + T_B S_2 - S_1(T_B - T_E)$ en que T_E = tasa efectiva

Luego

$$T_S = T_E \frac{S_1}{S_1+S_2} + T_B \frac{S_2}{S_1+S_2}$$

Por lo tanto, es necesario conocer las áreas de riego directo e indirecto de cada sector y comparar los valores

$S_1(T_B - T_E)$ con $S_2 T_B$, o lo que es lo mismo, $\frac{S_2}{S_1}$ con $(1 - \frac{T_E}{T_B})$

para saber cual es la expresión de T_S que corresponde utilizar

Si $\frac{S_2}{S_1} < (1 - \frac{T_E}{T_B})$ caso a)

Si $\frac{S_2}{S_1} > (1 - \frac{T_E}{T_B})$ caso b)

Utilizando estas tasas de riego a nivel de sector, se considera el reuso interno y pueden tratarse los

sectores como unidades, olvidándose de este problema.

Si se observa el esquema del sistema físico de riego de la hoya del río Rapel, Figura Nº 2, se puede ver que existen varios sectores que se encuentran divididos por ríos o esteros. En estos casos, los retornos de riego del área directa de una ribera, no son físicamente aprovechables en la otra. Teóricamente habría que considerarlos separados, sin embargo, la suma de los retornos externos de estas dos partes, da el mismo valor, que los retornos externos calculados considerando un solo sector, en que se han sumado las áreas directas e indirectas de las dos riberas, en forma correspondiente.

En estos sectores, se requieren los retornos externos totales, por lo tanto, ellos pueden tratarse como una sola unidad, en la forma indicada.

Existe además, un grupo de sectores con áreas cuyos retornos de riego van a dar a diferentes cauces. Ver Figura Nº 2.

Estos casos también pueden tratarse como sectores equivalentes, mediante tasas de riego ponderadas. Los retornos que corresponden a cada área, se obtienen aplicando coeficientes al retorno externo total, como se indica a continuación.

Supongamos que se tiene un sector, con dos zonas cuyos retornos van a distintos cauces.

Sean S y S' las áreas totales de estas dos zonas y T_S y T'_S sus tasas de riego a nivel de sector correspondientes, calculadas considerando sus superficies de riego directo e indirecto.

La tasa de riego a nivel de sector ponderada $\overline{T}_S$, está dada por :

$$\overline{T}_S = \frac{T_S\, S + T'_S S'}{S + S'}$$

Para "n" zonas con retornos a distintos cauces

$$\overline{T}_S = \frac{\sum_1^n T_{Si} Si}{\sum_1^n Si}$$

Con las mismas dos zonas consideradas, los retornos externos totales serían :

$\overline{R} = (\overline{T}_S - T_E)\ (S + S')$ en que T_E = tasa efectiva

Reemplazando $\overline{T}_S$

$$\overline{R} = T_S\, S + T'_S\, S' - T_E\ (S + S')$$

Aplicando coeficientes para obtener los retornos externos que corresponden a cada zona, se tiene :

$$\alpha\, \overline{R} = (T_S - T_E)\, S$$

α es la proporción de las recuperaciones totales del sector que le corresponden a la zona considerada de superficie S

Reemplazando $\bar{R}$

$$\alpha \left[T_S S + T'_S S' - T_E (S + S') \right] = (T_S - T_E) S$$

Luego

$$\alpha = \frac{(T_S - T_E) S}{T_S S + T'_S S' - T_E (S + S')}$$

Analogamente $$\alpha' = \frac{(T'_S - T_E) S'}{T_S S + T'_S S' - T_E (S + S')}$$

α' representa la parte de las recuperaciones totales que le corresponde a la superficie S'

Si se tienen "n" zonas, el coeficiente "α_i" será :

$$\alpha_i = \frac{(T_{Si} - T_E) Si}{\sum_1^n T_S S - T_E \sum_1^n Si}$$

En consecuencia, las tasas de riego a nivel de sector ponderadas, permiten tratar, en el modelo de simulación, todos los sectores como unidades.

Los coeficientes α_i, permiten determinar la parte de los retornos totales que corresponden a cada zona, en aquellos casos que se presenta esta situación.

En Anexo se analiza la situación del reuso interno cuando no se satisface el 100% de la demanda. Se demuestra que, también en estos casos, es posible tratar un sector de riego como un sector equivalente con una tasa a nivel de sector.

A manera de ejemplo en los Cuadros Nº 2 y 3 siguientes se han calculado, para una tasa efectiva de 11.000 m3/há . año y para la alternativa de tasa bruta de 17.000 m3/há . año, a nivel de bocatoma de canales, las tasas equivalentes de riego para cada sector considerando el efecto del reuso interno de las aguas. Se han calculado además, para los sectores que corresponde, los coeficientes α de distribución de las recuperaciones según las diferentes zonas a las cuales desaguan.

C U A D R O Nº 2

TASAS EQUIVALENTES A NIVEL DE SECTOR

Para Tasa Bruta = 17.000 (m3/hás.año) y Tasa Efectiva = 11.000 (m3/hás.año)

Sector	Superficies (Hectáreas) Riego		$S = S_1 + S_2$	$\frac{S_1}{S_1+S_2}$	$\frac{S_2}{S_1+S_2}$	$\frac{S_2}{S_1}$	T_S
	Directo S_1	Indirecto S_2	(Hás.)				(m3/hás.año)
CA 1 R. Peuco	2.312	108	2.420	0,96	0,04	0,05	16.320
E. Codegua	2.058	195	2.253	0,91	0,09	0,09	15.470
R. Cachapoal 1a. Secc. R. Norte	33.867	2.390	36.257	0,93	0,07	0,07	15.810
CA 2 R. Cachapoal 1a. Secc. R. Sur	20.993	14.105	35.098	0,60	0,40	0,67	13.400
CA 3 R. Cachapoal 2a. Secc.	13.814	6.613	20.427	0,68	0,32	0,48	12.920
CA 4 R. Cachapoal 3a. Secc. R. Norte (Retornos a E. Alhué)	5.648	1.888	7.536	0,74	0,25	0,33	12.580
R. Cachapoal 3a. Secc. (Retornos al mismo río)	14.058	3.958	18.016	0,78	0,21	0,28	13.260
R. Cachapoal 3a. Secc. (Retornos a R. Tinguiririca	7.950	1.568	9.518	0,84	0,16	0,20	14.280
CL 1 R. Claro de Rengo 1a. Secc.	7.069	1.141	8.210	0,86	0,14	0,16	14.620
CL 2 R. Claro de Rengo 2a. Secc. (Retornos a E. Zamorano)	1.642	1.226	2.868	0,57	0,43	0,75	13.580
R. Claro de Rengo 2a. Secc. (Retornos al mismo río)	3.512	347	3.859	0,91	0,09	0,10	15.470
ZA1 E. Zamorano 1a. Secc.	2.733	55	2.788	0,98	0,02	0,02	16.660
ZA2 E. Zamorano 2a. Secc.	8.129	2.203	10.332	0,79	0,21	0,27	13.430

(C U A D R O Nº 2 - Continuación)

Sector	Superficies (Hectáreas) Riego Directo S_1	Riego Indirecto S_2	$S=S_1+S_2$ (Hás)	$\frac{S_1}{S_1+S_2}$	$\frac{S_2}{S_1+S_2}$	$\frac{S_2}{S_1}$	T_S (m3/hás.año)
TI 1 R.Tinguiririca (Retornos a E. Zamorano)	12.402	2.825	15.227	0,81	0,19	0,23	13.770
E. Antivero (Retornos a E. Zamorano)	1.100	35	1.135	0,97	0,03	0,03	16.490
E. Los Maquis (Retornos a E. Zamorano)	700	0	700	1,00	0,00	0,00	17.000
TI 2 R. Claro (Retornos al río Tinguiririca)	470	0	470	1,00	0,00	0,00	17.000
R. Tinguiririca y E. Chimbarongo (Retornos a E. Chimbarongo)	20.165	10.725	30.890	0,65	0,35	0,53	13.100
TI 3 R. Tinguiririca (Retornos al mismo río) R.Norte	7.851	1.932	9.783	0,80	0,20	0,25	13.600
R. Tinguiririca R. Sur (Retornos a E. Chimbarongo)	8.814	4.143	12.957	0,68	0,32	0,47	12.920
CV 1 E. Chimbarongo	25.387	15.065	40.452	0,63	0,37	0,59	13.220

C U A D R O Nº 3

TASAS DE RIEGO PONDERADAS ($\overline{T}_S$) Y COEFICIENTES PARA SEPARAR LOS RETORNOS (α i)

Sector		T_S (m^3/ha.año)	S (Has)	$T_S \cdot S \times 10^6$	$\overline{T}_{S_i} = \frac{\sum T_{Si} si}{\sum Si}$	$(T_{Si}-T_E)Si \times 10^6$	$\sum T_{Si}Si - T_E \sum Si \times 10^6$	$\alpha = \frac{(T_{Si}-T_E)Si}{\sum T_{Si}Si - T_E \sum Si}$
CA 1	R. Peuco	16.320	2.420	39,49				
	E. Codegua	15.470	2.253	34,85	15.820			
	R. Cachapoal 1a. Secc. R. Norte	15.810	36.257	573,22				
	Total		40.930	647,56				
CA3	Retornos a E. Alhué	12.580	7.536	94,80		11,91		0,14
	Retornos al mismo río	13.260	18.016	238,89	13.390	40,72	83,84	0,49
	Retornos a R.Tinguiririca	14.280	9.518	135,92		31,22		0,37
	Total		35.070	469,61				
CL 2	Retornos a E. Zamorano	13.580	2.868	38,95	14.665	7,40	24,65	0,30
	Retornos a R. Claro	15.470	3.859	59,70		17,25		0,70
	Total		6.727	98,65				
TI 1	Retornos a E. Zamorano	13.770	15.227	209,68				
	E. Antivero (Retornos a E. Zamorano)	16.490	1.135	18,72	14.084			
	E. Los Maquis (Retornos a E. Zamorano)	17.000	700	11,90				
	Total		17.062	240,30				
TI 2	Retornos al mismo río	17.000	470	7,99		2,82	67,69	0,04
	Retornos a E. Chimbarongo	13.100	30.890	404,66	13.158	64,87		0,96
	Total		31.360	412,65				
TI 3	Retornos al mismo río	13.600	9.783	133,05		25,44		0,51
	Retornos a E. Chimbarongo	12.920	12.957	167,40	13.212	24,88	50,31	0,49
	Total		22.740	300,45				

5.- FUNCIONAMIENTO DEL EMBALSE SUBTERRANEO

5. FUNCIONAMIENTO DEL EMBALSE SUBTERRANEO.

En la metodología expuesta anteriormente y que se ha considerado como base para la operación del modelo de simulación hidráulica de la cuenca del río Rapel, no se ha incluído hasta ahora el funcionamiento del embalse subterráneo existente, el que puede tener cierta importancia en las primeras secciones de los principales cauces de la cuenca como son los ríos Cachapoal y Tinguiririca. Los antecedentes disponibles no permiten por el momento conocer en forma cierta la forma en que operan estos embalses, la alimentación que reciben y su vaciamiento a cauces superficiales. Se requerirá en el futuro contar especialmente con corridas de aforos y medición de la variación de los niveles libres de las napas subterráneas a objeto de poder determinar las fuentes de alimentación de estos embalses subterráneos, sus capacidades de almacenamiento y la forma y oportunidad en que ellos se vacian hacia escurrimientos superficiales.

Si bien por el momento no se cuenta con los antecedentes indispensables para predecir el comportamiento del embalse subterráneo bajo diferentes condiciones, se ha incluído en el modelo de simulación una solución aproximada a este problema que permitiría, a condición de estimar previamente algunos parámetros básicos, incluír su efecto en la operación hidráulica general de la cuenca.

La hipótesis básica que nos permite en este caso simular la operación del embalse subterráneo es considerar que se trata de un embalse lineal, esto es, que existe una relación lineal entre el volumen almacenado en el acuífero y las descargas de éste hacia corrientes superficiales.

La ecuación de continuidad aplicada al embalse subterráneo es :

$$E - S = \frac{dV}{dt}$$

en que :

E = Caudal total de entrada al embalse subterráneo en un intervalo de tiempo Δt

S = Caudal total de salida del embalse subterráneo en un intervalo de tiempo Δt

ΔV = Incremento del volumen de agua acumulado en el embalse subterráneo en un intervalo de tiempo Δt

La hipótesis de embalse lineal conduce a :

$$V = KS$$

en que

V = Volumen total del almacenamiento subterráneo

K = Coeficiente constante. Es uno de los parámetros que debe conocerse previamente

eliminando V entre estas dos ecuaciones

$$E - S = K \frac{ds}{dt}$$

Integrando esta ecuación suponiendo E constante en el intervalo de tiempo considerado se obtiene :

$$S_t = E + (S_o - E)\, e^{-\frac{t-to}{K}}$$

Esta ecuación como es fácil ver, indica el retardo que se produce entre la alimentación y descarga de las aguas subterráneas del embalse.

Al hacer los cálculos en el modelo, es necesario trabajar con caudales medios del período, en este caso un mes.

Para dos instantes de tiempo separados en t, la ecuación de continuidad puede escribirse

$$\frac{E_1+E_2}{2}\ \Delta t - \frac{S_1+S_2}{2}\ \Delta t = V_2-V_1$$

Tratándose de un embalse lineal

$$K\ \frac{S_1+S_2}{2} = \frac{V_i+V_2}{2}$$

En términos de valores medios las dos ecuaciones quedan

$$E\ \Delta t - S\ \Delta t = V_2-V_1$$

$$2\ KS = V_1+V_2$$

Este es un sistema cuya solución entrega S y V_2 conocidos los demás términos

Resulta :

$$S = \frac{E+2\frac{V_1}{\Delta t}}{2\ \frac{K}{\Delta t}+1}$$

y

$$V_2 = 2\ KS - V_1$$

El valor de E está constituído en este caso fundamentalmente por el escurrimiento subterráneo que entra

al valle, el cual normalmente puede despreciarse y por la infiltración del río en su lecho. Además podría contarse con la infiltración hacia la napa subterránea proveniente de excedentes de regadío y de las precipitaciones. Las salidas S del embalse subterráneo estarán constituídas principalmente por los afloramientos de la napa subterránea, escurrimiento subterráneo hacia aguas abajo y extracciones artificiales por bombeo. En algunos casos podría considerarse incluso como salidas el consumo de evapotranspiración que puede efectuarse directamente desde la napa subterránea.

La aplicación de esta metodología requiere conocer el coeficiente K del embalse lineal, el porcentaje de infiltración del río en su lecho, aportes a las napas provenientes del regadío y precipitaciones, etc.

La consideración del embalse subterráneo sólo presenta interés en las partes altas de los valles donde exista realmente una variación importante en los niveles de las napas subterráneas. En las zonas en que no se produzcan estas condiciones, bastará con hacer nulos los parámetros anteriores para que el modelo de simulación no consulte la operación de embalse subterráneo.

La inclusión de esta metodología en el modelo de simulación permitirá, alternativamente, considerar o no la operación de dicho embalse subterráneo en las zonas que corresponda. Si bien resulta difícil, con el conocimiento actual que se posee de la cuenca, estimar valores para dichos parámetros, el modelo permitirá, a través de la estimación de distintos conjuntos de valores para ellos, determinar la importancia del efecto del almacenamiento subterráneo en la cuenca justificando o no de este modo la ejecución de estudios más detallados a este respecto.

A N E X O - A

A N E X O

DEMOSTRACION COMPLEMENTARIA PARA EL REUSO INTERNO

Para el caso de un sector de riego, formado por un área de riego directo y otra de riego indirecto que aprovecha los retornos de riego de la primera, se demostró anteriormente que los retornos de riego finales son iguales a los del sector equivalente tratado con la tasa reducida cuando se satisface el 100% de la demanda. Sin embargo, cuando no se satisface el 100% de la demanda, se demuestra en este Anexo que también los retornos de riego finales son iguales a los de un sector equivalente.

En un sector equivalente puede repartirse el agua de manera uniforme en toda el área.

Sea

DS : Demanda suplida en todo el sector
DS1 : Demanda suplida en el sector de riego directo
DS2 : Demanda suplida en el sector de riego indirecto
DM1 : Demanda del sector de riego directo
DM2 : Demanda del sector de riego indirecto
TE : Tasa efectiva en bocatoma
TB : Tasa bruta en bocatoma
S1 : Superficie de riego del sector de riego directo
S2 : Superficie de riego del sector de riego indirecto

Del agua disponible DS se entregará DS1 al sector de riego directo quedando un saldo DS-DS1.

El sector de riego indirecto utilizará los retornos del sector de riego directo y el saldo de agua disponible.

Para que el aprovechamiento de los recursos sea uniforme deberá cumplirse.

$$1.-) \quad \frac{DS1}{DM1} = \frac{DS2}{DM2}$$

Obviamente $DS1 \leq DM1$ y $DS2 \leq DM2$, pero también

$$DS2 = (1 - TE/TB)\ DS1 + DS - DS1$$

O bien :

$$2.-) \quad DS2 = DS - TE/TB \cdot DS1$$

Las ecuaciones 1 y 2 anteriores permiten obtener DS1 y DS2.

Así

$$DS1 = \frac{DS}{\frac{DM2}{DM1}+\frac{TE}{TB}}$$

$$DS2 = \frac{DM2}{DM1} \left(\frac{DS}{\frac{DM2}{DM1} + \frac{TE}{TB}} \right)$$

Dado que las demandas son proporcionales a las superficies.

$$DS1 = \frac{DS}{\frac{S2}{S1}+\frac{TE}{TB}}$$

$$DS2 = \frac{S2}{S1} \frac{DS}{\frac{S2}{S1} + \frac{TE}{TB}}$$

Necesariamente debe cumplirse que

$$\frac{S2}{S1} + \frac{TE}{TB} \geq 1$$

para no exceder el agua disponible. Esto último es equivalente a

$$(TB - TE)\ S1 \leq TBS2$$

es decir, los máximos retornos del sector de riego directo son inferiores a la necesidad del sector de riego indirecto.

Los retornos de riego finales serán los que provoca el sector de riego indirecto pues por hipótesis los retornos del sector de riego directo son usados completamente.

R = Retornos totales de riego del sector directo e indirecto

$$R = (TB - TE)\ \frac{DS2}{TB}$$

$$R = \left(1 - \frac{TE}{TB}\right) \frac{S2}{S1} \frac{DS}{\frac{S2}{S1} + \frac{TE}{TB}}$$

simplificando

$$R = \frac{(TB - TE)\ S2}{S2TB + S1\ TE}\ DS$$

La tasa reducida, (Tr) equivalente para el sector, calculada suponiendo que el total de las superficies S1 y S2 se riegan normalmente, puede obtenerse igualando el agua disponible en el sector equivalente con la disponible en los sectores directo e indirecto.

Así

$$(S1 + S2)\ Tr = S1TB + S2\ TB - (TB - TE)\ S1$$

$$Tr = \frac{S2 \times TB + S1 \times TE}{S1 + S2}$$

En el sector equivalente los retornos serán

$$R = \frac{Tr - TE}{Tr}\ DS$$

Por sustitución de la expresión para Tr se demuestra que los retornos son equivalentes lo que le da validez a la hipótesis de que, aún en este caso en que no se riega el 100% de la superficie, puede utilizarse para el sector la tasa equivalente Tr para el cálculo de los retornos del riego.

VII.- CALIDAD DE LAS AGUAS.

1. ANTECEDENTES DISPONIBLES

1.- ANTECEDENTES DISPONIBLES.-

Para apreciar las aptitudes de uso de las aguas de la hoya del río Rapel se dispone de cierto número de antecedentes para un análisis general aunque carentes de datos para valorizar exactamente las variaciones a través del tiempo. Afortunadamente, las variaciones cíclicas previsibles no alteran el juicio en cuanto a los usos principales y solo resta apreciar las relaciones de causa-efecto, de las descargas de residuos de la Minería del Cobre, para tener un cuadro bien completo.

Se presenta el siguiente panorama de la información disponible.

1.1.- Servicios de Agua Potable y Alcantarillado.-

La información más antigua, de la cual incluso queda poca memoria, es la de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado. Estos servicios estaban agrupados en una Dirección General que desapareció en 1953, para fusionarse con el ex-Departamento Hidráulica de Obras Públicas, conformando la Dirección de Obras Sanitarias (D.O.S.).

La fusión se debió entre otras cosas a la pérdi-

da de recursos técnicos de ambas organizaciones separadas, como ser, el Control Técnico de los servicios y su aspecto Sanitario, pérdida de la rutina técnica de la toma y elaboración de datos necesaria en una buena estadística.

Se acompañan datos de análisis de las aguas crudas para los pueblos de Rancagua, San Fernando, Rengo, Rosario, Requínoa y Santa Cruz en el punto N° 3.1.

1.2.- Dirección de Obras Sanitarias.-

Desde la fecha de la fusión ya mencionada, todas las nuevas captaciones lo fueron de aguas subterráneas. Se estableció la rutina de un análisis al momento de la recepción de cada pozo con lo cual se tiene a lo menos un dato en cada una de las ciudades con servicio de Agua Potable con captación subterránea.

1.3.- Dirección General de Aguas.-

Desde su creación por Ley y aún antes de su separación efectiva de la Dirección de Riego, se vienen estableciendo estaciones de muestreo de aguas superficiales en la Hoya del Rapel; al principio el objetivo era medir la canti

dad de cobre, problema álgido del Cachapoal; luego se amplió al Boro y Arsénico; luego vienen los análisis generales desde el punto de vista del regadío; se extiende la red a otros ríos de la hoya, hasta llegar a un número total en 1976 de 100 estaciones, número tal vez demasiado grande para la cuenca. Solo se echa de menos la falta de una rutina para disponer de una verdadera estadística, como se vé en el resumen siguiente.

Año 1966 : 3 estaciones, análisis específicos de Cobre.

Año 1967 : las mismas, pero además, con algunos análisis generales de 10 a 30 por año; se incluyen los análisis específicos de B. y As.

Año 1968 : Baja un poco el número de análisis por año, pero se extiende al red a otros ríos.

Año 1969-72 : Se amplía la red en los dos sentidos: número de análisis por estación y número de estaciones

Año 1973 : Se completa el número actual de estaciones pero baja el número de análisis por unidad: 1 a 6 en los generales y 1 a 3 en los específicos.

Año 1974 : Se registra el mayor número de análisis generales en la red, hasta 12; y de específicos hasta 61 en Puente Termas.

Año 1975 : Se acentúan los análisis específicos, a 144 en Puente Termas y 214 en Bocatoma de canales después de Estero Cauquenes.

Año 1976 : Disminuyen los análisis generales, no así los específicos. Hay que aclarar que en este resumen no se han mencionado los análisis parciales de algunos parámetros - no todos los que comprenden un conjunto general- que sirven como coadyuvantes para un análisis de aptitudes.

Se acompañan cuadros por sub-hoyas de la cantidad de estos antecedentes (Cuadros Nos. 1.3.1 al 1.3.6), y un plano de la ubicación de las estaciones (Mapa N°1).

1.4.- Corporación de Fomento, Depto. de Recursos Hidráulicos.-

Con motivo del Decenio Hidrológico Internacional, la CORFO publicó entre otros trabajos, para la Hoya del Rapel un Catastro de Pozos en el que se obtiene otros datos de calidad de aguas de pozos realizados por o para particulares. Estos datos los incluímos en nuestro análisis. Además, publicó un estudio especial sobre influencias del Mineral El Teniente en la calidad del agua del río Cachapoal, que también se tuvo en cuenta.

CUADRO Nº 1.3.1

CALIDAD DE LAS AGUAS

RECOPILACION DE INFORMACION D.G.A.
HOYA DEL RIO RAPEL
SUB HOYA: CACHAPOAL SUPERIOR Y MEDIO
(Hasta la confluencia del Estero Zamorano)

		NUMERO DE ANALISIS GENERALES									
Nº	E S T A C I O N E S	1967	68	69	1970	71	72	73	74	75	76
1	RIO CACHAPOAL ANTES RIO PANGAL			20	2			1		4	1
2	RIO CACHAPOAL DESPUES DEL RIO PANGAL						1	4	5	2	
3	ESTERO CLONQUI ANTES DEL RIO CACHAPOAL						1	2	5	3	
4	RIO CACHAPOAL ANTES DEL RIO COYA	30	13		3	10	12	5	10	1	
5	RIO CACHAPOAL DESPUES DEL RIO COYA								6	2	
6	CANAL SAUZAL ANTES DEL RIO CACHAPOAL										1
6a.	CANAL SAUZAL EN SIFON EL GRINGO						1	1	5	5	
6b.	RIO CACHAPOAL ANTES AFLUENTE CANAL PANGAL										
7	RIO CACHAPOAL EN PUENTE TERMAS	27	15		3	9	12	6	10	3	
7a.	BAÑOS TERMAS CAUQUENES									3	
8	RIO CACHAPOAL ANTES DEL RIO CLARO							3			
8a.	RIO CACHAPOAL DESPUES DEL RIO CLARO									2	
9	RIO CACHAPOAL EN B.T. CANALES DESPUES E. CAUQUENES			10	2	5	10	3	12	10	
10	RIO CACHAPOAL EN PANAMERICANA	10	4	10	11	7	2	5	2	1	
11	RIO CACHAPOAL EN PUENTE COINCO							4	1	7	1
12	RIO CACHAPOAL ANTES DE RIO CLARO DE RENGO							1	4	2	
13	RIO CACHAPOAL DESPUES DE RIO CLARO DE RENGO(Peumo)							1	4		
22	M. JUANITA ANTES RIO PANGAL						1				
23	RIO PANGAL ANTES EFLUENTE M. JUANITA						1				
24	RIO PANGAL DESPUES EFLUENTE M. JUANITA										
25	RIO BLANCO ANTES DE RIO PAREDONES						1	1	1	1	
25a.	RIO BLANCO ANTES DE CANAL PANGAL									1	
26	RIO PANGAL DESPUES DE RIO BLANCO						1	1	1	1	
27	Q. CERRILLOS ANTES RIO PANGAL						1	1	1	1	
28	Q. PEUMO ANTES DEL RIO PANGAL			21	2			1			
29	RIO PANGAL ANTES DEL RIO CACHAPOAL			21	2		1	4	5	4	
29a.	RIO PANGAL EN CENTRAL HIDROELECTRICA PANGAL										1
30	ESTERO EL TENIENTE ANTES VERTEDERO MINA						2	4	4		

CUADRO Nº 1.3.1 Continuación

CALIDAD DE LAS AGUAS

RECOPILACION DE INFORMACION D.G.A.
HOYA DEL RIO RAPEL
SUB HOYA: CACHAPOAL SUPERIOR Y MEDIO
(Hasta la confluencia del Estero Zamorano)

NUMERO DE ANALISIS GENERALES

Nº	E S T A C I O N E S	1967	68	69	1970	71	72	73	74	75	76
31	VERTEDERO MINA ANTES DE ESTERO EL TENIENTE							4	4		1
32	ESTERO EL TENIENTE ANTES RIO COYA						2	4	3		
32a	ESTERO EL TENIENTE DESPUES VERTEDERO MINA							2	2		
32b	VERTIENTE SEWEL (Agua Potable)						1	1			
33	RIO COYA ANTES ESTERO EL TENIENTE						4	5	3		
34	RIO COYA DESPUES ESTERO EL TENIENTE						3	3	3	1	
34a	RIO COYA EN SEWEL DESPUES DE AGUAS SERVIDAS						1				
35	VERTIENTE BOCATOMA MALA PASADA						1	1	2		
36	RIO COYA ANTES ESTERO SAPO					3	9	5	5		
37	ESTERO SAPO ANTES RIO COYA					9	10	6	5		
38	RIO COYA DESPUES ESTERO SAPO					8	3	5	5		
39	RIO COYA ANTES RIO CACHAPOAL			31	4	13	12	5	11	7	
39a	RIO CLARO ANTES RIO CACHAPOAL						2	6	7	1	
40	TRANQUE DE RELAVE EL PARRON						3	4	10	3	1
40a	CANALETA DE RELAVE ANTES TRANQUE EL PARRON										
41	CANAL SALIDA TRANQUE EL PARRON(Antes canal filtrac.)						3	5	8	3	1
42	CANAL FILTRACIONES TRANQUE EL PARRON								9	3	1
43	CANAL SALIDA TRANQUE EL PARRON(Después canal filtrac.)							2	9	4	1
43a	CANAL HACIA EMBALSE COLIHUES								1		
44	CANAL ENTRADA PLANTA LAS ROSAS					6	4	1	10	4	1
45	CANAL SALIDA PLANTA LAS ROSAS				5	13	6	5	9	4	1
46	ESTERO CAUQUENES ANTES TRAMO EL PARRON						3	6	5		1
46a	ESTERO CAUQUENES EN EMBALSE COLIHUES								1		
47	ESTERO CAUQUENES ANTES RIO CACHAPOAL		1	5	2		3	6	2	1	
48	ESTERO LAS CADENAS EN PANAMERICANA								2	2	1
49	ESTERO LAS CADENAS ANTES RIO CACHAPOAL						4	2	4	6	1

NOTA : SUB- HOYA CACHAPOAL INFERIOR, ANALISIS GENERALES AL FIN DEL CUADRO Nº 1.3.3

CUADRO Nº 1.3.2. CONTINUACION

CALIDAD DE LAS AGUAS

RECOPILACION DE INFORMACION D G A

HOYA DEL RIO RAPEL

SUB HOYA: CACHAPOAL SUPERIOR Y MEDIO

(Hasta la confluencia del Estero Zamorano)

NUMERO DE ANALISIS ESPECIFICOS

ESTACIONES		1966		1967		1968		1969		1970		1971		1972		1973		1974		1975		1976	
Nº	UBICACION	Nº	Componentes Específicos	Nº	Comp. Espec.	Nº	Comp. Espec.	Nº	Comp. Espec.	Nº	Comp. Espec.	Nº	Comp. Espec.	Nº	Comp. Espec.	Nº	Comp. Espec.	Nº	Comp. Espec.	Nº	Comp. Espec.	Nº	Comp. Espec.
33	RIO COYA ANTES ESTERO EL TENIENTE													4	Cu.B.	5	Cu.	3	Cu.As.Fe.	2	Cu.		
34	RIO COYA DESPUES ESTERO EL TENIENTE													3	Cu.B.	5	Cu.	3	Cu.As.Fe.	1	Cu.		
34a	R.COYA EN SEWELL DESPUES DE AGUAS SERVIDAS													1	Cu.								
35	VERTIENTE BOCATOMA MALA PASADA													1	Cu.B.	3	Cu.	3	Cu.As.Fe.	1	Cu.As.		
36	RIO COYA ANTES ESTERO SAPO											3	Cu.B.	12	Cu.B.	5	Cu.Fe.	5	As.Cu.	3	As.Cu.	3	Cu.Fe.
37	ESTERO SAPO ANTES RIO COYA											12	Cu.B.	14	Cu.B.	6	Cu.	5	As.Cu.	3	As.Cu.	2	Cu.
38	RIO COYA DESPUES ESTERO SAPO											11	Cu.B.	4	Cu.B.	5	Cu.Fe.	5	As.Cu.	1	As.Cu.	2	Cu.
39	RIO COYA ANTES RIO CACHAPOAL							83	Cu.	4	Cu.	16	Cu.B.	16	Cu.B.	6	Cu.B.Fe.	14	As.Cu.	12	As.Cu.NO3.B.	4	Cu.Mn.Fe.
40	TRANQUE DE RELAVE EL PARRON													3	Cu.B.	4	Cu.	10	Cu.B.As.	7	Cu.As.NO3.	1	Cu.Fe.NO3.
40a	CANALETA DE RELAVE ANTES TRANQUE EL PARRON																						
41	CANAL SALIDA TRANQUE EL PARRON(Antes canal filtración)													3	Cu.B.	4	Cu.	10	Cu.As.B.Fe.	6	Cu.As. NO3.	3	Cu.Fe.NO3.
42	CANAL FILTRACIONES TRANQUE EL PARRON															2	Cu.	10	Cu.As.B.Fe.	8	Cu.As. NO3.	3	Cu.Fe.NO3.
43	CANAL SALIDA T. EL PARRON(Después canal filtración)															3	Cu.	10	Cu.As.B.Fe.	8	Cu.As.NO3.	3	Cu.Fe.NO3.
43a	CANAL HACIA EMBALSE COLIHUES																	1	Cu.B.				
44	CANAL ENTRADA PLANTA LAS ROSAS											9	Cu.B.	9	Cu.B.Fe.	2	Cu.	11	Cu.As.B.Fe.	8	Cu.As.NO3.	3	Cu.Fe.NO3.
45	CANAL SALIDA PLANTA LAS ROSAS									2	Cu.	16	Cu.B.	6	Cu.B.Fe.	5	Cu.B.	11	Cu.As.B.Fe.	6	Cu.As.B.	3	Cu.Fe.NO3.
46	ESTERO CAUQUENES ANTES TRANQUE EL PARRON													3	Cu.B.	4	Cu.B.	3	Cu.			1	NO3.
46a	ESTERO CAUQUENES EN EMBALSE COLIHUES																	1	Cu.B				
47	ESTERO CAUQUENES ANTES RIO CACHAPOAL					2	B.Cu.	5	Cu.	2	Cu.			3	Cu.B.	4	Cu.B.	2	Cu.	1	Cu.		
48	ESTERO LAS CADENAS EN PANAMERICANA																			2	Cu.NO3.	1	NO3.
49	ESTERO LAS CADENAS ANTES RIO CACHAPOAL													2	Cu.B.			1	Cu.	3	Cu.NO3.		
49a	RIO CLARO ANTES RIO CACHAPOAL													2	Cu.B.	2	Cu.B.	6	Cu.B.	2	As.Cu.		
13	RIO CACHAPOAL DESPUES DE R.CLARO DE RENGO(Peumo)																	2	Cu.				

SUB HOYA: CACHAPOAL INFERIOR HASTA EMBALSE RAPEL

14	RIO CACHAPOAL EN PUENTE LARMAHUE													1	Cu.			1	Cu.	2	As.Cu.	1	Cu.Fe.
15	RIO CACHAPOAL EN PUENTE CODAO																			1	NO3.	2	Cu.Fe.Mn.NO3. NO2.NH3.
16	RIO CACHAPOAL EN EL CARMEN															1	B.Cu.	1	Cu.	3	Cu.As.NO3.B.	1	NO3.

DIB José Fontirroig

AIESA

CUADRO Nº L3.2

CALIDAD DE LAS AGUAS

RECOPILACION DE INFORMACION D.G.A.
HOYA DEL RIO RAPEL
SUB HOYA: CACHAPOAL, SUPERIOR Y MEDIO
(Hasta la confluencia del Estero Zamorano)

NUMERO DE ANALISIS ESPECIFICOS

Nº	ESTACIONES / UBICACIONES	1966		67		68		69		1970		71		72		73		74		75		76	
		Nº	COMPONENTES ESPECIFICOS	Nº	COMP. ESPEC.	Nº	COMP. ESPEC.	Nº	COMP. ESPEC.	Nº	COMP. ESPEC.	Nº	COMP. ESPEC.	Nº	COMP. ESPEC.	Nº	COMP. ESPEC.	Nº	COMP. ESPEC.	Nº	COMP. ESPEC.	Nº	COMP. ESPEC.
1	RIO CACHAPOAL ANTES RIO PANGAL							23	Cu.	2	Cu.					1	B.Cu.			7	B.Cu.NO3	3	Cu.As.B.Fe.NO3
2	RIO CACHAPOAL DESPUES DEL RIO PANGAL													1	Cu.	2	Cu.B	5	Cu.Be.Fe.	2	Cu.NO3		
3	ESTERO CLONGUI ANTES DEL R.CACHAPOAL							-										4	Cu.B	3	As.B.Cu.		
4	RIO CACHAPOAL ANTES DEL R.COYA	3	Cu.	35	B.Cu.	39	Cu.B	57	Cu.	8	Cu.	16	Cu.B	14	Cu.B	3	Cu.B	11	Cu.B.Fe.	5	As.Cu.	1	Cu.
5	RIO CACHAPOAL DESPUES DEL R.COYA																	7	Cu.As.Fe.	5	As.Cu.NO3		
6	CANAL SAUZAL ANTES DEL R. CACHAPOAL																			3	Cu.	4	Cu.As.B.Fe.NO3
6a.	CANAL SAUZAL EN SIFON EL GRINGO													1	Cu.	1	Cu.	3	Cu.	8	Cu.As.B.Fe.NO3		
6b.	RIO CACHAPOAL ANTES AFLUENTE CANAL PANGAL																						
7	RIO CACHAPOAL EN PUENTE TERMAS			29	B.Cu.	28	B.Cu.	31	Cu.	2	Cu.	15	B.	14	Cu.B	3	Cu.B	61	Cu.As.B	114	Cu.As.	147	Cu.As.
7a.	BAÑOS TERMAS CAUQUENES																			4	Cu.As.B.NO3		
8	RIO CACHAPOAL ANTES DEL RIO CLARO															1	Cu.B						
8a.	RIO CACHAPOAL DESPUES DEL RIO CLARO																			2	NO3		
9	R.CACHAPOAL EN B.T. CANALES DESPUES E.CAUQUENES							11	Cu.	1	Cu.	6	Cu.B	14	Cu.	1	Cu.	37	Cu.B.Fe	214	Cu.As.B.NO3	156	Cu.Fe.NO3
10	RIO CACHAPOAL EN PANAMERICANA			9	B.Cu.	7	B.Cu.	12	Cu.	10	Cu.	9	Cu.B	2	Cu.B	2	Cu.B	2	Cu.	1	NO3		
11	RIO CACHAPOAL EN PUENTE COINCO															1	Cu.B	1	Cu.As.	8	NO3	1	Cu.
12	R.CACHAPOAL ANTES DE R.CLARO DE RENGO																	2	Cu.As.	2	Cu.NO3		
22	M.JUANITA ANTES RIO PANGAL													1	Cu.					1	Cu.As.Fe.		
23	RIO PANGAL ANTES EFLUENTE M.JUANITA													1	Cu.					1	Cu.As.		
24	RIO PANGAL DESPUES EFLUENTE M.JUANITA																			1	Cu.As.		
25	RIO BLANCO ANTES DE RIO PAREDONES													1	Cu.			1	Cu.Fe	1	Cu.As.	1	Cu.Fe.
25a.	RIO BLANCO ANTES DE CANAL PANGAL																			1	Cu.As.B.NO3		
26	RIO PANGAL DESPUES DE RIO BLANCO													1	Cu.			1	Cu.	1	Cu.As.		
27	Q.CERRILLOS ANTES RIO PANGAL													1	Cu.					1	Cu.As.		
28	Q. PEUMO ANTES DEL RIO PANGAL							22	Cu.	2	Cu.												
29	RIO PANGAL ANTES DEL RIO CACHAPOAL							22	Cu.	2	Cu.			1	Cu.	2	Cu.B	5	Cu.As.B	7	As.B.Fe.NO3	1	Cu.
29a.	RIO PANGAL EN CENTRAL HIDROELEC. PANGAL																					1	Cu.As.B.Fe.NO3
30	ESTERO ELTENIENTE ANTES VERTEDERO MINA													2	Cu.	5	Cu.	4	Cu.As.Fe	2	As.	2	Cu.
31	VERTEDERO MINA ANTES DE ESTERO EL TENIENTE															6	Cu.Fe	4	Cu.Fe	3	Cu.As.	4	Cu.Fe.As.B.NO3
32	ESTERO EL TENIENTE ANTES RIO COYA													3	Cu.B	4	Cu.	4	Cu.	1	Cu.As.		
32a.	ESTERO ELTENIENTE DESPUES VERTEDERO MINA													2	Cu.	4	Cu.	2	Cu.			1	Cu.
32b.	VERTIENTE SEWELL (Agua Potable)													1	Cu.	1	Cu.						

DIB José Fontirroig

AIESA

CUADRO Nº 1.3.3

CALIDAD DE LAS AGUAS

RECOPILACION DE INFORMACION D.G.A.
HOYA DEL RIO RAPEL
SUBHOYA: RIO CLARO DE RENGO

NUMERO DE ANALISIS GENERALES

Nº	E S T A C I O N E S	1969	70	71	72	73	74	75	76
50	ESTERO CALABOZOS EN PANAMERICANA				1	5	3	3	
51	RIO CLARO DE RENGO EN PANAMERICANA		6	2	1	5	4	3	2
51a	RIO CLARO EN LAS NIEVES	5	7	5	5				
51b	RIO CLARO DE RENGO DESPUES EMBALSE CRISTAL								
52	RIO CLARO DE RENGO ANTES R.CACHAPOAL (Tunca)						5	1	

CALIDAD DE LAS AGUAS

RECOPILACION DE INFORMACION D.G.A.
HOYA DEL RIO RAPEL
SUB HOYA: ESTERO ZAMORANO

NUMERO DE ANALISIS GENERALES

Nº	E S T A C I O N E S	1969	70	71	72	73	74	75	76
53	ESTERO ANTIVERO EN PANAMERICANA				1	3	3	4	1
53a	ESTERO ANTIVERO EN AGUAS BUENAS						1		
54	ESTERO ANTIVERO DESPUES ESTERO CHARQUICAN						1	4	2
55	ESTERO ANTIVERO ANTES ESTERO MAQUI						1	1	
56	ESTERO CHARQUICAN ANTES ESTERO ANTIVERO						1	1	
57	ESTERO LOS MAQUIS EN PANAMERICANA				1	3	2	3	
58	ESTERO MAQUI ANTES ESTERO ANTIVERO						1	1	
59	ESTERO ZAMORANO DESPUES E.MAQUI Y ANTIVERO						1	1	
60	ESTERO ZAMORANO EN SAN VICENTE DE TAGUA TAGUA						1	4	1
61	ESTERO ZAMORANO EN PENCAHUE (Desembocadura)				1	2	3	4	2

SUB HOYA: CACHAPOAL INFERIOR
(Desde la confluencia del Estero ZAMORANO)

NUMERO DE ANALISIS GENERALES

Nº	ESTACIONES	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976
14	RIO CACHAPOAL EN PUENTE LARMAHUE				1		1	3	1
15	RIO CACHAPOAL EN PUENTE CODAO					2	2	1	1
16	RIO CACHAPOAL EN EL CARMEN					4	2	2	1

CUADRO N° 1.3.4

CALIDAD DE LAS AGUAS

RECOPILACION DE INFORMACION D.G.A.
HOYA DEL RIO RAPEL
SUB HOYA: RIO CLARO DE RENGO

NUMERO DE ANALISIS ESPECIFICOS

	ESTACIONES	1969		1970		71		72		73		74		75		76	
N°	UBICACION	N°	Comp. Espec.	N°	Comp. Espec.	N°	Comp. Espec.	N°	Comp. Espec.	N°	Comp. Espec.	N°	Comp. Espec.	N°	Comp. Espec.	N°	Comp. Espec.
50	ESTERO CALABOZOS EN PANAMERICANA							1	Cu.	1	Cu.B	1	Cu.	3	Cu.NO3.As	2	Cu. Fe
51	R.CLARO RENGO EN PANAMERICANA							1	Cu.	1	Cu.B	2	Cu.	2	Cu.NO3	2	Cu.Fe.NO3
51a	R.CLARO EN LAS NIEVES	4	B			2	Cu.B	1	Cu.B								1 NO3
51b	R.CLARO RENGO DESPUES EMBALSE CRISTAL																1 NO3
52	R.CLARO RENGO ANTES R.CACHAPOAL(Tunca)											3	Cu.	1	Cu.As.		

CALIDAD DE LAS AGUAS

RECOPILACION DE INFORMACION D.G.A.
HOYA DEL RIO RAPEL
SUB HOYA: ESTERO ZAMORANO

NUMERO DE ANALISIS ESPECIFICOS

	ESTACIONES	1972		73		74		75		76	
N°	UBICACION	N°	Comp. Espec.	N°	Comp. Espec.	N°	Comp. Espec.	N°	Comp. Espec.	N°	Comp. Espec.
53	ESTERO ANTIVERO EN PANAMERICANA	1	Cu.	1	Cu.B	1	Cu.	1	Cu.AS.NO3		
53a	ESTERO ANTIVERO EN AGUAS BUENAS									1	NO3
54	ESTERO ANTIVERO DESPUES ESTERO CHARQUICAN							2	Cu.AS.NO3	2	Cu.Fe.NO3
56	ESTERO ANTIVERO ANTES ESTERO MAQUI										
56	ESTERO CHARQUICAN ANTES ESTERO ANTIVERO							1	Cu.AS.NO3		
57	ESTERO LOS MAQUIS EN PANAMERICANA	1	Cu.					2	Cu.AS.NO3		
58	ESTERO MAQUI ANTES ESTERO ANTIVERO										
59	ESTERO ZAMORANO DESPUES ESTERO MAQUI Y ANTIVERO										
60	ESTERO ZAMORANO EN SAN VICENTE DE TAGUA TAGUA							2	Cu.AS.NO3	1	Cu. Fe
61	ESTERO ZAMORANO EN PENCAHUE (Desembocadura)	1	Cu.			1	Cu.	2	Cu.AS.NO3	2	Cu.Fe.NO3

CUADRO Nº 1.3.5

CALIDAD DE LAS AGUAS

RECOPILACION DE INFORMACION D G A
HOYA DEL RIO RAPEL
SUB HOYAS : TINGUIRIRICA Y CHIMBARONGO

NUMERO DE ANALISIS GENERALES

Nº	U B I C A C I O N E S	1969	1970	71	72	73	74	75	76
62	RIO TINGUIRIRICA EN PANAMERICANA				1	4	3	3	2
62a	RIO TINGUIRIRICA BAJO JUNTA DE AZUFRE		2	4	2				
62b	RIO TINGUIRIRICA ANTES JUNTA RIO CLARO	4	4	5	4		1		
62c	RIO CLARO EN VALLE DOS ANTES R.TINGUIRIRICA	1	6	4	5		1		
62d	RIO TINGUIRIRICA EN PLACILLA						1		
62e	RIO TINGUIRIRICA EN NANCAGUA					2	2		
62f	RIO TINGUIRIRICA ANTES ESTERO CHIMBARONGO						1		
79	ESTERO CHIMBARONGO EN LONGITUDINAL		1			1	2		
80	ESTERO CHIMBARONGO EN CONVENTO VIEJO	6	7	4	4	1	2		
81	ESTERO CHIMBARONGO EN QUINTA					1	1		
82	ESTERO CHIMBARONGO EN AUQUINCO						1		
83	ESTERO CHIMBARONGO EN ISLA DE LOS GUINDOS					2	2		
84	ESTERO CHIMBARONGO EN STA. CRUZ	3	6	4	5	1	2		
85	ESTERO CHIMBARONGO EN CABRERIA					1			
86	ESTERO CHIMBARONGO ANTES RIO TINGUIRIRICA					1	1		
87	ESTERO CALLEUQUE EN CALLEUQUE					1			
88	ESTERO LAS TOSCAS EN STA. CRUZ		1				1		
88	ESTERO LAS TOSCAS EN CAMINO A LIMA		1						
89	ESTERO LAS TOSCAS ANTES JUNTA R.TINGUIRIRICA		1						
90	RIO TINGUIRIRICA EN SAN JOSE					1			
91	ESTERO LAS CADENAS EN SAN JOSE					1			
92	RIO TINGUIRIRICA ANTES JUNTA LAGO RAPEL		1				1		1

CUADRO Nº 1.3.6

CALIDAD DE LAS AGUAS

RECOPILACION DE INFORMACION D.G.A.
HOYA DEL RIO RAPEL
SUB HOYA : TINGUIRIRICA Y CHIMBARONGO

NUMERO DE ANALISIS ESPECIFICOS

ESTACIONES		1966		67		68		69		1970		71		72		73		74		75		76	
Nº	UBICACION	Nº	COMPONENTES ESPECIFICOS	Nº	COMP. ESPEC.	Nº	COMP. ESPEC.	Nº	COMP. ESPEC.	Nº	COMP. ESPEC.	Nº	COMP. ESPEC.	Nº	COMP. ESPEC.	Nº	COMP. ESPEC.	Nº	COMP. ESPEC.	Nº	COMP. ESPEC.	Nº	COMP. ESPEC.
62	RIO TINGUIRIRICA EN PANAMERICANA													1	Cu.	1	Cu.B.	1	Cu.	2	Cu.As.	2	Cu.Fe.NO3.
62a	RIO TINGUIRIRICA BAJO JUNTA DE AZUFRE											1	B.										
62b	RIO TINGUIRIRICA ANTES JUNTA RIO CLARO							4	B.			1	B.									1	NO3.
62c	R.CLARO EN EL VALLE DOS R.TINGUIRIRICA							1	B.			1	Cu.B.	1	Cu.B.	1	Cu.					1	NO3.
62d	RIO TINGUIRIRICA EN PLACILLA																						
62e	RIO TINGUIRIRICA EN NANCAGUA																	1	Cu.				
62f	R. TINGUIRIRICA ANTES ESTERO CHIMBARONGO																						
79	ESTERO CHIMBARONGO EN LONGITUDINAL																						
80	ESTERO CHIMBARONGO EN CONVENTO VIEJO							4	B.					1	Cu.B.			1	Cu.				
81	ESTERO CHIMBARONGO EN QUINTA																	1	Cu.				
82	ESTERO CHIMBARONGO EN AUQUINCO																						
83	ESTERO CHIMBARONGO EN ISLA DE LOS QUINDOS																	1	Cu.				
84	ESTERO CHIMBARONGO EN STA. CRUZ							2	B.									1	Cu.				
85	ESTERO CHIMBARONGO EN CABRERIA																						
86	ESTERO CHIMBARONGO ANTES R.TINGUIRIRICA																						
87	ESTERO CALLEUQUE EN CALLEUQUE																						
88	ESTERO LAS TOSCAS EN STA.CRUZ																						
88	ESTERO LAS TOSCAS EN CAMINO A LIMA																						
89	ESTERO LAS TOSCAS ANTES JUNTA R.TINGUIRIRICA																						
90	RIO TINGUIRIRICA EN SAN JOSE																						
91	ESTERO LAS CADENAS EN SAN JOSE																						
92	RIO TINGUIRIRICA ANTES JUNTA LAGO RAPEL																					1	Cu.Fe.NO3.

DIB José Pontirroig

AIESA

2. NORMAS Y CRITERIOS NACIONALES E INTERNACIONALES

2.- NORMAS Y CRITERIOS NACIONALES E INTERNACIONALES.-

Se dispone en Chile de normas N.Ch.409 Of.70, sobre calidad en agua potable. Se citará en forma de cuadro para usarlas en el enjuiciamiento posterior de las aguas de la hoya que se analiza. No se estima necesario citar normas internacionales por cuanto las de Chile son claras, pero sí se llamará la atención sobre una diferencia en uno de los parámetros, que en el caso de que se analizara tiene gran importancia, el Arsénico. La diferencia se destaca por cuanto es de importancia. Se citarán, de paso, algunas normas internacionales sobre otros parámetros, a pesar de que en este momento no se dispone de datos sobre ellos. En todo caso, parecen no haber llegado a adquirir importancia en la región, porque no se han detectado problemas.

Aparte de las normas anteriores, se dispone en Chile de una Norma sobre Fuentes de Abastecimiento, la que debe ser aplicada a los cursos naturales aún cuando éstos estén destinados a entregarse después de ser tratados: Norma N.Ch 777 Of.71.

Para usos agrícolas se están usando en Chile criterios de altas autoridades y universidades norteamericanas que también se citarán.

Finalmente se dispone, mientras se llega a estructurar una norma de un Anteproyecto de Norma de Protección de Cuerpo de Agua, Receptores de Aguas Servidas y Residuos Industriales, producido por CORFO en Noviembre de 1974, de los antecedentes de un Seminario de Ingeniería Sanitaria, de la Universidad de Chile, efectuado en 1968.

En un estado más avanzado de la investigación sanitaria en el país, deben enjuiciarse todos los cursos que reciban descargas de alcantarillado de ciudades importantes, por los diversos reusos que pueden tener esos cursos. En la Hoya del Rapel los cursos receptores de las descargas de Rancagua, Rengo, San Fernando y Santa Cruz, van a dar el embalse Rapel, pero tienen en camino tomas de canales por lo que merecen ser enjuiciados. Se citará, en consecuencia, el anteproyecto de normas ya referido para indicar por qué parámetros convendría iniciar una investigación. Es conveniente indicar la circunstancia probable de que todas las captaciones de agua potable en el Cachapoal, Claro de Rengo y Tinguiririca, aguas abajo de las ciudades nombradas, son de aguas subterráneas.

2.1.- Normas de Agua Potable.-

A continuación se presentan en forma de cuadros las normas chilenas a que se ha hecho referencia:

- Norma sobre calidad de agua potable N.Ch 409 Of.70 en el Cuadro N° 2.1.1.
- Norma sobre Fuentes de agua potable N.Ch 777 Of.71.

C U A D R O N° 2.1.1.

CUADRO DE PRESCRIPCIONES PARA AGUA POTABLE

Características o Componentes	L í m i t e Aceptable	M á x i m o Tolerable	Observaciones
FISICAS			
Turbiedad	5	5	Cuando se hizo distinción entre máximo, aceptable y tolerable se incluyó en las 2 columnas
Olor-Sabor	Carece de color y olor desagradable		
Color	20	20	
QUIMICAS mg/lt.			
Alquitr.-Benceno	0.5	0.5	-
Arsénico	0.12	0.12	Mayores exigencias en USA (1)
Bario	1.-	1.-	
Cadmio	0.01	0.01	
Cloruros	200.-	350.-	
Cobre	1.-	1.-	
E C C	0.2	0.2	Extracto carbón cloroformo
Cianuros	0.2	0.2	
Cromo Hexavalente	0.05	0.05	
Fluoruros	0.3	0.5	
Plomo	0.1	0.1	
Manganeso	0.1	0.2	
Magnesio	30.-	125.-	
Mercurio y Fenoles	-	-	Hay proposición en anteproyecto (2).
Nitrógeno de Nitrato	10.-	15.-	
Nitrógeno de Nitritos	0.04	0.04	
Nitrógeno de Albúminas	0.1	0.1	
Nitrógeno de Amoníaco	0.25	0.25	
Oxígeno Consumido	2.5	2.5	
Selenio	0.01	0.01	
Plata	0.05	0.05	
Sulfatos	250.-	400.-	

(Continuación Cuadro N° 2.1.1.)

Características o Componentes	Límite Máximo Aceptable	Límite Máximo Tolerable	Observaciones
Sólidos disueltos	500.-	1.500.-	
Zn	5.-	5.-	
RADIOACTIVOS PC/LT.			
Radio 226	3.-	3.-	
Rad.Beta	1.000.-	1.000.-	
Estroncio	10.-	10.-	
pH	6,5 - 9,2		
Otros			(3)

Aclaraciones.-

(1) El límite aceptable para el Arsénico es en la Norma Chilena 0.12 mg/lt. En la Norma Norteamericana vigente es 0.01 como recomendable y 0.05 como obligatorio. La liberalidad chilena deriva de tiempos en que aparentemente no se presentaban problemas con el As lo que fue desmentido por la realidad posterior que obligó a la construcción de una planta abatidora de Arsénico en Antofagasta. En el Servicio Nacional de Salud se sigue teniendo en vista la norma americana.

(2) Para el Mercurio se ha propuesto, en un Seminario de Ingeniería Sanitaria, como límite deseable 0,001. En cuanto a Fenoles, en el mismo Seminario se ha propuesto como límite deseable 0,001 y admisible 0,002.

(3) Otros.- Se han propuesto en Estados Unidos numerosas prescripciones sobre contenido de pesticidas y herbicidas que deben ser estudiadas también en Chile.

En cuanto a los límites aceptables para el agua cruda, en su gran mayoría se refieren a parámetros químico sanitarios como D B O, Indices Coli y Oxígeno Disuelto, puesto que se trata de prevenir contaminaciones orgánicas aguas arriba de la toma. Como se verá, Rancagua el único caso de toma directa importante, no tiene ese problema por ahora; el mal posible está en la contaminación minera. En todo caso reproducimos las categorías de la Norma N Ch 777 Of.71 respecto de parámetros físicos y químicos.

C U A D R O N° 2.1.2

FUENTES DE AGUA POTABLE

Características Físicas y Químicas requeridas

Características	Buena	Regular	Deficiente
FISICAS			
Color (Unidades Pt/Co)	0-20	20-150	>150
Turbiedad (V.Jackson)	0-10	10-250	> 250
QUIMICAS			
Cloruros (mg/lt)	≤ 50	50-350	> 350
Fluoruros (mg/lt)	< 1,5	1,5-3	> 3
Compuestos Fenólicos (mg/lt)	0	0.005	> 0.005
pH Promedios	6-8;5	5-9	3,8-10,5

Es obvio que se aplican las demás características químicas de la norma de Agua Potable.

2.2.- Criterios para Usos Agrícolas.-

De fuentes norteamericanas se han obtenido interesantes criterios para definir la aptitud del agua en usos agrícolas. La preocupación se centra en la salinidad total, por su influencia negativa sobre los cultivos, expresada a través de la conductancia específica a 25°C medida en micromhos por centímetro; y además en la presencia del Sodio cuya influencia se aprecia a través de la relación, denominada razón de adsorción del Sodio (SAR).

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}}$$

También hay indicaciones respecto de elementos tóxicos para algunos o para toda clase de cultivos.

Las categorías de salinidad según el U.S. Salinity Laboratory Staft (USSLS) reproducida en el Agricultural Handbook N° 60 US Department of Agriculture son las siguientes:

C U A D R O N° 2.2.1

NIVELES DE SALINIDAD DE LAS AGUAS

Clasificación (C)	Conductancia Específica Micromhos/cm a 25° C	Calidad
C_1	50- 250	Salinidad baja
C_2	250- 750	Salinidad media
C_3	750-2.250	Salinidad alta
C_4	2.250-5.000	Salinidad muy Alta
C_5	> 5.000	Salinidad excesiva

Las categorías según la relación de adsorción de sodio definidas en el mismo texto son:

C U A D R O N°2.2.2

NIVELES DE S.A.R.

Clasificación (S)	Valores de S.A.R.	Significación
S_1	0 - 4	≥ 4 peligro pequeño para frutales
S_2	4 -18	Nivel medio de peligro
S_3	18-26	Peligro alto
S_4	> 26	Peligro muy alto

La USSLS ha preparado un gráfico de clasificación con junta C-S que ha sido discutido, sobre todo, en los niveles altos de la salinidad.

Otros índices: Siempre en los índices de valor general se anota el pH. Los valores admisibles quedan comprendidos entre los límites 4,5 y 9.

Luego como índices especiales se anotan los niveles tóxicos según la Universidad de California (Coop.Extensión,Enero 15,1975), sobre los cuales se temen disminuciones de los rendimientos de los cultivos.

C U A D R O N° 2.2.3

NIVELES TOXICOS

Elemento	mg/lt	Elemento	mg/lt
Aluminio	5	Hierro	5
Arsénico	0.1	Plomo	5
Berilio	0.1	Litio	2.50
Boro	0.75	Manganeso	0.02
Cadmio	0.01	Molibdeno	0.01
Cromo	0.1	Níquel	0.20
Cobalto	0.05	Selenio	0.02
Cobre	0.20	Vanadio	0.10
Flúor	1	Zinc	2

Finalmente, el Boro ha merecido una mayor especificación por el diverso comportamiento, que en su presencia, experimentan los cultivos.

NIVEL DEL BORO
(U.Calif.)

Menos de 0.5 mg/lt	Satisfactorio para todo cultivo
0.5 - 1 mg/lt	Para la mayoría; cultivos sensibles pueden mostrar algunos daños.
1 - 2 mg/lt	Para cultivos semi-tolerantes; menores rendimientos de los sensibles.
2 - 10 mg/lt	Sólo para cultivos tolerantes.

2.3.- Protección de Cuerpos Receptores.-

Se reproduce del "Anteproyecto de Normas de Protección de Cuerpos Receptores de Aguas y Residuos Industriales Líquidos", ya citado, los requisitos exigibles para reuso de riego y abastecimiento industrial. Se omiten los requisitos para recreo, baño y natación, navegación deportiva, acuática, vida acuática, y miticultura que no tiene aplicación al caso.

C U A D R O N° 2.3.1

REQUISITOS DE PROTECCION DE CUERPOS RECEPTORES DE AGUAS SERVIDAS

Características * Máx.aceptable ** Máx.tolerable	R I E G O Verduras y Similares (frutillas)	Cítricos	Otros Cultivos	ABASTECIMIENTO INDUSTRIAL Elaboración alimentos	Refrig. y otros usos
1.- Bacterias (B/100 ml)					
Coliformes *	100	1.000	10.000	Norma de A.P.	100
Coliformes **	1.000	10.000	50.000		1.000
2.- Oxireducción (mg/l)					
DBO *				0	5
DBO **				2	10
O.D. *					3
O.D. **					
Oxigenación relativa %	50		50		
3.- Reacción					
pH (mín.)	5.5	5.5	5.5	5.5	5.0
pH (máx.)	9.0	9.0	9.0	9.0	10.0
4.- Físicas(mg/l)					
Turbiedad *				0	
Turbiedad **				10	
Color *				10	
Color **				30	
Sólidos Suspendidos *				5	

(Continuación cuadro N° 2.3.1)

Características * Máx.aceptable ** Máx.tolerable	R I E G O Verduras y Similares (frutillas)	Cítricos	Otros Cultivos	ABASTECIMIENTO INDUSTRIAL Elaboración alimentos	Refrig. y otros usos
Sólidos Suspendidos **				20	
Sólidos Totales *				500	
Sólidos Totales **				1.500	
Sólidos Disueltos					
5.- Químicas					
Aceite *	0	0	0	0	5
Aceite **	3	3	3	1	10
Cl+ *	200	500	250	250	
Cl^+ **	750		750	1.000	
F^+ *	1				
F^+ **	5				
Metales Tóxicos *	0.1			Norma de A.P.	
Metales Tóxicos**	2.5				
Fenol *	0.005			0.001	
Fenol **	0.020			0.010	
Boro *		0.5	1		
Boro **		1	5		
Na (%) *	35	35	35		
Na (%) **	80	75	80		
6.- Temperatura					30
7.- Olor (máx.)	O f e n s i v o			Perceptible	Ofensivo
8.- Gusto				Perceptible	

La norma de anteproyecto incluye además una extensa lista de límites para sustancias tóxicas.

3. CARACTERISTICAS DE LAS AGUAS

3.- CARACTERISTICAS DE LAS AGUAS.-

Se hará una revisión a todos los antecedentes a que se hizo referencia en el punto N°1; primero a la luz de las normas y criterios para los diferentes usos señalados en el punto N°2 y agregando luego, alguno que otro parámetro, que contribuya a configurar una característica de las dos clases fundamentales de aguas en escurrimiento; superficiales y subterráneas; en las diferentes hoyas y tramos de ellas se destacan especialmente los puntos y causas de contaminación o degradación de la calidad, como así mismo donde ella es recuperada; y se señala, por fin, alguna nueva línea de investigación que pueda dar luces en el manejo futuro del agua en la hoya.

3.1.- Aguas Superficiales.-

Se presentan primero antiguos datos de los servicios de Agua Potable que muestran la calidad de las aguas del río Cachapoal cerca de Rancagua, aguas que eran objeto de tratamiento. Luego los más recientes datos de la D.O.S. sobre el Cachapoal y otros, los que sirven para apreciar si ha habido cambios en la calidad del agua, especialmente en lo referente a los desagües mineros de El Teniente.

Finalmente una gran cantidad de estaciones con información muy sintética en cada una, según datos de la D.G.A., desde 1966 hacia adelante.

3.1.1.- Datos de la Dirección General de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado.-

En las Memorias del Servicio se muestran cuadros resumen con promedios anuales para los diferentes parámetros de las siguientes ciudades con tomas directas en la Hoya: Rancagua, Rengo, Requínoa. En ese tiempo no había - en la hoya, al menos - verdaderas captaciones subterráneas profundas sino algunas con pretensiones de tales que no eran sino tomas indirectas del río a través de drenes, pero en todo caso no se puede decir que en esos días la calidad fuera estrictamente la del río. Por eso sólo se han reproducido cuadros de las tomas directas de aguas crudas que se sometían a tratamiento, tomas que corresponden a las ciudades citadas.

C U A D R O N° 3.1.1

CALIDADES DE AGUAS SUPERFICIALES PARA SERVICIOS DE AGUA POTABLE
(Datos anteriores a 1952)

Características o Elementos (p.p.m.)	Rancagua(Cachapoal)		Rengo		Requinoa	
	1936	1941	1936	1944	1936	1941
Olor en frío	-	0	-	-	-	0
Olor en caliente	-	0	-	-	-	0
Sabor	-	-	-	-	-	-
Color	5	148	8	-	-	14

(Continuación cuadro N° 3.1.1)

Características o Elementos (p.p.m.)	RANCAGUA (Cachapoal)		RENGO		REQUINOA	
	1936	1941	1936	1944	1936	1941
Turbiedad	-	290	-	5	-	35
pH	7.3	7.4	6.5	6.5	7.8	7.3
Alcalinidad	42	72	34	34	50	54
Dureza total	66	76	34	34	88	86
Dureza permanente	24	4	-	-	38	32
Residuo disuelto	150	192	60	68	214	243
Cloruros	14	5	3	2	25	22
Nitrógeno amoniacal	0,004	0.190	0.004	-	0,002	0,044
Nitrógeno Albuminoides	0.007	0.390	0.01	-	0.008	0.147
Nitritos	0	0.004	0	0.001	0	0
Nitratos	0.135	0.200	0.012	0.030	0.025	0.080
CO2 libre total	0,3	2	0,4	Ind.	0,1	0,2

RESUMEN.-

Las exigencias para las aguas crudas objeto de tratamiento en las antiguas plantas, en general filtros lentos, eran superiores a las de hoy día. Por eso se advierte que, en general y en lo físico, son aguas buenas. Entre ligeramente ácidas y básicas, pH de 6,5 a 7,8. Baja dureza, en todo caso inferior a 100 y bajo contenido total de sólidos disueltos en forma de residuos disuelto, que nunca alcanza a los 250 p.p.m. También los compuestos nitrogenados son bajos y hay excepcionalmente un contenido de fierro sobre la Norma (2 p.p.m.) sólo en este caso la composición se acerca al límite tolerable de 0.5 p.p.m.

3.1.2.- Datos de la Dirección de Obras Sanitarias (D.O.S.).-

El servicio importante que en la actualidad se abastece de captaciones directas en la cuenca, es de la ciudad de Rancagua con sus tomas en el río Cachapoal y en el Claro, su afluente (Clarillo como se suele llamar también). Se presentan algunos análisis del agua cruda, esto es, antes del tratamiento a que se somete, procedente de ambos ríos. Se acompaña además un análisis del agua del río Claro (afluente del Tinguiririca) que se aprovecha en el servicio del Puente Negro.

La calidad del Cachapoal sigue siendo buena, en el momento de efectuarse los análisis las aguas eran un poco más básicas (pH entre 7.5 y 7.9) más alcalinas y duras y ligeramente corrosivas, sólo se acusa en un caso presencia de Cobre. Desgraciadamente no se dispuso de datos de la calidad de las aguas crudas antes de la planta, posteriores a 1960. Más adelante se verá la evolución reciente, en otros análisis.

Las aguas de los ríos Claro de Rengo y del Tinguiririca (Puente Negro) son mejores aún en lo físico, menos básicas, alcalinas y dura y más corrosivas.

C U A D R O N° 3.1.2

CALIDAD DE AGUAS SUPERFICIALES PARA SERVICIOS DE AGUA POTABLE

(Datos posteriores a 1952)

Características o elementos(mg/l)	R A N C A G U A						Puente Negro
	R í o C a c h a p o a l			R í o C l a r o			Río Claro
	26.5.52	20.7.59	1.10.59	26.5.55	5.8.55	5.9.74	6.10.67
Olor	Tierra débil	In.	In.	T.Débil	T.Débil	In.	In.
Color	0	0	0	0	0	0	5
Turbiedad	10	30	50	25	2	2	7.5
pH	7.5	7.7	7.9	7.3	7.5	7.5	7.1
Alcalinidad	64	62	56	42	52	48	23
Dureza Carbonatada	64	62	56	42	52	46	16
Dureza No Carbonatada	104	18	30	20	0	0	0
Dureza Total	168	80	86	62	52	46	16
Residuo Disuelto	204	267	248	110	96	92	54
Cl(Cloruros)	53	29	31	8	4.8	6	3.5
N amoniacal	0.068	0.01	0.042	0.036	0.088	0.066	0.022
N albuminoides	0.076	0.056	0.136	0.058	0.118	0.056	0.096
N Nitrito	0.001	0.002	0.002	0	0	0.065	0
N Nitratos	0.01	0.1	0.08	0.02	0	0.06	0.04
CO_2 libre	0.05	2.7	1.4	4	3	2.6	3.8
F	0	0	0.1	0	0	0.1	0.25
Fierro Disuelto	0.05	0.05	0.1	0.1	0.1	0.1	0.15
Cu	-	0.06	0	-	-	0	-
Indice Estabilidad	Ligeramente corrosiva	-0.5	-0.4	-	-	-1.1	-2.7

3.1.3.- Datos de la Dirección General de Aguas (D.G.A.).-

Se ha dicho anteriormente que hay buena cantidad, exagerada tal vez, de estaciones de muestreo en el río Cachapoal, pero desgraciadamente no hay rutina y en general hay dentro de cada año pocas tomas, muchas veces ninguna, lo que impide tomar siquiera promedios anuales.

Por eso la presentación de los datos se limita a mostrar máximos y mínimos detectados en cada año de conductancia específica, S.A.R. y pH (Cuadros Nos. 3.1.3. al 3.1.5) por sub-hoyas. Se presenta un mapa de conjunto con las características expresadas en símbolos (C_1 al C_5 en el mapa N° 2).

En cuanto a los iones tóxicos, se presenta el mapa N°3 en el que se marca el ión que se ha registrado en exceso cuando éste ha sobrepasado el límite de tolerancia; el nombre del ión con un asterisco indica que se sobrepasa el límite decenas de veces; con dos, centenas; y con tres, miles de veces. El ión sin asteriscos indica que se ha excedido levemente sobre el nivel recomendado.

No se indica en cuadros y mapas el S.A.R. porque el valor es bajo, comprendido en la clasificación S_1, ésto es, menos que 4, valor generalizado, con una sola excepción, en toda la Hoya del río Rapel: en las Termas de Cauquenes en que el valor es altísimo, fuera de clasificación.

CUADRO N° 3.1.3

CALIDAD DE AGUAS DE RIEGO A TRAVES DEL TIEMPO

RANGO DE VARIACION ANUAL

(Los valores de conductividad eléctrica están expresados en micromhos/cm. 25°)

HOYA DEL RIO RAPEL - CACHAPOAL SUPERIOR Y MEDIO

		1973			1974			1975		
	ESTACIONES	Conduct. Eléct.		RANGO	Conduct. Eléct.		RANGO	Conduct. Eléct.		RANGO
N°	UBICACION	Mín.	Máx.	pH	Mín.	Máx.	pH	Mín.	Máx.	pH.
1	RIO CACHAPOAL ANTES RIO PANGAL	388		7.15				271	698	6.7-8.14
2	RIO CACHAPOAL DESPUES DEL RIO PANGAL	258	483	7.4-7.95	334	523	7.05-8.15	462	591	8.0-8.05
3	ESTERO CLONQUI ANTES DEL RIO CACHAPOAL	89	137	7.5-7.7	117	252	7.1 -7.85	210	279	7.4-7.8
4	RIO CACHAPOAL ANTES DEL RIO COYA	281	590	7.0-8.0	311	441	7.5 -8.05	265	529	6.55-7.55
5	RIO CACHAPOAL DESPUES DEL RIO COYA				343	442	7.1 -7.87	332	584	7.3-7.65
6	CANAL SAUZAL ANTES DEL RIO CACHAPOAL							268	402	7.6-7.83
6b	RIO CACHAPOAL ANTES EFLUENTE CANAL PANGAL							464		7.79
7	RIO CACHAPOAL EN PUENTE TERMAS	274	576	7.15-7.8	335	600	7.4 -8.35	274	699	6.42-8.0
7a	BAÑOS TERMAS CAUQUENES							5956	6746	7.44-8.66
8	RIO CACHAPOAL ANTES DEL RIO CLARO	380	479	7.2-7.6						
8a	RIO CACHAPOAL DESPUES DEL RIO CLARO							540	544	8.06-8.1
9	RIO CACHAPOAL EN B.T. CANALES DESPUES E. CAUQUENES	292	367	7.6-7.7	315	536	7.6-8.3	300	778	6.7-8.41
10	RIO CACHAPOAL EN PANAMERICANA	290	590	7.3-7.85	332	410	7.88-8.1	331	669	7.8 7.98
11	RIO CACHAPOAL EN PUENTE COINCO	390	577	7.5-7.9	338		7.8	340	648	6.9-8.1
12	RIO CACHAPOAL ANTES DE R.CLARO DE RENGO	354		7.8	376	523	7.8-7.95	547	582	7.99-8.0
22	M JUANITA ANTES RIO PANGAL							315		8.72
23	RIO PANGAL ANTES EFLUENTE M.JUANITA							184		7.43
24	RIO PANGAL DESPUES EFLUENTE M.JUANITA							198		7.82
25	RIO BLANCO ANTES DE RIO PAREDONES	163		7.75	165		7.56	281		8.05
25a	RIO BLANCO ANTES DE CANAL PANGAL							320		8.02
26	RIO PANGAL DESPUES DE RIO BLANCO	248		7.7	238		7.62	455		8.2
27	Q.CERRILLOS ANTES RIO PANGAL	123		7.55				172		7.94
28	Q PEUMO ANTES DEL RIO PANGAL	207		7.7	188		7.2			
29	RIO PANGAL ANTES DEL RIO CACHAPOAL	211	314	6.7-8.0	226	373	6.9-7.9	190	459	7.0-8.05
29a	RIO PANGAL EN CENTRAL HIDROELECTRICA PANGAL									
30	ESTERO EL TENIENTE ANTES VERTEDERO MINA	180	248	6.2-7.1	234	418	4.65-7.0	237	267	6.5-6.7
31	VERTEDERO MINA ANTES ESTERO EL TENIENTE	2920	4859	3.3-3.55	2637	4087	3.23-3.9	2634	3024	3.07-3.9
32	ESTERO EL TENIENTE ANTES RIO COYA	1160	1705	3.7-4.0	1141	1706	3.71-4.19	2128		6.16
32a	ESTERO EL TENIENTE DESPUES VERTEDERO MINA	1117	1870	3.5-4.0	1969	2672	3.55-3.95			
32b	VERTIENTE SEWELL (Agua potable)	278		5.05						
33	RIO COYA ANTES ESTERO EL TENIENTE	160	397	5.2-6.8	243	477	5.15-6.78	229	275	4.54-6.2
34	RIO COYA DESPUES ESTERO EL TENIENTE	704	1402	3.85-4.3	780	1340	3.8 -4.55			
34a	R.COYA EN SEWELL DESPUES DE AGUAS SERVIDAS									
35	VERTIENTE BOCATOMA MALA PASADA	303	619	4.15-6.65	297	1323	3.3-4.15	454		4.36
36	RIO COYA ANTES ESTERO SAPO	661	1897	3.9-4.4	242	1069	3.76-4.65	648	1035	4.4-4.5
37	ESTERO SAPO ANTES RIO COYA	181	677	6.4-6.85	357	695	4.33-7.2	408	543	5.4-6.97
38	RIO COYA DESPUES ESTERO SAPO	576	1766	3.9-4.35	320	1109	3.8 -6.7	939		4.45
6a	CANAL SAUZAL EN SIFON EL GRINGO	286		7.75	325	442	7.5-8.02			

CUADRO N° 3.1.3 CONTINUACION

CALIDAD DE AGUAS DE RIEGO A TRAVES DEL TIEMPO

RANGO DE VARIACION ANUAL

(Los valores de conductividad eléctrica están expresados en micromhos/cm., 25°)

HOYA DEL RIO RAPEL - CACHAPOAL SUPERIOR Y MEDIO

		1973			1974			1975		
ESTACIONES		Conduct. Eléct.		RANGO	Conduct. Eléct.		RANGO	Conduct. Eléct.		RANGO
N°	UBICACION	Mín.	Máx.	pH	Mín.	Máx	pH	Mín.	Máx.	pH
39	RIO COYA ANTES RIO CACHAPOAL	700	1280	4.35-5.0	417	1621	4.17 - 7.4	546	1422	3.75-6.1
39 a.	RIO CLARO ANTES RIO CACHAPOAL	83	117	6.9 -7.8	74	230	7.6 -8.9	89	175	8.23-8.37
40	TRANQUE DE RELAVE EL PARRON	2455	2831	6.3 - 8.3	2308	3289	5.15 -7.55	2233	3983	4.76-7.1
40 a.	CANALETA DE RELAVE ANTES TRANQUE EL PARRON	2455	2466	8.1 - 8.3						
41	CANAL SALIDA TRANQUE EL PARRON (Antes canal filtrac)	2186	2863	6.5 - 7.2	2247	3062	4.7 7.3	2137	3680	3.18 - 7.0
42	CANAL FILTRACIONES TRANQUE EL PARRON	993	1005	5.4 - 5.5	1076	1558	3.95-4.65	1200	3120	3.57 5.18
43	CANAL SALIDA TRANQUE EL PARRON (Después C. filtrac.)	2405	2569	6.26 - 6.7	1271	3015	4.5-7.04	1337	3970	3.48-6.24
43a.	CANAL HACIA EMBALSE COLIHUES				2016		5.5			
44	CANAL ENTRADA PLANTA LAS ROSAS	2326	2546	6.35-6.75	1621	3001	4.0-7.05	1264	3535	4.05-7.15
45	CANAL SALIDA PLANTA LAS ROSAS	2254	2569	6.55-9.15	1447	3240	5.73 - 7.9	1592	3850	5.9 - 9.8
46	ESTERO CAUQUENES ANTES TRANQUE EL PARRON	164	306	7.25 - 8.6	135	300	7.38-7.9			
46 a.	ESTERO CAUQUENES EN EMBALSE COLIHUES				225		7.7			
47	ESTERO CAUQUENES ANTES RIO CACHAPOAL	170	343	7.5 - 7.8	273	335	7.5 - 7.95	366	870	7.3 - 7.6
48	ESTERO LAS CADENAS EN PANAMERICANA				398	461	7.35 - 7.5	350	528	6.92 - 7.9
49	ESTERO LAS CADENAS ANTES RIO CACHAPOAL	370		6.8 - 7.35	409	498	7.3 - 7.34	372	527	7.08-7.79
13	RIO CACHAPOAL DESPUES R. CLARO DE RENGO (Peumo)	530		7.6	420	509	7.6 - 8.05			

HOYA DEL RIO RAPEL CACHAPOAL INFERIOR

		1973			1974			1975		
ESTACION		Conduct. Eléct.		RANGO	Conduct. Eléct.		RANGO	Conduct. Eléct.		RANGO
N°	UBICACION	Mín.	Máx.	P.H.	Mín.	Máx.	P.H.	Mín.	Máx.	P.H.
14	RIO CACHAPOAL EN PUENTE LARMAHUE				549		7.95	397	486	7.93-8.0
15	RIO CACHAPOAL EN PUENTE CODAO	452	485	7.40-7.70	418	508	7.75-8.15	570		8.0
16	RIO CACHAPOAL EN EL CARMEN	390	577	7.45-7.5	461	515	7.8-8.1	395	639	7.26-8.1

DIB José Fontirroig

AIESA

CUADRO Nº 3.1.4

CALIDAD DE AGUAS DE RIEGO A TRAVES DEL TIEMPO

RANGO DE VARIACION ANUAL

(Los valores de conductividad eléctrica están expresados en micromhos/cm., 25°)

HOYA DEL RIO RAPEL - ESTERO ZAMORANO

		1973			1974			1975		
ESTACIONES		Conduct. Eléct.		RANGO	Conduct. Eléct.		RANGO	Conduct. Eléct.		RANGO
Nº	UBICACION	Mín.	Máx.	P H	Mín.	Máx.	P H	Mín.	Máx.	P H
53	ESTERO ANTIVERO EN PANAMERICANA	121	163	7.20-7.50	123	239	7.05-7.65	144	225	7.52-7.98
53a	ESTERO ANTIVERO EN AGUAS BUENAS				87		7.20			
54	ESTERO ANTIVERO DESPUES E. CHARQUICAN				236		7.99	190	243	7.36-7.65
55	ESTERO ANTIVERO ANTES ESTERO MAQUI				216		7.87	211		7.48
56	ESTERO CHARQUICAN ANTES E. ANTIVERO				210		7.95	233		7.79
57	ESTERO LOS MAQUIS EN PANAMERICANA	175	202	7.40 7.90	163	200	7.90-8.04	166	180	7.54 7.87
58	ESTERO MAQUI ANTES E. ANTIVERO				302		8.10	318		7.75
59	ESTERO ZAMORANO DESPUES E. MAQUI Y ANTIVERO				255		7.98	271		7.71
60	ESTERO ZAMORANO EN SAN VICENTE DE TAGUA TAGUA				280		7.94	159		6.90 8.50
61	E. ZAMORANO EN PENCAHUE (Desembocadura)	310	354	7.50 7.55	283	390	7.80 8.02	273	372	7.78 8.05

HOYA DEL RIO RAPEL RIO CLARO DE RENGO

		1973			1974			1975		
ESTACIONES		Conduct. Eléct.		RANGO	Conduc. Eléct.		RANGO	Conduct. Eléct.		RANGO
Nº	UBICACION	Mín.	Máx.	P.H.	Mín.	Máx.	P.H.	Mín	Máx	P.H.
50	ESTERO CALABOZOS EN PANAMERICANA	380	563	7.35-7.70	428	456	7.60-8.10	395	598	6.90-7.51
51	RIO CLARO DE RENGO EN PANAMERICANA	100	318	7.00-7.90	109	294	7.55-8.00	101	284	7.11-7.70
51a	RIO CLARO EN LAS NIEVES									
51b	RIO CLARO DE RENGO DESPUES EMBALSE CRISTAL									
52	R. CLARO DE RENGO ANTES R. CACHAPOAL (Tunca)				476	598	7.65 8.00	520		7.69

DIB José Fontirroig

AIESA

CUADRO Nº 3.1.5

CALIDAD DE AGUAS DE RIEGO A TRAVES DEL TIEMPO

RANGO DE VARIACION ANUAL

(Los valores de conductividad eléctrica están expresados en micromhos/cm., 25º)

HOYA DEL RIO RAPEL - TINGUIRIRICA Y CHIMBARONGO

ESTACIONES		1973			1974			1976		
		Conduct. Eléct.		RANGO	Conduct. Eléct.		RANGO	Conduct. Eléct.		RANGO
Nº	UBICACION	Mín.	Máx.	pH	Mín.	Máx.	pH	Mín.	Máx.	pH
62	RIO TINGUIRIRICA EN PANAMERICANA	121	328	7.00-7.40	198	235	7.25-7.8	146	182	7.54-7.84
62a	RIO TINGUIRIRICA BAJO JUNTA AZUFRE									
62b	RIO TINGUIRIRICA ANTES JUNTA RIO CLARO	130		6.90	270		7.80			
62c	RIO CLARO EN VALLE DOS ANTES R.TINGUIRIRICA	50		7.25	60		7.70			
62d	RIO TINGUIRIRICA EN PLACILLA				215		7.68			
62e	RIO TINGUIRIRICA EN NANCAGUA	241	297	7.25-7.35	212	239	7.4-7.92			
62f	RIO TINGUIRIRICA ANTES ESTERO CHIMBARONGO				210		7.75			
79	ESTERO CHIMBARONGO EN LONGITUDINAL	206		7.15	209	280	7.50-7.80			
80	ESTERO CHIMBARONGO EN CONVENTO VIEJO	240	275	7.20-7.65	298	302	7.80-7.90			
81	ESTERO CHIMBARONGO EN QUINTA	221		7.50	287		7.70			
82	ESTERO CHIMBARONGO EN AUQUINCO				297		7.96			
83	ESTERO CHIMBARONGO EN ISLA LOS GUINDOS	266	352	7.10-7.30	312	324	7.55-7.85			
84	ESTERO CHIMBARONGO EN STA. CRUZ	270	274	7.40	317	331	7.52-7.85			
85	ESTERO CHIMBARONGO EN CABRERIA	246		7.30						
86	ESTERO CHIMBARONGO ANTES RIO TINGUIRIRICA	360		7.45	300		7.94			
87	ESTERO CALLEUQUE EN CALLEUQUE	394		7.50						
88	ESTERO LAS TOSCAS EN STA CRUZ				402		8.18			
88a	ESTERO LAS TOSCAS EN CAMINO A LIMA									
89	ESTERO LAS TOSCAS ANTES JUNTA R.TINGUIRIRICA									
90	RIO TINGUIRIRICA EN SAN JOSE	345		7.30						
91	ESTERO LAS CADENAS EN SAN JOSE	360		7.50						
92	RIO TINGUIRIRICA ANTES JUNTA LAGO RAPEL				248		7.50			

Para la selección de datos sobre los rangos generales y máximos de tóxicos se ha seleccionado el lapso entre los años 1973 y 1975, en que hubo mayor extensión de la información, mayor número de estaciones con datos y mayor cantidad de toma de datos por estación. En todo caso se escogerán después las estaciones con más largo historial para establecer las variaciones de las características con el tiempo.

3.1.4.- Comentario sobre la Información.-

a) SUB-HOYA DEL CACHAPOAL SUPERIOR Y MEDIO.-
(Hasta la confluencia del Estero Zamorano)

pH

- Un primer elemento de diagnóstico es el valor del pH que en la sub-hoya es muy variable porque tiene las influencias de la degradación provocada por los derrames de la minería incluso por los tratamientos.

En el cuadro N° 3.1.3 se agrega que de 47 estaciones de la sub-hoya se obtuvieron los siguientes rangos:

- Un 57% de carácter ácido básico moderado, entre 6,2 y 8.9.

- Un 13% de carácter fuertemente ácido, entre 3.3 y 5.5 (aquí están los desagües de la minería).

- Un 6%, con tendencia a básico fuerte entre 7 y 9.8 (aquí hay efluentes de tratamiento y los Baños Termas).

- Un 24%, finalmente de rango variado.

Conductancia Específica

- La salinidad general expresada a través del parámetro conductancia específica muestra una perfecta concordancia con los rangos de pH anteriores. En efecto en los mismos grupos de estaciones se observa (Cuadro N°3.1.3):

- En el 57% de carácter ácido-básico moderado la conductancia varía entre los siguientes valores (el mínimo de los mínimos y el máximo de los maximos): 89 a 778. La clasificación de todo el grupo sería C 1-2 (*).

- El 13% siguiente, grupo de los fuertemente ácidos, tiene conductancia (con solo dos excepciones de menos de 300 como mínimo)variable entre 704 y 4.852. La clasificación del grupo se puede englobar en C 3-4.

- El 6% siguiente, grupo de los fuertemente básí

*): Se designa con doble subíndice a una calidad de agua que en su mínimo observado tiene las características del índice menor y en su máximo la del mayor.

cos; tiene conductancias (salvo una excepción de 315) variables entre 2.455 y 6.748. Se puede clasificar en C 4-5.

- En el grupo de los muy variables, que comprende el 24% de las estaciones, la conductancia varía entre 180 y 3.983. En general se puede clasificar como C 2-3.

Cobre

- En las estaciones del Cachapoal alto hay gran cantidad de análisis con altos máximos de iones tóxicos. Los resultados para el Cobre considerando los mismos grupos de pH son (mapa N°4):

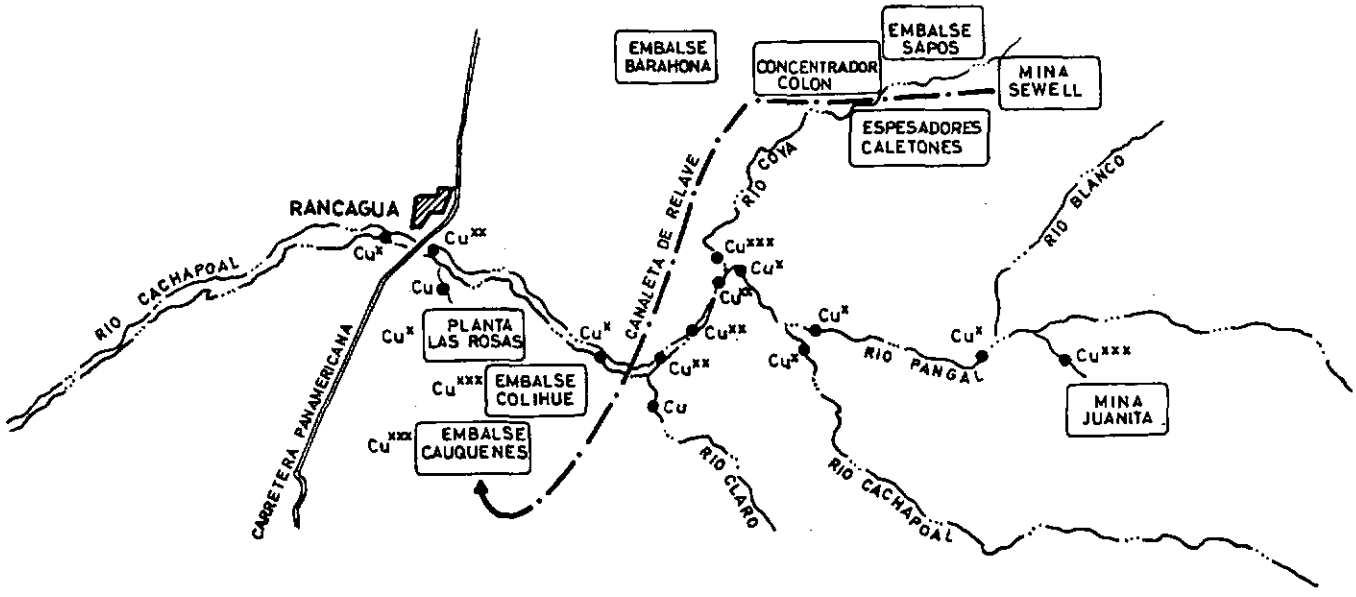
- En el grupo ácido básico moderado sólo un 7% no tiene análisis específicos, un 40% no acusa contaminación y del resto, las concentraciones de Cobre predominantes exceden decenas de veces la norma.

- En el grupo fuertemente ácido todas las estaciones acusan contaminación desde decenas hasta miles de veces en exceso sobre la norma, siendo éstas últimas las predominantes.

- En el grupo fuertemente básico hay una estación, la de los efluentes de la Planta de tratamiento de Las Rosas que acusa exceso en decena de

MAPA Nº 4

CONTENIDO DE COBRE EN LAS AGUAS
EN RELACION CON LAS MINAS Y ESTABLECIMIENTOS DE LA CUENCA



LOS ESTABLECIMIENTOS Y MINAS, SIN DIMENSIONES (EN ESQUEMA) CONTENIDOS DE COBRE EN EXCESO SOBRE LA TOLERANCIA.-

Cu	EXCESOS UNIDADES DE VECES LA NORMA
Cu^{x}	EXCESOS DECENAS DE VECES LA NORMA
Cu^{xx}	EXCESOS CENTENAS DE VECES LA NORMA
Cu^{xxx}	EXCESOS MILES DE VECES LA NORMA

AIESA

dib. iván gómez d. 9/77

veces la norma, este efluente se evacúa al Estero Cauquenes donde el Cobre excede en unidades de veces la norma. A su vez el Estero Cauquenes desagua en el Cachapoal.

- En el grupo fuertemente variable todas las estaciones tienen excesos de Cobre, mínimo diez veces en exceso.

Arsénico

- Siempre en relación con la presencia del ión tóxico por grupos de pH ya indicado se anota:

- En el grupo ácido moderado se anotan dos estaciones con exceso de Arsénico en decenas de veces sobre la norma, habiéndose hecho análisis específico.

- En el grupo fuertemente ácido, no se anotan excesos del ión, habiéndose efectuado mediciones en 4 de las siete estaciones del grupo.

- En el grupo fuertemente básico se detectó exceso decenas de veces sobre la norma en la estación que recibe efluentes de la Planta de tratamiento de Las Rosas.

- En el grupo de pH muy variable, no se anotan excesos, habiéndose efectuado mediciones específicas en todas las estaciones del grupo, asociadas por cierto con las del Cobre.

En resumen, y puesto que se ha partido de la sospecha que el Cobre lleva asociado con su presencia la del Arsénico, solo se podría decir que esta última es mucho más atenuada. En todo caso se puede anotar que la Planta de tratamiento de Las Rosas, como no es garantía de atenuación del Cobre tampoco lo es respecto del Arsénico, sólo faltaría relacionar la presencia de los iones con el funcionamiento bajo un buen rendimiento de dicha planta.

Hierro - Se detecta su presencia en cantidades excesivas en los casos y cantidades que se indican:

- En aguas moderadamente ácidas ó básicas, en un caso, decenas de veces sobre la norma, habiéndose examinado su presencia en nueve de las treinta estaciones del grupo.

- En aguas fuertemente ácidas se registran en tres estaciones excesos en centenares de veces sobre la norma, habiéndose hecho determinaciones específicas solo en cuatro estaciones del grupo. Solo en un caso se registró exceso.

- En las etapas fuertemente básicas, aguas abajo de la Planta de tratamiento de Las Rosas, se registró exceso en centenares de veces sobre la norma.

- En aguas de carácter muy variable se registra una relación muy directa entre excesos de hierro y de cobre; no hay exceso en un caso, en que el exceso de cobre es decenas de veces sobre la norma; hay exceso en decenas, centenas y miles de veces sobre la norma en los casos en que el cobre está excedido en proporciones similares.

En resumen, hay una estrecha relación (mucho mayor que en el caso del Arsénico) entre los excesos de fierro y de Cobre.

Boro

- Se acusa presencia de Boro en algunas estaciones.

- En aguas moderadamenté ácidas ó básicas, de 16 estaciones con análisis específicos se detectan exceso en 3 casos, en dos de ellos decenas de veces por sobre la norma. En dos de los casos hay en las mismas estaciones excesos de Cu y As y en el otro, exceso de Cu.

- En aguas fuertemente ácidas no se detectó exceso de Boro, habiéndose realizado análisis específicos en cuatro estaciones.

- En aguas fuertemente básicas se detectó exceso de decenas de veces sobre lo tolerable, en la estación Puente Termas.

- En aguas de carácter variable no se detectó Boro habiéndose medido en 12 estaciones.

Parece ser un ión cuya presencia no tiene relación con la presencia de Cobre.

b) HOYA DEL CLARO DE RENGO.-

pH - El valor es muy parejo para aguas de carácter ligeramente básica; pH variable de 6,90 a 8,10.

Conductancia Específica - En éste caso se dan caracteres muy acusados por estación:

- El Estero Calabozos tiene variaciones de mínimo a máximo 380 a 598; clasificación C 2.

- El río Claro en el curso medio, de 100 a 318; la clasificación en el máximo apenas sobrepasa el límite C 2 - C1, podría clasificarse en C1.

- El río Claro antes de la confluencia con el Cachapoal, de 476 a 598; clasificación C2.

Cobre - Se hicieron análisis específicos y no se detectó Cobre.

c) ESTERO ZAMORANO.-

pH - Agua moderadamente básica. Salvo una excepción, el pH varía entre 7.05 y 8.10.
La excepción, en San Vicente de Tagua-Tagua con pH entre 6.90 y 8.50.

Conductancia Específica - Con una excepción los caracteres son de agua de salinidad baja. Conductancia entre 87 y 318. Podría clasificarse en C1.
La excepción en Pencahue, la desembocadura al Rapel, con un máximo de 390.

Cobre, Arsénico, Fierro, NO_3 - Se hicieron determinaciones específicas y no se detectó presencia de iones tóxicos.

d) RIO TINGUIRIRICA Y RIO CHIMBARONGO.-

pH - Con una excepción (en 22 estaciones), el agua es ligeramente básica, pH variable entre 7 y 7,96 (La excepción, pH 8,18 en Sta.Cruz)

Conductancia Específica - Salinidad entre baja y media, con conductancia fluctuante entre 50 y 402 micromhos/cm. Se puede clasificar como C 1-2.

Cobre y Boro - Se hicieron análisis de los dos iones y se detectó Boro en cantidad superior al límite, pero sin alcanzar diez veces su valor en las estaciones que se indican: Tinguiririca bajo Junta de Azufre, Claro antes del Tinguiririca, Chimbarongo en Convento Viejo.

e) RIO CACHAPOAL, CURSO INFERIOR.-

pH - El valor es parejo caracterizando aguas ligeramente básicas con pH variable entre 7,26 y 8,15

Conductancia Específica - Agua de característica también muy pareja, entre 390 y 639, clasificación C2.

Iones Tóxicos - No se acusan intolerancias, habiéndose medido iones de Cu, Fe, As, B y otros.

3.1.5.- Resumen para la cuenca según análisis de la D.G.A.-

Salvo la sub-hoya del curso superior y medio del Cachapoal, la cuenca tiene aguas ligeramente básicas, pH entre 6,90 y 8,15, de salinidad entre media y baja en el Claro de Rengo, en el Tinguiririca y Chimbarongo, baja en el Estero Zamorano, y media en el curso inferior del Cachapoal; se anotó presencia de Boro en el Tinguiririca y ausencia de

iones tóxicos en el Cachapoal inferior. Buena agua, en general.

En el curso medio y superior del Cachapoal, en cambio, se detectan todos los rangos de calidad, salinidad y presencia de iones tóxicos en grandes cantidades, en forma tal, que conviene establecer una relación entre los diferentes indicadores.

3.1.6.- Variaciones de la Calidad con el Tiempo en el Cachapoal.-

Se estimó en los párrafos anteriores la calidad general de las aguas según análisis de la D.G.A. con los datos de los años 1973-74-75 por contarse con material con la mayor amplitud en cuanto al número de estaciones y en regular cantidad de información por estación, en general. Sin embargo se hace necesario un mayor conocimiento en cuanto a variaciones de la calidad con el tiempo. En este sentido se eligió una estación en el río Cachapoal, donde se plantea el problema de la calidad, con suficiente tiempo de información continuada y ubicada aguas abajo de los presuntos cursos contaminantes y en el punto álgido en relación con el uso mayoritario que es el de riego: Río Cachapoal en Bocatoma Canales, estación N°9.

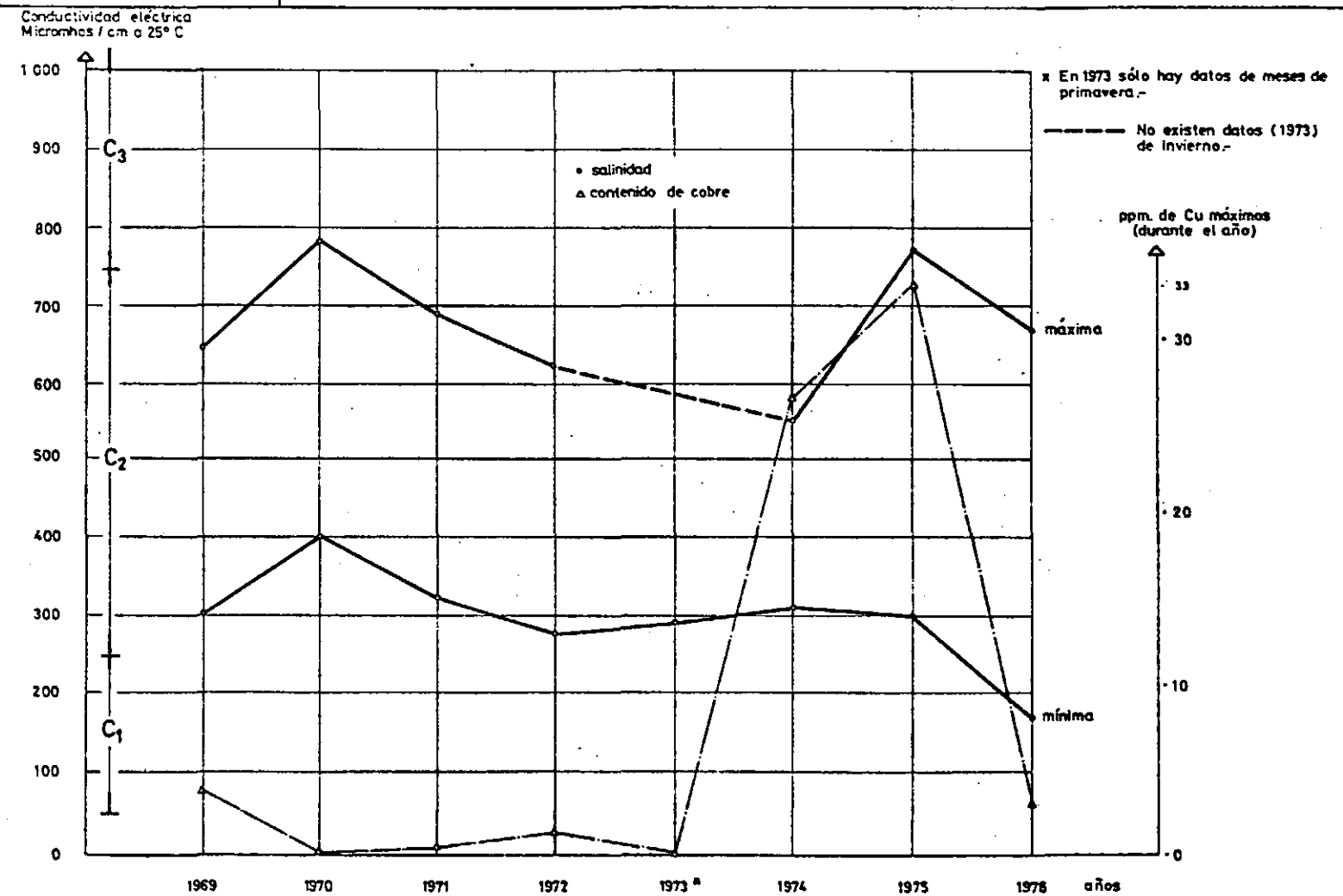
Las conclusiones son claras y se muestran en el gráfico N°1.

RIO CACHAPOAL

ESTACION Nº 9 (Río Cachapoal en Bocatoma Canales.-)

SALINIDAD MAXIMA Y MINIMA A TRAVES DE LOS AÑOS
Y CONTENIDOS MAXIMOS ANUALES DE COBRE EN p.p.m.

GRAFICO Nº 1



AIESA

dib. iván gómez d. 9/77.

- En cuanto a salinidad, a través de la conductividad específica, los máximos están en su mayoría dentro de la categoría C_2, pasando en dos años (1970 y 1975) a la C_3, apenas sobre el límite. Los mínimos, en su mayoría en la parte inferior del campo de C_2 baja aún a la categoría C_1 en 1976.

- En cuanto a exceso de cobre, los máximos se mueven entre los años 1969 a 1973 entre 0 y 3,78 p.p.m.; en 1973 empieza un fuerte incremento que llega hasta 33 p.p.m. en 1975, sucediéndole una nueva bajada a 2,9 p.p.m. en 1976. Los mínimos en general son cero o muy poca cosa (no se incluye en el gráfico)

3.1.7.- Perfil de salinidad en el Cachapoal.-

Es interesante mostrar la variación de la salinidad a lo largo del curso del río Cachapoal, la que se puede mostrar en el año 1974 en que se realizaron mediciones en el mayor número de estaciones.

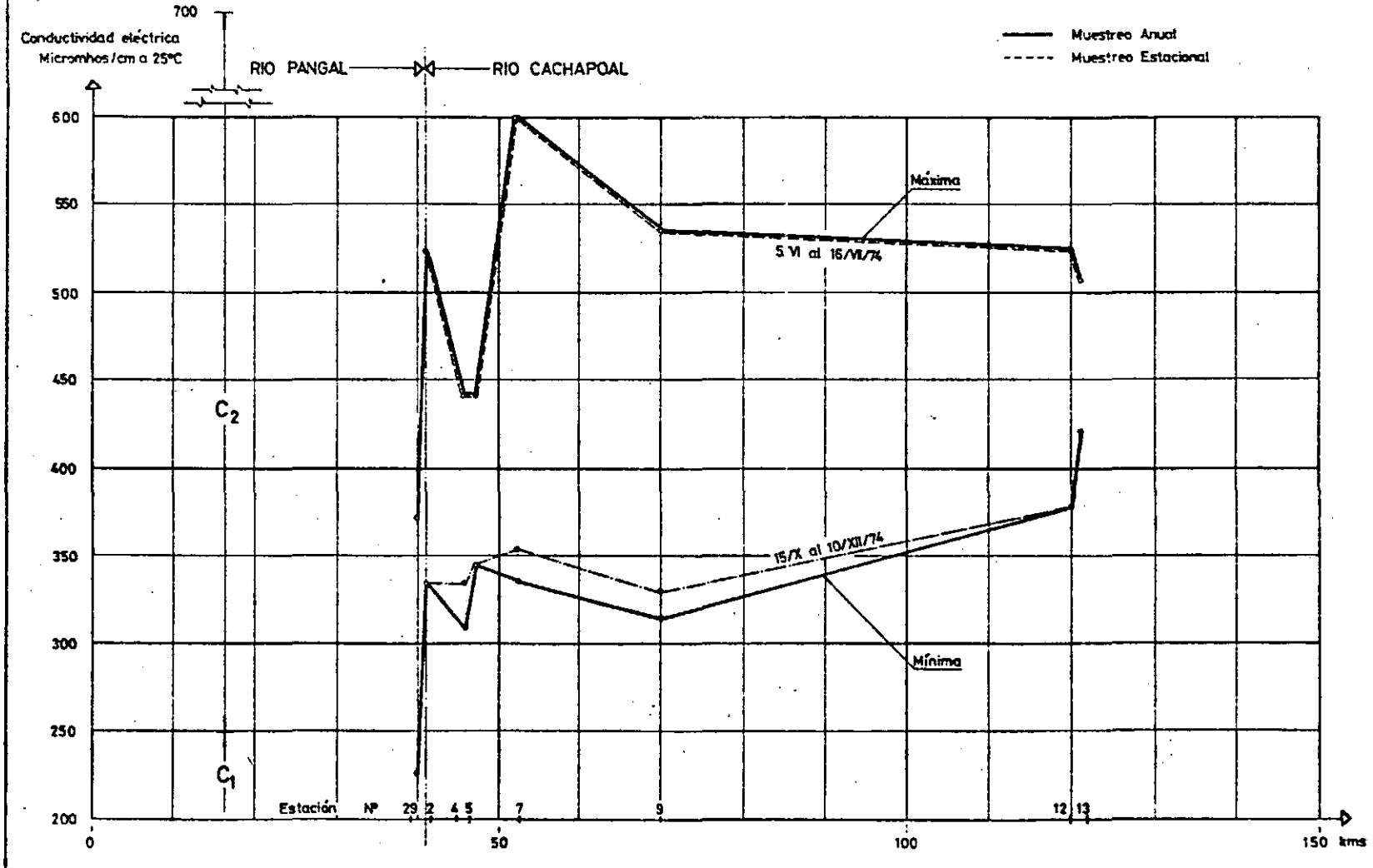
El perfil se toma a partir del río Pangal y se presentan en el gráfico N°2 en que se puede anotar:

- La salinidad inicial es baja en el Pangal.
- Sube bruscamente en la conjunción con el Cachapoal desde donde, en adelante, máximo y mínimo quedan en la calidad C_2.

RIO CACHAPOAL

PERFIL DE SALINIDAD MAXIMA Y MINIMA ANUAL
MUESTREO DE INVIERNO Y PRIMAVERA EN EL TRAYECTO DEL RIO CACHAPOAL
- AÑO 1974 -

GRAFICO Nº 2



AIESA

dib. Iván gómez d. 9/77.

- El mayor de los máximos se encuentra en Puente Termas (Estación N°7), desde donde baja la salinidad hasta el punto de Bocatoma de Canales (Estación N°9).
- El menor de los mínimos se encuentra en Bocatoma de Canales (estación N°9).
- Desde la estación N°9 ya señalada, bajan suavemente los máximos y suben suavemente los mínimos hacia la conjunción con el Claro, que regulariza aún más la calidad, acentuándose la baja de los máximos y la subida de los mínimos.

Evidentemente desmejoran la calidad primero el río Cachapoal con la carga que trae, al confluir con el Pangal, desmejorándose más la calidad debido al Estero Cauquenes y las Termas.

En cuanto a la probable influencia del Estero Coya con su posible contaminante de la minería, ésta se detecta en la estación N°4: no hay influencia en los máximos y la hay, en cambio, en los mínimos.

En el mismo gráfico se vé la relación directa entre los máximos de salinidad con el muestreo de una decena de días de invierno y los mínimos con una veintena de primavera.

3.1.8.- Perfil del Contenido de Cobre.-

Por las razones ya anotadas en el párrafo anterior, se eligió 1974 para presentar un perfil de contenidos máximos y mínimos de Cobre, el que se muestra en los gráficos N° 3 y 4.

En el gráfico N°3 se presenta la envolvente de los máximos en el año y en el N°4, una secuencia según el recorrido, en el período de los máximos de 15 de Octubre al 10 de Diciembre de 1974 e igualmente en el período de los mínimos del 5 de Junio al 16 de Julio del mismo año.

Los altos máximos alcanzan a 29,3 p.p.m. en Puente Termas, la misma estación en que se alcanza el máximo de salinidad, aunque en muy distintas ocasiones: mientras en el Cobre se presentan en Diciembre, en la salinidad los máximos ocurren en Junio-Julio; al revés en Octubre-Diciembre se presentan los mínimos de salinidad.

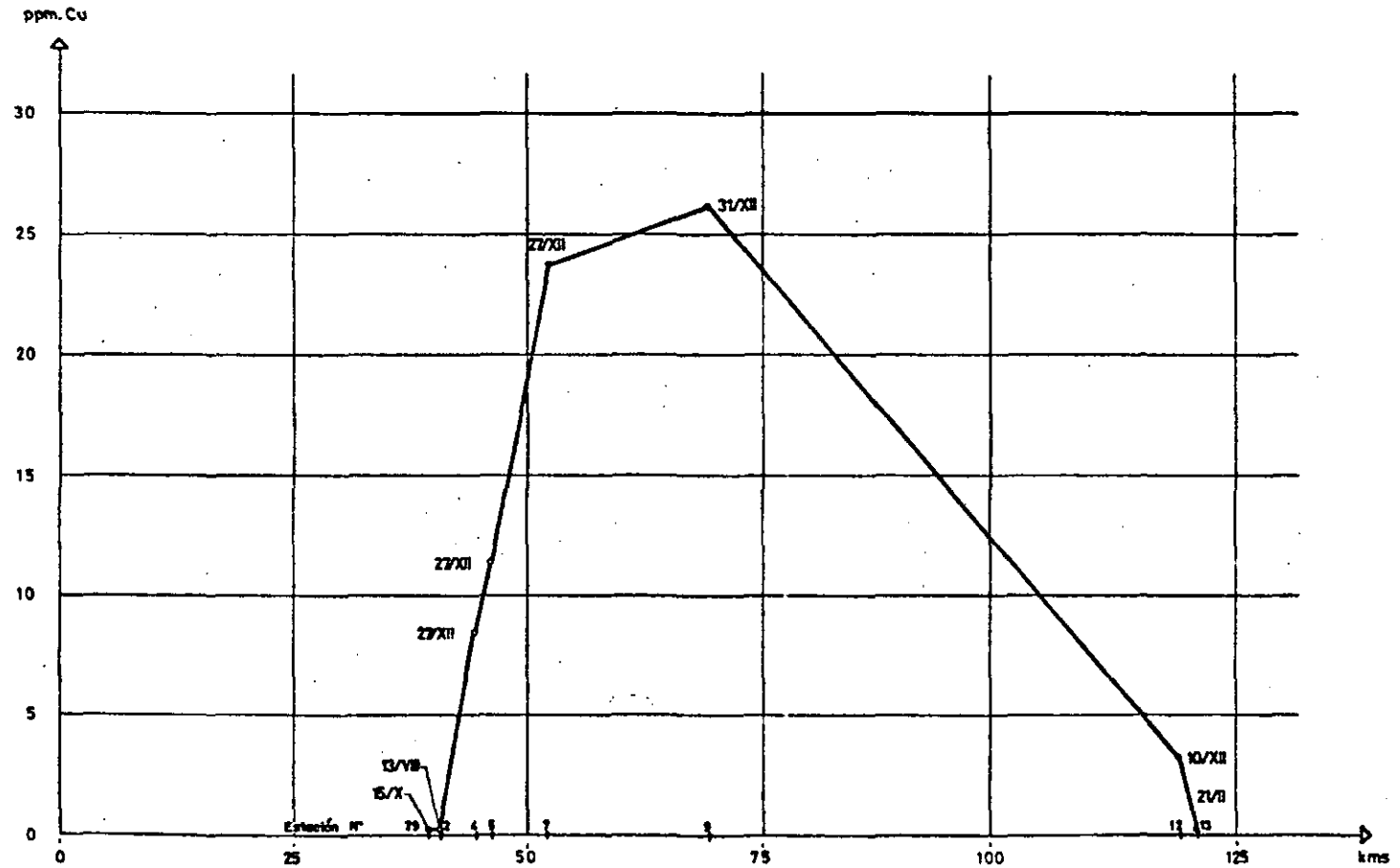
Un comentario sobre la contaminación a lo largo del recorrido en el lapso indicado es el siguiente:

- Hasta la confluencia Pangal-Cachapoal el contenido en Cobre es menor de 0,2 p.p.m., aceptable (Estación N°2).
- En el punto anterior a la confluencia con el Río Coya aún no es demasiado alto: 0,6 en la estación N°4.

RIO CACHAPOAL

ENVOLVENTE DE MAXIMO CONTENIDO DE COBRE EN EL AÑO 1974.

GRAFICO Nº 3



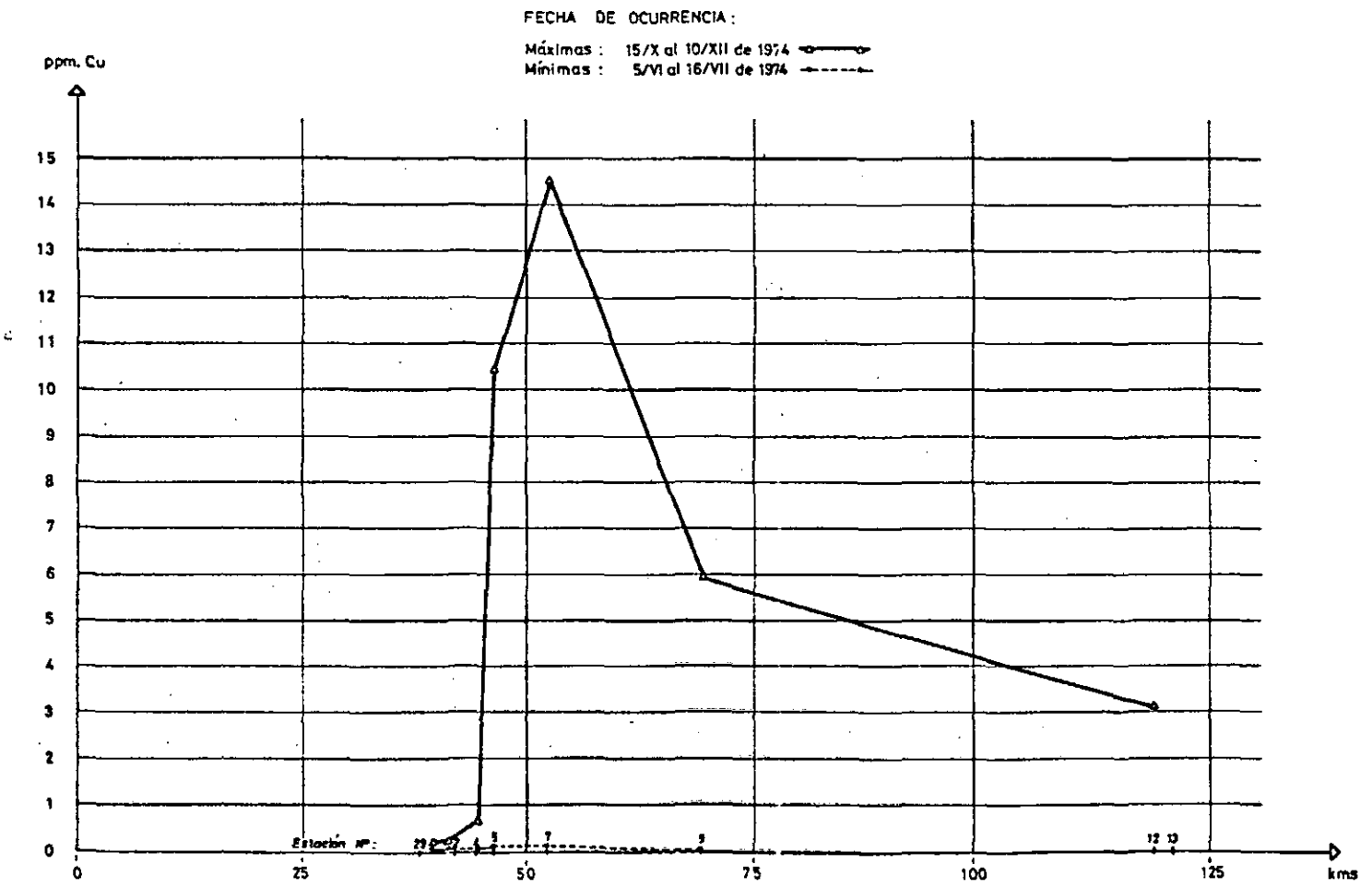
dib. iván gómez d. 9/77

AIESA

RIO CACHAPOAL

NIVELES MAXIMOS Y MINIMOS DE COBRE EN 1974.
SECUENCIA EN LAS SEMANAS DEL 15/X AL 10/XII Y DEL 5/VI AL 16/VII.-

GRAFICO Nº 4



AIESA

dib. hdn gómez d. 8/77.

- Después de la confluencia se ha recibido ya la gran contaminación con 10,5 p.p.m. (Estación N°5).
- Sigue subiendo aún hasta el Puente Termas, con el valor más alto en el recorrido: 14,6 p.p.m. (Estación N°7).
- A partir del punto anterior se empiezan a recibir afluentes diluyentes que bajan el contenido a 6 p.p.m., aún altísimo, en Bocatoma de Canales cerca de Rancagua.
- Más abajo sigue bajando hasta 3,2 p.p.m. antes de la confluencia del Río Claro de Rengo.
- Después de la confluencia, como se advierte en la envolvente de máximo, el contenido es bajo, inferior al límite aceptable.

En cuanto a los valores mínimos anotados en el recorrido, en el lapso de bajo contenido, éstos son muy bajos todos, inferiores al límite de la norma.

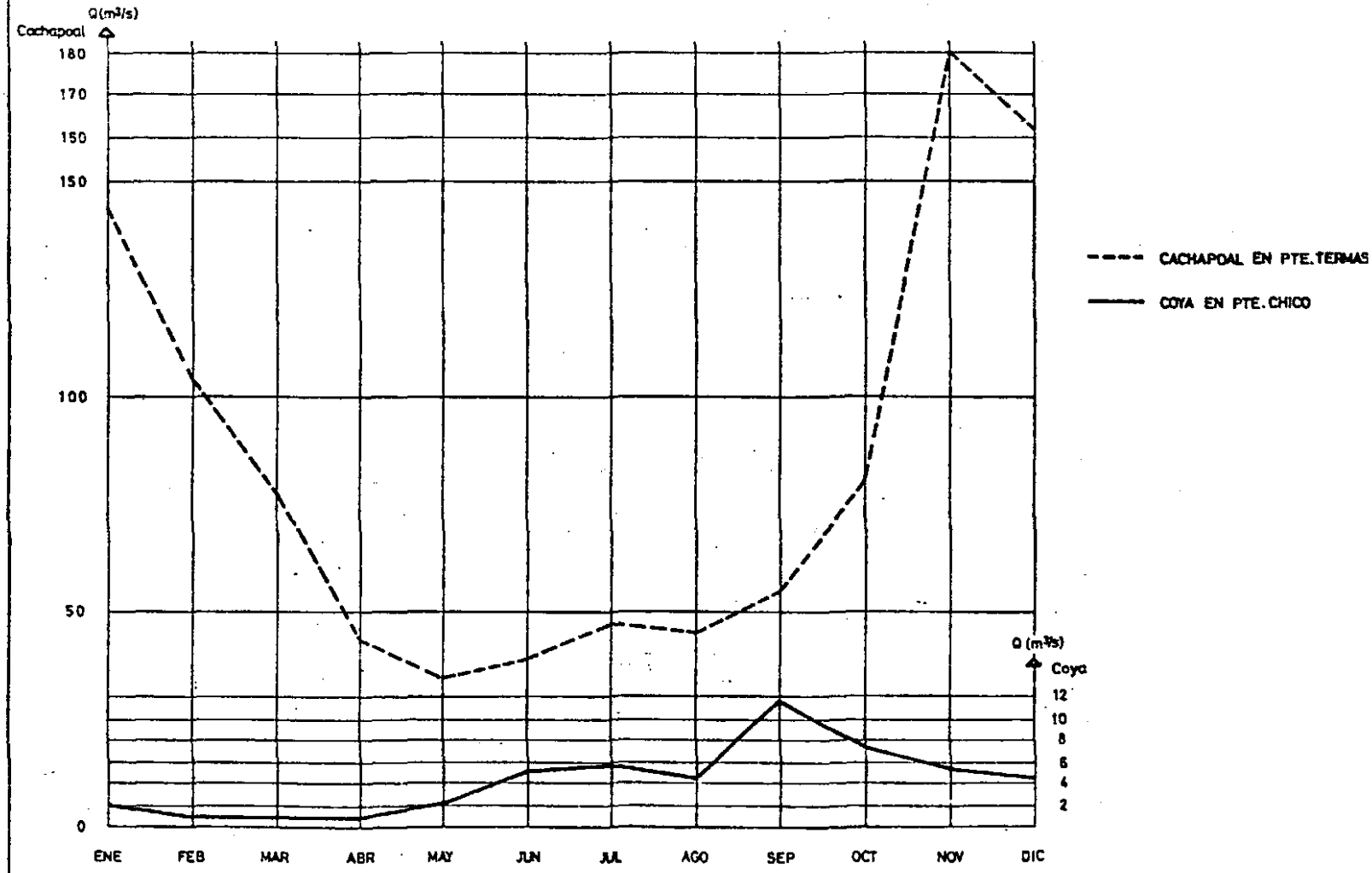
Sin pretender enjuiciar la operación de los efluentes contaminantes en el año 1974, no se puede dejar de anotar la relación entre los períodos de máximo y de mínima con los caudales del Cachapoal en Puente Termas, según se muestra en el Gráfico N°5 tomado de "Calidad del Agua del Río Cachapoal, Influencia del Mineral El Teniente" de CORFO del que es autor el Ing.Químico Enrique Vallejos Salas (*).

(*): Departamento de Recursos Hidráulicos CORFO. Dic. de 1973.

HOYA RAPEL

REGISTRO DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES
RIO CACHAPOAL EN PTE. TERMAS Y RIO COYA EN PTE. CHICO

GRAFICO Nº 5



FUENTE : PUBLICACION Nº 51-R. DEPT. DE RECURSOS HIDRAULICOS. CORFO. 1973.

AIESA

- El período de máxima contaminación ocurre en el período de máximo caudal: 15 Oct - 10 Dic.
- El período de mínima contaminación está dentro del período de mínimo caudal: 5 de Junio al 16 de Julio.

Desafortunadamente no se pudo aprovechar mejor el trabajo citado porque las experiencias en que se basa son exactamente anteriores al período del vaciamiento de grandes cantidades de Cobre al río, según se muestra en el gráfico de la variación de salinidad con el tiempo, Gráfico N°1 del punto 3.1.6.

Finalmente, considerando los máximos históricos del Cobre en todo el período de observaciones de la D.G.A., es dable anotar los siguientes órdenes de magnitud:

- Los máximos a la entrada del complejo de embalse y planta de tratamiento Parrón (Cauquenes Colihues-Las Rosas) son miles de veces lo aceptado según normas. Hay que advertir que entra a este complejo el efluente de la canaleta de relaves al proceso de purificación.

- Los máximos a la salida son solo decenas de veces.

- Después de la salida, diluído el efluente en el Estero Cauquenes son solo unidades de veces.

- Ahora bien; en el Estero Coya, desde arriba, donde se pueden recibir filtraciones de los embalses o rebalses y desagues de los procesos mineros, los máximos son miles de veces lo admisible.

- Hacia abajo y hasta el punto mismo de recepción del efluente de Las Rosas, las diluciones hacen bajar los máximos hasta decenas de veces.

Por otra parte no es "El Teniente" la única fuente de contaminaciones: las hay también de la pequeña minería. La mina Juanita ubicada aguas arriba en el río Pangal, tiene efluentes con miles de veces lo admisible. En todo caso hacia abajo se produce un proceso de dilución de los elementos tóxicos, quedando en decenas de veces sobre lo recomendado, antes de la junta con el río Cachapoal.

3.1.9.- Sedimentos.-

En tres estaciones de la cuenca, la D.G.A. hizo análisis de sedimentación pero sólo en dos de ellas hay determinaciones diarias, y esto sólo en el año 1976: En Cachapoal Puente Termas y en Cachapoal Bocatoma de Canales. En el gráfico N°6 se presentan los promedios mensuales de ambas estaciones.

El comentario que merecen las determinaciones es el siguiente:

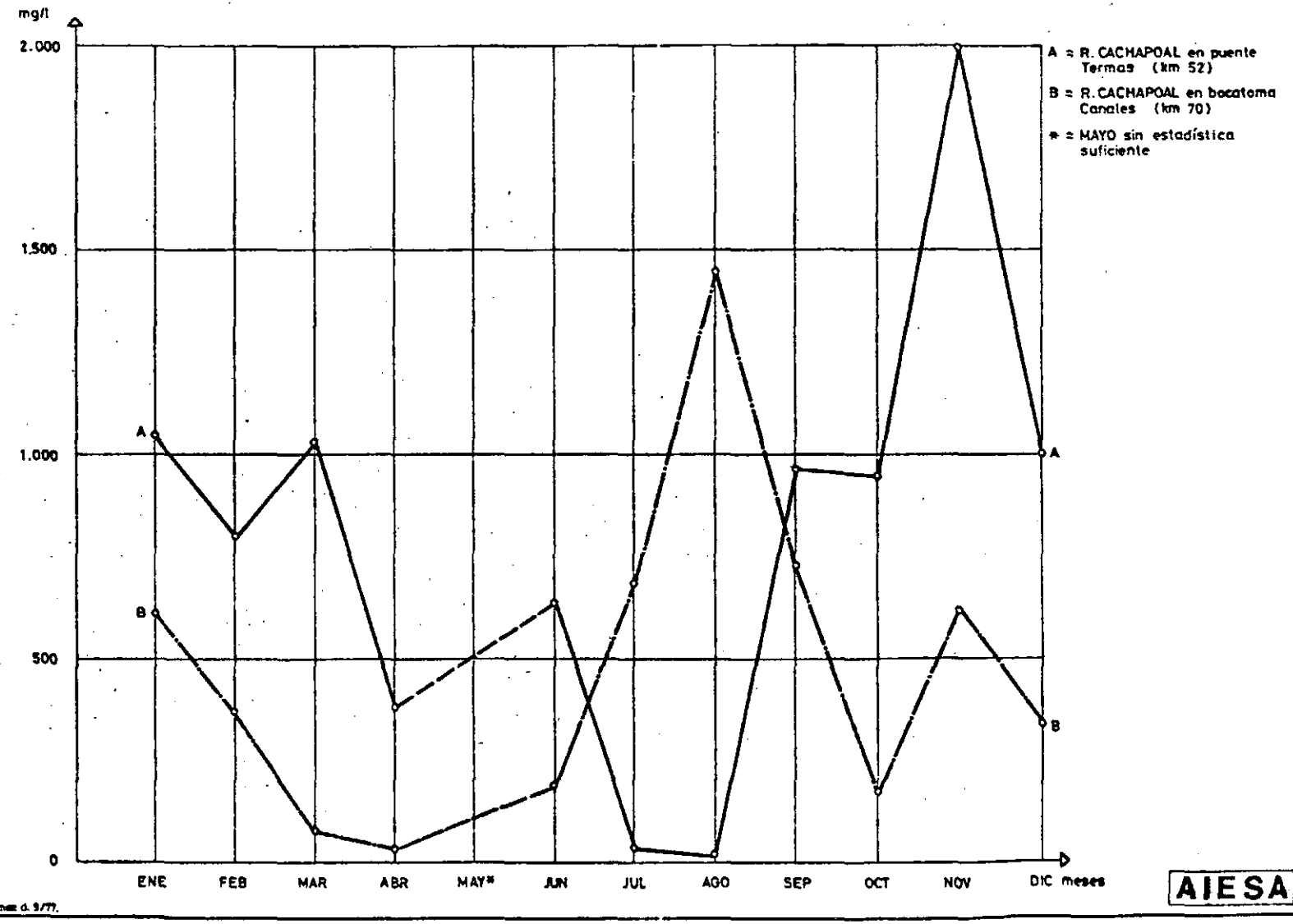
Ambas estaciones distan 18 kilómetros en el tramo comprendido entre ellas caen como afluentes el río Claro y el Estero Cauquenes, el uno, con sus aportes de mayores se

HOYA RAPEL

RIO CACHAPOAL

PROMEDIOS MENSUALES DE SEDIMENTOS AÑO 1976

GRAFICO Nº 6



AIESA

dib. Iván gómez d. 9/77.

dimentos y el otro, de agua clara con poder de dilución. Además, se desprende del tramo el canal de la central Sauzalito con posibilidad de sacar depósitos del Cachapoal, y se restituyen luego las descargas de la misma central, a veces con sedimentos.

En el año 1976 se acusaron mayores sedimentos aguas arriba (Puente Termas) que aguas abajo (Bocatoma Canales) denotando mayor dilución o depósito en camino, en los meses de Enero a Junio y Septiembre a Diciembre.

En el mismo año por causas opuestas, ingreso de sedimentos o arrastre de depósitos anteriores, se acusaron menores sedimentos aguas arriba que aguas abajo en los meses de Junio a Septiembre.

Llama la atención en el período último, el tiempo de máximos entre Julio y Septiembre que podría deberse a un circunstancial arrastre de materiales depositados anteriormente en el tramo, o más probablemente a descargas de sedimentos de desarenadores y estanques de Sauzalito.

En todo caso los datos de tan poco tiempo y sin una rutina estricta, no tienen más valor que una información puntual.

3.2.- Aguas Subterráneas.-

3.2.1.- Antecedentes.-

En 1970, la Corporación de Fomento de la Producción hizo el catastro de pozos de la cuenca, existentes al 31 de Diciembre de 1969. Trabajo que presentó como contribución al Decenio Hidrológico Internacional (*).

En esa obra se muestra, en los cuadros Nos. 3.2.1 al 3.2.3., la cantidad de pozos: en explotación, sin bomba y abandonados. El segundo grupo corresponde presumiblemente a aquellos construídos antes de la fecha del catastro, pero aún sin terminar o habilitar. Considerando los dos primeros grupos se llega a las cifras siguientes:

Pozos industriales	: 20
Pozos de Agua Potable	: 93
Pozos de riego	: 69

El grupo mayoritario es el de agua potable, el que, por otra parte, abarca todas las sub-hoyas componentes de la cuenca. Se dispone de gran cantidad de análisis, aunque realizados en diversas épocas, con toda la amplitud

---

(*): Trabajo ejecutado en colaboración por el Depto. de Recursos Hidráulicos y el Instituto de Investigación Geológica.

CUADRO N°3.2.1

NOMINA DE POZOS DE A.P. CON DATOS DE ANALISIS FISICO QUIMICOS

HOYA CACHAPOAL

POZOS N°	SERVICIO	ESTADO DEL POZO			N° DE ANALISIS
		EN USO	SIN HABILIT.	FUERA DE USO	
231	RANCAGUA	x	—	—	2
232		x	—	—	2
233		x	—	—	2
234		x	—	—	1
794		—	x	—	—
795		x	—	—	1
856		—	—	x	—
1090		—	x	—	—
1172		x	—	—	1
1173		—	—	—	—
788	GRANEROS	x	—	—	1
789		x	—	—	—
139	PEUMO	x	—	—	—
729		x	—	—	1
703	LO MIRANDA	x	—	—	1
704		x	—	—	1
124	LAS CABRAS	x	—	—	1
125		x	—	—	—
120	REQUINOA	x	—	—	1
121		x	—	—	1
890		x	—	—	1

POZOS N°	SERVICIO	ESTADO DEL POZO			N° DE ANALISIS
		EN USO	SIN HABILIT.	FUERA DE USO	
154	CODEGUA	x	—	—	—
155		x	—	—	1
s/d	DOÑIHUE	x	—	—	—
590	PICHIDEGUA	x	—	—	1
591		x	—	—	1
327	OLIVAR ALTO	—	—	x	—
328		x	—	—	1
813		x	—	—	1
535	QTA. DE TILCOCO	—	—	x	1
536		x	—	—	1
869		x	—	—	1
719	COINCO	x	—	—	1
720		x	—	—	—
774	COLTAUCO	x	—	—	—
775		x	—	—	—
1140	CHILLEHUE	—	x	—	1
1141		—	x	—	—
1166	LARMAHUE	—	x	—	1
1167		—	x	—	1
1182	PATAGUAS ORILLA	—	—	—	1
1183	MONTE GRANDE	—	—	—	1

DIB. GMO. GATICA G. 9-77

AIESA

CUADRO Nº 3.2.2

NOMINA DE POZOS DE A.P. CON DATOS DE ANALISIS FISICO QUIMICOS

HOYA TINGUIRIRICA

POZO DOS Nº	SERVICIO	ESTADO DEL POZO			Nº DE ANALI. SIS
		EN USO	SIN HABILIT.	FUERA DE USO	
105	SN. FERNANDO	x	–	–	1
288		–	–	x	–
410		x	–	–	1
411		x	–	–	1
800		–	–	–	1
253	SANTA CRUZ	x	–	–	
254		x	–	–	1
512		–	–	x	–
1 070		x	–	–	1
1 071		–	x	–	1
1 072		–	x	x	1
99	CHIMBARONGO	–	–	x	–
816		x	–	–	–
817			–	–	1

POZO DOS Nº	SERVICIO	ESTADO DEL POZO			Nº DE ANALI. SIS
		EN USO	SIN HABILIT.	FUERA DE USO	
107	NANCAGUA	x	–	–	1
384		x	–	–	1
*1	CHEPICA	x	–	–	–
*2		x	–	–	–
765	PERALILLO	–	–	x	–
766		x	–	–	–
871		–	–	–	–
872		–	–	–	–
570	PLACILLA	x	–	–	–
571		–	–	x	1
1011		x	–	–	1
600	POBLACION	x	–	–	2
601		x	–	–	1

* Nº Fuera de correlativo D.O.S.

DIB. GMO GATICA G. 9-77

AIESA

CUADRO Nº 3.2.3

NOMINA DE POZOS DE A.P. CON DATOS DE ANALISIS FISICO QUIMICOS

HOYA EST. ZAMORANO

D.O.S.	SERVICIO	ESTADO DEL POZO			Nº DE ANALISIS
		EN USO	SIN HABILITAR	FUERA DE USO	
395	PELEQUEN	–	–	×	–
396		–	–	×	–
397		×	–	–	1
398		–	–	×	1
767		×	–	–	1
776		–	–	×	–
1.084	MALLOA	–	–	–	1
1.085		–	–	–	1
830	SAN VICENTE	×	–	–	–
831		×	–	–	–
1.184	ANGOSTURA	–	–	–	1

HOYA RIO CLARO DE RENGO

235	RENGO	×	–	–	–
.236		×	–	–	1
877		–	–	–	1
406	ROSARIO	×	–	–	–
407		×	–	–	–

HOYA RIO RAPEL

899	NAVIDAD	–	×	–	1
994		–	×	–	1
1.185	LLALLAUQUEN	–	–	–	1

de parámetros que interesan al destino de los pozos. Es el grupo más completo de la cuenca por lo que le daremos la mayor importancia, citando la información del Servicio: La Dirección de Obras Sanitarias.

Desde el punto de vista del regadío y el uso industrial interesan otros parámetros que, en los análisis D.O.S. no se toman usualmente o se engloban con otros; es el caso del Boro y el del Sodio, elementos que en los análisis D.O.S. se miden junto con el Potasio. Para complementar la información D.O.S. se reproducirán también los datos del catastro en los pozos destinados a regadío o la industria, con lo cual se tendrá un panorama bien completo.

3.2.2.-Pozos de la D.O.S.

Los pozos actualmente en servicio que tienen análisis de agua son la mayoría, incluso algunos tienen dos análisis tomados en diferentes épocas, son los siguientes, en número, separados por sub-hoyas:

En el Cachapoal	:	19 en pleno valle, más 8 en los límites con otras hoyas o sub-hoyas.
Tinguiririca	:	12
Estero Zamorano	:	6
Claro de Rengo	:	2
Rapel	:	2

Se acompañan nóminas de pozos por sub-hoyas (Cuadros Nos. 3.2.1 al 3.2.3.) y cuadros de los datos del último análisis realizado en cada pozo, resultando así un lapso de información entre 1957 y 1976.

Cuadro N° 3.2.4.: Sub-Hoya Cachapoal Zona Central
Cuadro N° 3.2.5.: Sub-Hoya Cachapoal Zona Limítrofe
Cuadro N° 3.2.6.: Sub-Hoya Tinguiririca y Chimbarongo
Cuadro N° 3.2.7.: Sub-Hoya Zamorano
Cuadro N° 3.2.8.: Sub-Hoya Claro de Rengo y Rapel

Si agrupamos, las características generales definidas por sus parámetros en los valores máximos y mínimos se pueden resumir en el cuadro N. 3.2.9.

Se trata de aguas de buena calidad física en cuanto a color, turbiedad y residuos suspendidos; en general el pH denota aguas ligeramente básicas salvo algunos mínimos, en el Claro de Rengo y en el Tinguiririca ligeramente ácidas, Tinguiririca, Zamorano y Claro de Rengo, entre blanda y semidura; Cachapoal y Rapel entre semidura y dura; residuos disueltos bajo en Tinguiririca, Zamorano y Claro de Rengo -130 a 320 p.p.m. - y algo mayor, aunque tolerable en Cachapoal y Rapel -370 a 840 p.p.m.- siendo los límites según normas 500 p.p.m. aceptable y 1.500 p.p.m. tolerable; hay mediciones de conductancia específica en los pozos de Cachapoal que pueden clasificar el agua como buena en categoría C_2; bajo conte

CUADRO N°3.2.4

ANALISIS DE AGUAS DE POZOS D.O.S.

SUB HOYA CACHAPOAL

LOCALIDAD	RANCAGUA						OLIVAR ALTO	LO MIRANDA		CODICO	CHILLEHUE	MONTE GRANDE	PEUMO	LARMAHUE		PICHIDEGUA		Potrero Grilla	LAS CABRAS
POZO D.O.S. N°	231	232	233	234	795	1172	813	703	704	719	1140	1183	729	1166	1167	590	591	1182	124
BOLETIN N°	361	362	363	364	475	72	82	121	122	389	354	13	355	379	380	214	215	16	348
FECHA MUESTRA	5/9/74	5/9/74	5/9/74	5/9/74	26/9/69	5/1/72	2/70	11/3/67	5/3/67	13/9/67	22/9/75	19/11/76	26/8/66	13/11/76	18/11/76	31/7/63	27/7/63	12/12/75	28/8/68
OLOR : FRIO	IN	IN	IN	IN	IN	IN	IN	IN	IN	IN	IN	IN	IN	IN	IN	IN	IN	IN	IN
: CALIENTE	IN	IN	IN	IN	IN	IN	IN	IN	IN	IN	IN	IN	IN	IN	IN	IN	IN	IN	IN
SABOR	-	-	-	-	-	-	-	INS	INS	INS	-	-	INS	-	-	INS	INS	-	INS
COLOR	0	0	0	0	2,5	1,5	5	0	0	0	20	0	5	0	0	0	0	0	0
TURBIEDAD	1	0	0	0	2,5	0,6FTU	5	5	5	2,5	0	0	10	0	0	5	0	5	10
pH	7,5	7,4	7,4	7,7	7,7	8	7,8	7	7,2	7,1	7,6	7,48	7,1	7,6	7,4	7,5	7,5	7,15	7,5
ALCAL. : FENOL	0	0	0	0	0	14	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
METIL.	204	206	206	206	178	190	154	138	122	144	160	126	128	204	204	165	165	252	255
DUREZA : CARBONATOS	204	206	206	206	178	190	154	138	122	144	160	126	128	204	204	165	165	252	255
NO CARBONATOS	135	92	104	142	152	194	74	112	93	96	126	130	80	54	56	60	55	178	81
TOTAL	339	298	310	248	330	384	228	250	215	240	286	256	208	258	260	225	220	430	336
RESIDUO TOTAL: VOLATIL	140	125	150	155	56	83	12	210	165	80	87	98	127	38	44	68	34	184	248
FIJO	530	500	480	530	451	506	360	465	390	356	408	394	280	394	361	397	405	572	294
TOTAL	670	625	630	685	507	589	372	675	555	436	495	492	407	432	405	465	439	756	542
RESIDUO DISUELTO	670	625	630	685	507	589	372	675	555	436	495	492	407	432	405	455	439	756	536
SUSPENDIDO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	6
CLORUROS	71	59	55	64	42	72	33	51	42	32	41	39	31	34	33	60	60	56	45
NITROGENO : AMONIACAL	0,056	0,026	0,024	0,010	0,016	0,006	0,028	0,048	0,046	0,026	-	0,010	0,036	0,014	0,024	0,076	0,010	0,026	0
ALBUMINOIDEO	0,056	0,032	0,032	0,032	0,040	0,056	0,056	0,056	0,064	0,064	-	0,016	0,072	0,016	0,032	0,040	0,008	0,096	0,032
NITRITOS	0,055	0	0,05	0,05	0	0,014	0	0,004	0	0	0,23	0	0,001	0	0	0,005	0	0,035	0,017
NITRATOS	4	4	4	4	0,7	3	0,06	3,5	1,2	0,95	1,6	0,25	0,8	0,25	0,30	6	5,5	2	0,6
CO_2 LIBRE	11	15	15	6,5	7	0	0	15	15	20,5	7	6	19	10	16	10	10	30	18
Fe DISUELTO	0,15	0,15	0,15	0,15	0	0	0,06	0	0	0,05	0,06	0,02	0,30	0	0	0,05	0,05	0,04	0,1
Fe TOTAL	0,15	0,15	0,15	0,17	0,05	0	0,38	0	0	0,05	0,30	0,08	0,40	0,01	0,06	0,5	0,05	0,07	0,5
Mn DISUELTO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0
SO_4	127	130	129	128	120	141	102	100	95	100,4	123	29	83,3	66	66	56	59	147	120
ACIDEZ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca	105,6	85	79	100	97	103	76	78	66	78,4	91	81	65,6	71,2	70,4	58	56	120	69
Mg	18	21	27	24	22	30	10	13	12	10,7	14	13	10,7	19,5	20,4	19,5	19,5	26	39,5
$Si O_2$	25	30	30	30	20	-	27	40	25	42,4	-	-	22,4	-	-	76	78	-	30
Al	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	-	0	0	-	-	0	0	0	0
Cu	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
As	0	0	0	0	-	0	0	0	-	0	0	0	-	0	0	-	-	0	-
F	0	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0	0,1	0,1	0,2	0,2	0	0,2	0	0	0,7	0,7	0	0
Cr6	0	0	0	0	-	0	0	-	-	-	0	0	-	0	0	-	-	0	-
Na y K (Na)	45,5	58	50	37	7	28	28	30	30,5	21,6	27	60	20,5	98	96	38	42	154	50
I. E.	-0,4	-0,2	-0,15	-0,6	-0,5	-0,8	-0,4	-0,5	-0,3	-0,3	-0,33	-0,1	-0,4	-0,4	-0,2	-0,8	-0,7	-0,25	-0,3
CONDUCTIVIDAD											600	600		500	500			760	

AIESA

DIB GMO GATICA G. 9/77

CUADRO Nº 3.2.5

ANALISIS DE AGUAS DE POZOS D.O.S.

LOCALIDADES LIMITROFES DE LA HOYA CACHAPOAL

LOCALIDAD	CODEGUA	GRANEROS	REQUINOA			QUINTA DE TILCOCO		
POZO D.O.S. Nº	155	788	120	121	890	535	536	869
BOLETIN Nº	315	352	552	78	117	389	302	625
FECHA MUESTRA	23/5/60	17/9/68	14/8/59	27/1/60	21/3/71	30/11/62	20/9/62	9/10/70
OLOR : FRIO	IN	IN	IN	IN	IN	IN	IN	IN
CALIENTE	IN	IN	IN	IN	IN	IN	IN	IN
SABOR	INS	INS	INS	INS	INS	INS	INS	–
COLOR	5	0	0	0	5	10	3	2,5
TURBIEDAD	15	0	1	0	5	10	5	2,5
pH	7,25	7,3	7,4	7,8	7,7	8,1	7,35	7,2
ALCAL. FENOL	0	0	0	0	0	0	0	0
METIL.	58	112	62	145	162	166	160	186
DUREZA : CARBONATOS	58	112	62	145	162	166	160	186
NO CARBONATOS	50	100	102	105	142	130	124	123
TOTAL	**108**	**212**	**164**	**250**	**304**	**296**	**284**	**309**
RESIDUO TOTAL: VOLATIL	10	70	74	220	34	71	121	50
FIJO	193	299	286	330	436	457	386	440
TOTAL	**203**	**369**	**360**	**550**	**470**	**528**	**507**	**490**
RESIDUO DISUELTO	192	369	360	550	470	466	499	490
SUSPENDIDO	11	0	0	0	0	62	8	0
CLORUROS	6	31	30	33	39	36	35	38
NITROGENO : AMONIACAL	0,004	0,018	0,021	0,016	0,032	0,010	0,022	0,07
ALBUMINOIDEO	0,012	0,064	0,016	0,008	0,080	0,080	0,112	0,104
NITRITOS	0	0	0	0,002	0,004	0,004	0,003	0
NITRATOS	0,5	2,5	0,1	0,7	2	3	3	5
CO_2 LIBRE	7	10	4,5	0	5,5	2,2	12	26
Fe DISUELTO	0,1	0	0,05	0	0,03	0,25	0,04	0
Fe TOTAL	**0,5**	**0,05**	**0,05**	**0**	**0,05**	**1**	**0,05**	**0,35**
Mn DISUELTO	0	0	0	0	0	0	0	0
SO_4	60,2	87	110	128	119	115,2	117	128
ACIDEZ	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca	31,6	54	54,4	88	95	49,6	90,4	102
Mg	7,1	19	7	12	16	42	14,2	13
SiO_2	12,6	29	38	45	16,5	16,6	17	37
Al	0	0	0	0	0	0	0	0
Cu	0	0	0	0	0	0	0	0
As	0	–	–	< 0,05	–	0	–	0
F	0	0,3	0	0	0,1	0,2	0,2	0
Cr_6	–	–	–	–	–	–	–	0
Na y K (Na)	8,5	13	25,3	73	13,5	15	18	34
I E	- 0,9	- 0,4	- 0,5	+ 0,45	+ 0,5	+ 0,5	+ 0,03	+ 0,02
CONDUCTIVIDAD	–	–	–	–	–	–	–	–

AIESA

DIB. GMO. GATICA G. 9/77.

CUADRO Nº 3.2.6

ANALISIS DE AGUAS DE POZOS D.O.S.

SUB HOYA TINGUIRIRICA

LOCALIDAD	SAN FERNANDO				PLACILLA		NANCAGUA		SANTA CRUZ				CHIMBA ROMGO	POBLACION	
POZO D.O.S Nº	105	410	411	800	571	1011	107	384	254	1070	1071	1072	817	500	501
BOLETIN Nº	372	370	330	542	389	4	34	312	349	203	335	419	634	297	298
FECHA MUESTRA	2/10/58	24/9/58	2/9/58	25/10/69	7/12/63	25/11/72	19/1/58	4/9/57	15/4/61	24/5/74	30/7/74	9/10/74	4/10/69	30/4/70	30/4/70
OLOR : FRIO	IN	IN	TD	IN	IN	IN	IN	TD	IN	IN	IN	IN	IN	IN	IN
CALIENTE	IN	IN	TD	IN	IN	IN	IN	TD	IN	IN	IN	IN	IN	IN	IN
SABOR	INS	INS	INS	–	Tierra	–	INS	INS	INS	–	INS	–	–	–	–
COLOR	2,5	0	0	2,5	0	2,5	0	5	2	0	1	5	2,5	7,5	7,5
TURBIEDAD	10	2,5	2,5	2,5	30	10	11,5	20	2	2	4	10	2,5	140	5
pH	6,7	6,7	6,8	7	6,9	7	7,3	7,4	7,4	7,66	7,65	6,5	8,1	7,85	7,7
ALCAL : FENOL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
METIL	64	82	66	78	94	88	148	160	72	102	88	74	82	140	100
DUREZA : CARBONATOS	64	82	66	78	94	88	148	160	72	102	88	72	82	140	78
NO CARBONATOS	22	54	30	56	60	52	54	40	6	40	18	0	46	14	0
TOTAL	86	136	96	134	154	140	302	200	78	142	106	72	128	154	78
RESIDUO TOTAL : VOLATIL	249	244	48	39	37	54	142	110	32	90	25	30	48	36	35
FIJO	88	93	142	197	494	214	148	230	120	172	180	103	192	405	267
TOTAL	337	337	190	236	531	268	290	330	152	262	205	133	240	441	302
RESIDUO DISUELTO	227	233	190	236	272	237	287	320	152	262	205	133	240	441	302
SUSPENDIDO	110	104	0	0	259	31	3	10	0	0	0	0	0	27	0
CLORUROS	7	9,5	5	11	15	13	14	14	10	15	13	6	11	25	26
NITROGENOS: AMONIACAL	0,006	0,022	0,008	0,04	0,006	0,65	0,301	0,008	0,24	0,03	0,068	0,032	0,036	0,02	0,01
ALBUMINOIDEO	0,055	0,012	0,01	0,064	0,00	0.064	0,026	0,006	0,11	0,016	0,032	0,056	0,088	0,1	0,02
NITRITOS	0,008	0,014	0,016	0,022	0,001	0,08	0,006	0,012	0,05	0	0	0	0,014	0,005	0,005
NITRATOS	0,3	0,6	0,05	1,2	2	0,04	0,6	0,6	0,05	0,5	0,4	0,06	3,8	0,14	0,4
CO_2 LIBRE	3,5	1,8	22	15	22	16	12,3	15	6	4	4	50	0	4	4,5
Fe DISUELTO	0,05	0,05	0,05	0	0,35	0,08	0,01	0	0,05	0	0,05	0,1	0,04	0,35	0,08
Fe TOTAL	07	0,1	0,05	0	1,75	0,15	0 05	0	0,05	0	0,15	0,1	0,15	35	0,9
Mn DISUELTO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,17	0
SO_4	26,1	67,9	59	53	78	59,8	45,5	81	32	42	33	0	44	67	9,38
ACIDEZ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca	25	39,2	25,6	22	42	40	56	56	24	45	38	19	37	39,2	16,8
Mg	6	9,3	8	19	12	10	15,1	14,6	4,3	7	2,4	6	9	13,6	8,8
$Si\ O_2$	15,4	11,8	26	18	59	29,6	30,6	25	20,8	23	46	24	36	48,2	63,4
Al	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cu	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,025	0	0	0
As	–	–	–	0	–	0	–	–	–	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0,4	0,3	0,2	0	0	0	0,2	0,2	0,1	0,3	0,2	0,2
Cr_6	–	–	–	–	–	0	–	–	–	0	0	0	–	–	–
Na y K (Na)	4,4	13,1	18	5	37	10,8	3	30	17,4	11	16	3	7	38,9	29,6
I.E.	-2,6	- 1,7	- 1,4	- 1,2	- 1,3	- 0,9	- 3,2	–	-0,85	- 0,1	- 0,2	- 0,3	- 0,1	+ 0,15	- 0,5
CONDUCTIVIDAD															

AIESA

DIB GM2.6/ITICA 0 9/72

CUADRO Nº 3.27

ANALISIS DE AGUAS DE POZOS D.O.S

HOYA ESTERO ZAMORANO

LOCALIDAD		PELEQUEN			ANGOSTURA	MALLOA	
POZO D.O.S. Nº		397	398	767	1.184	1.084	1.085
BOLETIN Nº		175	399	116	14	315	383
FECHA MUESTRA		27/4/68	15/11/56	14/3/68	27/11/76	28/7/74	13/9/74
OLOR :	FRIO	IN	TD	IN	IN	IN	IN
	CALIENTE	IN	TD	IN	IN	IN	IN
SABOR		—	INS	—	—	INS	—
COLOR		12,5	4	12,5	0	0	0
TURBIEDAD		30	9	7,5	2,5	1	0
pH		7,1	7	7,3	7,35	7,55	7,45
ALCAL. :	FENOL	0	0	0	0	0	0
	METIL.	130	132	122	78	106	108
DUREZA :	CARBONATOS	118	104	104	78	106	108
	NO CARBONATOS	0	0	0	58	26	22
TOTAL		**118**	**104**	**104**	**136**	**132**	**130**
RESIDUO TOTAL :	VOLATIL	24	91	22	62	88	80
	FIJO	245	122	198	233	162	130
	TOTAL	**269**	**213**	**220**	**295**	**250**	**210**
RESIDUO	DISUELTO	219	208	220	295	250	210
	SUSPENDIDO	50	5	0	0	0	0
CLORUROS		9	9,1	9	14	16	31
NITROGENO :	AMONIACAL	0,02	0,002	0,01	0,014	0,15	0,062
	ALBUMINOIDEO	0,10	0,024	0,04	0,016	0,056	0,08
	NITRITOS	0	0	0	0,012	0	0,069
	NITRATOS	0,7	0,7	0,7	1,2	0,80	0,7
CO_2 LIBRE		22	22,9	12	5,5	5,5	7,5
Fe DISUELTO		0,08	0,7	0,01	0,07	0.05	0,05
Fe TOTAL		**2,5**	**0,7**	**0,25**	**0,10**	**0,20**	**0,05**
Mn DISUELTO		0,05	0	0	0	0	0
SO_4		25,8	23,7	19,5	49	35	35
ACIDEZ		0	0	0	0	0	0
Ca		35,2	30,4	28	35	40	41
Mg		7,3	6,8	8,3	33	7,8	7
SiO_2		25,2	33,2	21	—	17	25
Al		0	0	0	0	0	0
Cu		0	0	0	0	0	0
As		—	0	—	0	0	0
F		0,2	—	0,4	0	0	0,2
Cr_6		—	—	—	0	0	0
Na y K (Na)		20,7	28,8	20,6	0,5	15	26
I.E.		0,7		0,6	0,6	0,3	0,35
CONDUCTIVIDAD					240		

AIESA

DIB. GMO. GATICA G. 9/77.

CUADRO N° 3.2.8

ANALISIS DE AGUAS DE POZOS D.O.S.

HOYA	RIO CLARO		RIO RAPEL		
LOCALIDAD	RENGO		LLALLAUQUEN	NAVIDAD	
POZO D.O.S. N°	236	877	1185	899	994
BOLETIN N°	527	606	15	67	321
FECHA MUESTRA	22/5/61	15/10/70	14/12/76	20/1/71	28/7/73
OLOR : FRIO	T.D.	IN	IN	IN	IN
: CALIENTE	T D	IN	IN	IN	IN
SABOR	INS	INS	—	—	—
COLOR	1	5	0	2,5	5
TURBIEDAD	2,5	0	5	2,5	5
pH	6,7	7,47	7,2	7,35	7,5
ALCAL. : FENOL	0	0	0	0	0
METIL.	60	82	122	178	328
DUREZA : CARBONATOS	60	82	122	178	216
NO CARBONATOS	4	6	24	36	0
TOTAL	**64**	**88**	**146**	**214**	**216**
RESIDUO TOTAL: VOLATIL	70	41	96	21	43
FIJO	80	92	288	440	796
TOTAL	**150**	**133**	**384**	**461**	**839**
RESIDUO DISUELTO	150	133	384	461	839
SUSPENDIDO	0	0	0	0	0
CLORUROS	8	7	39	85	173
NITROGENO: AMONIACAL	0,022	0,02	0,006	0,04	0,09
ALBUMINOIDEO	0,016	0,08	0,016	0,10	0,10
NITRITOS	0,008	0	0,005	0	3,25
NITRATOS	0	0,3	5	0,2	—
CO_2 LIBRE	25	6	14	16	19
Fe DISUELTO	0	0,08	0,05	0,12	0,22
Fe TOTAL	**0,6**	**0,25**	**0,07**	**0,35**	**0,8**
Mn DISUELTO	0	0	0	0	0,17
SO_4	18	11	26	57,7	107
ACIDEZ	0	0	0	0	0
Ca	19,2	23	36	53,6	48,8
Mg	4	7,5	14	19,5	23
$Si\ O_2$	16	12	—	38,4	49,6
Al	0	0	0	0	0
Cu	0	0	0	0	0
As	—	0	0	0	0
F	0	0,1	0,1	0,3	0,9
Cr_6	—	0	0	0	0
Na y K (Na)	12	5	61	61,2	205
I.E.	-1,7	-0,7	-0,6	-0,15	+0,25
CONDUCTIVIDAD	—	—	390	—	—

DIB. GMO. GATICA G.9/77.

AIESA

CUADRO Nº 3.2.9

VALORES : MINIMOS Y MAXIMOS EN LAS SUB-HOYAS
SEGUN ANALISIS D.O.S. DE CAPTACIONES SUBTERRANEAS

SUB HOYAS	CACHAPOAL	TINGUIRIRICA	ZAMORANO	CLARO RENGO	RAPEL
	Nº DE POZOS				
ANALISIS	19	12	6	2	3
OLOR FRIO					
OLOR CALIENTE					
SABOR					
COLOR	0 - 20	0 - 5	0 - 12,5		-
TURBIEDAD	0 - 10	2 - 30	0 - 30	0 - 2,5	2,5 - 5
pH	7,1 8	6,5 - 7,66	7 - 7,55	6,7	7,2 7,5
ALCALINIDAD : FENOL	0 - 14	0 - 0	0 - 0	0 - 0	0 - 0
METIL	122 - 255	46 - 160	78 - 132	60 - 82	122 - 328
DUREZA : NO CARBONATOS	54 - 194	0 - 60	0 - 58	4 - 6	0 - 36
TOTAL	**208 - 430**	**72 - 302**	**104 - 136**	**64 - 88**	**146 - 216**
RESIDUO TOTAL : VOLATIL	12 - 248	25 - 249	22 - 91	41 - 70	21 - 96
FIJO	280 - 572	88 - 494	122 - 245	80 - 92	288 - 796
TOTAL	**372 - 756**	**133 - 531**	**210 - 295**	**133 - 150**	**384 - 839**
RESIDUO DISUELTO	372 - 756	133 - 320	208 - 295	133 - 150	384 - 839
RESIDUO SUSPENDIDO	0 - 10	0 - 259	0 - 50	0 - 0	0 - 0
CLORUROS	31 - 72	5 - 15	9 - 31	7 - 8	39 - 173
NITROGENO : AMONIACAL	0 - 0,076	0,001 - 0,65	0,002 - 0,15	0,02 - 0,022	0,006 - 0,09
ALBUMINOIDEO	0,008 - 0,096	0 - 0,11	0,016 - 0,10	0,016 - 0,08	0 - 0,10
NITRITOS	0 - 0,23	0 - 0,08	0 - 0,012	0 - 0,008	0 - 3,25
NITRATOS	0,06 - 6	0,04 - 2	0,7 - 1,2	0 - 0,3	0,2 - 5
CO_2 LIBRE	0 - 30	1,8 - 50	5,5 - 22,9	6 - 25	14 - 19
Fe DISUELTO	0 - 0,3	0 - 0,35	0,08 - 0,7	0 - 0,08	0,05 - 0,22
Fe TOTAL	0 - 0,5	0 - 1,75	0,05 - 2,5	0,25 - 0,6	0,07 - 0,35
Mn DISUELTO	0 - 0,1	0 - 0	0 - 0,05	0 - 0	0 - 0,17
SO_4	29 - 147	0 - 81	19,5 - 49	11 - 18	26 - 103
ACIDEZ (Ca CO_3)	0 - 0	0 - 0	0 - 0	0 - 0	0 - 0
Ca	56 - 120	19 - 56	28 - 41	19,2 - 23	36 - 53,6
Mg	10 - 39,5	2,4 - 19	6,8 - 8,3	4 - 7,5	14 - 23
$Si\ O_2$	20 - 78	11,8 - 59	17 - 33,2	12 - 16	38,4 - 49,6
Al	0 - 0	0 - 0	0 - 0	0 - 0	0 - 0
Cu	0 - 0,025	0 - 0,025	0 - 0	0 - 0	0 - 0
As	0 - 0	0 - 0	0 - 0	—	0 - 0
F	0 - 0,7	0 - 0,4	0,2 - 0,4	0 - 0,1	0,1 - 0,9
Cr_6	0 - 0	0 - 0	0 - 0	—	0 - 0
Na y Ka	7 154	3 37	0,5 28,8	5 12	61 205
I. E.	- 0,8 a + 0,8	- 2,6 a - 0,1	- 0,3 a - 0,7	- 0,7 a - 1,7	- 0,15 a + 0,25
CONDUCTIVIDAD	500 - 760				

DIB. GMO. GATICA G. 9/77

AIESA

nido de Calcio y Magnesio, en cambio no tan bajo de Sodio en Cachapoal y Rapel, por lo que vale la pena preocuparse del S.A.R.; el Indice de Estabilidad denota en general, agua levemente corrosiva; hay en pocos casos presencia de iones tóxicos, y cuando existen están muy por debajo de los límites de las normas; finalmente el hierro está excedido, en los valores máximos en Tinguiririca y E.Zamorano. Con las salvedades indicadas, que se estudiarán más en detalle, estos análisis denotan agua de buena calidad.

3.2.3.-Pozos de regadío e industriales del Catastro.-

Los resultados de análisis incluídos en el Catastro de CORFO se muestran en el Cuadro N° 3.2.10 separando los datos por sub-hoyas.

En el Cachapoal, 3 pozos entre Rancagua y Doñihue.
En el Claro de Rengo, 1 pozo.
En el Tinguiririca y Chimbarongo, 7 pozos.
Y el Rapel, 1 pozo.

Aunque se traten de las mismas aguas que las analizadas en el grupo anterior, es interesante consignar estos datos tomados en distintas épocas, antes de 1970, analizadas por distintos laboratorios y enfocadas en distintos sentidos. Como se ha dicho, de estos cuadros se aprovecharon especialmente las determinaciones de Boro y de Sodio medido aparte del Potasio.

CUADRO Nº 3.2.10

ANALISIS DE AGUAS DE LOS POZOS DE RIEGO e INDUSTRIAS

CATASTRO CORFO

SUB - HOYA	CACHAPOAL			CLARO	TINGUIRIRICA y CHIMBARONGO							RAPEL
LOCALIDAD	RANCAGUA			RENGO	PERALILLO				PALMILLA			LA ESTRELLA
USO y Nº	I-1	I-2	I-3	S/V 4	R-5	R-6	R-7	R-8	R-9	R-10	R-11	R-12
LABORATORIO	IB	IIG	IIG	IIG	IIG	IIG	IIG	IIG	IIG	IIG	IIG	IIG
FECHA MUESTRA	1-10-57	2-10-63	1-1-64	10-10-68	25-11-65	14-9-66	10-3-60	14-3-53	10-3-60	18-8-60	6-6-61	23-2-62
pH	–	7,36	7,44	6,96	7,92	7,58	7,82	7,80	7,32	6,84	7,28	7,06
Residuo disuelto	340	344	320	174	260	212	212	260	240	190	207	269
Dureza total		240	209	81	110	89	60	117	132	64	74	102
No carbonato			103	5	0	0	0	0	41	0	0	0
Calcio	36		72	29	31	20	19	15	43	18	19	21
Magnecio	10		7	2	8	9,2	3,2	7,1	5,8	4,4	6,6	12
Sodio			19	12	31	21	42	28	14	19	19	44
Potasio			4	0,4	2,4	4,2	4,5	4,6	2,5	6,2	4,7	5
Bicarbonatos			129	93	162	120	145	146	111	83	95	134
Carbonatos			0	–	0	0	0	0	0	0	0	0
Sulfatos	119		98	10	19	17	23	44	54	26	36	17
Cloruros	32		34	7	19	14	8	14	11	6	4,3	49
Nitratos			2	15	5	3,2	0	0,9	0	12	5,4	0,5
Sílice	32		15	43	58	58	42	45	39	53	60	46
Boro	-		-	-	-	-	-	-	-	-	0,08	-
CO_2 disuelto	–		–	17	2,8	5	3,4	3,4	8	21	8	–

AIESA

DIB. GMO. GATICA G. 9-77

Se presenta el cuadro resumen 3.2.11 con máximos y mínimos.

Se advierte en el resumen que las características en todas las áreas son similares a las de los pozos D.O.S. excediéndose apenas los límites de éstos en las siguientes sub-hoyas y parámetros.

En el Claro de Rengo:

- Residuos disueltos se exceden el máximo observado por la D.O.S. que era 150 a 174 p.p.m.
- Ca, se excede el máximo observado por la D.O.S. que era 23 a 29 p.p.m.
- Mg, es inferior al mínimo observado por la D.O.S. de 4: es 2 p.p.m.
- Nitratos, en D.O.S. era inferior a 1 y sube a 15 p.p.m.
- Sílice, en D.O.S. era 16; sube a 43 p.p.m.

En Tinguiririca y Chimbarongo:

- pH hay un valor superior a 7,68 que era el máximo observado por la D.O.S. aquí es 7.92 p.p.m
- K que era muy poco en D.O.S.,inferior a 1 aquí es 2,11 a 6,2 p.p.m.
- Cloruros se excede el máximo observado por la D.O.S. de 15, y se registra 19 p.p.m.
- Se detecta Boro: 0.08 p.p.m.

CUADRO Nº 3.2.11

MINIMOS Y MAXIMOS SEGUN ANALISIS INCLUIDOS EN CATASTRO CORFO (1970)

	CACHAPOAL	TINGUIRIRICA	CLARO RENGO	RAPEL
pH	7.36 - 7.44	6.84 - 7.92	6 - 9.6	7.06
RESIDUO DISUELTO	320 - 344	190 - 260	174	269
DISUELTO TOTAL	209 - 240	60 - 132	81	102
NO CARBONATOS	103	0 - 41	5	0
Ca	36 - 72	15 - 43	29	21
Mg	7 - 10	3.2 - 9.2	2	12
Na	19	14 - 42	12	44
K	4	2.11 - 6.2	0.4	5
BICARBONATOS	129	83 - 162	93	134
CARBONATOS	0	0	0	0
SULFATOS	98 - 119	17 - 54	10	17
CLORUROS	32 - 34	8 - 19	7	49
NITRATOS	2	0 - 12	15	0.5
SILICE	15 - 32	39 - 60	43	46
BORO	-	0.08	-	-
CO_2 DISUELTO	-	2.8 - 21	17	-

Al final de la cuenca en Rapel el agua es más neutra.

- pH, 7.06
- Res. disueltos, que en D.O.S. tenía mínimo 384, aquí es 269 p.p.m.
- Ca, 21 p.p.m., inferior al mínimo observado por la D.O.S. de 36.
- Mg, 12 p.p.m., inferior al mínimo observado por la D.O.S. de 12.
- So_4, 17 p.p.m., inferior al mínimo observado por la D.O.S. de 26.

En el Cachapoal todos los datos quedan dentro del rango D.O.S.

Las diferencias no cambian en ningún caso las características generales ya definidas en el análisis de los pozos de la D.O.S.

3.2.4.- S.A.R.-

Con los análisis de agua de los pozos del Catastro CORFO se ha podido determinar el parámetro S.A.R.

C U A D R O N° 3.2.12

CARACTERISTICAS DEL AGUA EN RELACION AL USO EN REGADIO

SUB-HOYA	POZO N°	S.A.R.
Cachapoal	I-1	-
	I-2	-
	I-3	0.5
Claro de Rengo	s/u-4	0.58
Tinguiririca	R-5	1,28
	R-6	0,97
	R-7	2,35
	R-8	1,13
	R-9	0,53
	R-10	1,04
	R-11	0,96
Rapel	R-12	1,9

Conclusión: S.A.R. óptimo: Bajo 4.-

Categoría S_1.

3.2.5.- Resumen. Relaciones entre las Diversas Aguas. Conclusiones.-

Las aguas subterráneas de la cuenca son de buena calidad para cualquier uso:

- Buena calidad en el aspecto físico, color, turbiedad, residuos suspendidos.

- Ligeramente básicas en general, de acuerdo con su pH; menos básicas en el Claro de Rengo y ligeramente ácidas en el Tinguiririca.

- En cuanto a dureza, considerando los límites entre blanda y semidura 75 p.p.m.; entre semidura y dura 150 p.p.m., y 300 o más, muy dura: en Cachapoal y Rapel se clasifican las aguas entre semiduras y duras y en Tinguiririca, Chimbarongo y Zamorano entre blanda y semidura.

- Residuo disuelto, en general aceptable, bajo 500 p.p.m., registrándose algunos excesos, pero en todo caso, bajo lo tolerable, 1.500 p.p.m.

- La conductancia específica medida en el Cachapoal muestra aguas buenas: C_2.

- El índice de adsorción de Sodio S.A.R. es muy bueno: S_1.

- Boro.- Contenido bajo en el pozo en que se midió: 0,08 mg/l.

- Cobre, bajo. Máximo en Cachapoal 0,050 y en Tinguiririca 0,025.

- Hierro disuelto: aceptable en Cachapoal, Claro de Rengo y Rapel; levemente excedido en Tinguiririca y excedido de lo tolerable (0,07 p.p.m.) en Zamorano.

- El Indice de Estabilidad corresponde en general a aguas ligeramente corrosivas.

Aparte de las diferencias entre las aguas de las diferentes áreas ya indicadas, se puede decir en general, que el Cachapoal está más cargado de sales, aunque dentro de una buena calidad, que las otras áreas. Se podría presumir que la salinidad desde el Claro hasta el Chimbarongo podría acercarse o estar en la calidad C_1.

Dentro de estas características generales, se plantea el tema de las variaciones entre las calidades de las aguas; relaciones entre ríos y napas y entre pozos a lo largo del curso del escurrimiento, especialmente en el Cachapoal. Es un dato interesante el hecho de estar ubicados muchos pozos a poca distancia del río como se vé en el mapa de pozos de agua potable.

En cuanto a variaciones de la calidad los con

tenidos de los diversos componentes no permiten deducir nada claro a lo largo del curso. Hay que anotar que los análisis tienen diferentes épocas de toma de muestras y que las velocidades de escurrimiento en las napas son ínfimas.

La única relación clara se refiere a la relación entre pozos limítrofes y pozos en pleno valle. De los pozos limítrofes entre cuencas, los dos que están claramente en esa situación, Codegua y Graneros, presentan claramente un mucho menor contenido de sales que los del valle. Es como si en el orígen del escurrimiento subterráneo se iniciara el proceso de disolución de sales, lo cual es muy natural, por lo demás.

Respecto al Cobre, solo se advierte en cantidad muy pequeña, 0,025 y 0,05 p.p.m., en dos puntos, el primero de ellos no tiene nada que ver con la zona minera, esos puntos son Santa Cruz y Peumo.

VIII.- RECURSOS TOTALES DE AGUA.

1. G E N E R A L I D A D E S

1. GENERALIDADES.

Los recursos de agua con que se cuenta en una hoya como la del río Rapel, que interesa en este caso, provienen fundamentalmente de las precipitaciones que caen tanto en forma de nieve en la alta cordillera como en forma de lluvia en la parte media y baja de la cuenca. Estas precipitaciones dan origen a los escurrimientos superficiales que constituyen la fuente más importante de recursos de agua con que se cuenta para satisfacer las demandas de este elemento.

Tanto las precipitaciones directas como los escurrimientos superficiales motivan, a través de la infiltración en el terreno, la existencia de napas subterráneas, las que a su vez constituyen recursos de agua posibles de aprovechar para satisfacer las necesidades de este elemento.

El uso de los recursos de agua referidos, tanto superficiales como subterráneos, produce a su vez retornos o recuperaciones de agua que drenan hacia los cauces principales constituyendo a su vez, desde el punto de vista del usuario, nuevos recursos de agua aprovechables para satisfacer demandas situadas aguas abajo de los puntos en que ellos son recogidos. Si bien estas recuperaciones no constituyen nuevos recursos de agua que ingresan a la hoya en su conjunto, el hecho de que sea posible el uso y reuso de las mismas aguas hace que en cierta forma deban computarse como tales.

El estudio de las disponibilidades de agua con que se cuenta en una hoya, a objeto de satisfacer las diferentes demandas que se le plantean, debe incluir por lo tanto el análisis de las precipitaciones como fuente originaria de los recursos de agua posibles de aprovechar y a su vez el análisis de estos últimos, bajo sus formas de escurrimientos superficiales, escurrimientos subterráneos y recuperaciones o retornos de otros usos.

Los factores que inciden y determinan cada uno de estos aspectos son muy diferentes entre si y han sido analizados en detalle en los siguientes otros capítulos de este estudio :

- Estudio Pluviométrico de la Hoya del Río Rapel.
- Estudio Hidrológico de la Hoya del Río Rapel. (Fluviométrico)
- Aguas Subterráneas Hoya Hidrográfica Rapel.
- Análisis de Recuperaciones de la Hoya del Río Rapel.

Además del análisis de la cuantía de los recursos de agua disponibles, debe tenerse en cuenta la calidad física, química y sanitaria de estos recursos, a objeto de verificar su aptitud de uso para los diferentes tipos de demandas que se le pueden requerir, tales como agua potable, regadío, industrial, minera, recreación y otros.

Estos aspectos han sido también analizados en otro capítulo de este estudio denominado : Calidad de las Aguas, Hoya del Río Rapel.

Si bien el estudio general de cada una de las formas bajo las cuales se presentan en la hoya los recursos de agua susceptibles de ser aprovechados, ha sido analizado en detalle separadamente para cada uno de ellos, su utilización integral debe analizarse en forma conjunta dadas las múltiples inter-relaciones existentes entre unos y otros.

2. DISPONIBILIDAD DE AGUAS

2. DISPONIBILIDAD DE AGUAS.

Las precipitaciones medias anuales que caen en la zona de la costa de esta hoya son del orden de 600 mm/año, mientras que en la parte del valle central del país correspondiente, por ejemplo, a la ciudad de San Fernando (350 m.s.n.m.) son de unos 700 mm/año y en la ciudad de Rancagua (482 m.s.n.m.) son de solamente unos 400 mm/año. De aquí hacia el oriente aumentan, estimándose que en la alta cordillera podrían llegar a ser incluso del orden de unos 3.000 mm/año.

Para estas altitudes mayores las precipitaciones caen principalmente en forma de nieve y desafortunadamente no son bien conocidas por carecerse de estaciones de control. En años secos las precipitaciones se reducen considerablemente. Es asi como, por ejemplo para un año con 95% de probabilidad de excedencia, las precipitaciones anuales en la costa se reducen a unos 300 mm/año, en San Fernando a unos 400 mm/año y en Rancagua a unos 250 mm/año. En la alta cordillera se estima que la reducción debe ser a unos 1.200 mm/año. En general estas precipitaciones tienen lugar, en su mayor parte, en el período de invierno entre los meses de Abril a Septiembre, siendo Junio y Julio los meses más lluviosos.

Las precipitaciones dan origen a escurrimientos superficiales, los que alcanzan los siguientes valores representativos medios anuales a la salida de la zona cordillerana antes de su ingreso al valle central y antes de las primeras tomas de los canales de regadío :

- Cachapoal en Puente Termas : 81,9 m3/seg.
- Tinguiririca Bajo Briones : 45,1 m3/seg.

Los ríos Cachapoal y Tinguiririca en las secciones indicadas controlan la mayor parte de los recursos de agua cordillerana de la hoya. A ellos cabe agregar otros de menor importancia tales como los provenientes de zonas cordilleranas de los ríos Claro, Claro de Rengo, Estero Zamorano, Estero Antivero y Estero Las Cadenas.

El régimen de estos ríos cordilleranos es eminentemente nival, produciéndose sus mayores caudales en la época de deshielo. Es así como, para la sección de Cachapoal en Puente Termas, los caudales medios de verano son de unos 118,0 m3/seg., mientras que los medios de invierno son de 45,6 m3/seg. En la sección de Tinguiririca Bajo Briones los promedios de verano son de 63,0 m3/seg., mientras que los de invierno de 26,9 m3/seg. Estos dos ríos tienen su origen en los glaciares de la cordillera andina lo que hace que aún en años muy secos mantengan caudales bases de escurrimiento de cierta significación. Por ejemplo, para un año muy seco, con probabilidad de excedencia 95%, esto es el segundo año más seco de los últimos 35 años, el caudal medio controlado en Cachapoal en Puente Termas fue de 500 m3/seg., correspondiendo 26,7 m3/seg. a la época de invierno y 83,8 m3/seg. a la de verano. En el mismo año seco, el caudal medio controlado en Tinguiririca Bajo Briones fue de 28,0 m3/seg., correspondiendo 15,4 m3/seg. a la época de invierno y 45,6 m3/seg. a la de verano.

Los escurrimiento superficiales en la hoya intermedia y baja de la cuenca presentan un régimen fundamentalmente pluvial determinado por las precipitaciones caídas en

el área. La onda nival proveniente de la cordillera se observa muy amortiguada en la zona intermedia debido principalmente al alto consumo de agua motivado por la evapotranspiración de las zonas de riego. La superposición del régimen nival de los ríos de cordillera y del régimen pluvial de los cauces de la parte intermedia y baja de la hoya, habida consideración del alto consumo de evapotranspiración de la cuenca, producen un caudal medio anual en el río Rapel en desembocadura, bajo condiciones de régimen natural, de unos 147,0 m3/seg., el que en años secos, con 95% de probabilidad de excedencia se reduce a unos 51,0 m3/seg.

Los recursos de agua subterránea en la cuenca si bien son abundantes y existen numerosas zonas en las cuales por sus características resulta posible consultar importantes captaciones subterráneas, su magnitud es considerablemente menor respecto de los recursos de aguas superficiales. Los caudales subterráneos que escurren a través de cualquier sección transversal de la hoya son en general inferiores a tipo 2 m3/seg. No obstante esta gran diferencia de magnitud, el aprovechamiento del agua subterránea en la hoya presenta un alto interés debido a características propias del agua subterránea, tales como : posibilidad de ubicar las captaciones próximas a los consumos, gran volumen de almacenamiento de los acuíferos que permite aprovechar estos recursos aún en años de gran sequía, posibilidad de complementar los recursos superficiales con recursos subterráneos en momentos o períodos de escasez, etc.

En la hoya del río Rapel aún cuando los caudales subterráneos que escurren son más bien pequeños, los caudales que pueden extraerse de las napas pueden ser considerablemente mayores en vista que, por una parte los acuíferos se encuentran bastante saturados y por otra parte, al deprimir el nivel

libre de estos acuíferos por bombeo se inducen nuevas recargas que los alimentan, provenientes tanto, de las precipitaciones directas que caen sobre los terrenos, como de la infiltración de corrientes superficiales en sus cauces. Por el momento y para las condiciones actuales, puede afirmarse que la hoya del río Rapel es bastante poco explotada desde el punto de vista del aprovechamiento de los recursos de aguas subterráneas. Se ha determinado, en otro capítulo de este estudio, que la explotación actual del agua subterránea sería de 1,08 m3/seg. como promedio anual.

La existencia de grandes zonas de buena permeabilidad y relativamente alto nivel freático, permiten considerar que para el futuro la explotación de agua subterránea en la hoya puede llegar a ser varias veces la actual. En vista de esto se propone, en otro capítulo de este estudio, nuevas explotaciones que podrían realizarse. De mantenerse las tendencias históricas registradas en los últimos años, en lo que a aprovechamiento de este recurso se refiere, se estima que en un plazo de unos 25 años, el aprovechamiento del agua subterránea podría alcanzar un caudal de unos 3,20 m3/seg. como promedio anual. Este valor puede aún ser muy superior si se toman las medidas adecuadas para una explotación racional y más integral del recurso.

El principal usuario del agua en la hoya, en lo que a volumen utilizado respecta, es sin lugar a dudas el regadío. La utilización en regadío produce tanto excedentes de agua como infiltraciones que incrementan los caudales subterráneos, los que tanto por condiciones topográficas como geológicas, que se traducen en reducciones en la capacidad de conducción de agua de ellos, afloran en diversos puntos hacia los cauces superficiales. Estos afloramientos en conjunto con los

excedentes de riego constituyen la parte fundamental de las recuperaciones o retornos. Del estudio efectuado para las recuperaciones se ha concluído que ellas son, en su parte fundamental, una diferencia entre los volúmenes de agua aplicados a los terrenos en el regadío y un consumo neto de agua por hectárea que se ha denominado tasa efectiva y que para esta hoya se ha considerado en un valor del orden de 11.000 m3/há año. Esta tasa efectiva incluye el consumo evapotranspirativo de los cultivos, evaporación desde superficies de agua y de tierras, consumo de agua por vegetación parásita y otras pérdidas de agua no recuperables. El monto de las recuperaciones con que puede contarse en la hoya, las que se recogen a través de los cauces de drenaje existentes, depende fundamentalmente entonces de las cantidades de agua captadas por los canales para ser aplicadas a los terrenos y no constituyen como se ha indicado un porcentaje de estas últimas sino una diferencia entre tasas brutas y efectivas. Se designa como tasa bruta de riego a los volúmenes de agua captados en bocatoma de canales por unidad de superficie regada.

El hecho de que se produzcan estas recuperaciones permite que los recursos de agua disponibles en la cabecera de los valles puedan ser utilizados en el regadío más de una vez. En la actualidad los volúmenes de agua provenientes de recuperaciones, en las partes medias y bajas de los valles, son considerables. Esto se debe a que en general, no existe una gran tecnificación en el uso de agua para regadío llegándose muchas veces a tasas brutas de 20.000 m3/há año y aún 30.000 m3/há año.

Para la correcta evaluación de los volúmenes de agua provenientes de las recuperaciones, se ha establecido una metodología fundamentada en la idea anterior y en la correcta individualización de los puntos en que se producen y los cauces a través de los cuales se recogen. El proceso de tecnificación que deberá introducirse a futuro en el regadío de la hoya, reducirá naturalmente los montos de ella, pero también como contra partida permitirá contar con una mayor disponibilidad de recursos en las cabeceras de los valles al reducir los caudales captados por canales debido a la consiguiente disminución de las tasas brutas de riego.

Para el estudio de los recursos provenientes de recuperaciones se ha subdividido toda la cuenca en 13 sectores, teniendo en cuenta principalmente el drenaje de las aguas de riego. Se han determinado los puntos y cauces en que se recogen las recuperaciones provenientes de cada uno de los sectores de riego definidos, estableciéndose que en otros sectores dichos recursos pueden ser nuevamente aprovechados. Se ha incluido también en la metodología de cálculo, teniendo muy en cuenta las condiciones presentes en cada uno de los sectores definidos, la realidad existente en cuanto a que una parte de las recuperaciones de un sector son reutilizadas dentro del mismo sector, vaciándose los excedentes a los cauces de desagüe. Este aspecto se ha tratado en detalle en el capítulo respectivo.

3. APTITUD DE USO DE LAS AGUAS

3. APTITUD DE USO DE LAS AGUAS.

Se consideran, separadamente, las aguas de los cursos que conforman el río Rapel, por cuanto existen notables diferencias entre el Cachapoal y los demás, el Claro de Rengo, el Estero Zamorano, el Tinguiririca y el Estero Chimbarongo. Además se consideran en su conjunto las Aguas Subterráneas, de calidad bastante pareja.

En lo que respecta a las aguas superficiales de los ríos Claro de Rengo y Tinguiririca y los Esteros Zamorano y Chimbarongo, caben hacer las siguientes consideraciones.

En general las aguas de estos cursos son : ligeramente básicas con pH entre 7 (neutro) y 8; con salinidad baja (C_1) a media (C_2); el índice de adsorción de sodio (SAR) es bajo ($S_1 < 4$) lo que indica aptitud para cualquier cultivo, incluso frutales; baja dureza (inferior a 100 p.p.m.), y bajo contenido total de sólidos disueltos (inferior a 250 p.p.m.). Si se advierten algunas excepciones a estos rangos y cuantías son pocas, puntuales y circunstanciales.

De acuerdo con estas características la aptitud de las aguas es muy buena para riego y para agua potable con la advertencia, a penas necesaria, de que se requiere para agua potable tratamiento no muy intenso (hay filtros lentos en Rancagua) por las inevitables turbiedades de los cursos superficiales, más notables en algunas estaciones del año.

En lo que se refiere a las aguas del río Cachapoal y sus afluentes, hay una estrecha relación entre la calidad del agua y las descargas de aguas contaminadas de la minería, especialmente notable en los afluentes Coya y Pangal. La inferior calidad del agua persiste en el Cachapoal hasta Rancagua, desde donde desciende hasta valores aceptables casi en la confluencia con el río Claro.

El parentesco entre los parámetros acusadores de la degradación de la calidad es notorio en la zona señalada cuando el agua baja contaminada : la acidez es fuerte- pH de 3,3 a 5,5 -; la salinidad aumenta pasando la clasificación a C_3 y C_4; el ion cobre acusa presencia hasta miles de veces el valor aceptado en las normas; se acusa presencia de fierro hasta centenares de veces lo tolerable y de arsénico en decenas de veces lo indicado en las normas. En esta zona se registran en algunos puntos excesiva presencia de Boro, aunque sin relación con los otros parámetros.

Los valores anotados expresan de por sí el grado de intolerancia del agua para riegos y agua potable en épocas de contaminación.

Conviene señalar como antecedente positivo que el proceso de degradación está directamente relacionado con el manejo del agua en la minería y por lo tanto no es irreversible. Un perfil histórico de este proceso muestra una fuerte intensificación de los valores máximos de los parámetros acusadores entre los años 1973 y 1976, año este último, en que ha habido una declinación recuperándose los niveles del año 1969.

Por otra parte, dentro de un año con fuerte carga química se registran temporadas con valores aceptables.

Los valores registrados hasta la fecha no tienen la regularidad necesaria para establecer proporciones entre períodos y grados de contaminación siendo esta una materia que debe estudiarse con más profundidad.

Las aguas subterráneas tienen características parecidas a las superficiales de los cursos del Claro al Chimbarongo, un poco más recargadas de sales.

Aguas algo alcalinas en el Cachapoal, Zamorano y Rapel y entre débilmente ácidas y algo alcalinas en el Tinguiririca y el Claro de Rengo, pH en todo caso entre 6,5 y 8; entre blandas y semi duras (o sea poco más o menos de 75 p.p.m.) en Tinguiririca, Chimbarongo y Zamorano y entre semi duras y duras (el límite entre ambas, 150 p.p.m.) en Cachapoal y Rapel; residuos disueltos inferior a 500 p.p.m. (lo tolerable es 1.500 p.p.m.) salinidad medida por la conductancia específica, de agua buena, categoría C_2; índice de adsorción de sodio SAR muy bueno : categoría S_1; cobre y boro bajo; hierro disuelto aceptable en Cachapoal, Claro y Rapel y excedido de lo tolerable (0,07 p.p.m.) en algunos casos de las hoyas del Tinguiririca y del Zamorano; corrosividad leve; buena calidad en los aspectos básicos; color y turbiedad. En suma aguas de buena calidad para cualquier uso.

4. APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS DE AGUA

4. APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS DE AGUA.

Se ha indicado que los recursos de agua susceptibles de ser aprovechados en la hoya con fines específicos provienen fundamentalmente de escurrimientos superficiales, recursos de aguas subterráneas y recuperaciones que se recogen en los cauces principales. No es posible plantear valores a priori para los recursos provenientes de estas tres fuentes que sean directamente sumables entre sí, por cuanto los dos últimos recursos señalados se encuentran afectados por el uso que se haga de todos los recursos de agua disponibles. Es así como la tecnificación del regadío influye fundamentalmente sobre los montos de recuperaciones y a su vez sobre las infiltraciones que representan recarga para la napa subterránea; la extracción de agua subterránea al producir vaciamiento de acuíferos puede a su vez indicar pérdidas de agua para las corrientes superficiales por infiltraciones en su lecho que constituyen recarga de la napa; el establecimiento de embalses de regulación interfiere también con los escurrimientos subterráneos.

De todas estas inter-relaciones la más importante de tener en cuenta por la cuantía de los volúmenes comprometidos, es la que dice relación con el uso del agua en regadío y los consiguientes retornos de éste.

En vista del efecto que tienen las tasas de riego que se aplican a los terrenos sobre los montos de los recursos de agua provenientes de recuperaciones, para los fines de este estudio y en otros capítulos de él, se han considerado diferentes grados de tecnificación en el uso de las

aguas en regadío. Estos grados de tecnificación se han expresado a través de diferentes niveles de las eficiencias de riego, entendiendo por tales, coeficientes que al dividir por ellos el valor del uso-consumo de los cultivos permite estimar las tasas de riego a nivel predial, agregando a estas últimas tasas un porcentaje por concepto de pérdidas por conducción, se obtienen las ya definidas tasas brutas en bocatoma de canales.

Se ha considerado un primer nivel en las eficiencias de riego, estimado como equivalente a las condiciones actuales de tecnificación existentes en la hoya, este valor sería en promedio de 0,30. Para el futuro, considerando la existencia de regulación nocturna de las aguas y en base a mejora en las técnicas empleadas en regadío, se ha considerado un valor que en promedio sería de 0,50. Se ha considerado además, un nivel de eficiencia intermedio de 0,40 entre las condiciones actuales y las que se obtendrían en el futuro con una tecnificación adecuada del regadío.

En lo que respecta a cultivos y plantaciones y debido a la influencia que presentan las demandas de agua para regadío en el monto de los recursos de agua disponibles a través del efecto de las recuperaciones, se han considerado para ellos y separadamente para cada uno de los sectores en que ha sido subdividida la hoya, dos situaciones : una correspondiente al uso actual que se hace de los suelos en cada sector y otra correspondiente al uso que se recomienda de los suelos en cada uno de ellos, dadas sus diferentes condiciones agrológicas. Al uso actual y recomendado de los suelos van asociados

sus respectivos consumos de agua por evapotranspiración, los que a su vez, asociados con los diferentes niveles de eficiencia de regadío indicados y porcentajes estimados para pérdidas en conducción (en general 10%) permiten evaluar las tasas brutas de riego en bocatoma de canales. Por diferencia con las tasas efectivas se deducen los montos de las recuperaciones por hectárea.

Para evaluar los recursos totales de agua disponibles y su comparación con las necesidades de agua se ha preparado un modelo de simulación el cual internamente calcula las recuperaciones por el método indicado y las agrega a los caudales superficiales en los puntos en que ellas se recogen. De este modo es el modelo de simulación el que, para diferentes demandas de riego, genera los recursos totales de agua disponibles en cada sección del valle.

En lo que respecta a los recursos de agua subterránea y considerando que en la actualidad no se dispone de la información suficiente para evaluar correctamente las inter-relaciones de este recurso con los otros existentes en la hoya, no se ha incluído en el modelo de simulación la operación, recarga y descarga de los acuíferos, ya que los antecedentes disponibles aún no son suficientes para ello. En todo caso el modelo permite recibir como datos de entrada los caudales que se prevea explotar de los acuíferos y combinarlos con los recursos superficiales a objeto de satisfacer las demandas de agua que se planteen para la hoya. La formulación de un modelo de simulación que integre la generación de recursos superficiales, subterráneos y provenientes de recuperaciones, constituye una tarea futura para la cual deberá iniciarse con mucha anticipación la recolección de información básica especialmente en lo que se refiere a intercambios de agua entre escurrimientos superficiales y subterráneos. Esta información básica

deberá estar constituída principalmente por series de corridas de aforo en las que se controlen cauces naturales y canales de regadío.

El modelo que se ha propuesto para este estudio recibe como datos de entrada la información básica hidrológica disponible y las demandas brutas de riego, generando los recursos totales de agua superficiales que podría disponerse en cada sección del valle. Se ha dejado incluído además, la posibilidad de operar integradamente los recursos subterráneos con los superficiales en base a la estimación de algunos parámetros relativos al agua subterránea, los que por el momento son desconocidos pero podrán ser calculados en el futuro.