REPUBLICA DE CHILE

COMISION NACIONAL DE RIEGO

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD HOYA DEL RIO RAPEL

Sexta Región

VOLUMEN 6

INFORME FINAL

RESUMEN Y CONCLUSIONES

AGROIPLA, ING. CONSULTORES, CHILE

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

Abril, 1978

C O M I S I O N N A C I O N A L D E R I E G O

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD HOYA RIO RAPEL

V O L U M E N 6

I N F O R M E F I N A L

(RESUMEN Y CONCLUSIONES - RECOMENDACIONES)

3785

A.I.E.S.A.

I N D I C E

		Página Nº
1.-	PRESENTACION	5
2.-	RESUMEN Y CONCLUSIONES	13
2.1	Recursos de Agua	15
2.1.1	Características Climáticas del Area	15
2.1.2	Estudio Pluviométrico	21
2.1.3	Estudio Hidrológico (Fluviometría)	27
2.1.4	Lagunas Naturales	45
2.1.5	Aguas Subterráneas	46
2.1.6	Análisis de Recuperaciones	51
2.1.7	Calidad de las Aguas	57
2.1.8	Recursos Totales de Agua	60
2.2	Demandas de Agua	64
2.2.1	Población Urbana y Rural	65
2.2.2	Demandas de Agua Diferente de Riego	73
2.2.3	Uso Actual de Agua en Riego	79
2.2.4	Demandas de Riego	83

		Página Nº
2.3	Desarrollo Agropecuario y Forestal	95
2.3.1	Antecedentes de Terreno Agroeconómicos	95
2.3.2	Plan Integral 1a. Etapa. Uso Actual del Suelo	99
2.3.3	Suelos	119
2.3.4	Tenencia de la Tierra	123
2.3.5	Puesta en Riego y Tecnificación	125
2.3.6	Conclusiones del Plan Integral	129
2.4	Identificación de Obras y Anteproyectos	138
2.4.1	Evaluación de Obras	138
2.4.2	Estudio de las Condiciones de Drenaje	155
2.5	Operación de los Sistemas y Evaluación Económica	159
2.5.1	Operación del Sistema Rapel	159
2.5.2	Evaluación Económica	179
3.-	RECOMENDACIONES	183
3.1	Medidas por Adoptar	185
3.2	Estudios y Obras a Realizar	190
ANEXO	FOTOGRAFICO	195

1.- P R E S E N T A C I O N

La Comisión Nacional de Riego contrató por Resolución N°11 de fecha 18 de Marzo de 1977 y registrada en la Oficina de Partes de la Comisión Nacional de Riego con fecha 27 de Mayo de 1977, con AIESA el presente estudio de Prefactibilidad para la Hoya del Río Rapel.

AIESA se constituyó por la Asociación de la firma consultora chilena AGRO-IPLA LTDA. y la firma norteamericana Engineering Science Inc. de Arcadia, California.

El estudio se abordó en todos los aspectos relativos a los diferentes tipos de recursos existentes, su aprovechamiento actual, proponiéndose la mejor utilización de ellos para el futuro. Se establecieron las necesidades de medidas por adoptar y obras a realizar, debidamente valoradas, a objeto de obtener el mejor aprovechamiento posible principalmente de los recursos de suelo y agua. Se obtuvieron conclusiones respecto a todas las materias estudiadas y se efectuaron recomendaciones tanto en relación con disposiciones que deberían adoptarse como con nuevos estudios por realizar y programas de obras a ejecutar.

Todo el trabajo realizado se presenta en seis volúmenes con un total de ocho libros, más un albúm de mapas. Las materias contenidas en cada uno de estos libros corresponde al detalle que se indica. El presente texto es el último de dichos

seis volúmenes e incluye el resumen y conclusiones de todo el estudio realizado y las recomendaciones obtenidas de él.

VOLUMEN 1

RECURSOS DE AGUA

Libro Primero

I.- Características Climáticas del Area
II.- Estudio Pluviométrico
III.- Estudio Hidrológico
IV.- Lagunas Naturales

Libro Segundo

V.- Aguas Subterráneas
VI.- Análisis de Recuperaciones
VII.- Calidad de las Aguas
VIII.- Recursos Totales de Agua

VOLUMEN 2

DEMANDAS DE AGUA

I.- Población Rural y Urbana
II.- Demanda de Agua Diferente de Riego
III.- Uso Actual de Agua en Riego
IV.- Demandas de Riego

VOLUMEN 3

DESARROLLO AGROPECUARIO

Libro Primero

I.- Antecedentes de Terreno Agroeconómicos

II.- Plan Integral Primera Etapa. Uso Actual del Suelo

III.- Suelos

Libro Segundo

IV.- Tenencia de la Tierra

V.- Puesta en Riego y Tecnificación

VI.- Conclusiones del Plan Integral

VOLUMEN 4

IDENTIFICACION DE OBRAS Y ANTEPROYECTOS

I.- Evaluación de Obras

II.- Estudio de las Condiciones de Drenaje

VOLUMEN 5

OPERACION DE LOS SISTEMAS Y EVALUACION ECONOMICA

I.- Operación del Sistema Rapel (Condiciones Actuales y Futuras)

II.- Evaluación Económica

VOLUMEN 6

INFORME FINAL

(Resumen y Conclusiones - Recomendaciones)

El personal profesional que participó en la ejecución de este estudio, tanto por parte de AGRO-IPLA como de Engineering Science, es el siguiente:

- AGRO-IPLA
  - Ing,Civil Hernán Baeza S. : Jefe del Proyecto
  - Ing.Civil René Gómez D. : Director Adjunto
  - Ing.Civil Luis Court M. : Asesor Dirección
  - Ing.Agrónomo Werner Gesswein N. : Jefe Estudios Agronómicos
  - Ing.Civil Hernán del Río F. : Especialista en Planificación de Recursos
  - Ing.Civil Andrés Benítez G. : Especialista en Hidrología
  - Ing.Civil Fernando Alamos C. ; Especialista en Hidrogeología
  - Ing.Civil Enrique Munizaga D. : Especialista en Agua Potable
  - Ing.Civil Raúl Montesinos G. : Especialista en Abastecimientos de Agua
  - Ing.Agrónomo Dante Pesce P. : Especialista en Suelos
  - Ing.Agrónomo José Neira D. : Especialista en Planificación y Economía Agraria

. Ing.Agrónomo Jorge Valenzuela B.	: Especialista en Fruticultura
. Ing.Agrónomo Ignacio Ramírez A.	: Especialista en Horticultura y Cultivos en General
. Ing.Agrónomo Claudio Wernli K.	; Especialista en Riego
. Ing.Agrónomo Aurelio Villalobos P:	Especialista en Fruticultura
. Ing.Agrónomo Renato Guzmán J.	: Especialista en Economía Agraria
. Auditor Fernando Bustamante H.	: Especialista en Evaluación Económica
. Ing.Agrónomo Sergio Mery A.	: Especialista en Planificación
. Ing.Civil Luis Jorquera G.	; Especialista en Riego
. Ing.Agrónomo Claudio Stockle	: Especialista en Tecnificación del Regadío
. Ing.Civil Eugenio Campos G.	: Especialista en Obras Hidráulicas
. Ing.Civil Antonio Baeza S.	: Especialista en Construcción de Obras
. Ing.Civil Pablo Isensee M.	: Especialista en Modelos de Simulación
. Ing.Civil Amalia Moraga V.	: Especialista en Análisis de Sistemas
. Ing.Civil José Miñano C.	: Especialista en Obras Hidráulicas

- ENGINEERING SCIENCE

.Ing.Civil Raymond H. Gill	: Jefe Personal Extranjero
.Ing. Civil James Teruya	: Especialista en Hidrología

• Ing. Robert Turney	: Especialista en Hidrogeología
• Ing.Civil Ben Onodera	: Especialista en Calidad de Aguas
• Ing.Agrónomo Julio Lostao	: Especialista en Sistemas de Riego
• Ing.Civil Georges Mumma	: Especialista en Obras Hidráulicas
• Ing.Civil Phillip Morris	: Especialista en Planificación de Recursos
• Ing.Civil Miguel Marino	: Especialista en Modelos de Simulación
• Ing.Rodney Hanson	: Especialista en Computación
• Ing.Civil Enrique Escudero	: Coordinador en U.S.A.
• .Economista Meyer Levadie	: Especialista en Economía

2.- RESUMEN Y CONCLUSIONES

2.1.- Recursos de Agua.-

2.1.1.- Características Climáticas del Area.-

El clima dominante en la cuenca del río Rapel puede clasificarse en general como templado con humedad suficiente (H.Fuenzalida P.). Esta región presenta características de clima mediterráneo con precipitación concentrada en los meses de invierno y una estación muy seca producida por el dominio anticiclónico ininterrumpido. Las precipitaciones se ven afectadas por el relieve siendo mayores en la parte expuesta al viento marino dado que los vientos dominantes provienen del sur y sur-oeste. Existe diferencia entre el clima de la región costera y el clima del interior, en los aspectos que la cercanía del mar determina. Es así como las temperaturas medias en la costa y en el interior son similares pero la amplitud de las variaciones en la costa, debido al efecto moderador del mar, es del orden de la mitad de las que se producen en el interior.

Para los fines del presente trabajo se ha recopilado la información estadística existente sobre los diferentes parámetros del clima controlados en la hoya. Esta recopilación se ha efectuado con la finalidad de reunir información que permita determinar para la hoya consumos de agua por evapotranspiración para diferentes tipos de cultivos de riego. No se pretende en este análisis utilizar la información disponible sobre cli

ma para la evaluación de recursos de agua por cuanto la hoya del río Rapel se encuentra muy bien controlada hidrométricamente en la mayor parte de sus cursos superficiales de agua tanto en las cabeceras de los valles como en su salida hacia el mar. No se han incluído antecedentes sobre medición de nieve en la cordillera por cuanto la información disponible es muy escasa, de dudosa calidad y no presta ninguna utilidad a este estudio.

En el plano N°1, del album de mapas, correspondiente a este capítulo, se indica la ubicación de las 96 estaciones que controlan parámetros meteorológicos en esta hoya. Estos parámetros son: precipitación, presión, humedad relativa, temperatura, horas de sol, velocidad del viento, evaporación y radiación solar.

Las 96 estaciones meteorológicas de la hoya pertenecen en general a tres instituciones: Dirección Meteorológica, Dirección General de Aguas y Endesa. En el plano N°1 referido, se indica a cual de estas instituciones pertenece cada estación y que parámetros se controlan en cada una de ellas.

Ha sido posible contar con información estadística sobre precipitaciones en 88 estaciones de la hoya mientras que sobre los otros parámetros meteorológicos se cuenta con información solamente en 13 estaciones. Desgraciadamente muchos de los

antecedentes recogidos por estas estaciones aún no se encuentran traducidos, o bien son de calidad dudosa dado que no cuentan con un adecuado control de calidad; en otros casos, la información simplemente no existe por haberse interrumpido el control periódico y sistemático de la estación.

No nos referiremos en este punto a las precipitaciones, las que son analizadas en un capítulo siguiente. En lo que respecta a los otros parámetros del clima, del análisis detallado efectuado, se han deducido las siguientes consideraciones generales.

- Temperaturas.-

Este parámetro es o ha sido controlado en el pasado por 10 estaciones meterológicas, de las cuales solo se cuenta con información completa en cuatro de ellas (Rancagua, Parrón, Puente Arqueado y Quelentario Antena de Radio) e información parcial en otras dos (Convento Viejo y Rengo).

Las temperaturas medias anuales varían desde 12°C a la salida del valle andino hasta unos 14°C en las proximidades de la costa.

Las temperaturas medias mensuales de invierno fluctúan entre 7°C y 12°C mientras que las medias mensuales de

verano entre 12° y 20°C. Las temperaturas máximas absolutas registradas en el valle central y zona de la costa, fluctúan entre 32° y 34°C. Correspondiendo normalmente al mes de Enero, las temperaturas máximas medias son del orden de 27° y 28°C, las que tienen lugar en el mismo mes indicado. Las temperaturas mínimas absolutas alcanzan a cerca de -4,0°C en el valle central y en el mes de Julio, mientras que en la zona de la costa se encuentran ligeramente sobre 0°C; el período de mínimas absolutas bajo 0°C, en la zona del valle central, abarca los meses de Mayo a Septiembre. Las temperaturas mínimas medias registradas en la zona del valle central presentan sus valores más bajos en el mes de Julio, siendo del orden de 2,0°C, hacia la zona de la costa, dicho valor aumenta a unos 5,0°C.

- Humedad Relativa.-

Este parámetro es o ha sido controlado por 10 estaciones de las cuales solo ha sido posible obtener información revisada de cuatro de ellas: Puente Arqueado, Quelentaro Antena Radio, Rancagua y Llallauquén. En la zona del valle central la humedad relativa media anual es del orden de 73% con un rango de variación para las humedades relativas medias mensuales de 55 a 90%; el rango de variación durante la época de verano resulta ser de 55 a 80% y en la época de invierno de 70 a 90%. En la zona próxima a la costa, la hu-

medad relativa media anual es del orden de 70% con un rango de variación mensual de 65 a 75%; y el rango de variación durante la época de verano resulta ser de 55 a 80% y en la época de invierno de 65 a 90%.

- Presión Atmosférica.-

Este parámetro es o ha sido controlado en 6 estaciones de la hoya: Rengo, Quelentaro Antena Radio, Puente Arqueado, Rancagua, Parrón y Sewell. Para la zona del valle central esta presión presenta un promedio anual de 961 mb, con promedios mensuales que varían entre 957 y 963 mb. Para la zona de la costa la presión promedio anual es de 990 mb, con promedios mensuales que varían entre 982 y 996 mb.

- Horas de Sol.-

De las 9 estaciones que han controlado o controlan este parámetro, sólo es posible contar con una de ellas, Rancagua, con información revisada y de interés desde el punto de vista agrometeorológico. La información disponible para Rancagua indica un promedio anual de 2.683 horas de sol. El promedio mensual de horas de sol durante el verano varía entre 227 y 357, mientras que durante el invierno varía entre 99 y 217.

- Radiación Solar.-

De las tres estaciones que controlan este parámetro en la hoya, sólo ha sido posible contar con información revisada y procesada de dos de ellas: Puente Arqueado y Quelentaro Antena Radio. El promedio anual según actinógrafo resulta ser de 369, con un rango de variación medio mensual, durante el verano de 400 a 600 y durante el invierno de 130 a 330.

- Fuerza de Viento.-

De las 8 estaciones que controlan o han controlado este parámetro en la hoya sólo se han seleccionado dos de ellas que cuentan con información procesada, revisada y de cierto interés agrometereológico (Rancagua y Quelentaro Antena Radio). Para la zona del valle central la velocidad media anual del viento sería de unos 8 nudos, con una variación media mensual durante la época de verano de 8,2 a 9,5 nudos y durante la época de invierno de 6,2 a 7,8 nudos. En la zona de la costa la valocidad media anual del viento sería de 4,3 nudos, con una variación media mensual durante la época de verano de 4,1 a 4,8 nudos y durante la época de invierno de 4,0 a 4,3 nudos.

- Evaporación.-

De las 11 estaciones que controlan este parámetro en la hoya sólo ha sido posible contar con 4 de ellas con información procesada, revisada y de cierto interés agrometeorológico (Quelentaro Antena Readio, Puente Arqueado, Convento Viejo, Rengo).

La evaporación media anual, desde superficies de agua, en la zona del valle central resulta ser del orden de 1.200 mm/año, con valores medios mensuales entre 75 y 215 mm/mes para la época de verano y entre 20 y 80 mm/mes para la época de invierno. En la zona de la costa la evaporación media anual desde superficies de agua es de 1.600 mm/año, con valores medios mensuales entre 130 y 290 mm/mes para la época de verano y entre 30 y 130 mm/mes para la época de invierno.

2.1.2.- Estudio Pluviométrico.-

El control pluviométrico en esta cuenca ha sido bastante numeroso. En el punto anterior se presentó ya la lista detallada y ubicación de todas las estaciones que controlan este parámetro en la cuenca. Para una visión general de las precipitaciones en la hoya, se trazó un mapa de isoyetas de prcbabilidad de excedencia 50%.

Se ha efectuado una revisión bastante completa de la mayor parte de las estadísticas disponibles, adoptando como período común para todas ellas el que va de 1941 a 1975.

Para los fines de este trabajo se efectuaron los siguientes análisis con el material estadístico disponible, considerando como año hidrológico el que comenzaba en Abril de cada año y terminaba en el mes de Marzo del año siguiente:

- Se calculó un patrón de precipitaciones basado en las estaciones pluviométricas cuyos registros abarcan el período 1941/42-1975/76 y que han sido controladas en forma aceptable. Con este objeto se seleccionaron 5 estaciones, Rancagua, Coya, San Fernando, Placilla y Puente Negro. Previo a su inclusión en el patrón se analizó la homogeneidad de estas estadísticas en base a curvas doble acumuladas, requiriendo todas ellas excepto Rancagua de pequeñas correcciones efectuadas en base a dichas curvas.

- Se seleccionaron, dentro de todas las estadísticas disponibles las más representativas dentro de cada sub-cuenca, tomando aquellas de mayor período de registro.

- La bondad y homogeneidad de las estadísticas seleccionadas se analizó mediante el método de las curvas doble acumuladas, comparándolas en cada caso con el patrón.

- En los casos de años con información incompleta se procedió a rellenar las estadísticas comparándolas con estaciones vecinas o a partir del Patrón cuando falta un año completo.

- Se efectuaron cálculos y verificaciones de los promedios anuales de todas las estaciones consideradas de acuerdo con las tendencias obtenidas en las curvas doble acumuladas. Se determinaron y verificaron además, los promedios mensuales de precipitaciones en estas estaciones a través del análisis de las tendencias de ellas por períodos utilizando principalmente curvas másicas.

En el cuadro siguiente se resumen las precipitaciones medias mensuales para todo el período considerado en las estaciones seleccionadas.

En general puede señalarse que las precipitaciones medias anuales que caen en la zona de la costa son del orden de 600 mm/año, mientras que en la parte alta 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.), como singularidad local, son de solamente unos 400 mm/año. De aquí hacia el oriente aumentan, estimándose que la alta cordillera podrían llegar a ser incluso del orden de unos 3.000 mm/año.

RESUMEN PRECIPITACIONES MEDIAS ANUALES Y MENSUALES

(mm)

Nº	E S T A C I O N	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Pa.
2	Hda.Corneche	35.3	108.4	158.1	147.7	120.0	49.2	16.5	8.6	6.5	4.6	2.3	9.2	666.4
3	Villa Alhué	34.8	66.9	112.1	110.7	94.9	30.8	9.8	8.4	10.3	2.6	0	10.6	491,9
4	Quelentaro(Ant.Rd.)													437.3
6	El Teniente(Sewell)	40.5	123.2	141.5	136.9	118.8	61.4	40.9	15.2	7.6	4.0	8.8	10.9	709.6
8	Sitio K.Barahona	54.7	128.4	172.8	148.3	138.1	56.7	41.7	20.3	12.1	6.0	7.0	13.0	799.1
9	Loncha	36.2	69.7	116.7	115.3	98.8	32.2	10.2	8.7	10.7	2.7	0	11.0	512.2
11	Rancagua	23.3	68.4	95.6	81.6	66.6	26.5	13.4	8.8	4.3	2.4	2.4	6.9	400.2
14	Coya	38.6	115.7	143.2	128.3	112.0	46.5	26.0	18.4	7.4	5.6	6.2	10.0	657.9
15	La Estrella	19.0	98.1	165.4	123.0	102.1	39.5	11.1	8.4	5.6	2.3	0.3	9.8	584.6
17	B.T. Pangal	44.0	112.7	175.9	117.8	122.9	68.8	41.1	12.1	14.6	4.8	1.4	18.2	734.3
19	C.Sauzal	32.7	104.7	162.3	129.4	98.9	48.7	23.6	13.5	8.4	3.1	0.8	12.3	641.1
24	Fdo.Esperanza	29.6	86.0	128.4	108.8	81.2	37.5	17.8	6.4	8.8	3.0	0.5	8.0	516.0
28	Marchigüe	27.4	97.6	142.7	109.7	67.3	24.4	19.6	5.2	9.5	4.1	0.3	9.5	517.3
29	Viña Vieja	51.7	71.0	137.8	98.0	80.6	30.2	16.8	6.3	6.7	1.8	0	8.6	509,5
34	Puquillay	37.1	103.0	131.1	126.5	107.1	42.7	16.6	10.4	5.7	5.2	3.3	9.2	597.9
35	Fdo.Lihueimo	47.0	112.6	178.6	157.1	124.6	53.2	21.6	9.9	5.9	6.2	3.8	10.0	730.5
36	Hda.Bellavista													1139,9
37	Sn.Jose del Carmen	38.5	116.2	159.1	142.1	119.0	48.0	19.5	11.8	6.7	5.5	3.4	9.7	679.5
38	San Fernando	38.6	116.0	163.7	140.3	112.4	45.9	25.8	14.5	8.2	6.6	4.5	12.0	688,5
39	Placilla	41.0	133.3	180.1	163.5	124.0	51.6	27.5	14.7	8.5	5.2	4.5	10.0	763.9
44	Puente Negro	35.1	108.8	153.5	134.9	104.3	53.5	29.5	18.5	7.9	3.6	3.6	9.9	663,1
46	Espinalillo	54.8	162.2	195.8	171.3	132.5	83.4	32.8	20.4	17.4	7.0	0.9	15.8	894,3
48	La Rufina	74.8	179.6	234.8	209.9	192.9	91.1	47.3	30.9	17.8	14.7	10.0	23.8	1126,6
49	La Candelaria	51.7	108.0	216.4	178.8	153.5	67.6	29.2	10.5	10.7	13.0	1.6	17.1	858,8
51	Sta.Susana	46.5	128.7	225.5	171.6	141.4	56.0	39.6	16.2	13.2	7.3	0.6	12.8	859,4

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 así 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.

2.1.3.- Estudio Hidrológico.-

La cuenca del río Rapel tiene una superficie de 13.514 km^2, siendo sus afluentes principales, que constituyen la cuenca hidrográfica, los ríos Cachapoal y Tinguiririca que al juntarse forman el río Rapel.

Esta cuenca se puede dividir en dos zonas separadas por la línea de nieve, cuya cota fluctúa entre 1.200 y 1.500 m.s.n.m., resultando que las 2/3 partes de la cuenca, aproximadamente 10.000 km^2 es fluvial y el resto nivofluvial o nival.

El objetivo fundamental del análisis realizado para la fluviometría de esta hoya ha sido el contar con adecuadas estadísticas en los puntos de control de la hoya o estimaciones en las secciones no controladas, con la finalidad de ser utilizadas posteriormente en todos los estudios de disponibilidad y distribución de las aguas.

Cabe destacar que la hoya del río Rapel cuenta con un muy buen control fluviométrico de sus cauces tanto a la salida de la cordillera y entrada al valle central como en su salida hacia el mar.

Para cumplir el objetivo de este análisis se realizaron los siguientes trabajos:

- Recopilación de los antecedentes fluviométricos existentes.
- Análisis de las estadísticas que van a utilizarse.
- Ampliación de las estadísticas cortas.
- Cálculo de estadísticas en ríos sin control.
- Curvas de duración general del caudal medio anual y variación estacional de los caudales medios mensuales.
- Posibilidad de efectuar previsiones del escurrimiento del período de deshielo.

En general en la cuenca se cuenta con información de 32 estaciones fluviométricas que funcionan o han funcionado

desde el año 1941. En el capítulo respectivo del album de mapas se incluye un plano con la ubicación de todas estas estaciones y en el texto una lámina en la que se muestran gráficamente los períodos de registro de cada una de ellas.

El estudio hidrológico de esta cuenca se realizó subdividiendo la hoya en tres zonas bien diferenciadas, tanto desde el punto de vista del régimen hidrológico de sus ríos, como del uso que se hace del agua. Ellas son: Zona Cordillerana, Zona Baja y Zona Intermedia.

-Zona Cordillerana.-

Constituída por las cuencas cordilleranas de los ríos Cachapoal, Tinguiririca, Claro de Rengo y Estero Antivero. Para los fines de este estudio se analizaron en detalle las estadísticas provenientes de las siguientes secciones de control:

Sub-Cuenca Cachapoal:

- Cachapoal en Puente Termas (Régimen Natural)
- Cachapoal antes junta Cortaderal
- Cortaderal en junta con Cachapoal
- Claro en Campamento (Regimen Natural)

Sub-Cuenca Tinguiririca:

- Tinguiririca bajo Los Briones
- Tinguiririca bajo junta río Azufre
- Claro en el Valle

Sub-Cuenca Claro de Rengo:

- Claro en Hacienda Las Nieves

Se estudió una estadística Patrón para la zona cordillerana, adoptándose finalmente la estadística Tinguiririca bajo Briones para este objeto. La bondad del Patrón fue analizada por comparación con el Patrón de precipitaciones mediante curva doble acumulada. Esta estadística fluviométrica elegida como Patrón resultó ser bastante aceptable. Todas las estadísticas de esta zona fueron analizadas en su bondad y homogeneidad mediante comparaciones directas con el Patrón o con otras estaciones vecinas previamente comparadas con el Patrón. De este análisis se establecieron pequeñas correcciones en base a las cuales se modificaron las estadísticas observadas. Todas estas estadísticas se llevaron al período común 1941-1975 en base a rellenos y ampliaciones deducidos tanto de correlaciones mensuales como anuales.

Del material estadístico así corregido se calcularon nuevas estadísticas tanto para hoyas que no cuentan con control como para secciones específicas que son de interés desde el

punto de vista del uso y distribución de las aguas. Estas secciones calculadas son:

- Caudales afluentes al Embalse Collicura (EACOL):
  Se obtiene a través de la suma de las estadísticas observadas corregidas de Cachapoal antes junta Cortaderal y Cortaderal en junta con Cachapoal agregándoles estadísticas calculadas para Los Cipreses en junta con Cachapoal y cuenca intermedia entre el muro de embalse y las juntas de Cachapoal y Cortaderal y Los Cipreses con Cachapoal.

- Cachapoal frente a Sauzalito:
  Corresponde a los caudales disponibles en el río Cachapoal antes de las bocatomas de los canales de riego. Se obtuvo sumando las estadísticas de régimen natural del río Cachapoal en Puente Termas y río Claro en Campamento.

- Estero Antivero antes bocatoma canales:
  Desgraciadamente no se cuenta con una estación de control fluviométrico. La estadística se ha estimado en base a Claro en Hacienda Las Nieves que es la que ha dado mejor resultado para este objeto.

- Afluentes embalse Tinguiririca (EATIN):
  Se calcularon los afluentes a un hipotético embalse situado entre la junta de los ríos Tinguiririca y Azufre y la desemboca-

dura del río Clarillo en el Tinguiririca. Sus caudales se han estimado en base a las estadísticas observadas y corregidas de Tinguiririca bajo Los Briones y Tinguiririca bajo junta de Azufre.

Afluentes Laguna Los Cristales:
Esta laguna está situada en la parte alta del río Claro de Rengo. Sus caudales se calcularon en base a la estadística observada y corregida de río Claro en Hacienda Las Nieves, como una proporción de las superficies de sus respectivas cuencas hidrográficas.

Las estadísticas completas de todas las secciones referidas se incluyeron en el informe respectivo. A objeto de dar una visión de los recursos de esta zona cordillerana puede señalarse que el caudal medio anual del río Cachapoal en Puente Termas es de 81,9 m3/seg y el del río Tinguiririca bajo Briones es de 45,1 m3/seg. Estos ríos controlan la mayor parte de los recursos de agua de esta zona (88%). El régimen de ellos es fundamentalmente nival, siendo los caudales medios para la sección de Cachapoal en Puente Termas de unos 118 m3/seg en verano y 45,6 m3/seg en invierno. 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 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%, el caudal medio controlado en Cachapoal en Puente Termas fue de 50,0 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.

- Zona Baja Cuenca del Río Rapel.-

Es la comprendida entre la desembocadura de los ríos Cachapoal y Tinguiririca en el embalse Rapel y el mar, incluye la cuenca de los esteros Las Cadenas y Alhué y la hoya local propia del embalse Rapel.

Los caudales que aporta esta zona se obtienen por diferencia entre los afluentes totales al embalse Rapel y los caudales provenientes de la zona intermedia a través de los ríos Cachapoal y Tinguiririca y los aportes efectivamente recibidos a través del canal Teno-Chimbarongo. Para los fines de este estudio se analizaron en detalle las estadísticas provenientes de los siguientes controles:

- Afluentes al Embalse Rapel (EARAP)
- Cachapoal en Puente Arqueado
- Tinguiririca en Los Olmos.

Los afluentes al embalse Rapel se estudiaron en base a las estadísticas: Rapel en Rapel, Rapel en Corneche, Rapel en Cardal y Rapel en Las Balsas y muy especialmente a la generación de la Central Rapel y aguas evacuadas por vertederos y compuertas de medio fondo desde el año 1968 en que se puso en servicio la central hidroeléctrica Rapel. La bondad y homogeneidad de la estadística obtenida desde el año 1941-1945 para estos afluentes, se analizó mediante curvas doble acumuladas con el Patrón de precipitaciones. Los resultados obtenidos se consideran bastante satisfactorios.

Las estadísticas observadas de Cachapoal en Puente Arqueado y Tinguiririca en Los Olmos se revisaron y ampliaron para el período común 1941-1975, en base a la de afluentes al embalse Rapel. Del análisis realizado se deduce que ambas estadísticas son bastante aceptables, observándose sí que los caudales del período de verano están fuertemente afectados por el uso de las aguas en riego en la hoya intermedia.

Los afluentes totales al embalse Rapel se caracterizan por tener un régimen fluvionival alternado, con crecidas que incluso son violentas en el período fluvial Abril-Septiembre. Durante el período Octubre-Marzo se tiene régimen nival con una onda de deshielo amortiguada por el uso consumo que se hace de las aguas de riego en la zona intermedia.

Los caudales medios anuales afluentes al embalse Ra

pel, para el período considerado, resultan ser de 165 m3/seg. En años muy secos, con 95% de probabilidad de excedencia, el caudal medio anual resulta ser de solo 50 m3/seg. En años muy húmedos, por ejemplo con 5% de probabilidad de excedencia, el caudal medio anual resulta ser del orden de 350 m3/seg.

Según ya se señaló la estadística de los aportes propios de la zona baja al embalse Rapel se obtuvieron como diferencia entre los afluentes totales al embalse y los aportes de la hoya intermedia a través de los ríos Cachapoal y Tinguiririca así como de los caudales recibidos a través del canal Teno-Chimbarongo. Cabe señalar en relación con esta estadística, incluída en el estudio respectivo, que los caudales de verano que en ella se indican, corresponden totalmente a recuperaciones del riego que se efectúa con aguas de los ríos Cachapoal y Tinguiririca en dicha zona baja. Es por esta razón que para el uso de esta estadística en el modelo de operación del sistema Rapel y dado que dicho modelo calcula y distribuye las recuperaciones provenientes del regadío, no deben incluirse dichos valores de verano porque en caso contrario se estaría efectuando una duplicación de valores.

- Zona Intermedia Cuenca del Río Rapel.-

Es la comprendida entre las primeras bocatomas de los canales a la salida de la zona cordillerana y el embal-

se Rapel, perteneciendo a ella la mayor parte de la zona cultivada y regada de la cuenca del río Rapel.

Para el estudio de los recursos hídricos de esta zona se han distinguido tres elementos:
- Caudales afluentes de la zona cordillerana.
- Caudales aportados por la zona intermedia.
- Caudales efluentes de esta zona hacia la zona baja.

El regimen hidrológico de la zona intermedia es netamente pluvial.

Los aportes propios de la zona intermedia se han obtenido en general por diferencia entre los efluentes y afluentes a esta zona. Solo se cuenta con controles de los caudales propios de esta zona en el estero Chimbarongo en las secciones de Quinta, Convento Viejo, Cabrería y Santa Cruz, de las cuales para los fines de este estudio se han analizado en detalle solo las dos primeras.

Los afluentes a la zona intermedia son los provenientes de las cuencas cordilleranas a los que ya se ha hecho referencia anteriormente. Los efluentes corresponden a los ríos Cachapoal y Tinguiririca en Puente Arqueado y antes Estero La Cadena respectivamente. Para Cachapoal en Puente Arqueado se cuenta con una buena estadística a la que ya se ha hecho referencia. Para el río Tinguiririca la esta

ción de control situada más aguas abajo es la de Los Olmos ya citada, a ella deben agregarse los aportes del estero Calleuque en junta con Tinguiririca a objeto de obtener los caudales del río Tinguiririca antes estero Cadenas.

El estero Calleuque se controla en la estación Los Cardos sólo desde el año 1967, por lo que fue necesario ampliar dicha estadística, utilizándose como base correlaciones mensuales con Chimbarongo en Quinta.

Los aportes, propios de la zona intermedia, determinados por diferencia según se señaló, corresponden, durante el período de invierno, al aporte pluvial directo caído en esta parte de la cuenca. El aporte pluvial de esta zona tiene lugar principalmente en los cinco primeros meses que van de Mayo a Septiembre, produciéndose un escurrimiento medio mensual durante dicho período de 90,4 m3/seg., siendo Julio el mes de mayores aportes con un caudal promedio de 137,4 m3/seg. Los aportes de la hoya intermedia se calcularon no solo para el período de invierno sino también para el de verano, obteniéndose para este último, valores negativos que, como es lógico, se deben al alto uso-consumo de las aguas cordilleranas que tiene lugar en el regadío de esta zona.

Para los siete meses del período Octubre-Abril inclusive, se obtuvo, con la metodología señalada, un caudal medio

mensual de 129,4 m3/seg que sería el representativo del uso consumo de las aguas durante el período de verano. Este último caudal es equivalente a un volumen anual de 2.300 millones de m3.

El estero Chimbarongo, por contar con controles fluviométricos y encontrarse en estudio el embalse Convento Viejo sobre él, se analizó además separadamente dentro de la zona intermedia. El régimen de este estero es netamente pluvial alterado, principalmente en la época de verano por aportes del río Tinguiririca, como por extracciones hacia cuencas vecinas, en especial la del río Calleuque. Las estadísticas aquí obtenidas para este estero no representan el régimen natural del río, sino que, por la razón señalada, el régimen alterado correspondiente a las condiciones hidrológicas actuales.

La homogeneidad de la estadística de Chimbarongo en Quinta se analizó mediante el método de las curvas doble acumuladas comparándolas con Tinguiririca bajo Los Briones, que es la que proporcionó las correlaciones más aceptables. La estadística observada en Quinta data del año 1960, habiéndose efectuado su ampliación para el período 1941-1960, en base a correlaciones del período pluvial, período de deshielo, estiaje y mensuales con Tinguiririca bajo Los Briones.

La estadística de Chimbarongo en Convento Viejo, con datos solamente a partir de 1968, fue ampliada en base a co

rrelaciones con Chimbarongo en Quinta que fue la que dió mejores resultados a pesar de haberse intentado también correlaciones con Tinguiririca bajo Los Briones y Claro en el Valle. Los caudales controlados por esta sección corresponden a los afluentes propios del embalse Convento Viejo, obteniéndose para ellos un caudal medio anual de 18,6 m3/seg., los valores más altos corresponden a los meses de Junio a Agosto con caudales medios mensuales de 26 a 28 m3/seg mientras que los mas bajos se presentan en los meses de Febrero a Mayo variando de 10 a 13 m3/seg.

- Previsiones de Deshielo.-

En esta cuenca no existen Rutas de Nieve con registro suficientemente largo para ser utilizado con la estimación de los caudales de deshielo. La única información disponible corresponde a la estación Laguna El Teniente, de Endesa, instalada hace cuatro años y a la que aún no ha sido posible probar su bondad. A objeto de efectuar previsiones de deshielo, se intentaron correlaciones con rutas de nieve de otras cuencas, tanto chilenas como argentinas, pero los resultados fueron totalmente insatisfactorios. Para esto se requiere contar con mayor información de la propia cuenca.

RESUMEN CAUDALES ANUALES Y MEDIOS MENSUALES PRINCIPALES ESTACIONES FLUVIOMETRICAS

(Período 1941-1975)(m3/seg)

E S T A C I O N	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Promedio
Cachapoal en Puente Termas	46.5	41.5	42.0	45.3	46.0	52.1	77.1	118.0	163.0	152.0	117.0	80.3	81.9
Cachapoal antes Junta Cortaderal	13.1	11.6	10.6	11.2	10.5	12.1	20.5	35.9	50.2	47.3	35.5	24.3	23.6
Cortaderal antes Junta Cachapoal	16.1	12.5	9.9	8.4	8.3	9.6	14.1	23.1	39.0	48.0	38.3	26.3	21.1
Claro en Campamento	0.8	3.6	7.8	7.8	9.2	8.9	6.4	5.6	3.6	1.7	0.8	0.3	4.7
Afluentes Embalse Collicura	34.7	29.4	27.1	27.6	27.2	31.1	47.9	77.1	112.0	112.0	86.8	59.7	56.1
Tinguiririca bajo Los Briones	22.9	24.6	25.9	28.3	30.1	33.5	45.7	69.9	85.2	79.5	60.3	38.4	45.1
Tinguiririca bajo Junta Azufre	16.7	15.6	14.3	14.8	16.9	19.7	31.2	55.6	75.4	68.5	51.3	31.9	34.3
Claro en el Valle	2,2	6.4	12.5	13.3	14.3	15.1	17.1	18.2	10.9	4.7	2.3	1.3	9.9
Afluentes Embalses Tinguiririca	18.4	17.2	17.7	19.3	18.7	23.8	34.3	58.9	76.3	71.3	54.0	34.4	37.0
Claro en Hda.Las Nieves	2.5	4.2	5.5	6.1	6.8	6.9	8.6	11.6	11.9	8.8	5.8	3.4	6.9
Afluentes embalse Los Cristales	0.84	1.41	1.85	2.04	2.28	2.31	2.88	3.89	3.99	2.96	1.94	1.14	2.29
E.Antivero antes Bocatoma Riego	1.84	3.04	3.96	4.44	4.91	4.94	6.25	8.40	8.60	6.37	4.20	2.43	5.00

(Continuación Resumen Caudales Anuales y Medios Mensuales Principales Estaciones Fluviométricas).

E S T A C I O N	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Promedio
Afluentes Embalse Rapel	73.2	158	295	328	309	187	98.1	127	157	122	68.2	53.7	165
Cachapoal en Puente Arqueado	44.0	89.3	144	157	151	95.5	42.5	69.5	96.4	79.3	40.1	30.7	86.6
Tinguiririca en Los Olmos	12.4	44.7	87.2	95.0	92.0	57.2	21.8	29.3	35.1	23.2	9.4	6.9	42.9
Calleuque en Los Cardos	4.7	8.5	17.5	17.8	14.6	6.3	5.7	5.2	5.4	2.5	1.7	1.7	7.7
Chimbarongo en Quinta	4.0	6.1	16.1	17.0	18.5	9.2	10.2	11.2	11.9	7.2	5.0	4.6	10.2
Chimbarongo en Convento Viejo	10.3	12.3	28.3	26.7	26.0	14.5	18.5	20.3	23.9	20.0	13.1	13.2	18.6
Caudales Afluentes a Zona Intermedia	87.2	92.9	126	132	138	136	181	253	307	269	203	139	172
Caudales Efluentes de la Zona Intermedia	61.3	142.6	248.8	269.4	258.2	158.2	70.2	104.0	137.0	105.1	51.4	39.4	137.1
Zona Intermedia	-25.9	49.7	122.8	137.4	120.0	22.2	-111	-149	-170	-164	-152	-99	-34.9

2.1.4.- Lagunas Naturales.-

Se investigó la existencia de lagunas naturales que pudiera ser factible aprovechar, aún cuando para ello fuera necesario peraltarlas, utilizando su volumen de agua acumulado a objeto de reducir los efectos de la sequía. El llenado de estas lagunas podría, en todo caso, requerir de varios años antes de poder ser nuevamente utilizadas.

Se analizaron las condiciones en que se encuentran las principales lagunas cordilleranas de la cuenca que son las siguientes:

- Sub-Hoya del río Cachapoal:
  Embalse Barahona, Laguna Pejerreyes, Laguna Cauquenes.

- Sub-Hoya río Cipreses:
  Laguna Piuquenes

- Sub-Hoya río Las Leñas:
  Laguna del Yeso, Laguna Quebrada Las Flores

- Sub-Hoya río Claro:
  Laguna Negra, Laguna Los Cristales(Embalse construído por la Dirección de Riego).

- Sub-Hoya río Tinguiririca:
  No existen lagunas naturales de interés en esta sub-hoya.

En general todas estas lagunas son de pequeña capacidad por lo que no presentan interés desde el punto de vista del aprovechamiento de su volumen almacenado. Como caso especial puede mencionarse la Laguna de Cauquenes cuyo volumen, aún cuando de cierto interés, se encuentra contaminado por cuanto es utilizada en la actualidad como tranque de relaves de la mina El Teniente.

2.1.5.- Aguas Subterráneas.-

Para los fines de este estudio 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.

Fue posible calcular 54 valores de transmisibilidades, obtenidos de pruebas de bombeo a caudal constante, los que varían de 1 a 10.000 m^2/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.

Aún cuando se contó con 6 pruebas de bombeo que permitían calcular el coeficiente de almacenamiento se obtuvieron

valores que no permiten obtener conclusiones. En todo caso ellos se estiman entre 2 y 15 por ciento según las condiciones de cada zona.

En base a los antecedentes existentes se adoptó el mes de Marzo de 1971 para dibujar los planos de isofreáticas relativo 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 existiendo además 59.000 hás de suelo con niveles freáticos inferiores a 2 mts. 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.

Con los antecedentes existentes y ante la falta de aforos y pruebas de infiltración, no es posible, por el momento individualizar los factores de recarga de los acuíferos ni la proporcionalidad entre ellos. Según limnigramas de pozos 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, provenientes 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. De acuerdo con los antecedentes disponibles ha sido posible calcular caudales pasantes, para los escurrimientos subterráneos, de 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 de la primera sección del río Cachapoal se producen hacia el río Claro de Rengo. Para Marzo de 1971 se calculó un caudal de 1,21 m3/seg para esta descarga.

- 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 los afluentes del Tinguiririca, las recargas y descargas se producen como situaciones locales sin influir en zonas relativamente vecinas, debido a las bajas permeabilidades existentes.

En los 299 pozos catastrados, existe una capacidad potencial de extracción de 9,36 m3/seg., siendo los pozos de mayor capacidad los de regadío (3,89 m3/seg), aún cuando los de uso urbano son más numerosos.

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.

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 uso industrial el 7.6%.

En general la explotación actual, por sectores, no presenta valores significativos si se compara con los

caudales pasantes subterráneamente y con los volúmenes almacenados y capacidad de recarga. Una excepción a esta conclusión, es el valle del Alhué donde mayores explotaciones deberán programarse con acuciosos estudios previos.

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.

Las zonas propuestas, que se han considerado de mayor interés para la explotación de los recursos subterráneos, tanto con fines de uso urbano como de regadío, son las siguientes:

- Zona de Rancagua. Se proponen obras para abastecer 1.260 lts/s, caudal necesario previsto a extraer desde pozos para agua potable, al año 2005. Todo esto desde diversos recintos alrededor de Rancagua.

- Zona Rosario-Río Claro. Siguiendo el camino de Rosario hacia el poniente, se propone una batería de pozos que podría entregar un caudal de 1.000 lts/seg.

- Zona del Zamorano. Los pozos se ubican inmediatamente al poniente del camino entre San Vicente de Tagua-Tagua a La Laguna, en dirección N-S. Ellos extraerían un total de 500 lts/seg.

- Zona de Chimbarongo. El área de perforación sería inmediatamente al sur del camino Chimbarongo-Romeral. Se extraerían 500 lts/seg.

- Zona Chépica-Santa Cruz. Dentro del valle del Chimbarongo se propone una extracción de 480 lts/seg.

- Zona Peralillo-El Huique. En esta zona sólo bastaría con bombear las instalaciones existentes, cuya capacidad instalada alcanza a 800 lts/seg.

Las cinco últimas zonas indicadas, se proponen con fines de regadío.

2.1.6.- Análisis de 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 sel sub-suelo.

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.

Se efectuó un detallado análisis de este fenómeno a objeto de permitir una evaluación de la ubicación y cantidad en que se producen las recuperaciones del regadío en la hoya del río Rapel.

Con este objeto, además de hacer referencia a las características generales que presentan el fenómeno de las

recuperaciones de un río, se presentó 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 propuso una forma simplificada de análisis, fundamentada tanto en la teoría general que se expuso como en la experiencia de esta Oficina obtenida a través de la ejecución de estudios similares en otras cuencas del país.

Se detalló en ese 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 obtiene a través de la operación de dicho modelo.

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, estos quedan como recursos de agua disponibles para los sectores de más aguas abajo. Se incluyó 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.

La idea básica para la evaluación de las recuperaciones provenientes del regadío, radica en la determinación de la denominada "Tasa Efectiva" de riego, que es el volumen de agua que aplicado a los terrenos de riego por unidad de superficie, a nivel de bocatoma de canales no produciría recuperaciones. Representa de esta forma el consumo neto de agua o pérdida total por hectárea de superficie de riego. Las recuperaciones provenientes del regadío quedan dadas como una diferencia entre la tasa bruta o total de riego a nivel de bocatoma de canales y dicha tasa efectiva.

El conocimiento físico de la hoya permite determinar los puntos en que se recogen dichas recuperaciones a través de la ubicación de los principales cauces de desagüe y drenaje y de las áreas aportantes a ellos.

La determinación de la tasa efectiva para una hoya debe basarse de preferencia, según se indicó en corridas de

aforo de cauces naturales y canales. A falta de ellos para la hoya del río Rapel, se presentaron en el informe respectivo valores obtenidos por nuestra Oficina para otras hoyas de la Zona Central de Chile, a saber los de los ríos Aconcagua, Maipo y Maule, en las que sí se contó con antecedentes de aforos. Los valores obtenidos para dichas zonas fueron en general del orden de 11.000 m3/há/año para condiciones de cultivos relativamente intensivos.

Para la hoya del río Rapel y gracias a los abundantes controles fluviométricos disponibles en estaciones de medida, fue posible evaluar los montos medios anuales del uso-consumo de la cuenca para el período 1941-1975, valor que dividido por la superficie de riego permite obtener una buena estimación de la tasa efectiva (ver informe "Operación del Sistema Rapel, Situación Actual"). Se determinó una tasa efectiva para la cuenca correspondiente al uso de los suelos de 9.000 m3/há/año. Según se detalló en el informe referido, ésta tasa está fuertemente afectada por el hecho de que alrededor de un 40% de los suelos están destinados en la actualidad a pastos naturales y cereales, cuyo uso-consumo de agua es menor que el de otros cultivos más intensivos. En el citado informe se efectuaron las correcciones del caso debido a este hecho determinándose que la tasa efectiva para cultivos más intensivos, situación futura de esta hoya, sería del orden de 11.000 m3/há/año, valor similar a lo obtenido en nuestros estudios para otras zo

nas del país.

En el capítulo respectivo del album de mapas se indican, los sectores en que se ha subdividido la hoya del río Rapel para los fines del estudio de recuperaciones y el cálculo de ellos, mediante el modelo de simulación. El modelo calcula las recuperaciones provenientes de cada sector y utiliza dichos caudales en el regadío de los sectores situados más hacia aguas abajo. La evaluación de las recuperaciones internas de cada sector que pueden ser utilizadas en el regadío del propio sector, se efectúa en base al conocimiento de las superficies de riego indirecto de cada sector, señaladas también en dicho plano, calculándose tasas de riego equivalentes en bocatoma de canales, relativas a la superficie total de cada sector y suficientes para el abastecimiento tanto de las áreas de riego directo, como indirecto de cada uno de ellos.

Además, de toda la metodología expuesta en el trabajo respectivo para la determinación de recuperaciones de riego, cabe insistir en que ellas constituyen una diferencia entre tasas reales y efectivas de riego y no un porcentaje de los volúmenes de agua aplicados a los terrenos como se ha propuesto en otros trabajos anteriormente en nuestro país.

2.1.7.- Calidad de las Aguas:

Para los fines del presente estudio y a objeto de permitir una visión general sobre la aptitud de uso de las aguas en las diferentes cuencas y sub-cuencas de la hoya, se ha efectuado una completa recopilación de toda la información existente referente a análisis de calidad química, física y sanitaria de las aguas. La información es en realidad abundante aún cuando se deja de desear un muestreo más sistemático y periódico en los mismos puntos de control dado que una buena parte de los antecedentes disponibles corresponden a análisis aislados y eventuales de las aguas a lo largo de su recorrido. La información disponible ha sido obtenida de los análisis efectuados por: Servicio de Agua Potable y Alcantarillado, Dirección de Obras Sanitarias, Dirección General de Aguas, Corporación de Fomento, Departamento de Recursos Hidráulicos.

De la revisión de todos los antecedentes disponibles se han deducido las siguientes consideraciones generales:

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 Chimba-

rongo. 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 descienden 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 riego 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 (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.

2.1.8.- Recursos Totales de Agua.-

Los recursos de agua con que se cuenta en una hoya como la del río Rapel, que interesa en este caso, provie

nen 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.

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; se han considerado diferentes grados de tecnificación en el uso de las aguas en regadío.

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 antes indicado en este estudio 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.

2.2.- Demandas de Agua.-

Los principales consumos de agua en la hoya corresponden a los usos de agua potable, industrias, minería, hidroelectricidad y muy principalmente al regadío. Todos estos usos, con la sola excepción de la hidroelectricidad, se consideran consuntivos, es decir, no solo realmente consumen parte del agua disminuyendo la disponibilidad hídrica del sistema, sino que también producen una fuerte degradación del recurso principalmente por la contaminación de sus efluentes.

El uso hidroeléctrico del agua no se considera consuntivo aún cuando degrada la cota del recurso. En las condiciones actuales se utiliza un volumen anual de agua del orden de $4.600 \times 10^6 m3$, en cinco centrales hidroeléctricas situadas en serie hidráulica (Pangal, Coya, Sauzal, Sauzalito y Rapel).

De los usos consuntivos el correspondiente a regadío es el más importante en lo que a volumen de agua se refiere (más del 96% del consumo total). Actualmente en agua potable se utilizan del orden de $31 \times 10^6 m3$ al año; en industria $2,0 \times 10^6 m3$ y en minería $49 \times 10^6 m3$.

La principal fuente de abastecimiento para los usos de agua potable e industrias es el agua subterránea, mientras que la minería y el regadío utilizan principalmente recursos de agua superficiales.

2.2.1.- Población Urbana y Rural.-

Básicamente las fuentes de información para el estudio fueron los censos tanto de la Población y la Vivienda como el Agropecuario último.

Para la ejecución de este trabajo se tuvieron en cuenta las últimas informaciones correspondientes al XIV Censo de Población y III de Vivienda, ambos de 1970. También se tuvieron en cuenta naturalmente los datos de Censos anteriores así como el IV Censo Nacional Agropecuario del año 1964/65.

En cuanto a proyecciones de población se tuvo como información básica el estudio sobre Población Urbana de la 6a. Región para el período comprendido entre 1975 y 2005 de CELADE, como también el estudio sobre localidades urbanas de Chile de la Dirección Nacional de Obras Sanitarias, 1976.

La hoya hidrográfica del río Rapel contiene la mayor parte de las provincias de O'Higgins y Colchagua, más pequeñas superficies de Santiago y Curicó. A lo que más se asemeja el área de la hoya es al área de la VI Región diferenciándose principalmente por las áreas costeras que tie-

nen su fisonomía peculiar y un aporte - que se le resta al área de la hoya - de recursos provenientes del mar.

Por lo dicho, el estudio conduce a características poblacionales diferentes a las unidades geográficas oficiales y requirió una elaboración particular de todos los antecedentes.

Las siguientes cifras y relaciones muestran el cuadro poblacional de la hoya en 1970:

- Población total 448.608 habitantes, el 4,79% de la población nacional.

- La composición urbano-rural, incluyendo las aldeas en lo urbano, era la siguiente: 50,3% urbano - 49,7% rural.

- Una mayor descomposición de las cifras da las siguientes relaciones:

En ciudades y pueblos de más de 1.000 habitantes	47,1%
En centros urbanos menores	3,2%
Población rural o dispersa	49,7%

- Del total de la población de la hoya, los aportes provinciales son:

O'Higgins	293.867 hab.	65,5%
Colchagua	141.200 "	31,5%
Santiago	9.033 "	2%
Curicó	4.508 "	1%

- Es de interés consignar que el aporte conjunto de O'Higgins y Colchagua, 435.067 habitantes excluye la siguiente población de las provincias que están fuera de la hoya.

  Población excluída de O'Higgins 12.574 hab. (4,1% de la Prov.)

  Población excluída de Colchagua 27.316 hab. (16% de la Prov.)

  Se advierte que la zona costera de Colchagua situada fuera de la hoya es importante.

- La Provincia de Santiago tiene su aporte de 9.033 hab. (2% de la Hoya)

  El aporte se compone de población dispersa 7.466 hab. y 1.573 habitantes en aldeas.

- Curicó tiene su aporte de 4.508 habitantes. (1% de la Hoya).

  Aporte de pura población dispersa.

- Aparte del carácter rural de los pequeños aportes de Santiego y Curicó, ya indicados, se destaca:

- El aporte urbano de O'Higgins en ciudades y pueblos mayores de 1.000 habitantes, es de 159.166 habitantes, el 54,2% del aporte total de esa provincia.
- El aporte rural de Colchagua, en los mismos términos (incluyendo las aldeas) es de 88.977 habitantes, 63,0% de la provincia.

Se advierte pues, nítidamente, el carácter de los aportes.

Tomando como antecedente la evolución de la población de la parte de las provincias de O'Higgins y Colchagua incluídas en la hoya, se ha pasado de 1960 a 1970 de un núcleo predominantemente rural a uno predominantemente urbano.

La población rural de O'Higgins-Colchagua incluída en la hoya en 1960 : 201.226 habitantes, 52,9%.

La población urbana O'Higgins-Colchagua incluída en la hoya en 1970 : 224.269 habitantes, 51,6%.

El cambio de situación se atenúa con el aporte de Santiago y Curicó eminentemente rurales.

Llamando comunas-ciudades aquellas cuya población urbana es el 65% o más de la población de la Comuna hay en la hoya cinco comunas-ciudades:

En O'Higgins son 4, con 92% a 65% de población urbana: Rancagua, Machalí, Graneros y Doñihue. En Colchagua hay una, San Fernando con el 68% de población urbana.

En la hoya hay mayor porcentaje de hombres: O'Higgins 51,0% de hombres; Colchagua 50,5% de hombres. Sin embargo, en las ciudades se acentúa el porcentaje de mujeres. Es así como en las ciudades de O'Higgins hay 50,9% de mujeres y en las ciudades de Colchagua: hay 52% de mujeres. Es evidente la migración de mujeres a la ciudad.

De la información sobre edades agrupadas en tres categorías, la primera en la etapa de formación, la segunda en el período de trabajo y la tercera, los mayores de 65 años, se destacan las siguientes características:

- Hay más jóvenes en el campo: 76.721 habitantes, 51% en el total de 150.306 jóvenes de la hoya.

- Hay más población en las ciudades en el período de trabajo: 141.144 habitantes, 51,2% en el total de 275.520 de la hoya.

- Un tercio de la población (33,5% exactamente) es joven y un 5,1% está sobre los 65 años.

- En cuanto a porcentajes en cada provincia, el de la población joven es mayor en Colchagua (34,6% vs. 32,9%) y el de la población en período de trabajo es mayor en O'Higgins (62,3% vs. 59,9%).

Asisten a instituciones educacionales 119.703 habitantes, un 26,7% del total de la población. El nivel nacional es del orden de un 30%. Del total anterior un 86,57% sigue enseñanza básica, un 10,69 enseñanza media y el 2,74% restante especializada o universitaria. El analfabetismo es alto, salvo en Machalí 9,4% y Rancagua 9,7%. Le sigue San Fernando 14,8% y el resto de las comunas entre el 15,6% y el 27,8% con el máximo en Alhué de 38,4%. Promedio de la hcya 17,6%.

De la llamada "población activa" estaba realmente ocupada el día del último censo un 93,6% de la población de O'Higgins y un 94% de la de Colchagua. La actividad más importante, muy lejos era la agricultura con el 39,7% de la población activa. Agrupando el resto de las categorías se pueden considerar artesanos, operarios y trabajadores diversos en un 33,8%. Es importante la cifra de profesionales, técnicos y afines: 4,7%.

Los directivos, administrativos diversos y vendedores, en conjunto: 12,7%. Trabajadores no declarados: 6,1%.

En el censo de 1970, se registraron los siguientes porcentajes totales de migrantes, excluyéndose los movimientos dentro de la provincia. En O'Higgins 8,8%; en Colchagua 5,2%. En las pequeñas áreas de provincias vecinas: Santiago, 1,85% y Curicó 4,39%.

Más importante es el movimiento campo a ciudad ya señalado y es interesante, como se constata en el estudio, que se refiere a población activa no agrícola, la que se traslada.

Se destacan de los antecedentes del estudio la densidad total y la densidad de población activa agrícola:
Densidades totales: O'Higgins 0,45 habitantes por hectárea; Colchagua 0,22 Hab/Há. (Expresión de la importancia de la población urbana).
Densidad de población activa agrícola por cada 100 Há. agrícolas: O'Higgins 13,4 habitantes; Colchagua 4,6 habitantes, (expresión de la intensidad de la agricultura, regadíos, etc.).

- Las proyecciones de las poblaciones totales de la hoya en los años 1980-1990-2000 respectivamente, son las siguientes:

Población urbana. Dato de 1970: 225.842; 1980: 295,247; 1990: 368.600; 2000: 451.193.
Población rural. Dato de 1970: 222.766; 1980: 225.597; 1990: 230.160; 2000: 227.036.

Cabe observar que la población rural es casi estacionaria.

En cuanto a la población urbana cabe señalar lo siguiente:

- Rancagua, en 1970: 86.957, alrededor del 30% de la población urbana. En el año 2005: 232.713.
  Crecimiento en 30 años (1975-2005) de la población urbana: 1,88.

- 15 ciudades de la provincia de O'Higgins (incluyendo Rancagua), crecen más que 1,88 veces en 30 años con población proyectada total de 347.015 habitantes.

- 16 ciudades de la provincia de Colchagua (incluyendo San Fernando) crecen en 30 años entre 1,029 y 1,74 (San Fernando) con un total proyectado de 122.752 habitantes.

- 22 ciudades y aldeas quedarán estacionarias con una población de 28.000 habitantes.

2.2.2.- Demanda de Agua Diferente de Riego.-

Para los fines de este trabajo se ha considerado bajo este nombre a todo el conjunto de necesidades de agua de la hoya con la sola excepción de las requeridas para regadío que se tratan separadamente en otro capítulo. Estas demandas están constituídas por: agua potable, necesidades de agua para la industria y minería, uso en generación hidroeléctrica y utilización del agua con fines de recreación.

Para el análisis de las necesidades actuales y futuras de agua potable se contó con la información básica proporcionada tanto por los servicios de agua potable locales, como con el Plan Nacional de Agua Potable y Alcantarillado del SENDOS.

Para la estimación de la utilización del agua por industrias se contó con escasa información directa por cuanto no existen censos o encuestas relativamente recientes que hayan investigado este tipo de consumos. Como información básica se utilizó el estudio de CEPAL "Recursos de Agua de Chile" de 1969, el censo de 1974 sobre "Industrias Manufactureras de la VI Región" y el Catastro de Pozos Profundos para esta Hoya, de CORFO.

En lo que se refiere a usos mineros del agua, se contó con información básica proporcionada por la Empresa Minera El Teniente, así como de otras publicaciones existentes tanto del INE como de ODEPLAN.

La información sobre uso hidroeléctrico del agua en esta hoya fue proporcionada en su mayoría por ENDESA.

Finalmente en lo que se refiere a los posibles usos del agua con fines de recreación, se dió especial consideración a las metas de desarrollo turístico futuro de la región, formuladas por ODEPLAN.

Durante el presente estudio se efectuó un completa revisión de la información básica obtenida sobre uso actual y necesidades de agua potable. Los antecedentes obtenidos en relación por ejemplo con consumos de agua por habitante, relaciones entre consumos medios y máximos, capacidades de regulación en relación con volúmenes de consumo, pérdidas en redes, características de tratamientos, etc.se verificaron en base a comparación tanto con patrones nacionales como internacionales. Esto fue de utilidad tanto para verificar la presencia de errores en la información básica existente, como para tener en cuenta modificaciones y mejoramientos requeridos en el sistema futuro. En los casos de discrepancias significativas con los patrones mencionados se

analizaron los datos secundarios e incluso se visitaron los servicios, efectuándose las correcciones del caso a la información antes referida. Las proyecciones de población efectuadas durante este trabajo fueron utilizadas para las estimaciones de las demandas futuras de agua potable.

En el caso de la industria se usó la información de diversas fuentes, verificándolas entre sí, llegándose a resultados aproximados cuyos errores posibles, por la menor cuantía de este uso del agua, tiene una importancia menor.

La información obtenida para el uso minero del agua, por parte de la Empresa El Teniente, así como la obtenida de Endesa para el uso hidroeléctrico del agua, se consideran muy fidedignas y representativas de estos usos por lo que sólo fue necesario su adecuación con fines de presentación en este trabajo.

Es importante tener en cuenta que algunos de los usos referidos en este capítulo constituyen usos consuntivos del agua y otros no. Ejemplos clásicos de los usos consuntivos están representados por los consumos de agua en agua potable, industria y minería. Estos tipos de usos no sólo realmente consumen parte del agua disminuyendo la dis

ponibilidad hídrica del sistema, sino que también producen una fuerte degradación del recurso principalmente por la contaminación de sus efluentes. El uso de agua en hidroeléctricidad no se considera normalmente como un uso consuntivo aunque sí produce una degradación en cota del agua utilizada. Esta diferenciación entre usos consuntivos y no consuntivos debe tenerse presente al totalizar demandas de aguas correspondientes a diferentes tipos de usos.

En lo que se refiere a los usos consuntivos del agua, los volúmenes anuales de agua, correspondientes a cada tipo de uso, tanto los aprovechados en la actualidad como los que se prevee serán utilizados en el futuro(año 2005), son los siguientes:

TIPO DE USO	VOLUMEN EN MILLONES m3/año ACTUAL	FUTURO
Agua Potable	30,814	69,887
Industria	1,985	4,010
Minería	49,337	59,196
T O T A L	82,136	133,093

En relación con la utilización de agua para hidroeléctricidad, los volúmenes anuales utilizados actualmente son los siguientes:

CENTRALES	MILLONES m^3
Pangal	155
Coya	763
Sauzal	1.447
Sauzalito	1.023
Rapel	4.617

En estricto rigor estos valores no son sumables entre sí por cuanto su utilización se realiza en una cadena de centrales hidroeléctricas situadas en serie hidráulica en la que los mismos recursos de agua son aprovechados varias veces.

Para el futuro, continuarán operando las mismas centrales hidroeléctricas pudiendo eso sí presentarse diferencias en los volúmenes utilizados por cada una debido al nuevo sistema que se propone para el aprovechamiento de los recursos hídricos de la hoya. Además de las centrales anteriores y de acuerdo con estudios preliminares de ENDESA, podrían construírse nuevas centrales que aprocharían un volumen anual de agua del orden del 50% del volumen utilizado actualmente, todas ellas situadas en la cordillera antes de las primeras tomas de los canales de riego.

Es además interesante destacar, en lo que se re

fiere al uso futuro, año 2005, en agua potable que la fuente principal de abastecimiento prevista serían, fundamentalmente captaciones de agua subterránea por pozos.

La única excepción a esto podría estar constituída parcialmente por la ciudad de Rancagua, que podría utilizar recursos superficiales del río Cachapoal, requiriéndose eso sí, en este caso, la construcción de plantas de tratamiento. El principal consumo de agua potable de la hoya corresponde a la ciudad de Rancagua para la que se prevee en el futuro un consumo máximo de 1,6 m3/seg. El resto de las ciudades y pueblos de la hoya tendrá un consumo total máximo de 1,57 m3/seg., estimándose para la población dispersa un consumo máximo de 0,18 m3/seg. El caudal medio anual que representarán estos consumos puede estimarse en un 66,6% de los consumos máximos señalados.

Debe tenerse en cuenta que una parte de la industria se abastece de las mismas redes de agua potable, estimándose que para el futuro el caudal medio anual que será utilizado en ella y proveniente de fuentes propias, principalmente captaciones subterráneas, será del orden de 0,12 m3/seg.

El consumo medio diario previsible para el fu

turo en la minería, es del orden de 1,87 m3/seg. el que sería captado principalmente en la parte alta del río Cachapoal.

2.2.3.- Uso Actual de Agua en Riego.-

En la hoya del río Rapel existen cerca de 175 canales de regadío con derechos establecidos que captan sus aguas en los principales cauces naturales de la hoya. Ellos son los ríos Cachapoal, Claro de Rengo, Estero Zamorano, río Tinguiririca y los esteros Chimbarongo y Las Toscas. Ver figuras en album de mapas.

En este estudio se analizaron las relaciones entre las superficies regadas por los canales y sus respectivos derechos de agua.

También se calcularon las disponibilidades de agua por hectárea a nivel de bocatoma, que tienen actualmente los canales de regadío.

Estos últimos cálculos se realizaron en las primeras secciones de los ríos Cachapoal y Claro de Rengo, tercera sección del río Cachapoal, río Tinguiririca y estero Chimbarongo. En el resto de los cauces naturales no se tenían antecedentes disponibles. Este análisis se realizó para dos años históricos, cercanos al 50% y 85% de probabilidad hidrológica.

Los resultados obtenidos permiten proponer mejoramientos en la distribución de los derechos de aguas y definir áreas bien o mal dotadas.

Los 175 canales de esta hoya se distribuyen en la siguiente forma: 40 en el río Cachapoal, 37 en el río Claro de Rengo, 11 en el Estero Zamorano, 58 en el río Tinguiririca, 18 en el Estero Chimbarongo y 11 en el Estero Las Toscas.

Las superficies regadas directamente por cada canal varían entre 12,5 hás que corresponde al canal Las Parcelas de la ribera sur del río Tinguiririca y 10.000,0 hás, regadas por el canal Cocalán de la ribera norte de la tercera sección del río Cachapoal.

Las superficies bajo canal servidas directamente por los diferentes cauces principales de la hoya son las siguientes:

Río Cachapoal. Primera Sección	= 56.870	hás
Río Cachapoal. Segunda Sección	= 13.428	"
Río Cachapoal. Tercera Sección	= 34.118	"
Río Claro de Rengo. Primera Sección	= 7.075	"
Río Claro de Rengo. Segunda Sección	= 5.398	"
Estero Zamorano. Primera Sección	= 2.698	"
Estero Zamorano. Segunda Sección	= 9.050	"
Río Tinguiririca. Primera Sección	= 40.253	"
Estero Chimbarongo	= 33.625	"
	202.515	"

Para obtener la superficie total bajo canal de la hoya del río Rapel, hay que agregar la superficie regada indirectamente con recuperaciones del sistema de riego, un total de 50.853 hás.

Además habría que sumar las áreas regadas por el estero Antivero, río Claro de Tinguiririca, segunda sección del río Tinguiririca, las zonas regadas por algunos tranques pequeños existentes en la hoya y por último las áreas regadas por canales menores que no tienen derechos establecidos. Todas estas superficies totalizan un valor de aproximadamente 20.000 Hás.

La mayor parte de las secciones de los cauces principales de la hoya del río Rapel tienen Juntas de Vigilancia. Ellas no existen generalmente donde no se presenta el problema de escasez del agua de riego.

Son muy pocas las organizaciones de regantes que llevan un control periódico de los caudales captados por los canales de regadío.

En la primera sección del río Cachapoal no habría problemas de agua, según los valores obtenidos para las disponibilidades de agua en los canales, con un promedio de aproximadamente 25.000 m3/ha.año. Sin embargo habría que corregir los derechos de los canales Compañía y Mal Paso que tienen valores de 12.000 y 13.000 m3/há.año respectivamente, que son muy bajas en relación al resto de los canales de esta sección.

Habría que hacer una redistribución de los derechos, porque el agua es abundante en esta sección del

río Cachapoal y algunos canales se encuentran sobredotados.

En la ribera sur de la segunda sección del río Cachapoal no se analizaron las disponibilidades de agua, pero si se puede concluir que existen grandes diferencias en la relación superficie/derecho por lo que también habría que hacer una redistribución de los derechos, en esta zona.

En la tercera sección del río Cachapoal se tienen disponibilidades del orden de 25.000 m3/há.año en varios canales. Sólo habría que corregir la de los canales Cocalán y Villelano de 13.000 m3/há.año.

Según los resultados obtenidos, los recursos hidráulicos de la primera sección del río Claro de Rengo son bajos. Cabe señalar que esta información es válida para antes de la construcción del embalse Los Cristales y el proyecto de regadío de la Dirección de Riego.

En el Estero Zamorano, la repartición de las aguas es bastante uniforme, de acuerdo a las relaciones superficie/derecho de sus canales.

En el estero Chimbarongo se obtuvo un gran rango de valores de disponibilidades de agua, desde 3.000 m3/ha.año hasta 32.000 m3/hás.año. Por lo tanto, se ve clara la necesidad de una redistribución de los derechos.

Una situación análoga se presenta en el río Tinguiririca, por lo que también sería necesario uniformar la repartición de las aguas.

2.2.4.- Demandas de Riego.-

En el presente informe se calcularon las demandas totales de agua para cada uno de los sectores en que se ha sub-dividido el área de riego de la hoya del río Rapel. Se evaluaron, en primer lugar, las tasas de riego a nivel predial para posteriormente y dadas las superficies de riego de cada sector, determinar las demandas totales de agua en bocatomas de canales teniendo en consideración tanto las pérdidas en la conducción como el reuso de aguas que se produce en cada sector por efecto de las recuperaciones del riego.

El cálculo de tasas de riego se ha realizado para cada uno de los 12 sectores definidos por AIESA. Esta tasa ha sido determinada a nivel predial.

No existen en el área antecedentes experimentales de uso consumo que permitan definir con exactitud los requerimientos hídricos de los cultivos que se riegan en la actualidad o que se regarán en el futuro. Por esto se recurrió a fórmulas empíricas, las cuales, conjun

tamente con información experimental desarrollada en Santiago (Estación Experimental La Platina, del Instituto de Investigaciones Agropecuarias), han permitido estimar los valores a utilizar en el presente trabajo.

Para los efectos de la estimación de eficiencias se han definido cuatro niveles, dada la necesaria variación en el tiempo de las condiciones de regulación y de tecnificación del regadío.

Por último, con respecto a la distribución de cultivos dentro de cada sector, se ha considerado la situación actual de uso de la tierra y una situación futura recomendada.

A las tasas de riego a nivel predial se han agregado pérdidas en la conducción, estimadas en un 10%. Además, para cada sector se han tenido en cuenta las condiciones bajo las cuales se produce el reuso interno de las aguas provenientes de recuperaciones; es así como se han calculado las denominadas tasas brutas de riego en bocatoma de canales para cada sector las que no tienen en cuenta el reuso de las aguas dentro del propio sector; se han calculado además, las denominadas tasas equivalentes de riego en bocatoma de canales para cada sector las que sí tienen en cuenta el reuso de las aguas provenientes de recu-

peraciones dentro del propio sector. La determinación de las tasas equivalentes se ha efectuado de acuerdo con la metodología expuesta en el capítulo "Análisis de Recuperaciones. Hoya Río Rapel".

De acuerdo con las tasas equivalentes y las superficies de riego de cada sector, se presentan finalmente las demandas totales anuales de agua de cada sector para dos condiciones, una asimilable a lo que podría considerarse como las demandas actuales de la hoya y otra asimilable a las condiciones futuras de acuerdo con el uso recomendado para el suelo.

En lo que se refiere específicamente a los consumos de evapotranspiración se han calculado para la hoya del río Rapel valores representativos para 12 cultivos, fundamentalmente a través de la aplicación de los métodos de Pruitt, Tosso y comparación con valores experimentales. Los valores obtenidos finalmente se presentan en el cuadro adjunto.

CONSUMOS DE EVAPOTRANSPIRACION HOYA RIO RAPEL

(Valores en mm)

CULTIVO	S	O	N	D	E	F	M	A	TOTAL
Trigo	24,3	61,4	135,3	80,6	-	-	-	-	301,6
Maíz	-	12,0	73,8	169,3	200,9	160,2	47,1	-	663,3
Maravilla	-	10,2	70,1	161,2	200,9	152,9	35,3	-	630,6
Frejol	-	-	39,4	119,3	187,5	101,9	-	-	448,1
Papas	-	-	45,0	135,0	212,0	159,0	20,0	-	571,0
Remolacha	13,5	23,9	67,7	145,1	184,1	171,8	129,6		735,7
Arroz		37,5	139,0	191,8	205,9	182,0	143,7		899,9
Hortalizas	-	8,9	54,1	137,0	192,5	145,6	47,1		585,2
Pradera Artificial	36,0	54,6	98,4	129,0	133,9	116,5	94,2	38,4	701,0
Frutales Hoja Caduca	18,0	30,7	73,8	137,0	167,4	145,6	82,5	28,8	683,8
Frutales Hoja Persistente	18,0	30,7	73,8	120,9	159,0	131,0	82,5	28,8	644,7
Viña	18,0	30,7	79,9	112,8	159,0	123,8	82,5	-	606,7

Para los cálculos de tasas de riego se consideraron los siguientes cuatro niveles de eficiencia: 0,3; 0,4; 0,5 y 0,6. El valor de 0,3 se considera representativo de las actuales condiciones imperantes en la hoya, estimándose un valor de 0,5 para las condiciones futuras que se obtendrían con la tecnificación del regadío propuesto. El valor de 0,6 correspondería a un nivel de tecnificación que se supone no se alcanzaría dentro de los plazos de previsión del presente proyecto.

La determinación de demanda de agua del proyecto Rapel en este estudio de prefactibilidad se ha realizado sobre la base de dos distribuciones de cultivos para el área: actual y futura recomendada. Los cultivos y superficies por hoya y proyecto total, para ambas situaciones, se presentan en los cuadros siguientes.

La tasa de riego predial unitario, calculada para los distintos cultivos considerados en la distribución actual y futura se muestra en un cuadro adjunto.

En base a los antecedentes presentados se determinaron las tasas medias de riego para cada sector, para condiciones tanto actuales como futuras. Para las condiciones ac

tuales se consideró la distribución actual de cultivos con una eficiencia de riego de 0,3. Para las condiciones futuras se consideró la distribución futura de cultivos con una eficiencia de riego de 0,5.

De acuerdo con los antecedentes aquí presentados, en los cuadros finales de este punto se incluyen los valores calculados para las tasas brutas de riego a nivel de bocatoma de canales (incluye 10% de pérdida en conducción), las tasas equivalentes también a nivel de bocatoma de canales calculados según la metodología expuesta en el informe "Análisis de Recuperaciones", la superficie neta de riego de cada sector y las demandas totales anuales de cada sector, todo ello tanto para las condiciones actuales como para las futuras. Para los sectores CV-1 y TI-3, no considerados en detalle en este estudio de prefactibilidad, se han considerado tasas iguales al promedio de aquellas correspondientes a los sectores TI-1 y TI-2.

La distribución mensual de las demandas de agua consideradas, para las condiciones actuales y condiciones futuras, es la siguiente:

MES	SITUACION ACTUAL (%)	SITUACION FUTURA (%)
Septiembre	3,0	2,9
Octubre	8,0	6,9
Noviembre	14,0	12,9
Diciembre	20,0	19,3
Enero	21,0	22,1
Febrero	17,5	17,8
Marzo	9,0	10,5
Abril	2,3	2,5
Mayo	1,3	1,3
Junio	1,3	1,3
Julio	1,3	1,3
Agosto	1,3	1,3

Cabe señalar que a las tasas estudiadas en base a los consumos de evapotranspiración se ha agregado un uso base de invierno igual, mensualmente, a 1,3% de las tasas anuales calculadas.

USO ACTUAL DE LA TIERRA POR HOYAS

CULTIVOS	(1) Hás	(2) Hás	(3) Hás	(4) Hás	TOTAL Hás
Cereales	17.489	1.553	2.053	6.843	27.938
Maíz	18.539	2.030	2.805	4.313	27.687
Frejol	8.711	1.049	494	4.455	14.709
Papas	3.485	216	242	850	4.793
Maravilla	2.282	274	1.176	168	3.900
Remolacha	2.317	285	73	934	3.609
Arroz	1.636	57	63	146	1.902
Hortalizas	7.803	1.364	1.015	1.005	11.187
Prad. Artific.	17.818	1.847	1.774	9.895	31.334
Prad. Natur.	25.776	3.439	3.617	12.184	45.016
Viñas	6.028	711	199	1.351	8.289
Frut. Hoja Caduca	7.727	751	608	1.587	10.673
Frut. Hoja Persist.	4.403	544	901	84	5.932
Sub-Total	124.014	14.120	15.020	43.815	196.969
Bosques	1.104	87	56	190	1.437
Ind. Prod.	5.758	582	527	2.505	9.372
T O T A L	130.876	14.789	15.603	46.510	207.778

(1) : Hoya Río Cachapoal

(2) : Hoya Río Claro de Rengo

(3) : Hoya Estero Zamorano

(4) : Hoya Río Tinguiririca

USO RECOMENDADO DE LA TIERRA POR HOYAS

CULTIVOS	(1) Hás	(2) Hás	(3) Hás	(4) (hás	TOTAL Hás
Cereales	10.610	2.465	1.805	2.314	17.194
Chacras e Ind.	22.431	2.980	4.853	4.241	34.505
Hortalizas	8.858	1.600	1.805	1.157	13.420
Pradera Artif.	33.131	1.548	1.776	16.819	53.274
Viñas	19.297	3.390	2.273	7.960	32.920
Frutales	31.083	2.261	2.646	8.556	44.546
Sub-Total	125.410	14.244	15.158	41.047	195.859
Ind. Prod.	5.463	545	445	2.114	8.567
T O T A L	130.873	14.789	15.603	43.161	204.426

(1) : Hoya Río Cachapoal

(2) : Hoya Río Claro de Rengo

(3) : Hoya Estero Zamorano

(4) : Hoya Río Tinguiririca

TASA DE RIEGO PREDIAL UNITARIA PARA LOS DISTINTOS CULTIVOS

(m3/Há.año)

CULTIVOS	NIVEL EFICIENCIA	TASAS
Maíz	1	23.510
	2	14.026
Frejol	1	16.737
	2	9.962
Papas	1	20.833
	2	12.420
Maravilla	1	22.481
	2	13.408
Remolacha	1	29.428
	2	16.348
Arroz	1	21.994
Hortalizas	1	21.010
	2	12.526
Pradera Artificial	1	28.040
	2	15.578
Pradera Natural (**)	1	16.825
	2	9.347
Viñas	1	20.223
	2	12.134
Frutales Hojas Persist.	1	21.490
	2	12.894
Frutales Hoja caduca	1	22.793
	2	13.676
Cereales	1	12.064
	2	6.702
Chacras e Industrias (*)	1	22.383
	2	13.331
Frutales (*)	1	22.272
	2	13.303

1 : Situación Actual
2 : Situación Futura
(*) : Representan bloques de cultivos que en el cuadro de distribución actual aparecen desglosados.
(**) : Calculada con un 60% de requerimiento de pradera artificial.

SITUACION ACTUAL

Sector (*)	Tasas Prediales Inc. Pérdidas en Conducción (m3/hás . año)	Tasas Equivalentes (m3/hás . año)	Superficie de Riego (Hás.)	Demandas Anuales (m3/año) (x 10^6)
CA1	23281	21690	39490	856.5
CA2	24078	16480	33693	555.3
CA3	24689	15980	18196	290.8
CA4	23390	18080	32633	590.0
CL1	23851	20350	7771	158.1
CL2	23560	19020	6349	120.8
ZA1	23530	23030	2582	59.5
ZA2	23683	18320	9737	178.4
TI1	23429	19050	15299	291.4
TI2	23577	15940	28518	454.6
TI3	23507	16960	21603	366.4
CV1	23507	15900	38429	611.0
			254300	4532.8

(*) Los sectores corresponden a las áreas de riego en que se ha subdividido la cuenca de acuerdo con las definiciones dadas en el estudio "Análisis de las Recuperaciones. Hoya Río Rapel".

SITUACION RECOMENDADA A FUTURO

Sector	Tasas Prediales Inc. Pérdidas en Conducción (m3/hás . año)	Tasas Equivalentes (m3/hás . año)	(1) Superficie de Riego (Hás.)	Demandas Anuales (m3/año) (x 10^6)
CA1	15215	14180	39680	562.7
CA2	15547	12900	33968	438.2
CA3	15376	12590	18761	236.2
CA4	15446	12350	33001	407.6
CL1	14282	12180	7844	95.5
CL2	13495	12110	6400	77.5
ZA1	14607	14300	2589	37.0
ZA2	14706	12130	12569	152.5
TI1	15687	12760	15409	196.6
TI2	16145	12670	25638	324.8
TI3	15919	12750	21821	278.2
CV1	15919	13250	89712	1188.7
T o t a l			307392	3995.5

(1) La diferencia de las superficies de riego en la situación recomendada y la situación actual, se deben a que se han considerado diferentes distribuciones de cultivos, eliminando las zonas de bosques en la situación recomendada a futuro.

Además, en el sector ZA2 se ha agregado el área regada por los tranques Idahue, Millahue y Las Pataguas; en el sector TI2 se ha descontado el área inundada por el Embalse Convento Viejo y en el sector CV1 se ha agregado el área de nuevo riego que contempla el proyecto Convento Viejo.

2.3.- Desarrollo Agropecuario y Forestal.-

2.3.1.- Antecedentes de Terreno Agroeconómicos (Infraestructura Agrícola).-

En este estudio se describió todo aquel equipamiento existente en la cuenca del río Rapel que directa o indirectamente tiene relación con la producción agropecuaria de la misma.

Se describieron los principales sistemas de intercomunicación camineros con que cuenta la cuenca señalando sus principales características, por considerar que las vías de comunicación existentes en la zona del proyecto son de vital importancia para el transporte de los productos agrícolas.

Como conclusión general se puede afirmar que la cuenca del río Rapel cuenta con una infraestructura vial primaria de intercomunicación interna y accesibilidad externa muy favorable para las necesidades de transporte actuales. Sin embargo, algunos caminos secundarios, presenta problemas de tránsito en la época invernal, por ser de tierra no estabilizada.

Respecto al transporte de carga en los ferrocarriles central y ramales se incluye la última estadística

disponible de carga entrante y saliente en las estaciones que existen dentro del área del proyecto.

Para la obtención de información respecto a las instalaciones existentes destinadas al almacenamiento primario de insumos y productos a nivel predial, como del número y tipo de maquinaria agrícola con que cuentan los productores de la cuenca; se utilizaron los siguientes antecedentes:

- Encuestas a nivel predial para los planes de área para asignación realizados por el IICA en convenio con CORA en el año 1975.

- Proyectos de parcelación de la CORA años 1974 a Mayo 1977.

- IV Censo Nacional Agropecuario año 1964-1965.

De los datos obtenidos, se concluyó que el grado de equipamiento en infraestructura para almacenamiento de insumos y productos a nivel predial es significativamente mayor en el sector privado que en el reformado. De esta misma forma, el sector privado presenta un grado de mecanización significativamente mejor que el reformado, siendo relevante la disponibilidad de maquinaria especializada como ser, automotrices y trilladoras estacionarias en este sector.

Por otra parte, la relación hás de riego por tractor, con un valor cercano a 90 hás/tractor en los sectores privado, reformado y total de la cuenca es altamente positiva y concordante con las normas generales de rendimiento de este tipo de maquinaria, establecidas por SEAM-CORFO.

Con respecto a la infraestructura agropecuaria extrapredial, los antecedentes que se utilizaron fueron los siguientes:

- Catastro Frutícola CORFO, 1974, actualizado.
- Censo Nacional Agropecuario 1975. Datos preliminares.
- Planes de Area CORA 1975.
- Elementos para un diagnóstico económico e institucional del mercado de vino en Chile (Srs. T.Ortiz y M.Vallejos 1976).
- Estadísticas Depto. Alcoholes Servicios Impuestos Internos. Agosto 1977.
- Recopilaciones privadas de AIESA. Junio-Julio 1977.

La hoya hidrográfica dispone de un equipamiento agrícola y agroindustrial desarrollado, especialmente en el rubro vitivinícola y frutícola. Con respecto a la infraestructura para almacenamiento de productos, existen en la cuenca del río Rapel: 4 Silos, 49 Instalaciones de Embalajes y 35 Frigoríficos. Con respecto a las instalaciones procesadoras y elaboradoras de productos, existen: 10 Conserveras Deshidratadoras, 6 Molinos, 1 Fábrica de Aceite, 1 Fábrica de Alimentos, 1 Fábrica de Almacenaje de Tabacos, 4 Selec-

cionadoras de Semillas, 54 Bodegas de Vino y 38 Instalaciones Avícolas.

Las comunas ubicadas en el llano central de la cuenca, presentan una mayor concentración de instalaciones para el almacenaje y elaboración de productos agrícolas que las comunas más cercanas al sector costero de la hoya.

Cabe señalar, que las cifras que se obtuvieron tienen carácter preliminar y deberán ser corroboradas cuando se conozcan los datos del Censo del año 1975, cuyos resultados, desgraciadamente, no se encontraban procesados en la fecha del presente estudio. No obstante, se estima que, en líneas generales, los datos utilizados tienen un alto grado de confiabilidad.

Además, se analizó la situación actual de la vivienda rural de la cuenca. Se indicó el promedio de habitantes por vivienda a nivel de comunas, provincias y cuenca en general, y una clasificación por estado de las viviendas. Toda esta información basada en el Censo Nacional de Población y III de Vivienda 1970.

Del análisis se concluyó que: el promedio de habitantes por vivienda tanto a nivel provincial como de la cuenca es algo superior al promedio nacional que alcanza a 5.5.

habitantes por vivienda. No obstante ello, a nivel de la hoya el número de habitantes por viviendas es aceptable. Sin embargo, del total de las viviendas rurales de la cuenca, el 24,6% de ellas tendrá que ser refaccionada y el 25,5% deben ser reemplazadas.

Finalmente, se presentó la situación actual de la electricidad y los servicios públicos de comunicaciones de la cuenca, elementos indispensables para el procesamiento de la producción agrícola y para los aspectos de comercialización y adquisición de insumos, respectivamente.

Los centros poblados de la cuenca disponen de un amplio sistema de comunicaciones por medio de oficinas postales y centros telegráficos.

2.3.2.- Plan Integral Primera Etapa. Uso Actual del Suelo.-

- Generalidades y Metodología.-

Debido a los antecedentes disponibles,para el uso actual del suelo se consideró el año agrícola 1975-76.

Los distintos rubros que componen la estructura productiva actual del área estudiada, se analizaron y deter

minaron para todos los sectores de riego, y a su vez, dentro de cada uno de ellos, se clasificaron de acuerdo al tamaño de la propiedad: familiar, sub-familiar y empresarial. Se consideraron rubros permanentes: frutales y viñas y rubros anuales, incluídas las empastadas, dentro de las unidades de clasificación nombradas anteriormente. Debido a la operación del modelo de simulación, los resultados del análisis sobre el uso actual del suelo dentro de las unidades consideradas, se presentaron en forma separada para los terrenos bajo canal y los terrenos de secano. Por esta razón, el uso actual de los terrenos bajo cota de canal se describió individualmente para cada uno de los sectores de riego estudiados en la Hoya Rapel.

Desde el punto de vista agronómico, los sectores de riego se agruparon de acuerdo a las grandes zonas fisiográficas a que pertenecen a fin de visualizar la importancia relativa del uso actual del suelo de cada una de ellas respecto del área estudiada y además, facilitar la formulación del uso recomendado del suelo. Las zonas fisiográficas consideradas fueron las siguientes:

- Zona: Valle Central Norte. En ella se encuentran los siguientes sectores de riego: CA1, CA2, CL1 y ZA1.

- Zona: Valle Central Sur. En esta zona fisiográfica se encuentran los siguientes sectores de riego: TI1 y TI2.

- Zona: Valle Del Cachapoal. En esta zona se encuentran los siguientes sectores de riego: CA3, CA4, CL2 y ZA2.

- Estructura del Uso Actual.
a) De los Terrenos de Riego.-

Resumiendo el uso actual de toda el área estudiada (Ver cuadro N°1) se tiene que el estrato empresarial posee los mayores porcentajes de viñas (73,85%) y de frutales (57,20%). Dentro de los estrato sub-familiares y familiares se encuentra una mayor proporción de pastos naturales, en cambio la distribución porcentual de los pastos artificiales es más equilibrada.

Se encontró que los cultivos permanentes ocupan el 12% de la superficie total de riego; dentro de este grupo los frutales ocupan el 66,7% y las viñas el 33,3% restante. Los cultivos anuales ocupan el 46,1% de la superficie; siendo las chacras el grupo de rubros de mayor importancia cubriendo el 46,5% de la superficie de los cultivos anuales, luego vienen los cereales con un 31,2% y las hortalizas que con un 11,7% resultan de mayor relevancia que los cultivos industriales que ocupan un 10,6%, las empastadas ocupan el 36,7% del área total. Dentro de este grupo las empastadas artificiales sólo representan el 41% y el 59% restante corresponde a empastadas naturales, lo que refleja la sub-utilización de los suelos de la zona.

C U A D R O N°1

RESUMEN DEL USO ACTUAL DEL SUELO DEL AREA ESTUDIADA

RUBROS	Superficie Hás	%
1.- Cultivos Permanentes	24.894	12.0
Frutales	16.605	(66.7)
Viñas	8.289	(33.3)
2.- Cultivos Anuales	97.725	46.1
Cereales	29.838	(31.2)
Chacras	44.517	(46.5)
Industriales	10.184	(10.6)
Hortalizas	11.186	(11.7)
3.- Empastadas	76.350	36.7
Artificiales	31.334	(41.0)
Pastos Naturales	45.016	(59.0)
4.- Bosques	1.437	0.7
5.- Indirectamente Productivo	9.372	4.5
T O T A L	207.778	100.0

b) De los Terrenos de Secano.-

La estructura del uso actual de los terrenos de secano se estudió solo para tener una visión más completa de la agricultura de la zona; pero su producción se excluyó para que no interfiera en la evaluación económica de este estudio de prefactibilidad.

Para analizar el uso actual de los terrenos de secano, se dividió en Secano Andino y Secano Costero. El resumen del uso actual del secano se presenta en el cuadro N°2.

La tendencia observada tanto en el secano andino y costero respecto a los rubros más importantes es similar. Predominan los pastos naturales con un 73,2% del total del secano arable. Los cultivos anuales representan el 15,7% del total del área, dentro de los cuales el grupo más importante de cultivos son los cereales con un 12,91% del total del secano arable y un 81,7% del total de cultivos anuales; el cereal más significativo es el trigo el cual representa un 12,1 % de la superficie total. Las chacras ocupan sólo el 1,9% de la superficie total de secano. El único cultivo industrial encontrado fue la maravilla con un 0,9% del total de la superficie de secano. Las praderas artificiales son de poca importancia (4,0%). El secano no ara

C U A D R O N°2

RESUMEN DEL USO ACTUAL DEL SECANO

RUBROS	Há	(%)(1) Respecto Total SA	(%)(2) Relativos
1.- Cultivos Permanentes	794	2,6	
Frutales	395	1,3	49,7
Viñas	399	1,3	50,3
2.- Cultivos Anuales	4.954	15,7	
Cereales	4.045	12,9	81,7
Chacras	616	1,9	12,4
Industriales	293	0,9	5,9
3.- Empastadas	24.193	77,2	
Artificiales	1.261	4.0	5,2
Pastos Naturales	22.932	73.2	94,8
4.- Bosques	-	-	
5.- Indirectamente Productivo	1.406	4.5	
Sub-Total Secano Arable	31.347	100,0	
6.- Secano No Arable	748.057		
T O T A L	779.404		

(1): S.A.= Secano Arable
(2): Porcentaje relativo dentro grupo de rubros.

ble, que comprende pastos naturales, matorrales y bosques nativos ocupa la mayor parte del secano con un 96% del total.

- Volumen de Producción y Rendimientos.-

Sobre la base de los antecedentes existentes, se estudiaron los volúmenes físicos de producción del uso actual. La producción así como los rendimientos son el reflejo del manejo de las explotaciones, por lo tanto se procedió a cuantificarla de manera de tener un marco de referencia para proyectos de producción potencial y además para permitir la evaluación económica de la situación actual.

Se consideró los rubros de producción más significativos en cuanto a la superficie cultivada tanto de frutales como de cultivos y empastadas.

. Producción de Rubros Permanentes.-

Se analizó la producción de los frutales y viñas, utilizando como información de las superficies cultivadas el Catastro Frutícola 1974, corregido por CORFO. Los volúmenes de producción de varias especies aparecen como importantes dentro de la fruticultura nacional, especialmente en el caso de manzanos y perales. La producción de limones se considera buena con aceptación internacional, a diferen-

cia de la producción de naranjos que dan frutos de mala calidad, lo mismo que los paltos. En el cuadro que se presenta a continuación se puede apreciar el rendimiento de las principales especies frutales y vides.

C U A D R O N°3

RENDIMIENTOS PROMEDIOS ACTUALES DE LAS PRINCIPALES ESPECIES FRUTALES Y VIDES DEL AREA RAPEL.-

RUBROS	RENDIMIENTO Ton/Há
1.- Frutales	
Paltos	3,37
Limones	7,67
Naranjos	10,92
Manzanos	13,30
Perales	16,14
Duraznos	6,31
Nectarinos	7,45
Damascos	6,64
Almendros	0,38
Ciruelos	8,25
Guindos	5,42
Nogales	0,81
2.- Vides	
De mesa	13,90
Viníferas	8,00

.Producción de Cultivos Anuales.-

En relación a la producción de cultivos anuales se utilizaron diversas fuentes: Estudio Integrado de los Recursos Naturales Renovables de IREN, publicado el año 1973; los planes de área realizados para la zona por el Convenio IICA-CORA, el año 1975; resultados de las Encuestas Anuales de Producción del Instituto Nacional de Estadísticas Agropecuarias; y el Censo Agropecuario del año 1965. En general, se observó que los rendimientos del año 1975-76 son más bajos que en años anteriores, comprobándolo en terreno. La tendencia de éstos es a disminuir a partir del año 1972. Se utilizó, por lo tanto, como fuente de información para los rendimientos el Censo Agropecuario del año 1965 por manifestar la tendencia de las estadísticas analizadas, eliminando los años problemas, y porque permitió diferenciar los rendimientos de acuerdo al tamaño de la propiedad.

En el cuadro N°4 se indican los rendimientos actuales de los principales cultivos anuales de la zona de riego. Se puede apreciar claramente que se puede aumentar enormemente la productividad de todos los cultivos considerando las metas establecidas por ODEPA.

C U A D R O N°4

RENDIMIENTOS PROMEDIO ACTUAL Y PROYECTADO SEGUN ODEPA DE LOS PRINCIPALES CULTIVOS ANUALES PARA EL AREA DE RIEGO DEL ESTUDIO

RUBROS	Promedio Actual qqm/há	Proyectado(1) qqm/há
Cereales		
Trigo	28,0	39,0
Cebada	22,0	38,0
Arroz	30,0	
Chacras		
Maíz	44,0	62,0
Frejol	14,0	22,0
Papas	118,0	225,0
Cultivos Industr.		
Maravilla	17,0	23,0
Remolacha	220,0	59,0 (2)
Tabaco	16,0	
Hortalizas		
Frejol verde	37,0	
Cebollas	194,0	
Tomate	250,0	

(1): Rendimientos proyectados según plan de desarrollo agropecuario 1965-1980, ODEPA 1970.

(2): Rendimiento proyectado según IANSA.

. Producción Ganadera.-

Se estudió la producción ganadera solo del área regada con la finalidad de no distorsionar la evaluación económica posterior, que debe circunscribirse únicamente a ella.

La producción de las praderas se estimó a través de las especies animales que hacen uso directo de ellas: bovinos y equinos. Estos últimos sólo se tomaron en cuenta para los efectos de la carga animal ya que éstos se emplean en las explotaciones agrícolas como fuerza motriz. Los ovinos no se consideraron por carecer de significación en el área regada.

Por no existir información confiable, no fue posible diferenciar la producción ganadera por estrato de tamaño de la propiedad.

El grado de utilización de las praderas se estimó a través de la carga animal, la que resultó en 1,3 UAA/Há (Unidad animal año por hectárea). Se considera que esta carga es relativamente buena pero puede ser mejorada si se siembra, la extensa superficie cubierta de pastos naturales, con praderas artificiales.

La producción física se obtuvo a través de la leche y carne que produce el ganado bovino. Se consideró un rendimiento de 1.620 lts. por cada una de las 21.400 vacas en ordeña existentes en la zona. En cuanto a carne se venden alrededor de 8.438 novillos de dos y tres años con un peso promedio de 430 kg. por res y 5.332 vacas de deshecho con peso promedio de 380 kg lo que representa en conjunto una producción de carne de 5.654 toneladas.

- Necesidades y Disponibilidades de Mano de Obra para el Uso Actual de los Terrenos Bajo Riego.-

A la estructura actual del uso del suelo se le aplicaron los estándares de necesidades mensuales de mano de obra y jornadas maquinaria, de manera de comparar la demanda del uso actual con la oferta existente en el sector. Se encontró que la intensidad de uso de la mano de obra es mayor para los cultivos permanentes (99 jornadas/há en promedio); seguido por los cultivos anuales con 43 jornadas/há promedio y por último, las praderas con solo 8 jornadas/há en promedio. La demanda de mano de obra mensual del uso actual es altamente variable, concentrándose los mayores requerimientos en los meses de Noviembre, Diciembre y Mayo, y las menores necesidades en los meses de invierno especialmente. De lo anterior se dedujo que la estructura del uso actual genera una apreciable sub-utilización de la población ru

ral económicamente activa en varios meses del año, y un déficit relativamente pequeño en los meses de Noviembre, Diciembre y Enero.

- Requerimiento y Disponibilidad de Maquinaria para el Uso Actual.-

En cuanto al uso de maquinarias, se comprobó una clara sub-utilización de la capacidad existente en prácticamente todos los meses, a excepción de los meses de Agosto, Septiembre, Octubre y Marzo. Esto último nos lleva a la conclusión de que la cantidad de tractores existentes en el área es suficiente para la actual estructura productiva, siempre que su utilización sea bien planificada.

2.3.3.- Suelos.-

El área estudiada dentro de la Hoya Rapel es la que corresponde a la provincia de Cachapoal. La fracción incluída en la provincia de Colchagua la estudió el Consorcio ICA-TAHAL como parte del estudio de factibilidad del área dominada por el embalse Convento Viejo.

Fueron particularmente consultados los estudios de suelos de los autores Días et al, referidos a un reconocimiento general de suelos de la provincia de O'Higgins, y a un estudio detallado de los suelos inundados por el embal

se Rapel y de las áreas tributarias de los esteros Yali y Alhué (1956-57). También se consideraron los fotomosaicos y estudios de suelos del proyecto aerofotogramétrico OEA-CHILE (1962).

Dentro de los principales elementos generadores de los suelos se encuentran la edad, la topografía y el material parental o de origen como factores pasivos, y el clima y la vegetación como factores activos de formación de los suelos. En este estudio se hizo un breve análisis de la participación de cada uno de estos factores mencionados en la formación de los suelos del área estudiada en la Hoya Rapel.

El área de estudio abarcó 202.861 hás, describiéndose además a grandes rasgos sus vías de comunicación.

Utilizando la información básica de los diferentes estudios de suelos mencionados anteriormente, más algunos principios y criterios adoptados en este trabajo, y a su vez, complementados con observaciones de campo, se preparó el mapa de suelos. Las unidades cartográficas(series y fases), así como asociaciones, misceláneos y complejos de suelos, separados y mapeados en los Estudios Básicos, fueron reagrupados en Unidades de Suelo. Estas unidades reunen a

suelos que tienen un mismo uso y manejo por el hombre, es decir, tendrían el mismo comportamiento agrícola bajo una agricultura de riego.

El mapa de clasificación de tierras para riego fue elaborado en base a los criterios y principios del Manual de Clasificación de Tierras para Riego del Bureau of Reclamation de los Estados Unidos (U.S.B.R. Volumen V Irrigated Land Use, Part II Land Clasification).

Se hizo una leyenda descriptiva con la información y descripción de cada una de las 17 unidades de suelos consideradas en el estudio, en la que se incluye su origen, descripción del modal, el drenaje, el uso actual de los suelos, su fertilidad en general, así como los factores limitantes.

También se hizo, una clasificación de los terrenos con fines de regadío, determinándose un uso recomendado para las fases de suelos resultantes en cada unidad considerada. Para cada unidad de suelo se recomendó además la forma de incorporar los fertilizantes nitrogenados y fosfatados, así como el tipo de ellos a utilizar en cada caso.

Con fines de una clasificación para regadío, se separaron los suelos en cinco clases mapeables, de las cuales tres clases son arables (1,2 y 3); una clase arable limitada (Clase 4) y una clase no arable (Clase 6), según los cri

terios de U.S.B.R.

En el estudio de suelos del área considerada dentro de la hoya Rapel, se dedujo que gran parte del área está ocupada por buenos suelos, en los cuales es posible realizar una agricultura intensiva de riego. La Clase 1, arable sin limitaciones, ocupa el 22,3% del área total y la Clase 2, arable con moderadas limitaciones, ocupa el 41,5% del área total estudiada, es decir, se puede considerar que prácticamente con algunas mejoras, se puede realizar una agricultura intensiva de riego en el 63,8% del área total, basada especialmente en cultivos permanentes (frutales y viñas) y en cultivos anuales.

De la Clase 3, arable y de la Clase 4, arable limitada, las cuales tienen más limitaciones para una agricultura intensiva de riego, se tiene una superficie conjunta que ocupa el 31,4% del total estudiado, en la cual se puede realizar una agricultura extensiva de riego basada en empastadas artificiales y en algunos cultivos anuales en su rotación. El resto, es decir, sólo el 4,8% del área total estudiada, corresponde a la Clase 6 de riego, no arable, en la cual no es posible, desde el punto de vista económico y con los recursos de agua existentes, llevar una agricultura de riego con la actuales técnicas de regadío de la zona.

2.3.4.- Tenencia de la Tierra.-

...dio se usaron los siguientes

...istados de propiedades por comunas del Servicio de Impuestos Internos, actualizados al año 1972.
- Listados de expropiaciones, restituciones y asignaciones de la Corporación de la Reforma Agraria a Mayo de 1977.
- Mosaicos de propiedades del proyecto aerofotogramétrico escala 1:50.000 (IREN).

En base a los antecedentes de Impuestos Internos, se analizaron las superficies de riego, secano y totales de la hoya del río Rapel, presentando cuadros con estos datos distribuídos por comunas, zonas fisiográficas y promedio hás por predio.

Se analizó también el proceso de Reforma Agraria y las consecuencias del mismo especialmente en el tamaño de las propiedades y la mentalidad de los agricultores, presentando cuadros con las superficies restituídas, asignadas y en poder de CORA.

Se hicieron cuadros con la relación entre los sectores de tenencia privada y área reformada a nivel de comunas con la importancia relativa de cada uno con respecto a la superficie de riego y total de cada comuna.

Se analizó la estructura del tamaño de las propiedades agrícolas de la cuenca del río Rapel, indicándose las fuentes de información y la metodología empleada para el estudio, así como los estratos de tamaño considerados con sus correspondientes características particulares. Estos estratos son: de 0 a 0,9 hás, de 1,0 a 10,0 hás, de 10,1 a 20,0 hás, de 20,1 a 50,0 hás y de más de 50,1 hás. Los resultados de estos estudios se muestran en gráficos individuales para cada una de las 29 comunas consideradas, con los siguientes antecedentes: superficies de riego, secano y total de cada estrato dentro de la comuna, clasificadas en sectores privado y reformado, número de predios por estrato y por sectores, superficies de riego, secano y total, en poder de la CORA ya sea como reservas y/o predios no asignados. Se comentaron algunas conclusiones que pueden extraerse de estos cuadros.

Finalmente se hizo un resumen a nivel de hoya hidrográfica, de la tenencia de la tierra y el tamaño de las propiedades agrícolas, presentando un cuadro con las superficies y distribución por estratos de tamaño de los sectores privado y reformado y total de la hoya del río Rapel.

Dentro de las conclusiones obtenidas de los gráficos y cuadros presentados, se destacan las siguientes:

- Según el Servicio de Impuestos Internos la superficie bajo canal en la hoya es de 265.058 hás, o sea, un 20,9% del total siendo el 79,1% restante de secano.
- El sector reformado comprende un 35,2% de la superficie total de riego de la cuenca, estando sin asignar un 9,9% de esa superficie.
- El sector privado tiene un 64,8% de la superficie de riego, un 63,2% del total de la cuenca y posee el 78,9% del total de predios.
- A nivel de hoya, los predios del sector privado con más de 50,1 hás controlan cerca del 60% de la superficie de riego, siendo en el sector reformado más significativo el estrato de 10,1 a 20,0 hás.
- En la superficie total de la hoya, por la influencia de los terrenos de secano, el estrato de más de 50,1 hás es mayoritario en ambos sectores.
- Los estratos 0,0 a 0,9 hás y 1,0 a 10,0 hás, concentran el 67,6% del total de los predios. Debido a que gran parte de estos predios tienden a características sub-familiares, se concluye que este tipo de predios presentará las mayores dificultades en la planificación del desarrollo agroeconómico de la hoya hidrográfica del río Rapel.

2.3.5.- Puesta en Riego y Tecnificación.-

Para este informe se contó con los siguientes antecedentes: El estudio de suelos para la hoya del río Rapel, elaborado por esta Oficina, las encuestas de terreno

llevadas a cabo por la Universidad Católica en el "Programa O'Higgins-Rengo", referentes a utilización del agua en la noche y regulación nocturna, métodos de riego usados por los agricultores y prácticas de riego. Además, dentro del mismo Programa O'Higgins-Rengo, se han utilizado los resultados de un análisis comparativo entre la forma tradicional de riego en una zona tomada como testigo en áreas estratégicas, y la forma tecnificada de aplicación y uso del agua de riego en cultivos y predios seleccionados. Por último se hicieron entrevistas con los usuarios de los canales así como con los dirigentes de las Juntas de Vigilancia y Asociaciones de Canalistas acerca de la organización y funcionamiento de las mismas, así como acerca de la operación y mantenimiento del sistema de canales existentes.

Se analizó los resultados del estudio de suelos indicado en los antecedentes.

Se analizaron las características del riego, entre ellas, se destaca que la provincia de Cachapoal no tiene mayores problemas de disponibilidad de agua, en cambio, la de Colchagua es deficitaria. En relación a, la distribución, y organización de los regantes, se constató que existen muchos problemas de distribución y control de las aguas, tanto de orden técnico como administrativo y legal. Además se dan las bases para una racionalización en la distribución del agua. Posteriormente se analizó el

problema de la regulación nocturna, considerándose que más del 80% de los casos consultados dejan escurrir libremente el agua durante la noche. También se analizó los métodos de riego que predominan en la región. Se presentan cuadros con los porcentajes de agricultores que usan los diferentes métodos de riego en los diversos cultivos. Se hace una comparación entre los diferentes métodos indicándose sus ventajas y desventajas .

A continuación se analizaron las prácticas de riego y dentro de ellas, la infraestructura predial de control y distribución de las aguas.

Se dan las recomendaciones para el mejoramiento de las prácticas de riego y se establece la necesidad de efectuar una programación para cada predio y disponer de una buena organización para poder ejecutar el programa. Se mostró como antecedente interesante, los logros de un programa de tecnificación efectuado en Rengo por el Programa O'Higgins de la Universidad Católica. Finalmente en este capítulo se analizó la eficiencia de aplicación actual del agua, la cual es muy baja en la región del proyecto. Se muestra aquí también cuadros comparativos con las altas eficiencias logradas en el programa de tecnificación ya señalado.

Se analizó la puesta en riego del área de influencia del estero Alhué en base especialmente al estudio de suelos.

Se estudió la adecuación parcelaria, analizándose primero algunas generalidades en las que se destaca la importancia de la nivelación del terreno.

Finalmente se dieron dos modelos tipos para la adecuación parcelaria con sus respectivas características, siendo el modelo 1 para suelos con pendiente menor al 1% y el modelo 2 para los que tengan pendiente mayor de 1%.

Se estudiaron los costos de la puesta en riego y la tecnificación del regadío. Se indican las bases de cálculo y los estratos considerados que son 2, 12 y 40 há, dándose finalmente una serie de cuadros con la superficie por sectores de distintos tipos de suelos según pendiente y profundidad, costo por Há del acondicionamiento de las tierras para regadío según tipo de suelo, tanto para el área de tecnificación como para la de nuevo riego, costo unitario de estructuras varias y movimiento de tierras manual y finalmente el costo por Há y por predio tipo de estructuras, canales y desagües.

Finalmente se sacaron las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- La tecnificación del riego requiere de tareas bien definidas que son indicadas.

- El sector de nuevo riego presenta un cierto grado de habilitación como consecuencia del cultivo en condiciones de secano.
- El programa preliminar de adecuación parcelaria tiene los siguientes costos por Há y en US$
  Para tecnificación del regadío:
  Acondicionamiento de tierras, de US$ 29,20 a US$ 354 según tipo de suelo. Canales, desagües y estructuras varias de US$ 6,24 a US$ 35,03 según tamaño de propiedad.
  Para puesta en Riego:
  De US$ 66,20 a US$ 391,00 y de US$ 16,34 a US$ 84,86 respectivamente.
- Es conveniente la creación de un Distrito de Riego aprovechando la estructura de la Junta de Vigilancia.
- Necesidad de un programa de Asistencia Técnica y extensión en riego.
- Se recomienda efectuar estudios a nivel de factibilidad de los programas preliminares de desarrollo considerados.
- Se debe fomentar un programa crediticio, para desarrollo parcelario y la adquisición de maquinaria agrícola por los usuarios o por asociaciones.

2.3.6.- Conclusiones del Plan Integral.-

Proyectar la utilización racional de los recursos agrícolas: suelo, clima y agua, es el objetivo central de este capítulo del estudio.

Por tratarse de un estudio de riego, el plan de desarrollo proyectado se circunscribió a los terrenos bajo canal existentes en la cuenca, a excepción del secano que regará el Embalse Convento Viejo.

Se ha estudiado en detalle el desarrollo agropecuario de toda el área, excepto el área influenciada por el Embalse Convento Viejo, debido a que este sector de la cuenca cuenta con un proyecto de factibilidad de reciente publicación. No obstante en los resúmenes de carácter general se han incluído las conclusiones y proyecciones de ese Proyecto, a fin de obtener una visión completa de el desarrollo programado para la cuenca en estudio.

Los objetivos del Plan son:

- Proporcionar un marco de referencia de las posibilidades productivas que presenta la hoya hidrográfica, conjugando para este efecto, el uso racional de los recursos disponibles, con las perspectivas que ofrecen al sector agrícola los postulados de la política agraria definidos por el Supremo Gobierno.

- Propender a la conservación y mejoramiento del uso de los recursos naturales, señalando un camino viable hacia el desarrollo de una agricultura especializada, técnicamente ade

cuada a la potencialidad de los recursos, y cuya meta es permitir un desarrollo económico acelerado de la región.

- Definir una estructura productiva para la cuenca que sirva de base para el estudio del balance hídrico de la cuenca.

En la definición de las metas del Plan, concebidas a ser logradas durante el transcurso de los 25 años fijados como vida útil del Proyecto, se utilizó un esquema metodológico basado en:

- Un conocimiento cabal y profundo de la situación actual de la cuenca, en lo relativo al uso de los recursos, clima, suelo y agua.

- Un análisis detallado del régimen de tenencia de la tierra existente en ella, en los aspectos de tamaño de las propiedades agrícolas, origen y capacidad empresarial de sus propietarios.

- Una clara comprensión de la nueva orientación delineada por el Supremo Gobierno para el sector agrícola que dice relación con la apertura de los mercados externos para los productos nacionales, supresión de subsidios estatales y precios agrícolas influenciados por la oferta y la demanda.

- Un reconocimiento detallado de la potencialidad de los recursos naturales disponibles.

Como resultado del análisis combinado de estos aspectos, se estableció que el desarrollo agropecuario a proyectarse debía considerar la expansión preferente de la fruticultura y de cultivos anuales cuyas producciones sean de interés para el mercado de exportación y/o interno, ya sea para el destino a consumo fresco o de transformación industrial.

En esta proyección se consideraron básicamente:

- la buena y apropiada calidad de los suelos del área.
- las favorables condiciones agroclimáticas de la cuenca para frutales y viñas en general.
- la buena ubicación geográfica de la cuenca, respecto a los grandes centros consumidores (Area Metropolitana) y a los puertos de embarque de San Antonio y Valparaíso.
- las ventajas que ofrece la región para la producción frutícola y de cultivos especializados frente a los cultivos tradicionales, etc.

Definida la orientación general del Plan, se procedió a determinar las metas del Proyecto, en los rubros frutales-viñas, cultivos anuales y ganadería.

En la fijación de estas metas se consideraron factores tales como:

- Categorías de riego, sub-clases y aptitudes de los suelos y condiciones agroclimáticas de las tres zonas fisiográficas en que se dividió la cuenca.

- Estimación referente a las posibilidades de los actuales propietarios agrícolas para plantar determinadas superficies de frutales y viñas durante los 25 años del Proyecto. Para este objeto se confeccionaron planos en que se ubicaron geográficamente las concentraciones por estratos de tamaños: subfamiliar, familiar y empresarial, determinándose, además, las superficies por clases y sub-clases de riego que ocupaba cada concentración.

- Rentabilidad de los diferentes rubros agrícolas, etc.

Como consecuencia de los estudios realizados se proyectó para el rubro frutales y viñas, como meta de desarrollo, una superficie de 91.366 há netas que representa el 31% del área total, 121.735 há dedicadas a cultivos anuales con un 41% del total de la cuenca y 82.078 há destinadas a empastadas, cubriendo el 28% del área total. Comparada esta estructura propuesta con la situación actual en que los frutales y viñas ocupan 30.317 há y 12% del total del área, los cultivos 125.850 há con un 49% y las empastadas 101.052 há con el 39% de la superficie neta de la cuenca, se aprecia un cambio sustancial en el uso del suelo proyectado, transfor-

mando el sistema productivo actual de la cuenca de agrícola-ganadero a una producción frutícola-agrícola y ganadero, consiguiéndose con él un mejor aprovechamiento de las excelentes condiciones naturales que presenta la hoya del río Rapel para estos tres importantes rubros agrícolas.

- Selección de especies por rubros agrícolas.

Con el fin de permitir la evaluación económica del proyecto, se definieron las distintas especies que compondrían el uso del suelo proyectado en la meta. En este sentido se optó por la inclusión en el plan de desarrollo de todas las especies agrícolas actualmente explotadas, dada la buena adaptación que han tenido en la cuenca. Se seleccionaron 12 especies frutícolas, 2 variedades de vides y 13 cultivos anuales para el plan. Se estudiaron las características de cada especie, y su comportamiento en el área de estudio, a través de entrevistas a agricultores y observaciones en terreno. Se confeccionaron tablas de requerimiento de insumos por especie y há. Se proyectaron rendimientos por há para cada una de ellas fijando como óptimos alcanzables el promedio entre los rindes actuales y los obtenidos en las estaciones experimentales para cada especie.

- El desarrollo gradual del Plan Proyectado.

Para el logro de las metas propuestas en el desarrollo agropecuario, se concibió un esquema de adecuación paulatina a la nueva estructura productiva durante la ejecución del Proyecto general.

Se propone un detallado programa de incorporación de nuevas plantaciones frutícolas y de viñas, cuyo desarrollo en el tiempo contempla una primera fase de lento ritmo de incorporación de nuevas áreas frutales y viñas y una segunda etapa más intensa a partir del 7° a 8° años hasta el 16° año del Proyecto.

En la fijación de estas etapas se tuvo en cuenta el programa de construcción de las obras de ingeniería y adecuación predial contempladas en el Proyecto General, que son indispensables para un adecuado suministro de agua de regadío, y para garantizar un riego de alta eficiencia.

En ganadería se estudió un detallado plan de desarrollo de la producción ganadera, definiéndose una ganadería de leche para las zonas más próximas a los centros consumidores y las principales redes camineras y una ganadería de carne para las zonas más alejadas.

También se estudió todo lo relacionado con

los precios de los insumos y productos agrícolas. Tanto para insumos como productos se utilizó el precio a Mayo de 1977, fijándose la tasa de cambio en US$ 1 = $19.40.

Se determinaron los costos por há de cada especie incluída en el plan. Para los frutales y viñas se calcularon los costos por há de plantación, formación y producción. Mientras que para ganadería se determinaron todos los costos necesarios para una producción eficiente.

Se determinó el valor privado o de mercado y el social o público de los costos y de la producción por há de todos los rubros considerados en el plan y para las diferentes situaciones de rendimientos proyectados durante el desarrollo del plan.

Se calcularon los costos totales de la producción agrícola y pecuaria para cada año de desarrollo del proyecto; el valor total de la producción estimada por rubro y por año, y el valor de las inversiones requeridas anualmente en plantaciones frutales o vides y ganadería. Todos ellos a valor privado social. Antecedentes que sirvieron de base para la evaluación económica del Proyecto de Prefactibilidad de la Hoya Hidrográfica del Río Rapel.

Por último, cabe recalcar que las proposiciones del Plan se han tomado en consideración a las siguientes premisas básicas:

- La política económica del Gobierno para el sector agrícola, en cuanto a la apertura del comercio exterior. Ello tiene gran relación con el rubro frutícola y vitivinícola proyectado, que si se orienta la producción sólo para el mercado nacional la proposición es evidentemente exagerada.

- Se pretende que la región aproveche al máximo de ventajas comparativas y ello para el desarrollo de los frutales tiene una gran significación.

- De acuerdo a los estudios de mercados existentes en especial el efectuado por CORFO, los rubros elegidos tienen amplia perspectiva y se estima que el aumento que este proyecto considera, no provocará problema para su colocación.

2.4. Identificación de Obras y Anteproyectos.-

2.4.1. Evaluación de Obras.-

En este estudio se expusieron los anteproyectos de obras necesarios para dar la seguridad de riego requerida a la zona del proyecto y tambien extender el área de riego a nuevas zonas. Entre estas últimas destacan el área de nuevo riego abastecida por el Embalse Convento Viejo (en construcción) y el área de la zona Yali-Alhué, señalándose que para el proyecto de Convento Viejo ésta Oficina sólo ha considerado algunos canales de trasvase y no la totalidad de obras necesarias, las que han sido materia de un estudio especial realizado por la firma ICA-TAHAL.

La justificación de las obras que se analizan y las capacidades consultadas han sido determinadas a través del modelo de simulación hidrológico planteado para la cuenca del Rapel por esta Oficina, el cual ha sido materia de otro capítulo.

Los anteproyectos considerados y su finalidad han sido los siguientes:

- Canal de Trasvase del Río Tinguiririca al Embalse Convento Viejo.

  Su finalidad es conducir recursos excedentes princi

palmente de invierno de la primera sección del Río Tinguiririca a objeto de ser regulados en el Embalse Convento Viejo y posteriormente ser utilizados en el área de riego abastecida desde este embalse. Su capacidad se determinó para 15 m3/seg. Se consideran 5 km. de canal y el aprovechamiento de cauces naturales existentes.

- Trasvase desde el embalse Convento Viejo al río Tinguiririca.

  Su finalidad es suplir los déficits de recursos de un área de aproximadamente 16.200 hás. que se ubican adyacentes al río Tinguiririca entre las localidades de Nancagua y el Embalse Rapel.
  Se consultan dos conducciones de las cuales una se encuentra en parte construída y la otra es existente.
  La primera de ellas tiene una capacidad de 10,7 m3/seg. y su parte construída va desde la salida del embalse Convento Viejo hasta el Estero Truncalemu, faltando construir un tramo de 7.9 kms. desde este estero hasta el río Tinguiririca, al cual llega en las cercanías de la ciudad de Nancagua.
  La otra conducción considerada es el actual Canal Las Trancas que nace del Estero Chimbarongo y que con un recorrido de 3.5 kms. llega al río Tinguiririca, junto a la localidad de Paniahue, conducción que se consulta con una capacidad de 5 m3/seg. para lo cual sólo se requiere reacondicionamiento.

- Canal del Río Tinguiririca al Estero Zamorano.

Su finalidad es suplir déficits de la segunda sección de riego del Estero Zamorano y extender un nuevo riego a un área de aproximadamente 2.500 hás. que se ubican en la zona alta de la ex Laguna de San Vicente de Tagua Tagua. Se considera una capacidad de 10 m3/seg. y su recorrido alcanza a 4 kms.

- Regadío de la Zona Alta de la ex Laguna de San Vicente de Tagua Tagua.

Esta zona está catalogada como de riego eventual por IREN y cuenta en la actualidad para su abastecimiento con los embalses estacionales Las Pataguas y Millahue que reunen aproximadamente $5x10^6$ m3 de volumen útil de almacenamiento que resultan insuficientes. Se considera un canal de capacidad 2,5 m3/seg. y un recorrido de 54 kms. para llevar recursos desde el Estero Antivero hasta el Embalse Millahue y dotar de recursos satisfactoriamente el área.

- Regadío Zona Yali-Alhué.

Esta zona presenta un área potencial de riego de aproximadamente 25.000 hás. de las cuales 21.500 hás. podrían abastecerse gravitacionalmente con

recursos excedentes del río Cachapoal. Se considera un canal con capacidad de 15 m3/seg. aproximadamente y 89 kms. de longitud que captaría sus aguas del río Cachapoal junto al lugar denominado Punta de Cortés. Además serían necesarios dos túneles de longitud conjunta de 7,6 kms, un sifón para atravieso del Estero Alhué de 1,6 kms. de desarrollo y dos embalses para regulación de recursos con capacidad conjunta de almacenamiento de aproximadamente 160 x 10^6 m3.

Este anteproyecto debe ser considerado como una de las alternativas de solución para riego del área, siendo la otra, la regulación de recursos del Cachapoal en el embalse proyectado en la Laguna de Aculeo. El regadío de esta área puede efectuarse en base a excedentes de invierno del río Cachapoal y sin que ello tenga ninguna incidencia en el regadío de la hoya propia de dicho río.

Las dos alternativas expuestas se han considerado para el caso que no se efectúen extracciones del río Cachapoal para la cuenca de Santiago; para esta última posibilidad se incluye tambien una alternativa con mayor regulación en la Laguna de Aculeo.

- Embalse Collicura.

La finalidad de esta obra que se ubica en la Cor-

dillera de Los Andes a cota aproximada de 1.000 m.s.n.m., es suplir los déficits que se presentan en el área de riego del río Cachapoal y además considerar el trasvase de recursos desde este río al río Maipo para abastecer necesidades futuras de la cuenca de Santiago. Se han considerado cuatro alternativas de capacidad, a saber: $100x10^6 m3$; $150x10^6 m3$; $200x10^6 m3$; y $250x10^6 m3$; según los requerimientos planteados y además un desarrollo eléctrico asociado a la represa de capacidad instalada 200 MW.
Se considera también la influencia que este embal se produce en las centrales actualmente existentes en el río Cachapoal.

- Proyecto Convento Viejo.-

La finalidad de esta obra es mejorar y extender el área de riego en la ex-provincia de Colchagua.

Los costos de obras de este proyecto de riego se han determinado basándose en los antecedentes del informe respectivo realizado por la firma ICA-TAHAL, con algunas correcciones por concepto de aumento de capacidad del embalse a un volumen de almacenamiento útil de 600×10^6 m3 y otras para evitar duplicidad de obras en el área ubicada aguas arriba del embalse.

Se hace presente que para la definición de obras a realizar se ha dado preferencia de abastecer con adecuada seguridad de riego a aquellas áreas que actualmente cuentan con riego establecido y reduciendo el área de nuevo riego consultada en el proyecto, si es el caso.

- Captaciones Subterráneas.-

La finalidad de estas captaciones es suplir pequeños déficits de riego que se presenten en distintas zonas del área de proyecto.

Se proponen cinco zonas de captaciones subterráneas con un total de 49 pozos y que son las siguientes:

1.- Zona Rosario
2.- Zona del Estero Zamorano
3.- Zona del Estero Chimbarongo
4.- Zona Chépica - Santa Cruz
5.- Zona Peralillo - El Huique

Además se han estudiado en tres recintos diferentes captaciones para agua potable de la ciudad de Rancagua y que no se considerarán en la evaluación económica.

- Embalse Río Claro (Tinguiririca).-

La finalidad de esta obra es complementar la regulación del embalse Convento Viejo, permitiendo satisfacer todas las necesidades del sistema asociado a ese proyecto.

Se ha considerado preliminarmente un embalse de capacidad 100 x 10^6 m3 en el río Claro, afluente del río Tinguiririca, y ubicado aproximadamente 10 km. aguas arriba de la localidad de Puente Negro.
Esta obra presenta dudas sobre su factibilidad física, pero se estima que debe profundizarse en su estudio por las ventajas hidrológicas que ofrece.

- Puesta en Riego y Tecnificación.-

La finalidad de estas prácticas es dotar de adecuada infraestructura de riego las nuevas áreas proyectadas y reducir la tasa de riego actual junto con mejorar el rendimiento de los cultivos.

Las obras correspondientes a estas prácticas se han agrupado para su evaluación en los siguientes rubros:

1.- Obras de adecuación extrapredial
2.- Obras de adecuación predial
3.- Obras de drenaje.

Dichos rubros presentan a su vez diferentes costos según se trate del área del proyecto Convento Viejo, del área de riego actual o del área de nuevo riego de las zonas Yali-Alhué y zona alta de la ex-laguna de San Vicente de Tagua Tagua.

Se indica a continuación el programa de inversiones a precios de mercado y a precios sociales de las distintas obras, así como el total de inversiones de cada una en moneda de cada año.

C U A D R O N º 1

PROGRAMA DE INVERSIONES

(Precios de Mercado)

O B R A	1er año Valor 10^3US$	2º Año Valor 10^3 US$	3er.año Valor 10^3 US$	4º año Valor 10^3US$	5º año Valor 10^3US$	6º año Valor 10^3US$	7º año Valor 10^3 US$	8º año Valor 1 0^3US$	TOTAL VALOR 10^3 US$
A N T E P R O Y E C T O S									
1.- Canal Tinguiririca-Convento Viejo.				305					305
2.- Trasvase Convento Viejo-Tinguiririca.			734	490					1.224
3.- Canal Tinguiririca-Zamorano				159					159
4.- Regulación Proyecto Convento Viejo (600 x 10^6 m3)	25.625	17.083	17.083	17.083	8.542				85.416
5.- Embalse río Claro(100x10^6m3)	7.170	4.780	4.780	4.780	2.390				23.900
6.- Embalse Collicura(250x10^6m3)	9.091	13.636	9.091	4.545	9.090				45.453
Embalse Collicura(200x10^6m3)	12.006	8.004	8.004	8.004	4.002				40.020
Embalse Collicura(150x10^6m3)	10.371	6.913	6.913	6.913	3.457				34.567
7.- Central Hidroeléctrica Collicura (200.000 KW)		25.148	20.957	20.957	16.766				83.828
8.- Regadío Yali-Alhué (Alternativa con regulación local).	10.606	10.606	10.606	10.606	10.606				53.030
9.- Regadío Yali-Alhué (Alternativa con regulación anual en Laguna Aculeo).	12.304	12.304	12.304	12.304	12.304				61.520
10.- Regadío Yali-Alhué (Alternativa con regulación multianual en Laguna Aculeo)	12.600	12.600	12.600	12.600	12.600				63.000

(Continuación Cuadro Nº 1)

	O B R A	1er. año Valor 10^3 US$	2º año Valor 10^3 US$	3er.año Valor 10^3 US$	4º año Valor 10^3 US$	5º año Valor 10^3 US$	6º año Valor 10^3 US$	7º año Valor 10^3 US$	8º año Valor 10^3 US$	TOTAL VALOR 10^3 US$
11.-	Regadío zona Alta Laguna San Vicente Tagua-Tagua.		1.111	741	617					2.469
12.-	Captaciones Subterráneas	25	26	25	26	26				128
	PUESTA EN RIEGO Y TECNIFICACION									
A.-	Puesta en riego y tecnific. Area Proyecto Convento Viejo (106.000 há.)	8.220	12.329	16.439	16.438	12.329	8.220	4.110	4.110	82.195
B.-	Puesta en riego y tecnific. Area Proyecto Convento Viejo (94.000 há).	6.677	10.015	13.354	13.354	10.015	6.677	3.338	3.339	66.769
C.-	Puesta en riego y tecnific. Area actual de riego	5.039	7.558	10.076	10.076	7.557	5.039	2.519	2.519	50.383
D.-	Puesta en riego y tecnific. Area nuevo riego Yali-Alhué	1.001	1.501	2.001	2.001	1.500	1.001	500	500	10.005
E.-	Puesta en riego y tecnific. Area nuevo riego zona alta Laguna San Vicente Tagua-Tagua	140	208	280	280	208	140	70	70	1.396

C U A D R O Nº 2

PROGRAMA DE INVERSIONES

(Precios Sociales)

O B R A	1er.año Valor 10^3US$	2ºaño Valor 10^3 US$	3º año Valor 10^3 US$	4º año Valor 10^3 US$	5º año Valor 10^3 US$	6º año Valor 10^3US$	7º año Valor 10^3US$	8º año Valor 10^3 US$	TOTAL VALOR 10^3 US$
A N T E P R O Y E C T O S									
1.- Canal Tinguiririca Convento Viejo				250					250
2.- Trasvase Convento Viejo Tinguiririca.			527	352					879
3.- Canal Tinguiririca Zamorano				131					131
4.- Regulación Proyecto Convento Viejo ($600x10^6$ m3).	22.776	15.184	15.184	15.184	7.592				75.920
5.- Embalse Río Claro($100x10^6$m3)	5.700	3.800	3.800	3.800	1.900				19.000
6.- Embalse Collicura($250x10^6$m3)	7.351	11.027	7.351	3.676	7.351				36.756
Embalse Collicura($200x10^6$m3)	9.674	6.449	6.449	6.449	3.225				32.246
Embalse Collicura($150x10^6$m3)	8.321	5.547	5.547	5.547	2.774				27.736
7.- Central Hidroeléctrica Collicura (200.000 KW)		20.118	16.766	16.766	13.412				67.062
8.- Regadío Yali-Alhué (Alternativa con regulación local).	8.167	8.167	8.167	8.167	8.167				40.835
9.- Regadío Yali-Alhué (Alternativa con regulación anual en Laguna Aculeo)	9.263	9.262	9.262	9.262	9.262				46.311
10.- Regadío Yali-Alhué (Alternativa con regulación multianual en Laguna Aculeo)	9.700	9.700	9.700	9.700	9.700				48.500
11.- Regadío zona Alta Laguna San Vicente Tagua-Tagua.		824	549	457					1.830
12.- Captaciones subterráneas	20	21	20	20	21				102

(Continuación Cuadro Nº 2)

	O B R A	1er.año Valor 10^3US$	2º año Valor 10^3 US$	3º año Valor 10^3US$	4º año Valor 10^3US$	5º año Valor 10^3 US$	6º año Valor 10^3US$	7º año Valor 10^3US$	8º año Valor 10^3US$	TOTAL VALOR 10^3 US$
	PUESTA EN RIEGO Y TECNIFICACION.									
A.-	Puesta en riego y tecnificación, área proyecto Convento Viejo (106.000 há.)	7.351	11.026	14.702	14.702	11.026	7.351	3.675	3.676	73.509
B.-	Puesta en riego y tecnificación, área proyecto Convento Viejo (94.000 há.)	5.963	8.945	11.926	11.926	8.945	5.963	2.982	2.981	59.631
C.-	Puesta en riego y tecnificación, área actual de riego.	4.031	6.046	8.061	8.061	6.046	4.031	2.015	2.015	40.306
D.-	Puesta en riego y tecnificación, área nuevo riego Yali-Alhué.	800	1.201	1.601	1.601	1.201	800	400	400	8.004
E.-	Puesta en riego y tecnificación, área nuevo riego zona alta Laguna San Vicente de Tagua-Tagua.	112	167	223	223	167	112	56	56	1.116

2.4.2. Estudio de las condiciones de drenaje.-

Se analizó las causas y orígenes del problema de drenaje tanto a nivel local como a nivel general.

Se llevó a cabo una delimitación y evaluación de las áreas de mal drenaje recopilando primero la información existente, que consistía en lo siguiente:

- Fotografías aéreas escala 1 : 30.000
- Estudio de los suelos, estudio de puesta en riego y tecnificación y estudio de aguas subterráneas, elaborados por A.I.E.S.A.
- Estudio de tecnificación de riego en el valle río Claro de Rengo para el Programa O"Higgins de la Universidad Católica.

Se interpretó dicha información y se emitió un diagnóstico preliminar el cual fue posteriormente comprobado y corregido con observaciones directas en terreno. En base a lo anterior se hizo una clasificación de las tierras según su condición de drenaje, las cuales son: Clase D1, tierras ligeramente afectadas; Clase D2, tierras moderadamente afectadas; y Clase D3, tierras afectadas. También se establecieron unidades de drenaje que son: Rancagua-Graneros; Coltauco-Coinco; Las Cabras-Peumo; Pichidegua - Almahue;

Rengo; Malloa; Quinta de Tilcoco; y San Vicente de Tagua Tagua. Los datos obtenidos se resumieron en un cuadro con la distribución de las tierras afectadas por el mal drenaje, por clases y unidades de drenaje. Además se presentaron dos cuadros y dos gráficos con una comparación de los rendimientos de limoneros y naranjos de acuerdo a las condiciones de drenaje, tomados en el fundo La Rosa entre los años 1965 a 1976. Cabe hacer notar que el rendimiento de los limoneros varía en promedio de 7.084 Kg/Há en terrenos mal drenados a 18.793 Kg/Há en los bien drenados.

En base a los resultados de los estudios anteriores se estimó justificado que se lleven a cabo mayores estudios y se indicaron los pasos que se deben dar en la planificación de los estudios a realizar, tanto en el diseño de la red general de drenes colectores como de los estudios de drenaje a nivel parcelario.

Finalmente y como complemento de lo anterior, se hizo un análisis del costo de drenaje, agrupándolos en 4 grupos de gastos que son: Drenes troncales de evacuación, Drenes colectores secundarios, Drenes parcelarios y Obras especiales. Todo esto se resumió en un cuadro con los costos totales estimados por Há. y por clase de tierra según su condición de drenaje, para cada grupo de gastos, expresado en US$.

De todo lo anterior se obtienen las siguientes conclusiones:

- El 34% de los suelos de la provincia de Cachapoal presenta problemas de mal drenaje. Cabe hacer notar, eso sí, que parte de estos suelos no tienen problemas de drenajes, pero quedan dentro de zonas que si los tienen, no siendo posible su identificación debido a la escala en que se hizo el estudio y los antecedentes disponibles.

- Dentro de las áreas clasificadas como afectadas, aproximadamente 23.000 Hás. (33%) fueron clasificadas con la clase de mayor afectación (D3 y D2/D3) y aproximadamente 45.000 Hás. (65%) fueron clasificados dentro de la clase moderadamente afectada (D2 y D1/D2). Los sectores más afectados son: San Vicente de Tagua-Tagua (20%) y Quinta de Tilcoco (18%)

- El análisis de costos sólo ha sido posible estimarlo en base a costos unitarios aproximados por falta de información, luego sus resultados deben ser tomados con cautela. Los costos agrupados de acuerdo a clases de tierras según drenaje son los siguientes:

Clases	D1	D2	D3	D1/D2	D2/D3
Costo US$ por Há:	284	372	438	328	405

Se recomienda:

- Complementar los estudios de drenaje con uno de factibilidad técnico-económico para realizar obras de defensa contra inundaciones.
- Tecnificar el riego existente.
- Mejorar la infraestructura de riego y drenaje existente.
- Realizar investigaciones previas con el objeto de obtener respuestas técnicas y económicas en pequeña escala, que se puedan proyectar a gran escala ("Areas Piloto").

2.5 Operación de los Sistemas y Evaluación Económica.-

2.5.1. Operación del Sistema Rapel.

- Modelo de Simulación.

Para el estudio de Planificación del regadío en la cuenca del río Rapel se planteó un modelo matemático de operación simulada que permite analizar diversas alternativas que pueden presentarse.

Concibiendo la cuenca como un sistema hidrológico, fue necesario esquematizarla identificando sus diversos componentes llegando a una representación o sistema idealizado que es el que se describe matemáticamente en el modelo.

El sistema está integrado por sectores de riego que demandan agua a sus fuentes las que pueden ser ríos, embalses superficiales, embalses subterráneos o importaciones desde otras cuencas. Además se incluyen los desarrollos hidroeléctricos existentes en la cuenca.

Con el objeto de dotar de flexibilidad al modelo, se incluyen también posibles obras futuras cuya presencia se hace efectiva a través de la definición de sus parámetros en el conjunto de datos.

El modelo tiene el carácter de herramienta de diagnóstico ya que para un conjunto de da

tos los resultados muestran lo que ocurriría en esa situación.

El fenómeno de las recuperaciones de un río y el reuso de las aguas dentro de un sector, se abordan a través de las metodologías desarrolladas especialmente para este efecto.

Se presenta una descripción del sistema definiendo sus elementos integrantes e interrelaciones, las bases adoptadas para la operación y una descripción detallada de esta última.

- Condiciones actuales de la hoya.-

Las principales conclusiones que se obtienen del análisis de la situación actual del regadío en la hoya del río Rapel son las siguientes:

Consumos Efectivos:

El consumo efectivo de la hoya, (total de agua consumida) para el período Octubre-Marzo inclusive, para los 35 años estadísticos considerados en este análisis, presenta un promedio anual cuya desviación standard es de 15%, (67% de los valores incluídos en un rango de $\pm$ 15% en torno al promedio). Si se considera un margen de variación de $\pm$ 23%, el 95% de los datos estadísticos quedan situados en torno al promedio dentro de dicho rango. Dado el pequeño rango de variación obtenido en 35 años estadísticos para el valor medio del consumo efectivo, éste se considera bastante representativo de las condiciones actuales existentes en la cuenca.

Tasa Efectiva:

En base a antecedentes fluviométricos ha sido posible estimar para la hoya del Rapel una tasa efectiva actual promedio para la hoya de 9.000 m3/há/año (consumo neto de agua por hectárea de riego).
Esta tasa efectiva actual queda condicionada fuertemente por la existencia de aproximadamente un 40% de los terrenos de riego destinados a pastos naturales y cereales. Para las condiciones futuras de uso recomendado de los suelos, en los cuales se elimina la mayor parte de estos

pastos naturales y cereales, reemplazándolos por cultivos más intensivos ha sido posible estimar, en base a los mismos antecedentes fluviométricos, que la tasa efectiva aumentará a tipo 11.000 m3/há/año.

Situación Actual del Regadío:

El abastecimiento actual de agua en general es satisfactorio presentando seguridades de riego no inferiores a tipo 85% de seguridad. Como excepciones a esto pueden mencionarse los siguientes sectores:

- Sector CA4 (tercera sección río Cachapoal).
  De las 32.630 hás. en la actualidad sería posible regar con 85% de seguridad solamente alrededor de 26.300 hás. En la práctica no se conoce a este sector como deficitario de agua de riego. La diferencia, con respecto a los valores dados por el modelo de simulación, puede deberse al hecho de que en el modelo se le dió la última prioridad de riego a este sector dentro de la hoya del río Cachapoal. Cabe también tener en cuenta que es posible que la tasa de riego a nivel de bocatoma de canales estimada para este sector, para las condiciones actuales, haya sido muy elevada. Debe tenerse presente tambien que este es el sector que presenta el mayor porcentaje de terrenos destinados a cereales y pastos naturales.

- Sector CL1 (Primera sección del río Claro de Rengo). Sector fuertemente deficitario de agua. Este resultado entregado por el modelo no considera sin embargo la operación del embalse Los Cristales y el proyecto de regadío que tiene en ejecución la Dirección de Riego, dicha situación será considerada en la operación futura del sistema.

- Sector ZA2 (Segunda sección del Estero Zamorano). De las 9.740 hás. de riego que tiene este sector, en un año con 85% de seguridad sólo es posible abastecer 5.010 hás. Para satisfacer el regadío de las 4.730 hás. restantes se propone estudiar un canal de trasvase desde el río Tinguiririca.

- Sector TI3 (Zona Baja río Tinguiririca). Sector fuertemente deficitario de agua. De las 21.600 hás. de riego que tiene este sector sólo puede regarse en la actualidad 5.020 hás. con 85% de seguridad. Para el sistema futuro se propone estudiar el regadío de las 16.580 hás. restantes mediante un canal de trasvase desde el proyectado embalse Convento Viejo.

- Sector CV1 (Area actual de riego del proyecto Convento Viejo) De las 38.430 hás. de riego que tiene en la actualidad este sector sólo es posible abastecer 17.520 hás. con 85% de seguridad. Estos déficits podrán cubrirse en el futuro tanto mediante el canal de trasvase Teno-Chimbarongo ya construído y no considerado en este análisis, como mediante el proyecto

de embalse Convento Viejo sobre el Estero Chimbarongo.

Recursos de Agua para Yali-Alhué:

Se determinaron los excedentes de agua que presenta en la actualidad la hoya del río Cachapoal y que podrían ser utilizados para el regadío de la zona Yali-Alhué. Se concluye que estos excedentes de agua son abundantes (43 m3/seg. promedio anual) pero para su aprovechamiento requieren ser regulados por tratarse principalmente de recursos de agua fuera de la temporada de riego.

- Condiciones futuras de la hoya:

A objeto de conocer la forma en que operaría el sistema hídrico de la hoya del río Rapel bajo las condiciones futuras de aprovechamiento de los recursos de suelo y agua, se ha hecho operar el modelo de simulación para las condiciones recomendadas de la cuenca, ya hechas presente en otros capítulos de este estudio.

Para dichas condiciones futuras se han tomado en cuenta las nuevas superficies consideradas como utilizables en cada sector, las tasas de riego obtenidas para la eficiencia futura que se obtendría con la tecnificación del regadío propuesta, las recuperaciones del regadío asociadas a ella, así como las nuevas obras que se han recomendado para el mejor aprovechamiento y distribución de los recursos de agua.

En lo que se refiere a estas últimas obras su inclusión en el sistema se ha hecho de manera alternativa, a objeto de poder evaluar la forma en que cada una de ellas afecta favorable o desfavorablemente a los diferentes sectores de riego en que se ha subdividido la hoya.

Se ha considerado para la situación futura la existencia del proyectado embalse de Convento Viejo y aún cuando nuestra Oficina no ha analizado mayormente el proyecto de riego respectivo, sí se ha estudiado con nuestro modelo su operación hídrica, debido a la trascendencia de los efectos que él produce sobre una

parte importante de la hoya en estudio. A pesar de que las características principales de este proyecto se encuentran prácticamente definidas, en los estudios de operación se ha considerado alternativas, principalmente variando la capacidad de algunas obras, a objeto de que si aún es posible y resulta conveniente, puedan hacerse las modificaciones del caso.

Se ha estudiado también y en forma alternativa, la posibilidad de extraer aguas del río Cachapoal para suplir déficits de la hoya del río Maipo, obteniéndose conclusiones respecto tanto a las obras que se requerirían para ello, como a la incidencia que estas extracciones tendrían sobre el abastecimiento de agua de la propia hoya del Cachapoal.

Se ha analizado asimismo, la disponibilidad de agua que existiría en esta hoya para regar la zona del Yali, ello es posible, como se verá más adelante, utilizando recursos de agua de Invierno del río Cachapoal, los que pueden ser regulados localmente en el área de Yali-Alhué, considerándose también la posibilidad de regular dichos recursos, ya sea anual o interanualmente, en la Laguna de Aculeo.

En base a los antecedentes obtenidos en este estudio se deducen los déficits de agua que podría presentar esta hoya para diferentes combinaciones de alternativa, los que podrían ser suplidos con recursos de agua provenientes de más al sur.

Para estas condiciones futuras se supuso la total tecnificación del regadío de la hoya y se consideró el uso recomendado de los suelos.

Las principales conclusiones obtenidas de este análisis se presentan a continuación separadamente para cada una de las subcuencas del sistema:

Hoya Río Cachapoal:

El río Cachapoal, sin necesidad de ninguna obra adicional, permite regar sus 4 sectores:

CA1 (ribera norte primera sección río Cachapoal)
CA2 (ribera sur primera sección río Cachapoal)
CA3 (segunda sección del río Cachapoal)
CA4 (tercera sección del río Cachapoal), con las siguientes seguridades de riego:

Sector	Superficie de riego (Hás.)	Seguridad de riego %	Superficie regada Hás.con 85% de seguridad
CA1	39.680	92	39.680
CA2	33.970	92	33.970
CA3	18.760	83	18.760
CA4	33.000	56	11.000

Los déficits se producen todos en el sector CA4 dado que las aguas se distribuyeron para este objeto prioritariamente desde aguas arriba hacia aguas abajo.

Si se construye el embalse Collicura, en la parte alta del río Cachapoal para aumentar la seguridad de riego del sector CA4, su capacidad debería ser del orden de 150×10^6 m3 para obtener una seguridad de riego igual o superior al 85%. Con esto la seguridad de riego de los sectores CA1 y CA2 aumenta a 97% y la seguridad del sector CA3 a 94%.

Si el río Cachapoal debiera además suplir los déficits (*) de la hoya del río Maipo, a través del canal Cachapoal Maipo, la capacidad del embalse Collicura no debería ser inferior a 200×10^6 m3 a objeto de no perjudicar excesivamente el riego de su propia hoya. Las extracciones del canal Cachapoal-Maipo contarían, en todo caso, con total seguridad cualquiera que fuera la capacidad del embalse Collicura. Con un embalse Collicura de 250×10^6 m3 quedaría razonablemente asegurado el riego de todos los sectores del Cachapoal. Se indican a continuación las seguridades de riego de los sectores para distintas capacidades del embalse Collicura considerando prioritariamente las extracciones del canal Cachapoal-Maipo (35 m3/seg. de capacidad máxima).

(*) Déficits definidos en "Estudio de Prefactibilidad primera sección río Maipo", IPLA-DGA, 1976.

Sectores	Seguridad de Riego (%) Capacidad de embalse		
	$150x10^6 m3$	$200x10^6 m3$	$250x10^6 m3$
CA1	83	89	94
CA2	83	89	94
CA3	75	81	89
CA4	67	72	83

Si además de las extracciones del canal Cachapoal-Maipo se consultara la construcción de la central hidroeléctrica Collicura ($200x10^3$Kw de potencia), las seguridades de riego se reducen considerándose aceptables las que se obtendrían para un embalse Collicura de $250x10^6 m3$.

Sectores	Seguridades de Riego (%) Capacidad de Embalse	
	$200x10^6 m3$	$250x10^6 m3$
CA1	81	86
CA2	81	86
CA3	75	81
CA4	69	78

Para un embalse Collicura de $200x10^6 m3$ de capacidad, consultándose la construcción de la central hidroeléctrica, pero sin las extracciones del canal Cachapoal-Maipo, las seguridades de los 4 sectores de esta hoya aumentan a 94%.

En el "Uso Recomendado del Suelo" se ha considerado para los 4 sectores de esta hoya una superficie total destinada a frutales y viñas de 50.380 hás. En todos los casos antes señalados esta superficie puede regarse con seguridad superior a 97%. (*)

Queda pendiente para el futuro y una vez que se decida la alternativa más conveniente para esta hoya, un estudio sobre la distribución que debe darse a los derechos de agua entre los distintos sectores a objeto de obtener una repartición más uniforme entre ellos de las aguas de riego.

Hoya Río Claro de Rengo.-

Considerando en operación el proyecto de la Dirección de Riego para la parte alta de esta hoya, mediante la Laguna Los Cristales, se obtiene las siguientes seguridades de riego para los sectores CL1 (primera sección del río Claro de Rengo) y CL2 (segunda sección del río Claro de Rengo):

Sector	Superficie de Riego Hás.	Seguridad de Riego %
CL1	6.150	85%
CL2	6.400	Mayor de 97%

(*) En los 35 años estadísticos considerados se riega siempre la totalidad de esta superficie.

La superficie de frutales y viñas propuesta para los dos sectores de esta hoya en el uso recomendado del suelo de 5.651 hás. tendría garantizado su riego con una seguridad superior al 97%.

Hoya Estero Zamorano:

Considerando sólo los recursos propios de este estero sería posible regar sus sectores ZA1 (primera sección del Estero Zamorano) y ZA2 (segunda sección del Estero Zamorano), con las siguientes seguridades de riego:

Sector	Superficie de Riego (Hás.)	Seguridad de Riego %	Superficie Regada (Hás) con 85% de Seguridad
ZA1	2.590	94	2.590
ZA2	12.570	-	5.010

Para resolver el problema de falta de recursos de agua del sector ZA2 se ha considerado el canal de trasvase Tinguiririca-Zamorano (4 Km. de longitud y 10 m3/seg. de capacidad máxima). Incluyendo la operación de este canal de trasvase la seguridad de riego del sector ZA2 aumenta a 85%. Bajo estas condiciones sería posible regar en toda la hoya, con seguridad superior a 97%, una superficie de 4.940 Hás. En el uso recomendado del suelo se propuso para esta hoya una superficie de frutales y viñas de 4.919 Hás.

Al igual que para la hoya del río Cachapoal, deberá estudiarse en el futuro el reparto más adecuado de los derechos de aguas entre los dos sectores a objeto de obtener una distribución más uniforme de las aguas de riego.

Hoya Río Tinguiririca:

Bajo las condiciones futuras los recursos de agua de esta hoya permitirían regar sus 3 sectores, TI1 (zona alta ribera derecha río Tinguiririca), TI2 (Zona alta ribera izquierda río Tinguiririca) y TI3 (zona baja río Tinguiririca), con las siguientes seguridades de riego:

Sector	Superficie de Riego (Hás)	Seguridad de Riego (%)	Superficie Regada (Hás) con 85% de Seguridad
TI-1	15.410	89	15.410
TI-2	25.640	89	25.640
TI-3	21.820	36	1.250

En el uso recomendado del suelo se ha propuesto para los sectores TI-1 y TI-2, en conjunto, una superficie de frutales y viñas de 16.516 hás. En estos sectores sería posible regar con seguridad superior a 97% una superficie de 34.290 hás.

Para resolver el problema de riego del sector TI-3 se consulta un trasvase proveniente desde el sur, desde el proyectado embalse de Convento Viejo.

Este trasvase reduce naturalmente los recursos de agua disponibles para los terrenos de nuevo riego del sector CV-1. Se considera prioritario el regadío de TI-3 antes que las áreas de nuevo riego de CV-1 por tratarse de suelos de mejor calidad y que cuentan con infraestructura de riego.

La capacidad recomendada para este trasvase es de 16 m3/seg. (5 m3/seg. a través del canal existente Las Trancas y 11 m3/seg. a través de un nuevo canal proyectado), quedando bajo sus aguas una superficie de 16.210 hás. correspondientes a la parte baja del sector TI-3. La parte alta de este sector 5.610 hás. se ha verificado que pueden ser regadas en conjunto con los sectores TI-1 y TI-2, mediante los propios recursos del río Tinguiririca, con una seguridad de riego de 89%.

Considerando el trasvase referido la parte baja del sector TI-3 tendría una seguridad de riego de 80% a 82% según que la capacidad de regulación en Convento Viejo u otros embalses sea en total de 456×10^6 m3 o 600×10^6 m3.

Existe otra alternativa para mejorar el riego del sector TI-3, sin necesidad de recurrir al trasvase Convento Viejo-Tinguiririca.

Esta otra alternativa consistiría en regular las aguas del río Tinguiririca en un embalse situado en el río Claro en la inmediata vecindad de su confluencia con el río Tinguiririca. Con una capacidad de regulación de 100 x 10^6m3 podría darse una seguridad de riego al sector TI-3 de 81%. Desafortunadamente las condiciones físicas del lugar no parecen favorables para la implantación de una presa del tipo requerido.

Hoya del Estero Chimbarongo:

Se ha designado sector CV-1 al situado aguas abajo del proyectado embalse Convento Viejo. Este sector cuenta con una superficie total de riego de 89.710 hás. correspondiendo 38.430 hás. a riego actual y 51.280 hás. a terrenos de nuevo riego actualmente de secano. Se indican a continuación las condiciones futuras de riego de este sector para la capacidad de 456 x 10^6m3 consideradas para el proyecto Convento Viejo y para otra capacidad mayor de 600 x 10^6 m3. Se indica tambien la influencia del trasvase Convento Viejo-Tinguiririca, tanto para el caso que éste sea nulo como para la capacidad recomendada de 16 m3/seg.

Capacidad Embalse C.Viejo	Superficie Regada con 85% de Segur. (hás). Capacidad Trasvase C. VIejo - Tinguiririca	
	0 m3/seg.	16 m3/seg.
456 x 10^6 m3	71.000	59.000
600 x 10^6 m3 (*)	84.500	77.500

(*): Los 600 x $10^6 m^3$ podrían obtenerse con la capacidad actual considerada para Convento Viejo, más otros embalses situados en el área de nuevo riego.

Estos resultados incluyen tanto la operación del canal de trasvase Tinguiririca-Zamorano, ya referido anteriormente, como un nuevo canal de trasvase Tinguiririca-Chimbarongo (5 km.de longitud y 15 m3/seg. de capacidad máxima), destinado a complementar los recursos de agua del embalse Convento Viejo. La eliminación de este último trasvase, fundamentalmente aguas de invierno, reduce la seguridad de riego del sector CV-1 en un 6%.

Si se elimina el trasvase Tinguiririca-Zamorano podría regarse totalmente el sector con a lo menos un 85% de seguridad, considerando un embalse Convento Viejo de alrededor de 600 x 10^6 m3 y siempre que no se efectuara el trasvase Convento Viejo-Tinguiririca.

Aún cuando los trasvases Tinguiririca-Zamorano y Convento Viejo-Tinguiririca reducen el área de nuevo riego del proyecto Convento Viejo, se consideran prioritarios debido a que tanto el sector ZA2 y TI3 cuentan con infraestructura de riego existente y sus suelos son de mejor calidad que los correspondientes a las áreas de nuevo riego del proyecto Convento Viejo.

La solución recomendada sería :

- Embalse Convento Viejo 600 x 10^6 m3
- Trasvase Tinguiririca-Chimbarongo 15 m3/seg. de capacidad.
- Trasvase Tinguiririca-Zamorano 10 m3/seg. de capacidad.
- Trasvase Convento Viejo-Tinguiririca 16 m3/seg de capacidad.
- Superficie de riego sector CV-1, con 85% de seguridad, 77.500 hás.

Regadío Yali-Alhué:

Podría efectuarse utilizando exclusivamente excedentes de invierno de la hoya del río Cachapoal sin afectar el regadío de sus propios sectores.

Se requeriría una capacidad de aducción de 15 m3/seg. y una capacidad anual de regulación en la zona del Yali de 166 x 10^6 m3.

Si se consideran las extracciones del canal Cachapoal-Maipo aún habría excedentes de invierno disponibles para Yali-Alhué, con la misma capacidad de aducción y siempre que se contara con una regulación interanual de 315 x 10^6 m3.

En estos dos casos la totalidad de la superficie disponible, 21.450 hás. se regaría con 85% de seguridad.

Cabe considerar que la regulación interanual considerada podría efectuarse aprovechando para ello la Laguna de Aculeo.

Generación Hidroeléctrica:

Se indica a continuación la energía media anual que se produciría en las centrales hidroeléctricas de la hoya para distintas alternativas de aprovechamiento de los recursos hídricos.

Alternativas	Generación Media Anual 10^6 KWH
. Sin embalse Collicura	1.880
. Con embalse Collicura sólo para riego de la propia hoya.	1.814
. Con embalse Collicura y extracciones canal Cachapoal Maipo	1.768
. Con embalse Collicura, con extracciones canal Cachapoal-Maipo y Central Collicura.	2.463

Condiciones Totales de Riego de la Hoya:

Las superficies medias probables de la hoya (esperanza matemática de la superficie regada), se indican a continuación como una relación (k) respecto de la superficie total de riego de la hoya (293.490 hás.)

Alternativas	Coeficiente "k"
0.- Situación actual	0,74
1.- Situación actual más proyecto Convento Viejo	0,93
2.- Situación futura, con Convento Viejo sin Collicura	0,94
3.- Situación futura, con Convento Viejo, con Collicura 150×10^6 m3.	0,97
4.- Situación futura, con Convento Viejo, con Collicura 200×10^6 m3, con Central Hidroeléctrica con extracción Canal Cachapoal-Maipo.	0,93

2.5.2. Evaluación Económica.-

En este capítulo se efectuó una evaluación económica para las principales alternativas que caben considerar para la Hoya del Río Rapel.

Esta evaluación económica se ha efectuado bajo dos condiciones, una a nivel de precios de mercado, evaluación privada y otra considerando precios sociales, evaluación social, todo ello de acuerdo con las instrucciones señaladas para este efecto por ODEPLAN.

Todos los antecedentes básicos considerados en esta evaluación en lo que se refiere tanto a las condiciones de operación de cada una de las alternativas, como a todos los costos y beneficios que involucra cada una de ellas, han sido obtenidos de nuestros informes "Operación del Sistema Rapel", "Evaluación de Obras" y "Conclusiones del Plan Integral".

Para la comparación de alternativas se han utilizado los siguientes indicadores económicos: Valor Actual Neto (V.A.N.), Tasa Interna de Retorno (T.I.R.) y Razón Beneficios Costos (B/C).

Además de las alternativas consideradas para el conjunto de la hoya del río Rapel, se ha efectuado un análisis separado para la evaluación económica del regadío de la zona del Yali que si bien se encuentra situado fuera de la hoya del Rapel podría realizarse

con aguas de invierno del río Cachapoal. Esta evaluación puede hacerse separadamente de la hoya del río Rapel debido a que no presenta ninguna interferencia con el aprovechamiento de los recursos de dicha hoya.

De todas las alternativas analizadas la mejor es la Nº 2, tanto a precio de mercado como a costo social, que consulta la tecnificación del regadío de toda la hoya, la aplicación del uso recomendado de los suelos, la construcción del embalse Convento Viejo y los canales de trasvase Tinguiririca-Chimbarongo, Tinguiririca-Zamorano y Convento Viejo-Tinguiririca. La regulación necesaria para el proyecto Convento Viejo sería de 600 x 10^6 m3 que puede obtenerse totalmente en el embalse Convento Viejo, o bien, distribuída en otros embalses de la zona de nuevo riego de este proyecto.

Los indicadores económicos obtenidos para esta alternativa Nº 2 son los siguientes, tanto a precio de mercado como a costo social (para tasa de interés 11% a precio de mercado y 17% a costo social):

Indicador	Precio de Mercado	Costo Social
V.A.N.(millones US$)	302	335
B/C	1.31	1.70
T.I.R.	19,0%	34,5%

Sólo en el caso en que se consideran precios de mercado y tasa de interés del orden del 8%, la alternativa Nº 4 supera a la Nº 2. La alternativa Nº 4 incluye las mismas obras que la Nº 2, pero agrega el embalse Collicura de 200 x 10^6 m3 de capacidad y la central hidroeléctrica Collicura de 200.000 kw de potencia.

Debe descartarse la construcción del embalse Collicura destinado únicamente a mejorar el regadío de la hoya del río Cachapoal por cuanto desmejora todos los indicadores económicos de la alternativa Nº 2.

El proyecto Convento Viejo, evaluado separadamente, se presenta como muy favorable. Sus indicadores económicos para las mismas tasas de interés referidas anteriormente, son los siguientes:

Indicadores	Precio de Mercado	Costo Social
V.A.N. (millones US$)	112	65
B/C	1,54	1,55
T.I.R.	17,5%	23,6%

El embalse Collicura sobre el río Cachapoal podrá justificarse más adelante cuando se evalúen los beneficios que podría singnificar un trasvase de recursos desde la hoya del río Cachapoal a la del río Maipo. La evaluación económica de esta alternativa no se ha efectuado por exceder los límites del presente trabajo.

El proyecto para el regadío Yali-Alhué basado en una aducción desarrollada por el valle del río Cachapoal y regulación local de las aguas en la zona de Yali-Alhué, presenta los siguientes indicadores económicos, a precios de mercado y costo social, para tasas de interés de 11% y 17% respectivamente.

Indicadores	Precio de Mercado	Costo Social
V.A.N. (millones US$)	13	40
B/C	1,08	1,47
T.I.R.	12%	30%

De acuerdo con estos valores el regadío Yali-Alhué difícilmente se justifica a precios de mercado, pero se justificaría al considerar el criterio de costo social.

3.- R E C O M E N D A C I O N E S

Se presentan a continuación las principales recomendaciones que se deducen del trabajo realizado tanto en relación con medidas que deben adoptarse en la hoya como con estudios adicionales y obras que deben ejecutarse.

3.1. Medidas por adoptar.-

La Dirección General de Aguas deberá procurar la constitución de Juntas de Vigilancia y Asociaciones de Canalistas en todas aquellas secciones de cauces de agua que no las posean en la actualidad y regularizar el funcionamiento de las existentes.

La Dirección General de Aguas debe exigir de los regantes la construcción de obras definitivas de tomas para los grandes canales que captan en cursos naturales, provistos de adecuados elementos de aforo y de control.

La Dirección General de Aguas deberá procurar también que se mantenga un control permanente sobre los volúmenes de agua captados por los canales de regadío desde los cauces naturales.

- Deberá establecerse una estación de control fluviométrico en la cabecera del Estero Antivero, en lo posible inmediatamente antes de las bocatomas de los primeros canales de riego.
- Deben ubicarse lugares adecuados e instalar rutas de medición de nieves que puedan tener un carácter permanente. Actualmente, prácticamente no se cuenta con información de este tipo para esta hoya.
- Debe procurarse poner al día toda la información con que cuenta la Dirección General de Aguas sobre parámetros del clima y que a la fecha no se encuentran traducida. No debe suspenderse el control y observación de instrumentos que controlan determinados parámetros mientras no se cuente con estadística para cada uno de ellos de a lo menos 5 años de longitud.
- Debe definirse una red para el control de niveles de agua en pozos de observación y deberá continuarse con la observación de dichos niveles, suspendida hace algunos años atrás, los que deben efectuarse, si es posible, mensualmente o bien a lo menos dos o tres veces por año en épocas preestablecidas.
- Debe establecerse la obligatoriedad de los usuarios de mantener un control permanente de los volúmenes de agua subterránea obtenidos desde pozos de captación.
- Debe considerarse con primera prioridad como fuente

de abastecimiento de agua potable los recursos existentes de aguas subterráneas para todos los pueblos y ciudades de la hoya. Específicamente para el caso de la ciudad de Rancagua deberá considerarse este recurso para su abastecimiento futuro.

- Deberán aprovecharse todas las oportunidades en que se construyan nuevos sondajes en la hoya para exigir pruebas de agotamiento adecuadas que permitan mejorar el conocimiento que actualmente se tiene de los coeficientes elásticos de los acuíferos. De ser posible deberán además efectuarse pruebas de agotamientos adicionales, debidamente controladas en pozos existentes previamente seleccionados.
- No deben otorgarse nuevas mercedes de aprovechamiento de aguas subterráneas en el Estero Alhué mientras no se efectúe un estudio detallado de las condiciones actuales de alimentación y descarga de dichos acuíferos.
- Debe programarse la ejecución sistemática y periódica de corridas de aforos para el control de todos los cauces naturales y bocatomas de canales. Estas corridas deberían efectuarse mensualmente durante algunos años y constituyen un valioso antecedente tanto para el conocimiento de tasas efectivas o consumos netos como operación de alimentación y descarga de los acuíferos.
- Debe establecerse una red permanente para el control de la calidad de las aguas principalmente en la parte

alta y media del río Cachapoal. Deben efectuarse controles permanentes y sistemáticos en dicha red por cuanto en la actualidad sólo se cuenta con información aislada y no sistemática.

- Debe efectuarse un control permanente de la contaminación que produce la minería en el río Cachapoal. En particular caben considerar aspectos tales como:
  - La canoa de relaves de la mina El Teniente, que en algunos tramos se encuentra en malas condiciones, debe repararse.
  - Es necesario interceptar totalmente las aguas lluvias en torno a los embalses de relaves, pues al incorporarse a los cauces después de pasar por aquellos, incorporan contaminación.
  - Es necesario ubicar las filtraciones de las presas de relaves y analizar su influencia en los esteros receptores.
  - Es necesario individualizar el impacto contaminante de la pequeña mina Juanita que no cuenta con elementos de tratamiento.
  - Es conveniente la adquisición de instrumentos tales como espectro fotómetro de absorción atómica, electrodos iónicos, medidores específicos, etc. para el control de cobre, molibdeno, hierro y arsénico.
- Los antecedentes que se incluyeron en este trabajo sobre la infraestructura agrícola de la hoya deberán ser corroborados más adelante una vez que se conozcan los datos del censo del año 1975.

- En general, se puede decir que en los terrenos de buena calidad (clase 1 y clase 2), los cuales ocupan el 63,8% del área estudiada, se recomienda un uso intensivo de la tierra basado en cultivos permanentes (frutales y viñas) y en cultivos anuales (chacras, cultivos industriales, hortalizas, etc.). Para los terrenos de regular calidad, (clase 3 y clase 4), los cuales ocupan el 31,4% del área estudiada se recomienda un uso extensivo de la tierra basado en praderas artificiales y en algunos cultivos anuales en su rotación (cereales, hortalizas, etc). Todo esto, asociado a un buen manejo y técnicas adecuadas, llevaría a un considerable aumento de la producción.
- Se requiere desarrollar programas de asistencia técnica que beneficien a los agricultores de la hoya tanto en la puesta en riego y tecnificación del regadío como en el planteamiento de programas de desarrollo agrícola.
- Fomento de un programa crediticio para desarrollo parcelario y adquisición de maquinarias agrícolas por los usuarios o asociaciones de canalistas.
- En programas futuros tanto crediticios como de asistencia técnica deberá tenerse en cuenta que del total de viviendas rurales de la hoya un 24,6% deben ser refaccionadas y un 25,5% deben ser reemplazadas totalmente.

- Programar la selección de " áreas piloto " en las cuales se pueda aplicar una adecuada tecnificación del regadío y un conveniente desarrollo agrícola, todo lo cual pueda servir como efecto demostrativo obteniendo respuestas técnicas y económicas que puedan ponerse en práctica posteriormente en gran escala.

3.2.- Estudios y obras a realizar.-

- Se requiere efectuar en la hoya un estudio de racionalización del regadío que consulte con primera prioridad una redistribución de los derechos de agua existentes, teniendo en cuenta el beneficio general de la hoya y no de áreas individuales. Debe consultarse estudiar la unificación de muchos canales y bocatomas existentes.
- Debe efectuarse un estudio de factibilidad definitivo a objeto de poner en marcha la tecnificación del regadío de toda el área de riego de la hoya, asimismo debe incluirse en este estudio la aplicación del plan de desarrollo agrícola propuesto y uso de la tierra recomendados.
- Complementar los estudios existentes con uno de factibilidad técnico - económico para el drenaje de algunas áreas situadas dentro de las zo -

- nas detectadas con problemas de este tipo. Debe incluirse además el análisis de obras de defensa contra inundaciones.
- Se recomienda que en el proyecto Convento Viejo se incluya el trasvase Tinguiririca-Zamorano (10 m3/seg) para mejorar el regadío de la segunda sección de dicho estero, el trasvase Convento Viejo-Tinguiririca (16 m3/seg.) para mejorar el regadío de la zona baja del río Tinguiririca y el trasvase Tinguiririca-Chimbarongo (15 m3/seg) destinado a complementar los recursos de invierno del embalse Convento Viejo.
- El proyecto de regadío Convento Viejo requiere una capacidad total de regulación del orden de por lo menos 600 x 10^6 m3. Ella podría obtenerse íntegramente en el embalse Convento Viejo o bien complementar éste con otras regulaciones locales en el área de nuevo riego del proyecto.
- Para la capacidad de regulación señalada en el proyecto Convento Viejo, la superficie de riego del sector denominado CV1 (aguas abajo del embalse) sería de 77.500 Hás. Con estas condiciones las superficies de nuevo riego de este proyecto serían del orden de 39.000 Hás.
- Debe efectuarse un estudio de factibilidad técnica para analizar la construcción del embalse Collicura. Si bien este embalse no se justifica sólo con la finalidad de mejorar el regadío de la

hoya del río Cachapoal, se presenta como alternativa de alto interés para el trasvase de recursos de agua desde la hoya del río Cachapoal a la del río Maipo.

- Debe efectuarse una evaluación económica de los beneficios correspondientes al trasvase Cachapoal Maipo a objeto de permitir una decisión definitiva sobre la conveniencia de construir el embalse Collicura.
- El mejoramiento del regadío de la parte baja del río Cachapoal (sector CA4) no resulta conveniente económicamente mediante el embalse Collicura a no ser que este último tenga también por finalidad el trasvase de recursos a la hoya del río Maipo. En el análisis económico que se realice de dicho trasvase deberá incluirse también el mejoramiento del regadío del sector CA4.
- Debe estudiarse también, como alternativa, el mejoramiento del regadío del sector CA4 con recursos de agua provenientes de más al sur de la hoya del río Rapel.
- Debe darse término al proyecto de la Dirección de Riego para el regadío del valle del río Claro de Rengo.

ANEXO FOTOGRAFICO

Se presenta a continuación un conjunto de fotografías tomadas durante el período de ejecución del estudio y que corresponden, en general, a algunos de los lugares donde se consultan diferentes obras de anteproyecto, como también a distintas zonas representativas de la explotación agrícola del área.

De este modo se acompañan vistas de los siguientes lugares correspondientes a anteproyectos de obra :

- Regadío Yali-Alhué
  - . Alternativa con Regulación Local
  - . Alternativa con Regulación en Aculeo
- Embalse Collicura
- Canal Tinguiririca-Antivero
- Regadío Zona alta La Laguna de San Vicente de Tagua Tagua
- Canal Tinguiririca-Convento Viejo
- Canal Convento Viejo-Tinguiririca

Referente a las zonas representativas de la explotación agrícola, figuran vistas de las plantaciones de manzanos, naranjos, paltos y parronales; como también de praderas artificiales y naturales, de cultivos de tomates, arroz, tabaco y de instalaciones de packing de frutas.

Adjunto a cada fotografía se acompaña una leyenda explicativa de su contenido.

REGADIO YALI-ALHUE

1. ALTERNATIVA CON REGULACION LOCAL

Foto 1.1.- Junta río Cachapoal y estero Cadenas. Bocatoma Canal Cachapoal-Yali. Vista desde aguas arriba.

Foto 1.2.- Junta río Cachapoal y estero Cadenas. (Punta de Cortez)

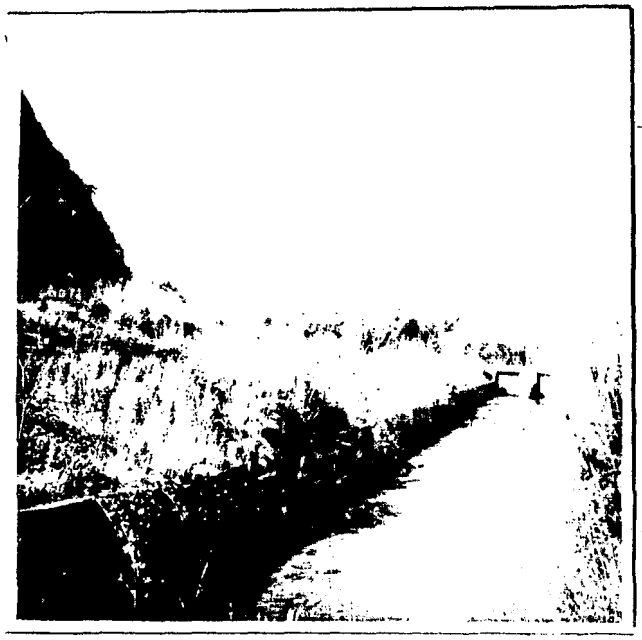


Foto 1.3.- Junta río Cachapoal y estero Cadenas. Bocatoma y canal existente.

Foto 1.4.-
Cerros en que se ha trazado el Canal Cachapoal-Yali.

Foto 1.5.- Laderas que recorre el trazado del Canal Cachapoal-Yali.

Foto 1.6.-
Entrada Túnel Caren.
Canal Cachapoal-Yali.

Foto 1.7.- Salida Túnel Caren. Canal Cachapoal-Yali.

Foto 1.8.- Bocatoma Caren. Canal Cachapoal-Yali 2º Tramo.

Foto 1.9.- Valle de Alhué. Zona de Riego. Vista Parcial.

Foto 1.10.-
Vista general de la zona del Muro del Embalse y Sifón Alhué.

Foto 1.11.-
Embalse y Sifón Alhué. Estribo Norte.

Foto 1.12.-
Valle de Alhué. Zona de Riego.

Foto 1.13.-
Embalse Las Palmas.
Zona de inundación.

Foto 1.14.-
Embalse Las Palmas.
Estribo Norte.

Foto 1.15.-
Valle Yali. Zona de
Riego, Embalse Las
Palmas.

REGADIO YALI-ALHUE

2.- ALTERNATIVA CON REGULACION EN ACULEO

Foto 2.1.-
Río Cachapoal. Bocatoma Canal Cachapoal-Codegua.

Foto 2.2.-
Río Cachapoal. Bocatoma Canal Cachapoal-Codegua.

Foto 2.3.-
Terrenos que atraviesa trazado de Canal Cachapoal-Codegua.

Foto 2.4.-
Estero Seco. Zona de cruce de trazado de Canal Cachapoal-Codegua.

Foto 2.5.-
Estero Codegua. Zona de llegada de Canal Cachapoal-Codegua.

Foto 2.6.-
Estero Angostura. Bocatoma Canal Angostura-Aculeo.

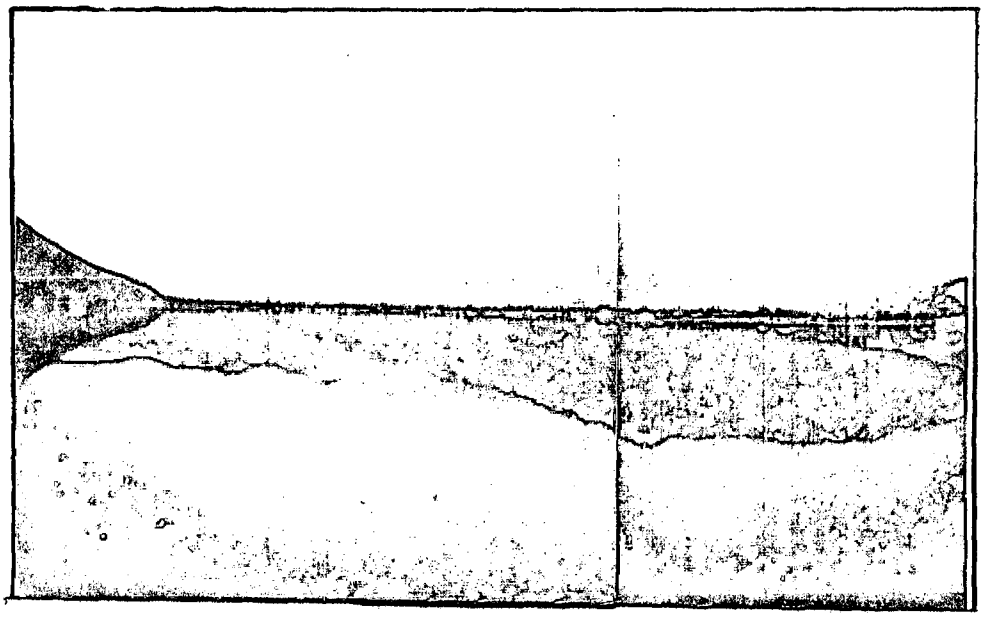


Foto 2.7.- Embalse Aculeo.
Vista panorámica de zona de
muro y Laguna.

Foto 2.8.- Laguna de Aculeo.
Zona de Balneario.

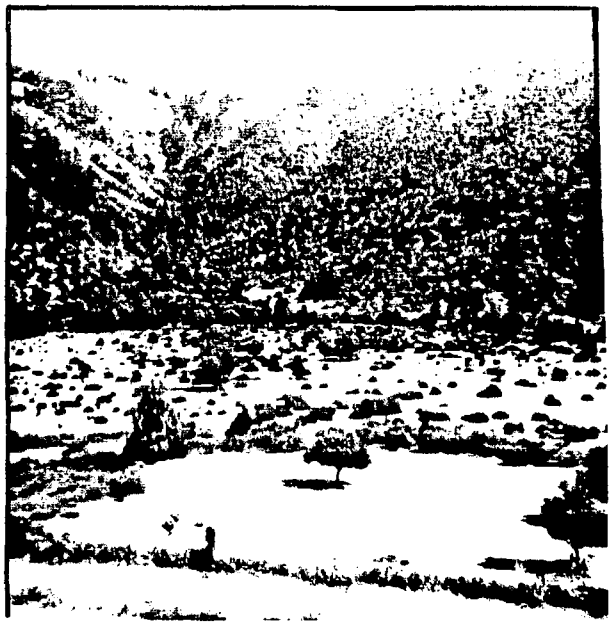


Foto 2.9.-
Entrada a Túnel Aculeo.
Canal Aculeo-Yali.

Foto 2.10.-
Salida de Túnel Aculeo.
Canal Aculeo-Yali.

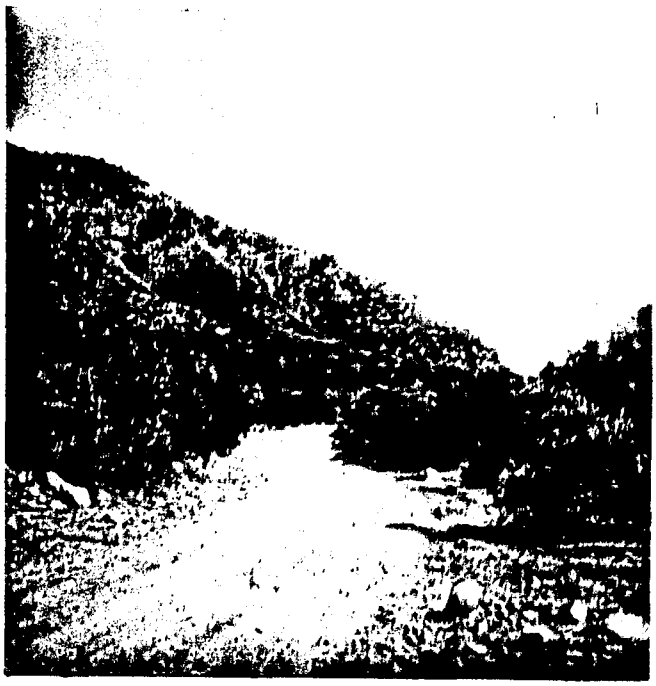


Foto 2.11.-
Ladera en que va trazado
de Canal Aculeo-Yali.

Foto 2.12
Entrada a Túnel
Cuesta Vieja.
Canal Aculeo-Yali.

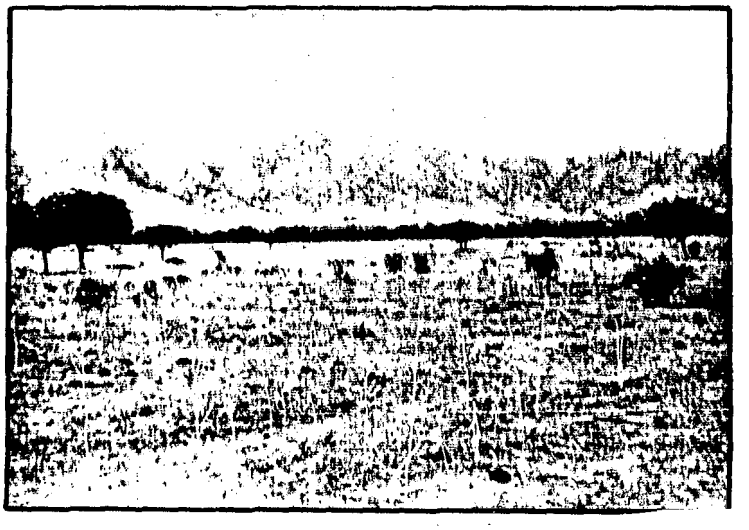


Foto 2.13
Cerros en que va
trazado de Canal
Aculeo-Yali.

Foto 2.14
Cerros que atraviesa
Túnel Loma Angostura.
Canal Aculeo-Yali.

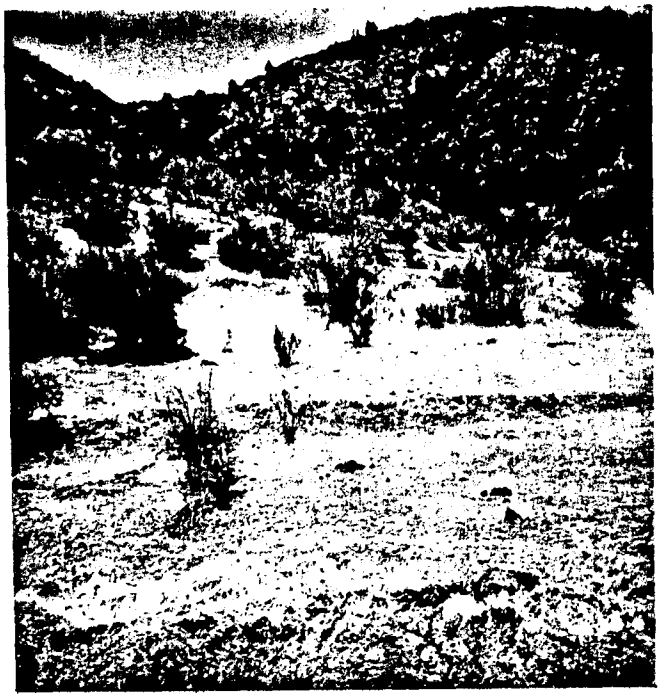


Foto 2.15.-
Salida de Túnel
El Membrillo.
Canal Aculeo-Yali.

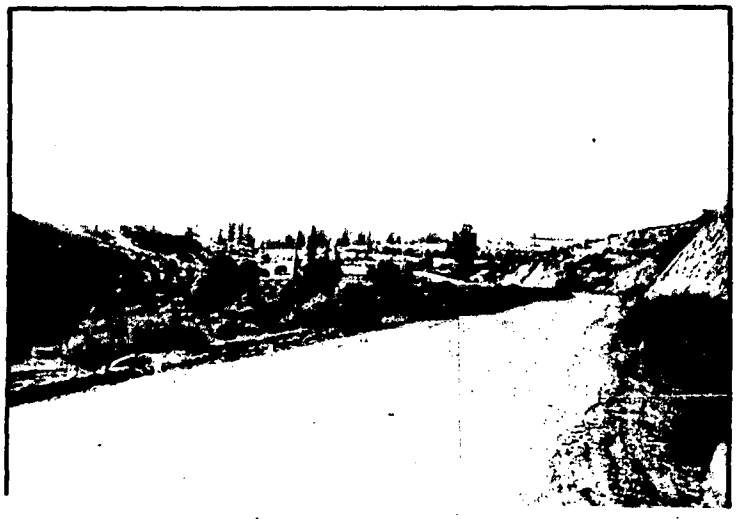


Foto 2.16.-
Valle Yali. Zona de
Riego. Vista Panorámica.

Foto 2.17.-
Estación Longovilo de
ENTEL. Valle de Yali,
Zona de Riego.

EMBALSE COLLICURA

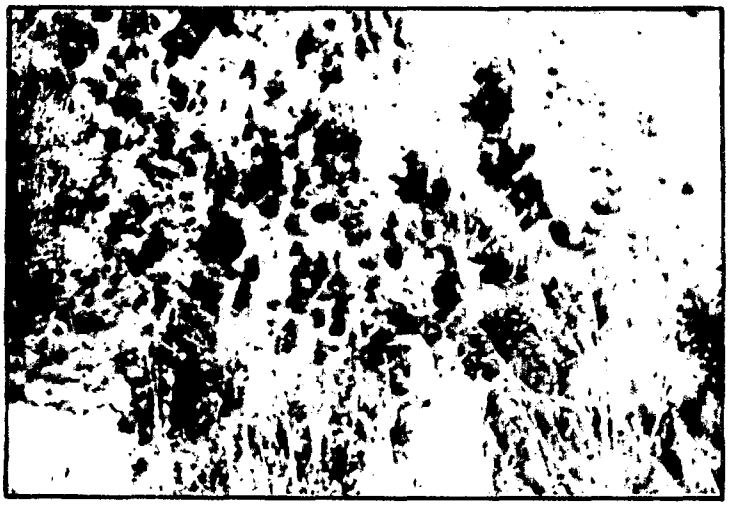


Foto 1.-
Embalse Collicura.
Estribo Sur.

Foto 2.- Integrantes de la Comisión Nacional de Riego y Personal de Agro Ipla en zona de Embalse Collicura.

Foto 3.-
Cerros típicos en las inmediaciones del Embalse Collicura.

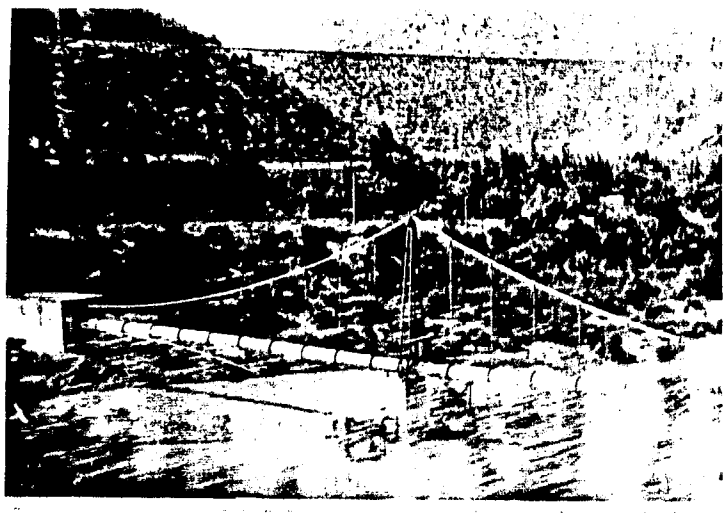


Foto 4.-
Río Cachapoal Aguas arriba de Central Sauzalito.

Foto 5.-
Central Sauzalito.

Foto 6.-
Central Sauzalito.

CANAL TINGUIRIRICA - ANTIVERO

Foto 1.-
Río Tinguiririca.
Bocatoma Canal Tinguiririca-Antivero.

Foto 2.-
Río Tinguiririca.Bocatoma
Canal Tinguiririca-Antivero.
Vista general.

Foto 3.-
Terrenos que atraviesa
trazado de Canal Tinguiririca-Antivero.

REGADIO ZONA ALTA LA LAGUNA DE
SAN VICENTE DE TAGUA-TAGUA

Foto 1.-
Estero Antivero.
Bocatoma Canal
La Laguna.

Foto 2.-
Estero Antivero.
Bocatoma Canal
La Laguna. Vista
Superior.

Foto 3.-
Laderas en que va
trazado de Canal
La Laguna.

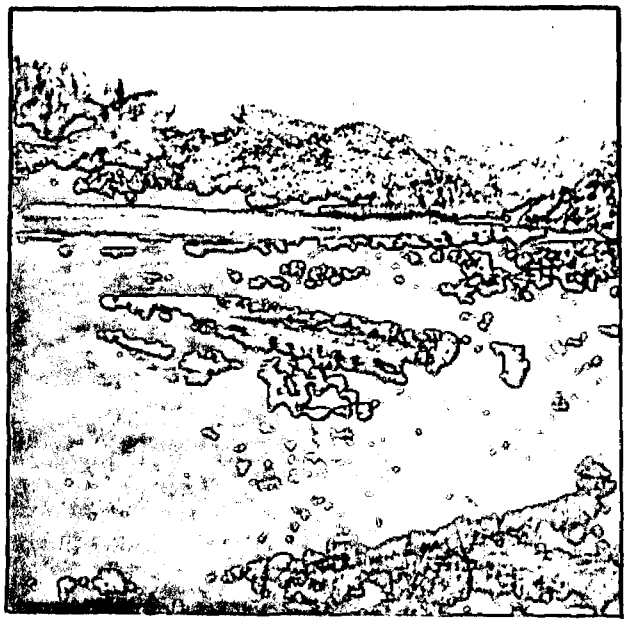
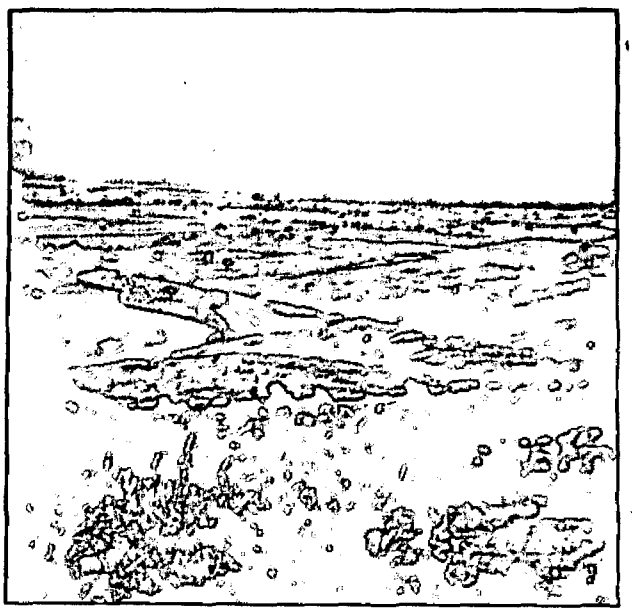


Foto 4.-
Tranque San Hernán o
Las Pataguas.
(Existente).

Foto 5.-
Zona de Riego. Zona
Alta La Laguna de
San Vicente de Tagua-
Tagua.



CANAL TINGUIRIRICA - CONVENTO VIEJO

Foto 1.-
Río Tinguiririca.
Bocatoma Canal Tinguiririca-Convento Viejo.

Foto 2.-
Canal San Juan (Existente).
Utilizado como cauce por Canal Tinguiririca-Convento Viejo.

Foto 3.-
Embalse Convento Viejo (en construcción).

CANAL CONVENTO VIEJO-TINGUIRIRICA

Foto 1.-
Embalse Convento Viejo (en construcción).

Foto 2.-
Canal Convento Viejo-Tinguiririca a la salida del embalse (en construcción).

Foto 3.-
Túnel El Toro de Canal Convento Viejo-Tinguiririca (construído).

Foto 4.-
Túnel Puquillay (construído). Canal Convento Viejo-Tinguiririca.

Foto 5.-
Estero Truncalemu. Bocatoma Canal Truncalemu-Tinguiririca

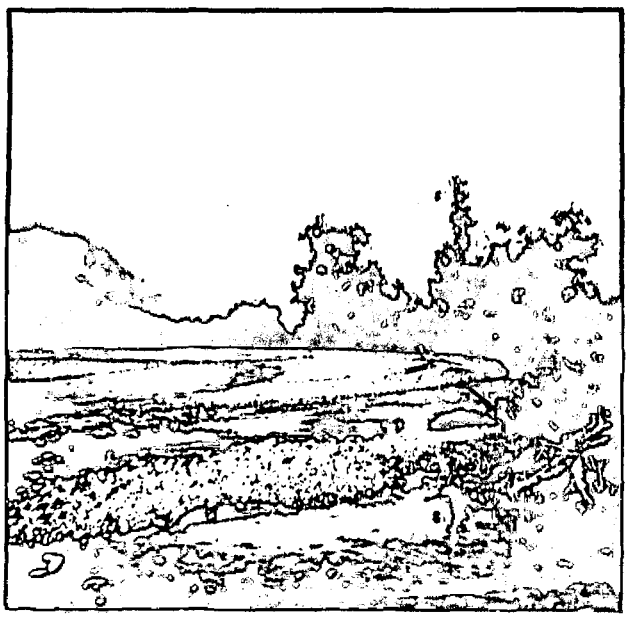


Foto 6.-
Río Tinguiririca. Llegada Canal Truncalemu-Tinguiririca.

Foto 7.-
Canal Las Trancas (existente). Puente de Ferrocarril a Pichilemu.

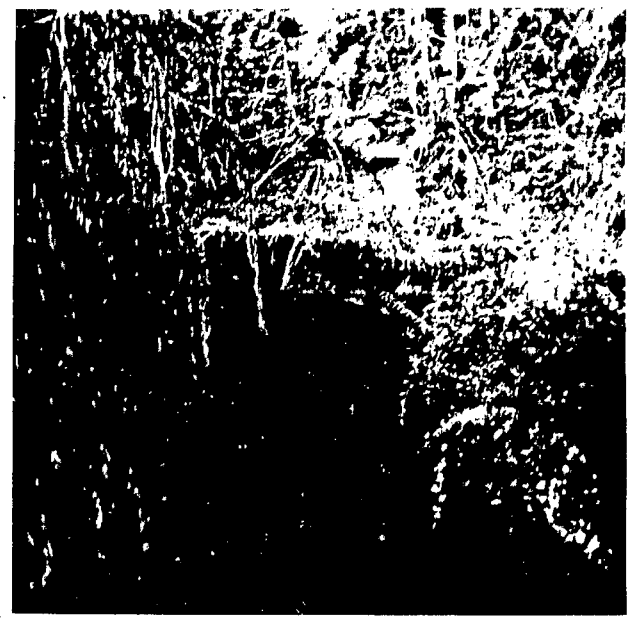


Foto 8.-
Canal Las Trancas (existente). Acueducto en Camino San Fernando-Pichilemu (cerca de Sta.Cruz).

Foto 9.-
Valle del Tinguiririca. Zona de Riego bajo Embalse Convento Viejo.

Foto 1.-
Huerto de Manzano Granny Smith en formación. San Fco. de Mostazal.

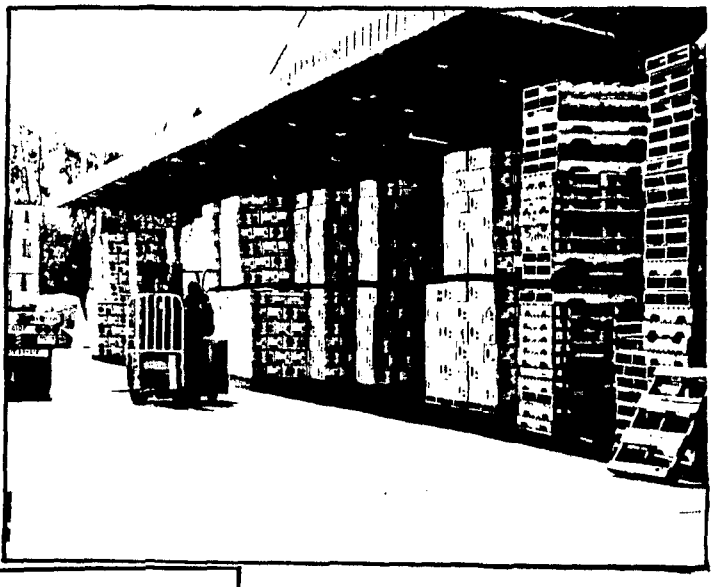


Foto 2.-
Packing de frutas para el mercado interno y de exportación. Requínoa.

Foto 3.-
Máquina seleccionadora de manzanas. Requínoa.

Foto 4.-
Huerto de naranjos de 2 años. San Vicente de Tagua-Tagua.

Foto 5.-
Huerto de naranjos en formación. Malloa.

Foto 6.-
Huerto de paltos con limoneros entre hileras. Pichidegua.

Foto 7.-
Pradera natural de riego. Camino El Huique.

Foto 8.-
Pradera artificial degradada de trébol rosado. San Fernando.

Foto 9.-
Pradera natural dedicada al pastoreo extensivo. Chimbarongo.

Foto 10.-
Cosecha de arroz.
Santa Cruz.

Foto 11.-
Cultivo de tabaco.
San Fernando.

Foto 12.-
Cultivo de tomate
alambrado. Rancagua.

Foto 13.-
Planta de vid.
1 año. Graneros.

Foto 14.-
Parronal español
recién establecido.
Graneros.

Foto 15.-
Parronal con
cultivo de trébol
entre hileras.
Rengo.

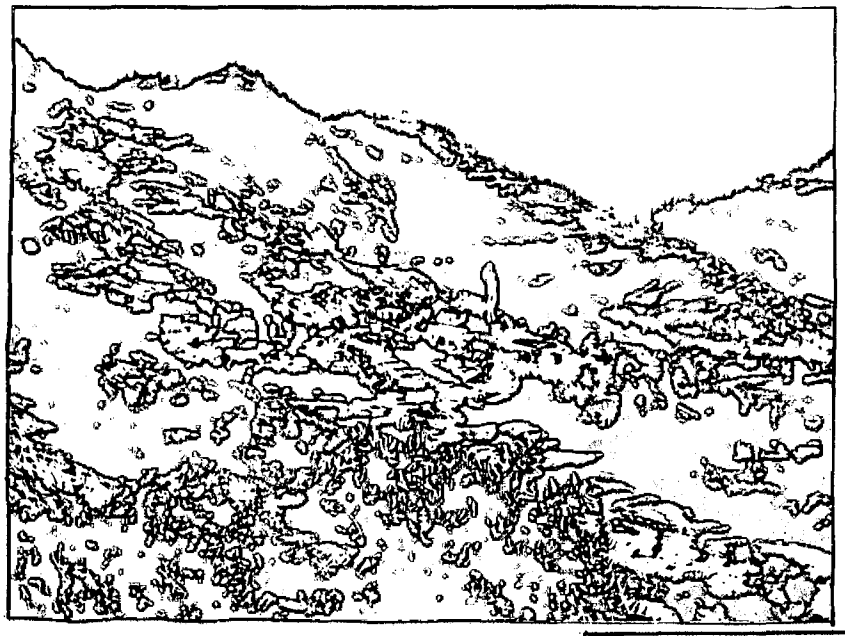


Foto 16.-
Límite sur del secano provincia de Colchagua.

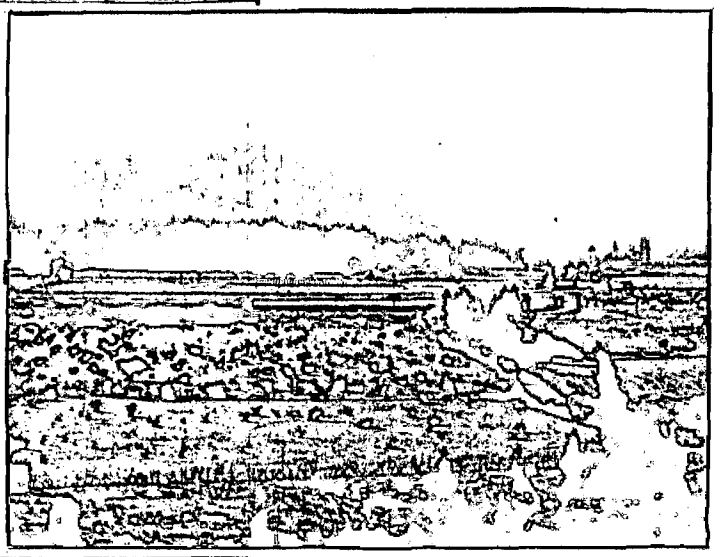


Foto 17.-
Secano cercano a Santa Cruz.

Foto 18.-
Pradera natural de secano. Sta. Cruz.