



## COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO

### ESTUDIO DE PERFIL



## “MEJORAMIENTO DEL RIEGO DE LA CUENCA DEL RÍO TENO, REGIÓN DEL MAULE”

ABRIL – 2011

## INDICE

1.	INTRODUCCIÓN .....	4
2.	CARACTERIZACIÓN ZONA DE ESTUDIO .....	6
3.	ANTECEDENTES Y ESTUDIOS RELACIONADOS AL PROYECTO .....	8
4.	DESCRIPCIÓN Y SITUACIÓN ACTUAL DEL VALLE .....	10
4.1	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA DE PROYECTO .....	10
4.1.1	Clima y Distritos Agroclimáticos .....	10
4.1.2	Principales Variables Agroclimáticas para los Distritos del Área de Estudio .....	12
4.1.3	Estudios de Suelos .....	18
4.1.4	Situación Productiva Actual Optimizada: .....	21
5.	SITUACIÓN FUTURA DEL VALLE CON PROYECTO .....	24
5.1	ESTRUCTURA DE LA SITUACIÓN CON PROYECTO .....	24
6.	DEMANDA HÍDRICA .....	33
6.1	ANTECEDENTES BÁSICOS .....	33
6.2	EVAPOTRANSPIRACIÓN DE CULTIVO (ETC) .....	33
6.3	EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL (ETP) .....	33
6.4	COEFICIENTES DE CULTIVO (KC) .....	34
6.5	DEMANDA HÍDRICA NETA (DHN) .....	36
6.6	TASA DE RIEGO POR CULTIVO .....	38
6.7	DEMANDAS DE AGUA TOTALES .....	39
6.8	CONCLUSIONES .....	40
7.	ESTUDIOS BÁSICOS .....	42
7.1	HIDROLOGÍA DEL RÍO TENO Y SUS AFLUENTES .....	42
7.1.1	Introducción y Objetivos .....	42
7.1.2	Recopilación de Información Estadística .....	42
7.1.3	Serie de Caudales Afluentes al Embalse .....	43
7.1.4	Curvas de Duración General y Variación Estacional de Caudales .....	45
7.1.5	Análisis de Crecidas .....	47
7.2	ASPECTOS LEGALES DEL RECURSO HÍDRICO .....	47
7.3	GEOLOGÍA Y GEOTECNIA .....	51
7.3.1	Geología 51	
7.3.2	Marco Geológico Regional .....	51
8.	ANÁLISIS Y FUNDAMENTACIÓN DEL PROYECTO .....	54



---

9.	PROYECTO DE PRESA Y OBRAS ANEXAS.....	55
9.1	INTRODUCCIÓN .....	55
9.2	ALTERNATIVAS DE PRESA .....	56
9.3	COSTOS DE LAS OBRAS.....	57
10.	BENEFICIOS AGROECONÓMICOS DEL PROYECTO .....	59
10.1	METODOLOGÍA DE TRABAJO .....	59
11.	EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO .....	54
11.1	COSTOS INDIRECTOS DEL PROYECTO .....	54
11.1.1	Operación de las Obras y Mantenimiento y Mitigación Ambiental .....	54
11.1.2	Costos Asociados al Sector Agropecuario .....	54
11.2	CRITERIOS DE EVALUACIÓN UTILIZADOS.....	55
11.3	OTROS CRITERIOS CONSIDERADOS EN LA EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	55
11.4	BENEFICIOS ADICIONALES DEL PROYECTO.....	59
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	61

## 1. INTRODUCCIÓN

En 1977 la COMISION NACIONAL DE RIEGO - CNR - a través de la empresa CICA – Comunidad de Ingenieros Consultores Asociados, desarrolló el Estudio Integral de Riego de la Cuenca del Río Mataquito, a nivel de prefactibilidad, el cual mostró que la mayor parte de los suelos susceptibles de ser regados en el área del presente estudio de perfil se encuentran bajo canal. Esta superficie correspondía a 99.026 ha, de las cuales 62.323 ha presentan escaso o ningún déficit de agua para fines de riego. Respecto al área restante, con un gran déficit de agua, debe destacarse que corresponde casi en su totalidad (35.304 ha) a la cuenca del río Teno, donde este déficit se traduce en un volumen de cerca de  $50 \times 10^6 \text{ m}^3$  para el año con 50% de probabilidad de excedencia y cercano a los  $130 \times 10^6 \text{ m}^3$  para un año con 85% de probabilidad de excedencia.

El estudio mencionado planteaba tres alternativas para cubrir el referido déficit:

- 1) Explotación del agua subterránea
- 2) Regulación nocturna
- 3) Regulación interanual

Análisis posteriores de estas posibilidades descartaron las dos primeras alternativas, recomendando la construcción de una obra de ingeniería de porte que permita la regulación interanual de los caudales. Inclusive, el estudio de CICA-CNR proponía y analizaba posibles alternativas para ubicación de los embalses, tanto en el propio río Teno como en afluentes.

Consciente de esta situación, la DIRECCION DE OBRAS HIDRAULICAS, en ese entonces DIRECCION DE RIEGO, inició a mediados de 1992 el estudio denominado Embalses de Regulación Cuenca Río Mataquito, VII Región a través de la empresa GEOTECNICA CONSULTORES Ltda. En dicho estudio se analizaron una serie de embalses para regular las aguas del río Teno o de sus afluentes. Entre estas alternativas se encontraba el embalse Ciprés.

A pesar que los resultados en términos económicos no fueron muy prometedores, a finales del año 2000 la Dirección de Obras Hidráulicas decide iniciar el Estudio de Prefactibilidad del Embalse Ciprés, con el objetivo de profundizar los estudios antes realizados. Este intento fue suspendido por la DOH, debido a la rentabilidad negativa obtenida de una evaluación económica, que debió incorporar los costos de la obra de impermeabilización que debía ejecutarse en el subsuelo (Pared Moldeada), resultado de los sondeos efectuados. Los indicadores fueron los siguientes:

Escenario de Evaluación		VAN (miles \$) (12%)	TIR	N/K	PR
Superficie Regada en Situación Actual (Sectores de Riego 1 al 8, más 1b)	51.854,00 ha				
Superficie Regada en Situación Actual (Sectores de Nuevo Riego 1a, 2a, 2b, 5a, 5b)	2.773,85 ha				
Superficie Regada en Situación Actual con Seguridad 85%	31.505,13 ha				
Superficie Regada en Situación Futura	55.161,49 ha	-146.357.853,4		0,47	16
Superficie que incrementa su Seguridad de Riego	20.349,59 ha				
Superficie de Nuevo Riego	3.306,77 ha				
Cota de Coronamiento	650,00 m.s.n.m.				
Centrales Ciprés y Guaiquiquillo	no				

Tabla 1-1 Indicadores Económicos Embalse El Ciprés (Fichtner – DOH – 2001)



Conciente de la realidad del valle y la urgente necesidad de los agricultores por disponer de seguridad de riego para sus cultivos, la Comisión Nacional de Riego, estudio nuevamente los indicadores de rentabilidad del Proyecto Embalse El Ciprés, los cuales evaluados con las nuevas tasas de interés utilizadas por Mideplan 6%, entregó resultados positivos para el ,royecto a pesar las condiciones de impermeabilización que debían efectuarse.

Por lo anterior, el presente Estudio de Perfil retoma los trabajos iniciados por la DOH y complementa la información recopilada con datos actualizados. En forma adicional además de proponer la alternativa El Ciprés como embalse de regulación, agrega dos alternativas más para que sean estudiados a nivel de Perfil y posteriormente en función de los indicadores de rentabilidad obtenidos puedan pasar a ser estudiadas a nivel de prefactibilidad.

## 2. CARACTERIZACIÓN ZONA DE ESTUDIO

El área del proyecto se encuentra en la zona central de Chile, casi en su totalidad en la VII Región, provincia de Curicó, aproximadamente 170 km al sur de Santiago, y abarca las comunas de Teno y Romeral en su totalidad y parcialmente las de Rauco y Curicó. Comprende además, un pequeño sector de la comuna de Chimbarongo, provincia de Colchagua, VI Región.

El área de proyecto posee buenas vías de acceso y las vías internas son, en general, aceptables.

La ciudad de Curicó, principal centro comercial del área estudiada, se encuentra 190 km al sur de Santiago y 350 km al norte de Concepción, principales mercados internos de la agricultura regional. Los puertos de salida para los productos de exportación son Valparaíso y San Antonio, distantes 320 y 270 km de Curicó respectivamente. Además, como alternativas de embarque, puede disponerse de los puertos vecinos a Concepción, como Lirquén, Talcahuano y San Vicente.

En términos geográficos, el proyecto se localiza entre los paralelos 34°47' y 35°00' de latitud Sur y entre los meridianos 70°48' y 71°22' de longitud Oeste (Ver Fig. N°1) y su elevación fluctúa entre 160 y 650 m s.n.m.

El eje del estudio lo constituye el río Teno, desde su nacimiento en la Cordillera de Los Andes hasta su confluencia con el río Lontué, formando el río Mataquito. El río Teno tiene régimen pluvio-nival, con caudales abundantes en años lluviosos e insuficientes en años secos.

Los rasgos geomorfológicos que caracterizan el área del proyecto son la Cordillera de Los Andes y la Depresión Intermedia del Valle Central.

La Cordillera de Los Andes se presenta notoriamente disminuida en altitud, si se compara con el resto de la zona central, con un promedio apenas superior a los 3.000 m s.n.m. La excepción la constituyen algunos volcanes y nevados, como el Peteroa (4.090 m.s.n.m.) y el Planchón (4.023 m s.n.m.).

La Depresión Intermedia corresponde al amplio valle longitudinal de origen aluvial con suaves lomajes y fértiles tierras, especiales para la agricultura.

Esta área cuenta con una superficie aproximada de 64.000 ha y sus límites naturales, conforme se muestra en la Figura N° 2-1, son:

Norte	: esteros Chimbarongo y Tilicura-Comalle
Oriente	: río Claro y estero El Manzano
Sur	: camino Curicó-Zapallar
Poniente	: cordones montañosos de los cerros Traiguén, Pan de Azúcar y Quinta, más la rinconada de Meneses y Navarro al poniente de estos cerros.



### 3. ANTECEDENTES Y ESTUDIOS RELACIONADOS AL PROYECTO

Existen diversos antecedentes recopilados por una gran cantidad de estudios desarrollados en la zona, pero sin duda el más importante lo constituye el estudio desarrollado por GEOTECNICA CONSULTORES LTDA. para la DOH en 1994, que se incluye en listado que se presenta a continuación junto otros antecedentes de interés para el presente Perfil.

Otro estudio de importancia, lo constituye la Prefactibilidad del Embalse El Ciprés, el cual fue interrumpido debido a los resultados geológico – geotécnicos encontrados al momento de desarrollar las prospecciones en terreno.

Estudios Base para el presente Perfil:

- Estudio de Prefactibilidad Construcción Embalse El Ciprés, VII Región, Fitcher Ingenieros Consultores Ltda, Enero 2001.
- Consultoría OME-28: Embalses de Regulación Cuenca Río Mataquito, VII Región, Prefactibilidad. Geotécnica Consultores Ltda., 1994.
- Estudio Integral de Riego de la Cuenca del Río Mataquito, Prefactibilidad. CICA-CNR, 1977
- Embalse Valle Río Teno, VII Región, CIAPEP, 1992

Estudio de Apoyo y Complementarios.

- Información de Suelos de CIREN-CORFO, considerando estudios para toda la VII Región, actualizados a 1999.
- Informes sobre sondajes realizados por la Dirección de Obras Hidráulicas, 1999/2000.
- Derechos de Agua, D.G.A. y Asociación de Canalistas del Río Teno.
- Determinación de las Pérdidas que se Producen en el Lecho del Río Teno. Tesis para optar al título de Ingeniero. Dpto. de Ingeniería, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile. J. Arrau, 1949.
- Nieves y Glaciar de Chile. Fundamentos de Glaciología. Ediciones de la Universidad de Chile, Lliboutry, L., 1956.
- Reconocimiento geológico de la Cordillera de los Andes entre los paralelos 35° y 38° latitud sur. Publicación N° 24 Instituto de Geología, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, González, O., y Vergara, M., 1962.
- Geología del área de las nacientes del Teno, Provincia de Curicó, Chile. Tesis para optar al título de geólogo. Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, Davidson, J., 1971.
- A Quaternary Volcanic Mudflow (lahar) down the Claro and Teno Valleys from Planchon Volcano. Internat. Symp. Volcanol., Santiago Abstracts of papers, pp. 14-15, Davidson, J., 1974.
- Soluciones para Mejorar el Riego del Valle del Teno, Gastón Mahave M, 1992
- Información de Suelos de CIREN-CORFO, considerando estudios para toda la VII Región, actualizados a 1999.
- Productos CIREN (Rol de Extracto Agrícola, Catastro Frutícola, etc)
- Distritos Agroclimáticos de la VII Región, CIREN.

- Actualización del Catastro de Usuarios para Regulación de Derechos de Agua en la Hoya del Río Teno, REG/MOP-DGA, 1982
- Diversas estadísticas y estudios sobre situación agropecuaria, ODEPA, INE, IANSA, CCT
- Lahar del Teno. Consideraciones sobre su Mecanismo de Transporte, Actas III, Congreso Geológico Chileno, R. Fuenzalida, 1992
- Geología, Volcanismos y Sedimentos Piroclásticos Cuaternarios de la Región Central y Sur de Chile, H. Moreno y J. Varela, 1985
- Estadísticas hidrológica DGA.
- Antecedentes proporcionados por la Organización de Regantes.
- Información Climatológica y Agroclimatológica del Atlas Agroclimático de Chile, VI a IX Regiones. Universidad de Chile. F. Santibáñez, 1993
- VI Censo Nacional Agropecuario, en su versión 1997 o a su última actualización
- Listado de propiedades rurales del sector, S.I.I. Considera nombre del propietario, N° de Rol del predio y superficie.
- Estadísticas de precios de productos agrícolas, elaborada por ODEPA
- Estadísticas de precios de productos agrícolas, elaborada por el SAG (SIPRE)
- Antecedentes recopilados entre los agricultores del sector
- Estadísticas fluviométricas y pluviométricas, D.G.A
- Cartografía correspondiente a cartas regulares del I.G.M.
- Estadísticas de Población y Viviendas del INE
- Estadísticas Serie CASEN de MIDEPLAN “Módulo Comunal VI a VIII Regiones” (a su última actualización)

## 4. DESCRIPCIÓN Y SITUACIÓN ACTUAL DEL VALLE

En base a los estudios desarrollados por la DOH (ex - Dirección de Riego) y consultas efectuadas a los mismos regantes representados por la Junta de Vigilancia del Río Teno y la Administración del río, además de una visita en terreno efectuada por profesionales de la CNR, se ha podido establecer la siguiente situación actual del valle:

### 4.1 Descripción General del Área de Proyecto

#### 4.1.1 Clima y Distritos Agroclimáticos

La región central del país está caracterizada por una situación climática del tipo mediterránea. Las lluvias procedentes de la incursión del frente polar activo, se presentan en la estación fría en cantidades y secuencias de episodios que aumentan gradualmente de N a S. Las temperaturas con rangos moderados de variación, registran sus máximos en la estación seca o de verano, de lo que resultan dos períodos claramente definidos: el de excedente hídrico, que transcurre entre mayo y septiembre y el de déficit hídrico, entre octubre y abril.

El clima de una determinada zona es el principal factor que define la adaptabilidad de una cierta especie, en cuanto a necesidades de acumulación de temperaturas, heladas y demandas hídricas. Cabe señalar que dentro de cada especie, existen variedades que se pueden adaptar en mayor o menor medida a las condiciones climáticas y agroclimáticas de un lugar, situación que define la expresión de su potencial productivo, bajo condiciones de suelo y manejo óptimas para cada una de ellas.

Dentro de cada zona climática, es posible identificar subsectores con características climáticas y agroclimáticas particulares, así como también condiciones locales definidas como microclimas. En el área de proyecto, se han reconocido subsectores con características agroclimáticas homogéneas, definidos como Distritos Agroclimáticos, los que serán caracterizados en detalle en el presente capítulo.

El área de estudio, comprende el extremo sur de la provincia de Colchagua y gran parte de la provincia de Curicó en las regiones VI y VII, respectivamente, presentando como eje central al río Teno.

En la Figura N° 4-1 se presenta el área de influencia del proyecto con la delimitación de los Distritos Agroclimáticos y sectores de riego del área de proyecto, los anteriores basados en el Proyecto del Embalse El Ciprés.

En dicha área, de acuerdo al Atlas Agroclimático de Chile, realizado por Santibáñez y Uribe (1993), se reconocen cinco Distritos Agroclimáticos denominados 76.4; 76.6; 76.7; 87.2 y 97.1 y cuyas variables climáticas y agroclimáticas anuales, se presentan en la Tabla N° 2.1

Los Distritos Agroclimáticos 76.4; 76.6 y 87.2 presentan un clima del tipo “templado mesotermal inferior estenotérmico mediterráneo semiárido” en posición de valle central, cuencas y quebradas costeras y precordillera. En el Distrito Agroclimático 76.7, el clima es del tipo “templado infratermal estenotérmico mediterráneo subhúmedo” ocupando posiciones de baja cordillera, mientras que el Distrito Agroclimático 97.1 presenta un clima del tipo “templado mesotermal inferior estenotérmico mediterráneo subhúmedo en posición de precordillera, valles y quebradas andinas. Es importante señalar que gran parte del área de proyecto, está dominada por los factores agroclimáticos de los Distritos 76.4 y 76.6.

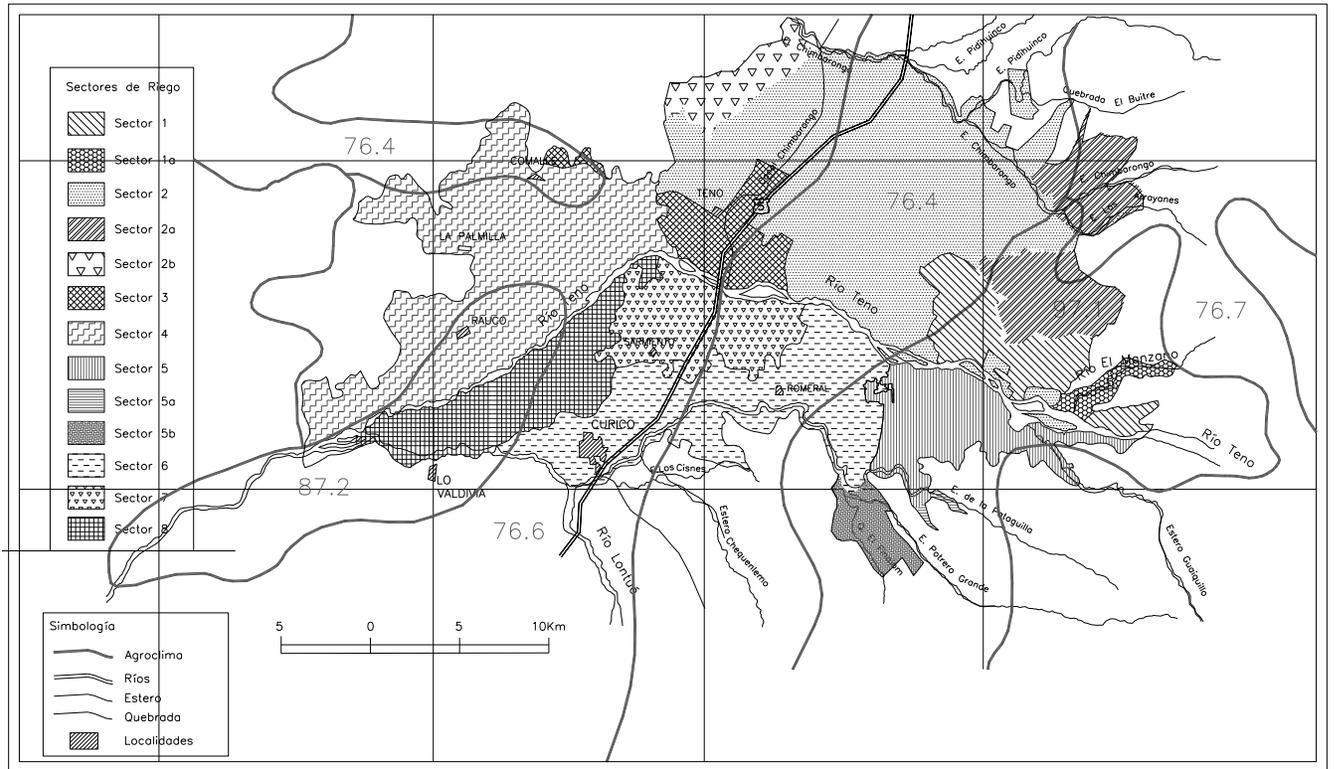


Fig. 4-1 Sectores de Riego por Distritos Agroclimáticos

Parámetros	Simbología	Distritos					Unidad
		76.4	76.6	76.7	87.2	97.1	
Temperatura Máxima de Enero	TXE	27,5	28,9	24,4	30,1	26,8	°C
Temperatura Mínima de Enero	TNE	10,6	11,6	7,7	12,1	10,1	°C
Temperatura Máxima de Julio	TXJ	11,9	13,0	8,8	12,8	10,8	°C
Temperatura Mínima de Julio	TNJ	4,1	4,2	2,9	4,0	4,2	°C
Radiación Solar de Enero	RSE	609	616	587	624	609	ly/día
Radiación Solar de Julio	RSJ	165	174	153	176	162	ly/día
Evapotranspiración Potencial Enero	ETE	185,0	188,0	171,0	192,0	183,0	Mm
Evapotranspiración Potencial Julio	ETJ	24,0	24,0	21,0	23,0	23,0	Mm
Humedad Relativa de Enero	HRE	60	61	54	60	58	%
Humedad Relativa de Julio	HRJ	83	85	65	88	78	%
Suma de Días Grado Anuales (base 10°C)	SDG	1.380	1.658	846	1.788	1.258	Días-grado
Suma Horas Frío/anual (base 7°C)	SHF	1.472	1.234	2.914	1.283	1.643	Horas
Fecha de la Primera Helada	PH	119	125	84	123	118	día/año
Fecha de la última Helada	UH	256	250	296	252	257	día/año
Período Libre de Heladas	PLH	219	239	136	231	216	día/año
Número Total de Heladas	NHT	12	10	31	12	11	Heladas/año
Número de Días Cálidos	DCAL	83	108	38	125	71	días/año
Período Seco	PSEC	7	7	5	7	5	Meses
Período Húmedo	PHUM	4	4	5	4	5	Meses
Precipitación Anual	PPA	859,0	753,0	1.473,0	837,0	1.315,0	mm
Evapotranspiración Potencial Anual	ETA	1.252,0	1.274,0	1.153,0	1.295,0	1.236,0	mm
Déficit Hídrico Anual	DEFH	-883,0	-927,0	-679,0	-911,0	-757,0	mm
Excedente Hídrico Anual	EXCH	489,0	406,0	1.000,0	454,0	836,0	mm
Índice de Humedad Invernal	IHI	5,18	4,52	9,96	4,95	8,04	Pp inv./Etp
Índice de Humedad Estival	IHE	0,07	0,06	0,14	0,08	0,13	Pp est./Etp
Índice de Humedad Anual	IHA	0,69	0,59	1,28	0,65	1,07	Pp anual/Etp anual
Período de Receso Vegetativo	PRV	3,68	3,05	5,55	3,00	4,64	Meses
Índice Global de Aridez	IGA	0,40	0,39	0,51	0,40	0,48	----

Tabla 4-1 Variables Climáticas y Agroclimáticas para los Distritos del Área de Estudio

La delimitación de los Distritos Agroclimáticos tiene como base los parámetros climáticos medidos en la red de estaciones meteorológicas pertenecientes tanto a la Dirección Meteorológica de Chile (D.M.C.) y a la Dirección General de Aguas (D.G.A.). Las estaciones consideradas en el Atlas Agroclimático de Chile (Santibáñez y Uribe, 1993) así como su ubicación en las regiones VI y VII, se presentan en la Figura N° 4-2

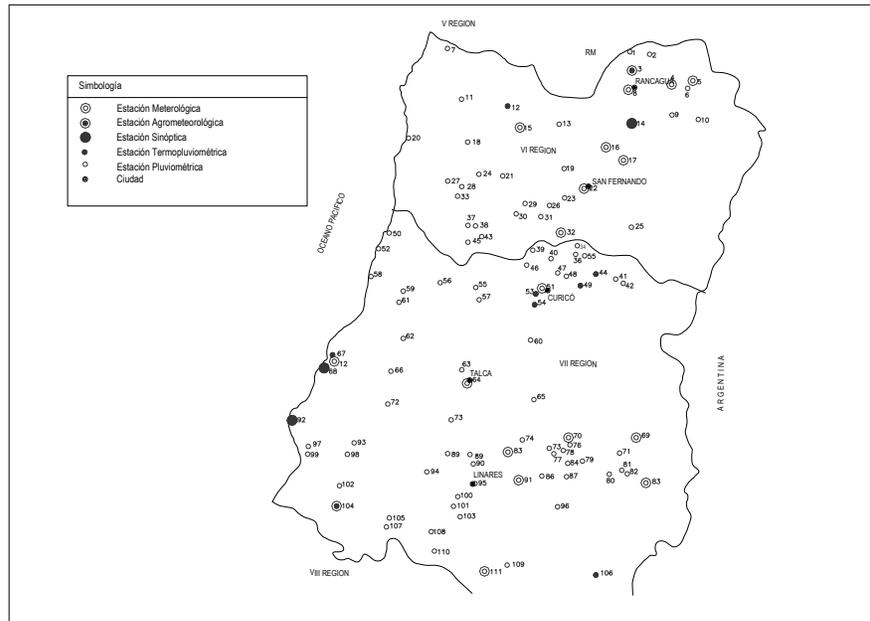


Fig. 4-2 Ubicación de Estaciones Climatológicas

#### 4.1.2 Principales Variables Agroclimáticas para los Distritos del Área de Estudio

Los factores agroclimáticos, tanto térmicos como hídricos, juegan un rol fundamental en el establecimiento y producción de las especies cultivables en un determinado lugar. Dentro de estos se pueden destacar la incidencia de heladas y su distribución anual, días-grado, horas de frío, precipitaciones y evapotranspiración potencial.

##### Heladas:

Se entiende por helada al descenso de la temperatura mínima por debajo de un umbral, en que el daño a las plantas es de carácter irreversible. El valor del umbral es muy variable y depende del grado de sensibilidad de cada especie o variedad, así como también del período fenológico en que se encuentre, por lo cual se emplea 0° C que corresponde al punto crioscópico del agua pura.

En las Figuras N° 4-3 y N° 4-4 se presenta la curva de variación anual del número de heladas tipo A (a nivel de cobertizo meteorológico; 1,5 m) y tipo B (próximo al suelo, <0,5 m) para los Distritos presentes en el área de proyecto.

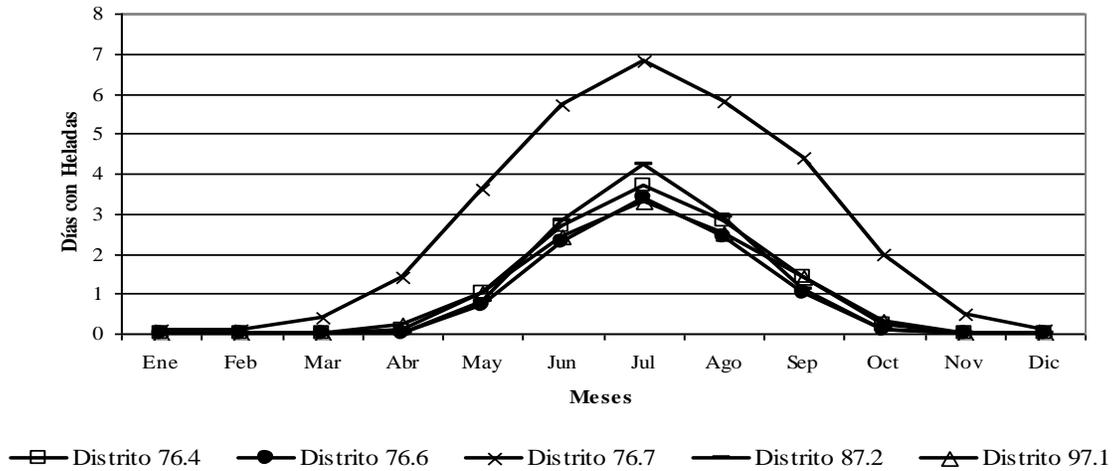


Fig. 4-3 Heladas Tipo A – Distritos Área de Estudio

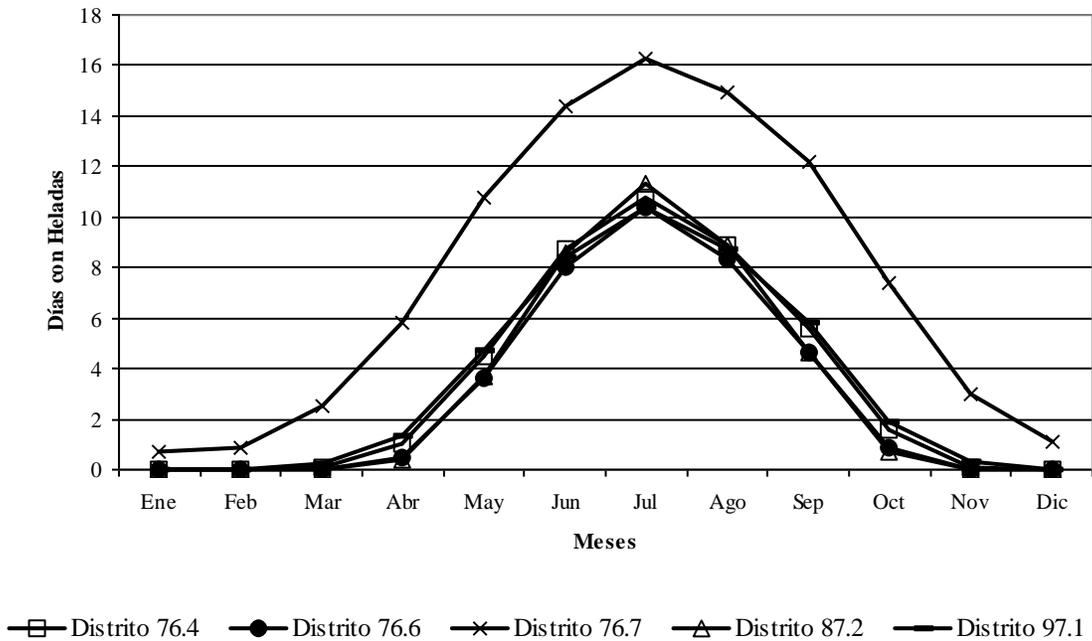


Fig. 4-4 Heladas Tipo B – Distritos Área de Estudio

De acuerdo a la Tabla N° 4-1, los Distritos Agroclimáticos presentan un promedio de entre 10 y 12 heladas por año del tipo A, las que se concentran principalmente entre los meses de junio y agosto, con un máximo en el mes de julio. Diferente es la situación del Distrito Agroclimático 76.7, ya que presenta prácticamente el triple de heladas tipo A comparada con el resto de los Distritos y éstas se concentran entre los meses de mayo y septiembre, también con un máximo que ocurre en el mes de julio.

Por otra parte, si consideramos las heladas tipo B, éstas se presentan en promedio entre 36 y 42 por año y para el Distrito 76.7 el número llega a 90 heladas por año, con la misma distribución anual que las heladas tipo A. Cabe señalar que la posibilidad de ocurrencia de heladas tipo A es desde el mes de abril hasta

octubre y las del tipo B se pueden dar desde marzo a noviembre. Para el Distrito 76.7 las posibilidades de ocurrencia de heladas tipo A y B están a lo largo de todo el año.

Lo anterior es de especial importancia si consideramos que las heladas tempranas, pueden producir daños en frutales que se cosechan en esta época y las heladas tardías afectan la fructificación de muchos cereales, períodos vegetativos en el establecimiento de hortalizas, así como también en los estados de formación de fruto en especies frutales.

Las heladas tipo A son un parámetro que permite conocer el riesgo que presentan las bajas temperaturas para la producción de frutales y viñas y las heladas tipo B son especialmente importantes en lo que se refiere a cultivos bajos y hortalizas. Un aspecto importante de señalar es que cada cultivo, sus respectivas variedades y cada uno de sus órganos, presentan diferentes umbrales de sensibilidad a las bajas temperaturas, dependiendo del período fenológico en que se encuentren.

La mayoría de las especies cultivables en el área de estudio, o no están presentes en el período invernal de mayor riesgo de heladas, o se encuentran en el período de receso vegetativo, lo que implica una alta resistencia a las heladas. En general y atendiendo a lo anterior, se espera que en el área de estudio no se produzcan mayores problemas en la producción agrícola por efecto de las heladas a excepción del Distrito 76.7.

#### Acumulación de Días-Grado:

Corresponde a la acumulación de temperaturas efectivas para el crecimiento, es decir, la temperatura media menos un umbral, siendo 10 °C, el valor más ampliamente usado como umbral térmico. Constituye un índice de disponibilidad de calor para el normal desarrollo de las especies vegetales. La mayor precocidad se obtendrá en los lugares con mayor acumulación térmica y la duración de cada fase fenológica estará determinada, más que por un cierto período de tiempo, por un determinado número de días grado.

En la Figura N° 4-5 se presenta la curva de acumulación anual de días-grado para los Distritos del Área de Estudio. La acumulación de temperaturas efectivas está por sobre los 1.250 días-grado, siendo menor a este valor la acumulación anual del Distrito 76.7.

Considerando la acumulación de días-grado en la mayoría de los Distritos, se puede decir que este factor agroclimático no ofrecería limitaciones para el establecimiento de especies vegetales de importancia agrícola.

#### Acumulación de Horas Frío

Son las horas anuales en que la temperatura del aire permanece por debajo de 7 °C y corresponde al umbral de sensibilidad para especies que presentan un período de dormancia invernal como parte de su ciclo anual. Este parámetro es de especial interés en el establecimiento de especies frutales de climas templados fríos.

La acumulación efectiva de horas frío, para la mayoría de las especies cultivables, se considera desde mayo a diciembre. Este parámetro presenta valores sobre las 1.000 HF, valor por sobre los requerimientos mínimos de las principales especies cultivables, por lo que este parámetro no constituye una limitante para

su establecimiento. Por otra parte, la gran gama de variedades existentes para las distintas especies cultivables, hacen que los requerimientos de frío sean cada vez menores.

En la Figura N° 4-6, se presenta la curva de acumulación de horas frío para los Distritos Agroclimáticos presentes en el área de estudio.

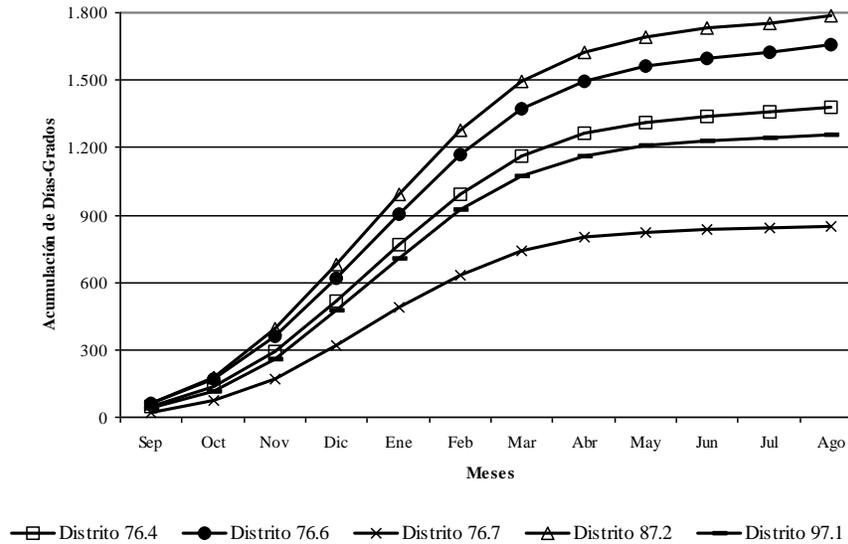


Fig. 4-5 Acumulación de Días Grado – Zona de Estudio

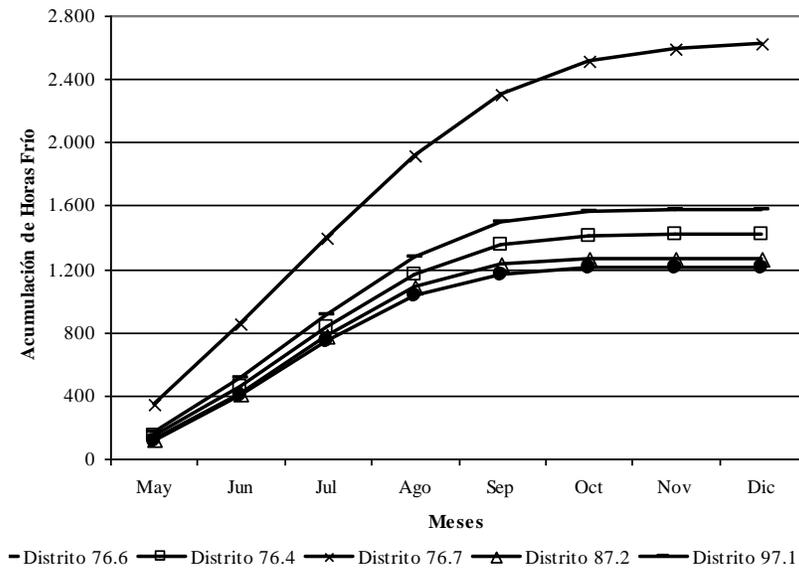


Fig. 4-6 Acumulación de Horas Frío – Zona de Estudio

## Precipitación

Las precipitaciones, junto con la evapotranspiración potencial, determinan las necesidades de riego de las distintas especies cultivables en una determinada zona. Este balance genera que en un cierto período del año exista o no la necesidad de riego para satisfacer las demandas hídricas de los cultivos y lograr su pleno desarrollo y productividad.

El monto pluviométrico anual, así como su distribución mensual, es determinante en muchos lugares donde aún no es posible la implementación de algún sistema de riego. Lo anterior, es especialmente válido para cultivos de secano y praderas, que son la base de sustento en muchos sistemas de producción ganadera.

En la Figura N° 4-7 se presenta la curva de variación anual de las precipitaciones para los Distritos Agroclimáticos considerados. De acuerdo a lo observado en dicha curva, los montos pluviométricos entre 753 y 859 mm presentan una diferencia poco significativa entre los Distritos 76.4; 87.2 y 76.6; resultando ser mayores en los Distritos 97.1 y 76.7 con 1.315 y 1.473 mm anuales, lo que se debe principalmente a la posición de mayor altitud que presentan estos Distritos comparado con el resto.

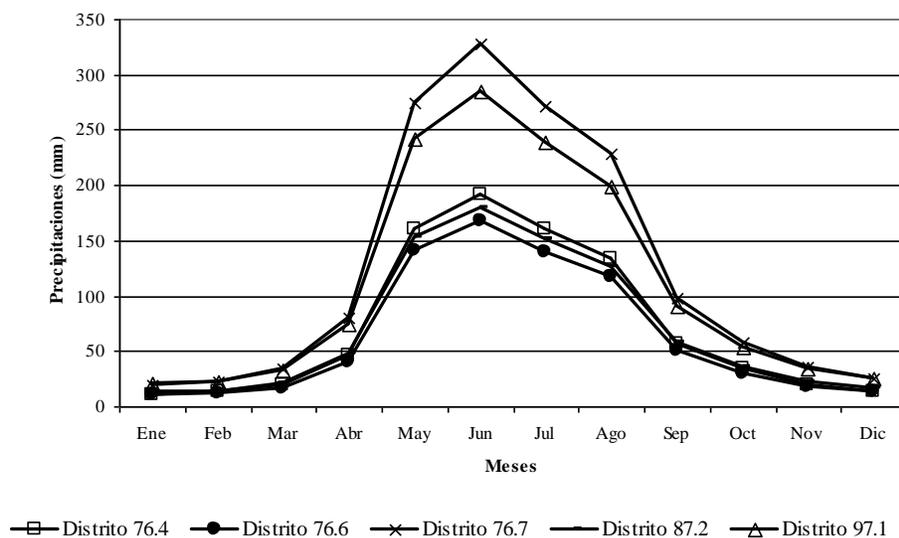


Fig. 4-7 Precipitaciones – Distritos Áreas de Estudios

En la totalidad de los Distritos Agroclimáticos, se observa la ocurrencia de precipitaciones a lo largo de todo el año, pero concentrándose entre los meses de mayo y julio con el mayor monto pluviométrico en el mes de corresponde a junio.

## Evapotranspiración Potencial

La evapotranspiración potencial (Etp), registra valores anuales que están en la mayor parte del área de estudio, entre los 1.236 mm y 1.290 mm. Los mayores montos de Etp se registran en los meses de verano presentando un máximo en enero y un valor mínimo en julio para todos los Distritos Agroclimáticos.

Es en los meses de verano en que las diferencias entre los montos de Etp de ambos Distritos se hacen más notorias, para posteriormente ser relativamente similares en los meses de invierno, según se advierte en la Figura N° En los meses de verano, los mayores montos de Etp se presentan en el Distrito 87.2, pero en general, al igual que con las precipitaciones, las diferencias entre los montos de Etp para la mayor parte de los Distritos son prácticamente mínimas.

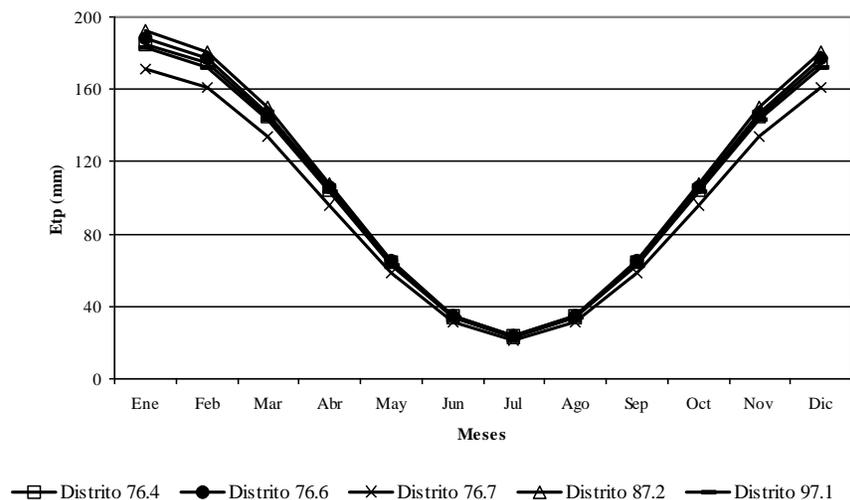


Fig. 4-8 Evapotranspiración Potencial - Distritos Áreas de Estudios

La Etp del mes de enero, que corresponde al mes de máxima demanda, es en promedio de 183,8 mm para el área de proyecto. Por otra parte, en julio ocurre la menor Etp siendo en promedio de 23 mm.

Las relaciones entre precipitaciones y Etp indican que en la mayor parte del área de proyecto, es posible definir 4 meses en que la precipitación supera a la Etp. Este lapso de tiempo se denomina período húmedo y es el número de meses por año en los cuales se satisfacen completamente los requerimientos de agua.

Además, debido a que los montos de Etp y precipitaciones anuales para los dos Distritos considerados son similares, el déficit hídrico anual también es similar, alcanzando valores que van entre los 883 mm y 927 mm para los Distritos 76.4; 76.6 y 87.2. Los Distritos 97.1 y 76.7 presentan un menor déficit hídrico debido a los mayores montos pluviométricos anuales que presentan comparados con los Distritos anteriores.

### Conclusiones al Estudio Agroclimático

En resumen, el área de estudio presenta en general, condiciones favorables para la mayoría de las especies cultivables que se desarrollan en climas templados. Sin embargo, las bajas temperaturas en los meses invernales y la posible ocurrencia de estas en los meses de primavera, limitarían en parte el desarrollo y producción de los cultivos más sensibles a las bajas temperaturas, situación que se presenta con mayor intensidad en el Distrito Agroclimático 76.7 donde uno de los principales factores restrictivos sería la ocurrencia de heladas.

### 4.1.3 Estudios de Suelos

Con la finalidad de reconocer el potencial productivo de los terrenos que serán beneficiados por el mejoramiento del canal, se procedió a la caracterización de los suelos que se ubican al interior de la proyectada envolvente de riego, y a la posterior interpretación de los parámetros allí descritos.

El área de interés se ubicó al interior de las comunas de Curicó, Romeral, Teno y Rauco, todas ellas pertenecientes a la provincia de Curicó, VII Región del Maule, y en la parte sur-oriente de la comuna de Chimbarongo, perteneciente a la VI Región del Libertador Bernardo O'Higgins.

Para la caracterización de los suelos se utilizó el informe de "Actualización, Complementación y Homogeneización de los Estudios de Suelos de la VII Región", preparado por CIREN-CORFO en 1999, el cual integra siete estudios realizados por diferentes instituciones, validándose en terreno la existencia de las unidades modales allí descritas. En aquellas unidades presentes en la comuna de Chimbarongo, se utilizó el informe homónimo de la VI Región.

Como resultado de esta caracterización se reconoció la existencia de 31 Series de Suelos, con sus correspondientes variaciones, las que coexisten con 3 unidades misceláneas y tres unidades no productivas (esteros, tranques y áreas urbanas). En conjunto, todas ellas cubren una superficie de 67.578 ha.

#### Capacidad de Uso de los Suelos:

La agrupación de los Suelos en Clase, Subclase y Unidades de Capacidad de Uso es una ordenación de los suelos existentes para señalar su relativa adaptabilidad a ciertos cultivos. Además, indica las dificultades y riesgos que se pueden presentar al usarlos. Está basada en la Capacidad de la Tierra para producir, señalando las limitaciones naturales de los suelos.

Las clases convencionales para definir las Clases de Capacidad de Uso son ocho, designándose con números romanos del I al VIII, ordenadas según sus crecientes limitaciones y riesgos en el uso.

A continuación en la Tabla N° 4-2 se resumen la Capacidad de Uso de los Suelos, considerando las Clases y Subclases de Capacidad de Uso presentes en el área de estudio.

De acuerdo a lo estudiado, los mejores suelos del área de estudio (Clases I y II de Capacidad de Uso) ocupan una superficie de 8.768,7 ha, equivalentes al 11,6% del total de suelos estudiados, en cambio los suelos agrícolas de mayor extensión están representados por suelos de Clase III de Capacidad de Uso, con 36.773,1 ha, equivalente al 48,5%.

La mayor restricción en estos últimos suelos, con cerca del 54,8% de participación lo constituye la restricción al drenaje, mientras que el segundo factor que limita el uso se asocia a la presencia de estratas pedregosas o bolsones de arena en el perfil.

En el caso de los Suelos de Clase IV, en el área se reconocieron 14.524,4 ha, equivalentes al 19,1% del total, debiéndose su restricción al uso a los problemas de estratas pedregosas, en el 83,8% de los casos, y al drenaje, en el 14,1% de ellos. Las restricciones por pendiente son insignificantes para esta clase de uso.

La suma de estas clases de Capacidad de Uso (I a IV) es de 60.066,2 ha, lo cual representa el 79,2% del área estudiada.

Subclase	Superficie	Porcentaje	Clase	Superficie (ha)	Porcentaje
I	2,218.60	2.92%	I	2,218.60	2.92%
IIs0	2,310.40	3.05%	II	6550.12	8.63%
IIs8	212.40	0.28%			
IIw2	4,027.32	5.31%			
IIIIs0	10,920.40	14.39%			
IIIIs3	113.90	0.15%	III	36,773.10	48.47%
IIIIs8	5,572.40	7.35%			
IIIw2	4,220.90	5.56%			
IIIw3	74.60	0.10%			
IIIw8	15,870.90	20.92%			
IVs0	3,262.70	4.30%			
IVs8	8,910.90	11.75%			
IVw2	212.50	0.28%			
IVw5	239.60	0.32%			
IVw8	1,598.20	2.11%			
IVe1	300.50	0.40%			
VIIs0	64.90	0.09%	VI	1,336.40	1.76%
VIe1	1,271.50	1.68%			
VIIIs0	489.20	0.64%	VII	11,992.50	15.81%
VIIIs4	721.30	0.95%			
VIIw2	44.40	0.06%			
VIIe1	10,737.60	14.15%			
VIII	1,027.10	1.35%	VIII	1,027.10	1.35%
UR + TR	1,444.10	1.90%	UR + TR	1,444.10	1.90%
<b>Total</b>	<b>75,866.32</b>	<b>100.00%</b>	<b>Total</b>	<b>75,866.32</b>	<b>100.00%</b>

Tabla 4-2 Capacidad de Uso del Suelo – Zona de Estudio

Las clases no arables (VI a la VIII) significan 14.356,,0 ha, lo que representa el 18,9% de lo estudiado, dominando ampliamente la clase VII sobre el resto.

Finalmente, se reconoce las unidades asociadas a esteros, tranques y sectores urbanos, que en conjunto acogen 1.444,1 ha, equivalentes al 1,9% del área de estudio. Esta demás decir, que la mayor extensión la ocupan los sectores urbanizados.

### Drenaje de los Suelos

Los suelos bien drenados (5) ocupan un 38,7%, haciéndose la salvedad que en este total, están incluidos suelos de pendientes de las primeras 7 Clases de Capacidad de Uso.

Los suelos moderadamente bien drenados (4) representan un 9,1% que incluyen Clases II, III y IV de Capacidad de Uso.

A modo de resumen, se puede concluir que 39.482,4 ha presentan una condición de drenaje de bueno a moderado, lo que correspondería al 52,0% del área de estudio.

Dentro de las clases que imponen desde moderadas a severas restricciones al crecimiento de los cultivos, el mayor porcentaje corresponde a suelos con drenaje imperfecto (3), que ocupan un 38,5%, le sigue la clase pobremente drenada (2), con el 2,5% y finalmente la clase muy pobremente drenada (1), con el 0,1%.

En el otro extremo, la clase excesivamente drenada (6) comprende al 4,9% de los suelos.

En el mapa se observa que la mayor concentración de suelos con problemas de drenaje (clases 2 y 3) se ubican en ambas riberas del río Teno, al oriente del eje que corta la carretera 5 sur, con una amplia dominancia del sector norte del Teno. Otros puntos sensibles se ubican al sur del río Teno, al oriente de la localidad de Romeral Esto presenta una gran correspondencia con el uso actual de los suelos, ya que se observó que los rubros agrícolas dominantes corresponden a pastizales y cultivos anuales.

Se estima que las mejoras producto de ejecutar obras de drenaje, no serían significativas en el cambio del uso de los suelos, ya que el impedimento que genera el nivel freático elevado no se modificará, es decir, no se podrán cambiar las texturas finas al interior de los perfiles comprometidos, así como tampoco, la presencia de estratas compactadas dentro del metro superficial. En el mejor de los casos se podría, modificar la condición de uso de los suelos de una clase IV a una clase III, sin embargo, las prácticas de manejo dominantes no pagarían la inversión.

A continuación en la Tabla N° 4-3 se resumen las Clases de Drenaje presentes en el área de estudio.

Clase	Superficie (ha)	Porcentaje
1	44.40	0.06%
2	1,929.80	2.54%
3	29,229.60	38.53%
4	6,626.12	8.73%
5	32,856.30	43.31%
6	3,736.00	4.92%
UR + TR	1,444.10	1.90%
<b>Total</b>	<b>75,866.32</b>	<b>100.00%</b>

Tabla 4-3 Clase de Drenaje – Zona de Estudio

### Categoría de Riego de los Suelos

La 1a y 2a Categoría de Riego, representa a los suelos con mejores posibilidades para ser regados y presentan en conjunto una superficie de 31.593,6 ha, equivalentes al 41,6% de la superficie estudiada.

La 3a Categoría corresponde íntegramente a suelos que presentan problemas de drenaje con un porcentaje de 31,4%, mientras que la 4ª Categoría, donde se presentan los problemas de mayor severidad, corresponden al 6,1%.

Finalmente, los suelos que no presentan condiciones para ser regados ocupan un porcentaje equivalente al 18,9% del total del área de estudio.

A continuación en la Tabla N° 4-4 se resumen las Categorías de Riego presentes en el área de estudio.

Subclase	Superficie (ha)	Porcentaje	Clase	Superficie (ha)	Porcentaje
1	6,412.72	8.45%	1	6,412.72	8.45%
2s	11,518.30	15.18%	2	25,180.90	33.19%
2t	3,823.00	5.04%			
2w	9,839.60	12.97%			
3s	7,643.20	10.07%			
3t	5,589.70	7.37%	3	23,812.80	31.39%
3w	10,579.90	13.95%			
4s	2,882.80	3.80%			
4t	113.10	0.15%	4	4,659.80	6.14%
4w	1,663.90	2.19%			
6	14,356.00	18.92%			
UR + TR	1,444.10	1.90%	UR+TR	1,444.10	1.90%
<b>Total</b>	<b>75,866.32</b>	<b>100.00%</b>	<b>Total</b>	<b>75,866.32</b>	<b>100.00%</b>

Tabla 4-4 Categoría de Riego de los Suelos – Zona de Estudio

#### 4.1.4 Situación Productiva Actual Optimizada:

El presente capítulo tiene por finalidad entregar todos los antecedentes que dicen relación con la caracterización de la situación actual agropecuaria optimizada, la cual se realizó sobre la base de extrapolar antecedentes ponderados obtenidos a partir de encuestas de terreno efectuadas en Estudio de Prefactibilidad del Embalse Ciprés y las actualizaciones efectuadas con el Censo 2007, para lo cual fue necesario caracterizar el universo predial de modo de extraer de ella una muestra de carácter representativo.

El análisis realizado consideró la identificación del área directamente relacionada con el proyecto (envolvente), el reconocimiento ordenado del total de propiedades existentes y la estratificación por rangos de superficie. En este último paso se colocó especial énfasis en establecer una adecuada caracterización de los 8 Sectores de Riego identificados.

Los resultados derivados del análisis cartográfico y de información de terreno realizado, indican que en el área de estudio es posible reconocer 5.030 predios, los cuales comprometen una superficie bruta cercana a las 71.000 ha.

En la Tabla 4-5 se entrega la estratificación predial considerada para el presente trabajo.

Estrato de Tamaño (ha)	Predios		Superficie		Cobertura Propuesta %	Encuestas N°
	N°	%	ha	%		
0,00 - 0,50	533	10,60%	208,04	0,29%	3	16
0,51 - 5,00	1.918	38,13%	3.408,77	4,79%	5	96
5,01 - 15,00	1.379	27,42%	14.472,64	20,36%	14	193
15,01 - 30,00	800	15,90%	16.055,04	22,58%	14	112
30,01 - 50,00	182	3,62%	6.995,36	9,84%	22	40
50,01 - 100,00	150	2,98%	10.608,19	14,92%	22	33
100,01 y +	68	1,35%	19.352,37	27,22%	22	15
<b>Total</b>	<b>5.030</b>	<b>100,00%</b>	<b>71.100,41</b>	<b>100,00%</b>		<b>505</b>

Tabla 4-5 Estratificación Predial – Zona de Estudio

### Uso del Suelo en año 0

Con la finalidad de reconocer el uso del suelo y la productividad agrícola del sistema para el año 0, se procedió a establecer el patrón de cultivos que caracteriza al área de estudio, el cual se presenta desagregado en la Tabla 4-6 y en función de los productos generados.

El Año 0 se define como el punto de partida para la evaluación, el cual debe ser común para las situaciones “sin” y “con” proyecto. Desde este punto se inicia la evolución de los flujos económicos para ambos escenarios, **de modo tal que su diferencia pueda ser reconocida como un beneficio neto atribuible a la obra en estudio.**

Se genera a partir de la Situación Actual, realizando una normalización, con el fin de excluir singularidades de cada productor o atribuibles a condiciones específicas del año sobre el cual se capturó la información de la encuesta y que por consiguiente producirían una distorsión del sistema al realizar la expansión al área que cada Predio Tipo representa.

En el Año 0 básicamente se mantienen los patrones de cultivo y los rendimientos informados en Situación Actual, considerando también la infraestructura predial existente y la capacidad empresarial del productor.

Cultivo	SR 1	SR 2	SR 3	SR 4	SR 5	SR 6	SR 7	SR 8	SR 1a	SR 1b	SR 2a	SR 2b	SR 5a	SR 5b	Total
<b>Cultivos Anuales</b>															
Maiz grano	12,46	467,01	76,83	369,43	7,81	157,89	165,52	206,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,25	1.463,76
Maiz semillero	66,88	0,00	0,00	0,00	98,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,63	11,56	183,07
Poroto	93,68	161,97	33,09	2,38	82,15	0,00	1,23	2,15	11,93	8,54	0,00	0,00	3,93	10,03	411,08
Remolacha	267,71	1.625,21	369,85	369,25	275,55	11,05	214,92	188,17	22,66	20,62	0,00	0,00	15,10	30,71	3.410,80
Tomate industrial	226,59	1.721,07	323,30	400,76	187,31	24,86	181,23	168,47	28,40	53,21	242,50	0,00	7,81	16,60	3.582,11
Trigo	121,00	1.526,68	258,39	773,86	127,22	200,07	295,40	286,09	2,58	62,80	582,01	0,00	6,89	12,82	4.255,81
<b>Subtotal</b>															<b>13.306,63</b>
<b>Hortalizas y Chacras</b>															
Coliflor	0,00	0,00	0,00	0,61	0,00	0,00	0,40	0,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,58
Chacra	14,30	89,71	25,32	234,18	7,84	0,00	129,28	147,90	0,36	0,42	0,00	0,00	0,00	0,20	649,51
Tomate fresco	18,52	163,22	46,92	145,62	12,51	0,00	55,75	148,93	0,66	0,79	0,00	0,00	0,00	0,37	593,29
<b>Subtotal</b>															<b>1.244,38</b>
<b>Frutales</b>															
Cerezo	240,07	0,00	0,00	572,60	212,39	2.921,07	326,86	280,73	43,70	25,54	0,00	0,00	5,17	195,51	4.823,64
Ciruelo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	76,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	76,01
Frambuesa	646,21	57,92	16,45	0,00	435,94	0,00	0,00	0,00	113,15	92,30	0,00	0,00	8,73	180,44	1.551,14
Kiwi	0,00	1.005,29	244,54	1.056,67	0,00	53,21	423,24	546,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3.329,55
Manzano	0,00	1.838,95	283,68	582,30	0,00	2.089,72	281,43	300,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5.376,57
Peral	0,00	0,00	0,00	188,53	0,00	0,00	35,82	61,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	285,57
Viña	0,00	20,68	4,97	4.393,80	0,00	255,08	1.180,50	1.486,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7.341,40
<b>Subtotal</b>															<b>22.783,88</b>
<b>Praderas y Cultivos Forrajeros</b>															
Alfalfa	173,18	17,41	4,18	0,00	115,27	116,17	0,00	0,00	26,42	28,98	0,00	0,00	2,46	7,54	491,61
Maiz silo	230,91	348,21	83,63	0,00	266,17	0,00	0,00	0,00	0,00	68,21	0,00	0,00	0,00	0,00	997,13
Pradera Artificial	1.278,40	3.898,92	692,83	878,65	1.310,15	281,79	441,51	454,98	136,59	261,38	0,00	0,00	4,41	469,45	10.109,06
Pradera Mejorada	174,79	830,69	165,35	183,51	222,07	698,66	11,08	15,00	20,78	54,74	514,11	0,00	11,20	20,05	2.922,03
<b>Subtotal</b>															<b>14.519,83</b>
<b>Superficie Arable Cultivada</b>	<b>3.564,70</b>	<b>13.772,94</b>	<b>2.629,33</b>	<b>10.152,15</b>	<b>3.360,38</b>	<b>6.885,58</b>	<b>3.744,17</b>	<b>4.294,09</b>	<b>407,23</b>	<b>677,53</b>	<b>1.338,62</b>	<b>0,00</b>	<b>72,47</b>	<b>955,53</b>	<b>51.854,72</b>

Tabla 4-6 Situación Actual Optimizada de los Cultivos Zona de Proyecto

Fuente: Estudio de Prefactibilidad Construcción Embalse El Ciprés, VII Región, Fitcher Ingenieros Consultores Ltda, Enero 2001.  
Junta de Vigilancia del Río Teno  
Elaboración Propia

## 5. SITUACIÓN FUTURA DEL VALLE CON PROYECTO

La Situación con Proyecto corresponde a una estimación realista de los posibles cambios que sufrirá el área estudiada, luego de que se mejore la seguridad de riego predial, o se incorpore nueva superficie al riego, al poner en funcionamiento una obra de Regulación.

Cabe mencionar, que un proyecto de este tipo debe complementarse con un apoyo, tanto en la parte técnica como financiera, dirigido a los agricultores, con el objeto de llegar a expresar al máximo la potencialidad productiva del área y así justificar una inversión de esta envergadura.

Bajo estas consideraciones, la Situación con Proyecto se planificará sobre la base de aquellos rubros que presentan una mejor rentabilidad dentro del negocio agropecuario, teniendo en consideración las expectativas de los productores y la mayor vocación productiva que exponen algunos Sectores de Riego. Es así como en la Situación con Proyecto se deben balancear ambas fuerzas (innovación v/s tradición) y así proponer un plan de desarrollo técnicamente factible.

Con el objeto de que el proyecto de desarrollo resulte acorde con las expectativas de los agricultores y así asegurar las posibilidades de éxito de su adopción, se considera cuales son las directrices de desarrollo que cada productor tiene, según se capturó en estudios realizados.

### Infraestructura y Apoyo Institucional y Empresarial

Hasta la década de los ochenta, la VII región centraba su economía casi exclusivamente en la explotación de los recursos naturales. Sin embargo a partir del año 1990 se produjo un fuerte vuelco hacia los procesos agroindustriales destinados a proporcionar valor agregado a las materias primas de origen agrícola. Esto generó un viraje en la orientación de los años anteriores, donde predominaba la actividad de embalaje de frutas de exportación, sin mayor transformación de ellas.

Actualmente la agricultura y la industria manufacturera son las principales actividades económicas de la región. En la agricultura los rubros de mayor relevancia son la fruticultura y vitivinicultura, la horticultura y la explotación forestal. Este sector muestra un gran dinamismo el que está muy asociado al sector exportador siendo uno de los más importantes dentro de la estructura económica de las exportaciones regionales.

En la provincia de Curicó, la industria manufacturera está representada principalmente por la agroindustria, por lo cual se asume que la capacidad exportadora y de manufactura no es impedimento para el desarrollo de la zona de proyecto.

### 5.1 Estructura de la Situación con Proyecto

Bajo la consideración de los argumentos anteriormente expuestos, se propone un programa de explotación para el valle, el cual se irá completando paulatinamente, tanto a nivel predial como en la expansión de la superficie.

En la Tabla 5-1 se presenta la estructura de cultivos en Situación con Proyecto para cada uno de los Sectores de Riego evaluados, considerando para ello que el sistema se encuentra en régimen. Según se

aprecia en ella, se favorecieron los rubros frutícolas y de cultivo intensivo, ajustando las superficies de acuerdo a la disponibilidad espacial y capacidad empresarial que presenta cada Sector de Riego.

Cabe señalar que producto de la construcción del embalse en estudio, el Sector de Riego identificado como "1b" quedará cubierto por las instalaciones o inundado por el espejo de agua por lo cual no generará beneficios futuros, es decir, constituye una pérdida de beneficios netos para el sistema con respecto a la Situación sin Proyecto.

Cultivo	SR 1	SR 2	SR 3	SR 4	SR 5	SR 6	SR 7	SR 8	SR 1a	SR 1b	SR 2a	SR 2b	SR 5a	SR 5b	Total
<b>Cultivos Anuales</b>															
Maiz grano	12.46	289.04	38.39	171.01	7.81	75.18	80.41	78.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.25	753.61
Maiz semillero	50.96	0.00	0.00	0.00	74.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.05	8.81	139.48
Poroto	76.69	99.93	18.19	2.38	57.26	0.00	1.23	2.15	11.93	0.00	0.00	0.00	2.24	7.10	279.10
Remolacha	285.79	1,654.16	361.51	493.23	258.47	86.23	236.09	209.51	34.44	0.00	194.00	71.48	12.36	28.39	3,925.66
Tomate industrial	208.01	1,400.01	249.33	425.85	160.47	72.73	185.79	175.59	31.84	0.00	242.50	35.74	5.45	11.77	3,205.08
Trigo	24.21	426.39	83.03	318.06	25.75	89.24	96.37	89.65	0.86	0.00	388.01	0.00	1.43	2.75	1,545.75
<b>Subtotal</b>															<b>9,848.68</b>
<b>Hortalizas y Chacras</b>															
Coliflor	21.27	14.11	2.16	0.61	14.37	0.00	0.40	0.57	0.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42	54.67
Chacra	4.33	20.69	5.47	10.17	1.10	0.00	6.67	9.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	57.96
Espárrago	21.28	266.55	62.43	76.37	18.75	15.04	42.35	36.38	2.38	0.00	0.00	0.00	0.94	2.36	544.83
Alcachofa	15.00	226.34	54.28	192.79	9.56	15.04	111.58	94.93	2.38	0.00	0.00	0.00	0.32	1.28	723.50
Poroto Verde	2.71	52.81	12.54	80.96	1.73	7.03	48.15	40.72	0.43	0.00	0.00	0.00	0.06	0.23	247.37
Arveja	11.26	128.14	34.19	89.25	7.50	7.03	38.80	79.52	0.74	0.00	0.00	0.00	0.06	0.40	396.89
Papa	21.68	256.16	63.34	154.74	19.39	29.10	70.31	120.93	1.22	0.00	0.00	0.00	0.74	1.74	739.35
Maiz Choclo	28.11	291.93	75.54	140.62	20.90	0.00	64.99	115.87	2.74	0.00	0.00	0.00	0.63	2.02	743.35
Tomate fresco	47.49	197.12	53.26	128.50	37.04	0.00	49.24	131.39	1.48	0.00	0.00	0.00	0.62	1.90	648.04
<b>Subtotal</b>															<b>4,155.96</b>
<b>Frutales</b>															
Cerezo	448.99	659.14	83.33	689.72	377.05	3,025.23	384.56	345.78	67.67	0.00	0.00	0.00	11.04	205.85	6,298.36
Ciruelo	210.22	339.52	36.06	87.84	131.64	76.01	43.28	48.79	31.96	0.00	0.00	0.00	2.33	4.19	1,011.84
Frambuesa	749.16	91.00	24.40	0.00	512.24	0.00	0.00	0.00	124.44	0.00	0.00	0.00	8.73	182.22	1,692.19
Kiwi	0.00	1,005.29	244.54	1,056.67	0.00	53.21	423.24	546.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3,329.55
Manzano	116.94	2,046.00	322.60	582.30	154.70	2,172.70	281.43	300.49	17.41	0.00	0.00	0.00	6.32	175.49	6,176.38
Peral	22.29	161.50	30.15	288.69	32.67	0.00	38.36	64.38	0.00	0.00	0.00	0.00	2.21	3.85	644.10
Viña	0.00	111.92	20.75	4,393.80	0.00	255.08	1,180.50	1,486.37	0.00	0.00	0.00	214.45	0.00	0.00	7,662.87
<b>Subtotal</b>															<b>26,815.29</b>
<b>Praderas y Cultivos Forrajeros</b>															
Alfalfa	133.42	685.21	118.69	191.27	151.80	212.30	82.26	83.60	21.39	0.00	97.00	53.61	2.13	47.82	1,880.50
Maiz silo	256.67	484.84	107.51	43.60	298.56	15.04	13.18	14.10	10.26	0.00	48.50	107.23	0.62	23.01	1,423.12
Pradera artificial	1,072.61	4,419.27	831.71	805.35	1,238.26	786.30	346.32	360.07	125.51	0.00	368.61	403.88	9.86	270.19	11,037.94
Pradera Mejorada	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Subtotal</b>															<b>14,341.56</b>
<b>Superficie Arable Cultivada</b>	<b>3,564.70</b>	<b>13,772.94</b>	<b>2,629.33</b>	<b>10,152.15</b>	<b>3,360.38</b>	<b>6,885.58</b>	<b>3,744.17</b>	<b>4,294.09</b>	<b>407.23</b>	<b>677.53</b>	<b>1,338.62</b>	<b>0.00</b>	<b>72.47</b>	<b>955.53</b>	<b>55,161.49</b>

Tabla 5-1 Situación Futura de los Cultivos Zona de Proyecto

Fuente: Estudio de Prefactibilidad Construcción Embalse El Ciprés, VII Región, Fitcher Ingenieros Consultores Ltda, Enero 2001.

Junta de Vigilancia del Río Teno

Elaboración Propia

## 6. DEMANDA HÍDRICA

### 6.1 Antecedentes Básicos

El requerimiento hídrico de los cultivos se define como la cantidad de agua necesaria para que una especie desarrolle su máximo potencial productivo, manteniendo todos los factores de producción en forma constante, por lo que su determinación requiere conocer la evapotranspiración de los cultivos y la eficiencia de aplicación del agua.

En el desarrollo de este capítulo, se presenta la demanda de agua de los cultivos presentes en el área de influencia del futuro embalse, para la Situación Año 0 y con Proyecto. La determinación de las demandas de agua, se basa en los antecedentes climáticos y agroclimáticos expuestos en el capítulo respectivo.

Los factores climáticos y agroclimáticos del área del proyecto, están definidos por la existencia de seis Distritos Agroclimáticos (76.4; 87.2; 76.6; 76.4; 97.1 y 76.7) los que están presentes en distintas proporciones en los ocho sectores de riego, de acuerdo a la Figura 4-1. La influencia de los parámetros Agroclimáticos de un determinado Distrito dentro de cada sector de riego, corresponderá a la proporción en que este se encuentre presente, por lo que para la determinación de las demandas de agua del proyecto, se utilizará un valor ponderado de la evapotranspiración potencial, precipitaciones y precipitación efectiva para cada Sector de Riego.

### 6.2 Evapotranspiración de Cultivo (Etc)

La ETC corresponde a "la evapotranspiración de un cultivo exento de enfermedades que crece en un campo extenso, en condiciones óptimas de suelo, incluida la fertilidad y con agua suficiente, el que llega al potencial de plena producción" (Doorenbos y Pruitt, 1986).

La ETC, que refleja la demanda bruta de agua, tiene un componente climático y uno fisiológico, los cuales son representados por la siguiente ecuación:

$$ETc = Etp * Kc$$

donde:

ETc	=	Evapotranspiración del cultivo	[mm/mes]
Etp	=	Evapotranspiración potencial	[mm/mes]
Kc	=	Coefficiente de cultivo	

### 6.3 Evapotranspiración Potencial (Etp)

La evapotranspiración potencial ha sido definida como "la tasa de evapotranspiración de una superficie extensa de gramíneas verdes de 8 a 15 cm de altura, uniforme, de crecimiento activo, que cubre completamente el suelo y que no está restringido hídricamente" (Doorenbos y Pruitt, 1975).

Los datos de Etp que se emplean en el presente Perfil, corresponden a los estimados por Santibáñez y Uribe (1993) para los distritos reconocidos en el área de estudio, que se consignan en la Tabla N° 5.7.1. Como se ha señalado anteriormente, los valores de Etp a utilizar son los ponderados de los Distritos Agroclimáticos presentes en cada sector de riego.

Los valores de Etp ponderados, varían entre 1.230,5 y 1.282,4 mm anuales para los sectores de riego 5 y 8 alcanzando la máxima demanda en el mes de enero para la totalidad de los sectores de riego.

Sector de Riego	Meses												Total
	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	
1	63,30	34,00	23,20	34,00	63,30	103,40	143,40	172,80	183,50	172,70	143,40	103,40	1.240,40
2	64,10	34,60	23,80	34,60	64,10	104,40	144,70	174,20	185,00	174,20	144,70	104,40	1.252,80
3	64,70	34,90	24,00	34,90	64,80	105,50	146,20	176,00	187,00	176,00	146,20	105,50	1.265,70
4	64,90	34,80	23,80	34,80	65,00	106,10	147,30	177,40	188,50	177,40	147,30	106,10	1.273,40
5	62,70	33,50	22,90	33,50	62,70	102,50	142,40	171,60	182,20	171,60	142,40	102,50	1.230,50
6	64,30	34,70	23,80	34,70	64,30	104,80	145,30	174,90	185,70	174,90	145,20	104,80	1.257,40
7	64,70	34,90	24,00	34,90	64,70	105,50	146,20	176,00	186,90	176,00	146,20	105,50	1.265,50
8	65,10	34,60	23,40	34,60	65,20	106,90	148,60	179,10	190,30	179,10	148,60	106,90	1.282,40
1 <sup>a</sup>	63,30	34,00	23,20	34,00	63,30	103,40	143,40	172,80	183,50	172,70	143,40	103,40	1.240,40
1b	63,30	34,00	23,20	34,00	63,30	103,40	143,40	172,80	183,50	172,70	143,40	103,40	1.240,40
2 <sup>a</sup>	64,10	34,60	23,80	34,60	64,10	104,40	144,70	174,20	185,00	174,20	144,70	104,40	1.252,80
2b	64,10	34,60	23,80	34,60	64,10	104,40	144,70	174,20	185,00	174,20	144,70	104,40	1.252,80
5 <sup>a</sup>	62,70	33,50	22,90	33,50	62,70	102,50	142,40	171,60	182,20	171,60	142,40	102,50	1.230,50
5b	62,70	33,50	22,90	33,50	62,70	102,50	142,40	171,60	182,20	171,60	142,40	102,50	1.230,50

Tabla 6-1 Evapotranspiración Potencial Ponderada (mm) por Sector de Riego

#### 6.4 Coeficientes de Cultivo (Kc)

Con el fin de relacionar la evapotranspiración potencial con la de los cultivos se determinó el coeficiente de cultivo (Kc) de modo de tomar en cuenta las características de las especies en cuanto a necesidad de agua durante su período de desarrollo.

El valor de Kc representa la evapotranspiración de los cultivos en condiciones de manejo óptimas, que tienden a rendimientos óptimos, y que toman en cuenta las características propias de los cultivos y el período fenológico por el que atraviesan (Doorenbos y Pruitt, 1986; Soil Conservation Service, 1967).

Este parámetro considera el agua utilizada tanto por evaporación desde la superficie del suelo y del follaje, como aquella necesaria para la transpiración del cultivo.

Para la determinación del Kc, en los cultivos anuales, se usó la metodología propuesta por Doorenbos y Pruitt (1986) en la Serie de Riego y Drenaje N° 24 de la FAO, la cual toma como criterio base, los factores que inciden en el valor de Kc, como son las características del cultivo (fecha de plantación o de siembra, el ritmo de desarrollo del cultivo y la duración del período vegetativo), las condiciones climáticas y, especialmente, durante la primera fase de crecimiento, la frecuencia de las lluvias y/o de los riegos.

En la Tabla 6-2 se presentan los coeficientes de cultivo (Kc) para el patrón de cultivos en Situación "Año 0" y "con Proyecto". Cabe señalar que para especies permanente que presenta su período de receso vegetativo, como por ejemplo praderas, dicho período no se considera para efectos de demandas hídricas.

Cultivos	Meses											
	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr
<b>Cultivos anuales</b>												
Maiz grano						0,38	0,61	1,05	1,14	1,10	0,77	
Maiz semillero						0,38	0,61	1,05	1,14	1,10	0,77	
Poroto						0,59	0,64	0,97	1,12	1,09	0,61	
Remolacha				0,85	0,85	0,92	0,92	1,02	1,10	1,12	1,10	1,05
Tomate industrial						0,60	0,81	1,11	1,13	0,86		
Trigo invierno		0,42	0,47	0,57	0,72	1,10	1,13	0,98	0,43			
Trigo primavera					0,50	0,71	1,10	1,13	0,98	0,43		
<b>Hortalizas y chacras</b>												
Coliflor								0,38	0,39	0,69	1,02	0,95
Chacra						0,49	0,63	1,01	1,13	1,10	0,69	
Espárrago						0,57	0,69	0,71	1,14	1,17	1,00	
Alcachofa	0,73	0,97	0,98	0,99	0,99	0,99	0,98	0,97				0,43
Poroto Verde					0,75	0,83	0,98	0,92				
Arveja					0,75	0,80	1,11	1,08				
Papa						0,60	0,80	1,09	1,13	1,06	0,86	
Maíz Choclo						0,38	0,61	1,05	1,14	1,10		
Tomate fresco					0,45	0,90	1,12	0,90				
<b>Frutales y viñas</b>												
Cerezo					0,55	0,72	0,88	0,93	0,93	0,88	0,85	0,80
Ciruelo					0,50	0,70	0,85	0,90	0,90	0,90	0,80	0,75
Frambuesa						0,64	0,73	0,79	0,99	1,07	0,87	
Kiwi					0,60	0,85	1,10	1,15	1,15	1,10	1,05	0,95
Manzano					0,55	0,72	0,88	0,93	0,93	0,88	0,85	0,80
Peral					0,55	0,72	0,88	0,93	0,93	0,88	0,85	0,80
Viña						0,48	0,63	0,75	0,78	0,68	0,55	
<b>Praderas y cultivos forrajeros</b>												
Alfalfa				0,60	0,67	0,77	0,87	0,93	0,95	0,94	0,92	0,89
Maiz silo					0,55	0,59	0,63	0,90	1,10	1,11	1,04	
Pradera artificial				0,60	0,67	0,77	0,87	0,93	0,95	0,94	0,92	0,89
Pradera mejorada				0,57	0,64	0,73	0,83	0,88	0,90	0,89	0,87	0,85

Tabla 6-2 Coeficientes de Cultivo Kc

Obtenidos los valores de Kc, Etp se calculó la evapotranspiración de los cultivos (Etc), a modo de ejemplo, en la Tabla N° 6-3 se consignan los valores de Etc para el Sector de Riego 1.

Cultivos	Meses												Total
	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	
<b>Cultivos anuales</b>													
Maiz grano						39,29	87,47	181,44	209,19	189,97	110,42		817,78
Maiz semillero						39,29	87,47	181,44	209,19	189,97	110,42		817,78
Poroto						61,01	91,78	167,62	205,52	188,24	87,47		801,64
Remolacha				28,90	53,81	95,13	131,93	176,26	201,85	193,42	157,74	108,57	1.147,61
Tomate industrial						62,04	116,15	191,81	207,36	148,52			725,88
Trigo invierno	14,28	10,90	19,38	45,58	113,74	162,04	169,34	78,91					614,17
Trigo primavera				31,65	73,41	157,74	195,26	179,83	74,26				712,15
<b>Hortalizas y chacras</b>													
Coliflor								65,66	71,57	119,16	146,27	98,23	500,89
Chacra						50,15	89,63	174,53	207,36	189,11	98,95		809,73
Espárrago						58,94	98,95	122,69	209,19	202,06	143,40		835,23
Alcachofa	46,21	32,98	22,74	33,66	62,67	102,37	140,53	167,62				44,46	653,24
Poroto Verde					47,48	85,82	140,53	158,98					432,81
Arveja					47,48	82,72	159,17	186,62					475,99
Papa						62,04	114,72	188,35	207,36	183,06	123,32		878,85
Maíz Choclo						39,29	87,47	181,44	209,19	189,97			707,36
Tomate fresco				28,49	93,06	160,61	155,52						437,68
<b>Frutales y viñas</b>													
Cerezo					34,82	74,45	126,19	160,70	170,66	151,98	121,89	82,72	923,41
Ciruelo					31,65	72,38	121,89	155,52	165,15	155,43	114,72	77,55	894,29
Frambuesa						66,18	104,68	136,51	181,67	184,79	124,76		798,59
Kiwi					37,98	87,89	157,74	198,72	211,03	189,97	150,57	98,23	1.132,13
Manzano					34,82	74,45	126,19	160,70	170,66	151,98	121,89	82,72	923,41
Peral					34,82	74,45	126,19	160,70	170,66	151,98	121,89	82,72	923,41
Viña						49,63	90,34	129,60	143,13	117,44	78,87		609,01
<b>Praderas y cultivos forrajeros</b>													
Alfalfa				20,40	42,41	79,62	124,76	160,70	174,33	162,34	131,93	92,03	988,52
Maiz silo					34,82	61,01	90,34	155,52	201,85	191,70	149,14		884,38
Pradera artificial				20,40	42,41	79,62	124,76	160,70	174,33	162,34	131,93	92,03	988,52
Pradera mejorada				19,38	40,29	75,64	118,52	152,67	165,61	154,22	125,33	87,42	939,08

Tabla 6-3 Evapotranspiración de los cultivos (Etc) como altura de Agua (mm/mes) Sector de Riego 1

## 6.5 Demanda Hídrica Neta (DHN)

La demanda neta de agua (DHN) por los cultivos se obtiene al descontar a la demanda hídrica bruta o Etc, el aporte de las precipitaciones, en este caso la precipitación o lluvia efectiva o utilizable por parte de las plantas. Otros aportes pueden provenir de niveles subterráneos.

La precipitación efectiva corresponde a la parte de la precipitación total que puede ser utilizada por los cultivos. El resto de la precipitación, puede perderse debido a la escorrentía superficial, a la percolación profunda por debajo de la zona de raíces y por evaporación desde las hojas de las plantas (FAO N° 24).

tación efectiva fue valorizada para todos los meses de acuerdo a la metodología propuesta por Blaney and Criddle, 1962 (Citado por Santibáñez y Fritsch, 1976), entre muchas de las metodologías existentes (Dastane, 1974), la cual se presenta graficada en la Figura 6-1

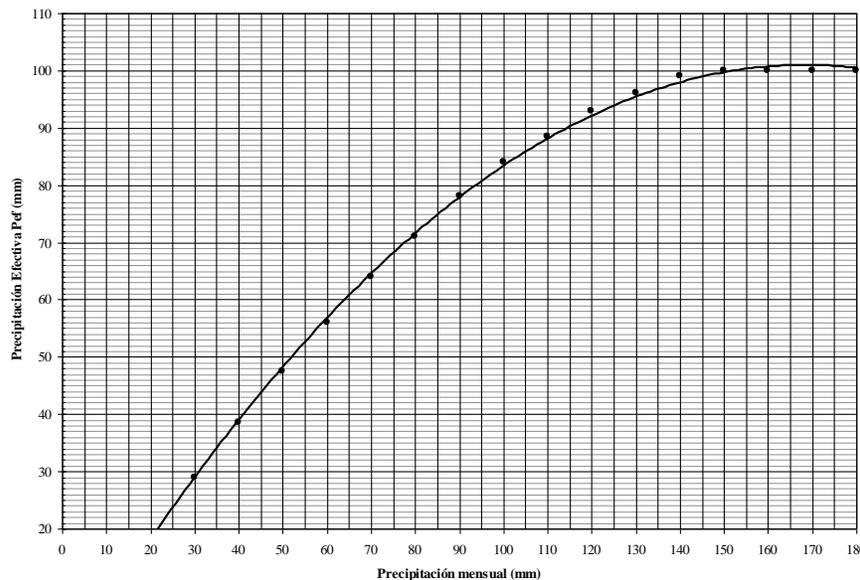


Fig. 6-1 Precipitación efectiva según Blaney y Criddle a partir de la Precipitación Real Mensual

La curva permite determinar los valores por medio de interpolación simple. En la Tabla 6-4 se consignan dichos valores ponderados conjuntamente con la precipitación real que permitió su estimación, para cada sector de riego.

La demanda hídrica neta (D.H.N.) corresponde a la siguiente relación:

$$D.H.N. = Etc - Pef \text{ [m}^3\text{/ha/mes]}$$

A modo de ejemplo, en la Tabla N° 6-5 se consignan los valores de la DHN para el Sector de Riego 1.

Sector de Riego	Precip.	Meses												Total
		May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	
1	Real	222,3	262,5	219,8	183,8	82,3	49,3	30,7	22,4	18,0	19,8	29,8	67,2	1.207,9
	Efect	100,0	100,0	100,0	99,2	72,4	47,1	29,5	20,3	15,4	17,4	28,5	61,4	691,2
2	Real	166,4	198,1	165,2	138,3	59,3	35,4	21,1	15,0	11,8	13,5	19,9	47,7	891,7
	Efect	100,0	100,0	99,5	95,6	54,4	34,2	19,2	10,7	6,8	9,5	17,5	45,6	593,0
3	Real	147,5	175,8	146,5	122,5	52,2	31,3	18,6	13,3	10,3	11,9	17,3	42,0	789,2
	Efect	100,0	100,0	98,7	92,9	50,1	30,3	16,7	7,7	5,0	6,8	13,7	40,7	562,6
4	Real	145,7	173,1	144,7	120,7	52,4	31,5	19,0	13,8	10,7	12,1	17,9	42,3	783,9
	Efect	100,0	100,0	98,7	93,6	50,2	30,4	17,0	8,7	5,8	7,0	14,1	41,1	566,6
5	Real	243,4	287,0	240,4	201,1	90,6	54,3	34,1	25,0	20,1	21,9	33,2	74,3	1.325,4
	Efect	100,0	100,0	100,0	100,0	76,4	51,8	33,0	23,5	18,5	20,0	32,0	67,0	722,2
6	Real	166,8	198,2	165,4	138,4	59,8	35,8	21,5	15,4	12,1	13,8	20,3	48,3	895,8
	Efect	100,0	100,0	99,3	95,1	55,8	34,5	19,7	11,0	7,4	9,6	17,7	45,9	596,0
7	Real	147,9	176,2	146,9	122,8	52,4	31,4	18,7	13,4	10,3	11,9	17,4	42,1	791,4
	Efect	100,0	100,0	98,7	93,0	50,2	30,4	16,7	7,8	5,1	6,8	13,8	40,8	563,3
8	Real	147,7	174,6	146,7	122,0	54,5	32,8	20,3	14,7	11,6	12,9	19,3	44,2	801,3
	Efect	100,0	100,0	99,2	96,2	52,0	31,6	18,0	11,4	7,2	8,1	16,0	43,0	582,7
1*	Real	222,3	262,5	219,8	183,8	82,3	49,3	30,7	22,4	18,0	19,8	29,8	67,2	1.207,9
	Efect	100,0	100,0	100,0	99,2	72,4	47,1	29,5	20,3	15,4	17,4	28,5	61,4	691,2
1b	Real	222,3	262,5	219,8	183,8	82,3	49,3	30,7	22,4	18,0	19,8	29,8	67,2	1.207,9
	Efect	100,0	100,0	100,0	99,2	72,4	47,1	29,5	20,3	15,4	17,4	28,5	61,4	691,2
2*	Real	166,4	198,1	165,2	138,3	59,3	35,4	21,1	15,0	11,8	13,5	19,9	47,7	891,7
	Efect	100,0	100,0	99,5	95,6	54,4	34,2	19,2	10,7	6,8	9,5	17,5	45,6	593,0
2b	Real	166,4	198,1	165,2	138,3	59,3	35,4	21,1	15,0	11,8	13,5	19,9	47,7	891,7
	Efect	100,0	100,0	99,5	95,6	54,4	34,2	19,2	10,7	6,8	9,5	17,5	45,6	593,0
5*	Real	243,4	287,0	240,4	201,1	90,6	54,3	34,1	25,0	20,1	21,9	33,2	74,3	1.325,4
	Efect	100,0	100,0	100,0	100,0	76,4	51,8	33,0	23,5	18,5	20,0	32,0	67,0	722,2
5b	Real	243,4	287,0	240,4	201,1	90,6	54,3	34,1	25,0	20,1	21,9	33,2	74,3	1.325,4
	Efect	100,0	100,0	100,0	100,0	76,4	51,8	33,0	23,5	18,5	20,0	32,0	67,0	722,2

Tabla 6-4 Precipitación Real y Efectiva Ponderadas [ mm / mes ] por Sector de Riego

Cultivos	Meses												Total	
	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr		
<b>Cultivos anuales</b>														
Maiz grano							579,7	1.611,4	1.937,9	1.725,7	819,2			6.673,9
Maiz semillero							579,7	1.611,4	1.937,9	1.725,7	819,2			6.673,9
Poroto						139,1	622,8	1.473,2	1.901,2	1.708,4	589,7			6.434,4
Remolacha						480,3	1.024,3	1.559,6	1.864,5	1.760,2	1.292,4	471,7		8.453,0
Tomate industrial						149,4	866,5	1.715,1	1.919,6	1.311,2				5.961,8
Trigo invierno						666,4	1.325,4	1.490,4	635,1					4.117,3
Trigo primavera						263,1	1.282,4	1.749,6	1.644,3	568,6				5.508,0
<b>Hortalizas y chacras</b>														
Coliflor								453,6	561,7	1.017,6	1.177,7	368,3		3.578,9
Chacra						30,5	601,3	1.542,3	1.919,6	1.717,1	704,5			6.515,3
Espárrago						118,4	694,5	1.023,9	1.937,9	1.846,6	1.149,0			6.770,3
Alcachofa						552,7	1.110,3	1.473,2						3.136,2
Poroto Verde						387,2	1.110,3	1.386,8						2.884,3
Arveja						356,2	1.296,7	1.663,2						3.316,1
Papa						149,4	852,2	1.680,5	1.919,6	1.656,6	948,2			7.206,5
Maíz Choclo							579,7	1.611,4	1.937,9	1.725,7				5.854,7
Tomate fresco						459,6	1.311,1	1.352,2						3.122,9
<b>Frutales y viñas</b>														
Cerezo						273,5	966,9	1.404,0	1.552,6	1.345,8	933,9	213,2		6.689,9
Ciruelo						252,8	923,9	1.352,2	1.497,5	1.380,3	862,2	161,5		6.430,4
Frambuesa						190,8	751,8	1.162,1	1.662,7	1.673,9	962,6			6.403,9
Kiwi						407,9	1.282,4	1.784,2	1.956,3	1.725,7	1.220,7	368,3		8.745,5
Manzano						273,5	966,9	1.404,0	1.552,6	1.345,8	933,9	213,2		6.689,9
Peral						273,5	966,9	1.404,0	1.552,6	1.345,8	933,9	213,2		6.689,9
Viña						25,3	608,4	1.093,0	1.277,3	1.000,4	503,7			4.508,1
<b>Praderas y cultivos forrajeros</b>														
Alfalfa						325,2	952,6	1.404,0	1.589,3	1.449,4	1.034,3	306,3		7.061,1
Maiz silo						139,1	608,4	1.352,2	1.864,5	1.743,0	1.206,4			6.913,6
Pradera artificial						325,2	952,6	1.404,0	1.589,3	1.449,4	1.034,3	306,3		7.061,1
Pradera mejorada						285,4	890,2	1.323,7	1.502,1	1.368,2	968,3	260,2		6.598,1

Tabla 6-5 Demanda Hídrica Neta de los Cultivos como volumen de Agua (m3/ha/mes) Sector de Riego 1

## 6.6 Tasa de riego por cultivo

La tasa de riego reconoce el volumen de agua que es preciso aplicar a una superficie unitaria de cultivo, en este caso la hectárea, para satisfacer su demanda hídrica neta.

El volumen de agua que se aplique en definitiva depende de la eficiencia de aplicación del riego, según:

$$TR = DHN / \text{Ef. Riego}$$

donde:

TR	=	Tasa de riego	[m <sup>3</sup> /ha/mes]
DHN	=	Demanda Hídrica Neta	[m <sup>3</sup> /ha/mes]
Ef. Riego	=	Eficiencia de aplicación del riego	[tanto por uno]

Las eficiencias de riego por cultivo para cada Sector de Riego que se estiman en las distintas situaciones se basan en las aceptadas por la Comisión Nacional de Riego (C.N.R.) en los proyectos de riego, conforme a Ley N° 18.450, que se presentan en el Reglamento sobre normas para fomento de inversión privada en obras de riego y drenaje (Decreto N° 397 del año 1996 Artículo N° 13) y que son consignados en la Tabla 6-6

Método de Riego	Eficiencia de Aplicación (%)	
	Normal	Con Conducción Californiana
Tendido	30	35
Surcos rectos	45	50
Surcos en contorno	50	60
Bordes rectos	60	65
Bordes en contornos	50	65
Pretiles	60	65
Tazas	65	70
Aspersión	75	
Microjet y Microaspersión	85	
Goteo	90	

Tabla 6-6 Eficiencias de Riego - Comisión Nacional de Riego

Acorde a lo definido por el Estudio de Fitcher Ingenieros, para la Situación Actual Optimizada (Año 0) se disminuyeron arbitrariamente las eficiencias de aplicación del riego para los sistemas gravitacionales, manteniéndose los valores indicados por la C.N.R. para los sistemas mecánicos, de acuerdo a los métodos capturados en las encuestas o mediante observación de terreno.

La disminución o mantención de las eficiencias de riego en situación actual está basado en el reconocimiento técnico de los distintos predios que representan los Predios Tipo.

Por otra parte, la eficiencia de riego y el grado de adopción de un determinado método de riego en Situación Actual Optimizada para cada uno de los cultivos, fue determinado a parte de la información de terreno, mediante antecedentes disponibles en el VI Censo Agropecuario (1996) los cuales se encuentran presentados por comuna.

Los porcentajes de adopción de microriego (goteo y/o microaspersión) presentados en el estudio anteriormente señalado, se aplicaron al 50% de la superficie informada de manzanos, cerezos, frambuesos y viñas, estimándose que correspondería a la proporción de nuevas plantaciones.

En cuanto a riego mecanizado mayor, como es el caso del sistema por aspersión, se aplicó a las praderas de alfalfa y al cultivo de remolacha, el mismo porcentaje de adopción informado por el VI Censo Agropecuario., variable de acuerdo al sector de riego.

En Situación con Proyecto, se mejoraron las eficiencias de riego para los distintos métodos gravitacionales y además, se asume un incremento en el grado de tecnificación para los diferentes cultivos y Predios Tipo presentes en cada sector de riego. Por otro lado, en determinados Predios Tipo, se adoptó una eficiencia de riego promedio para un mismo cultivo que se estima o propone regar con dos o más métodos de riego diferentes. Este promedio ha sido determinado mediante un ponderado de acuerdo al porcentaje de superficies involucradas que se podrían adoptar uno u otro sistema.

En el Anexo al final del presente documento se presentan las eficiencias de riego por método de riego y cultivo presente en cada sector de Riego para la Situación Actual Optimizada y con Proyecto, respectivamente.

La eficiencia de riego para cada cultivo tiene incluido el concepto de eficiencia de distribución intrapredial, de modo que la tasa de riego corresponde a un volumen o caudal puesto a la entrada del predio.

Cabe señalar que el análisis de la Situación Actual Optimizada no se consideró pertinente incluir los requerimientos hídricos asociados a los Sectores de Riego marginales al río Teno (sectores 2 a, 2b, 5 a y 5b), ya que estos estarían generando demanda contra cauces laterales o serían de franco seco. Por otro lado, se ha excluido del análisis en la situación con Proyecto, al Sector de Riego 2b, al establecerse que este quedará completamente cubierto por las obras asociadas a la construcción del embalse.

Una de las formas en que se ha expresado los requerimientos hídricos de los cultivos es a través del caudal continuo, concepto que considera que la aplicación del riego se realiza durante las 24 horas del día.

El caudal continuo considera que la aplicación del riego se realiza en 24 horas, lo que no corresponde a la realidad. El caudal de riego real se determina al dividir 24 (horas del día) por el número de horas que efectivamente se puede regar diariamente, cuyo resultado o factor se multiplica por el caudal continuo.

Por otro lado, el caudal continuo contempla un uso del agua de riego durante todo el mes, situación que en la práctica no siempre ocurre, ya que durante el mes se deja de regar los días domingos y festivos, e incluso los sábados en la tarde, o cuando se riega, ésta faena tiene un costo mayor que el de los periodos ordinarios.

## 6.7 Demandas de Agua Totales

En base a los antecedentes entregados, se procede a calcular la demanda total de agua para la situación con proyecto y sin proyecto también llamada año 0.

En las Tablas 6-7 y 6-8 se presentan las demandas totales de agua para la zona de proyecto.

Sector de Riego	Meses												Total
	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	
1						2.342.106,8	7.563.544,5	11.856.932,0	13.766.491,4	12.532.469,4	7.974.572,8	1.705.518,0	57.741.634,8
2					45.170,2	14.795.126,5	37.291.248,2	55.965.227,5	60.029.998,8	52.199.239,6	33.183.886,2	11.131.660,0	264.641.557,0
3					45.400,7	3.382.038,8	7.667.006,1	11.231.265,1	11.837.369,8	10.493.443,1	7.019.811,2	2.712.811,6	54.389.146,3
4					79.181,2	7.767.663,6	19.655.761,3	28.819.073,1	29.243.058,9	24.619.954,0	15.943.235,6	4.471.953,3	130.599.881,1
5						1.937.841,9	7.211.172,9	11.495.585,9	13.393.579,2	12.206.263,4	7.821.556,8	1.449.677,4	55.515.677,5
6					2.462,0	5.429.996,7	13.774.308,1	19.613.498,3	21.254.788,3	18.587.467,8	13.337.236,2	4.823.451,4	96.823.208,8
7					46.717,9	3.131.317,4	7.764.525,8	11.388.037,7	11.409.861,8	9.758.344,6	6.344.750,2	2.000.678,5	51.844.233,8
8					36.565,6	3.665.661,9	9.407.248,6	13.632.019,6	13.581.606,1	11.593.296,2	7.271.299,5	2.178.486,1	61.366.183,5
1a						292.271,4	943.561,7	1.457.291,7	1.711.215,6	1.557.145,8	972.849,4	211.835,1	7.146.170,6
1b													
2a					287,1	2.124.946,1	4.446.196,4	6.013.549,7	5.404.825,4	3.875.224,6	2.376.293,3	933.089,9	25.174.412,5
2b					105,8	912.373,9	2.232.625,3	3.368.264,8	3.863.313,5	3.457.529,4	2.441.185,4	793.920,0	17.069.318,1
5a						31.802,4	122.259,6	201.407,4	233.925,9	209.267,1	123.155,0	22.822,5	944.639,9
5b						487.052,7	1.834.717,6	2.812.135,2	3.284.060,9	2.997.209,7	1.974.791,7	363.288,8	13.753.256,6
<b>Total</b>					255.890,6	46.300.200,1	119.914.176,0	177.854.287,8	189.014.095,5	164.086.854,7	106.784.623,3	32.799.192,5	837.009.320,4

Tabla 6-7 Demandas Hídricas Situación con Proyecto

Sector de Riego	Meses												Total
	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	
1						2.978.354,5	9.056.703,3	14.203.299,5	16.419.185,9	14.714.597,8	9.344.960,3	2.206.556,7	68.923.657,9
2					5.411,9	22.561.650,9	52.371.083,3	76.141.355,0	80.787.151,4	68.610.145,6	45.082.082,6	17.126.097,0	362.684.977,6
3					68.214,5	4.366.797,6	9.516.125,8	13.879.904,1	14.756.685,8	12.724.396,6	8.438.539,8	3.425.053,2	67.175.717,4
4					71.724,4	11.744.211,8	29.541.793,5	43.633.774,2	45.493.618,6	37.411.504,8	24.067.818,0	6.457.294,8	198.421.740,1
5						2.523.819,8	8.786.577,8	14.020.623,3	16.226.730,7	14.592.346,6	9.282.645,8	1.880.705,0	67.313.449,0
6						8.149.809,7	20.951.920,4	29.684.004,5	31.985.142,8	27.777.489,4	20.069.362,8	7.116.441,3	145.734.170,8
7					38.208,1	4.637.383,0	11.397.386,8	16.891.092,6	17.719.236,0	14.793.447,8	9.634.692,0	2.934.818,4	78.046.264,7
8					23.832,6	5.224.169,3	13.353.824,0	19.473.308,6	20.328.211,5	16.824.976,3	10.679.752,4	3.042.919,5	88.950.994,1
<b>Total</b>					207.391,4	62.186.196,5	154.975.415,0	227.927.361,8	243.715.962,7	207.448.904,8	136.599.853,6	44.189.885,8	1.077.250.971,5

Tabla 6-8 Demandas Hídricas Situación Sin Proyecto

## 6.8 Conclusiones

### Situación Año 0

En Situación Año 0, el sistema genera una demanda total de agua de 1.077,25 millones de metros cúbicos para una superficie cultivada de 51.854 ha. De esta forma, la demanda unitaria del sistema alcanza a los 20.775 m<sup>3</sup>/ha/año.

El mayor requerimiento hídrico, se produce en el mes de enero con 243,72 millones de metros cúbicos, dado principalmente por la Etp y la superficie cultivada en dicho mes.

El Sector de Riego 2 es el que presenta el mayor requerimiento hídrico total del sistema, con un total anual de 362,68 millones de metros cúbicos, considerando que este sector es el que posee la mayor superficie dentro del sistema.

### Situación con Proyecto

En Situación con Proyecto, se produce un menor requerimiento hídrico total, comparado con la Situación Año 0. A pesar de existir una mayor superficie de riego, las eficiencias de riego y la mayor superficie de frutales en desmedro de las praderas, permiten obtener un requerimiento hídrico total de 837,00 millones de metros cúbicos para una superficie cultivada de 55.161 ha. De esta forma, la demanda unitaria del sistema alcanza a los 15.173 m<sup>3</sup>/ha/año.

El mayor requerimiento hídrico, se produce en el mes de enero con 189,01 millones de metros cúbicos.

El Sector de Riego 2 es el que presenta el mayor requerimiento hídrico total del sistema, con un total anual de 264,64 millones de metros cúbicos, considerando que este sector es el que seguirá teniendo la mayor superficie dentro del sistema.

## 7. ESTUDIOS BÁSICOS

### 7.1 Hidrología del Río Teno y sus Afluentes

#### 7.1.1 Introducción y Objetivos.

El objetivo de este estudio hidrológico, es entregar los resultados de caudales afluentes a la zona donde se contempla la construcción de un embalse, las curvas de variación estacional de caudales para distintas probabilidades de excedencia entre otros.

Para el análisis de los recursos disponibles en la situación futura o con proyecto, con la obra de regulación, se formularon en forma estocástica las series hidrológicas de los caudales afluentes al embalse. Por lo tanto, se consideró la generación estocástica de las series de caudales afluentes al embalse, de a lo menos 30 años de longitud (se usará la misma longitud que la serie histórica disponible)

Se realizó además un análisis de crecidas del Río Teno, entregando las crecidas asociadas a períodos de retorno de 50, 100, 1.000 y 10.000 años.

#### 7.1.2 Recopilación de Información Estadística.

Considerando los antecedentes disponibles, para el estudio del embalse de regulación se utilizó la siguiente información de la zona:

##### Estaciones Fluviométricas: (caudales medios mensuales y valores extremos)

- Río Teno después junta río Claro (Ene/90-Mar/99)
- Río Claro en Los Queñes (Ene/90-Nov/99)

##### Estaciones Pluviométricas: Precipitaciones mensuales y máximas en 24, 48 y 72 horas

- Los Queñes (Ene/92-Sep/2000)

##### Estaciones Evaporimétricas: (Evaporación mensual)

- Potrero Grande (DGA) (Ene/91-Sep/2000)
- Talca U.C. (DGA) (Ene/91-Sep/2000)

Embalse El Planchón: Se recopiló la información existente sobre la operación del Embalse El Planchón, desde 1991 en adelante.

Para estimar el arrastre de sedimentos en el río Teno, en el estudio OME-28 (DOH, 1994) se utilizó la información sedimentométrica existente en la estación Teno después de Junta (1977-1989).

### 7.1.3 Serie de Caudales Afluentes al Embalse.

Una de las alternativas de embalse de regulación (El Ciprés) se sitúa en el curso medio del río Teno, aproximadamente en la elevación 600 m s.n.m., en el sector comprendido entre El Culenar y Los Queñes.

Según los resultados del estudio de la Cuenca del Mataquito (OME-28, 1994), el embalse El Ciprés utilizará los recursos hidrológicos de una hoya de 1.059 km<sup>2</sup>. El caudal medio anual aportado por la cuenca es de 54,26 m<sup>3</sup>/s, equivalente a un volumen medio anual de 1.711,14 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>.

Para obtener la serie de caudales históricos afluentes al embalse, se utiliza como base la estadística de caudales registrados en la estación río Teno después de junta Claro (en régimen natural), completando los valores faltantes a través de correlaciones con la estación río Claro en Los Queñes. Los caudales en el punto de interés se obtendrán aplicando una transposición de caudales por unidad de área.

#### Análisis de la información fluviométrica

Para las estadísticas de caudales medios mensuales de las estaciones mencionadas, se recopiló la información disponible en la DGA.

Se analizó la calidad de la información recopilada en la estación Teno después de Junta, revisando los valores medios diarios medidos, descartando valores considerados anómalos.

En el caso de las estaciones ubicadas en el río Teno, los caudales medidos no representan el régimen natural de las cuencas aportantes, debido a que se encuentran alterados por la operación del embalse El Planchón.

En el período en que el embalse almacena recursos (aproximadamente Mayo a Noviembre), las estadísticas observadas corresponden al régimen natural de la cuenca intermedia (hoya de la estación sin considerar el embalse). Durante los meses en que el embalse entrega recursos (Diciembre a Abril), los caudales medidos se encuentran afectados en función de dichas entregas y para obtener el régimen natural de la cuenca intermedia, éstas deben ser descontadas.

Con este propósito, se recopiló y actualizó la información disponible en la DOH (Junta de Vigilancia) sobre la operación del embalse El Planchón, desde 1990 en adelante (complementando la contenida en el estudio anterior).

Se revisó la metodología aplicada para obtener una estimación del volumen estacional entregado por el embalse (para años sin información en el período 1950/51-1989/90, desarrollada en el estudio OME-28, 1994) que considera una relación entre volúmenes estacionales registrados en el río Claro en Los Queñes (Oct-Mar) y el embalse El Planchón (Dic-Abr), establecida con información de registros concurrentes, y que se distribuye mensualmente utilizando factores de distribución típicos obtenidos del análisis de años con información en El Planchón. Se considera que este procedimiento es adecuado y las relaciones establecidas representan la operación del embalse en el período analizado, por lo que no se justifica modificarlas con información de años posteriores.

En la Tabla 7-1 se muestra la estadística de caudales observados en el río Teno después de Junta sin alteración del Embalse El Planchón y rellenadas.

ANO	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	Abr-Sep	Oct-Mar	Anual
1950/51	<b>24,82</b>	<b>77,25</b>	<b>70,75</b>	<b>40,16</b>	<b>55,94</b>	<b>69,58</b>	<b>70,04</b>	<b>112,30</b>	<b>144,25</b>	<b>87,45</b>	<b>36,77</b>	<b>29,06</b>	56,42	79,98	68,20
1951/52	17,12	<b>22,57</b>	<b>67,85</b>	<b>90,46</b>	<b>63,76</b>	<b>51,45</b>	<b>61,00</b>	<b>91,70</b>	<b>102,31</b>	<b>68,82</b>	<b>31,41</b>	<b>26,02</b>	52,20	63,54	57,87
1952/53	<b>18,05</b>	<b>69,17</b>	<b>54,10</b>	<b>53,59</b>	<b>39,06</b>	<b>47,12</b>	<b>64,87</b>	<b>81,88</b>	<b>84,95</b>	<b>43,50</b>	<b>21,34</b>	<b>12,04</b>	46,85	51,43	49,14
1953/54	<b>11,82</b>	<b>31,60</b>	<b>34,88</b>	<b>47,16</b>	<b>133,69</b>	<b>121,60</b>	<b>83,64</b>	<b>174,79</b>	<b>191,89</b>	<b>123,26</b>	<b>72,51</b>	<b>37,03</b>	63,46	113,85	88,66
1954/55	<b>21,69</b>	<b>21,24</b>	<b>67,01</b>	<b>40,19</b>	<b>36,38</b>	<b>37,98</b>	<b>51,85</b>	<b>84,43</b>	<b>70,03</b>	<b>47,84</b>	<b>24,61</b>	<b>16,14</b>	37,42	49,15	43,28
1955/56	<b>15,02</b>	<b>15,61</b>	<b>86,65</b>	<b>36,48</b>	<b>29,45</b>	<b>51,52</b>	<b>70,85</b>	<b>112,15</b>	<b>98,51</b>	<b>53,58</b>	<b>30,27</b>	<b>19,21</b>	39,12	64,09	51,61
1956/57	<b>25,35</b>	<b>28,32</b>	<b>19,42</b>	<b>51,67</b>	<b>57,47</b>	<b>43,98</b>	<b>65,04</b>	<b>98,87</b>	<b>73,14</b>	<b>35,86</b>	<b>22,62</b>	<b>14,33</b>	37,70	51,64	44,67
1957/58	<b>11,09</b>	<b>42,65</b>	<b>33,01</b>	<b>50,04</b>	<b>57,22</b>	<b>43,49</b>	54,30	80,80	<b>80,01</b>	<b>43,22</b>	<b>23,91</b>	<b>17,07</b>	39,58	49,88	44,73
1958/59	<b>15,83</b>	<b>32,57</b>	<b>103,87</b>	<b>51,66</b>	52,90	44,90	82,40	112,00	90,33	47,80	29,76	23,88	50,29	64,36	57,32
1959/60	<b>85,40</b>	<b>64,04</b>	61,80	91,10	<b>67,98</b>	74,30	78,60	<b>111,05</b>	136,92	90,22	<b>28,53</b>	<b>16,10</b>	74,10	76,90	75,50
1960/61	<b>20,62</b>	<b>11,35</b>	<b>33,57</b>	<b>32,54</b>	<b>30,71</b>	<b>30,81</b>	<b>60,81</b>	<b>87,79</b>	<b>65,01</b>	<b>29,96</b>	<b>17,88</b>	40,42	26,60	50,31	38,46
1961/62	14,12	<b>15,36</b>	<b>49,79</b>	<b>52,16</b>	44,60	87,00	123,00	142,00	136,91	73,11	25,72	24,98	43,84	87,62	65,73
1962/63	15,97	13,60	31,80	28,80	37,10	34,30	67,90	98,50	60,55	31,21	24,22	14,68	26,93	49,51	38,22
1963/64	10,48	<b>17,64</b>	14,90	54,50	59,50	80,00	97,60	141,00	189,88	119,91	41,06	24,94	39,50	102,40	70,95
1964/65	<b>17,88</b>	12,50	14,40	18,40	18,60	34,90	48,60	<b>68,32</b>	<b>62,86</b>	33,15	21,18	16,08	19,45	41,70	30,57
1965/66	<b>72,11</b>	35,90	47,10	63,20	103,00	48,60	77,00	<b>126,63</b>	107,92	88,93	36,12	29,28	61,65	77,65	69,65
1966/67	<b>29,02</b>	30,90	70,70	78,40	42,70	63,90	90,60	130,00	130,90	104,63	50,99	25,84	52,60	88,83	70,72
1967/68	22,74	20,60	19,10	19,10	24,30	34,30	67,40	78,60	70,55	31,82	22,08	18,99	23,36	48,24	35,80
1968/69	16,06	10,20	8,58	7,44	8,41	11,40	13,70	22,40	15,78	14,70	11,82	9,21	10,35	14,60	12,48
1969/70	10,08	23,80	74,80	47,90	51,90	39,50	36,50	70,60	87,26	48,05	<b>20,95</b>	17,66	41,33	46,84	44,08
1970/71	11,08	11,40	13,80	30,20	32,20	<b>39,79</b>	49,60	68,70	52,55	28,16	14,63	11,10	23,08	37,46	30,27
1971/72	9,02	15,00	15,50	55,00	<b>62,24</b>	35,00	64,00	<b>84,00</b>	58,45	31,85	19,78	<b>19,76</b>	31,96	46,31	39,13
1972/73	12,99	<b>69,70</b>	121,00	<b>44,00</b>	121,00	88,90	85,20	<b>114,41</b>	184,90	150,33	67,92	38,37	76,26	106,86	91,56
1973/74	<b>6,00</b>	<b>17,36</b>	29,80	64,00	<b>17,23</b>	50,70	57,80	97,30	93,25	47,38	20,80	18,63	30,85	55,86	43,35
1974/75	12,06	<b>27,37</b>	<b>27,60</b>	66,60	40,70	36,50	61,90	76,80	81,63	59,07	22,44	17,32	35,14	53,19	44,17
1975/76	19,62	20,60	26,50	<b>74,71</b>	51,60	52,60	65,60	92,90	106,94	48,62	26,27	22,25	40,94	60,43	50,68
1976/77	19,51	11,90	<b>53,88</b>	23,00	20,10	27,50	59,50	88,60	70,04	33,88	19,14	20,28	25,98	48,57	37,28
1977/78	16,49	32,30	62,20	108,00	87,90	74,50	104,00	158,00	134,90	73,47	38,46	28,18	63,56	89,50	76,53
1978/79	20,85	18,60	18,00	139,44	<b>43,35</b>	70,40	124,00	168,00	177,90	112,99	<b>38,18</b>	24,75	51,77	107,64	79,70
1979/80	16,41	26,40	17,90	61,10	120,00	91,10	67,80	89,30	128,93	85,64	43,52	24,54	55,48	73,29	64,39
1980/81	79,51	<b>116,85</b>	115,00	100,00	58,30	43,00	55,60	75,60	105,95	61,53	33,60	17,21	85,44	58,25	71,85
1981/82	<b>17,79</b>	<b>100,70</b>	69,10	39,90	43,00	33,90	47,50	68,50	51,50	29,81	19,86	<b>20,04</b>	50,73	39,54	45,13
1982/83	12,00	23,30	<b>102,45</b>	<b>113,76</b>	<b>69,71</b>	107,00	98,80	119,00	180,91	135,89	75,30	45,88	71,37	109,30	90,33
1983/84	29,20	20,80	23,70	35,60	38,30	39,60	64,80	93,30	73,85	42,42	31,97	21,31	31,20	54,61	42,90
1984/85	13,82	18,70	26,20	72,50	39,50	60,40	113,00	118,00	153,90	100,30	46,17	41,04	38,52	95,40	66,96
1985/86	27,37	33,20	28,60	46,50	24,10	23,00	49,60	66,20	46,30	22,73	17,66	13,19	30,46	35,95	33,20
1986/87	24,37	57,00	<b>134,83</b>	62,00	83,60	45,40	84,10	84,60	112,00	<b>69,54</b>	39,04	32,28	67,87	70,26	69,06
1987/88	<b>20,72</b>	<b>23,32</b>	<b>27,42</b>	<b>92,39</b>	88,90	52,90	94,80	127,00	121,00	74,59	38,61	25,12	50,94	80,19	65,56
1988/89	18,84	15,40	18,70	28,20	51,70	38,60	57,50	84,10	55,80	29,07	19,72	11,20	28,57	42,90	35,74
1989/90	12,77	14,70	14,70	16,70	64,60	45,70	61,20	82,70	49,91	20,76	13,78	11,38	28,20	39,95	34,07
1990/91	19,40	20,70	16,80	21,30	28,70	58,00	58,40	63,00	47,70	26,57	17,65	13,78	27,48	37,85	32,67
1991/92	27,30	109,00	<b>77,14</b>	71,80	46,20	55,60	57,40	95,40	74,10	50,26	26,77	15,96	64,51	53,31	58,91
1992/93	18,83	93,90	111,00	82,10	39,00	65,60	91,10	130,00	120,53	82,46	39,23	24,32	68,40	81,27	74,84
1993/94	29,17	69,70	123,00	82,20	45,30	46,20	60,30	82,50	89,10	54,21	27,81	19,02	65,93	55,49	60,71
1994/95	26,33	34,20	52,90	104,90	44,60	46,90	61,80	102,10	84,40	33,59	27,04	16,14	51,64	54,18	52,91
1995/96	23,58	25,10	72,70	50,90	50,60	76,20	73,60	113,00	103,00	51,18	25,67	15,86	49,85	63,72	56,78
1996/97	18,03	13,90	27,40	25,00	37,90	37,40	42,80	37,90	21,83	15,02	11,55	11,37	26,61	23,41	25,01
1997/98	22,11	34,00	116,00	74,40	111,00	115,00	90,00	109,00	181,00	136,00	<b>59,04</b>	32,89	78,75	101,32	90,04
1998/99	<b>36,59</b>	26,80	28,20	22,50	19,20	20,20	26,20	26,00	20,21	15,98	14,17	15,78	25,58	19,72	22,65
Prom. =	22,39	34,67	51,76	56,40	52,96	53,64	69,26	96,77	97,60	60,01	30,40	21,67	45,30	62,62	53,96
Máximo:	85,40	116,85	134,83	139,44	133,69	121,60	124,00	174,79	191,89	150,33	75,30	45,88	85,44	113,85	91,56
Mínimo:	6,00	10,20	8,58	7,44	8,41	11,40	13,70	22,40	15,78	14,70	11,55	9,21	10,35	14,60	12,48

Tabla 7-1 Caudales Medios Mensuales (m<sup>3</sup>/s) - Río Teno después de Junta con Claro Régimen Natural  
(Caudales observados - Caudales entregados por El Planchón) Estadística Revisada y Rellenada

En la Tabla 7-2 se muestra la estadística de caudales observados en el río Teno después de Junta con aportes del Embalse El Planchón y rellenadas.

AÑO	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	Abr-Sep	Oct-Mar	Anual
1950/51	24,82	77,25	70,75	40,16	55,94	69,58	70,04	112,30	144,39	98,25	53,92	39,11	56,42	86,33	71,38
1951/52	19,40	22,57	67,85	90,46	63,76	51,45	61,00	91,70	102,38	73,85	39,40	30,70	52,58	66,50	59,54
1952/53	19,11	69,17	54,10	53,59	39,06	47,12	64,87	81,88	85,00	47,53	27,75	15,80	47,03	53,81	50,42
1953/54	12,67	31,60	34,88	47,16	133,69	121,60	83,64	174,79	192,01	132,58	87,32	45,71	63,60	119,34	91,47
1954/55	23,66	21,24	67,01	40,19	36,38	37,98	51,85	84,43	70,08	51,76	30,84	19,79	37,74	51,46	44,60
1955/56	15,85	15,61	86,65	36,48	29,45	51,52	70,85	112,15	98,57	58,80	38,56	24,07	39,26	67,17	53,21
1956/57	26,45	28,32	19,42	51,67	57,47	43,98	65,04	98,87	73,19	40,00	29,20	18,19	37,89	54,08	45,98
1957/58	11,96	42,65	33,01	50,04	57,22	43,49	54,30	80,80	80,06	47,19	30,21	20,76	39,73	52,22	45,98
1958/59	16,67	32,57	103,87	51,66	52,90	44,90	82,40	112,00	90,40	53,30	38,50	29,00	50,43	67,60	59,01
1959/60	86,56	64,04	61,80	91,10	67,98	74,30	78,60	111,05	137,00	96,20	38,03	21,67	74,30	80,42	77,36
1960/61	21,89	11,35	33,57	32,54	30,71	30,81	60,81	87,79	65,06	34,13	24,49	44,30	26,81	52,76	39,79
1961/62	15,00	15,36	49,79	52,16	44,60	87,00	123,00	142,00	137,00	79,90	36,50	31,30	43,99	91,62	67,80
1962/63	17,40	13,60	31,80	28,80	37,10	34,30	67,90	98,50	60,60	35,10	30,40	18,30	27,17	51,80	39,48
1963/64	11,30	17,64	14,90	54,50	59,50	80,00	97,60	141,00	190,00	129,00	55,50	33,40	39,64	107,75	73,70
1964/65	19,80	12,50	14,40	18,40	18,60	34,90	48,60	68,32	62,90	36,50	26,50	19,20	19,77	43,67	31,72
1965/66	72,82	35,90	47,10	63,20	103,00	48,60	77,00	126,63	108,00	95,40	46,40	35,30	61,77	81,45	71,61
1966/67	30,38	30,90	70,70	78,40	42,70	63,90	90,60	130,00	131,00	112,00	62,70	32,70	52,83	93,17	73,00
1967/68	24,30	20,60	19,10	19,10	24,30	34,30	67,40	78,60	70,60	35,80	28,40	22,70	23,62	50,58	37,10
1968/69	16,90	10,20	8,58	7,44	8,41	11,40	13,70	22,40	15,80	16,20	14,20	10,60	10,49	15,48	12,99
1969/70	10,40	23,80	74,80	47,90	51,90	39,50	36,50	70,60	87,30	51,00	25,63	20,40	41,38	48,57	44,98
1970/71	11,70	11,40	13,80	30,20	32,20	39,79	49,60	68,70	52,60	31,60	20,10	14,30	23,18	39,48	31,33
1971/72	9,75	15,00	15,50	55,00	62,24	35,00	64,00	84,00	58,50	35,70	25,90	23,34	32,08	48,57	40,33
1972/73	13,80	69,70	121,00	44,00	121,00	88,90	85,20	114,41	185,00	158,00	80,10	45,50	76,40	111,37	93,88
1973/74	7,61	17,36	29,80	64,00	17,23	50,70	57,80	97,30	93,30	50,90	26,39	21,90	31,12	57,93	44,52
1974/75	12,80	27,37	27,60	66,60	40,70	36,50	61,90	76,80	81,70	64,20	30,60	22,10	35,26	56,22	45,74
1975/76	20,70	20,60	26,50	74,71	51,60	52,60	65,60	92,90	107,00	53,30	33,70	26,60	41,12	63,18	52,15
1976/77	20,50	11,90	53,88	23,00	20,10	27,50	59,50	88,60	70,10	38,20	26,00	24,30	26,15	51,12	38,63
1977/78	17,40	32,30	62,20	108,00	87,90	74,50	104,00	158,00	135,00	80,80	50,10	35,00	63,72	93,82	78,77
1978/79	22,40	18,60	18,00	139,44	43,35	70,40	124,00	168,00	178,00	121,00	50,90	32,20	52,03	112,35	82,19
1979/80	18,10	26,40	17,90	61,10	120,00	91,10	67,80	89,30	129,00	91,30	52,50	29,80	55,77	76,62	66,19
1980/81	80,70	116,85	115,00	100,00	58,30	43,00	55,60	75,60	106,00	65,50	39,90	20,90	85,64	60,58	73,11
1981/82	18,63	100,70	69,10	39,90	43,00	33,90	47,50	68,50	51,50	38,70	34,60	25,06	50,87	44,31	47,59
1982/83	12,00	23,30	102,45	113,76	69,71	107,00	98,80	119,00	181,00	143,00	86,60	52,50	71,37	113,48	92,43
1983/84	30,70	20,80	23,70	35,60	38,30	39,60	64,80	93,30	73,90	46,60	38,60	25,20	31,45	57,07	44,26
1984/85	14,70	18,70	26,20	72,50	39,50	60,40	113,00	118,00	154,00	108,00	58,40	48,20	38,67	99,93	69,30
1985/86	29,00	33,20	28,60	46,50	24,10	23,00	49,60	66,20	46,30	34,30	28,90	25,10	30,73	41,73	36,23
1986/87	27,60	57,00	134,83	62,00	83,60	45,40	84,10	84,60	112,00	73,87	53,90	44,10	68,40	75,43	71,92
1987/88	23,63	23,32	27,42	92,39	88,90	52,90	94,80	127,00	121,00	78,00	56,60	37,70	51,43	85,85	68,64
1988/89	24,90	15,40	18,70	28,20	51,70	38,60	57,50	84,10	56,20	40,50	32,90	17,70	29,58	48,15	38,87
1989/90	13,20	14,70	14,70	16,70	64,60	45,70	61,20	82,70	50,30	31,60	25,20	15,80	28,27	44,47	36,37
1990/91	19,40	20,70	16,80	21,30	28,70	58,00	58,40	63,00	47,70	36,40	29,40	17,00	27,48	41,98	34,73
1991/92	27,30	109,00	77,14	71,80	46,20	55,60	57,40	95,40	74,10	53,90	42,10	27,50	64,51	58,40	61,45
1992/93	19,60	93,90	111,00	82,10	39,00	65,60	91,10	130,00	122,00	86,10	56,60	36,20	68,53	87,00	77,77
1993/94	31,50	69,70	123,00	82,20	45,30	46,20	60,30	82,50	89,10	60,50	43,90	30,90	66,32	61,20	63,76
1994/95	30,00	34,20	52,90	104,90	44,60	46,90	61,80	102,10	84,40	41,80	42,70	26,40	52,25	59,87	56,06
1995/96	25,40	25,10	72,70	50,90	50,60	76,20	73,60	113,00	103,00	59,20	42,50	26,20	50,15	69,58	59,87
1996/97	18,70	13,90	27,40	25,00	37,90	37,40	42,80	37,90	22,10	20,00	21,10	17,50	26,72	26,90	26,81
1997/98	24,40	34,00	116,00	74,40	111,00	115,00	90,00	109,00	181,00	136,00	63,19	45,70	79,13	104,15	91,64
1998/99	38,71	26,80	28,20	22,50	19,20	20,20	26,20	26,00	26,00	27,60	27,70	23,90	25,93	26,23	26,08
Prom. =	23,72	34,67	51,76	56,40	52,96	53,64	69,26	96,77	97,82	65,94	40,52	27,99	45,52	66,38	55,95
Máximo:	86,56	116,85	134,83	139,44	133,69	121,60	124,00	174,79	192,01	158,00	87,32	52,50	85,64	119,34	93,88
Mínimo:	7,61	10,20	8,58	7,44	8,41	11,40	13,70	22,40	15,80	16,20	14,20	10,60	10,49	15,48	12,99

Tabla 7-2 Caudales Medios Mensuales (m<sup>3</sup>/s) - Río Teno Después De Junta Con Claro (1950-1998)  
Régimen Actual (Caudales observados, afectados por embalse El Planchón  
Estadística Revisada y Rellenada

### 7.1.4 Curvas de Duración General y Variación Estacional de Caudales.

Para construir las curvas de variación estacional de los caudales medios mensuales, estacionales y anuales, se realiza además para la serie completa (más de 40 años), un análisis de frecuencias utilizando los siguientes modelos de ajuste de función de distribución de frecuencias: Normal, Log-Normal, Gumbel, Pearson III y Log-Pearson III. La bondad de ajuste de cada función de distribución de frecuencias, se analiza mediante los tests

estadísticos Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov, con el propósito de determinar el modelo de ajuste más representativo.

A continuación se presenta el resultado de los análisis antes descritos, Fig. 7-1 y Tabla 7-3

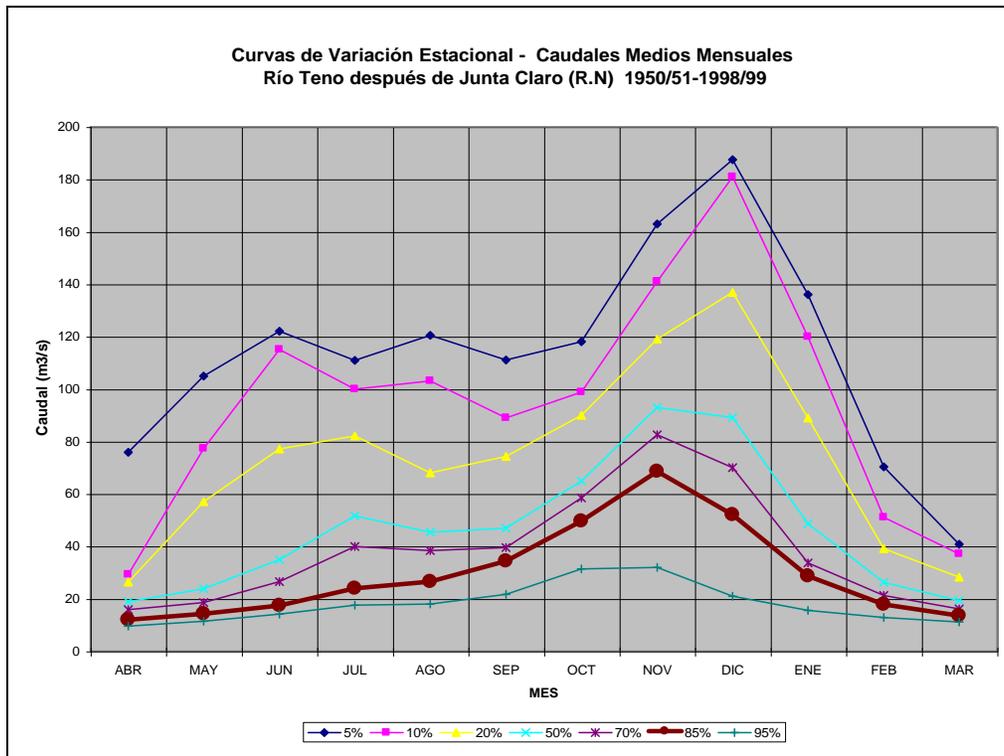


Fig. 7-1

Resumen LOG-NORMAL

Perc	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ANUAL
5%	44,40	80,34	134,61	128,15	114,00	102,14	121,19	173,49	214,08	135,89	57,14	37,75	97,81
10%	36,93	63,41	103,22	103,46	93,35	86,77	105,70	150,36	174,93	109,30	48,61	32,86	84,41
20%	29,54	47,61	74,83	79,83	73,27	71,22	89,57	126,43	136,97	83,96	39,97	27,79	70,61
50%	19,27	27,52	40,45	48,62	46,11	48,82	65,25	90,76	85,79	50,70	27,48	20,16	50,19
70%	14,77	19,56	27,58	35,71	34,56	38,59	53,57	73,84	64,11	37,03	21,77	16,51	40,58
85%	11,39	14,01	18,97	26,41	26,08	30,67	44,18	60,35	48,23	27,25	17,33	13,58	32,97
95%	8,37	9,42	12,16	18,45	18,65	23,33	35,13	47,48	34,38	18,91	13,22	10,77	25,76

Tabla 7-3 Curvas de Variación Estacional de Caudales – Río Teno después de Junta

	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR
5%	115.084.800	208.241.280	348.909.120	332.164.800	295.488.000	264.746.880	314.124.480	449.686.080	554.895.360	352.226.880	148.106.880	97.848.000
10%	95.722.560	164.358.720	267.546.240	268.168.320	241.963.200	224.907.840	273.974.400	389.733.120	453.418.560	283.305.600	125.997.120	85.173.120
20%	76.567.680	123.405.120	193.959.360	206.919.360	189.915.840	184.602.240	232.165.440	327.706.560	355.026.240	217.624.320	103.602.240	72.031.680
50%	49.947.840	71.331.840	104.846.400	126.023.040	119.517.120	126.541.440	169.128.000	235.249.920	222.367.680	131.414.400	71.228.160	52.254.720
70%	38.283.840	50.699.520	71.487.360	92.560.320	89.579.520	100.025.280	138.853.440	191.393.280	166.173.120	95.981.760	56.427.840	42.793.920
85%	29.522.880	36.313.920	49.170.240	68.454.720	67.599.360	79.496.640	114.514.560	156.427.200	125.012.160	70.632.000	44.919.360	35.199.360
95%	21.695.040	24.416.640	31.518.720	47.822.400	48.340.800	60.471.360	91.056.960	123.068.160	89.112.960	49.014.720	34.266.240	27.915.840

Tabla 7-4 Volúmenes Disponibles – Río Teno después de Junta

### 7.1.5 Análisis de Crecidas

Se realizó un análisis de crecidas en el río Teno después de junta con Claro (estación que incluye todos los afluentes al proyecto de embalse), determinando caudales de crecidas máximas, para períodos de retorno de 50, 100, 1.000 y 10.000 años. Este análisis de crecidas se realiza con el propósito de determinar caudales para el diseño de las obras del embalse, con los períodos de retorno adecuados a cada tipo de obra.

Se estudian las series de caudales máximos medios diarios y máximos instantáneos, pluviales y nivales, en la estación río Teno después de Junta con Claro.

Se recopiló la información estadística, actualizando y complementando la contenida en el estudio anterior descrito. Se analiza la estadística de caudales máximos medios diarios e instantáneos, anuales y estacionales, con el propósito de obtener series completas de más de 45 años para el período 1950/51-1998/99 (actualizando el período de análisis anterior 1950/51-1989/90).

En la Tabla, se muestran las estadísticas de caudales máximos.

Período de Retorno T (años)	Qmáx-d (Weibull)	Qmáx-i (Weibull)	Qmáx-i (Log-normal)
10	465	660	765
20	580	780	1.000
50	740	960	1.350
100	870	1.100	1.680
500	1.230	1.450	2.500
1.000	1.400	1.600	2.900
10.000	2.000	2.100	4.800

Tabla 7-5 Caudales Máximos Medios Diarios e Instantáneos (m<sup>3</sup>/s) Teno después de Junta (1950/51-1998/99)

## 7.2 Aspectos Legales del Recurso Hídrico

En este capítulo se realiza un análisis respecto de la situación de uso y aprovechamiento de los recursos hídricos del río Teno, que se ven involucrados directamente con el proyecto en referencia, a objeto de identificar las extracciones autorizadas desde este cauce.

Para dar cumplimiento a este objetivo, se realizó una completa revisión de los antecedentes legales relativos a los derechos de aprovechamiento autorizados por la Dirección General de Aguas, tanto sobre la base de los datos del Sistema Catastro Público de Aguas del Centro de Información de Recursos Hídricos (CIRH), como en diferentes estudio realizados por esta Dirección, entre los que destacan las siguientes:

“Estudio de Actualización Catastro de Usuarios para Regulación de Derechos de Agua en la Hoya del Río Teno, VII Región”. REG Ingenieros, 1982.

“Levantamiento de Bocatomas en Cauces Naturales Cuenca Río Aconcagua, Mataquito y Maule”. AC Ingenieros Consultores Ltda., 2000.

A partir de los antecedentes revisados, mencionados precedentemente, se obtuvo un catastro de los derechos de aprovechamiento autorizados en el río Teno, otorgados tanto a los diferentes usuarios como al Fisco.

### *Derechos de Aprovechamiento Otorgados a los Usuarios del Río Teno*

Los usuarios del río Teno se encuentran organizados en una asociación de canalistas, denominada “Asociación de Canalistas del Río Teno”, condición legal obtenida según Decreto N° 173 del 5 de marzo de 1918 del entonces Ministerio de Industrias y Obras Públicas.

Según se indica en el estudio de catastro de usuarios, desarrollado por REG (1982), el río Teno se encuentra dividido en 3.549 acciones o partes alícuotas repartidas entre los canales que se encuentran bajo su tuición.

En la Tabla 7-6 se presenta un resumen de los derechos de aprovechamiento otorgados a estos canales, antecedentes que han sido actualizados tomando como referencia los estudios desarrollados por REG (1982), AC Ingenieros Consultores Ltda. (2000) y las resoluciones de conformación de organizaciones de usuarios en el Departamento Legal de la DGA.

Se pudo verificar a partir de las consultas formuladas al Centro de Información de Recursos Hídricos (CIRH) que la totalidad de los derechos asignados en estos canales no se encuentran inscritos en la DGA. Esta situación obedece a que los derechos no se encuentran regularizados o bien fueron asignados por un Juez o por el SAG a partir de las expropiaciones CORA, no habiendo sido posteriormente regularizada su situación en la DGA-MOP.

En relación a las organizaciones de canalistas, se constató que del total de ellas, sólo 39 poseen una organización debidamente constituida e inscrita en los registros de organizaciones de usuarios de la DGA-MOP, correspondiendo ellas a Comunidades de Aguas. Otro grupo de 8 canales cuentan con Asociaciones de Canalistas, constituidas legalmente pero sin haber regularizado su situación ante la DGA. Además se reconocen 11 canales que no cuentan con ningún tipo de organización.

En tal sentido, el abogado del Departamento Legal la DGA-MOP Sr. Alejandro Paredes, informó que esta Dirección está desarrollando un programa de organización de usuarios en la cuenca del río Teno, estimándose preliminarmente la conformación de 2 a 3 nuevas organizaciones de usuarios.

Por otra parte, en la Tabla 7-7 se entrega un resumen de los derechos de aprovechamiento concedidas directamente por la DGA-MOP. En dicha tabla se especifica el nombre del usuario, fecha y número de resolución, tipo y ejercicio del derecho y caudal asignado.

Canal	Tipo de Organización	Resolución (1)		Acciones	Tipo de Derecho y Ejercicio
		DGA N°	Fecha		
San Miguel	Comunidad de Aguas			40,0	CEPC
El Peñon	Comunidad de Aguas	2.671	30-Nov-94	20,0	CEPC
Cardonal	Comunidad de Aguas	2.685	02-Dic-94	9,0	CEPC
Maqui Chico	Comunidad de Aguas	2.671	30-Oct-94	14,2	CEPC
Maquimacal	Comunidad de Aguas			154,0	CEPC
Calabozo	Comunidad de Aguas	1.575	02-Jul-94	20,2	CEPC
Socavón	Comunidad de Aguas	208	25-Ene-95	222,3	CEPC
La Laguna	Comunidad de Aguas			3,0	CETC
Huemul	Asociación de Canalistas			270,0	CEPC
Sauce	Comunidad de Aguas	1.659	08-Ago-94	30,0	CEPC
Chufiñe	Comunidad de Aguas	248	30-Ene-95	123,8	CEPC
Moreno	Asociación de Canalistas			93,0	CETC
Quinta	Asociación de Canalistas			312,0	CETC
Santa Rosa	No			48,0	CETC
Graneros	Comunidad de Aguas	2.454	30-Sep-98	42,0	CEPC
Aurora de Teno	Comunidad de Aguas	2.557	24-Oct-94	61,3	CEPC
Ventana	Asociación de Canalistas			158,5	CETC
La Cañada	Asociación de Canalistas			713,2	CEPC
Las Arvejas	No				CETC
Avalos	Comunidad de Aguas			2,5	CETC
Quilvo	No			58,7	-
Perales	No			25,0	-
Merino	No			68,3	-
Donoso	No			47,1	CEPC
Las Porfia	No			-	CETC
Cerrillos 15	No			4,0	CETC
Bajos del Cerrillo	Comunidad de Aguas	2.431	09-Oct-94	3,5	CEPC
Cerrillos 22	Comunidad de Aguas	2.671	30-Nov-94	52,0	CEPC
Bellavista	Comunidad de Aguas	3.542	30-Dic-99	17,0	CEPC
Agustín Cerda	Asociación de Canalistas			100,7	CEPC
Morales A	No			24,8	CEPC
Rodríguez	No			21,0	CETC
Puente	Asociación de Canalistas			24,0	CETC
Brazo Los Guindos	No			77,5	CETC
Guindo 1 y 2	No			21,0	CETC
Palmina	Comunidad de Aguas	2.431	09-Nov-94	2,0	CEPC
Comalle	Asociación de Canalistas			203,0	CETC
Isla de Quilvo	Comunidad de Aguas	1.515	02-Jul-94	3,6	CEPC
Rauco y Morales	Comunidad de Aguas	1.515	20-Jul-94	40,0	CEPC
Quetequete	Comunidad de Aguas	3.069	29-Dic-94	24,0	CEPC
Boldos	Comunidad de Aguas	2.671	30-Oct-94	18,3	CEPC
Compuerta de Teno	Comunidad de Aguas	1.825	29-Ago-94	81,0	CEPC
Punta del Monte	Comunidad de Aguas	1.380	01-Jul-94	54,0	CEPC
Leyton	Comunidad de Aguas	2.671	30-Nov-94	30,0	CEPC
Maitenal 2	Comunidad de Aguas	1.380	01-Jul-94	20,0	CEPC
Los Alisos	Comunidad de Aguas	2.671	30-Oct-94	26,0	CEPC
Las Melosas	Comunidad de Aguas	1.561	22-Jul-94	54,5	CEPC
Maitenal 1	Comunidad de Aguas	568	11-Abr-88	22,0	CEPC
Muñoces	No			15,2	CETC
Potrerillos	No			14,0	CETC
Duraznito	No			-	CETC

Canal	Tipo de Organización	Resolución (1)		Acciones	Tipo de Derecho y Ejercicio
		DGA N° 1	Fecha		
Fundo Las Mercedes	No			-	CET
Leyton dos	No			-	CET
Farias Rodríguez	Comunidad de Aguas	1.825	29-Ago-94	21,8	CEPC
Perales	Comunidad de Aguas	2.671	30-Oct-94	25,0	CEPC
De La Toma	Comunidad de Aguas	2.455	30-Oct-98	89,9	CEPC
Tricao	Comunidad de Aguas	1.380	01-Jul-94	179,9	CEPC
Cerrillos	Comunidad de Aguas	1.702	12-Ago-94	4,0	CEPC

Tabla 7-6 Derechos de Aprovechamiento del Río Teno para Uso en Riego

Usuario	Resolución (1)		Derecho	Caudal
	DGA N°	Fecha		
Ruperto Correa	1.035	4-Ago-17	C	0,0
Soc. Agrícola Soler Cortina Ltda.	79	25-Mar-80	C	17.000,0 (1)
Oscar Flores Aravena	279	6-Ago-80	C	16.900,0 (1)
Hugo Godoy Fuenzalida	55	18-Feb-81	CEPC	6,0 (2)
Hugo Godoy Fuenzalida	55	18-Feb-81	CEPC	4,0 (2)
Hugo Godoy Fuenzalida	55	18-Feb-81	CEPC	4,0 (2)
Hugo Godoy Fuenzalida	55	18-Feb-81	CEPC	0,5 (2)
Hugo Godoy Fuenzalida	55	18-Feb-81	CEPC	5,0 (2)
Hugo Godoy Fuenzalida	55	18-Feb-81	CEPC	13,0 (2)
Hugo Godoy Fuenzalida	55	18-Feb-81	CEPC	0,5 (2)
Oswaldo Erbetta Vaccaro	72	17-Feb-87	CEEC	40,0 (2)

Tabla 7-7 Derechos de Aprovechamiento Otorgados por la DGA-MOP

### Derechos de Aprovechamiento Canal Teno – Chimbarongo

Los derechos de aprovechamiento del canal Teno – Chimbarongo fueron solicitados originalmente por la entonces Dirección de Riego-MOP como reserva fiscal para la construcción del canal en referencia durante la década de 1970.

Según consta en resolución DGA N°549 del año 1995, estos derechos fueron otorgados a la Empresa Nacional de Energía (ENDESA S.A.) a partir del convenio establecido con la entonces Dirección de Riego-MOP destinado a la realización del proyecto y construcción de las obras de desviación del canal Teno-Chimbarongo.

Los derechos de aprovechamiento concedidos por la DGA a la ENDESA S.A. son no consuntivos y de ejercicio eventual y continuo para la producción de energía eléctrica de la Central Rapel.

Los derechos contemplan un gasto medio anual de los caudales superficiales del río Teno, equivalentes a 11 m<sup>3</sup>/s.

### Derechos de Aprovechamiento Embalse El Ciprés

Los derechos de aprovechamiento para la construcción del embalse El Ciprés fueron asignados a favor del Fisco según consta en las inscripciones Foja 341 N°11.904 y Foja 183V N°323 de fecha 31 de Diciembre del año 1997.

Los derechos de agua concedidos son de uso consuntivo de ejercicio eventual y discontinuo para las aguas superficiales del río Teno por un volumen de 320 millones de m<sup>3</sup>/año a captar entre los meses de octubre y enero, considerando una distribución mensual de 1.07, 36.69, 69.14 y 14.11 m<sup>3</sup>/s respectivamente.

Se contempla que la captación de las aguas se realice gravitacionalmente desde ambas riberas del cauce del río Teno.

## 7.3 Geología y Geotecnia

### 7.3.1 Geología

Se llevó a cabo el reconocimiento geológico de la mayor parte de los sitios de interés para el presente perfil, tanto a escala geológica regional, como de estudios semi-detallados de los sitios específicos de desarrollo de las obras proyectadas: presa, vertedero, túnel de desvío y zona de inundación.

Para los estudios de carácter regional se contó con las bases topográficas IGM escala 1:50.000 de las hojas Codegua, Sierras de Bellavista, Estero Upeo y Lagunas del Teno, así como de la cobertura de fotos aéreas Hykon, escala 1:63.000. Para la zona de inundación se contó con cobertura aerofotográfica 1:20.000 del SAF. De gran valor para la apreciación de las correlaciones regionales resultó el uso de imágenes Landsat 1:50.000 en blanco y negro, así como en falso color; con realce de los rasgos estructurales.

### 7.3.2 Marco Geológico Regional

#### Formaciones de Roca Consolidada

Las rocas más antiguas en el sector de las obras corresponden a la formación Abanico-Coya Machalí (KTA), la que está desarrollada en facies piroclástica gruesa, aglomerados brechosos y de lapilli, bancos, bien consolidados y poco alterados que muestran un moderado buzamiento 30 a 40° al W y NW. Estos depósitos se alteraron con proporciones menores de lavas andesíticas y con capas delgadas de tobas y sedimentos volcanoclásticos y, en conjunto, constituyen un macizo rocoso regular a bueno, apto para la construcción del túnel de desvío, el vertedero, y para empotrar los estribos de la presa.

En el estribo izquierdo, en el sector Ranchillo y también frente a Los Queñes, por el lado derecho del Teno, aparece una formación de litología muy similar, pero con mayor proporción de sedimentos e intercalación de niveles riolítico-dacíticos, de posición subhorizontal a débilmente plegada, que recubre discordante la KTA; y que corresponde a la Formación Farellones (TF), de gran desarrollo en los Andes de Chile Central. Cabe indicar que el sitio del estribo izquierdo y del túnel de desvío está constituido por rocas de este tipo.

La formación TF alcanza gran desarrollo hacia el E desde Los Queñes, hasta Los Cipreses (25 km), donde aparece cubriendo nuevamente a la formación KTA y expone un notorio miembro basal de capas volcanosedimentarias rojas, que muestran un intenso plegamiento disharmónico con las formaciones encajantes. En dicho tramo la TF aparece cortada por varios cuerpos granodioríticos, parcialmente alterados que podrían abrigar algún potencial metalífero.

Hacia el Naciente de los Cipreses, al lado derecho del Teno, las formaciones volcánicas Cretácicas y Terciarias dan paso a depositaciones sedimentarias marinas y continentales del Jurásico; formación Río Damas (Jrd), en que se ubican los yacimientos de calizas de Cementos Bío Bío, y la formación yesífera Nacientes del Teno (Jnt).

Cabe indicar que desde la localidad de Los Queñes y hasta el curso medio del río Claro, aparece una formación fuertemente plegada de capas rojas, frescas y compactas, areniscas tobaceas y conglomerados,

débilmente yesífera, que aparece en contacto de falla con la formación KTA a la izquierda del río y recubierta discordantemente por TF al lado derecho.

Es probable que estos depósitos, que no están descritos en anteriores estudios, tengan correlación con la Formación Colimapu (tierra roja) del Cretácico Medio.

Coronando este conjunto de formaciones del basamento rocoso regional, se yerguen los imponentes conos volcánicos andesítico-basálticos, Cuaternarios, del grupo: Planchón-Peteroa-Azufre.

El estudio de las imágenes aéreas indica que, una gran explosión más o menos reciente que destruyó todo el flanco oeste del Planchón, podría ser origen de, al menos, las más recientes avalanchas piroclásticas, reflejadas en las terrazas bajas de composición lahárica observables en el río.

Una vista más amplia permite reconocer que los actuales conos, mencionados, no son sino los “Montes Somma” de una gran caldera más antigua, cuyos productos explosivos y efusivos constituyeron la materia prima para los sahares del Teno, cuyas estimaciones fluctúan entre 5 y 20 km<sup>3</sup>. Los hundimientos relacionados a estos sucesos pueden explicar también la formación de las Lagunas del Teno como lagunas marginales de cráter.

#### Formaciones no Consolidadas y Suelos

La unidad geológica de mayor importancia para el proyecto en estudio es la de Lahares del Teno, cuyo origen fue discutido más arriba, y que se extiende desde las nacientes del río Claro hasta el borde oeste del Valle Central. En cuanto a los materiales aluviales ligados al actual cauce del río Teno, estos no constituyen sino una etapa fluvial más de los que han estado re-trabajando los depósitos laháricos desde su comienzo y que están reflejados en los importantes niveles de gravas intercalados en los lahares los que, en rigor, forman parte de la misma formación.

El material eruptivo de las fases explosivas iniciales y más violentas, en conjunto con violentas deglaciaciones ocasionadas por la misma actividad volcánica, ocasionaron corrientes de barro volcanogénico que colmataron, en su clímax, el valle del río Claro hasta unos 60 m sobre el río actual. Dicho nivel está claramente marcado por terrazas altas que llegan sin variación hasta Los Queñes y suben unos 5 km aguas arriba por el Teno, hasta el estero La Jaula, como consecuencia del embalsamiento del Teno que debe haberse producido inicialmente.

Agua abajo de Los Queñes y hasta el sitio de la presa, la terraza principal, está constituida por dos niveles laháricos finos de 5 a 10 m de potencia, separados por 20 a 40 m de grava y arena fluviales, visible en el tramo reconocido.

Los sondeos llevados a cabo, muestran que el valle tiene un relleno lahárico torrencial de más de 100 m de profundidad; mientras que la gravimetría insinúa profundidades cercanas a 300 m.

El nivel lahárico fino superior, cuyo espesor fluctúa generalmente entre 4 y 7 m, es bastante continuo en ambas terrazas representa un importante recurso de finos para el núcleo de la presa.

En cuanto a los sedimentos fluviales actuales, sobre los que se apoyará directamente la presa y se extenderá gran parte del área de inundación, corresponden principalmente a gravas gruesas, torrenciales con hasta 15% de arenas y proporciones menores de finos los que resultarán altamente permeables.

Los depósitos superficiales de descomposición física o química de las rocas, coluvios, escombros de falda, pie de monte y conos de deyecciones, tienen poco desarrollo e incidencia para las obras proyectadas. Los de mayor trascendencia son los depósitos morrénicos que sirven de cierre a numerosas lagunas glaciales, entre estas las Lagunas del Teno, que resultan, de este modo, completamente estables; sobre todo considerando las obras de regulación existentes. Estas consisten en un peraltamiento de unos 3 m del muro morrénico, compuertas y un canal cubierto que cruza toda la morrena y descarga a su término.

Cabe mencionar en este acápite, la existencia de la laguna glacial Goyo, en el río Los Cajones, de las nacientes del río Claro, que se ubica en terrenos fracturados, alterados y de aspecto inestable, con amenaza de derrumbe, de acuerdo al análisis fotogeológico.

## 8. ANALISIS Y FUNDAMENTACIÓN DEL PROYECTO

Acorde a los visto en los capítulos anteriores y tomando en consideración la aptitud agrícola del valle del río Teno, éste posee buenas condiciones agroclimáticas, edafológicas e industriales para lograr un sostenido desarrollo de la agricultura y potenciar el desarrollo económico e industrial del valle. Producto de la incorporación de especias de mayor rentabilidad y superficie disponible para ello.

Como en la mayoría de los proyectos de riego, existe una limitante y corresponde a la regulación de los recursos hídricos del valle. Si se contrastan las demandas hídricas en situación con proyecto versus los caudales del río Teno se obtiene la siguiente tabla:

		ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR
Oferta de Agua	5%	115.084,80	208.241,28	348.909,12	332.164,80	295.488,00	264.746,88	314.124,48	449.686,08	554.895,36	352.226,88	148.106,88	97.848,00
	10%	95.722,56	164.358,72	267.546,24	268.168,32	241.963,20	224.907,84	273.974,40	389.733,12	453.418,56	283.305,60	125.997,12	85.173,12
	20%	76.567,68	123.405,12	193.959,36	206.919,36	189.915,84	184.602,24	232.165,44	327.706,56	355.026,24	217.624,32	103.602,24	72.031,68
	50%	49.947,84	71.331,84	104.846,40	126.023,04	119.517,12	126.541,44	169.128,00	235.249,92	222.367,68	131.414,40	71.228,16	52.254,72
	70%	38.283,84	50.699,52	71.487,36	92.560,32	89.579,52	100.025,28	138.853,44	191.393,28	166.173,12	95.981,76	56.427,84	42.793,92
	85%	29.522,88	36.313,92	49.170,24	68.454,72	67.599,36	79.496,64	114.514,56	156.427,20	125.012,16	70.632,00	44.919,36	35.199,36
	95%	21.695,04	24.416,64	31.518,72	47.822,40	48.340,80	60.471,36	91.056,96	123.068,16	89.112,96	49.014,72	34.266,24	27.915,84
Demanda		32.799,19	-	-	-	-	255,89	46.300,20	119.914,18	177.854,29	189.014,10	164.086,85	106.784,62

Tabla 8-1 Comparación de Oferta y Demandas Hídricas del río Teno - Situación con Proyecto (m<sup>3</sup>/mes x10<sup>6</sup>)  
Demanda no considera los requerimientos del Canal Teno - Chimbarongo

Claramente los recursos disponibles en el río en la época de mayor demanda de riego (fila de 85% de seguridad), no logran satisfacer los requerimientos de los agricultores, lo que sumado a las demandas del Canal Teno – Chimbarongo, produce una clara carencia del recurso.

Por lo anterior, se hace necesaria una obra de regulación, que permita aprovechar los recursos que no se utilizan en la época de invierno, y que podrían ser perfectamente embalsables para su utilización en verano.

Es importante mencionar, que existe actualmente una obra en la zona alta del río que regula caudales para la zona baja, pero si limitado tamaño y falta de aportes de la cuenca, no la vuelven una solución sustentable para el real problema del valle.

Esta obra de regulación para el valle del río Teno, tiene factibilidad desde el punto de vista legal (se dispone de derechos de aprovechamiento), hídrico (existen recursos en el valle disponibles para su utilización) y estructural (existen sectores para emplazar una presa de regulación). Por lo que a continuación se presentan algunos apuntes de apoyo para la materialización de este proyecto.

## 9. PROYECTO DE PRESA Y OBRAS ANEXAS

### 9.1 Introducción

Durante el desarrollo de los estudios de CICA – CNR, Geotecnica Consultores – Dirección de Riego y Fichtner – DOH, se han determinado una serie de posible lugares para emplazar una obra de regulación.

En la tabla siguiente se presentan las alternativas de mayor atractivo identificadas:

Descripción	Un	El Ciprés	El Manzano	San Pablo
1. EMBALSE				
- N.A. Máx. Normal	m s.n.m.	647,00	616,00	354,00
- N.A. Mínimo	m s.n.m.	582,70	573,40	335,20
- Volumen Total	hm <sup>3</sup>	320,00	160,00	200,00
- Volumen Útil	hm <sup>3</sup>	315,00	157,80	195,50
- Área Inundada	ha	1.200,00	620,00	1.710,00
2. PRESA				
- Tipo: Zonificada				
- Volumen de Macizo	hm <sup>3</sup>	21,34	8,89	1,49
- Altura Máxima	m	90,00	67,10	50,30
- Longitud Coronamiento	m	1.180,00	1.180,00	1.260,00
- Cota Coronamiento	m s.n.m.	654,00	622,10	360,30
3. OBRAS DE DESVIO				
- Caudal de Proyecto	m <sup>3</sup> /s	800,00	250,00	410,00
- Túnel				
. Diámetro	m	12,80	7,80	9,80
. Longitud	m	500,00	350,00	270,00
4. OBRAS DE ALIVIO				
- Vertedero Frontal				
. Caudal de Proyecto	m <sup>3</sup> /s	1.800,00	590,00	900,00
5. OBRAS DE ENTREGA				
- Tubería de Acero				
. Caudal de Proyecto	m <sup>3</sup> /s	72,86	17,37	24,19
. Diámetro	m	3,30	1,60	2,00
. Longitud	m	250,00	175,00	260,00

Tabla 9-1 Alternativas de Embalse de Regulación

Todos los estudios concordaron que el sitio denominado El Ciprés, reunía las mejores condiciones tanto de capacidad de regulación necesaria para la superficie de estudio, relación agua - muro y estructurales para emplazar el embalse, por lo cual en el año 2000 se inicio formalmente el Estudio de Prefactibilidad, el cual fue desarrollado por la DOH.

Durante el desarrollo del estudio, se detectó que el espesor del relleno fluvial del cauce del río, sobrepasaba los 100 m de altura, ante lo cual se optó por efectuar una evaluación económica preliminar, para estimar la bondades del proyecto.

Esta evaluación arrojó los siguientes indicadores a Precios Sociales:

Escenario de Evaluación		VAN (miles \$) (12%)	TIR	N/K	PR
Superficie Regada en Situación Actual (Sectores de Riego 1 al 8, más 1b)	51.854,00 ha				
Superficie Regada en Situación Actual (Sectores de Nuevo Riego 1a, 2a, 2b, 5a, 5b)	2.773,85 ha				
Superficie Regada en Situación Actual con Seguridad 85%	31.505,13 ha				
Superficie Regada en Situación Futura	55.161,49 ha	-146.357.853,4		0,47	16
Superficie que incrementa su Seguridad de Riego	20.349,59 ha				
Superficie de Nuevo Riego	3.306,77 ha				
Cota de Coronamiento	650,00 m.s.n.m.				
Centrales Ciprés y Guaiquiquillo	no				

Tabla 9-2 Indicadores Económicos Embalse El Ciprés (Fichtner – DOH – 2001)

Como se puede apreciar, los indicadores negativos del proyecto, obligaron a suspender la Consultoría en desarrollo y dejar inconcluso los estudios.

En atención a lo anterior, es de suma importancia hacer notar que la evaluación económica se efectuó con **una tasa de descuento del 12%**, que si se contrasta con lo que actualmente se usa por criterios de Mideplan (**tasa del 6%**), se obtendrían los siguientes indicadores para la realidad de la época:

Escenario de Evaluación		VAN (miles \$) (6%)	TIR
Superficie Regada en Situación /	51.854,00 ha		
Superficie Regada en Situación /	2.773,85 ha		
Superficie Regada en Situación /	31.505,13 ha		
Superficie Regada en Situación f	55.161,49 ha	76.681.325,6	7,21%
Superficie que incrementa su Se:	20.349,59 ha		
Superficie de Nuevo Riego	3.306,77 ha		
Cota de Coronamiento	650,00 m.s.n.m.		
Centrales Ciprés y Guaiquiquillo	no		

Tabla 9-3 Indicadores Económicos Embalse El Ciprés (Elaboración Propia - 2011)

Como conclusión, si el proyecto de Prefactibilidad se hubiera evaluado con los criterios de Mideplan vigentes en la actualidad, este hubiera dado rentable y no se hubiera suspendido la consultoría.

Por lo anterior, se propone mantener esta alternativa de proyecto y evaluar un par adicional que permita tener alternativas para etapas posteriores de estudio.

## 9.2 Alternativas de Presa

Como se indico en el numeral anterior, se propone como metodología de trabajo mantener la alternativa El Ciprés y evaluar dos alternativas adicionales, que para efectos del presente trabajo de perfil, serían las alternativas El Manzano y San Pablo. Se espera que en el estudio de Prefactibilidad, se pueda obtener una confirmación de estos sitios o bien la proposición de otras alternativas.

En la Fig. 9-1 se presenta la ubicación de las alternativas seleccionadas para el presente trabajo de perfil.



Fig. 9-1 Alternativas de Embalse consideradas

### 9.3 Costos de las Obras

La estimación de los costos de las obras componentes de los diferentes proyectos analizados se ha realizado de manera que represente de la manera más fiel posible las condiciones del área de implantación y las características específicas de diseño y operación, suministrando con la precisión acorde al nivel de los estudios los elementos necesarios para la toma de decisiones. De esta manera, para la elaboración de los presupuestos se tuvo en cuenta, fundamentalmente, las siguientes consideraciones:

- 1) Nivel de desarrollo y precisión de los estudios y diseños de ingeniería en la determinación de las cantidades de obra incluidas en los proyectos.
- 2) Consistencia entre los distintos aspectos de los proyectos.
- 3) Determinación de costos unitarios directos y precios de equipos y materiales basados en cotizaciones, en información de precios actualizados de otros estudios.

Todas las estimaciones de costos fueron preparadas en una única moneda, dólar de Estados Unidos, tanto para bienes y servicios importados como nacionales. Los criterios generales utilizados en el cálculo de los volúmenes de obra fueron los siguientes:

- 1) Las cubicaciones, para cada partida del presupuesto, se realizaron a partir de los diseños del proyecto. La base topográfica utilizada correspondió a la restitución aerofogramétrica escala 1:5.000 de las áreas de interés de las diferentes alternativas.
- 2) La definición del tipo de material excavado, así como distancias de transporte y otras características de los movimientos de tierra, se realizó sobre la base de la información recogida en terreno.

Los presupuestos de las tres alternativas de embalse de regulación se presentan a continuación:

Descripción	El Ciprés	San Pablo	El Manzano
	<b>225 Hm3</b>	<b>156 Hm3</b>	<b>65 Hm3</b>
	Valor \$	Valor \$	Valor \$
Terrenos y Servidumbre	2.750.879.969	6.886.479.299	488.852.914
Embalse	23.878.038.885	5.571.083.224	9.261.450.910
Presa	106.448.481.109	10.793.633.318	25.051.262.690
Obras de Captación y Entrega	3.082.235.909	1.391.725.271	1.069.054.698
Canales	-	7.928.257.771	5.329.856.921
<b>Total \$</b>	<b>136.159.635.872</b>	<b>32.571.178.883</b>	<b>41.200.478.134</b>

Tabla 9-4 Presupuestos de Alternativas de Embalse

Cabe señalar que las alternativas San Pablo y El Manzano, no son capaces de atender los requerimientos hídricos de toda la zona de riego contemplada, sólo abarcando un 87% y un 46% de la superficie apta para riego.

Por lo que en la evaluación económica se usaran estos factores de corrección del beneficio agro económico.

Finalmente las alternativas San Pablo y el Manzano, por tratarse de embalse laterales, requieren obras de captación y conducción que embalse El Ciprés no requiere.

## 10. BENEFICIOS AGROECONÓMICOS DEL PROYECTO

### 10.1 Metodología de Trabajo

La información base de los beneficios agro-económicos definidos para el presente Estudio de Perfil, se obtuvo del Estudio de Prefactibilidad Construcción Embalse El Ciprés desarrollado por Fichtner Ingenieros, los cuales se basan en la Situación sin y con Proyecto informada en el Capítulo 5.

Dicha información base se entrega como Anexo al final del informe.

Los Márgenes Netos por Rubros Productivos, fueron debidamente revisados y actualizados por el equipo técnico de la Comisión Nacional de Riego.

La metodología de actualización, se basó en ponderar los valores que toman mayor peso específico dentro de las actividades que conforman el Margen Neto. Es decir aquellas que tiene mayor peso económico. Para ello se usó IPC en lo que a costos de insumos refiere, estadísticas del Banco Central en lo que Mano de Obra corresponde y los valores de venta de los productores publicados en ODEPA para los ingresos por insumos.

Los factores utilizados fueron:

Ítem	Factor	Ponderación dentro del Margen Neto
Insumos	1,36	20%
Mano de Obra	1,20	60%
Precios de Venta	1,25	20%
<b>Factor Ponderado</b>	<b>1,24</b>	

Tabla 10-1 Factores de Actualización Margen Neto Agropecuario

Finalmente se obtiene un factor de ponderación único (1,24), el cual se utiliza para actualizar los márgenes netos del sector agrícola.

Otro concepto importante de señalar, guarda relación con los beneficios que capta el embalse El Ciprés por concepto de Generación, de las tres alternativas estudiadas, sería la única con potencial de generación. Los beneficios al igual que los ingresos agro-económicos, se estiman a partir del Estudio de Prefactibilidad Construcción Embalse El Ciprés, mas las respectivas actualizaciones.

En las Tabla 10-1 se presentan los resultados de los Márgenes Agro-económicos para las tres alternativas de proyecto.

AÑO	Beneficios Agropecuarios Futuros El Ciprés				Beneficios Agropecuarios Futuros San Pablo				Beneficios Agropecuarios Futuros El Manzano		
	Margen Neto sin Proyecto	Margen Neto con Proyecto	Beneficio Agropecuario Diferencial	Beneficio Generación	Margen Neto sin Proyecto	Margen Neto con Proyecto	Beneficio Agropecuario Diferencial	Margen Neto sin Proyecto	Margen Neto con Proyecto	Beneficio Agropecuario Diferencial	
0	570.533	-	- 570.533	-	496.364	-	- 496.364	262.445	-	- 262.445	
1	68.499.834	65.834.060	- 2.665.774	13.762.374	59.594.856	57.275.632	- 2.319.224	31.509.924	30.283.668	- 1.226.256	
2	68.463.209	60.703.133	- 7.760.076	11.466.119	59.562.992	52.811.726	- 6.751.266	31.493.076	27.923.441	- 3.569.635	
3	68.426.474	53.971.630	- 14.454.844	9.588.845	59.531.032	46.955.318	- 12.575.714	31.476.178	24.826.950	- 6.649.228	
4	68.389.628	46.365.179	- 22.024.449	17.316.966	59.498.977	40.337.706	- 19.161.271	31.459.229	21.327.982	- 10.131.247	
5	68.329.378	38.587.094	- 29.742.285	8.543.218	59.446.559	33.570.772	- 25.875.788	31.431.514	17.750.063	- 13.681.451	
6	68.317.163	29.109.685	- 39.207.478	9.226.867	59.435.931	25.325.426	- 34.110.506	31.425.895	13.390.455	- 18.035.440	
7	68.279.985	24.471.605	- 43.808.380	8.477.678	59.403.587	21.290.296	- 38.113.291	31.408.793	11.256.938	- 20.151.855	
8	58.876.621	25.393.596	- 33.483.026	7.958.535	51.222.660	22.092.428	- 29.130.232	27.083.246	11.681.054	- 15.402.192	
9	65.236.278	34.109.765	- 31.126.513	10.397.230	56.755.562	29.675.496	- 27.080.066	30.008.688	15.690.492	- 14.318.196	
10	65.828.588	52.198.242	- 13.630.346	15.060.673	57.270.872	45.412.471	- 11.858.401	30.281.151	24.011.192	- 6.269.959	
11	68.121.867	58.700.997	- 9.420.869	6.850.217	59.266.024	51.069.868	- 8.196.156	31.336.059	27.002.459	- 4.333.600	
12	68.084.127	89.494.645	21.410.518	12.563.947	59.233.191	77.860.341	18.627.151	31.318.699	41.167.537	9.848.838	
13	68.046.275	108.943.408	40.897.133	7.162.486	59.200.259	94.780.765	35.580.505	31.301.287	50.113.968	18.812.681	
14	68.008.309	124.163.101	56.154.792	13.410.648	59.167.229	108.021.898	48.854.669	31.283.822	57.115.026	25.831.204	
15	67.946.227	136.243.062	68.296.835	5.794.370	59.113.218	118.531.464	59.418.246	31.255.264	62.671.808	31.416.544	
16	31.120.856	142.888.406	111.767.550	12.810.657	27.075.145	124.312.913	97.237.768	14.315.594	65.728.667	51.413.073	
17	36.399.135	149.648.745	113.249.610	13.999.481	31.667.247	130.194.408	98.527.161	16.743.602	68.838.423	52.094.821	
18	27.042.782	152.496.575	125.453.794	6.879.147	23.527.220	132.672.021	109.144.800	12.439.680	70.148.425	57.708.745	
19	33.062.492	154.060.488	120.997.995	721.846	28.764.368	134.032.624	105.268.256	15.208.747	70.867.824	55.659.078	
20	38.312.253	155.108.731	116.796.479	7.637.054	33.331.660	134.944.596	101.612.937	17.623.636	71.350.016	53.726.380	
21	23.085.607	141.922.619	118.837.012	5.016.943	20.084.478	123.472.679	103.388.200	10.619.379	65.284.405	54.665.025	
22	39.838.576	152.883.658	113.045.082	6.807.696	34.659.561	133.008.782	98.349.221	18.325.745	70.326.483	52.000.738	
23	53.023.898	154.400.623	101.376.725	17.728.731	46.130.792	134.328.542	88.197.751	24.390.993	71.024.287	46.633.293	
24	42.420.588	154.469.410	112.048.822	8.670.601	36.905.911	134.388.387	97.482.475	19.513.470	71.055.929	51.542.458	
25	76.818.419	154.506.350	77.687.931	7.813.150	66.832.025	134.420.525	67.588.500	35.336.473	71.072.921	35.736.448	
26	31.841.309	150.656.607	118.815.297	9.460.415	27.701.939	131.071.248	103.369.309	14.647.002	69.302.039	54.655.037	
27	50.977.204	146.967.637	95.990.433	6.629.213	44.350.168	127.861.844	83.511.677	23.449.514	67.605.113	44.155.599	
28	50.337.812	139.392.527	89.054.715	14.477.685	43.793.897	121.271.499	77.477.602	23.155.394	64.120.562	40.965.169	
29	67.514.985	130.025.612	62.510.627	16.236.250	58.738.037	113.122.283	54.384.245	31.056.893	59.811.782	28.754.888	
30	88.417.482	119.069.746	30.652.264	12.611.995	76.923.210	103.590.679	26.667.470	40.672.042	54.772.083	14.100.041	

Tabla 10-2 Beneficios Agropecuarios del Proyecto

## 11. EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO

### 11.1 Costos Indirectos del Proyecto

#### 11.1.1 Operación de las Obras y Mantenimiento y Mitigación Ambiental

Para definir el costo de operación y mantenimiento de las obras así como la Mitigación Ambiental producto del proyecto, se utilizó como referencia el estudio de Diseño Embalse Ancoa y Puntilla del Viento, ambos proyectos desarrollados por la DOH, los cuales tienen características similares como obra y sistema de operación al proyecto de análisis. Cabe señalar que estos costos son muy estimados por lo que deben ser debidamente estudiados en la Etapa respectiva del Proyecto.

Ambos estudios (Puntilla del Viento y Ancoa) trabajan con costos de operación cercanos al 1 o 2% del costo total de la Obra. Por lo que se adopta un valor de operación del 2,0% del costo de la obra, para los proyectos Embalse San Pablo y El Manzano y un valor de 0,8% para el proyecto El Ciprés lo que asciende a:

Ítem	Costo Operación y Mantenimiento \$
El Ciprés	1.089.277.090
San Pablo	651.423.560
El Manzano	824.010.000

Tabla 11-1 Costos de Operación, Mantenimiento y Mitigación Ambiental

#### 11.1.2 Costos Asociados al Sector Agropecuario

Otros costos que deben ser considerados al momento de efectuar la evaluación del proyecto, son aquellos que se derivan de la implementación del riego y capacitación.

Entre los costos considerados se tienen:

- 1) Puesta en riego
- 2) Adecuación Predial
- 3) Transferencia Tecnológica
- 4) Asistencia Técnica

La base de estos costos se obtuvo del Estudio de Prefactibilidad Embalse El Ciprés con las debidas actualizaciones del caso.

## 11.2 Criterios de Evaluación Utilizados

- a) Método del Presupuesto
- b) Tasa de Descuento 6%
- c) Indicadores Económicos (VAN, TIR e IVAN) a Precios Sociales

## 11.3 Otros Criterios considerados en la Evaluación Económica

1. Progresión en el logro de los márgenes netos finales
2. Cronograma de incorporación real de las tierras al riego predial
3. Necesidad de transferencia tecnológica y capacitación
4. Costos y plazos de la puesta en riego predial
5. Costos de las obras de riego, el mantenimiento y el manejo ambiental, definidas estas últimas por el proyecto.

Finalmente en la Tablas 11-2, 11-3 y 11-4 se presentan las planillas de Evaluación Económica obtenidas en M\$ de pesos.

AÑO	Beneficios Agropecuarios Futuros El Ciprés				Costos Asociados al Sector Agropecuario				Costos Asociados a las Obras Civiles		Costos de Administración por Organización de Usuarios y Mantenimiento	Beneficio del Proyecto
	Margen Neto sin Proyecto	Margen Neto con Proyecto	Beneficio Agropecuario Diferencial	Beneficio Generación	Puesta en Riego	Adecuación Predial	Transferencia Tecnológica	Asistencia Técnica	Presa	Generación		
0	570.532,94	-	- 570.532,94	-	-	-	-	-	136.159.635,87	84.542.213,86	-	- 221.272.382,68
1	68.499.834,48	65.834.060,08	- 2.665.774,40	13.762.374,22	338.162,94	-	2.047.450,17	-	-	543.330,43	1.089.277,09	- 7.078.379,20
2	68.463.209,02	60.703.133,28	- 7.760.075,74	11.466.118,66	814.461,50	8.193,97	2.041.307,73	14.919,40	-	543.330,43	1.089.277,09	- 805.447,19
3	68.426.473,77	53.971.630,15	- 14.454.843,62	9.588.845,10	1.375.650,01	24.035,56	2.004.453,62	58.683,01	-	543.330,43	1.089.277,09	- 9.961.428,21
4	68.389.628,35	46.365.178,88	- 22.024.449,47	17.316.966,17	1.917.439,22	39.330,79	1.900.033,71	130.296,23	-	543.330,43	1.089.277,09	- 10.327.190,76
5	68.329.378,31	38.587.093,77	- 29.742.284,54	8.543.217,85	2.472.266,58	52.987,32	1.680.956,58	226.775,17	-	543.330,43	1.089.277,09	- 27.264.659,85
6	68.317.162,61	29.109.684,75	- 39.207.477,86	9.226.866,69	3.328.735,37	66.097,63	1.371.791,61	347.125,09	-	543.330,43	1.089.277,09	- 36.726.968,38
7	68.279.984,59	24.471.604,54	- 43.808.380,04	8.477.678,38	3.652.607,24	84.124,26	1.029.867,39	500.297,72	-	543.330,43	1.089.277,09	- 42.230.205,79
8	58.876.621,13	25.393.595,54	- 33.483.025,59	7.958.535,17	3.574.967,83	91.225,65	714.560,11	666.400,56	-	543.330,43	1.089.277,09	- 32.204.252,08
9	65.236.278,16	34.109.764,99	- 31.126.513,16	10.397.229,62	2.970.588,77	82.485,44	466.818,62	816.589,41	-	543.330,43	1.089.277,09	- 26.698.373,30
10	65.828.588,45	52.198.242,44	- 13.630.346,02	15.060.673,46	2.094.261,64	58.450,01	268.215,99	923.014,53	-	543.330,43	1.089.277,09	- 3.546.222,24
11	68.121.866,56	58.700.997,36	- 9.420.869,20	6.850.216,97	1.779.437,87	27.859,30	120.799,53	973.740,54	-	543.330,43	1.089.277,09	- 7.105.096,98
12	68.084.127,40	89.494.645,33	21.410.517,94	12.563.946,93	1.324.338,64	9.832,67	30.711,80	991.643,85	-	543.330,43	1.089.277,09	29.985.330,40
13	68.046.275,09	108.943.407,63	40.897.132,54	7.162.486,07	1.275.456,00	1.638,82	-	994.627,76	-	543.330,43	1.089.277,09	44.155.288,53
14	68.008.309,26	124.163.101,05	56.154.791,79	13.410.647,89	1.272.858,24	-	-	994.627,76	-	543.330,43	1.089.277,09	65.665.346,18
15	67.946.227,14	136.243.061,69	68.296.834,55	5.794.369,67	1.268.482,79	-	-	994.627,76	-	543.330,43	1.089.277,09	70.195.486,16
16	31.120.856,35	142.888.406,04	111.767.549,70	12.810.657,31	4.693.187,88	-	-	994.627,76	-	543.330,43	1.089.277,09	117.257.783,87
17	36.399.135,02	149.648.745,19	113.249.610,16	13.999.481,08	1.980.401,29	-	-	994.627,76	-	543.330,43	1.089.277,09	122.641.454,69
18	27.042.781,76	152.496.575,42	125.453.793,66	6.879.146,88	2.431.016,40	-	-	994.627,76	-	543.330,43	1.089.277,09	127.274.688,86
19	33.062.492,46	154.060.487,79	120.997.995,33	721.845,93	2.829.654,81	-	-	994.627,76	-	543.330,43	1.089.277,09	116.262.951,18
20	38.312.252,58	155.108.731,44	116.796.478,86	7.637.054,15	3.210.466,17	-	-	994.627,76	-	543.330,43	1.089.277,09	118.595.831,58
21	23.085.607,31	141.922.619,14	118.837.011,83	5.016.943,49	5.240.785,06	-	-	994.627,76	-	543.330,43	1.089.277,09	115.985.935,00
22	39.838.576,19	152.883.657,77	113.045.081,58	6.807.696,35	3.983.300,17	8.193,97	-	994.627,76	-	543.330,43	1.089.277,09	113.234.048,52
23	53.023.898,45	154.400.623,28	101.376.724,82	17.728.731,03	3.746.077,55	24.035,56	-	994.627,76	-	543.330,43	1.089.277,09	112.708.107,47
24	42.420.587,75	154.469.409,96	112.048.822,21	8.670.600,97	3.053.677,08	39.330,79	-	994.627,76	-	543.330,43	1.089.277,09	114.999.180,04
25	76.818.419,49	154.506.350,02	77.687.930,53	7.813.149,75	2.166.250,69	52.987,32	-	994.627,76	-	543.330,43	1.089.277,09	80.654.607,00
26	31.841.309,50	150.656.606,95	118.815.297,45	9.460.414,85	1.872.880,48	66.097,63	-	994.627,76	-	543.330,43	1.089.277,09	123.709.498,92
27	50.977.204,29	146.967.637,30	95.990.433,01	6.629.213,25	1.431.746,43	84.124,26	-	994.627,76	-	543.330,43	1.089.277,09	98.476.540,31
28	50.337.812,26	139.392.527,03	89.054.714,77	14.477.684,62	1.374.349,76	91.225,65	-	994.627,76	-	543.330,43	1.089.277,09	99.439.588,72
29	67.514.985,37	130.025.612,30	62.510.626,94	16.236.250,18	1.342.935,23	82.485,44	-	994.627,76	-	543.330,43	1.089.277,09	74.694.221,17
30	88.417.482,33	119.069.746,36	30.652.264,03	12.611.994,82	1.301.884,02	58.450,01	-	994.627,76	-	543.330,43	1.089.277,09	39.276.689,55
											<b>VAN</b>	<b>\$ 187.631.410</b>
											<b>TIR</b>	<b>8,66%</b>
											<b>IVAN</b>	<b>0,85</b>

Tabla 11-2 Evaluación Económica Proyecto Embalse El Ciprés

AÑO	Beneficios Agropecuarios Futuros San Pablo			Costos Asociados al Sector Agropecuario				Costos Asociados a las Obras Civiles	Costos de Administración por Organización de Usuarios y Mantenimiento	Beneficio del Proyecto
	Margen Neto sin Proyecto	Margen Neto con Proyecto	Beneficio Agropecuario Diferencial	Puesta en Riego	Adecuación Predial	Transferencia Tecnológica	Asistencia Técnica	Presa		
0	496.363,66	-	- 496.363,66	-	-	-	-	32.571.178,00	-	- 33.067.541,66
1	59.594.856,00	57.275.632,27	- 2.319.223,73	294.201,76	-	1.781.281,64	-		651.423,56	- 5.046.130,69
2	59.562.991,85	52.811.725,95	- 6.751.265,89	708.581,50	7.128,75	1.775.937,73	14.919,40		651.423,56	- 9.909.256,84
3	59.531.032,18	46.955.318,23	- 12.575.713,95	1.196.815,50	20.910,93	1.743.874,65	58.683,01		651.423,56	- 16.247.421,60
4	59.498.976,66	40.337.705,63	- 19.161.271,04	1.668.172,12	34.217,78	1.653.029,33	130.296,23		651.423,56	- 23.298.410,06
5	59.446.559,13	33.570.771,58	- 25.875.787,55	2.150.871,92	46.098,97	1.462.432,23	226.775,17		651.423,56	- 30.413.389,39
6	59.435.931,47	25.325.425,74	- 34.110.505,74	2.895.999,77	57.504,93	1.193.458,70	347.125,09		651.423,56	- 39.256.017,79
7	59.403.586,59	21.290.295,95	- 38.113.290,64	3.177.768,30	73.188,11	895.984,63	500.297,72		651.423,56	- 43.411.952,96
8	51.222.660,38	22.092.428,12	- 29.130.232,26	3.110.222,01	79.366,31	621.667,29	666.400,56		651.423,56	- 34.259.312,01
9	56.755.562,00	29.675.495,54	- 27.080.066,45	2.584.412,23	71.762,34	406.132,20	816.589,41		651.423,56	- 31.610.386,19
10	57.270.871,95	45.412.470,92	- 11.858.401,03	1.822.007,63	50.851,51	233.347,91	923.014,53		651.423,56	- 15.539.046,17
11	59.266.023,91	51.069.867,70	- 8.196.156,20	1.548.110,94	24.237,59	105.095,59	973.740,54		651.423,56	- 11.498.764,43
12	59.233.190,83	77.860.341,44	18.627.150,60	1.152.174,62	8.554,42	26.719,27	991.643,85		651.423,56	15.796.634,89
13	59.200.259,32	94.780.764,63	35.580.505,31	1.109.646,72	1.425,77	-	994.627,76		651.423,56	32.823.381,50
14	59.167.229,05	108.021.897,91	48.854.668,86	1.107.386,66	-	-	994.627,76		651.423,56	46.101.230,88
15	59.113.217,61	118.531.463,67	59.418.246,06	1.103.580,03	-	-	994.627,76		651.423,56	56.668.614,71
16	27.075.145,02	124.312.913,26	97.237.768,23	4.083.073,45	-	-	994.627,76		651.423,56	91.508.643,47
17	31.667.247,47	130.194.408,31	98.527.160,84	1.722.949,12	-	-	994.627,76		651.423,56	95.158.160,40
18	23.527.220,14	132.672.020,62	109.144.800,48	2.114.984,27	-	-	994.627,76		651.423,56	105.383.764,90
19	28.764.368,44	134.032.624,38	105.268.255,94	2.461.799,68	-	-	994.627,76		651.423,56	101.160.404,94
20	33.331.659,75	134.944.596,35	101.612.936,61	2.793.105,57	-	-	994.627,76		651.423,56	97.173.779,73
21	20.084.478,36	123.472.678,65	103.388.200,29	4.559.483,00	-	-	994.627,76		651.423,56	97.182.665,98
22	34.659.561,28	133.008.782,26	98.349.220,97	3.465.471,15	7.128,75	-	994.627,76		651.423,56	93.230.569,75
23	46.130.791,65	134.328.542,25	88.197.750,60	3.259.087,47	20.910,93	-	994.627,76		651.423,56	83.271.700,88
24	36.905.911,34	134.388.386,66	97.482.475,32	2.656.699,06	34.217,78	-	994.627,76		651.423,56	93.145.507,16
25	66.832.024,96	134.420.524,51	67.588.499,56	1.884.638,10	46.098,97	-	994.627,76		651.423,56	64.011.711,17
26	27.701.939,26	131.071.248,04	103.369.308,78	1.629.406,02	57.504,93	-	994.627,76		651.423,56	100.036.346,51
27	44.350.167,73	127.861.844,45	83.511.676,72	1.245.619,39	73.188,11	-	994.627,76		651.423,56	80.546.817,91
28	43.793.896,67	121.271.498,52	77.477.601,85	1.195.684,29	79.366,31	-	994.627,76		651.423,56	74.556.499,94
29	58.738.037,27	113.122.282,70	54.384.245,43	1.168.353,65	71.762,34	-	994.627,76		651.423,56	51.498.078,13
30	76.923.209,63	103.590.679,33	26.667.469,71	1.132.639,10	50.851,51	-	994.627,76		651.423,56	23.837.927,78
<b>VAN</b>										<b>\$ 207.446.878</b>
<b>TIR</b>										<b>11,04%</b>
<b>IVAN</b>										<b>6,37</b>

Tabla 11-3 Evaluación Económica Proyecto Embalse San Pablo

AÑO	Beneficios Agropecuarios Futuros El Manzano			Costos Asociados al Sector Agropecuario				Costos Asociados a las Obras Civiles	Costos de Administración por Organización de Usuarios y Mantenición	Beneficio del Proyecto
	Margen Neto sin Proyecto	Margen Neto con Proyecto	Beneficio Agropecuario Diferencial	Puesta en Riego	Adecuación Predial	Transferencia Tecnológica	Asistencia Técnica	Presa		
0	262.445	-	262.445	-	-	-	-	41.200.478	-	41.462.923
1	31.509.924	30.283.668	1.226.256	155.555	-	941.827	-		824.010	3.147.648
2	31.493.076	27.923.441	3.569.635	374.652	3.769	939.002	14.919		824.010	5.725.987
3	31.476.178	24.826.950	6.649.228	632.799	11.056	922.049	58.683		824.010	9.097.825
4	31.459.229	21.327.982	10.131.247	882.022	18.092	874.016	130.296		824.010	12.859.682
5	31.431.514	17.750.063	13.681.451	1.137.243	24.374	773.240	226.775		824.010	16.667.092
6	31.425.895	13.390.455	18.035.440	1.531.218	30.405	631.024	347.125		824.010	21.399.222
7	31.408.793	11.256.938	20.151.855	1.680.199	38.697	473.739	500.298		824.010	23.668.798
8	27.083.246	11.681.054	15.402.192	1.644.485	41.964	328.698	666.401		824.010	18.907.749
9	30.008.688	15.690.492	14.318.196	1.366.471	37.943	214.737	816.589		824.010	17.577.946
10	30.281.151	24.011.192	6.269.959	963.360	26.887	123.379	923.015		824.010	9.130.610
11	31.336.059	27.002.459	4.333.600	818.541	12.815	55.568	973.741		824.010	7.018.274
12	31.318.699	41.167.537	9.848.838	609.196	4.523	14.127	991.644		824.010	7.405.339
13	31.301.287	50.113.968	18.812.681	586.710	754	-	994.628		824.010	16.406.580
14	31.283.822	57.115.026	25.831.204	585.515	-	-	994.628		824.010	23.427.052
15	31.255.264	62.671.808	31.416.544	583.502	-	-	994.628		824.010	29.014.404
16	14.315.594	65.728.667	51.413.073	2.158.866	-	-	994.628		824.010	47.435.569
17	16.743.602	68.838.423	52.094.821	910.985	-	-	994.628		824.010	49.365.199
18	12.439.680	70.148.425	57.708.745	1.118.268	-	-	994.628		824.010	54.771.840
19	15.208.747	70.867.824	55.659.078	1.301.641	-	-	994.628		824.010	52.538.799
20	17.623.636	71.350.016	53.726.380	1.476.814	-	-	994.628		824.010	50.430.929
21	10.619.379	65.284.405	54.665.025	2.410.761	-	-	994.628		824.010	50.435.627
22	18.325.745	70.326.483	52.000.738	1.832.318	3.769	-	994.628		824.010	48.346.013
23	24.390.993	71.024.287	46.633.293	1.723.196	11.056	-	994.628		824.010	43.080.404
24	19.513.470	71.055.929	51.542.458	1.404.691	18.092	-	994.628		824.010	48.301.037
25	35.336.473	71.072.921	35.736.448	996.475	24.374	-	994.628		824.010	32.896.961
26	14.647.002	69.302.039	54.655.037	861.525	30.405	-	994.628		824.010	51.944.470
27	23.449.514	67.605.113	44.155.599	658.603	38.697	-	994.628		824.010	41.639.661
28	23.155.394	64.120.562	40.965.169	632.201	41.964	-	994.628		824.010	38.472.367
29	31.056.893	59.811.782	28.754.888	617.750	37.943	-	994.628		824.010	26.280.558
30	40.672.042	54.772.083	14.100.041	598.867	26.887	-	994.628		824.010	11.655.650
									<b>VAN</b>	<b>\$ 75.010.260</b>
									<b>TIR</b>	<b>8,92%</b>
									<b>IVAN</b>	<b>1,82</b>

Tabla 11-4 Evaluación Económica Proyecto Embalse El Manzano

## 11.4 Análisis de Sensibilidad

Para efectos de sensibilizar el proyecto, asumiendo incrementos de precios de obra y merma en los beneficios agroeconómicos, se efectuó una sensibilización de los indicadores económicos, cuyos resultados y escenarios se presentan en la Tabla

### a) Proyecto El Ciprés:

Escenarios de Evaluación - Sensibilización		
Aumento costos civiles 10%	95.164.308	VAN (M\$)
Disminución Ingresos 10%	7,34%	TIR (%)
Aumento costos civiles 20%	- 25.985	VAN (M\$)
Disminución Ingresos 20%	6,00%	TIR (%)

### b) San Pablo:

Escenarios de Evaluación - Sensibilización		
Aumento costos civiles 10%	169.389.117	VAN (M\$)
Disminución Ingresos 10%	10,40%	TIR (%)
Aumento costos civiles 20%	131.331.355	VAN (M\$)
Disminución Ingresos 20%	9,67%	TIR (%)
Aumento costos civiles 30%	93.273.594	VAN (M\$)
Disminución Ingresos 30%	8,84%	TIR (%)

### c) El Manzano:

Escenarios de Evaluación - Sensibilización		
Aumento costos civiles 10%	51.420.336	VAN (M\$)
Disminución Ingresos 10%	8,11%	TIR (%)
Aumento costos civiles 20%	27.830.411	VAN (M\$)
Disminución Ingresos 20%	7,21%	TIR (%)
Aumento costos civiles 30%	4.240.487	VAN (M\$)
Disminución Ingresos 30%	6,20%	TIR (%)

## 11.5 Beneficios Adicionales del Proyecto

### a) Turismo:

Un embalse en la zona alta del río Teno, y cercano a la ciudad de Curico; incrementará el flujo de turistas que todos los años toman esta ruta hacia los sectores turísticos de la zona.

Se espera que durante el Estudio de Prefactibilidad, se pueda desarrollar una metodología apropiada para estimar el beneficio asociado a este concepto.

### b) Aumento del Valor Incremental de la Tierra:

Poseer agua con seguridad de riego del 85% de probabilidad, producirá un importante incremento en los valores de los terrenos.

Para determinar este beneficio, se propone utilizar las tasaciones actuales en poder del SII y elaborar una metodología para cuantificar el incremento de valor al incorporar a estos terrenos riego seguro.

Se espera que durante el Estudio de Prefactibilidad, se pueda desarrollar una metodología apropiada para estimar el beneficio asociado a este concepto.

## 12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En virtud de los antecedentes expuestos se rescatan las siguientes observaciones y comentarios:

- El Estudio de Prefactibilidad del Embalse el Ciprés, iniciado en el año 2000 y que debió ser suspendido por ser un proyecto no rentable, al ser evaluado con las tasas de interés actuales (6%), modifica esta condición, transformándose en un proyecto atractivo para los regantes por lo importantes beneficios que otorgaría al valle.
- Claramente existe un déficit hídrico del valle durante los meses de mayor demanda, acorde a lo que se muestra en el siguiente cuadro, cabe señalar que las demandas no contemplan los derechos del Canal Teno – Chimbarongo:

		ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR
Oferta de Agua	5%	115.084,80	208.241,28	348.909,12	332.164,80	295.488,00	264.746,88	314.124,48	449.686,08	554.895,36	352.226,88	148.106,88	97.848,00
	10%	95.722,56	164.358,72	267.546,24	268.168,32	241.963,20	224.907,84	273.974,40	389.733,12	453.418,56	283.305,60	125.997,12	85.173,12
	20%	76.567,68	123.405,12	193.959,36	206.919,36	189.915,84	184.602,24	232.165,44	327.706,56	355.026,24	217.624,32	103.602,24	72.031,68
	50%	49.947,84	71.331,84	104.846,40	126.023,04	119.517,12	126.541,44	169.128,00	235.249,92	222.367,68	131.414,40	71.228,16	52.254,72
	70%	38.283,84	50.699,52	71.487,36	92.560,32	89.579,52	100.025,28	138.853,44	191.393,28	166.173,12	95.981,76	56.427,84	42.793,92
	85%	29.522,88	36.313,92	49.170,24	68.454,72	67.599,36	79.496,64	114.514,56	156.427,20	125.012,16	70.632,00	44.919,36	35.199,36
	95%	21.695,04	24.416,64	31.518,72	47.822,40	48.340,80	60.471,36	91.056,96	123.068,16	89.112,96	49.014,72	34.266,24	27.915,84
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Demanda</b>		32.799,19	-	-	-	-	255,89	46.300,20	119.914,18	177.854,29	189.014,10	164.086,85	106.784,62

**Por lo anterior, es que se requiere de un embalse de regulación para utilizar los recursos excedentarios de invierno en la época de riego.**

- A la alternativa antes citada (El Ciprés), se agregan otras dos con alto potencial de desarrollo para el valle: San Pablo y El Manzano. Ambas estudiadas con anterioridad y que se propone sean **desarrolladas en detalle en el Estudio de Prefactibilidad**. Los indicadores económicos de estas alternativas son:

Alternativa	VAN (M\$)	TIR (%)	IVAN
San Pablo	207.446.878	11,04	6,37
El Manzano	75.010.260	8,92	1,82

- Si bien al revisar los beneficios de los proyectos presentados, la alternativa el Ciprés es inferior a la alternativa San Pablo, este proyecto contempla beneficios adicionales no cuantificables entre los que se destacan el Control de Avenidas o Crecidas del Río.
- Los análisis geotécnicos y geológicos, señalan la factibilidad de emplazar una obra de embalse, en el río Teno y sus afluentes, lo que apoyaría una tesis inicial de posicionar la presa en dichos lugares incluso ya estudiados.
- Finalmente y la luz de los resultados del presente perfil, se recomienda favorablemente la prosecución de estas iniciativas, para ser estudiada a Nivel de Prefactibilidad.