REPUBLICA DE CHILE

COMISION NACIONAL DE RIEGO

PROYECTO CONVENTO VIEJO
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD
Y DESARROLLO

Tomo III

ANEXO

TAHAL CONSULTING ENGINEERS LTD.
TEL AVIV - ISRAEL

I.C.A. INGENIEROS CONSULTORES ASOCIADOS
SANTIAGO - CHILE

SANTIAGO, ENERO 1978

N O T A C I O N

PUS$: Siguiendo el procedimiento usual en Chile a raíz del proceso de inflación, los valores monetarios en pesos chilenos utilizados en el presente informe han sido expresados en dólares, aplicando para ello la tasa de conversión vigente en abril de 1977, que era de 19,04 pesos chilenos por 1 dólar de los EE.UU. Para los valores así expresados se ha adoptado la notación PUS$ (pesos expresados en dólares), para diferenciarlos de los dólares reales.

US$: Los valores referidos a moneda extranjera (divisa) propiamente dicha han sido expresados en dólares de EE.UU., utilizando la notación usual de US$.

$: Notación utilizada en este informe para el peso chileno.

Punto : En el presente informe se utiliza para señalar miles, millones, etc.: 10^6 = 1.000.000

Coma : Se utiliza para la notación de fracciones decimales: 1/2 = 0,5

CONTENIDO GENERAL DEL INFORME

T O M O I

PRIMERA PARTE: GENERALIDADES

CAPITULO A: SITUACION ACTUAL Y DATOS BASICOS

SEGUNDA PARTE: PLAN GLOBAL

CAPITULO B: DETERMINACION DE AREAS DE DESARROLLO
CAPITULO C: PLAN GLOBAL DE DESARROLLO AGROPECUARIO
CAPITULO D: DISPONIBILIDAD DE AGUA
CAPITULO E: PLAN GLOBAL DE INGENIERIA

T O M O I I

TERCERA PARTE: PLAN DE LA ETAPA I

CAPITULO F: SELECCION DEL AREA DE LA ETAPA I
CAPITULO G: PLAN DE DESARROLLO AGROPECUARIO ETAPA I
CAPITULO H: ADECUACION PREDIAL
CAPITULO J: PLAN DE INGENIERIA ETAPA I
CAPITULO K: ORGANIZACION
CAPITULO L: PROGRAMA DE IMPLEMENTACION

CUARTA PARTE: ANALISIS ECONOMICO Y FINANCIERO

CAPITULO M: EVALUACION ECONOMICA DEL PROYECTO
CAPITULO N: REQUERIMIENTOS DE PRESUPUESTO Y CREDITO

T O M O I I I

ANEXO I : SUELOS
ANEXO II : CLIMA
ANEXO III : AGUAS DE SUPERFICIE
ANEXO IV : AGUAS SUBTERRANEAS
ANEXO V : REGIMEN DE PROPIEDAD

T O M O I V

ANEXO VI : ASPECTOS SOCIOECONOMICOS
ANEXO VII : DESARROLLO AGROPECUARIO ACTUAL
ANEXO VIII: SISTEMAS ACTUALES DE RIEGO
ANEXO IX : EL PROYECTO DE LA DIRECCION DE RIEGO
ANEXO X : COMERCIALIZACION Y AGROINDUSTRIAS
ANEXO XI : INFORMACION RELACIONADA CON EL PLAN AGRICOLA
ANEXO XII : DEMANDAS HIDRICAS DE LOS CULTIVOS
ANEXO XIII: INFORMACION RELACIONADA CON EL PLAN DE INGENIERIA
ANEXO XIV : INFORMACION RELACIONADA CON LOS ASPECTOS DE ORGANIZACION
ANEXO XV : INFORMACION RELACIONADA CON EL ANALISIS ECONOMICO

Anexo I

SUELOS

I N D I C E

		Página
	A. CONDICIONES NATURALES	
1.	DESCRIPCION GENERAL DEL AREA	1
2.	GEOMORFOLOGIA, FISIOGRAFIA Y RELIEVE	1
2.1	Planicies litorales y cordillera de La Costa	1
2.2	Valles intermontanos occidentales	2
3.	GEOLOGIA Y MATERIALES PARENTALES	4
4.	CLIMA	6
5.	ASPECTOS HIDROLOGICOS	9
5.1	Nivel de aguas freáticas	9
5.2	Valores de conductividad hidráulica y drenaje	9
5.3	Calidad de las aguas de riego	10
6.	VEGETACION Y CULTIVOS	12
	B. SUELOS	13
1.	METODO DE TRABAJO	13
1.1	Antecedentes	13
1.2	Trabajos adicionales efectuados	13
1.3	Principios de clasificación y preparación de mapas	14
1.4	Simbología cartográfica	15
1.5	Métodos de laboratorio utilizados	19
2.	MATERIALES PARENTALES	20
2.1	Materiales coluviales	20
2.2	Materiales aluviales	20
3.	DESCRIPCION DE LAS UNIDADES DE SUELO	26
	Unidad de suelo N° 1	26
	Unidad de suelo N° 2	30
	Unidad de suelo N° 3	32
	Unidad de suelo N° 4	35
	Unidad de suelo N° 5	37
	Unidad de suelo N° 6	41
	Unidad de suelo N° 7	45
	Unidad de suelo N° 8	49
	Unidad de suelo N° 9	52

	Unidad de suelo N° 10	56
	Unidad de suelo N° 11	58
	Unidad de suelo N° 12	60
	Unidad de suelo N° 13	64
	Unidad de suelo N° 14	66
	Unidad de suelo N° 15	69
	Unidad de suelo N° 16	72
	Unidad de suelo N° 17	76
	Unidad de suelo N° 18	78
	Unidad de suelo N° 19	82
	Unidad de suelo N° 20	84
	Unidad de suelo N° 21	88
	Unidad de suelo N° 22	92
	Unidad de suelo N° 23	96
	Unidad de suelo N° 24	100
	Unidad de suelo N° 25	103
	Unidad de suelo N° 26	107
	Unidad de suelo N° 27	110
	Unidad de suelo N° 28	113
	C. CLASIFICACION DE TIERRAS PARA RIEGO	121
1.	GENERALIDADES	121
2.	FACTORES DE CLASIFICACION	121
2.1	Limitaciones de suelo, textura, profundidad efectiva	121
2.2	Limitaciones de topografía	123
2.3	Limitaciones de drenaje	124
2.4	Uso actual de la tierra	126
2.5	Productividad	126
2.6	Costos de desarrollo	127
2.7	Requerimiento de agua	127
2.8	Drenabilidad	127
3.	DESCRIPCION DE LAS CLASES DE RIEGO	128
3.1	Clase 1 arable	128
3.2	Clase 2 arable	128
3.3	Clase 3 arable	130
3.4	Clase 4 arable limitada	131
3.5	Clase 6 no arable	134

C U A D R O S

		Página
I/1	Distribución de áreas según el grado de pendientes	3
I/2	Distribución de áreas según el grado de origen del material parental	5
I/3	Distribución mensual de las precipitaciones en San Fernando	6
	Distribución mensual de las precipitaciones en Pumanque	6
I/4	Datos de temperatura Estación de San Fernando (1964-1975)	7
I/5	Humedad relativa Estación San Fernando	7
I/6	La profundidad de los niveles freáticos, contenido de sales y valores de conductividad hidráulica	8
I/7	Clasificación valores de conductividad hidráulica	9
I/8	Distribución de áreas según las condiciones de drenaje	10
I/9	Análisis químicos de las aguas de los ríos, esteros, canales de riego y campos regados	11
I/10	Resumen de clasificación de tierras para riego Proyecto Convento Viejo	25
I/11	Resumen de clasificación de tierras en clases y subclases de riego. Unidad de suelo N° 1	28
I/12	Idem ... Unidad de suelo N° 2	31
I/13	Idem ... Unidad de suelo N° 3	34
I/14	Idem ... Unidad de suelo N° 4	36
I/15	Idem ... Unidad de suelo N° 5	39
I/16	Idem ... Unidad de suelo N° 6	43
I/17	Idem ... Unidad de suelo N° 7	47
I/18	Idem ... Unidad de suelo N° 8	50
I/19	Idem ... Unidad de suelo N° 9	54
I/20	Idem ... Unidad de suelo N° 10	57
I/21	Idem ... Unidad de suelo N° 11	59
I/22	Idem ... Unidad de suelo N° 12	62
I/23	Idem ... Unidad de suelo N° 13	65
I/24	Idem ... Unidad de suelo N° 14	68
I/25	Idem ... Unidad de suelo N° 15	70
I/26	Idem ... Unidad de suelo N° 16	74
I/27	Idem ... Unidad de suelo N° 17	77
I/28	Idem ... Unidad de suelo N° 18	80
I/29	Idem ... Unidad de suelo N° 19	83
I/30	Idem ... Unidad de suelo N° 20	86
I/31	Idem ... Unidad de suelo N° 21	90
I/32	Idem ... Unidad de suelo N° 22	94
I/33	Idem ... Unidad de suelo N° 23	98
I/34	Idem ... Unidad de suelo N° 24	102
I/35	Idem ... Unidad de suelo N° 25	105
I/36	Idem ... Unidad de suelo N° 26	108
I/37	Idem ... Unidad de suelo N° 27	111
I/38	Idem ... Unidad de suelo N° 28	115

I/39	Resumen de las características de los suelos del Proyecto Convento Viejo	116
I/40	Distribución de áreas según las texturas de los suelos	121
I/41	Distribución de área según la profundidad efectiva y el factor limitante de la profundidad	122
I/42	Distribución de áreas según pendiente del terreno	124
I/43	Distribución de áreas según el factor limitante	126
I/44	Criterios de clasificación de tierras para riego Proyecto Convento Viejo	135
I/45	Caracterización de las clases de tierras para riego	136
I/46	Clasificación de fases de las unidades de suelo en clases y subclases para riego	137

F I G U R A S

Perfiles de suelos (figuras impares)	Ver unidades de suelos correspondientes
Datos de infiltración (figuras pares)	

A. CONDICIONES NATURALES

1. DESCRIPCION GENERAL DEL AREA

El área que abarca el Proyecto de Convento Viejo se encuentra ubicada en la Provincia de Colchagua - VI Región, y situada entre los paralelos 34°15' y 35°00' de latitud Sur y entre los meridianos 70°45' y 71°50' de longitud Oeste.

Limita al Norte con la Provincia de Cachapoal (VI Región), al Sur con la Provincia de Curicó (VII Región) el Este con el pie de la Cordillera de Los Andes y al Oeste con el pie de la Cordillera de la Costa.

La Provincia de Colchagua cuenta con una red caminera que permite el fácil movimiento desde y hacia los centros poblados consumidores.

En el Llano Central una carretera pavimentada - la Panamericana Sur - atraviesa la Provincia de Norte a Sur. Otra, pavimentada en un 50% de su tramo, la cruza de Oriente a Occidente, uniendo a San Fernando con Santa Cruz, Peralillo, Población, Marchigue y con Pichilemu en la costa. Además, en el sector centro-costero existe una red de caminos ripiados, en que los principales son Quinta a Santa Cruz, pasando por Chépica, y Santa Cruz a Bucalemu, pasando por Peralillo, Población y Marchigue. Hacia la zona andina, los caminos son escasos y siguen, en general, el curso de los ríos y esteros principales. Cabe mencionar el camino desde la Carretera Panamericana a Los Ligues, de San Fernando a Roma, de San Fernando a los Baños del Flaco pasando por Puente Negro, y el camino de Chimbarongo a Codegua.

Otra vía importante de comunicación y transporte es la red de ferrocarriles cuya red troncal principal es el ferrocarril longitudinal de Santiago a Puerto Montt que atraviesa el Llano Central, paralelo a la Carretera Panamericana Sur. Otra línea de ferrocarril une a San Fernando con los pueblos de Santa Cruz, Población, Marchigue y con Pichilemu en la costa.

2. GEOMORFOLOGIA, FISIOGRAFIA Y RELIEVE

En un trayecto de mar a Cordillera, se pueden distinguir las siguientes unidades geomorfológicas íntimamente asociadas a los tipos de suelos en el área de estudio.

2.1 Planicies Litorales y Cordillera de la Costa

Las planicies litorales se encuentran en la franja costera de la zona y alcanzan su mayor desarrollo al Norte del paralelo 34°20' de latitud Sur. Los cambios de nivel del mar durante el Plío - Cuaternario dieron origen a las planicies marinas de abrasión y sedimentación, con un alto grado de disectación y grandes carcavas y suelos muy delgados con abundante pedregosidad superficial. Las planicies de abrasión forman sistemas de terrazas que han dado origen a suelos profundos de colores pardo oscuro y pardo rojizo oscuro, en función de la edad y evolución de

ellos. Las pendientes son moderadamente onduladas en las terrazas más nuevas a fuertemente onduladas y muy erosionadas en las más antiguas. Las texturas son finas, generalmente arcillosas, con drenaje bueno a excesivo y con alta capacidad de retención de humedad.

La Cordillera de la Costa está formado principalmente por rocas de complejo metamórfico y por granitos del Batolito de la Costa. En ella se han desarrollado suelos profundos, de textura fina con abundante grava de cuarzo, de color rojo y que presentan un avanzado grado de desarrollo y evolución.

2.2 Valles Intermontanos Occidentales

Están ubicados inmediatamente al Oriente de la región de la Costa, entre los paralelos 33°59' y 34°55' de latitud Sur y los meridianos 71°27' y 71°45' de longitud Oeste.

Se distinguen cuatro formaciones diferentes:

Llanos de Marchigue, que corresponden a rellenos aluviales de valle y a depósitos coluviales, con una topografía generalmente ligera a moderadamente ondulada.

Valles de Nilahue y de Lolol, que cruzan las formas de los cerros. El Valle de Nilahue está orientado de Sur a Norte en sentido paralelo a la Cordillera de la Costa y el Valle de Lolol está orientado de Oriente a Occidente. Ambos valles están rellenados con materiales cuaternarios de origen predominantemente granítico.

Valle de Tinguiririca, que está ubicado inmediatamente al Sur y al Oeste de los Cordones montañosos de San Vicente. Se trata de un plano aluvial con sectores planos de depósitos de aguas tranquilas o lacustres y áreas de topografía algo más onduladas en los sectores limítrofes a las zonas pumicíticas en el Occidente. La mayor parte del valle de Tinguiririca presenta aspecto de antiguos bajíos rellenados con materiales sedimentarios finos en condiciones de aguas tranquilas. Sin embargo, en muchos lugares y especialmente en el sector norte del valle, se encuentran capas de arena gruesa y piedras a una profundidad mayor de 2,5 a 3 metros.

Valle Central, entre los paralelos 33°50' y 34°50' latitud Sur y los meridianos 70°30' y 70°45' longitud Oeste, y formado con el aporte de sedimentos aluviales depositados por los grandes conos de deyección que rellenan la depresión intermedia. Las grandes llanuras recientes son el resultado de los cambios erráticos que de manera continua hacen variar los cauces de los ríos y esteros. La presencia y el predominio de los materiales gruesos, casi exclusivamente de orígen andesítico, constituye la característica más sobresaliente en la composición mecánica de estas formaciones. En el sector oriental del valle, predominan los suelos delgados con algunas áreas en que hay grava superficial abundante; hacia el Oeste, los suelos son más profundos y de textura media, y en las partes bajas de la zona aparecen suelos de textura más finas, más profundos y con condiciones de drenaje imperfecto.

Desde el punto de vista fisiográfico se distinguen 3 unidades fisiográficas principales, a saber: las zonas piedmontanas coluviales, las terrazas altas remanentes y los planos aluviales.

Las zonas coluviales siguen en forma discontinua los pies de las pendientes de los cerros y montañas. En la parte oriental andesítica, las zonas de piedmont presentan un aspecto generalmente uniforme con pendientes moderadas de 1 a 3%, llegando en raras ocasiones a 5%. En muchos sectores, las zonas coluviales de transición a las planicies aluviales desaparecen y la transición de las pendientes rocosas abruptas de los cerros es directa a la planicie aluvial. En la parte Occidental granítica, las zonas piedmontanas coluviales son más amplias con pendientes más fuertes, con erosión manifestada en red de cárcavas profundas que han modelado un relieve de lomas largas que bajan desde los pies de los cerros hasta el plano aluvial. Las pendientes alcanzan valores mayores de 10%, aún cuando predominan aquellas entre 3 y 5%. La erosión afecta a estos suelos con mucha facilidad debido a la formación granítica de la roca.

Las terrazas altas remanentes aparecen en las zonas de Miravalle y Puente Negro, en la parte oriental, con características evidentes de origen glaciar, y en las zonas de Quinchamalal, San Pedro de Alcántara y Marchigüe, en la parte occidental, con manifiestas características coluviales. Los suelos formados sobre las terrazas remanentes se caracterizan por tener un alto contenido de piedras y gravas y por presentar un mayor grado de desarrollo del perfil. Presentan, en general, un plano inclinado con pendientes de 3 a 10%.

Si bien los planos aluviales presentan una topografía plana con pendientes menores de 1% en el Valle Central y del Tinguiririca, en los valles occidentales de Marchigüe, Nilahue y Lolol pueden aparecer pendientes mayores de hasta 3 a 5%.

Cuadro I/1 : Distribución de áreas según el grado de pendientes

Pendiente	Area	
%	ha	%
0 a 1	141.051,9	78,6
1 a 3	31.200,9	17,4
3 a 5	4.732,8	2,6
5 a 10	2.071,6	1,2
> 10	352,8	0,2
Total	179.410,0	100,0

En el área del proyecto, la topografía constituye un factor limitante de importancia en el tipo de uso que se da a la tierra, haciéndose necesario un manejo de conservación de los suelos.

En la parte oriental andesítica, los suelos coluviales situados sobre pendientes ligeras y moderadamente inclinadas requieren, tanto en razón de las pendientes inclinadas como debido a la característica de mayor resistencia a la erosión que presenta el material del suelo, medidas simples de conservación que incluyen, entre otras, la orientación de los trabajos de aradurás y de mantenimiento en sentido paralelo con las curvas de nivel; los suelos muy superficiales pedregosos y de textura más gruesa requieren de cultivos en franjas y, en ciertos casos, del uso obligado como pasto para así mantener el suelo cubierto.

En la parte occidental granítica, los suelos, debido a características del material parental, están mucho más expuestos a la erosión. Además, las pendientes son, en general, onduladas y no permiten una nivelación económica. Las limitaciones debidas a la topografía son más severas y las medidas anti-érosivas que ha menester utilizar son más complejas por incluir el drenaje de los escurrimientos y la reforestación de las cuencas pequeñas de las quebradas en los cerros circundantes.

La limitación topográfica más severa se da en la zona pumicítica en los alrededores de Peralillo, Población, Marchigue. En esta zona la topografía se caracteriza por ser muy ondulada, con suelos superficiales y muy superficiales.

3. GEOLOGIA Y MATERIALES PARENTALES

La región estudiada se encuentra en el sector central de Los Andes Meridionales y está constituída por una red de valles aluviales que limita con la Cordillera de Los Andes en la parte Este y con la Cordillera de La Costa en la parte Oeste.

Al considerar la influencia del material parental sobre la formación y características de los suelos, las formaciones más importantes son tres:

- Formación La Lajuela que pertenece al Mesozoico (El Cretácico inferior) y está formada por un conjunto de rocas volcánicas y sedimentarias continentales y marinas que afloran en la región Oeste de Santa Cruz. La localidad típica se encuentra en la Cuesta de La Lajuela, la cual está cortada por el camino que va a las localidades de Santa Cruz a Lolol. Esta unidad está constituída principalmente por volcanitas queratofíricas y andesitas. Existen también intercalaciones sedimentarias continentales y marinas constituídas por lutitas, areniscas y conglomerados.
- Formación Farellones que pertenecen al Cenozoico (Eoceno-Oligoceno) y está muy desarrollada en el Valle Central y en la Cordillera Andina Central. La formación consiste de depósitos volcánicos representados por coladas, brechas y tobas de composición riolítica, andesítica y basáltica. Pequeñas intercalaciones sedimentarias de conglomerados, brechas, areniscas y limolitas son comunes.

- El batolito granítico,que pertenece al Paleozoico y caracteriza toda la parte occidental de la zona de estudio en límite con el basamento metamórfico de la Cordillera de La Costa. Las rocas graníticas están fuertemente alteradas y meteorizadas y han originado a los suelos rojos.

Atendiendo al aspecto litológico, las rocas que de manera más importante han contribuido a la formación de los materiales parentales son las andesitas (en la parte oriental), los granitos (en la parte occidental) y las tobas volcánicas (en la zona pumicítica al norte de Peralillo - Población).

Considerados desde el punto de vista meneralógico, los materiales parentales originados de andesitas son ricos en plagioclasas (silicatos de aluminio y calcio). Aquellos originados de granitos son ricos en feldespatos ortoclásicos (silicatos de aluminio y potasio), cuarzo, mica blanca - muscovita, mica negra - biotita, razón por la cual los suelos originados de materiales graníticos son ricos en cuarzo y potasio.

Si bien los materiales pumicíticos son duros cuando aparecen en la superficie del suelo, se aflojan bastante después de un tiempo de estar bajo riego y pueden asegurar una mayor profundidad efectiva. Originan suelos pobres con arcillas en que hay un predominio neto de alofán.

Cuadro I/2: Distribución de áreas según el origen del material parental

Material Parental	A R E A	
	ha	%
Materiales coluviales de orígen andesítico	10.408,1	5,8
Materiales coluviales de orígen granítico	18.565,2	10,3
Materiales coluviales de orígen glaciar	2.846,0	1,6
Materiales aluviales de orígen andesítico	93.057,1	51,9
Materiales aluviales de orígen granítico	24.111,6	13,5
Materiales pumicíticos	16.407,2	9,1
Materiales mixtos	14.014,8	7,8
Total	179.410,0	100,0

4. CLIMA

La información relativa a precipitaciones, períodos de sequía, temperaturas, humedad relativa y clasificación del clima en el área del Proyecto Convento Viejo se presentan por modo detallado en el Anexo II Climatología.

Se analizan, no obstante, en forma muy somera los aspectos más significativos en relación a precipitaciones, temperatura y humedad relativa.

Las precipitaciones medias anuales de la zona varían entre 550 y 800 mm (sin considerar la Cordillera de Los Andes) y muestran una tendencia general decreciente bastante notable hacia el norte. El Cuadro que sigue muestra los valores mensuales para una estación ubicada en el valle longitudinal (San Fernando) y una ubicada en los valles costeros (Pumanque).

Cuadro I/3: Distribución mensual de las precipitaciones en San Fernando (mm)

(45 años)

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
mm	5,6	5,4	11,8	30,8	124,5	187,8	151,5	108,5	43,7	33,3	15,9	9,1	727,9
%	0,8	0,7	1,6	4,2	17,1	25,8	20,8	14,9	6,0	4,6	2,2	1,3	100

Distribución mensual de las precipitaciones en Pumanque (mm)

(39 años)

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
mm	7,3	4,2	8,8	30,9	97,3	147,8	132,0	103,8	46,7	26,2	9,8	7,2	622,0
%	1,2	0,7	1,4	5,0	15,6	23,8	21,2	16,7	7,5	4,2	1,6	1,1	100

Para temperatura, existen datos provenientes de la estación de San Fernando y se muestran en el Cuadro que sigue:

Cuadro 1/4: Datos de temperatura Estación de San Fernando (1964-1975)

Temperatura	Anual	Verano	Invierno
Media	12,9	19,5	6,3
Máxima media	19,3	28,6	11,1
Mínima media	7,2	11,6	3,4

El promedio de temperatura anual es de 13,4 °C, en tanto que el promedio para los meses de invierno es de 8 °C, con temperaturas que pueden bajar hasta -5,2 °C.

La humedad relativa del aire muestra una distribución relativamente homogenea. En el Cuadro que sigue se muestra la información obtenida en la estación de San Fernando en un período de 39 años.

Cuadro 1/5: Humedad relativa Estación San Fernando (%)

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
%	63	66	72	80	89	90	90	87	82	77	70	64	78

Cuadro I/6 : La profundidad de los niveles freáticos, contenido de sales y valores de conductividad hidráulica

Unidad de Suelo N°	Profundidad agua freática m	C.E. mmhos/cm	Aniones $CO_3^=$	Aniones HCO_3^-	Aniones Cl^-	Aniones $SO_4^=$	Cationes Na^+	Cationes K^+	Cationes Ca^{++}	Cationes Mg^{++}	pH	C.H. cm/h
	0,98	1,33	0,00	5,52	1,66	5,50	2,02	0,02	5,93	4,02	7,8	4,500
	0,84	0,68	0,00	1,31	0,62	4,15	1,28	0,04	3,19	0,91	7,5	3,500
20	0,72	1,74	0,00	7,32	1,73	7,50	2,44	0,06	6,08	7,60	8,0	7,080
	0,78	2,22	0,00	6,52	1,14	15,25	3,12	0,03	11,15	7,28	7,9	1,580
	1,35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2,20	0,76	0,00	2,04	0,96	3,40	1,48	0,02	3,46	1,50	7,0	0,166
21	1,21	0,72	0,00	3,62	0,92	2,34	1,58	0,03	3,28	1,24	7,8	3,666
	0,78	0,65	0,00	0,92	0,59	3,95	1,32	0,03	2,94	0,72	7,7	2,466
	0,90	1,88	0,00	4,91	1,91	11,20	2,86	0,03	9,28	5,02	7,9	5,500
22	0,82	0,94	0,00	5,54	0,77	2,50	1,67	0,12	3,92	3,03	7,9	1,790
15	1,42	0,81	0,00	3,81	0,59	1,90	0,97	0,02	3,36	1,36	8,0	2,333

Información obtenida en terreno en la primera quincena de Diciembre de 1976.

5. ASPECTOS HIDROLOGICOS

La red hidrográfica del área sometida a estudio está constituída por dos cuencas principales: la cuenca hidrográfica del Río Tinguiririca y el Estero Chimbarongo, y la cuenca hidrográfica del Estero Nilahue, la cuales se analizan detalladamente en el Anexo III, Aguas de Superficie.

Para los fines del estudio edafológico interesa, no obstante considerar algunos aspectos tales como: nivel de aguas freáticas, valores de conductividad hidráulica, drenaje y las características y calidad del agua de riego en el área del Proyecto.

5.1 Nivel de aguas freáticas

Las aguas freáticas se encuentran en general a profundidades mayores de 3 metros. En los valles de Chimbarongo y Tinguiririca suelen ocurrir niveles freáticos más altos, a veces de menos de 1,5 metros, en la época de invierno como resultado de las inundaciones o en el verano como resultado de los excesos de agua de riego, pero estos niveles tienen carácter fluctuante. Aparecen niveles más elevados en la parte central del valle de Tinguiririca, entre Nancagua - Santa Cruz - Palmilla en la zona de los vertisoles (las Unidades de Suelo N°s. 20, 21 y 22). En estas unidades los niveles freáticos aparecen, en general, a niveles de 0,7 a 2,6 m, con contenido moderado de sales.

Estos niveles freáticos elevados presentan también fluctuaciones grandes, determinados por los excesos de riego.

5.2 Valores de conductividad hidráulica y drenaje

Este estudio se ciñe a la clasificación del USBR para los valores de conductividad hidráulica que se consignan en el Cuadro que sigue.

Cuadro 1/7: Clasificación valores de conductividad hidráulica

- Muy lento	0,127			cm/h
- Moderadamente lento	0,127	-	0,508	cm/h
- Mediano	0,508	-	2,032	cm/h
- Moderadamente alto	2,032	-	6,350	cm/h
- Alto	12,700	-	25,400	cm/h
- Muy alto	25,400	-		cm/h

Se observa entonces que, con excepción de la prueba de la Unidad de Suelo N°21 (0,166 cm/h) que es lenta, la gran mayoría de los suelos de texturas finas presentan valores de conductividad hidráulica medianos y moderadamente altos, determinado por las características del sub-

suelo de textura más gruesa, con alto porcentaje de arena gruesa. Estas propiedades específicas confieren características buenas de drenabilidad a los suelos de textura fina del valle de Tinguiririca.

En la parte norte del valle de Tinguiririca las aguas freáticas observadas en las norias presentan profundidades de 3,4 a 7 m. En resumen, las condiciones de drenaje presentan la siguiente configuración.

Cuadro I/8: Distribución de áreas según las condiciones de drenaje

Clase de drenaje	Area	
	ha	%
Excesivo	11.364,4	6,3
Algo excesivo	29.510,9	16,5
Bueno	46.678,6	26,0
Moderadamente bueno	41.292,0	23,0
Imperfecto	47.268,6	26,4
Pobre	3.295,5	1,8
T o t a l	179.410,0	100,0

5.3 Calidad de las aguas de riego

Con el propósito de determinar la calidad del agua de riego, 14 muestras tomadas de agua de río, esteros, canales de riego y campos regados fueron sometidas a análisis químicos en laboratorio, con los resultados que se consignan en el Cuadro I/9.

Los resultados obtenidos indican que todas las aguas de riego dentro del Proyecto Convento Viejo se clasifican en la Clase C_1S_1, según el sistema de clasificación del Laboratorio Central de Salinidad de los Estados Unidos, Riverside, California.

Todas las aguas son de calidad excelente y no presentan ninguna limitación para empleo. El contenido de sales, expresado en valores de conductividad eléctrica, es muy bajo, siempre menor de 250 micromhos/cm 25 °C, y la razón de adsorción de sodio (RAS) es en todos los casos muy baja.

Cuadro I/9 : Análisis químicos de las aguas de ríos, estercs, canales de riego y campos regados

Punto de recolección de muestra	C.E. mmhos/cm	ANIONES				CATIONES				pH	RAS
		$CO_3^=$	HCO_3^-	Ce^-	$SO_4^=$	Na^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}		
Canal Teno-Chimbarongo	0,17	0,00	0,17	0,33	0,70	0,32	0,03	0,95	0,09	7,1	0,44
Canal Teno-Chimbarongo, Puente Quebrada Quinta	0,18	0,00	0,22	0,37	0,74	0,32	0,03	1,00	0,11	7,1	0,58
Río Tinguiririca, Puente Panamericana	0,24	0,00	0,21	0,15	0,50	0,19	0,02	0,69	0,09	7,2	0,49
Estero Chimbarongo, Cruce caminos Morza-Codegua	0,21	0,00	0,42	0,40	0,64	0,39	0,04	0,98	0,34	7,1	0,48
Estero Roma. A la altura del pueblo Roma, camino a Agua Fría	0,15	0,00	0,34	0,15	0,50	0,27	0,03	0,76	0,16	7,1	0,40
Estero Antivero, entrada a San Fernando	0,12	0,00	0,23	0,15	0,50	0,22	0,02	0,69	0,10	7,4	0,35
Estero Aunquinco, camino a Chépica por camino a Las Alamedas, Fundo San Francisco	0,21	0,00	0,30	0,77	0,80	0,35	0,04	1,07	0,17	7,1	0,56
Estero Las Toscas, camino Santa Cruz-Lolol	0,18	0,00	0,58	0,48	0,98	0,43	0,07	1,33	0,48	7,2	0,48
Canal de riego proveniente del Estero Las Toscas, cerca Isla de Yaquil	0,30	0,00	0,95	0,48	1,12	0,74	0,08	1,51	0,63	7,2	0,69
Canal de riego de Estero Chibarongo, 1 Km al Este pueblo Peor Es Nada	0,17	0,00	0,32	0,18	0,60	0,24	0,04	0,87	0,20	7,1	0,45
Canal de riego Fundo San Francisco	0,21	0,00	0,29	0,40	0,78	0,35	0,04	1,07	0,17	7,0	0,56
Agua de riego tomada en campo de arroz	0,22	0,00	0,44	0,40	0,86	0,38	0,05	1,16	0,28	7,0	0,53
Estero Nilahue, camino a Bucalemu	0,19	0,00	0,96	0,26	0,28	0,63	0,04	0,73	0,47	7,7	1,05
Estero Lolol	0,25	0,00	1,24	0,29	0,30	0,70	0,03	0,98	0,60	8,0	0,89

6. VEGETACION Y CULTIVOS

Las condiciones de clima de tipo mediterráneo que imperan en la zona, con inviernos frescos y lluviosos, y veranos cálidos y secos con una duración de 7 a 8 meses, permite la formación de espinales, caracterizados por una estepa de Acacia cavenia que corresponde al clima vegetacional del área. Las formaciones vegetales naturales espontáneas han desaparecido en la mayoría de la zona como consecuencia del desarrollo agrícola. La formación de la Estepa de Acacia cavenia se ha mantenido en áreas restringidas, casi exclusivamente en las terrazas más elevadas y más secas en los valles de Nilahue, Lolol, Quiahue,Pumanque, Marchigue, en la zona pumicítica y en las partes bajas de los cerros.

En general, esta formación se presenta como un matorral de árboles y arbustos bajos y espinudos, con una cubierta herbácea constituída por hierbas de vida primaveral. La especie predominante es Acacia cavenia, asociada con otras especies arboreas y arbustivas tales como, por ejemplo, Proustia pungens (Huañil), Trevoa trinervis (Trevo), Colletia spinosa (Chacai), Quillaja saponaria (Quillay), Maytenus boaria (Maitén), Schinus molle (Molle), Schinus polyphyllus, Adesmia arborea (Palhuen), Talguenea quinquinervia (Talhuen), Podanthus mitiqui (Mitiquen), Colliguaya odorifera (Colliguay), Eupatorum, Baccharis rosmarinifolia (Romerillo), Porlieria chilensis (Guayacán), Salvia (Salvia macho).

El tapiz herbaceo está compuesto por numerosas gramineas pertenecientes a los géneros Stipa, Bromus, Nassella, Melica en asociación con hierbas muy variadas, entre otras, Godetia cavanilles (Chilca), Anemone decaoetada (Centilla), Oxalis rosea (Culle colorado), Oxalis Sp. (Vinagrillo), Geranium robertianum, Galium aparine (Lengua de gato).

Las zonas topográficas bajas, con condiciones de drenaje imperfecto o pobre, presentan una asociación vegetal típica de plantas hidrófilas con predominio de varias especies de Juneus.

Si bien se observan otras formaciones geobotánicas en los cerros circundantes, por estar fuera del área del Proyecto.

En relación al uso actual de la tierra y de los cultivos usados en la zona, la zona oriental formada por los valles de Chimbarongo y Tinguiririca está totalmente bajo riego con predominio de los siguientes cultivos: cereales (trigo, cebada, maís), leguminosas (frejoles), maravilla, raps, remolacha, tabaco, viña y frutales. Se utilizan para pastos extensiones grandes de los suelos superficiales y/o que sufren de exceso de humedad. En los suelos pesados, vertisólicos, especialmente en el valle de Tinguiririca, se cultiva arroz.

En relación al área destinada al arroz, el 90% de esta se cultiva en suelos vertisólicos situados al Oeste de la ciudad de Santa Cruz.

B. SUELOS

1. METODO DE TRABAJO

1.1 Antecedentes

Para el área del Proyecto Convento Viejo existen los siguientes estudios de suelos:

- Estudio de Suelos del Area que Beneficia el Embalse Convento Viejo, preparado por la sección de Agrología de la Dirección de Riego del Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 1970.
- Estudio Agrológico de la Provincia de Colchagua (Proyecto Convento Viejo), peparado por el Departamento de Agrología, División de Conservación de Recursos Naturales Renovables, Servicio Agrícola y Ganadero del Ministerio de Agricultura, 1974.

El "Estudio Agrológico de la Provincia de Colchagua", preparado por el Ministerio de Agricultura (1974), se utilizó como base para la elaboración de este trabajo.

1.2 Trabajos adicionales efectuados

Una vez estudiado el material, mapas e informes existentes, con el propósito de elaborar los criterios de clasificación de tierra para riego según las normas y criterios de USBR se realizaron los siguientes trabajos adicionales:

- Recolectar datos sobre ensayos de infiltración obtenidos por la sección de Agrología de la Dirección de Riego de M.O.P., procesar y elegir datos representativos, realizar ensayos adicionales en las unidades de suelo sin datos de infiltración registrados.
- Determinar los coeficientes de conductividad hidráulica en los suelos por el método de pozo barrenado en aquellas unidades de suelo que presentan niveles freáticos a menos de 2,5 m de profundidad.
- Determinar la salinidad de los suelos dudosos que presentan afloraciones de sales en superficie. Se analizaron 86 muestras de suelo.
- Determinar la calidad del agua de riego. Se analizaron muestras de agua tomadas de los ríos, esteros, canales de riego y campos regados.
- Determinar los contenidos de nitrógeno, fósforo y potasio de los suelos usando los datos contenidos en el "Informe de Suelos Convento Viejo", preparado por la sección de Agrología del Ministerio de Obras Públicas, 1970.

1.3 Principios de clasificación y preparación de mapas

El estudio Agrológico de la Provincia de Colchagua (Proyecto Convento Viejo), realizado por el Departamento de Agrología del Ministerio de Agricultura (1974), se utilizó como base para este trabajo.

Una vez estudiado el material, mapas e informes, se abrieron calicatas y cateos en el campo para identificar y conocer los diversos tipos de suelos, agrupados en series, y para verificar los límites cartográficos de las diferentes series.

Con el fin de presentar un mapa sinóptico y suministrar la información agrológica necesaria para los objetivos específicos del Estudio de Factibilidad del Proyecto Convento Viejo, los mapas a escala 1/20.000 han sido trasladados por pantografía a mapas topográficos a escala 1/50.000, manteniéndose los límites cartográficos en mapas, reagrupando las series, tipos y fases semejantes en unidades nuevas. Los criterios de agrupación han sido los siguientes:

- El proceso o los procesos pedogonéticos principales comunes.
- El factor topográfico.
- La dirección de evolución del suelo.
- El régimen hidrológico y las condiciones de drenaje.
- Las características morfológicas del perfil.
- La existencia de capas u horizontes limitantes o nocivos, la naturaleza de estos y la profundidad en el perfil.
- La profundidad efectiva o fisiológica del suelo, la profundidad óptima y la profundidad posible de desarrollo radicular.
- Las propiedades físicas y químicas del suelo
- Las características agroproductivas, la fertilidad actual y potencial.
- Factores limitantes de la capacidad productiva.
- Uso posible y propuesto.
- El comportamiento y la dirección de evolución del suelo bajo riego.
- Medidas técnicas y agrotécnicas necesarias.

Siguiendo estos principios y criterios, y utilizando la información suministrada en el Estudio Agrológico de la Provincia de Colchagua (Proyecto Convento Viejo, 1974), complementada por los estudios de campo y de laboratorio ya mencionados, se preparó el primer borrador del mapa de suelos.

El primer borrador del mapa y de la leyenda del mapa de suelos ha sido verificada en el campo, introduciendo sucesivamente todas aquellas modificaciones y correcciones que fueron necesarias para llegar hasta la 5a. aproximación.

Las 52 series y 359 tipos de fases o unidades cartográficas separadas y mapeadas en el Estudio Agrológico de la Provincia de Colchagua (Proyecto Convento Viejo), han sido reagrupadas en 28 unidades de suelo, con 150 unidades cartográficas. Estas unidades están constituídas por las diferentes unidades cartográficas a nivel de tipo y fase que presentan características idénticas o semejantes. La unidad de suelo agrupa suelos afines entre sí y que se encuentran situados sobre las mismas posiciones fisiográficas con las mismas características topográficas, se han desarrollado de los mismos materiales parentales, y bajo los mismos procesos pedogenéticos y siguiendo la misma dirección de evolución, las principales características morfológicas del perfil son semejantes, las condiciones de drenaje son idénticas o semejantes, los suelos tienen el mismo factor limitante, las características agroproductivas y la adaptabilidad para cultivos son las mismas, los suelos exigen iguales medidas técnicas y agrotécnicas de mejoramiento y tienen el mismo comportamiento bajo la agricultura de riego.

1.4 Simbología cartográfica

Las 28 unidades de suelo aparecen en el mapa y la leyenda y se identifican con un número de orden desde 1 a 28.

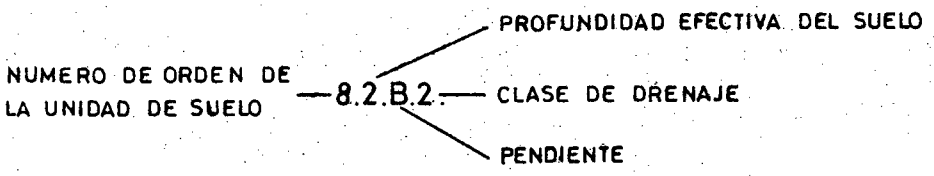
Cada unidad de suelo incluye también el tipo de textura que, para los fines específicos de este trabajo, ha sido clasificada como sigue:

- Texturas finas : arcillosa, arcillo limosa, arcillo arenosa.
- Moderadamente finas: franco arcillo limosa, franco arcillosa, franco arcillo arenosa.
- Media : limosa, franco limosa, franco, franco arenosa fina, franco arenosa.
- Gruesa : arena franca fina, arena franca, arena franca gruesa, arena fina.
- Muy gruesa : arenosa media, arena gruesa.

Cuando existen altos porcentajes de gravillas o piedras la textura recibe el término de gravillosa o pedregosa.

Cada unidad cartográfica está caracterizada por un símbolo cartográfico formado por cuatro términos: el primero, el número de orden de la unidad de suelo representado por una cifra; el segundo, una cifra que indica la profundidad efectiva del suelo; el tercero, una letra indica la pendiente y el carácter de la topografía en el caso de ondulaciones; y el cuarto, una cifra indica la clase de drenaje.

La simbología cartográfica se ilustra en el ejemplo que sigue:



La explicación de la simbología es la siguiente:

Número de orden de la unidad: 1 - 28 (ver leyenda)

Profundidad efectiva del suelo

- Muy profundo : más de 150 cm
- Profundo : 100 a 150 cm
- Moderadamente profundo : 50 a 100 cm
- Superficial : 25 a 50 cm
- Muy superficial : menos de 25 cm

Se ha considerado como profundidad efectiva del suelo a aquella profundidad que alcance una capa que impide el desarrollo óptimo radicular. En todos los casos de los suelos con subsuelos pedregoso, este no constituye un factor limitante total, debido a la presencia de matriz que rellena los intersticios dejados por las piedras. En el caso de los suelos pumicíticos (Unidades de Suelo N°s. 24 y 25), si bien la toba constituye una limitación actual del desarrollo radicular, no constituye una limitación permanente por cuanto al mojarse se suelta con relativa facilidad. En el caso de las Unidades de Suelo N°20, 21, 27 y 28, la profundidad efectiva está limitada por la presencia de panes cementados por sílice, fierro y manganeso.

En el caso de la presencia en complejo de suelos de varias profundidades efectivas se anotan las dos cifras representando la profundidad. Por ejemplo:

23. 4-5. BO. 3

Lo anterior significa que la unidad de suelo N°23 tiene profundidad efectiva superficial y muy superficial en complejo.

Pendiente: A 0 a 1 %
B 1 a 3 %
C 3 a 5 %
D 5 a 10%
E más de 10%

Cuando se trata de unidades cartográficas con topografía evidentemente ondulada y que exige trabajos pesados de nivelación, al lado de la letra que indica la pendiente se anota la letra O, que indica la ondulación.

Por ejemplo:

7.2. CO.2

Esto significa que la Unidad de Suelo N°7 tiene profundidad profunda, pendiente 3 a 5%, ondulado; 8.3.DO.2; 8.3.CO.4; etc.

Clases de drenaje

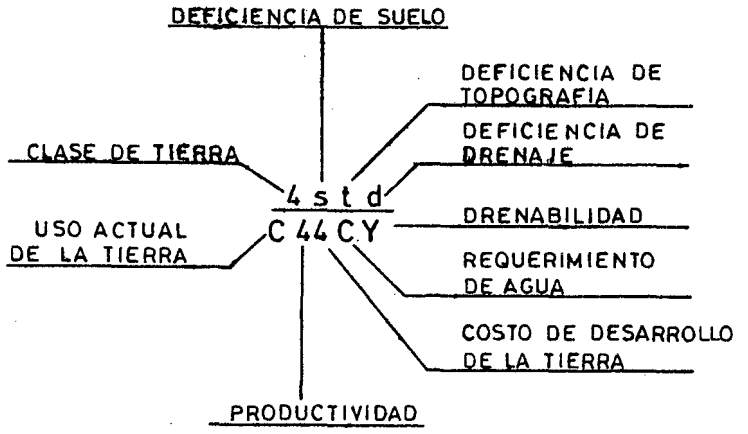
- Drenaje excesivo
- Drenaje algo excesivo
- Drenaje bueno
- Drenaje moderadamente bueno
- Drenaje imperfecto
- Drenaje pobre

En algunos casos se consignan drenajes del tipo 5 - 6 con lo que se está señalando condiciones de drenaje imperfecto y pobre en complejo.

La clasificación de los tipos de drenaje corresponde a aquella descrita en el Manual de Levantamiento de Suelos, del Ministerio de Agricultura de los Estados Unidos.

El mapa de clasificación de tierras para riego ha sido elaborado siguiendo los criterios y principios del Manual de Clasificación de Tierras para riego del USBR (volumen V, Irrigated Land Use, Part II, Land Classification).

El significado de los símbolos usados en las fórmulas cartográficas es el siguiente:



Clases de tierra para riego: Clases 1. 2, 3, 4, 6.

Subclases:

s = deficiencias de suelo

t = deficiencias de topografía

d = deficiencias de drenaje

S = limitado para aspersión (clase 4)

P = limitado para pasto (clase 4)

V = limitado para hortalizas de arraigamiento radicular superficial (clase 4)

R = limitado para arroz (clase 4)

F = limitado para frutales (clase 4)

Uso actual de la tierra:

C = tierra cultivada y regada

P = pasto regado

L = tierra cultivada sin o con riego ocasional

C = pasto con o sin riego u ocasional

B = matorral

Productividad: clases 1, 2, 3, 4, 6.

Clase 1 = tierras altamente productivas para gran variedad de cultivos

Clase 2 = tierras moderadamente productivas para gran variedad de cultivos

Clase 3 = tierras poco productivas para gran variedad de cultivos

Clase 4 = tierras aptas para cultivos específicos (pasto, arroz, hortalizas, frutales)

Clase 6 = tierra improductiva

Costo de desarrollo: Clases 1, 2, 3, 4, 6.

El costo de desarrollo se obtuvo tomando en consideración los factores siguientes: mejoramiento del sistema de riego existente en el caso de las tierras regadas, costo de la introducción del riego, costo de las obras de drenaje, de la deforestación y de la nivelación.

Requerimiento de agua: A. Bajo

B. Medio

C. Alto

Drenabilidad: X = Buena

Y = Restringida

Z = Pobre

1.5 Métodos de laboratorio utilizados

- Análisis granulométrico: método de la pipeta con separación de partículas en 7 tamaños (> 2 mm; 2 a 1 mm; 1 a 0,5 mm; 0,5 a 0,25 mm; 0,25 a 0,1 mm; 0,1 a 0,05 mm; 0,05 a 0,002 mm; < 0,002 mm).
- Retenciones de humedad:
  - Humedad equivalente (retención a 1/3 atmósfera por olla de presión).
  - Retención a 15 atmósfera por plato de presión
- Densidad aparente: método con parafina en muestras no alteradas.
- Materia orgánica: método de Walkley - Black
- pH: con potenciometro
- Capacidad de intercambio catiónico por el método del Handbook 60 del Soil Laboratory del USDA.
- Cationes intercambiables por los métodos del Handook 60 del Soil Laboratory del USDA.
- Conductividad eléctrica por el método del conductivímetro.
- Determinaciones de cationes y aniones solubles según los métodos del Handbook 60 del Soil Laboratory del USDA.
- Análisis mineralógicos por los métodos de rayos X, DTA, e IR.

2. MATERIALES PARENTALES

2.1 Materiales coluviales

Son los que resultan de la meteorización y fragmentación de las rocas en las laderas o montañas desde donde caen a las partes bajas por acción de la gravedad.

Estos materiales coluviales son generalmente gruesos, heterogéneos, de estratificación desordenada, de clastos principalmente angulares y subangulares típicos de las distancias cortas a que han sido transportados y con predominio de las alteraciones físicas sobre las químicas.

Debido a las condiciones imperantes (clima, vegetación, topografía) estos depósitos no desarrollan un perfil genético definido y su dinámica de evolución solo genera un horizonte A incipiente sobre el material parental C. Los colores que presentan están íntimamente relacionados con los materiales parentales que los forman (andesita, granito, granodiorita principalmente) y es difícil apreciar los efectos de los fenómenos de oxidación e hidratación del hierro.

En relación con la litología del material parental, es posible distinguir dos grupos principales en la zona de estudio:

- Un primer grupo constituído por aquellos materiales parentales que provienen principalmente de rocas andesíticas y cuyos rasgos más relevantes son: retención de humedad baja a media, contenido de materia orgánica variable entre 0,4 y 4,2%, capacidad de intercambio catiónico variable entre 8,7 y 44,0 me/100 gramos de suelo, saturación básica variable entre 44 y 82%, pH entre 5,1 a 6,8, de fertilidad inherente baja a alta y con minerales arcillosos entre los que predominan montmorillonita, illita, caolinita y vermiculita. Este grupo corresponde a las Unidades Cartográficas N°s. 1, 2, 3, 4 y 5.
- Un segundo grupo formado principalmente por materiales parentales provenientes de granito y granodiorita altamente meteorizados (Paleozoico y Postpaleozoico) y que se encuentran mezclados con fragmentos más frecos. Se caracterizan, además, por tener retenciones de humedad variable entre baja a media, contendido de materia orgánica variable entre 0,5 y 2%, capacidad de intercambio catiónico entre 6 y 18 me/100 gramos de suelo, porcentaje de saturación básica entre 21 y 55%, pH entre 4,6 y 5,5 y fertilidad inherente entre media y baja. Corresponden a las Unidades Cartográficas N°s. 6, 7 y 8.

2.2 Materiales aluviales

Estos materiales forman principalmente los rellenos recientes o terrazas y los abanicos aluviales.

2.2.1 Rellenos recientes o terrazas aluviales

Se trata de suelos originados por cauces de agua que transportan materiales en suspensión y solución, lo que origina suelos altamente heterogéneos tanto en su estructura como en su morfología.

Los perfiles resultantes dependerán de las velocidades de los caudales y de las características del material transportado. Por lo general, los materiales gruesos se depositan más cerca del cauce mientras que los finos lo hacen más alejados. Todo este proceso forma los rellenos o terrazas de inundación cuya característica principal es la heterogeneidad de los materiales que la forman debido al carácter errático de los cauces que lo depositan.

Se producen, entonces, dos tipos distintos de depósitos: aquellos cerca del eje de formación (meandros) y aquellos alejados del eje, llanos o planicies de inundación (flood plains), produciéndose interfluvios debido a la intensa red de drenaje natural en el área.

2.2.2 Abanicos aluviales

Constituídos por depósitos de materiales que han sido transportados por los cursos de agua que descienden de las laderas y que los depositan al encontrar cambios bruscos en las pendientes por donde fluyen.

El valle central constituye básicamente un relleno aluvial reciente y presenta en la actualidad amplios conos y abanicos aluviales, sobre todo en las desembocaduras de los ríos y esteros.

El grado de estratificación de estos suelos, que se han depósitado como rellenos o terrazas de inundaciones y como abanicos aluviales, constituye la característica fundamental que los diferencia de los suelos que se han formado como depósitos coluviales, los cuales no presentan el mismo desarrollo en sus perfiles típicos. Hay, sin embargo, zonas donde, además, se han desarrollado procesos pedogenéticos, tales como fenómenos de oxi-reducción, de lixiviación de sales solubles y percolación, lo cual ha dado origen a horizontes genéticos diferenciados, tanto de eluviación como de iluviación. Aún cuando los factores que intervienen en los procesos formadores del suelo están en constante evolución, es frecuente encontrar las secuencias genéticas A, B y C.

En relación con la litología del material parental, los depósitos aluviales pueden dividirse en dos grandes grupos:

- Suelos provenientes de materiales parentales de origen andesítico cuyos rasgos más importantes son: retención de humedad baja a alta (dependiendo principalmente de la textura), contenido de materia orgánica variable entre 0,5 y 3,7%, capacidad de intercambio catiónico entre 9,9 y 38,4 me/100 gramos, porcentaje de saturación básica entre 46 y 87%, pH entre 5,3 y 7,0. Están constituídos principalmente por minerales de arcidel tipo montmorillonita, illita, vermiculita y caolinita, con fertilidad inherente de media a alta. Corresponden a las Unidades Cartográficas N°s. 9, 10, 11, 12, 13, 14 y 15.

- Suelos provenientes de materiales parentales graníticos y granodioríticos, altamente meteorizados, cuyas características más importantes son baja a media capacidad de retención de humedad, materia orgánica entre 0,3 y 2,5%, capacidad de intercambio catiónico entre 7,4 y 19,2 me/100 gramos, saturación básica variable entre 30 y 73%, y pH entre 4,6 y 6. Son fundamentalmente materiales arcillosos (vermiculita y caolinita) con fertilidad inherente media a baja. Corresponden a las Unidades Cartográficas N°s 16, 17, 18 y 19.

2.2.3 Sedimentos de granos fino

Se trata de un grupo de suelos que se caracterizan por el contenido de arcilla expansible (montmorillonita), alta capacidad de intercambio catiónico, alto porcentaje de saturación básica, escaso contenido de materia orgánica y pH neutro a ligeramente ácido, presumiblemente derivados de distintos materiales parentales depositados, sea como sedimentación eólica, sea como inundaciones o depósitos lacustres, Se conocen genericamente como vertisoles.

Los procesos de meteorización de estos suelos son incipientes, debido a que en todos los perfiles existen minerales inestables o poco resistentes a la meteorización, como son los piroxenos, por lo cual se estima que estos suelos se encuentran aún en sus primeras etapas de evolución. Los análisis químicos corroboran este estado incipiente de meteorización, que se manifiesta por el bajo porcentaje de K y Na en los horizontes, porcentajes que aumentan a medida que se producen procesos de meteorización de los feldespatos, minerales muy abundantes en estos suelos.

La secuencia de los horizontes genéticos es A_1, A/C y C. El horizonte A_1 es delgado, con una coloración que varía del gris oscuro al pardo, con slikensides, superficies pulidas y acanaladas, estructura prismática y pH entre 5,5 y 7,4.

El estudio mineralógico de la fracción gruesa que permite identificar minerales semejantes, tanto en el suelo como en los estratos inferiores, indica que las tobas volcánicas, que aparecen en el área de mayor concentración de los vertisoles, constituyen el material parental de estos suelos.

Estos suelos corresponden a las Unidades Cartográficas N°s. 20, 21 y 22.

2.2.4 Depósitos de tobas pumicíticas

Los suelos derivados de riolita pumicítica se han formado a partir de una toba cuyo origen aún es incierto. Hay autores que la describen como depósitos de inundaciones y avenidas, otros como ignimbritas, originadas en los volcanes de la Cordillera de Los Andes y aún otros como depósitos fluvio-glaciales. Se caracterizan por constituir depósitos de cenizas estratificadas, con cierta proporción de fragmentos líticos y pómez, que ocupan posiciones marginales a las riberas y planicies

adyacentes a los cauces naturales de drenaje y ríos, creando una topografía que fluctúa entre plana, suavemente ondulada y ondulada-disectada.

Algunos suelos originados a partir de estos depósitos han dado origen a rellenos aluviales más recientes de granulometría y composición más heterogeneas con innumerables perfiles que se caracterizan por una discontinuidad litológica más marcada.

La composición mineralógica de estos suelos, principalmente en la fracción arcilla, está constituída esencialmente por metahaloisita, asociada con componentes amorfos y proporciones variables de montmorillonita y vermiculita. La metahaloisita provendría principalmente de la meteorización de los vidrios volcánicos, feldespatos y plagioclasas. Los minerales montmorillonita y vermiculita que aparecen en proporción de 2 a 1 podrían haberse originado de la mica parental, en cuyo caso serían minerales transformados por la degradación limitada de los vidrios y feldespatos; los coloides producidos por este proceso, conjuntamente con los cationes alcalinos y alcalino-térreos liberados tenderían a preservarse en el medio, dadas las condiciones de humedad restringida, naturaleza sílicea y compactación del depósito de cenizas.

Son suelos cuyas características más importantes son retención de humedad baja a media, con contenido de materia orgánica entre 0,9 y 1,9%, con capacidad de intercambio catiónico entre 8,9 y 15,2 me/100 gramos de suelo, saturación básica entre 50 y 83%, pH entre 5,4 y 7,0, con predominio de alofán y fertilidad inherente baja a media. Corresponden a las Unidades Cartográficas N°s. 23 y 24.

2.2.5 Depósito fluvio-glaciales

Que se presentan fundamentalmente en los abanicos o conos proglaciales, y formados por la acción de las corrientes pesadamente cargadas con sedimentos glaciales. Existen en aquellos valles o llanuras donde las aguas de los glaciales pudieron fluir libremente.

Ocupan áreas muy localizadas en la zona de estudio (Miraballes y Puente Negro) y tanto su génesis como su desarrollo están estrechamente relacionados con los factores que predominan inmediatamente después de la glaciación. Se trata de suelos desarrollados, con secuencia de horizontes genéticos (A-B-C), provenientes de un material parental de con - glomerado volcánico semi-descompuesto, mezclado con clastos angulares y subredondeados.

Se trata de suelos cuyos rasgos más importantes son: capacidad de retención de humedad mediana, con materia orgánica entre 0,5 y 2,2%, con capacidad de intercambio catiónico entre 21,8 y 46,6 me/100 gramos de suelo, saturación básica entre 58 y 81%, pH entre 5,1 y 6,9, material arcilloso principalmente del tipo caolinita y de mediana fertilidad inherente. Corresponden a la Unidad Cartográfica N° 25.

2.2.6 Depósitos aluviales antiguos

Se trata de suelos que han permanecido en el sitio en que se formaron. Estos depósitos forman normalmente antiguos depósitos aluviales que en algunos sitios aparecen como terrazas seccionadas de valles típicos de las montañas.

Estos suelos forman planos suavemente inclinados, con una vegetación de estepas, y presentan problemas de drenaje debido a la posición que ocupan, al régimen de lluvias y a la textura fina del subsuelo.

Genéticamente exhiben una secuencia de horizontes, siendo particularmente importante la presencia de un horizonte A_2, de color gris claro, lo que determina la denominación de Planosoles.

Las inundaciones periódicas provocan la lixiviación de los elementos solubles tales como el hierro y el aluminio. Muchas veces suele encontrarse el hierro - aluminio en forma de concreciones o panes discontinuos en la zona de contacto entre el horizonte eluviado y el horizonte iluviado.

Las condiciones físicas y físico-químicas de estos suelos son la baja retención de humedad, con materia orgánica entre 0,5 y 1,8%, con capacidad de intercambio catiónico entre 6 y 23,1 me/100 gramos de suelo, saturación básica entre 64 y 83%, pH entre 5,7 y 5,9 y fertilidad inherente baja a mediana. Corresponden a las Unidades Cartográficas N°s. 26, 27 y 28.

Cuadro I/10: Resumen de clasificación de tierras para riego Proyecto Convento Viejo

Clase	Subclase	Áreas — Subclases						Áreas — Clases						%
		Zona I	Zona II	Zona III	Alcones	Nilahue	Total	Zona I	Zona II	Zona III	Alcones	Nilahue	Total	
1	-	4.275,8	10.794,8	4.103,2	525,6	1.730,0	21.429,4	4.275,8	10.794,8	4.103,2	525,6	1.730,0	21.429,4	11,9
2	2 s	3.635,6	5.201,2	4.749,2	9.410,4	13.569,0	36.565,4							
	2 st	2.186,0	2.886,0	884,8	923,2	3.879,2	10.759,2	9.860,4	22.404,2	19.736,0	10.585,6	17.811,8	80.398,0	44,8
	2 sd	4.038,8	14.317,0	14.102,0	252,0	363,6	33.073,4							
3	3 s	16.561,6	1.391,4	1.846,0	4.280,0	1.582,0	25.661,0							
	3 st	680,0	928,8	891,6	5.474,8	2.206,8	10.182,0	19.476,4	2.861,4	4.878,4	15.901,2	10.505,6	53.623,0	29,9
	3 sd	2.234,8	541,2	2.140,8	4.882,0	6.151,2	15.950,0							
	3 std	-	-	-	1.264,4	565,6	1.830,0							
4	4 PRs	-	-	1.895,2	603,2	-	2.498,4							
	4 Pst	525,6	279,3	28,8	2.995,4	1.275,2	5.104,3							
	4 PVs	4.276,0	864,8	78,4	-	-	5.219,2							
	4 PVst	247,2	360,0	-	-	-	607,2	5.812,0	1.837,6	3.834,0	9.679,4	1.275,2	22.438,2	12,5
	4 PFst	763,2	-	-	-	-	763,2							
	4 PRsd	-	333,5	47,6	-	-	381,1							
	4 Sst	-	-	48,8	430,8	-	479,6							
	4 SPst	-	-	1.735,2	5.650,0	-	7.385,2							
6	6 st	-	-	-	1.521,4	-	1.521,4	-	-	-	1.521,4	-	1.521,4	0,9
							Total	39.424,6	37.898,0	32.551,6	38.213,2	31.322,6	179.410,0	100,0

3. DESCRIPCION DE LAS UNIDADES DE SUELO

Unidad de Suelo N°1

Suelos coluviales, de textura moderadamente gruesa gravillosa, limitados por gravas, piedras y bolones, de topografía ligera y moderadamente inclinada, de drenaje excesivo y algo excesivo, en posición de piedmont sobre materiales de origen andesítico.

La Unidad ocupa 2.242,4 ha, o sea el 1,2% del área total estudiada y se encuentra situada en la parte central y oriental del área del Proyecto, en pequeñas áreas, en posición fisiográfica de piedmont, pegadas a los cerros. Las pendientes que predominan son de 1 a 3%, llegando raras veces a 5%.

El material parental está representado por depósitos coluviales de origen andesítico.

El agua freática se encuentra a profundidades mayores de 3 metros y no afecta el perfil de suelo.

El drenaje externo es moderadamente rápido y rápido, el drenaje interno rápido y muy rápido, determinado por las texturas gruesas y el alto porcentaje de gravillas y gravas, y el drenaje natural es algo excesivo y excesivo.

La tierra arable se usa en la actualidad para cereales y cultivos de chacra, pastos y viñas.

En la superficie, son suelos de colores pardos, pardo oscuro o pardo grisáceo oscuros en tonos 10YR, de texturas moderadamente gruesas, en tanto que en la profundidad son suelos de colores pardo oscuros en tono 10YR y de texturas gruesas y moderadamente gruesas gravillosas. (Esta Unidad de Suelo está formada por los tipos texturales gruesos, moderadamente gruesos de las Series del Estudio Agrológico de la Provincia de Colchagua, Ministerio de Agricultura (1974)).

En general, presenta un horizonte superior de entre 12 y 20 cm, de color pardo a pardo oscuro (10YR 4/3) o pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en húmedo, y pardo pálido (10YR 6/3) o gris parduzco claro (10YR 6/2) en seco, de textura franco arenosa, no plástico, no adhesivo, friable. Sigue un segundo horizonte hasta 40 cm, de color pardo a pardo oscuro (10YR 4/3) o pardo oscuro (10YR 3/3)en húmedo, de textura arena francosa gruesa a veces gravillosa, no plástico, no adhesivo, friable. Entre 40 y 130 cm (a veces continúa debajo de esta profundidad) un horizonte de color vario debido a la naturaleza diferente de las diversas unidades que lo constituyen, de textura arenosa con grava fina, no plástico, no adhesivo, suelto, con estructura en granos individuales. A veces en las fases más superficiales aparece un estrato inferior aluvio coluvial constituído por clastos angulares, gravas y piedras de hasta 20 cm de diámetro que ocupa de 60 a 70% del volumen con matriz de arena gruesa.

Se han identificado cuatro fases de profundidad:

- Fase muy profunda (donde el estrato inferior de clastos angulares no aparecen en los primeros 150 cm) 622,8 ha.
- Fase moderadamente prfunda (donde el estrato inferior de clastos aparecen entre 50 y 100 cm de profundidad) 694,8 ha.
- Fase superficial (donde el estrato inferior de clastos aparece entre 25 y 50 cm de profundidad) 607,2 ha.
- Fase muy superficial (donde el estrato inferior de clastos aparece a menos de 25 cm de profundidad) 317,6 ha.

Raras veces se presenta pedregosidad superficial que no alcanza los 20% en superficie.

Los valores de retención de humedad a 1/3 de atmósfera varían en los primeros 40 cm entre 14 y 26%, a 15 atmósferas entre 6 y 11%, y el aguas es aprovechable entre 8 y 15%; en la profundidad los valores bajan abruptamente debido al cambio textural y al aumento fuerte del porcentaje de arena , con valores de la retención de humedad a 1/3 atmósfera entre 5 y 14%, a 15 atmósferas entre 4 y 8%, y el agua es aprovechable entre 1 y 6%.

La materia orgánica varía entre 0,4 y 2% en el primer horizonte superficial y baja fuertemente variando entre 0,1 y 0,3% en la profundidad.

La capacidad de intercambio catiónico varía entre 8,7 y 20,7 me/100 gr suelo, y el complejo adsortivo está saturado principalmente con calcio. En algunos casos aparecen valores altos de hidrógeno de cambio.

El grado de saturación varía entre 58 y 82%.

La reacción de suelo se caracteriza por valores pH entre 5,3 y 6,8 indicando una reacción moderadamente ácida a neutra. Existe la tendencia de aumento de los valores pH (junto con los porcentajes de saturación) con la profundidad, pero siempre dentro de los límites ya citados.

Los suelos no presentan ningún problema de salinidad o alcalinidad.

Los minerales arcillosos predominantes son la montmorillonita, la vermiculita y la illita.

En general, los contenidos de nitrógeno y fósforo aprovechable son bajos.

El nivel de fertilidad actual se puede considerar de bajo a medio.

Los factores limitantes de la productividad son la topografía ligera hasta moderadamente inclinada, el peligro de erosión determinado,

por una parte, por la pendiente y, de otra, por la textura gruesa, a veces con porcentajes relativamente alto de gravilla, el drenaje excesivo y algo excesivo, y la baja retención de humedad; en las fases superficiales, la poca profundidad efectiva óptima, el contenido bajo de elementos fertilizantes y a veces cierta acidez.

Desde el punto de vista taxonómico, los suelos de esta Unidad pertenecen al orden de Entisoles, suborden Fluvents, probablemente al gran grupo Xerofluvents.

Para fines de riego, las fases de esta Unidad de Suelo se han clasificado como sigue:

Cuadro I/11: Resumen de clasificación de tierras en clases y subclases de riego

Unidad de Suelo N°1

Fase	Descripción	Clase y Subclase de Riego	ha
1.1.B.2	Muy profunda, de pendiente 1 a 3%, algo excesivamente drenado	2 st	622,8
1.3.B.2	Moderadamente profunda, de pendiente 1 a 3%, algo excesivamente drenado	3 st	404,0
1.3.C.1	Moderadamente profunda, de pendiente 3 a 5%, excesivamente drenado	3 st	290,8
1.4.B.1	Superficial, de pendiente 1 a 3%, excesivamente drenado	4 PVst	607,2
1.5.B.1	Muy superficial, de pendiente 1 a 3%, excesivamente drenado	4 Pst	317,6

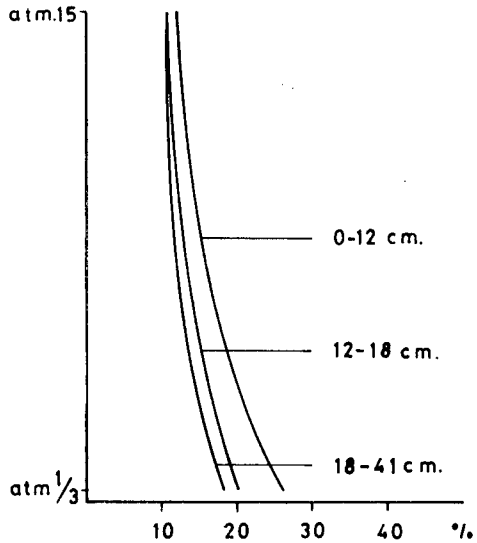
Las pruebas de infiltración muestran una velocidad final de 3,2 cm/h con una lámina total de 18,7 cm infiltrados en 4 horas.

Las fases más profundas y moderadamente profundas son aptas para todos los cultivos de la zona, incluso frutales. Son suelos aptos y muy aptos para pastos, hortalizas, tomates, melón, pepino, sandía, maíz, frejoles y tabaco.

La fase muy superficial, debido a la poca profundidad de suelo, a la textura gruesa, la estructura inestable, la consistencia suelta, la pendiente y el peligro de erosión, está limitada en su uso a pasto o a cultivos de hortalizas. La fase muy superficial está limitada en su uso para pasto.

UNIDAD DE SUELO Nº1

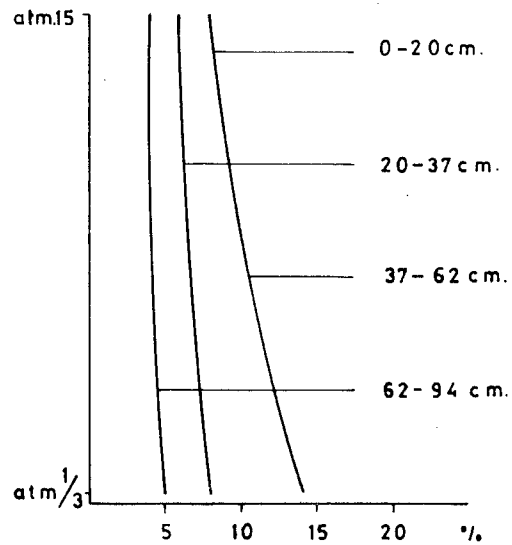
RETENCIONES DE HUMEDAD



PARA LA FASE SUPERFICIAL
(1.4.B.1)

Fuente: Serie Loma Grande, Fase Superficial. (Estudio Agrológico, Provincia de Colchagua, Ministerio de Agricultura, 1974)

Prof. cm.	Retención de humedad	
	1/3 atm.	15 atm.
0-12	26	12
12-18	20	11
18-41	18	11



PARA LA FASE MUY PROFUNDA
(1.1.B.2)

Fuente: Serie Mancuman, Fase muy Profunda. (Estudio Agrológico, Provincia de Colchagua, Ministerio de Agricultura, 1974)

Prof. cm.	Retención de humedad	
	1/3 atm.	15 atm.
0-20	14	8
20-37	8	6
37-62	14	8
62-94	5	4

PERFILES DE SUELO



FIG. I-1

DATOS DE INFILTRACION

UNIDAD DE SUELO Nº 1

PRUEBA DE INFILTRACION Nº 290

FASE: 1.1.B.2 FUENTE: M.O.P.

FECHA : 5-10-70

HUMEDAD : 19.29 %

COBERTURA:

CLASIFICACION: 2 s t

REGISTRO DE DATOS
(Promedio de 3 cilindros)

TIEMPO		INFILTRACION				
Horas	Minutos	Parcial (cms.)	Acumulado cms.(Ia.)	Velocidad horaria parcial cm./h(Ivp)	Velocidad horaria acumulada cm./h(Iva)	Velocidad horaria cm/h
	0	-	-	-	-	
	5	1.3	1.3	15.6	15.6	
	10	1.1	2.4	13.2	14.4	
	20	1.6	4.0	9.6	12.0	
	30	1.3	5.3	7.8	10.6	
	45	1.6	6.9	6.4	9.2	
1	60	1.4	8.3	5.6	8.3	8.3
	90	2.1	10.4	4.2	6.9	
2	120	1.8	12.2	3.6	6.1	3.9
3	180	3.3	15.5	3.3	5.2	3.3
4	240	3.2	18.7	3.2	4.7	3.2
				TOTAL 4 HORAS		18.7
				PROMEDIO HORARIO		4.7
				VELOCIDAD FINAL		3.2

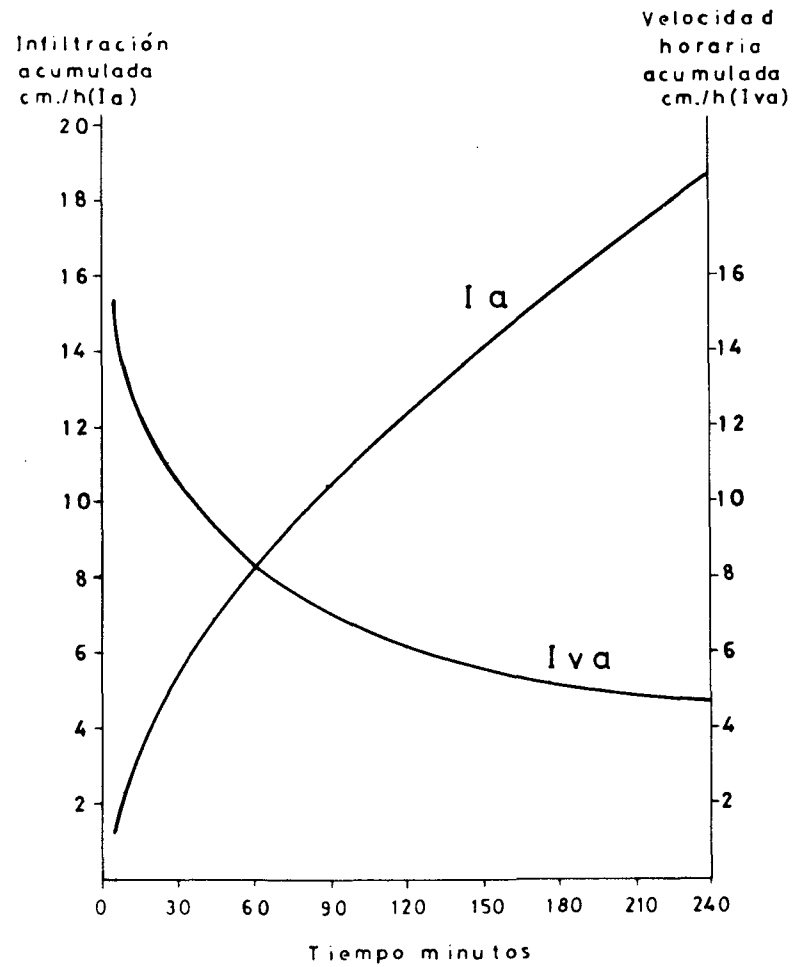


FIG. 1-2

Las fases superficial y muy superficial, debido a la poca profundidad efectiva, no permiten la ejecución de grandes movimientos de tierra pues entraña el peligro de descubrir el manto de clastos y gravas. En consecuencia, es recomendable usar la pendiente suave de la tierra con el propósito de regar por gravedad mediante surcos cortos emplazados oblicuamente a la línea de máxima pendiente.

Los métodos de manejo deben evitar la pulverización del suelo por exceso de labores y deben tender a la formación y conservación de una estructura estable merced a la incorporación de grandes cantidades de materia orgánica, estiercol, abonos verdes y residuos de cosecha. Son necesarias medidas simples de conservación de suelo basadas especialmente en trabajos de preparación y culturales orientados paralelamente a las curvas de nivel.

Son especialmente necesarios los abonos químicos nitrogenados y fosfatados. Resulta aconsejable aplicar abonos químicos y nitrogenados en dosis limitadas y frecuentes debido a la solubilidad y permeabilidad de los suelos. Debe darse preferencia a las formas de fertilizantes poco solubles que liberen lentamente el nitrógeno y a los tipos amoniacales que son retenidos por el suelo.

Se recomiendan aplicaciones de superfosfato en dosis moderadas. La moderada acidez representada por valores pH mínimos de 5,3 no constituye todavía un peligro de fijación del fósforo. Sin embargo, la aplicación en dosis pequeñas de 1 a 3 t/ha de carbono cálcico pueden neutralizar el poder fijador y mejorar las condiciones físicas y de fertilidad del suelo.

Unidad de Suelo N°2

Suelos coluviales de textura moderadamente fina, sobre gruesa y moderadamente gruesa gravillosa, limitados por gravas, piedras y bolones, de topografía ligeramente inclinada, de drenaje algo excesivo y bueno, en posición de piedmont, sobre materiales coluviales de origen andesítico.

La Unidad ocupa 582,5 ha, o sea el 0,3% del área total estudiada y se encuentra situada en la parte central y oriental del área del Proyecto, en pequeñas áreas, siempre asociadas con los suelos de la Unidad N°1.

Desde el punto de vista fisiográfico aparece en posición de piedmont, sobre pendientes de 1 a 3%.

El material parental está representado por depósitos coluviales de origen andesítico.

El agua freática se encuentra a profundidades mayores de 3 metros y no afecta el perfil de suelo.

El drenaje externo es moderadamente rápido, el drenaje interno es rápido y moderadamente rápido, y el drenaje natural es algo excesivo y bueno.

El principal uso que se da a la tierra en la actualidad es para cereales, chacras, pasto y viñas.

Las características morfológicas del perfil son similares a las descritas para la Unidad de Suelo N°1, salvo que las texturas del primer horizonte, las que, en el caso de los suelos de esta unidad son moderadamente finas, franco arcillosa arenosa o franco arcillosa. (Esta Unidad de Suelo está formada por los tipos texturales moderadamente finos de las Series del Estudio Agrológico de la Provincia de Colchagua, 1974).

Se han identificado tres fases de profundidad:

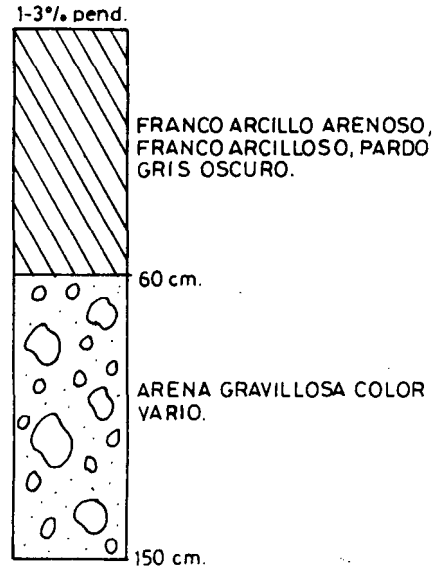
- Fase muy profunda (donde el estrato inferior de clastos angulares no aparece en los primeros 150 cm) 156,0 ha.
- Fase moderadamente profunda (donde el estrato inferior de clastos angulares aparece entre 50 y 100 cm de profundidad) 277,2 ha.
- Fase muy superficial (donde el estrato inferior de clastos angulares aparecen a menos de 25 cm de profundidad) 149,3 ha.

Tanto las propiedades físicas como las químicas pueden variar respecto de aquellas descritas en la Unidad N°1, pero no dentro de valores significativos.

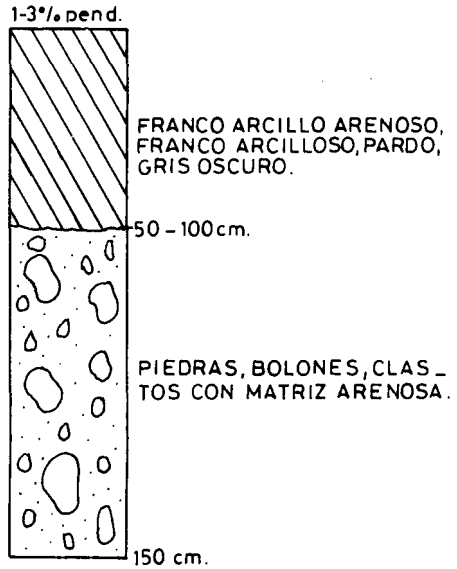
Los valores limitantes de la productividad son los mismos que los descritos para la Unidad N°1.

UNIDAD DE SUELO Nº 2

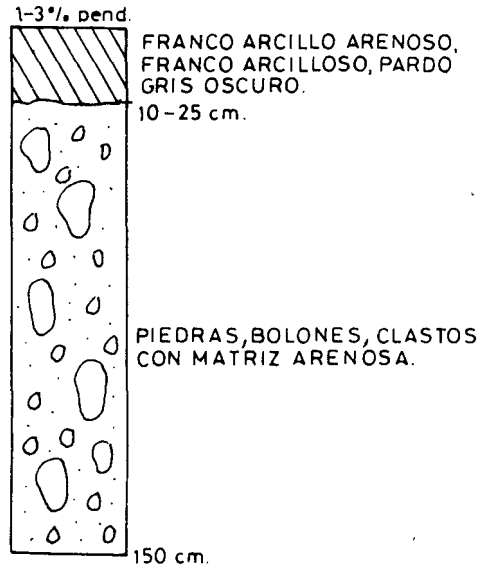
PERFILES DE SUELO



FASE MUY PROFUNDA.



FASE MODERADAMENTE PROFUNDA.



FASE MUY SUPERFICIAL

FIG. 1-3

DATOS DE INFILTRACION

UNIDAD DE SUELO Nº 2

PRUEBA DE INFILTRACION Nº A

FASE: MUY PROFUNDA FUENTE: ENSAYO DE CAMPO

FECHA : 14-1-77

HUMEDAD : SECO

COBERTURA: PASTO

CLASIFICACION

2 st

REGISTRO DE DATOS
(Promedio de 3 cilindros)

TIEMPO		INFILTRACION				
Horas	Minutos	Parcial (cms.)	Acumulado cms.(Ia.)	Velocidad horaria parcial cm./h(Ivp)	Velocidad horaria acumulada cm./h(Iva)	Velocidad horaria cm./h.
	0	-	-	-	-	
	5	2.10	2.10	25.20	25.20	
	10	1.05	3.15	18.90	12.60	
	15	0.50	3.55	14.20	6.00	
	20	0.30	3.85	11.55	3.60	
	25	0.25	4.10	9.80	3.00	
	30	0.30	4.40	8.80	3.60	
	40	0.54	4.94	7.40	3.24	
	50	0.48	5.42	6.50	2.88	
	60	0.50	5.92	5.92	3.00	5.92
1						
	75	0.76	6.68	5.34	3.04	
	90	0.68	7.36	4.90	2.72	
	105	0.66	8.02	4.58	2.64	
2	120	0.70	8.72	4.36	2.80	2.80
	150	1.30	10.02	4.00	2.60	
3	180	1.10	11.12	3.70	2.20	2.40
	210	1.05	12.17	3.48	2.10	
4	240	1.10	13.27	3.32	2.20	2.15
				TOTAL 4 HORAS		13.27
				PROMEDIO HORARIO		3.32
				VELOCIDAD FINAL		2.15

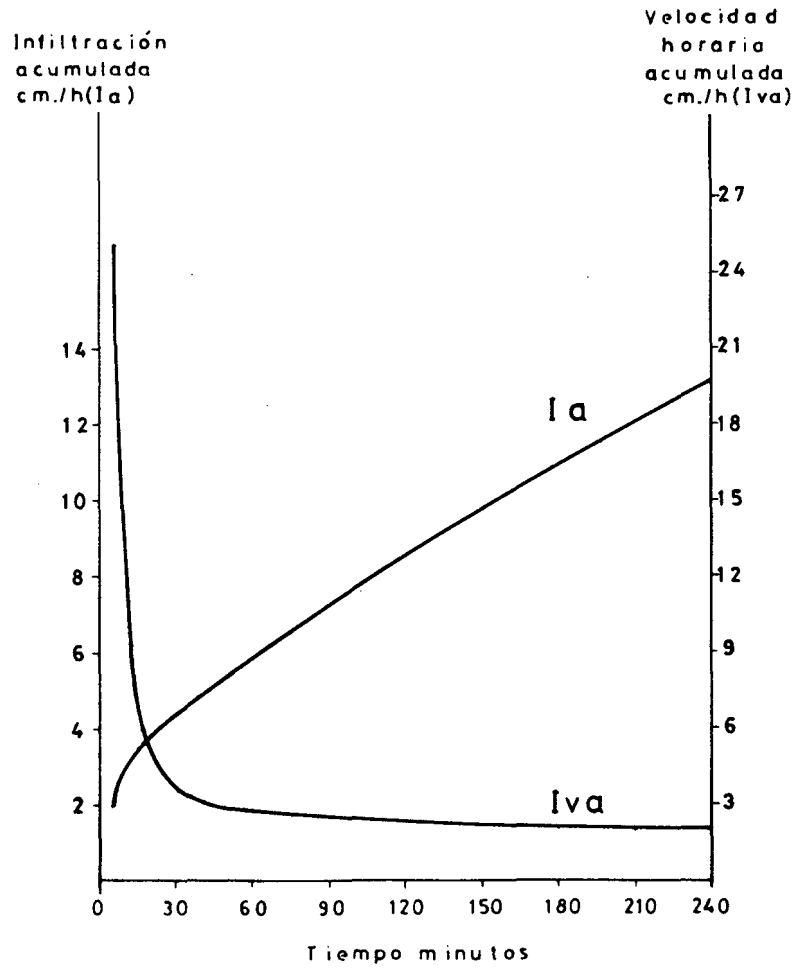


FIG. I-4

Para fines de riego, las fases de esta Unidad de Suelos se han clasificado como sigue:

Cuadro I/12: Resumen de clasificación de tierras en clases y subclases de riego

Unidad de Suelo N°2

Fase	Descripción	Clase y Subclase de Riego	na
2.1.B.3	Muy profunda, de pendiente 1 a 3%, bien drenado	2 st	156,0
2.3.B.3	Moderadamente profunda, de pendiente 1 a 3%, bien drenado	3 st	277,2
2.5.B.2	Muy superficial, de pendiente 1 a 3%, algo excesivamente drenado	4 Pst	149,3

En comparación con la Unidad de Suelos N°1 la variedad de cultivos posibles es más grande, incluyendo a todos los cultivos de chacra y cereales.

La fase muy superficial está limitada en su uso para pasto.

El peligro de erosión está disminuído por la textura más fina y por la estabilidad hídrica más alta de los agregados estructurales. En relación al manejo de estos suelos y a los principios de fertilización a seguir, cabe hacer notar que son los mismos ya descritos para la Unidad de Suelo N°1.

Unidad de Suelo N°3

Suelos coluviales de textura moderadamente gruesa sobre moderadamente fina gravillosa, limitados por gravas, piedras y bolones, de topografía ligeramente inclinada, de drenaje bueno, en posición de piedmont, sobre materiales coluviales de origen andesítico.

La unidad ocupa 528,0 ha, o sea el 3% del área total estudiada y se encuentra situada en la parte central y oriental del área del Proyecto, en pequeñas áreas en posición fisiográfica de piedmont. Las pendientes que predominan son de 1 a 3%.

El material parental está constituído por depósitos coluviales de origen andesítico.

El agua freática se encuentra a profundidades mayores de 3 metros y no afecta el perfil del suelo.

El drenaje externo es moderadamente rápido, el drenaje interno moderadamente lento y moderadamente rápido y el drenaje natural es bueno.

En la actualidad la tierra arable se usa para cereales, chacras, empastadas, frutales y viñas.

En la superficie, son suelos de colores pardo oscuro, pardo grisáceo muy oscuro o pardo grisáceo oscuro en tonos 10YR y texturas moderadamente gruesas y en la profundidad son suelos de colores pardo oscuro, pardo amarillento oscuro o pardo grisáceo oscuro en tonos 10YR y de texturas moderadamente gravillosa.

En general presentan un horizonte superior de entre 19 y 20 cm de color pardo oscuro grisáceo muy oscuro (10YR 2/3 - 3/2) o pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en húmedo, y gris pardusco claro (10YR 6/2) y pardo grisáceo (10YR 4/2) en seco, de textura franco arcilla arenosa y franco arenosa fina, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo, friable. Sigue un segundo horizonte hasta 54 cm de color pardo grisáceo muy oscuro (10YR 4/2) en húmedo, de textura franco arcillo arenosa y franco arcillosa gravillosa, ligeramente plástico a plástico, ligeramente adhesivo y friable. Entre 52 y 120 cm (continuando debajo de esta profundidad), un horizonte de color pardo oscuro (10YR 3/3), pardo amarillento oscuro (10YR 3/4) o pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2) en húmedo, de textura franco arcillo arenosa gravillosa, ligeramente plástico a plástico y adhesivo, friable. Suelen encontrarse colores de oxidaciones, debido a la meteorización del material parental o bien a antiguos problemas de drenaje.

Se han identificado dos fases de profundidad:

- Fase profunda (donde el estrato inferior de clastos angulares aparece entre 100 y 150 cm) 332,4 ha.
- Fase superficial (donde el estrato inferior de clastos angulares aparece entre 25 y 50 cm) 195,6 ha.

Presentan ligera pedregosidad en la superficie.

Los valores de retención de humedad a 1/3 de atmósfera varían, en los primeros 30 cm, entre 23 y 27%, a 15 atmósferas entre 10 y 13%, lo que permite aprovechar el agua entre 13 y 14%; en profundidad, los valores se mantienen más o menos constantes debido a la textura moderadamente fina del subsuelo y el porcentaje de retención de humedad a 1/3 de atmósfera varía entre 18 y 26%, en tanto que a 15 atmósferas fluctúa entre 11 y 15% y el agua se aprovecha entre 7 y 11%.

La materia orgánica varía entre 5,1 a 2,5% en los horizontes superficiales, disminuyendo progresiva y constantemente en profundidad, entre 0,9 a 0,4% en los estratos u horizontes más profundos.

La capacidad de intercambio catiónico presenta variaciones de entre 17,8 a 23,4 me/100 gramos de suelo y el complejo adsortivo está saturado principalmente con calcio. En algunos casos aparecen valores altos de hidrógeno de cambio.

El grado de saturación varía entre 44 y 87%. La reacción del suelo está caracterizada por valores de pH entre 5,4 y 6,8%, lo que indica una reacción moderadamente ácida o neutra. Existe una tendencia de aumento tanto de los valores de pH en profundidad como de los porcentajes de saturación básica, pero siempre dentro de los límites ya citados.

Los suelos no presentan ningún problema de alcalinidad o salinidad.

Los minerales arcillosos que predominan son la caolinita y vermiculita.

En general los contenidos de nitrógeno y fósforo aprovechable son bajos.

El nivel de fertilidad actual se puede considerar de mediano a alto.

Los factores limitantes de la productividad son la topografía ligeramente inclinada, el peligro de erosión determinado, por una parte, por la pendiente y, de otra, por la textura gruesa gravillosa, y, en las fases superficiales, la poca profundidad efectiva óptima, el contenido bajo de elementos fertilizantes y a veces cierta acidez.

Desde el punto de vista taxonómico, los suelos de esta Unidad pertenecen al Orden Entisoles y Alfisoles, Suborden pluvents y xeralfs, y Gran Grupo Xerofluvents y Haploxeralfs.

Para fines de riego las fases de esta Unidad de Suelo se han clasificado como sigue:

BIBLIOTECA IREN

Cuadro I/13: Resumen de clasificación de tierras en clases y subclases de riego

Unidad de Suelo N°3

Fase	Descripción	Clase y Subclase de Riego	ha
3.2.B.3	Profunda, de pendiente 1 a 3%, bien drenado	2 st	332,4
3.4.B.3	Superficial, de pendiente 1 a 3%, bien drenado	3 st	195,6

Las pruebas de infiltración muestran una velocidad final de 2,4 cm/h, con una lámina total de 13,2 cm, infiltrados en 4 horas. Las fases profundas y moderadamente profundas son aptas para todos los cultivos de la zona, incluso frutales. Son suelos aptos para pastos, hortalizas (tomates, sandía, melón, repollo, coliflor), chacra (maíz, frejoles), cultivos industriales como el tabaco, cereales y frutales de arraigamiento profundo y viñas. La fase superficial debido a la poca profundidad del suelo, a la textura moderadamente gruesa, a la pendiente y al peligro de erosión está limitada en su uso a pastos, cereales y hortalizas.

La fase superficial, debido a la poca profundidad efectiva, no permite la ejecución de grandes movimientos de tierra, pues entraña el peligro de descubrir el manto de clastos y gravas. En consecuencia, es recomendable usar la pendiente suave de la tierra con el fin de regar por gravedad, merced a surcos cortos emplazados oblicuamente a la línea de máxima pendiente.

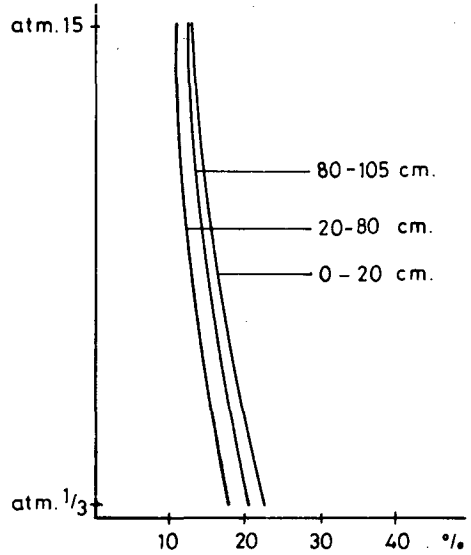
Los métodos de manejo deberán evitar la degradación del suelo por exceso de labores y deben tender a la formación y conservación de una estructura estable por incorporación de grandes cantidades de materia orgánica, estiércol, abonos verdes o residuos de cosechas. Son necesarias medidas simples de conservación de suelo mediante trabajos de preparación y culturales orientados paralelamente a las curvas de nivel.

Son especialmente necesarios los abonos químicos nitrogenados y fosfatados. Resulta aconsejable aplicar los abonos químicos nitrogenados en dosis limitadas y frecuentes, debido a su solubilidad. Debe darse preferencia a fertilizantes poco solubles, que liberen lentamente el nitrógeno y los tipos amoniacales que son retenidos por el suelo.

Se recomienda la aplicación de superfosfato en dosis moderadas. La moderada acidez representada por valores de pH mínimos 5,4 no significa un serio peligro a la fijación del fósforo. Sin embargo, las aplicaciones de dosis de 1 a 3 ton/ha de carbonato de calcio pueden neutralizar el poder fijador y mejorar tanto las condiciones físicas como la fertilidad del suelo.

UNIDAD DE SUELO Nº 3

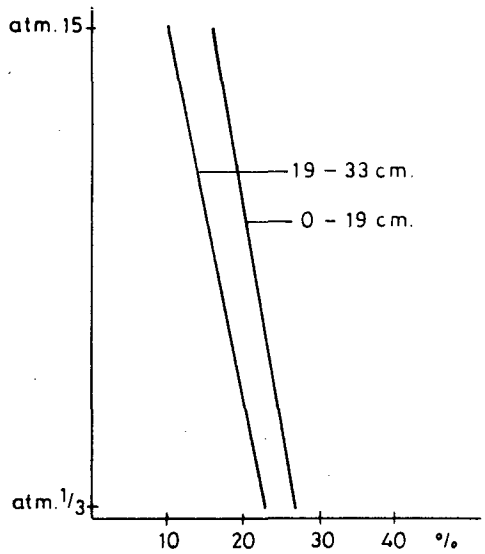
RETENCIONES DE HUMEDAD



PARA LA FASE PROFUNDA
(3.2.B.3)

Fuente: Serie Ajial
Fase Profunda.
(Estudio Agrológico,
Provincia de Colchagua,
Ministerio de Agricultura,
1974)

Prof. (cm.)	Retención de humedad	
	1/3 atm.	15 atm.
0-20	23	13
20-32	18	11
32-48	18	11
48-80	18	11
80-105	21	13

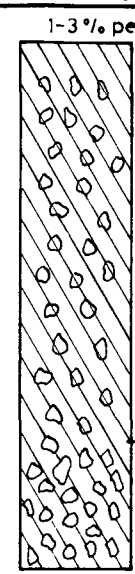


PARA LA FASE DELGADA
(3.4.B.3)

Fuente: Serie Cañetenes
Fase Delgada.
(Estudio Agrológico,
Provincia de Colchagua,
Ministerio de Agricultura,
1974)

Prof. (cm.)	Retención de humedad.	
	1/3 atm.	15 atm.
0-19	27	16
19-33	23	10

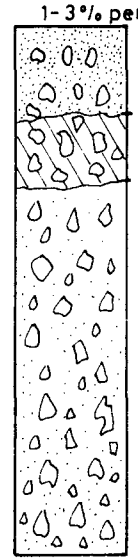
PERFILES DE SUELO



FRANCO ARCILLO ARENOSO, PARDO OSCURO, PARDO GRISACEO OSCURO.

FRANCO ARCILLO ARENOSO, PARDO AMARILLENTO OSCURO.

FASE PROFUNDA



FRANCO ARENOSO FINO, PARDO GRISACEO MUY OSCURO.

FRANCO ARCILLOSO, PARDO GRISACEO MUY OSCURO.

CLASTOS ANGULARES CON MATRIZ DE ARENA FRANCA.

FASE SUPERFICIAL

FIG. I - 5

DATOS DE INFILTRACION

UNIDAD DE SUELO Nº 3

PRUEBA DE INFILTRACION Nº I.M.2

FASE: 3.2.B.3 FUENTE: PRUEBA DE CAMPO

FECHA : 13-5-77

HUMEDAD :

COBERTURA:

CLASIFICACION: 2st

REGISTRO DE DATOS
(Promedio de 3 cilindros)

TIEMPO		INFILTRACION				
Horas	Minutos	Parcial (cms.)	Acumulado cms.(Ia.)	Velocidad horaria parcial cm./h(Ivp)	Velocidad horaria acumulada cm./h(Iva)	Velocidad horaria cm/h
	0	-	-	-	-	
	5	1.6	1.6	19.2	19.2	
	10	0.8	2.4	9.6	14.4	
	20	0.8	3.2	4.8	9.6	
	30	0.6	3.8	3.6	7.6	
	45	0.8	4.6	3.2	6.1	
1	60	0.8	5.4	3.2	5.4	5.4
	90	1.4	6.8	2.8	4.5	
2	120	1.4	8.2	2.8	4.1	2.8
3	180	2.6	10.8	2.6	3.6	2.6
4	240	2.4	13.2	2.4	3.3	2.4
				TOTAL 4 HORAS		13.2
				PROMEDIO HORARIO		3.3
				VELOCIDAD FINAL		2.4

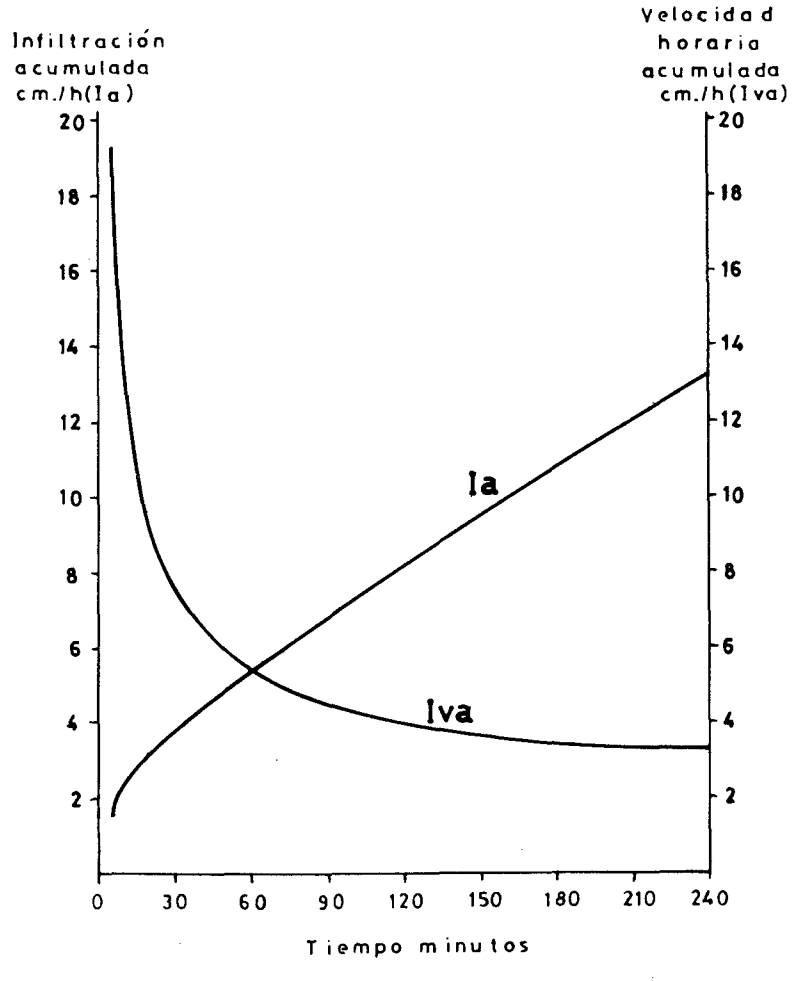


FIG. I-6

Unidad de Suelo N°4

Suelos coluviales de textura moderadamente fina gravillosa en todo el perfil, limitados por gravas, piedras y bolones, de topografía ligera y moderadamente inclinada, de drenaje algo excesivo y bueno, en posición de piedmont, sobre materiales coluviales de origen andesítico.

La Unidad ocupa 1.175,2 ha, o sea el 0,6% del área total estudiada en la parte central y oriental del área del Proyecto, en pequeñas áreas en posición fisiográfica de piedmont. Las pendientes que predominan fluctúan entre 1 y 5% asociadas siempre con los suelos de la Unidad N°3.

El material parental está representado por depósitos coluviales de origen andesítico.

El agua freática se encuentra a profundidas mayores de 3 metros y no afecta el perfil del suelo.

El drenaje externo es rápido y moderadamente rápido y moderadamente lento, y el drenaje natural es algo excesivo y bueno.

El uso actual de la tierra arable es principalmente cereales, chacras, empastadas, frutales y viña.

Las características morfológicas del perfil son similares a las descritas para la Unidad de Suelo N°3, con la excepción de las texturas del primer horizonte, las cuales, en el caso de los suelos de esta Unidad, son moderadamente finas: franco arcillosa y franco arcillo arenosa (Esta Unidad de Suelo está formada por los tipos texturales moderadamente finos de las series del Estudio Agrológico, de la Provincia de Colchagua - Ministerio de Agricultura, 1974).

Se han identificado tres fases de profundidad:

- Fase muy profunda (donde el estrato inferior de clastos angulares no aparece en los primeros 150 cm de profundidad) 136,8 ha.
- Fase profunda (donde el estrato inferior de clastos angulares aparece entre 100 y 150 cm de profundidad) 1.014,4 ha.
- Fase moderadamente profunda (donde el estrato inferior de clastos angulares aparece entre 50 y 100 cm de profundidad) 24,0 ha.

Tanto las propiedades físicas como las químicas pueden variar respecto de las descritas en la Unidad N°3, pero no dentro de valores significativos.

Los valores limitantes de la productividad son los mismos ya descritos para la Unidad N°3, aún cuando en esta Unidad son más severos.

Para fines de riego se han clasificado las fases de esta Unidad de Suelo como sigue:

Cuadro I/14: Resumen de clasificación de tierras en clases y subclases de riego

Unidad de Suelo N°4

Fase	Descripción	Clase y Subclase de Riego	ha
4.1.B.3	Muy profunda, de pendiente 1 a 3%, bien drenado	2 st	136,8
4.2.B.3	Profunda, de pendiente 1 a 3%, bien drenado	2 st	972,4
4.2.C.2	Profunda, de pendiente 3 a 5%, algo excesivamente drenado	2 st	42,0
4.3.B.3	Moderadamente profunda, de pendiente 1 a 3%, bien drenado	3 st	24,0

La prueba de infiltración muestra una velocidad final de 2,0cm/h, con una lámina total de 18,0 cm infiltrados en 4 horas.

Comparada con la Unidad de Suelo N°3, los tipos de cultivo son similares, pero las medidas de conservación y manejo son más severas en las pendientes entre 3 y 5%.

En la fase moderadamente profunda no es posible considerar a los frutales.

El peligro de erosión es menor debido a las texturas más finas y a la estabilidad hídrica más alta de los agregados estructurales.

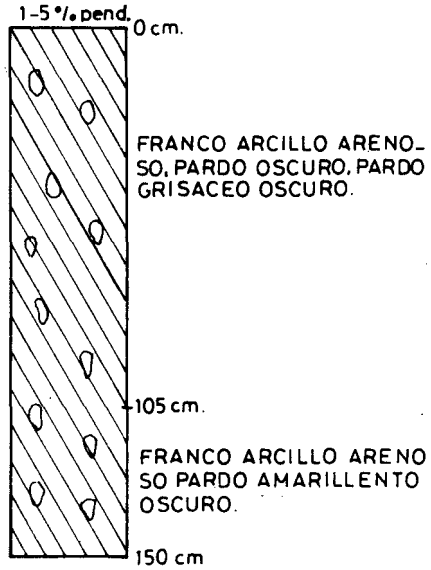
Desde el punto de vista del manejo y principios de fertilización, las recomendaciones son las mismas que se dejaron descritas para la Unidad de Suelo N°3.

UNIDAD DE SUELO Nº 4

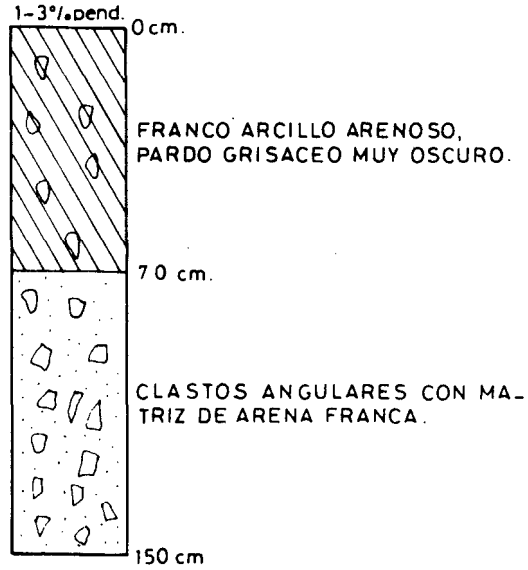
PERFILES DE SUELO



FASE MUY PRO_
FUNDA.



FASE PROFUNDA.



FASE MODERADA_
MENTE PROFUNDA.

FIG. 1-7

DATOS DE INFILTRACION

UNIDAD DE SUELO Nº 4

PRUEBA DE INFILTRACION Nº 95

FASE: 4.1.B.3 FUENTE: M.O.P.

FECHA : 20-10-70 CLASIFICACION

HUMEDAD : 13.2 %

COBERTURA:

2 s t

REGISTRO DE DATOS
(Promedio de 3 cilindros)

TIEMPO		INFILTRACION				
Horas	Minutos	Parcial (cms.)	Acumulado cms.(Ia.)	Velocidad horaria parcial cm./h(Ivp)	Velocidad horaria acumulada cm./h(Iva)	Velocidad horaria cm/h
	0	-	-	-	-	
	5	1.4	1.4	16.8	16.8	
	10	1.0	2.4	12.0	14.4	
	20	1.8	4.2	10.8	12.6	
	30	1.3	5.5	7.8	11.0	
	45	1.9	7.4	7.6	9.9	
1	60	1.4	8.8	5.6	8.8	8.8
	90	2.3	11.1	4.6	7.4	
2	120	2.0	13.1	4.0	6.6	4.3
3	180	2.9	16.0	2.9	5.3	2.9
4	240	2.0	18.0	2.0	4.5	2.0
				TOTAL 4 HORAS		18.0
				PROMEDIO HORARIO		4.5
				VELOCIDAD FINAL		2.0

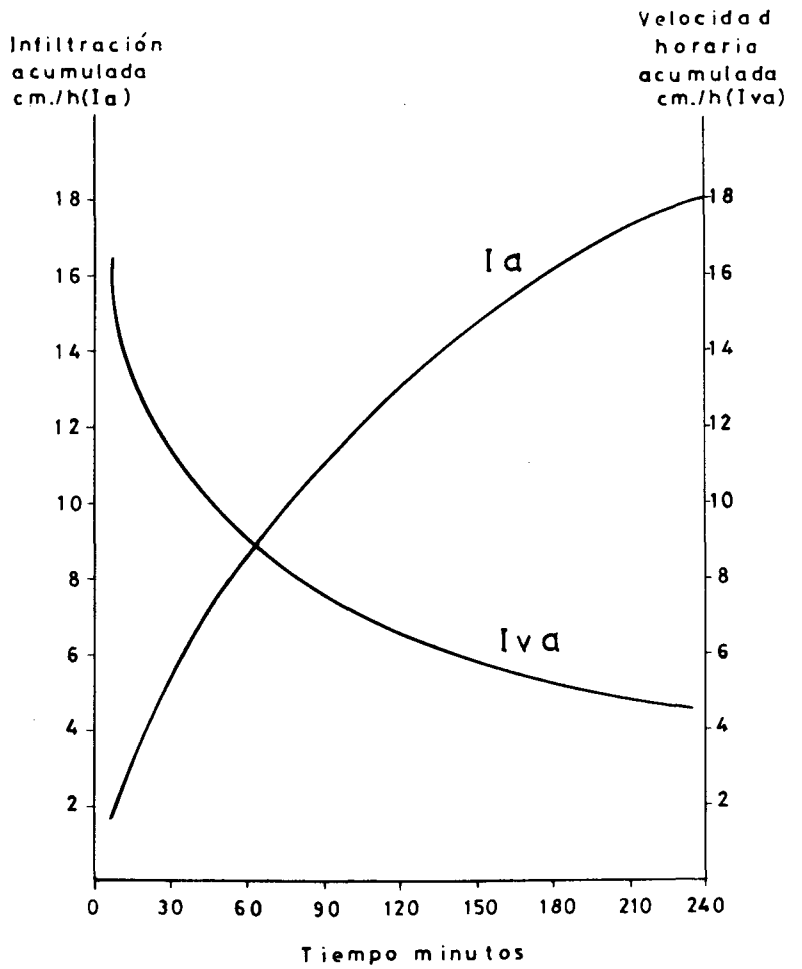


FIG. I-8

Unidad de Suelo N° 5

Suelos coluviales de textura moderadamente fina y media gravillosa, sobre finas gravillosas limitados por gravas, piedras y bolones, de topografía ligera y moderadamente inclinada, de drenaje algo excesivo y bueno, en posición de piedmont sobre materiales coluviales de origen andesítico.

La Unidad ocupa 5.880,0 ha, o sea el 3,3% del área total estudiada y se encuentra situada en la parte central y oriental del área del Proyecto, en pequeñas áreas, en posición fisiográfica de piedmont, pegadas a los cerros. Las pendientes que predominan varían entre 1 y 5%.

El material parental está representado por depósitos coluviales de origen andesítico.

El agua freática se encuentra a profundidades mayores de 3 metros y no afecta el perfil del suelo.

El drenaje externo es rápido y moderadamente rápido, el drenaje interno moderadamente rápido y moderadamente lento y el drenaje natural algo excesivo y bueno.

La tierra se destina en la actualidad a cereales, chacras, pastos y viña.

En la superficie son suelos de colores pardo grisáceo a pardo, pardo amarillento oscuro y pardo oscuro en tonos 10YR y 7,5YR, de texturas moderadamente finas y media gravillosa y en profundidad son suelos de colores pardo oscuro, pardo grisáceo oscuro, pardo grisáceo en tonos 10YR y 7,5YR y de texturas finas.

En general presenta un horizonte superficial entre 18 y 30 cm de grosor, de colores pardo grisáceo a pardo (10YR 5/2,5), pardo amarillento (10YR 3/4), pardo oscuro (7,5YR 3/2), en húmedo, pardo oscuro (10YR 4/3) y pardo (10YR 5/3) en seco, de texturas franco arcillo arenosa gravillosa, franca, franca gravillosa y franco arcillo limosa, plástico y ligeramente plástico, adhesivo y ligeramente adhesivo, friable. Un segundo horizonte de transición, algunos con más características de A y otros con más características de B, de entre 13 y 31 cm de grosor, de colores pardo (10YR 5/3), pardo amarillento oscuro (10YR 3/4) pardo oscuro (7,5YR 3/2) en húmedo, de texturas arcillo arenosa gravillosa, franco y franco arenosa fina, plástico y ligeramente plástico, adhesivo y ligeramente adhesivo, friable. Le sigue un horizonte B texturado de entre 49 y 100 cm de grosor, de colores gris a pardo grisáceo (10YR 5/1,5), pardo oscuro (7,5YR 3/2), pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2), y pardo oscuro (10YR 3/3), en húmedo, de texturas arcillosas gravosa y arcillosa, muy plástico, muy adhesivo, firme, descansando sobre un estrato inferior de clastos angulares y subangulares con matriz arcillosa a franca.

Se han identificado cuatro fases de profundidad, como sigue:

- Fase muy profunda (donde el estrato inferior de clastos angulares aparece a más de 150 cm de profundidad) 3.128,4 ha.

- Fase profunda (donde el estrato inferior de clastos angulares aparece entre 100 y 150 cm de profundidad) 1.046,8 ha.
- Fase moderadamente profunda (donde el estrato inferior de clastos angulares aparece entre 50 y 100 cm de profundidad) 1.360,8 ha.
- Fase superficial (donde el estrato inferior de clastos angulares aparece entre 25 y 50 cm de profundidad) 344,0 ha.

Raras veces presenta pedregosidad superficial.

Los valores de retención de humedad a 1/3 de atmósfera en los primeros 40 cm varía entre 19 y 41%, a 15 atmósfera entre 8 y 29%, y el agua es aprovechable entre 11 y 12%; estos valores aumentan en profundidad debido a la ganancia de arcilla del horizonte Bt, y los valores de retención de humedad a 1/3 de atmósfera fluctúan entre 20 y 46%, a 15 atmósfera entre 10 y 28% y el agua es aprovechable entre 10 y 18%.

La materia orgánica varía entre 0,8 y 3,7% en los horizontes superficiales, para luego disminuír progresivamente en profundidad.

La capacidad de intercambio catiónico presenta variaciones de entre 9,7 y 47,6 me/100 gramos de suelo y el complejo adsortivo está saturado principalmente con calcio y magnesio hacia los horizontes profundos.

El grado de saturación varía entre 66 y 91%. La reacción del suelo se caracteriza por valores de pH entre 5,1 y 6,6, indicando una reacción moderadamente ácida o neutra, pero con una tendencia de aumento de los valores de pH, junto con los porcentajes de saturación, con la profundidad, pero siempre dentro de los límites ya descritos.

Los suelos no presentan ningún problema de salinidad o alcalinidad.

Los minerales arcillosos predominantes son principalmente illita.

En general, los contenidos de nitrógeno y fósforo son bajos.

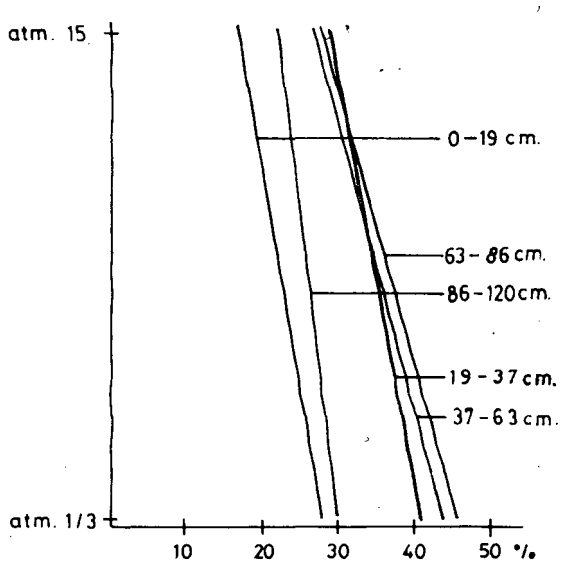
El actual nivel de fertilidad puede ser descrito como medio o alto.

Los factores limitantes de la productividad son la topografía ligera hasta moderadamente inclinada, el peligro de erosión, determinado principalmente por la pendiente, el drenaje algo excesivo de algunos sectores, la baja retención de humedad en las fases superficiales, debido a la poca profundidad efectiva óptima y al bajo contenido de elementos fertilizantes.

Desde el punto de vista taxonómico los suelos de esta Unidad pertenecen al Orden Alfisol, Suborden aqualfs y xeralfs y al Gran Grupo Ochraqualfs y Haploxeralfs.

UNIDAD DE SUELO Nº5

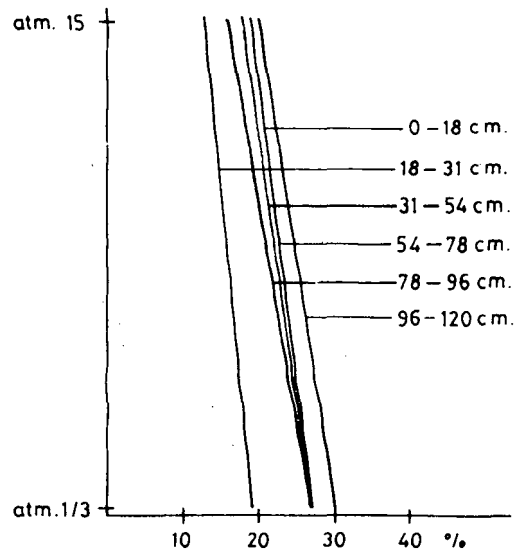
RETENCIONES DE HUMEDAD



PARA LA FASE MUY PROFUNDA
(5.1.B.3)

Fuente: Serie Goyana,
Fase muy Profunda.
(Estudio Agrológico,
Provincia de Colchagua,
Ministerio de Agricultura,
1974)

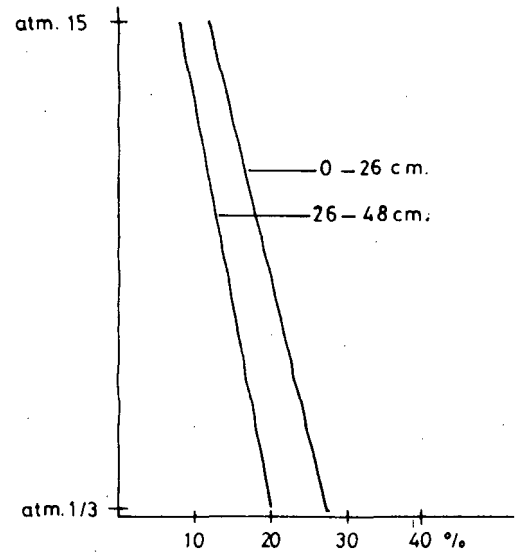
Prof. (cm)	Retención de humedad.	
	1/3 atm.	15 atm.
0-19	28	17
19-37	41	29
37-63	44	27
63-86	46	28
86-120	30	22



PARA LA FASE PROFUNDA
(5.2.B.3)

Fuente: Serie Los Linques,
Fase Profunda.
(Estudio Agrológico,
Provincia de Colchagua,
Ministerio de Agricultura,
1974)

Prof. (cm)	Retención de humedad.	
	1/3 atm.	15 atm.
0-18	27	19
18-31	19	13
31-54	27	18
54-78	27	19
78-96	27	16
96-120	30	20

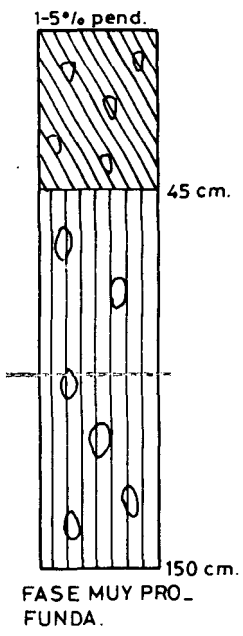


PARA LA FASE SUPERFICIAL
(5.4.B.3)

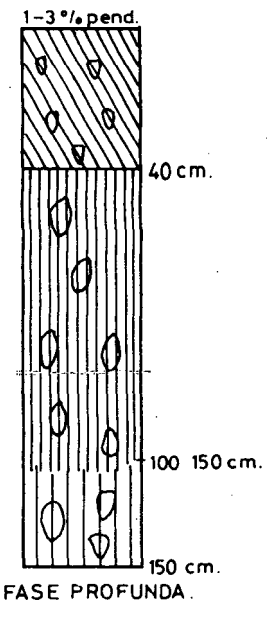
Fuente: Serie Yanuil,
Fase Superficial.
(Estudio Agrológico,
Provincia de Colchagua,
Ministerio de Agricultura,
1974)

Prof. (cm)	Retención de humedad.	
	1/3 atm.	15 atm.
0-26	28	12
26-48	20	8

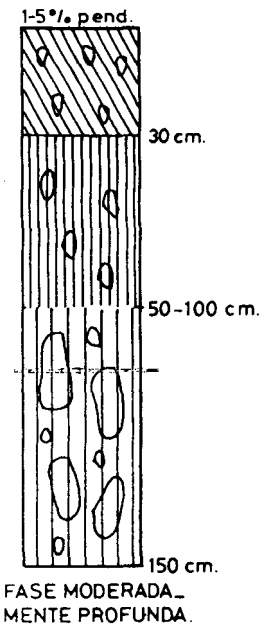
PERFILES DE SUELO



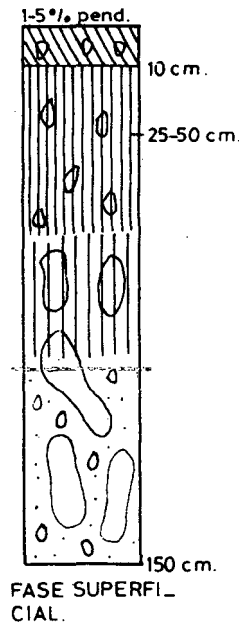
FASE MUY PRO_
FUNDA.



FASE PROFUNDA.



FASE MODERADA_
MENTE PROFUNDA.



FASE SUPERFI_
CIAL.

FIG. 1-9

Cuadro I/15 [redacted]men de clasificación de tierras en clases y subclases de riego

Unidad de Suelo N°5

Fase	Descripción	Clase y Subclase de Riego	ha
5.1.B.3	Muy profunda, de pendiente 1 a 3%, bien drenado	2 st	2.770,4
5.1.C.2	Muy profunda, de pendiente 3 a 5%, algo excesivamente drenado	2 st	358,0
5.2.B.3	Profunda, de pendiente 1 a 3%, bien drenado	2 st	1.046,8
5.3.B.3	Moderadamente profunda, de pendiente 1 a 3%, bien drenado	2 st	930,8
5.3.C.2	Moderadamente profunda, de pendiente 3 a 5%, algo excesivamente drenado	3 st	430,0
5.4.B.3	Superficial, de pendiente 1 a 3%, bien drenado	3 st	283,6
5.4.C.2	Superficial, de pendiente 3 a 5%, algo excesivamente drenado	4 Pst	60,4

Las pruebas de infiltración muestran una velocidad final de 2,1 cm/h con una lámina total de 13,3 cm infiltrados en 4 horas.

Las fases muy profundas, profundas y moderadamente profundas son aptas para todos los cultivos de la zona, incluso frutales y viña. Son suelos aptos para pastos, hortalizas, (tomates, melón, sandía, pepinos, repollo), chacras (maíz, frejoles, cebolla), cultivos industriales (tabaco).

La fase superficial, debido a la poca profundidad del suelo, pendiente y peligro de erosión, está limitada en uso a pastos o a cultivos de hortalizas y algo de chacras.

La fase superficial, debido a la poca profundidad efectiva, no permite la ejecución de grandes movimientos de tierra debido a que entraña el peligro de descubrir el manto de clastos y gravas. En consecuencia, es recomendable usar la pendiente suave de la tierra para regar por gravedad mediante surcos cortos emplazados oblicuamente a la línea de máxima pendiente.

Los métodos de manejo deben evitar la degradación del suelo por exceso de labores y deben tender a la formación y conservación de una

estructura estable por incorporación de grandes cantidades de materia orgánica, estiércol, abono verde o residuos de cosecha. Son necesarias medidas simples de conservación en aquellos suelos de pendientes de 1 a 3%, basados fundamentalmente en trabajos de preparación y cultura - les orientados paralelamente a curvas de nivel; en suelos de pendientes de 3 a 5%, los cultivos en franjas son más aconsejables.

Son especialmente necesarios los abonos químicos nitrogenados y fosfatados. Resulta aconsejable aplicar abonos químicos nitrogenados en dosis limitadas y frecuentes debido a la solubilidad. Debe darse preferencia a los fertilizantes poco solubles que liberen lentamente el nitrógeno y a los tipos amoniacales que son retenidos por el suelo.

Se recomiendo aplicar dosis moderadas de superfosfato. La moderada acidez, representada por valores de pH mínimas de 5,1, no constitu ye todavía un serio peligro de fijación del fósforo; sin embargo, las aplicaciones de pequeñas dosis de 1 a 4 toneladas por hectárea de carbo nato de calcio pueden neutralizar el poder fijador y mejorar las condiciones físicas y de fertilidad del suelo.

DATOS DE INFILTRACION

UNIDAD DE SUELO Nº 5

PRUEBA DE INFILTRACION Nº 291

FASE: 5.1.B.3 FUENTE: M.O.P.

FECHA : 5-10-70

HUMEDAD : 11.66 %

COBERTURA:

CLASIFICACION **2 s t**

REGISTRO DE DATOS
(Promedio de 3 cilindros)

TIEMPO		INFILTRACION				
Horas	Minutos	Parcial (cms.)	Acumulado cms.(Ia.)	Velocidad horaria parcial cm./h(Ivp)	Velocidad horaria acumulada cm./h(Iva)	Velocidad horaria cm/h
	0	-	-	-	-	
	5	0.6	0.6	7.2	7.2	
	10	0.7	1.3	8.4	7.8	
	20	1.1	2.4	6.6	7.2	
	30	1.0	3.4	6.0	6.8	
	45	1.0	4.4	4.0	5.9	
1	60	1.1	5.5	4.4	5.5	5.5
	90	1.3	6.8	2.6	4.5	
2	120	1.6	8.4	3.2	4.2	2.9
3	180	2.8	11.2	2.8	3.7	2.8
4	240	2.1	13.3	2.1	3.3	2.1
				TOTAL 4 HORAS		13.3
				PROMEDIO HORARIO		3.3
				VELOCIDAD FINAL		2.1

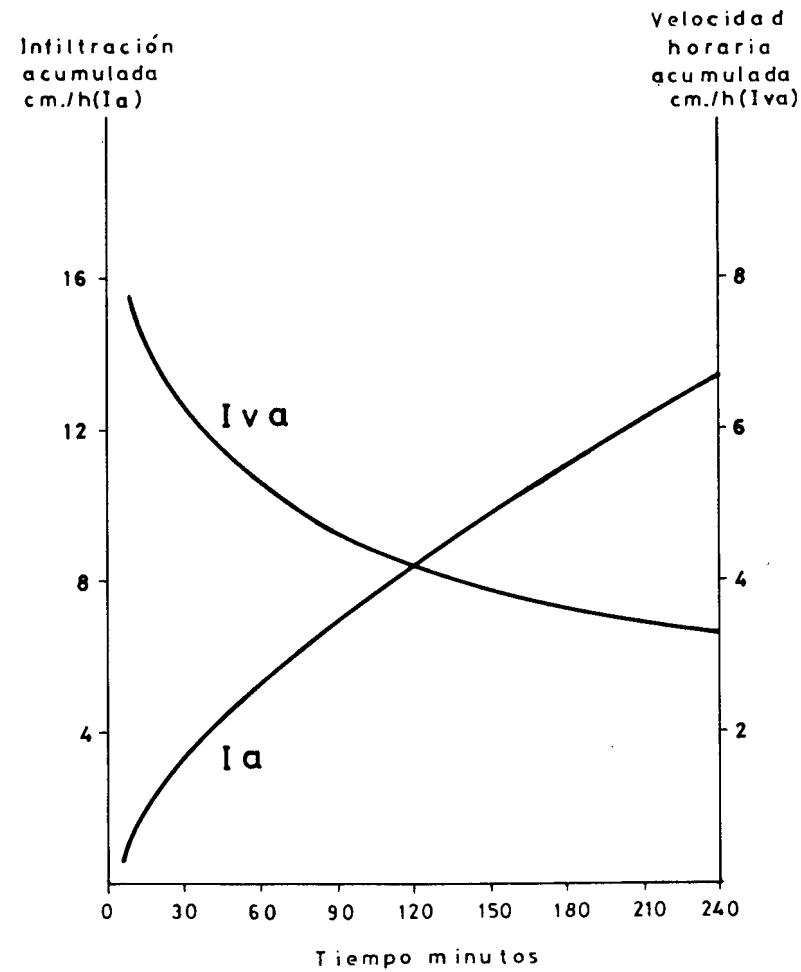


FIG.I-10

Unidad de Suelo N°6

Suelos coluviales de textura gruesa sobre moderadamente fina y fina gravillosa, limitado por gravas, piedras o roca, de topografía ligera y moderadamente inclinada, de drenaje algo excesivo, bueno y moderadamente bueno, en posición de piedmont y terrazas altas disectadas sobre materiales coluviales de origen granítico.

La Unidad ocupa 600,0 ha, o sea, el 0,3% del área total estudiada y se encuentra situada en la parte occidental del área del Proyecto, en pequeñas áreas, en posición fisiográfica de piedmont y/o terrazas remanentes altas disectadas. Las pendientes que predominan varían entre 1 y 5%.

El material parental está representado por depósitos coluviales de origen granítico.

El agua freática se encuentra a profundidades mayores de 3 metros y no afecta el perfil del suelo, si bien existen moteados y concreciones ferro-manganésicas debido a procesos de meteorización o drenajes pasados.

El drenaje externo es moderadamente rápido y rápido, el drenaje interno es moderadamente lento y el drenaje natural es algo excesivo, bueno y moderadamente bueno.

La tierra en la actualidad se destina fundamentalmente a cereales, grabanzos, pastos naturales y viña.

En la superficie son suelos de colores pardo, pardo amarillento y pardo rojizo oscuro, en tonos 10YR y 5YR, de texturas gruesas y en profundidad son suelos de colores pardo oliva claro, pardo grisáceo oscuro y pardo rojizo oscuro en tonos 10YR y 5YR de texturas moderadamente finas y finas gravillosas.

En general presentan un horizonte superficial de 15 cm de color pardo (10YR 5/3) y pardo rojizo (5YR 3/3) en húmedo, de textura franco arenosa, no plástico, no adhesivo, friable. Un segundo horizonte de transición de entre 19 y 24 cm de grosor, de color pardo amarillento (10YR 5/4), pardo oliva claro (2,5 y 5/4), pardo rojizo oscuro (5YR 3/4) en húmedo; de textura franco arenosa a franco arcillo arenosa gruesa, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo, friable. Le sigue un horizonte B texturado, de entre 59 y 64 cm de grososr, de color pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2), pardo rojizo oscuro (5YR 3/2) y pardo rojizo (5YR 4/4) en húmedo; de textura arcillo gravosa y arcillosa, muy plástico, muy adhesivo, muy firme, descansando sobre un estrato inferior constituído por gravillas cuarcíferas y arcilla.

Se han identificado tres fases de profundidad como sigue:

- Fase profunda (donde el estrato inferior de clastos angulares aparece entre 100 y 150 cm de profundidad) 12,4 ha.
- Fase moderadamente profunda (donde el estrato inferior de clastos angulares aparece entre 50 y 100 cm de profundidad) 560,8 ha.

- Fase superficial (donde el estrato inferior de clastos angulares aparece entre 25 y 50 cm de profundidad) 26,8 ha.

Raras veces presenta pedregosidad superficial.

Los valores de retención de humedad a 1/3 de atmósfera en los primeros 40 cm varían entre 10 y 12%, a 15 atmósferas entre 5 y 6%, y el agua es aprovechable entre 5 y 6%; estos valores aumentan considerablemente en profundidad debido fundamentalmente al cambio textural, con los valores de retención de humedad a 1/3 de atmósfera que fluctúan entre 17 y 22%, a 15 atmósferas entre 10 y 14%, y el agua es aprovechable entre 7 y 8%.

La materia orgánica varía entre 0,5 y 1,2% en los horizontes superficiales, para luego disminuír progresivamente hacia los horizontes profundos.

La capacidad de intercambio catiónico presenta variaciones de entre 8,8 y 30,1 me/100 gramos de suelo y el complejo adsortivo está saturado principalmente con calcio y magnesio hacia los horizontes profundos.

El grado de saturación varía entre 22 y 76%. La reacción del suelo se caracteriza por valores de pH entre 4,6 y 6,4 indicando una reacción fuertemente a moderadamente ácida, pero con una tendencia de aumento de los valores de pH (junto con los porcentajes de saturación) con la profundidad, pero siempre dentro de los límites ya descritos.

Los suelos no presentan ningún problema de salinidad o alcalinidad, pero sí presentan concreciones férrico- manganésicas abundantes.

Los minerales arcillosos que predominan son illita y caolinita.

En general, los contenidos de nitrógeno y fósforo aprovechables son bajos.

El actual nivel de fertilidad se puede considerar como bajo a mediano.

Los factores limitantes de la productividad son la topografía ligera hasta moderadamente inclinada, el peligro de erosión determinado por texturas gruesas y por la inestabilidad de los agregados; y en las fases superficiales, la poca profundidad efectiva óptima, el contenido bajo de elementos fertilizantes y la acidez.

Desde el punto de vista taxonómico los suelos de esta Unidad pertenecen al Orden Alfisol, Suborden aqualfs y xeralfs y Gran Grupo Albaqualfs y Haploxeralfs.

Para fines de riego las fases de esta Unidad de suelo se han clasificado como sigue:

Cuadro I/16: Resumen de clasificación de tierras en clases y subclases de riego

Unidad de Suelo N°6

Fase	Descripción	Clase y Subclase de Riego	ha
6.2.C.4	Profunda, de pendiente 3 a 5%, de drenaje moderadamente bueno	3 st	12,4
6.3.B.3	Moderadamente profunda, de pendiente 1 a 3%, bien drenado	3 st	560,8
6.4.C.2	Superficial, de pendiente 3 a 5%, algo excesivamente drenado	4 Pst	26,8

Las pruebas de infiltración muestran una velocidad final de 1,7 cm/h con una lámina total de 12,2 cm infiltrados en 4 horas.

Las fases profundas y moderadamente profundas son aptas para algunos cultivos de la zona, incluso viña. Son suelos aptos para pasto, chacras (garbanzos, frejoles, tomates, cebollas), cereales y viña.

la fase superficial, debido a la poca profundidad efectiva del suelo, a la poca estabilidad de los agregados, a la consistencia suelta, a la pendiente y al peligro de erosión, está limitada en su uso a pastos.

La fase superficial, debido a la poca profundidad efectiva, no permite la ejecución de grandes movimientos de tierra en razón de que entraña el peligro de descubrir el manto de clastos, gravas o roca. En consecuencia, es recomendable usar la pendiente suave de la tierra para regarla por gravedad mediante surcos cortos emplazados oblicuamente a la línea de máxima pendiente.

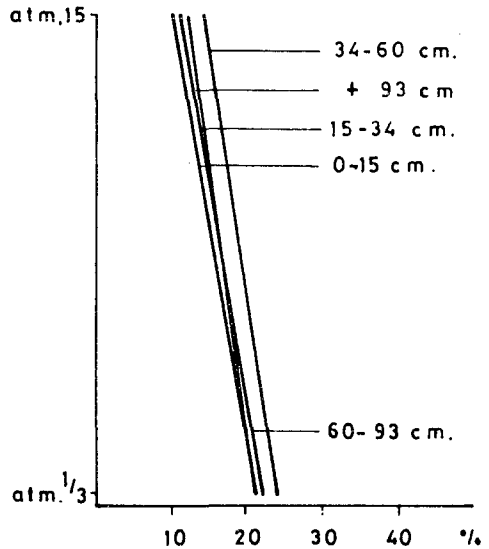
Los métodos de manejo deben evitar la degradación del suelo por exceso de labores y deben tender a la formación y conservación de una estructura estable, incorporando grandes cantidades de materias orgánicas, estiércol, abonos verdes o residuos de cosecha. La naturaleza más fácilmente erosionable del suelo hace necesario adoptar medidas más intensas de conservación, como por ejemplo, araduras y trabajos culturales orientados siempre en sentido paralelo a las curvas de nivel, cultivos en franjas y, en algunos casos, pastos permanentes, y mantenimiento de la vegetación autóctona y/o forestación. También, es menester adoptar medidas para proteger las cuencas, arreglar carcavas, revestir canales para evitar pérdidas por infiltración, sistematizar la red hidrográfica para permitir la eliminación en tiempo útil de los excesos de aguas y eliminar las tierras situadas sobre pendientes mayores de 7% en el sistema de riego.

Son especialmente necesarios los abonos químicos nitrogenados y fosfatados. Resulta aconsejable aplicar abonos químicos nitrogenados en dosis limitadas y frecuentes debido a su solubilidad. Debe darse preferencia a los fertilizantes poco solubles que liberen lentamente el nitrógeno y a los tipos amoniacales que son retenidos por el suelo.

Se recomienda aplicar superfosfatos en dosis moderadas. Debido a la acidez del suelo, las aplicaciones de carbonato de calcio pueden neutralizar el poder fijador y mejorar las condiciones físicas y de fertilidad del suelo.

UNIDAD DE SUELO N° 6

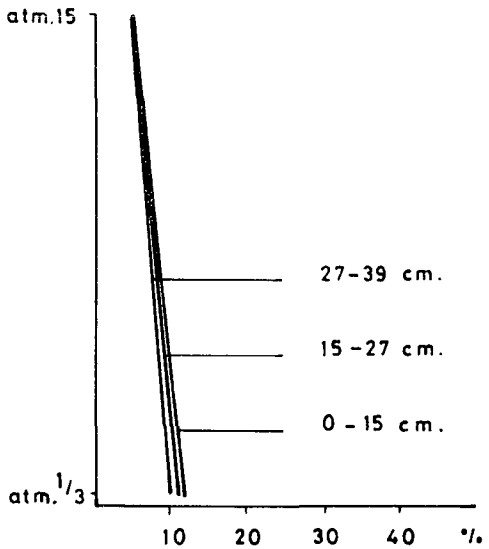
RETENCIONES DE HUMEDAD



PARA LA FASE PROFUNDA
(6.2.C.4)

Fuente: Serie San Pedro de Alcántara
Fase Profunda.
(Estudio Agrológico,
Provincia de Colchagua
Ministerio de Agricultura,
1974)

Prof. cm.	Retención de humedad	
	1/3 atm.	15 atm.
0-15	21	10
15-34	22	11
34-60	24	14
60-93	22	11
+ 93	21	12



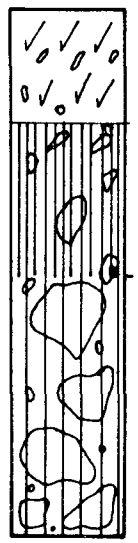
PARA LA FASE SUPERFICIAL
(6.4.C.2)

Fuente: Serie Quinchamalal,
Fase Superficial.
(Estudio Agrológico,
Provincia de Colchagua,
Ministerio de Agricultura,
1974)

Prof. cm.	Retención de humedad	
	1/3 atm.	15 atm.
0-15	12	5
15-27	11	5
27-39	10	5

PERFILES DE SUELO

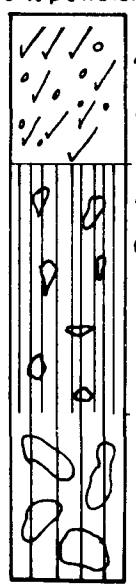
1-3% pendiente



FRANCO ARENOSA A ARENO FRANCOSA, PARDO, PARDO AMARILLENTA, PARDO ROJIZO OSCURO.
30 cm.
ARCILLA GRAVOSA, PARDO GRISACEO OSCURO, PARDO OLIVA CLARO, PARDO ROJIZO.
50-100 cm.
SUBSTRATOS DE CLASTOS ANGULARES, COLORES VARIOS CON MATRIZ ARCILLOSA.
150 cm.

FASE MODERADAMENTE PROFUNDA

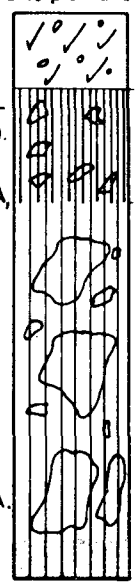
3-5% pendiente



FRANCO ARENOSA A ARENO FRANCOSA, PARDO, PARDO AMARILLENTO, PARDO ROJIZO OSCURO.
40 cm.
ARCILLA GRAVOSA, PARDO GRISACEO OSCURO, PARDO OLIVA CLARO, PARDO ROJIZO.
103 cm.
SUBSTRATOS DE COLOR VARIO CON MATRIZ ARCILLOSA.
150 cm.

FASE PROFUNDA

3-5% pendiente



FRANCO ARENOSA A ARENO FRANCOSA.
20 cm.
ARCILLA GRAVOSA, PARDO GRISACEO, PARDO ROJIZO.
25-50 cm.
SUBSTRATOS DE CLASTOS ANGULARES, COLORES VARIOS CON MATRIZ ARCILLOSA.

FASE SUPERFICIAL

FIG. I-11

DATOS DE INFILTRACION

UNIDAD DE SUELO Nº 6

PRUEBA DE INFILTRACION Nº 18

FASE: 6. 3. B. 3 FUENTE: M.O.P.

FECHA : 8-9-70

HUMEDAD : 17.8 %

COBERTURA:

CLASIFICACION

3 st

REGISTRO DE DATOS
(Promedio de 3 cilindros)

TIEMPO		INFILTRACION				
Horas	Minutos	Parcial (cms.)	Acumulado cms.(Ia.)	Velocidad horaria parcial cm./h(Ivp)	Velocidad horaria acumulada cm./h(Iva)	Velocidad horaria cm/h
	0	-	-	-	-	
	5	1.4	1.4	16.8	16.8	
	10	0.6	2.0	7.2	12.0	
	20	1.0	3.0	6.0	9.0	
	30	0.5	3.5	3.0	7.0	
	45	1.1	4.6	4.4	6.1	
1	60	0.8	5.4	3.2	5.4	5.4
	90	1.2	6.6	2.4	4.4	
2	120	1.4	8.0	2.8	4.0	2.6
3	180	2.5	10.5	2.5	3.5	2.5
4	240	1.7	12.2	1.7	3.1	1.7
				TOTAL 4 HORAS		12.2
				PROMEDIO HORARIO		3.1
				VELOCIDAD FINAL		1.7

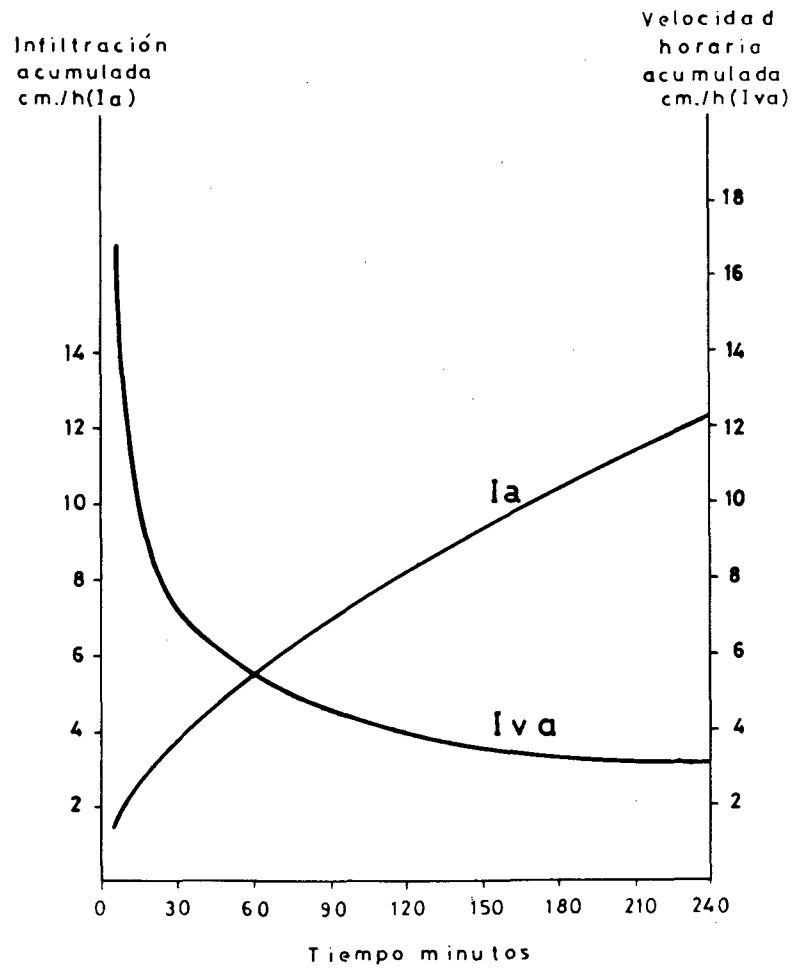


FIG.I-12

Unidad de Suelo N°7

Suelos coluviales de textura moderadamente gruesa sobre moderadamente fina y fina gravillosa, limitados por gravas, piedras o roca, de topografía plana hasta muy fuertemente inclinada, a veces ondulada, de drenaje excesivo, algo excesivo y bueno, en posición de piedmont y terrazas altas disectadas, sobre materiales coluviales de origen granítico.

La Unidad ocupa 9.271,0 ha, o sea, el 5,2% del área total estudiada y se encuentra situada en la parte occidental del área del Proyecto, especialmente en valles intermontanos (Lolol, Pumanque, Nilahue), ocupando pequeñas áreas, en posición fisiográfica de piedmont y/o terrazas remanentes altas disectadas onduladas. Las pendientes predominantes son de 1 a 10% y más de 10%.

El material parental está representado por depósitos coluviales de origen granítico.

El agua freática se encuentra a profundidades mayores de 3 metros y no afecta el perfil del suelo, aún cuando hay presencia de moteados y concreciones ferro-manganésicas debido a procesos de meteorización o drenajes pasados.

El drenaje externo va de muy rápido hasta lento, el drenaje interno moderadamente lento y el drenaje natural excesivo, algo excesivo y bueno.

En la actualidad la tierra se destina fundamentalmente a cereales, garbanzos, pastos naturales y viña.

En la superficie, son suelos de colores pardo, pardo oscuro, pardo amarillento, pardo rojizo oscuro, en tonos 10YR, 7,5YR y 5YR, de texturas moderadamente gruesas y en la profundidad son suelos de colores pardo oliva claro, pardo grisáceo oscuro, pardo fuerte, pardo rojizo oscuro en tonos 10YR, 7,5YR, 5YR y 2,5YR, de textura moderadamente fina y finas gravillosas. (Esta unidad de suelo esta formada por los tipos texturales moderadamente gruesos de las Series del Estudio Agrológico de la Provincia de Colchagua - Ministerio de Agricultura, 1974).

En general presenta un horizonte superficial entre 11 y 22 cm, de color pardo (10YR 5/3), pardo oscuro (7,5YR 3/2), pardo rojizo oscuro (5YR 3/4 y 2,5YR 3/4) en húmedo, de textura franco arenosa, no plástico, no adhesivo, friable. Un segundo horizonte de transición de 19 a 24 cm de grosor, de color pardo amarillento (10YR 5/4), pardo oliva claro (2,5Y 5/4), pardo rojizo oscuro (5YR 3/3, 3/4 y 2,5YR 3/4) en húmedo, de texturas franco arenosa a franco arcillo arenosa gruesa, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo, friable. Le sigue un horizonte B texturado de 51 a 64 cm de grosor, de color pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2), pardo rojizo (5YR 3/2), pardo rojizo oscuro (2,5YR 3/4) en húmedo, de textura arcillo gravillosa, arcillo arenosa y arcillosa, muy plástico, muy adhesivo, firme; este horizonte descansa sobre un estrato inferior constituído por gravilla y arenas cuarcíferas y matriz de arcilla, con ciertos sectores en roca meteorizada.

Se han identificado cuatro fases de profundidad, como sigue:

- Fase profunda (donde el estrato inferior de clastos angulares y/o roca aparece entre 100 y 150 cm de profundidad) 558,6 ha.
- Fase moderadamente profunda (donde el estrato inferior de clastos angulares y/o rocas aparece entre los 50 y 100 cm de profundidad) 7.588,0 ha.
- Fase superficial (donde el estrato inferior de clastos angulares y/o rocas aparece entre los 25 y 50 cm de profundidad) 885,2 ha.
- Fase muy superficial (donde el estrato inferior de clastos angulares y/o roca aparece a menos de 25 cm de profundidad) 239,0 ha.

Raras veces presenta pedregosidad superficial.

Los valores de retención de humedad a 1/3 de atmósfera en los primeros 40 cm varían entre 12 y 24%, a 15 atmósfera entre 6 y 16%, y el agua es aprovechable entre 6 y 8%; estos valores aumentan en profundidad debido a la ganancia de arcilla del horizonte Bt, con valores de retención de humedad a 1/3 de atmósfera entre 14 y 22%, a 15 atmósfera entre 10 y 14%, y el agua es aprovechable entre 4 y 8%.

La materia orgánica varía entre 0,8 y 2,0% en los horizontes superficiales, para luego disminuír progresivamente hacia los horizontes profundos, a excepción del suelo Marchigue que acusa un leve aumento entre los 22 y 65 cm de profundidad.

La capacidad de intercambio catiónico presenta variaciones de entre 6,0 y 23,3 me/100 gramos de suelo y el complejo adsortivo está saturado principalmente con calcio y magnesio hacia los horizontes profundos.

El grado de saturación varía entre 22 y 84%. La reacción del suelo se caracteriza por valores de pH entre 4 y 6,6, indicando una reacción fuertemente ácida a moderadamente ácida, pero con una tendencia de aumento de los valores de pH, junto con los porcentajes de saturación, con la profundidad, pero siempre dentro de los límites ya descritos.

Los suelos no presentan ningún problema de salinidad o alcalinidad, pero sí presentan concreciones férrico-manganésicos abundantes en el perfil.

Los minerales arcillosos predominantes son illita y caolinita.

En general los contenidos de nitrógeno y fósforo aprovechable son bajos.

El actual nivel de fertilidad se puede considerar como bajo a mediano.

Los factores limitantes a la productividad son la topografía ligera a pronunciada, el peligro de erosión - determinado fundamentalmente por la inestabilidad de los agregados - y en las fases superficiales y muy superficiales la poca profundidad efectiva óptima, el contenido de elementos fertilizantes y la acidez baja.

Desde el punto taxonómico los suelos de esta Unidad pertenecen al Orden Alfisol, Suborden aqualfs y xeralfs, y el Gran Grupo Albaqualfs, Haploxeralfs, Palexeralfs, Rhodoxeralfs y Durixeralfs.

Para fines de riego las fases de esta Unidad de Suelo se han clasificado como sigue:

Cuadro I/17: Resumen de clasificación de tierras en clases y subclases de riego

Unidad de Suelo N°7

Fase	Descripción	Clase y Subclase de Riego	ha
7.2.A.3	Profunda, de pendiente 0 a 1%, bien drenado	2 s	535,8
7.3.A.3	Moderadamente profunda, de pendiente 0 a 1%, bien drenado	3 s	2.787,0
7.2.CO.2	Profunda, de pendiente 3 a 5%, ondulado, algo excesivamente drenado	4 Pst	22,8
7.3.B.3	Moderadamente profunda, de pendiente 1 a 3%, bien drenado	3 st	2.967,4
7.3.CO.2	Moderadamente profunda, de pendiente 3 a 5%, ondulado, algo excesivamente drenado	4 Pst	784,4
7.3.D.1	Moderadamente profunda, de pendiente 5 a 10%, excesivamente drenado	4 Pst	817,4
7.3.C.2	Moderadamente profunda, de pendiente 3 a 5%, algo excesivamente drenado	4 Pst	232,0
7.4.A.2	Superficial, de pendiente 0 a 1%, algo excesivamente drenado	3 s	30,8
7.4.BO.2	Superficial, de pendiente 1 a 3%, ondulado, algo excesivamente drenado	4 Pst	687,6
7.4.CO.1	Superficial, de pendiente 3 a 5%, ondulado, excesivamente drenado	4 Pst	166,8
7.5.E.1	Muy superficial, de pendiente sobre 10%, excesivamente drenado	6 st	239,0

Las pruebas de infiltración muestran una velocidad final de 1,5 cm/h con una lámina total de 13,0 cm infiltrados en 4 horas.

Las fases profundas y moderadamente profundas son aptas para algunos cultivos de la zona, incluso viña. Son suelos aptos para pastos, chacras (garbanzos, frejoles, tomates, cebollas), cereales y viña.

Las fases superficial y muy superficial, debido a la poca profundidad efectiva del suelo, a la poca estabilidad de los agregados, a la pendiente y al peligro de erosión, está limitada en su uso a pastos.

Las fases superficial y muy superficial, debido a la poca profundidad efectiva, no permiten la ejecución de grandes movimientos de tierra, pues estos entrañan el peligro de descubrir el manto de clastos, gravas o roca. En consecuencia, es recomendable usar la pendiente suave de la tierra para regar por gravedad mediante surcos cortos emplazados en sentido oblicuo a la línea de máxima pendiente.

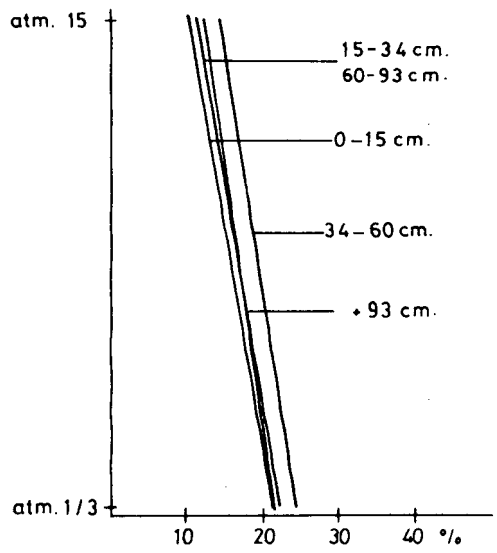
Los métodos de manejo deben evitar la degradación del suelo por exceso de labores y deben tender a la formación y conservación de una estructura estable, incorporando grandes cantidades de materia orgánica, estiércol, abonos verdes o residuos de cosecha. La naturaleza más fácilmente erosionable del suelo hace necesario adoptar medidas más intensas de conservación, como por ejemplo, araduras y trabajos culturales orientados siempre en sentido paralelo a las curvas de nivel, cultivos en franjas y, en algunos casos, pastos permanentes, y mantenimiento de la vegetación autóctona y/o forestación. También, es menester adoptar medidas para proteger las cuencas, arreglar carcavas, revestir canales para evitar pérdidas por infiltración, sistematizar la red hidrográfica para permitir la eliminación en tiempo útil de los excesos de agua y eliminar las tierras situadas sobre pendientes mayores de 7% del sistema de riego.

Son especialmente necesarios los abonos químicos nitrogenados y fosfatados. Resulta aconsejable aplicar abonos químicos nitrogenados en dosis limitadas y frecuentes debido a su solubilidad. Debe darse preferencia a fertilizantes poco solubles que liberen lentamente el nitrógeno y a los tipos amoniacales que son retenidos por el suelo.

Se recomienda aplicar superfosfatos en dosis moderadas. Debido a la acidez del suelo, las aplicaciones de carbonato de calcio pueden neutralizar el poder fijador y mejorar las condiciones físicas y de fertilidad del suelo.

UNIDAD DE SUELO Nº7

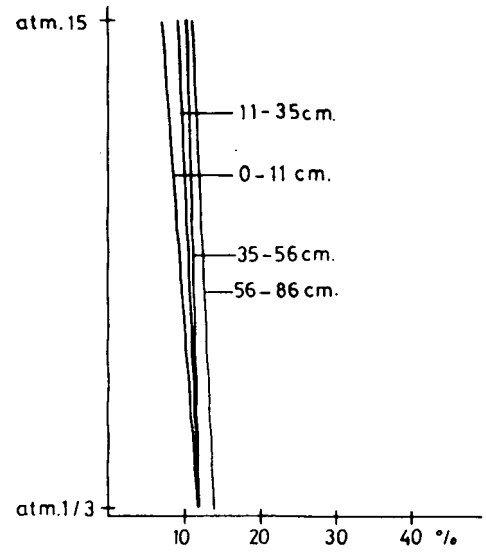
RETENCIONES DE HUMEDAD



PARA LA FASE PROFUNDA
(7.2.CO.2)

Fuente: Serie San Pedro de Alcántara, Fase Profunda. (Estudio Agrológico, Provincia de Colchagua, Ministerio de Agricultura, 1974).

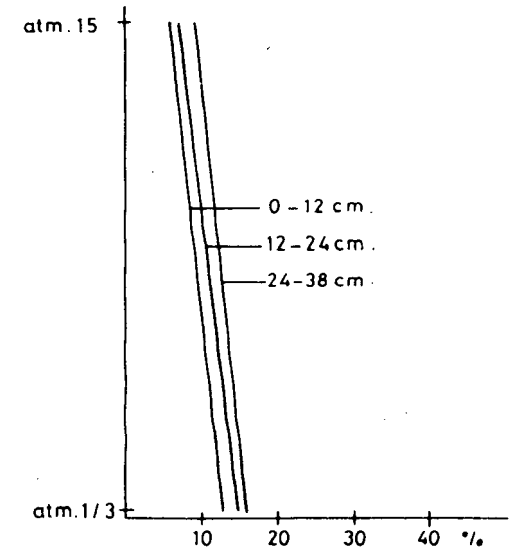
Prof. (cm)	Retención de humedad.	
	1/3 atm.	15 atm.
0-15	21	10
15-34	22	11
34-60	24	14
60-93	22	11
+ 93	21	12



PARA LA FASE MODERADAMENTE PROFUNDA
(7.3.C.2)

Fuente: Serie Pilpoy, Fase Moderadamente Profunda. (Estudio Agrológico, Provincia de Colchagua, Ministerio de Agricultura, 1974)

Prof. (cm)	Retención de humedad.	
	1/3 atm.	15 atm.
0-11	12	7
11-35	12	9
35-56	12	10
56-86	14	11

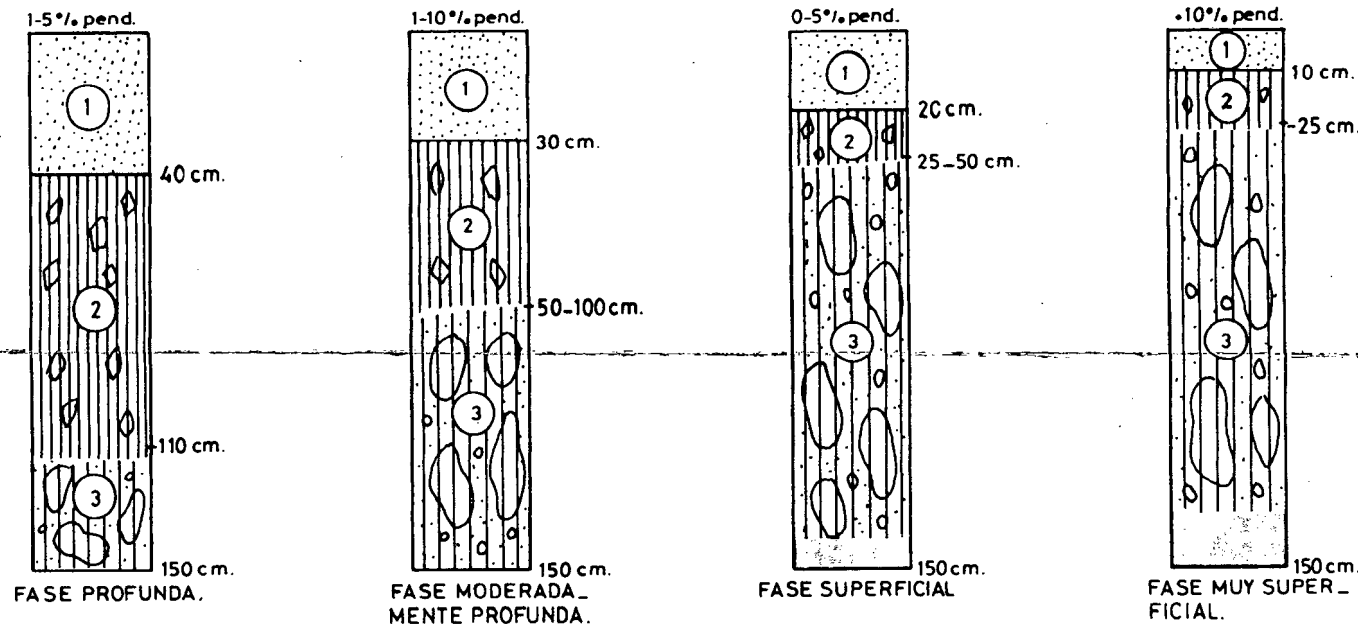


PARA LA FASE SUPERFICIAL
(7.4.A.Z)

Fuente: Serie Pumanque, Fase Superficial. (Estudio Agrológico, Provincia de Colchagua, Ministerio de Agricultura, 1974)

Prof. (cm)	Retención de humedad.	
	1/3 atm.	15 atm.
0-12	13	6
12-24	15	7
24-38	16	9

PERFILES DE SUELO



(1) FRANCO ARENOSA, PARDO, PARDO AMARILLENTO, PARDO OSCURO, PARDO ROJIZO OSCURO.

(2) ARCILLO GRAVOSA, ARCILLO ARENOSA Y ARCILLOSA. PARDO GRISACEO OSCURO, PARDO ROJIZO, PARDO ROJIZO OSCURO.

(3) SUBSTRATO GRAVILLA, ARENAS CUARCIFERAS, MATRIZ ARCILLOSA Y ROCA METEORIZADA.

FIG. I-13

DATOS DE INFILTRACION

UNIDAD DE SUELO Nº 7

PRUEBA DE INFILTRACION Nº 2

FASE: 7.3.B.3 FUENTE: M.O.P.

FECHA : 9-9-70

HUMEDAD : 9.7%

COBERTURA:

CLASIFICACION: 3st

REGISTRO DE DATOS
(Promedio de 3 cilindros)

TIEMPO		INFILTRACION				
Horas	Minutos	Parcial (cms.)	Acumulado cms.(Ia.)	Velocidad horaria parcial cm./h(Ivp)	Velocidad horaria acumulada cm./h(Iva)	Velocidad horaria cm/h
	0	-	-	-	-	
	5	1.8	1.8	21.6	21.6	
	10	0.9	2.7	10.8	16.2	
	20	1.2	3.9	7.2	11.7	
	30	0.5	4.4	3.0	8.8	
	45	1.2	5.6	4.8	7.5	
1	60	0.8	6.4	3.2	6.4	6.4
	90	1.5	7.9	3.0	5.3	
2	120	1.3	9.2	2.6	4.6	2.8
3	180	2.3	11.5	2.3	3.8	2.3
4	240	1.5	13.0	1.5	3.3	1.5
				TOTAL 4 HORAS		13.0
				PROMEDIO HORARIO		3.3
				VELOCIDAD FINAL		1.5

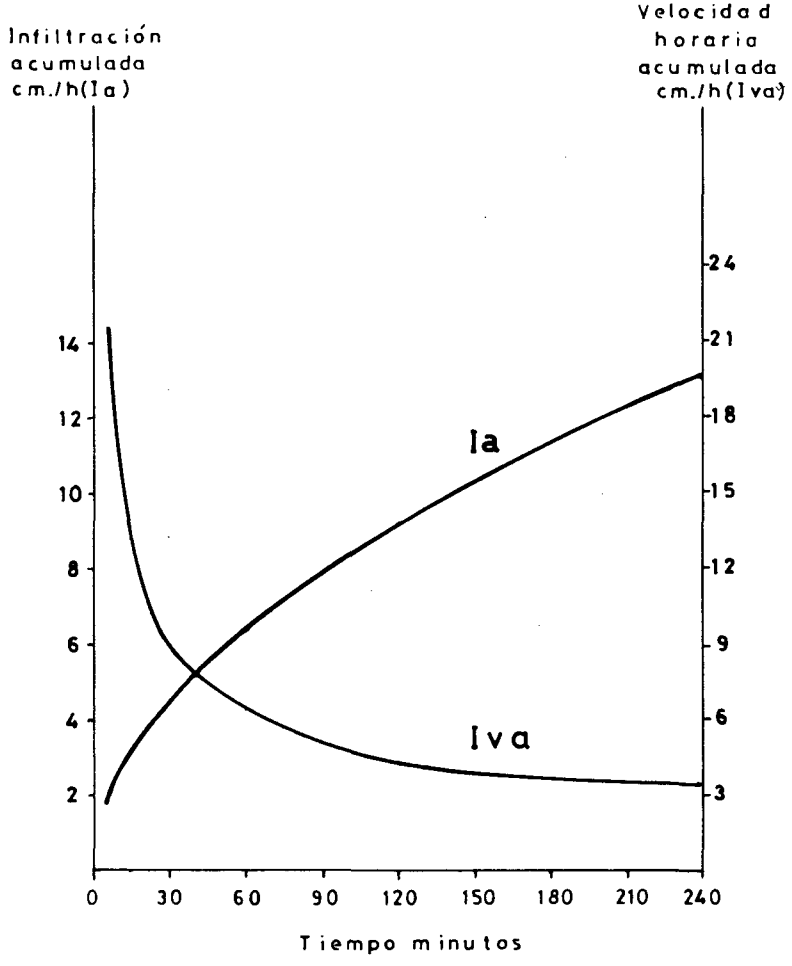


FIG.I-14

Unidad de Suelo N°8

Suelos coluviales de textura moderadamente fina gravillosa sobre moderadamente fina y fina gravillosa, limitado por piedras, gravas o roca, de topografía plana hasta muy fuertemente inclinada, a veces ondulada, de drenaje excesivo, algo excesivo, bueno y moderadamente bueno, en posición de piedmont y terrazas altas disectadas, sobre materiales coluviales de origen granítico.

La Unidad ocupa 8.694,2 ha, o sea, el 4,8% del área total estudiada y se encuentra situada en la parte occidental del área del Proyecto, preferentemente en valles intermontanos (Lolol, Pumanque, Nilahue), ocupando pequeñas áreas, en posición fisiográfica de piedmont y/o terrazas remanentes altas disectadas-onduladas. Las pendientes que predominan varían entre 1 y 10% y sobre 10%.

El material parental está representado por depósitos coluviales de origen granítico.

El agua freática se encuentra a profundidades mayores de 3 metros y no afecta el perfil del suelo.

El drenaje externo es muy rápido hasta lento, el drenaje interno moderadamente lento y el drenaje natural es excesivo, algo excesivo, bueno y moderadamente bueno.

En la actualidad la tierra se destina fundamentalmente a cereales, garbanzos, pastos naturales y viña.

Las características morfológicas del perfil son similares a las descritas para la Unidad de Suelo N°7, con la excepción de las texturas del primer horizonte, las que, en el caso de los suelos de esta Unidad son moderadamente fina gravillosa: franco arcillo arenosa o franco arcillosa gravosa. (Esta Unidad de Suelo está formada por los tipos texturales moderadamente finos de las Series del Estudio Agrológico de la Provincia de Colchagua - Ministerio de Agricultura, 1974).

Se han identificado tres fases de profundidad:

- Fase profunda (donde el estrato inferior de clastos angulares y/o rocas aparece entre los 100 y 150 cm de profundidad) 2.115,2 ha.
- Fase moderadamente profunda (donde el estrato inferior de clastos angulares y/o roca aparece entre los 50 y 100 cm de profundidad) 5.051,0 ha.
- Fase superficial (donde el estrato inferior de clastos angulares y/o roca aparece entre los 25 y 50 cm de profundidad) 1.528,0 ha.

Tanto las propiedades físicas como las químicas pueden variar respecto de las descritas en la Unidad N°7, pero no dentro de valores significativos.

Los factores limitantes de la productividad son los mismos ya descritos para la Unidad N°7.

Para fines de riego las fases de esta Unidad de Suelo se han clasificado como sigue:

Cuadro I/18: Resumen de clasificación de tierras en clases y subclases de riego

Unidad de Suelo N°8

Fase	Descripción	Clase y Subclase de Riego	ha
8.2.A.4	Profunda, de pendiente 0 a 1%, de drenaje moderadamente bueno	2 s	656,0
8.2.B.4	Profunda, de pendiente 1 a 3%, de drenaje moderadamente bueno	2 st	1.459,2
8.3.A.4	Moderadamente profunda, de pendiente 1 a 3%, de drenaje moderadamente bueno	3 st	1.501,2
8.3.B.4	Moderadamente profunda, de pendiente 1 a 3%, de drenaje moderadamente bueno	3 st	1.222,2
8.3.C.4	Moderadamente profunda, de pendiente 3 a 5%, de drenaje moderadamente bueno	3 st	791,6
8.3.DO.2	Moderadamente profunda, de pendiente 5 a 10%, ondulado, algo excesivamente drenado	6 st	1.168,8
8.4.B.4	Superficial, de pendiente 1 a 3%, de drenaje moderadamente bueno	4 Pst	538,8
8.4.D.1	Superficial, de pendiente 5 a 10%, excesivamente drenado	4 Pst	85,6
8.4.E.1	Superficial, de pendiente sobre 10%, excesivamente drenado	6 st	113,6
8.4.BO.2	Superficial, de pendiente 1 a 3%, ondulado, algo excesivamente drenado	4 Pst	576,8
8.4.A.4	Superficial, de pendiente 0 a 1%, de drenaje moderadamente bueno	3 s	213,2
8.3.BO.4	Moderadamente profunda, de pendiente 1 a 3% ondulado, de drenaje moderadamente bueno	3 st	99,6
8.3.CO.4	Moderadamente profundo, de pendiente 3 a 5% ondulado, de drenaje moderadamente bueno	4 Pst	267,6

UNIDAD DE SUELO N°8

PERFILES DE SUELO

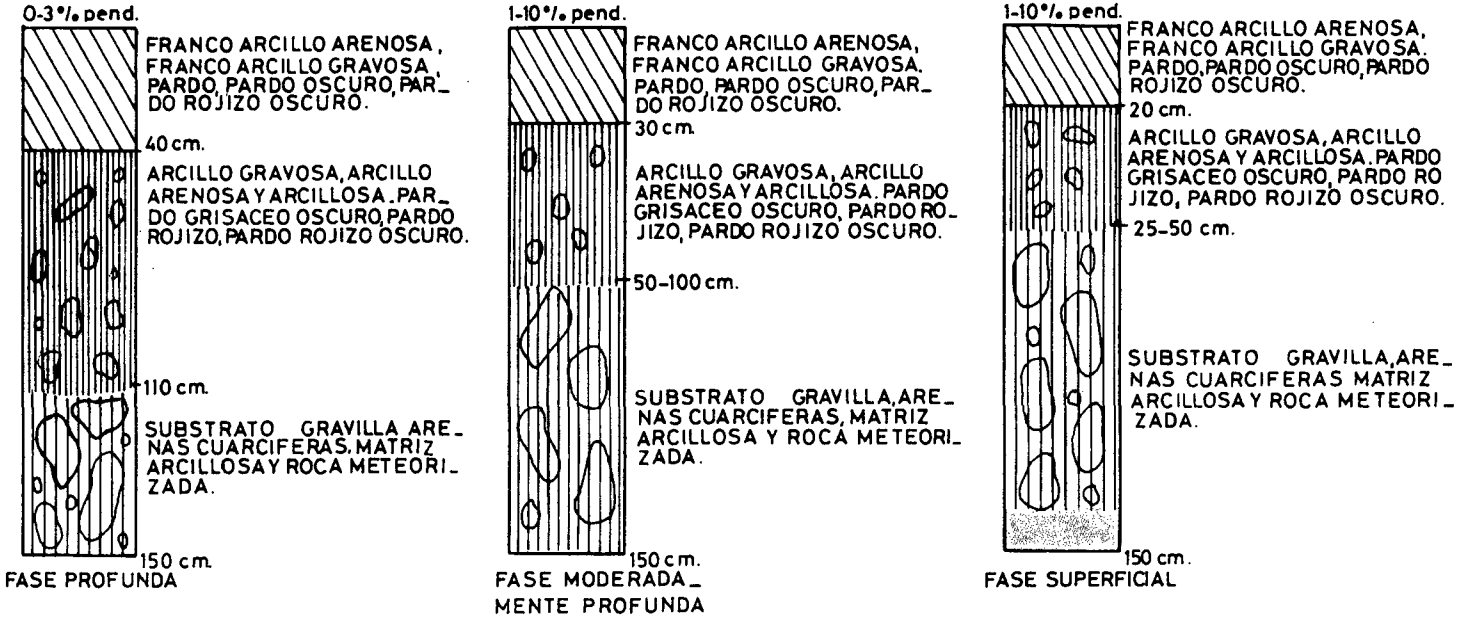


FIG. I-15

DATOS DE INFILTRACION

UNIDAD DE SUELO Nº **8**

PRUEBA DE INFILTRACION Nº **105**

FASE: **8.3.A.4**

FUENTE: **M.O.P.**

FECHA : **22-10-70**

HUMEDAD : **8.54 %**

COBERTURA:

CLASIFICACION **3 s t**

REGISTRO DE DATOS
(Promedio de 3 cilindros)

TIEMPO		INFILTRACION				
Horas	Minutos	Parcial (cms.)	Acumulado cms.(Ia.)	Velocidad horaria parcial cm./h(Ivp)	Velocidad horaria acumulada cm./h(Iva)	Velocidad horaria cm/h
	0	-	-	-	-	
	5	1.5	1.5	18.0	18.0	
	10	0.7	2.2	8.4	13.2	
	20	1.3	3.5	7.8	10.5	
	30	0.7	4.2	4.2	8.4	
	45	0.8	5.0	3.2	6.7	
1	60	0.7	5.7	2.8	5.7	5.7
	90	1.3	7.0	2.6	4.7	
2	120	0.8	7.8	1.6	3.9	2.1
3	180	1.7	9.5	1.7	3.2	1.7
4	240	1.5	11.0	1.5	2.8	1.5
				TOTAL 4 HORAS		11.0
				PROMEDIO HORARIO		2.8
				VELOCIDAD FINAL		1.5

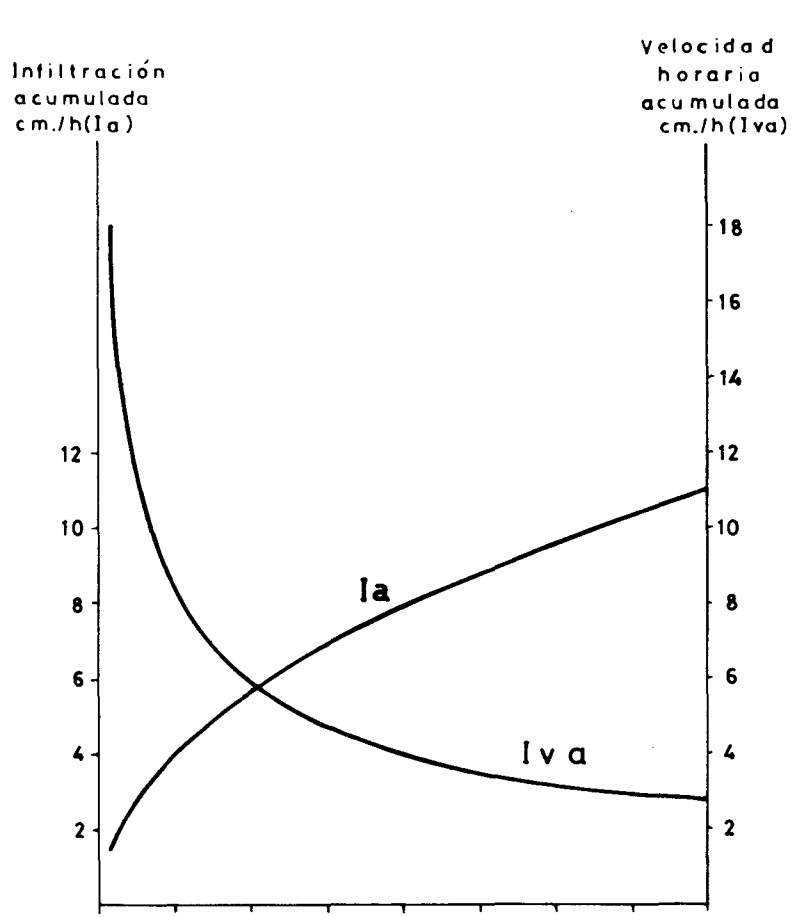


FIG.I-16

Las pruebas de infiltración muestran una velocidad final de 1,5 cm/h con una lámina total de 11,0 cm infiltrados en 4 horas.

La aptitud para los cultivos es similar a la ya descrita para la Unidad de Suelo N°7.

Las medidas de manejo y conservación son similares a las ya descritas en la Unidad de Suelo N°7.

Desde el punto de vista de fertilización, las medidas que se recomiendan son similares a las ya descritas en la Unidad de Suelo N°7.

Unidad de Suelo N°9

Suelos aluviales de textura moderadamente gruesa gravillosa sobre gruesa y muy gruesa gravillosa y pedregosa, limitado por gravas, guijarros, piedras y bolones, de topografía plana, de drenaje excesivo y algo excesivo, en posición de planicie y terrazas aluviales recientes, sobre sedimientos aluviales de origen andesítico.

La Unidad ocupa 12.135,2 ha, o sea, el 6,8% del área total estudiada y se encuentra situada en la parte oriental y centro-oriental del área del Proyecto, ocupando grandes extensiones en posición fisiográfica de planicies y terrazas aluviales, preferentemente originadas de los sistemas hidrográficos del Antivero, Tinguiririca y Chimbarongo.

Las pendientes que predominan varían entre 0 y 1%.

El material parental esta representado por depósitos aluviales de composición mixta, con predominio de la litología andesítica.

El agua freática se encuentra a profundidades mayores de 3 metros y no afecta el perfil del suelo.

El drenaje externo es lento, el drenaje interno muy rápido y rápido y el drenaje natural excesivo y algo excesivo.

La tierra se destina en la actualidad fundamentalmente a chacras, cereales, pastos, hortalizas, frutales y viñas.

En la superficie son suelos de colores pardo muy oscuro, negros, pardo oscuro, pardo grisáceo muy oscuro, pardo amarillento oscuro, en tono 10YR, de textura moderadamente gruesa y en la profundidad son suelos de colores pardo grisáceo oscuro, pardo oscuro, pardo grisáceo muy oscuro, en tono 10YR, de textura gruesa y muy gruesa gravillosa en profundidad. (Esta Unidad de Suelo está constituída por los tipos texturales moderadamente gruesos de las Series del Estudio Agrológico de la Provincia de Colchagua, Ministerio de Agricultura, 1974).

En general, presenta un horizonte superficial de entre 12 y 32 cm de grosor, de color pardo oscuro (10YR 3/3), pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2), pardo amarillento oscuro (10YR 3/4), pardo muy oscuro (10YR 2/2), negro (10YR 4/3) en húmedo, gris parduzco claro (10YR 6/2), pardo pálido (10YR 6/3) en seco; de texturas franco arenosa fina, franco arenosa fina gravillosa y franco arenosa, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo, friable, suelto en seco, poco estructurado. Le sigue una estratificación de materiales parentales de distintos grosores que en algunos casos exceden los 150 cm de colores pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2), pardo oscuro (10YR 3/3), pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) y pardo a pardo oscuro (10YR 4/3) en húmedo; de texturas de arena fina, arena gruesa, arena francosa gruesa, arena francosa, todas gravillosas, no plástico, no adhesivo, muy friable. Este horizonte descansa sobre un estrato inferior aluvial de piedras, bolones, gravas con matriz arenosa, areno francosa o franco arenosa.

Se han identificado cinco fases de profundidad como sigue:

- Fase muy profunda (donde el estrato inferior aluvial aparece más allá de 150 cm de profundidad) 4.122,8 ha.
- Fase profunda (donde el estrato inferior aparece entre 100 y 150 cm de profundidad) 1.043,2 ha.
- Fase moderadamente profunda (donde el estrato inferior aluvial aparece entre 50 y 100 cm de profundidad) 2.667,2 ha.
- Fase superficial (donde el estrato inferior aluvial aparece entre 25 y 50 cm de profundidad) 3.850,4 ha.
- Fase muy superficial (donde el estrato inferior aluvial aparece a menos de 25 cm de profundidad) 451,6 ha.

Los suelos de esta Unidad, en su mayor parte, presentan pedregosidad superficial, la cual muchas veces interfiere con el laboreo del suelo.

Los valores de retención de humedad a 1/3 de atmósfera en los primeros 30 cm varían entre 14 y 31%, a 15 atmósfera entre 6 y 22%, y el agua es aprovechable entre 8 y 9%; estos valores, empero, aumentan o disminuyen en forma irregular debido fundamentalmente a la estratificación y discontinuidad litológica de los materiales parentales.

La materia orgánica varía entre 0,7 y 2,4% (salvo el suelo Leinanque, que tiene 8,2%, en razón de su naturaleza de ceniza volcánica) para luego disminuír progresiva e irregularmente en profundidad.

La capacidad de intercambio catiónico presenta variaciones de entre 9,9 y 16,2 me/100 gramos de suelo y el complejo adsortivo está saturado principalmente con calcio.

El grado de saturación varía entre 12,4 y 94%. La reacción del suelo se caracteriza por valores de pH entre 5,2 y 7,0 lo cual indica una reacción moderadamente ácida a neutra; existe, empero, una tendencia de aumento con la profundidad de los valores de pH y los porcentajes de saturación, aunque siempre dentro de los límites ya descritos.

Los suelos no presentan ningún problema de salinidad o alcalinidad.

Los minerales arcillosos que predominan son la montmorillonita, la vermiculita e illita.

En general, los contenidos de nitrógeno y fósforo aprovechable son bajos a medios.

El actual nivel de la fertilidad se puede considerar bajo a medio.

Los factores limitantes de la productividad son el horizonte superficial muy delgado, piedras en la superficie que interfieren con el

laboreo, gravas y piedras en el perfil, que impiden un buen desarrollo radicular, un subsuelo de textura gruesa y muy gruesa gravillosa y una baja retención de humedad y, en las fases superficiales y muy superficiales, la poca profundidad efectiva óptima.

Desde el punto de vista taxonómico los suelos de esta Unidad pertenecen al Orden Entisoles e Inceptisoles, Suborden fluvents, orthents, andepts y Gran Grupo Xerofluvents, Xerorthents y Vitrandepts.

Para fines de riego las fases de esta Unidad de Suelo se han clasificado como sigue:

Cuadro I/19: Resumen de clasificación de tierras en clases y subclases de riego

Unidad de Riego N°9

Fase	Descripción	Clase y Subclase de Riego	ha
9.1.A.2	Muy profunda, de pendiente 0 a 1%, algo excesivamente drenado	2 s	4.122,8
9.2.A.2	Profunda, de pendiente 0 a 1%, algo excesivamente drenado	2 s	1.043,2
9.3.A.1	Moderadamente profunda, de pendiente 0 a 1%, excesivamente drenado	3 s	2.667,2
9.4.A.1	Superficial, de pendiente 0 a 1%, excesivamente drenado	4 PVs	3.850,4
9.5.A.1	Muy superficial, de pendiente 0 a 1%, excesivamente drenado	4 PVs	451,6

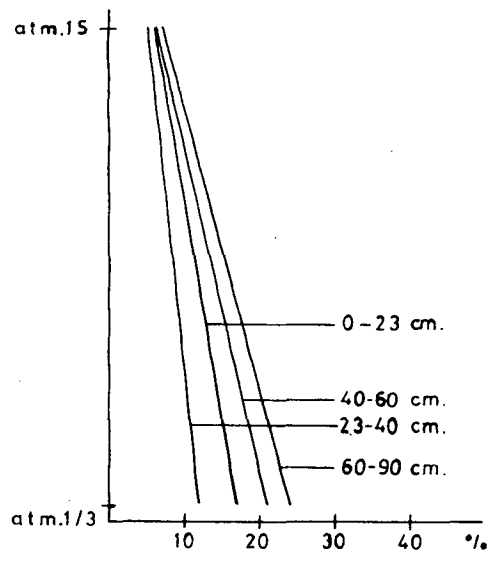
Las pruebas de infiltración muestran una velocidad final de 3,6 cm/h con una lámina total de 19,2 cm infiltrados en 4 horas.

Las fases muy profunda, profundas y moderadamente profundas son aptas para todo cultivo de la zona, incluso frutales y viña. Son suelos aptos para cereales, chacras (frejoles, maíz, tomates, cebollas), hortalizas (sandías, melones, pepinos, zapallos, lechugas, repollos, coliflor, etc), cultivos industriales (maravilla, tabaco, remolacha), frutales de hoja caduca y en algunos sectores frutales de hoja persistente, viña y parronales.

Las fases superficial y muy superficial, debido a la poca profundidad efectiva del suelo, a la poca estabilidad de los agregados y a la baja capacidad de retención de humedad, están limitadas a pastos, frejoles y frutales de arraigamiento superficial.

UNIDAD DE SUELO Nº9

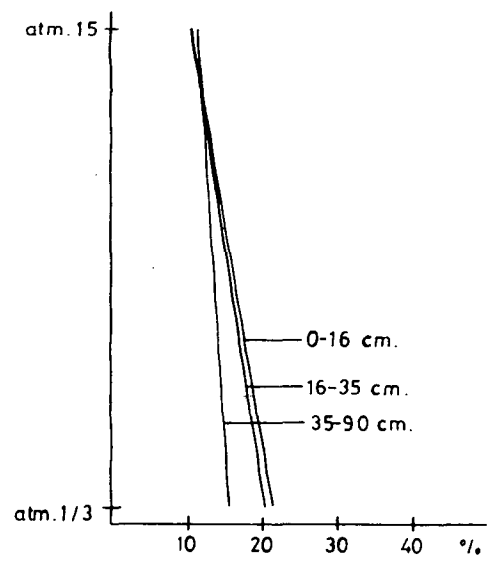
RETENCIONES DE HUMEDAD



PARA LA FASE MUY PROFUNDA
(9.1.A.2)

Fuente: Serie Callejones,
Fase muy Profunda.
(Estudio Agrológico,
Provincia de Colchagua,
Ministerio de Agricultura,
1974)

Prof.(cm)	Retención de humedad.	
	1/3 atm.	15 atm.
0-23	17	6
23-40	12	5
40-60	21	6
60-90	24	7
90-120	-	-

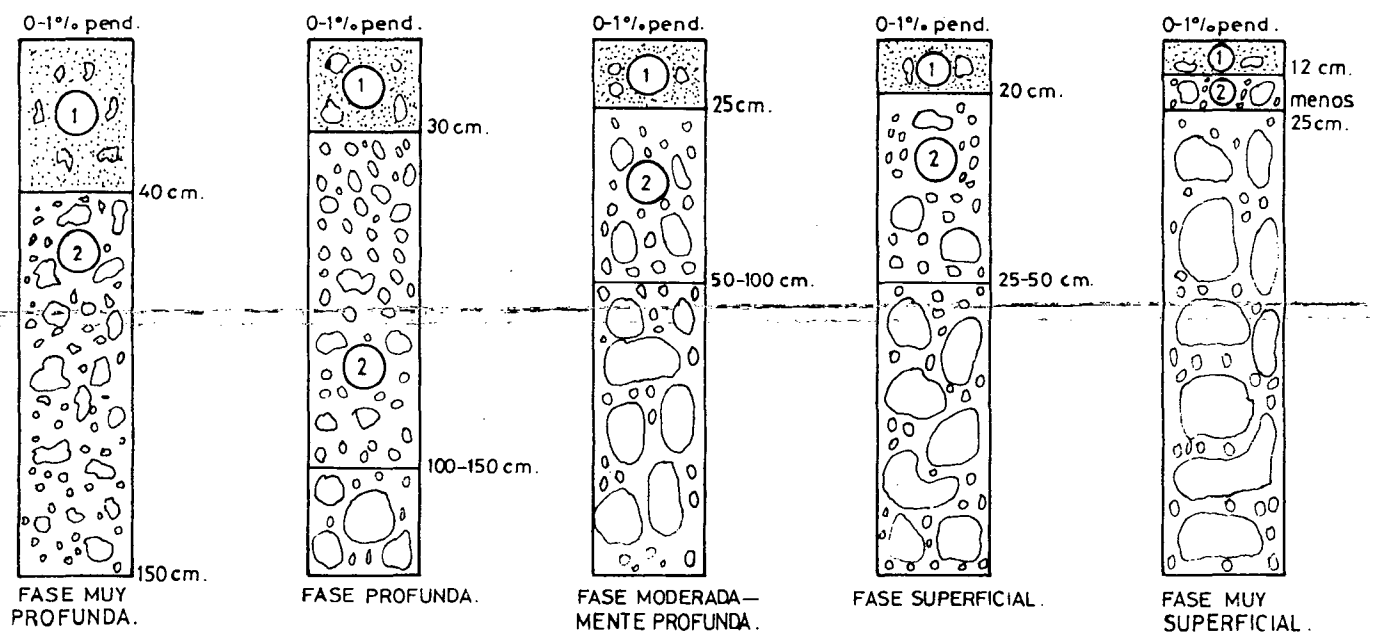


PARA LA FASE SUPERFICIAL
(9.4.A.1)

Fuente: Serie Macarena,
Fase Superficial.
(Estudio Agrológico,
Provincia de Colchagua,
Ministerio de Agricultura,
1974)

Prof.(cm)	Retención de humedad	
	1/3 atm.	15 atm.
0-16	21	10
16-35	20	10
35-90	15	11

PERFILES DE SUELO



(1) FRANCO ARENOSA FINA, FRANCO ARENOSA FINA GRAVILLOSA, FRANCO ARENOSA. PARDO OSCURO, PARDO GRISACEO MUY OSCURO, PARDO AMARILLENTO OSCURO, NEGRO.

(2) ARENA FINA, ARENA GRUESA, ARENO FRANCOSA GRUESA, ARENO FRANCOSA TOBAS GRAVILLOSAS. PARDO GRISACEO OSCURO, PARDO OSCURO, PARDO GRISACEO MUY OSCURO, PARDO A PARDO OSCURO.

FIG. I-17

DATOS DE INFILTRACION

UNIDAD DE SUELO Nº **9**

PRUEBA DE INFILTRACION Nº **359**

FASE: **9.3.A.1.** FUENTE: **M.O.P.**

FECHA : **16-12-70**

HUMEDAD :

COBERTURA:

CLASIFICACION **3s**

REGISTRO DE DATOS
(Promedio de 3 cilindros)

TIEMPO		INFILTRACION				
Horas	Minutos	Parcial (cms.)	Acumulado cms.(Ia.)	Velocidad horaria parcial cm./h(Ivp)	Velocidad horaria acumulada cm./h(Iva)	Velocidad horaria cm./h
	0	-	-	-	-	
	5	1.8	1.8	21.6	21.6	
	10	1.2	3.0	14.4	18.0	
	20	1.5	4.5	9.0	13.5	
	30	1.2	5.7	7.2	11.4	
	45	1.4	7.1	5.6	9.5	
1	60	1.4	8.5	5.6	8.5	8.5
	90	2.0	10.5	4.0	7.0	
2	120	1.7	12.2	3.4	6.1	3.7
3	180	3.4	15.6	3.4	5.2	3.4
4	240	3.6	19.2	3.6	4.8	3.6
				TOTAL 4 HORAS		19.2
				PROMEDIO HORARIO		4.8
				VELOCIDAD FINAL		3.6

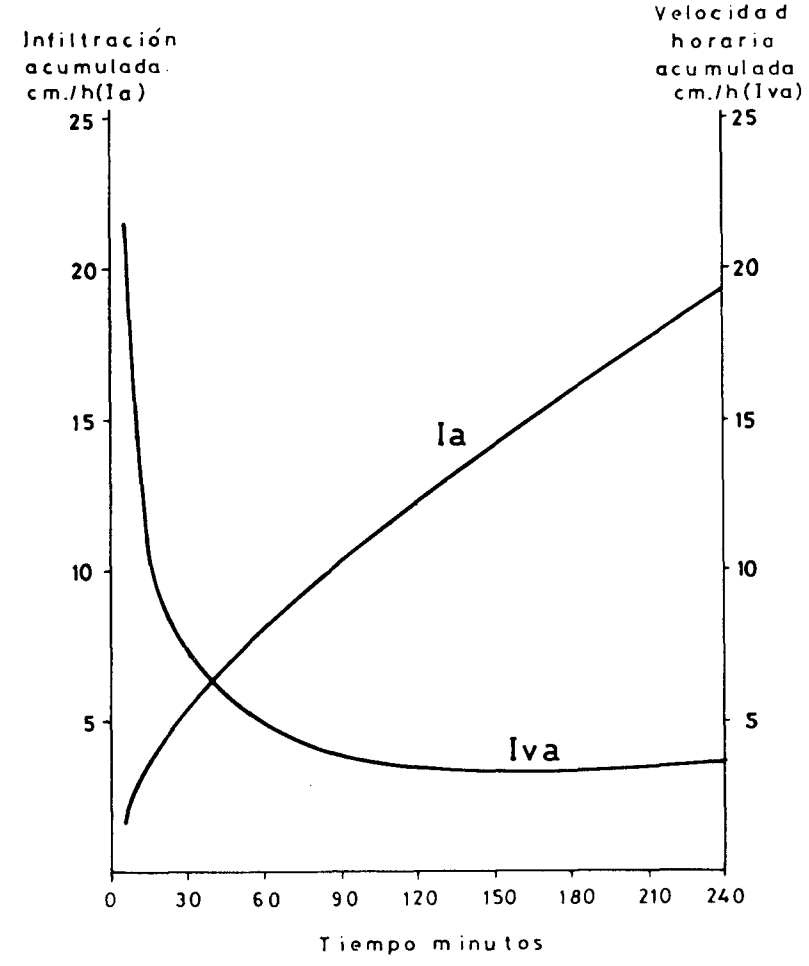


FIG.I-18

Las fases superficial y muy superficial, debido a la poca profundidad efectiva, no permiten la ejecución de grandes movimientos de tierra, por entrañar el peligro de descubrir el manto de gravas, piedras y bolones del estrato inferior. En consecuencia, es recomendable usar, para los suelos con microtopografía, riegos más frecuentes pero con menor cantidad de agua, a fin de evitar pérdidas por infiltración.

Los métodos de manejo deben evitar la degradación del suelo por exceso de labores y deben tender a la formación y conservación de una estructura más estable, mediante la incorporación de grandes cantidades de materia orgánica, estiércol, abonos verdes o residuos de cosecha. Asimismo, debe llevarse a cabo la remoción de piedras en aquellos sitios que lo justifiquen económicamente. En relación a los emparejamientos y nivelaciones, estos deben ser mínimos en aquellos suelos delgados, a fin de evitar el afloramiento de piedras del estrato inferior.

Los abonos químicos nitrogenados y fosfatados son especialmente necesarios. Resulta aconsejable aplicar abonos químicos nitrogenados en dosis limitadas y frecuentes debido a la solubilidad y a las texturas gruesas o muy gruesas. Debe darse preferencia a los fertilizantes poco solubles que liberen lentamente el nitrógeno y a los tipos amoniacales que son retenidos por el suelo.

Se recomienda realizar aplicaciones de superfosfatos en dosis moderadas.

Unidad de Suelo N°10

Suelos aluviales de textura media gravillosa sobre gruesa gravillosa y pedregosa limitados por gravas, guijarros, piedras y bolones, de topografía plana, de drenaje excesivo y algo excesivo, en posición de planicie y terrazas aluviales recientes sobre sedimentos aluviales de origen andesítico.

La Unidad ocupa 13.174,0 ha, o sea, el 7,3% del área total estudiada y se encuentra situada en la parte oriental y centro oriental del área del Proyecto, ocupando grandes extensiones en posición fisiográfica de planicies y terrazas aluviales, preferentemente originados de los sistemas hidrográficos del Antivero, Tinguiririca y Chimbarongo, asociados con los suelos de la Unidad N°9. Las pendientes que predominan varían entre 0 y 1%.

El material parental está representado por depósitos aluviales de composición mixta, dominando la litología andesítica.

El agua freática se encuentra a profundidades mayores de 3 metros y no afecta el perfil del suelo.

El drenaje externo es lento, el drenaje interno muy rápido y el drenaje natural excesivo y algo excesivo.

En la actualidad la tierra se destina fundamentalmente a chacras, cereales, pastos, hortalizas, frutales y viña.

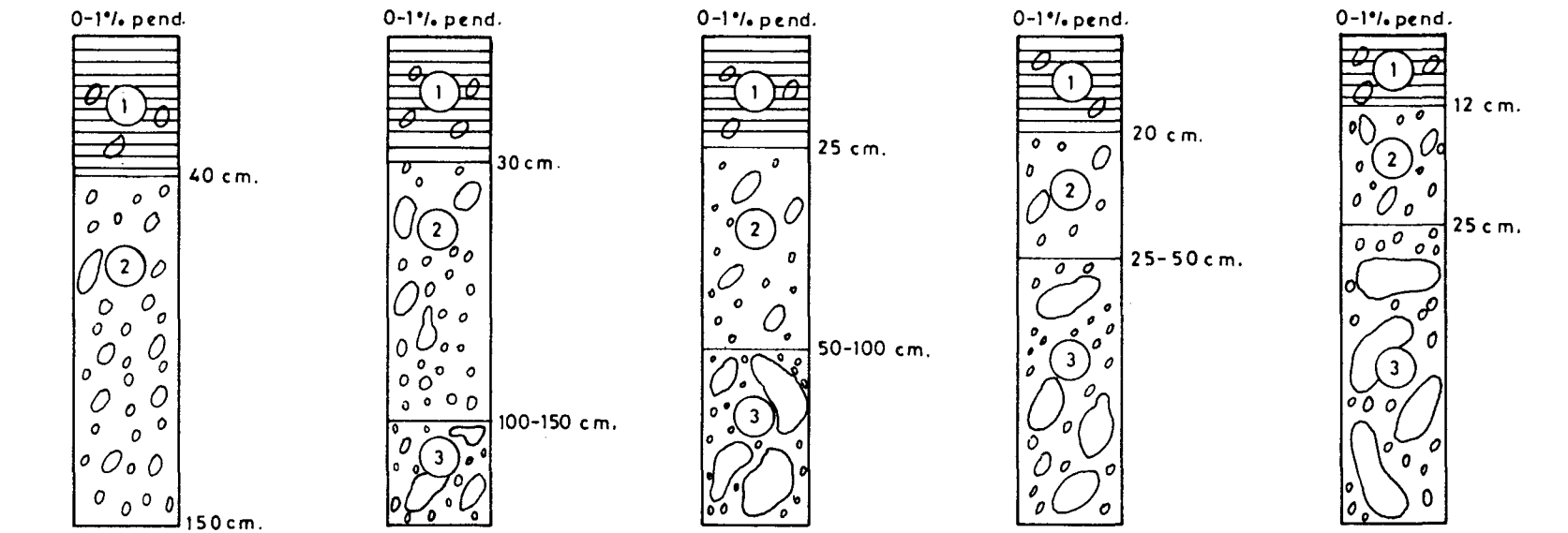
Las características morfológicas del perfil son similares a las descritas para la Unidad de Suelo N°9, con la excepción de las texturas del primer horizonte, las cuales en el caso de los suelos de esta Unidad son de textura media: franca y franca arenosa muy fina (esta Unidad de Suelo está formada por los tipos texturales medios de las Series del Estudio Agrológico de la Provincia de Colchagua - Ministerio de Agricultura, 1974).

Se han identificado cinco fases por profundidad:

- Fase muy profunda (donde el estrato inferior aluvial de gravas, piedras y bolones no aparece en los primeros 150 cm de profundidad) 252,0 ha.
- Fase profunda (donde el estrato inferior aluvial de gravas, piedras y bolones aparece entre los 100 y 150 cm de profundidad) 262,8 ha.
- Fase moderadamente profunda (donde el estrato inferior aluvial de gravas, piedras y bolones aparece entre los 50 y 100 cm de profundidad) 5.437,6 ha.
- Fase superficial (donde el estrato inferior aluvial de gravas, piedras y bolones aparece entre los 25 y 50 cm de profundidad) 6.333,6 ha.

UNIDAD DE SUELO Nº 10

PERFILES DE SUELOS



FASE MUY PROFUNDA | FASE PROFUNDA | FASE MODERADAMENTE PROFUNDA | FASE SUPERFICIAL | FASE MUY SUPERFICIAL

(1) FRANCO, FRANCO ARENOSA MUY FINA, PARDO OSCURO, PARDO GRISACEO MUY OSCURO, PARDO AMARILLENTO OSCURO, NEGRO.

(2) ARENA FINA, ARENA GRUESA, ARENO FRANCOSA GRUESA, ARENO FRANCOSA, TOBAS GRAVILLOSAS, PARDO GRISACEO OSCURO, PARDO OSCURO, PARDO GRISACEO MUY OSCURO, PARDO A PARDO OSCURO

(3) SUBSTRATO ALUVIAL DE GRAVAS, PIEDRAS Y BOLONES, CON MATRIZ ARENOSA

FIG. 1-19

DATOS DE INFILTRACION

UNIDAD DE SUELO Nº **10**

PRUEBA DE INFILTRACION Nº **363**

FASE: **10.4.A.2** FUENTE: **M.O.P.**

FECHA :

HUMEDAD : **16.6 %**

COBERTURA:

CLASIFICACION **3s**

REGISTRO DE DATOS
(Promedio de 3 cilindros)

TIEMPO		INFILTRACION				
Horas	Minutos	Parcial (cms.)	Acumulado cms.(Ia.)	Velocidad horaria parcial cm./h(Ivp)	Velocidad horaria acumulada cm./h(Iva)	Velocidad horaria cm./h
	0	-	-	-	-	
	5	1.8	1.8	21.6	21.6	
	10	1.3	3.1	15.6	18.6	
	20	2.4	5.5	14.4	16.5	
	30	1.9	7.4	11.4	14.8	
	45	2.4	9.8	9.6	13.1	
1	60	2.3	12.1	9.2	12.1	12.1
	90	4.0	16.1	8.0	10.7	
2	120	3.4	19.5	6.8	9.8	7.4
3	180	6.2	25.7	6.2	8.6	6.2
4						
				TOTAL 4 HORAS		25.7
				PROMEDIO HORARIO		8.6
				VELOCIDAD FINAL		6.2

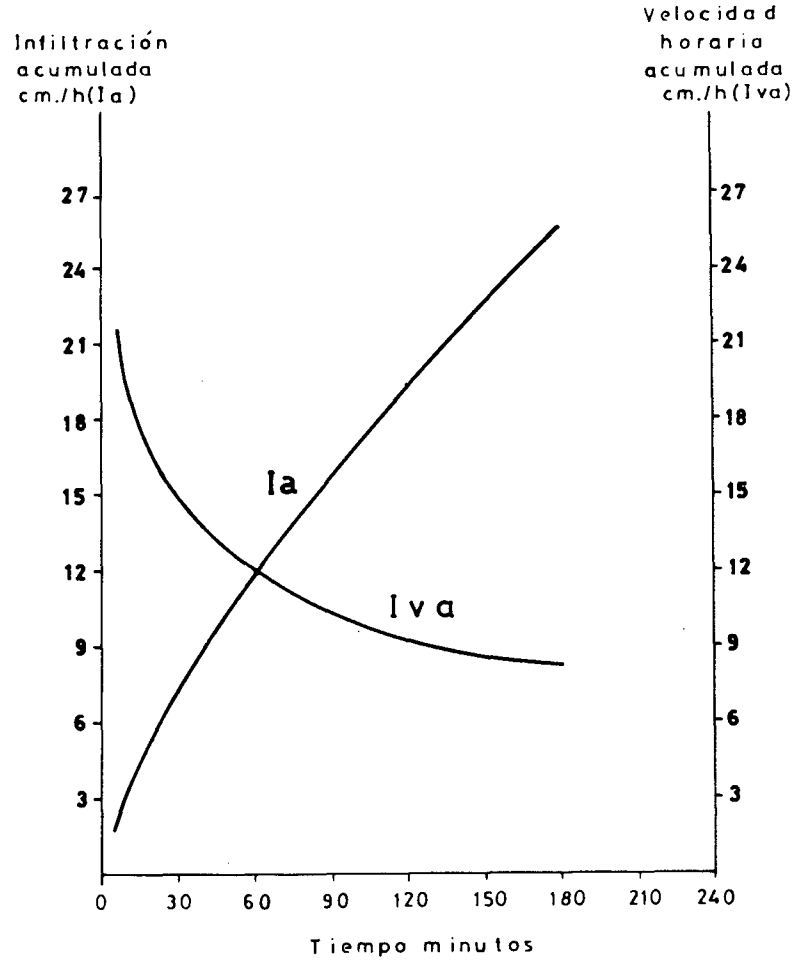


FIG.I-20

- Fase muy superficial (donde el estrato inferior aluvial de gravas, piedras y bolones aparece a menos de 25 cm de profundidad) 888,0 ha.

Tanto las propiedades físicas como las químicas muestran variaciones respecto de las descritas para la Unidad N°9, pero no dentro de valores significativos.

Los factores limitantes de la productividad son los mismos ya descritos para la Unidad N°9.

Para fines de riego las fases de esta Unidad de Suelo se han clasificado como sigue:

Cuadro I/20: Resumen de clasificación de tierras en clases y subclases de riego

Unidad de Suelo N°10

Fase	Descripción	Clase y Subclase de Riego	ha
10.1.A.2	Muy profunda, de pendiente 0 a 1%, algo excesivamente drenado	2 s	252,0
10.2.A.2	Profunda, de pendiente 0 a 1%, algo excesivamente drenado	2 s	262,8
10.3.A.2	Moderadamente profunda, de pendiente 0 a 1%, algo excesivamente drenado	3 s	5.437,6
10.4.A.2	Superficial, de pendiente 0 a 1%, algo excesivamente drenado	3 s	6.333,6
10.5.A.1	Muy superficial, de pendiente 0 a 1%, excesivamente drenado	4 PVs	888,0

Las pruebas de infiltración muestran una velocidad final de 6,2 cm/h con una lámina total de 25,7 cm infiltrados en 4 horas.

En relación al manejo de los suelos en esta Unidad y a los principios de fertilización que se recomiendan para ellos, cabe señalar que son aquellos ya descritos para la Unidad de Suelo N°9.

Unidad de Suelo N°11

Suelos aluviales de textura moderadamente fina gravillosa sobre gruesa y muy gruesa gravillosa y pedregosa, limitado por gravas, guijarros, piedras y bolones, de topografía plana, de drenaje bueno y moderadamente bueno, en posición de planicies y terrazas aluviales recientes, sobre sedimentos aluviales de origen andesítico.

La Unidad ocupa 6.038,4 ha, o sea, el 3,4% del área total estudiada y se encuentra situada en la parte oriental y centro-oriental del área del Proyecto, ocupando grandes extensiones en posición fisiográfica de planicies y terrazas aluviales, preferentemente originados de los sistemas hidrográficos del Antivero. Tinguiririca y Chimbarongo, asociados con los suelos de las Unidades N°9 y 10. Las pendientes que predominan varían entre 0 y 1%.

El material parental está representado por depósitos aluviales de composición mixta, con predominio de la litología andesítica.

El agua freática se encuentra a profundidades de 1 hasta más de 3 metros.

El drenaje externo es lento, el drenaje interno moderadamente rápido y moderadamente lento y el drenaje natural, bueno y moderadamente bueno, si bien en áreas muy locales es imperfecto.

La tierra actualmente está destinada por modo fundamental a chacras, pastos, hortalizas, frutales y viña.

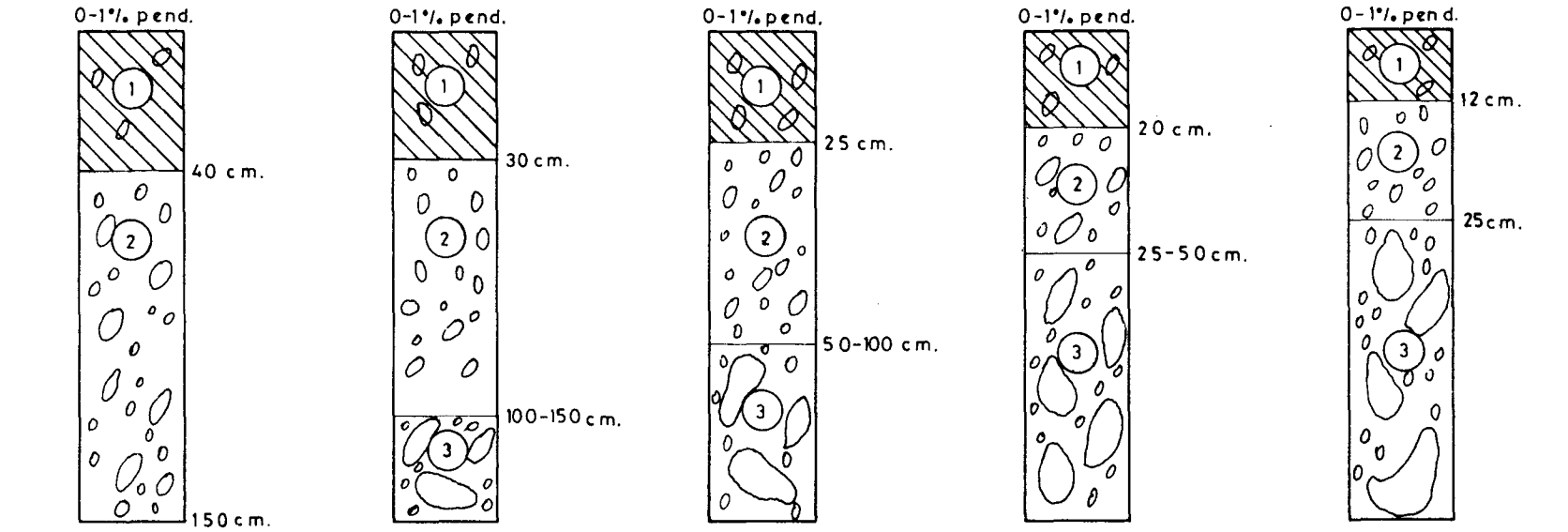
Las características morfológicas del perfil son similares a las ya descritas para la Unidad de Suelo N°9, salvo aquellas texturas que se dan en el primer horizonte, las cuales en el caso de los suelos de esta Unidad son de textura moderadamente fina gravillosa: franco arcillo limosa, franco arcillo arenosa, franco arcillosa (Esta Unidad de Suelo está formado por los tipos texturales moderadamente finos de las Series del Estudio Agrológico de la Provincia de Colchagua - Ministerio de Agricultura, 1974).

Se han identificado cinco fases por profundidad:

- Fase muy profunda (donde el estrato inferior aluvial de gravas, piedras y bolones no aparece en los primeros 150 cm de profundidad) 2.102,4 ha.
- Fase profunda (donde el estrato inferior aluvial de gravas, piedras y bolones aparece entre los 100 y 150 cm de profundidad) 236,4 ha.
- Fase moderadamente profunda (donde el estrato inferior de gravas, piedras y bolones aparece entre los 50 y 100 cm de profundidad) 1.390,4 ha.
- Fase superficial (donde el estrato inferior aluvial de gravas, piedras y bolones aparece entre los 25 y 50 cm de profundidad) 2.280,0 ha.

UNIDAD DE SUELO Nº 11

PERFILES DE SUELOS



FASE MUY PROFUNDA | FASE PROFUNDA | FASE MODERADAMENTE PROFUNDA | FASE SUPERFICIAL | FASE MUY SUPERFICIAL

(1) FRANCO ARCILLO ARENOSA, FRANCO ARCILLOSA, FRANCO ARCILLO LIMOSA, PARDO GRISACEO MUY OSCURO, PARDO OSCURO, PARDO AMARILLENTO OSCURO, NEGRO

(2) ARENA FINA, ARENA GRUESA, ARENO FRANCOSA GRUESA, ARENO FRANCOSA, TOBAS GRAVILLOSAS, PARDO GRISACEO OSCURO, PARDO OSCURO, PARDO GRISACEO MUY OSCURO, PARDO A PARDO OSCURO

(3) SUBSTRATO ALUVIAL DE GRAVAS, PIEDRAS Y BOLONES CON MATRIZ ARENOSA

FIG. I-21

DATOS DE INFILTRACION

UNIDAD DE SUELO Nº 11 — FECHA : 28-12-70 — CLASIFICACION

PRUEBA DE INFILTRACION Nº 342 — HUMEDAD :

FASE: 11.3.A.3 — FUENTE: M.O.P. — COBERTURA:

3 s

REGISTRO DE DATOS
(Promedio de 3 cilindros)

TIEMPO		INFILTRACION				
Horas	Minutos	Parcial (cms.)	Acumulado cms.(Ia.)	Velocidad horaria parcial cm./h(Ivp)	Velocidad horaria acumulada cm./h(Iva)	Velocidad horaria cm./h
	0	-	-	-	-	
	5	1.8	1.8	21.6	21.6	
	10	1.3	3.1	15.6	18.6	
	20	2.0	5.1	12.0	15.3	
	30	1.7	6.8	10.2	13.6	
	45	2.2	9.0	8.8	12.0	
1	60	2.2	11.2	8.8	11.2	11.2
	90	3.2	14.4	6.4	9.6	
2	120	2.6	17.0	5.2	8.5	5.8
3	180	5.4	22.4	5.4	7.5	5.4
4	240	4.5	26.9	4.5	6.7	4.5
				TOTAL 4 HORAS		26.9
				PROMEDIO HORARIO		6.7
				VELOCIDAD FINAL		4.5

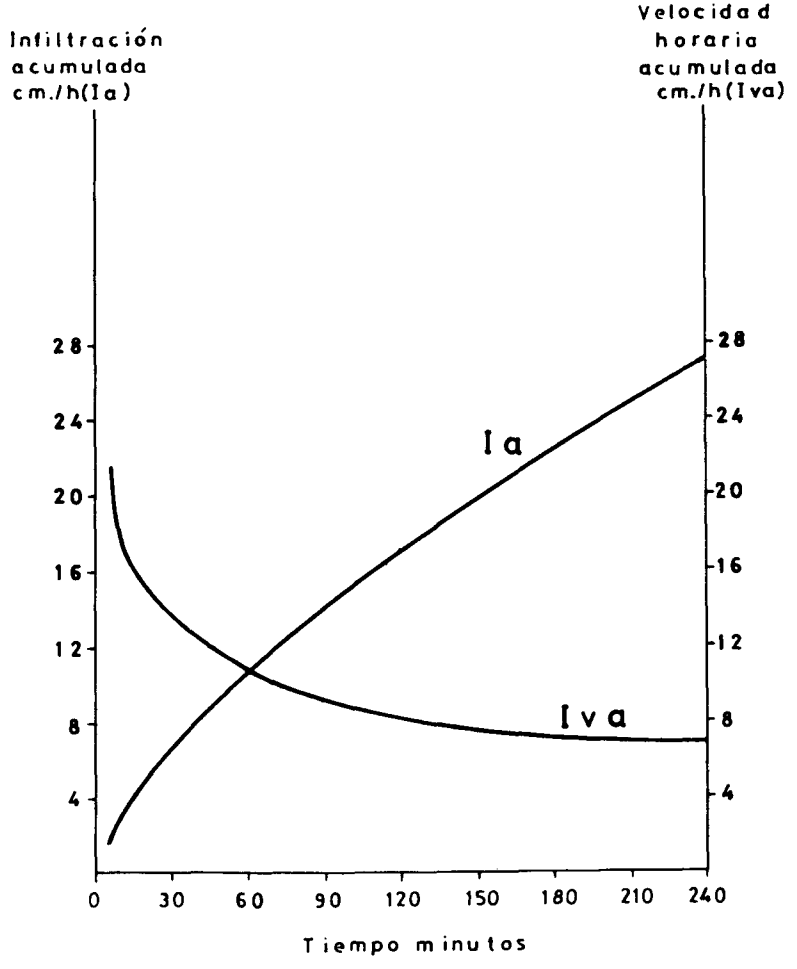


FIG.I-22

- Fase muy superficial (donde el estrato inferior aluvial de gravas, piedras y bolones aparece a menos de 25 cm de profundidad) 29,2 ha.

Tanto las propiedades físicas como las químicas pueden variar respecto de aquellas ya descritas en la Unidad de Suelo N°9, pero no dentro de valores significativos.

Los factores limitantes de la productividad son los mismos que ya se dejaran descritos para la Unidad N°9.

Para fines de riego las fases de esta Unidad de Suelo se han clasificado como sigue:

Cuadro I/21: Resumen de clasificación de tierras en clases y subclases de riego

Unidad de Suelo N°11

Fase	Descripción	Clase y Subclase de Riego		ha
11.1.A.4	Muy profunda, de pendiente 0 a 1%, de drenaje moderadamente bueno	2	s	1.848,4
11.1.A.5	Muy profunda, de pendiente 0 a 1%, de drenaje imperfecto	2	sd	254,0
11.2.A.4	Profunda, de pendiente 0 a 1%, de drenaje moderadamente bueno	2	s	236,4
11.3.A.3	Moderadamente profunda, de pendiente 0 a 1%, de drenaje bueno	3	s	1.079,2
11.3.A.5	Moderadamente profunda, de pendiente 0 a 1%, de drenaje imperfecto	3	sd	311,2
11.4.A.3	Superficial, de pendiente 0 a 1%, de drenaje bueno	3	s	2.280,0
11.5.A.3	Muy superficial, de pendiente 0 a 1%, de drenaje bueno	4	PVs	29,2

Las pruebas de infiltración muestran una velocidad final de 4,5 cm/h con una lámina total de 26,9 cm infiltrados en 4 horas.

En relación al manejo y a los principios de fertilización que se recomiendan, cabe destacar que son aquellos ya descritos para la Unidad de Suelo N°9. Para los sectores de drenaje imperfecto ha menester considerar un trazado de red de drenaje para mantener el agua freática a mayor profundidad.

Unidad de Suelo N°12

Suelos aluviales de texturas medias y moderadamente gruesas sobre moderadamente finas, limitados por gravas y piedras, de topografía plana, de drenaje bueno, moderadamente bueno e imperfecto, en posición de planicie y terrazas aluviales recientes, sobre sedimentos aluviales de origen andesítico.

La Unidad ocupa 5.130,2 ha, o sea, el 2,9% del área total estudiada y se encuentra situada en la parte oriente, central (en su mayor extensión) y oriental del área del Proyecto, ocupando grandes extensiones en posición fisiográfica de planicie y terrazas aluviales, originadas principalmente por los sistemas hidrográficos Tinguiririca y Chimbarongo. Las pendientes que predominan varían entre 0 y 1%.

El material parental está representado por depósitos aluviales de composición mixta, con predominio de la litología andesítica.

El agua freática se encuentra a profundidades mayores de 3 metros y no afecta mayormente el perfil del suelo.

El drenaje externo es lento, el drenaje interno es moderadamente rápido, moderadamente lento y lento y el drenaje natural bueno, moderadamente bueno y, en ciertos sectores, imperfecto.

En la actualidad la tierra se destina fundamentalmente a chacras, cereales, hortalizas, pastos, frutales y viña.

En la superficie, son suelos de colores pardo oscuro, pardo grisáceo muy oscuro, pardo amarillento oscuro y pardo rojizo oscuro en los tonos 10YR, 7,5YR y 5YR, de textura medias y moderadamente gruesas, y en la profundidad son suelos de colores pardo oscuro, pardo amarillento oscuro, pardo rojizo oscuro, pardo grisáceo muy oscuro, negro en tonos 10YR, 7,5YR y 5YR, de texturas moderadamente finas. (Esta Unidad de Suelo está formada por los tipos texturales medios y moderadamente gruesos de las Series del Estudio Agrológico de la Provincia de Colchagua. Ministerio de Agricultura, 1974).

En general, presentan un horizonte superficial entre 11 a 40 cm de grosor, de colores pardo oscuro (10YR 3/3), pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2), pardo oscuro (7,5YR 3/2), pardo rojizo oscuro (5YR 3/2), pardo amarillento oscuro (10YR 3/4 en húmedo; pardo amarillento (10YR 5/4), gris parduzco claro (10YR 6/2), pardo (7,5YR 5/2) en seco; de texturas franco limosa, franco arenosa muy fina, franco arenosa muy fina, y franco arenosa, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo y friable. Sigue a continuación un segundo horizonte de transición de entre 19 a 45 cm de grosor, de colores pardo rojizo oscuro (5YR 3/3), pardo a pardo oscuro (7,5YR 4/2), pardo oscuro (10YR 3/3) en húmedo; pardo (7,5YR 5/2) y pardo (10YR 5/3) en seco, de textura franco arcillo limosa y franco arcillo arenosa, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo y friable. Luego sigue un horizonte B textural entre 15 a 35 cm de grosor, de colores gris rojizo oscuro (5YR 4/2), pardo oscuro (7,5YR 3/2), pardo grisáceo muy oscuro(10YR 3/2), negro a pardo rojizo oscuro (5YR 2/1,5),

pardo oscuro (7,5YR 3/2), en húmedo, pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2), pardo a pardo oscuro (7,5YR 4/2) en seco, de textura granco arcillo limosa a arcillo limosa, franco arcillosa, arcillo gravosa, franco arcillo arenosa, plástico, adhesivo y firme.

En otros grupos de suelos partenecientes a esta misma Unidad, el horizonte superficial está seguido por una estratificación de materiales parentales de entre 73 y 110 cm de grosor de colores pardo oscuro (10YR 3/3), pardo a pardo oscuro (7,5YR 4/2), pardo amarillento oscuro (10YR 3/4) en húmedo, de textura franco arcillo arenosa y franco arcillo limosa, plástico, adhesivo y friable.

Se han identificado tres fases de profundidad:

- Fase muy profunda (donde el estrato inferior aluvial aparece más allá de 150 cm de profundidad) 3.494,2 ha.
- Fase profunda (donde el estrato inferior aluvial aparece entre 100 y 150 cm de profundidad) 886,4 ha.
- Fase moderadamente profunda (donde el estrato inferior aluvial aparece entre 50 y 100 cm de profundidad) 749,6 ha.

Los suelos de esta Unidad rara vez presentan piedras en la superficie.

Los valores de retención de humedad a 1/3 de atmósfera en los primeros 40 cm varían entre 18 y 26%, a 15 atmósfera varían entre 9 y 17%, y el agua es aprovechable en un 9%; en profundidad, los valores aumentan debido al cambio textural, con valores más altos de retención de humedad que a 1/3 de atmósfera fluctúan entre 18 y 41%, a 15 atmósfera varían entre 8 y 27% y el agua es aprovechable entre 10 y 14%.

La materia orgánica varía entre 0,7 y 4,3% en el primer horizonte superficial para bajar de manera marcada hasta 0,1 y 0,4% en la profundidad.

La capacidad de intercambio catiónico presenta variaciones de entre 15,8 y 32,9 me/100 gramos de suelo y el complejo adsortivo está saturado principalmente con calcio y, en menor escala, con magnesio, en especial hacia las capas profundas.

El grado de saturación varía entre 44 y 87%. La reacción del suelo se caracteriza por valores de pH entre 5,3 y 7,0 indicando una reacción moderadamente ácida a neutra. Existe la tendencia de aumento de los valores de pH y de los porcentajes de saturación, en profundidad, pero siempre dentro de los límites ya citados.

Los suelos no presentan ningún problema de salinidad o alcalinidad.

Los minerales arcillosos que predominan son la illita, vermiculita, montmorillonita y caolinita.

En general, los contenidos de nitrógeno y fósforo aprovechable son bajos a medio.

El actual nivel de la fertilidad se puede considerar como medio a alto.

Los factores limitantes de la productividad son el exceso de humedad en aquellos suelos de drenaje imperfecto, la necesidad de racionalizar el uso de fertilizantes y abonos, el porcentaje relativamente alto de gravas y piedras en el perfil, lo cual impide un buen desarrollo radicular en algunos suelos.

Desde el punto de vista taxonómico los suelos de esta Unidad pertenecen a los Ordenes Entisol, Mollisol y Alfisol, Subórdenes fluvents, aqualfs y a los Grandes Grupos Xerofluvents, Haplaqualfs y Haploxeralfs.

Para fines de riego las fases de esta Unidad de Suelo se han clasificado como sigue:

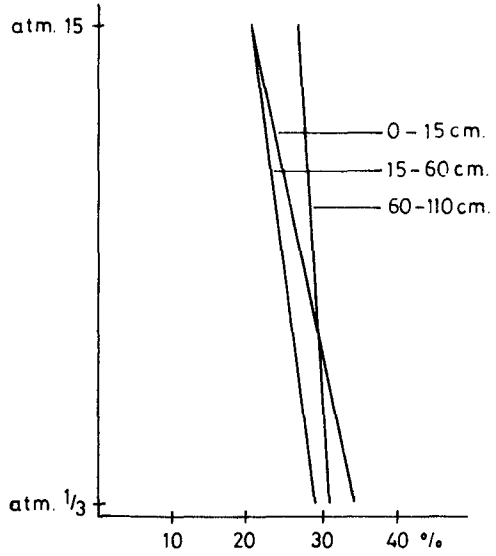
Cuadro I/22: Resumen de clasificación de tierras en clases y subclases de riego

Unidad de Suelo N°12

Fase	Descripción	Clase y Subclase de Riego	ha
12.1.A.3	Muy profunda, de pendiente 0 a 1%, de drenaje bueno	1	3.107,6
12.1.A.4	Muy profunda, de pendiente 0 a 1%, de drenaje moderadamente bueno	1	314,6
12.1.A.5	Muy profunda, de pendiente 0 a 1%, de drenaje imperfecto	2 sd	72,0
12.2.A.3	Profunda, de pendiente 0 a 1%, de drenaje bueno	1	422,4
12.2.A.4	Profunda, de pendiente 0 a 1%, de drenaje moderadamente bueno	1	318,4
12.2.A.5	Profunda, de pendiente 0 a 1%, de drenaje imperfecto	2 sd	145,6
12.3.A.3	Moderadamente profunda, de pendiente 0 a 1%, de drenaje bueno	2 s	484,8
12.3.A.5	Moderadamente profunda, de pendiente 0 a 1% de drenaje imperfecto	2 sd	264,8

UNIDAD DE SUELO Nº12

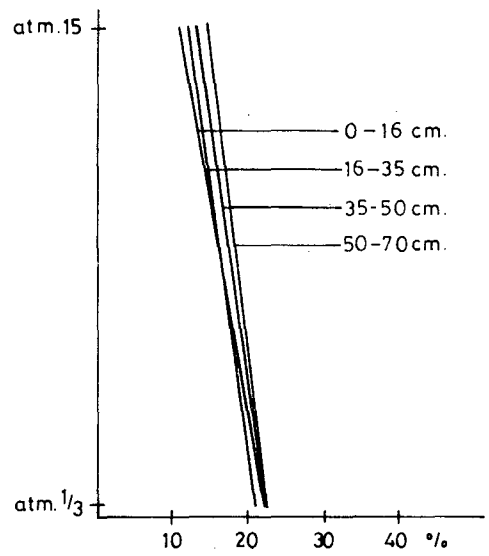
RETENCIONES DE HUMEDAD



PARA LA FASE PROFUNDA
(12.2.A.4)

Fuente: Serie Aytué,
Fase Profunda.
(Estudio Agrológico,
Provincia de Colchagua,
Ministerio de Agricultura,
1974)

Prof. (cm.)	Retención de humedad	
	1/3 atm.	15 atm.
0-15	34	21
15-60	29	21
60-110	31	27
110- y+	-	-

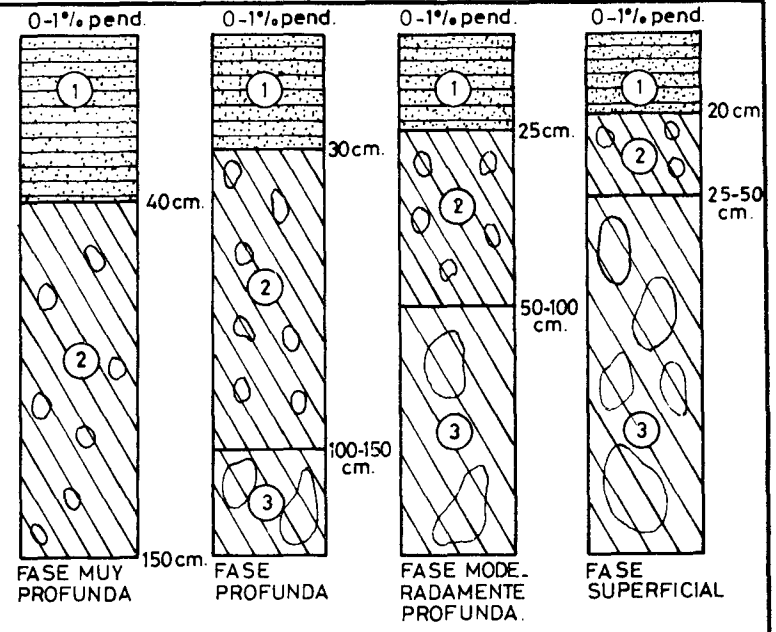


PARA LA FASE MODERADAMENTE PROFUNDA
(12.3.A.3)

Fuente: Serie Antivero,
Fase Moderadamente Profunda.
(Estudio Agrológico,
Provincia de Colchagua,
Ministerio de Agricultura,
1974)

Prof. (cm.)	Retención de humedad	
	1/3 atm.	15 atm.
0-16	22	11
16-35	21	12
35-50	22	13
50-70	22	14

PERFILES DE SUELO



(1) FRANCO LIMOSA, FRANCO ARENOSA MUY FINA, FRANCO ARENOSA FINA Y FRANCO ARENOSA, PARDO OSCURO, PARDO GRISACEO MUY OSCURO, PARDO ROJIZO OSCURO, PARDO AMARILLENTO OSCURO.

(2) FRANCO ARCILLO LIMOSA, FRANCO ARCILLOSA, FRANCO ARCILLO ARENOSA, ARCILLO GRAVOSA, GRIS ROJIZO OSCURO, PARDO OSCURO, PARDO GRISACEO MUY OSCURO, NEGRO O PARDO ROJIZO OSCURO.

(3) SUBSTRATO ALUVIAL DE GRAVAS, PIEDRAS Y BOLONES CON MATRIZ FRANCO ARCILLOSA.

FIG. I-23

DATOS DE INFILTRACION

UNIDAD DE SUELO Nº **12**

PRUEBA DE INFILTRACION Nº **333**

FASE: **12.1.A.3** FUENTE: **M.O.P.**

FECHA :

HUMEDAD : **18.5 %**

COBERTURA:

CLASIFICACION: **1**

REGISTRO DE DATOS
(Promedio de 3 cilindros)

TIEMPO		INFILTRACION				
Horas	Minutos	Parcial (cms.)	Acumulado cms.(Ia.)	Velocidad horaria parcial cm./h(Ivp)	Velocidad horaria acumulada cm./h(Iva)	Velocidad horaria cm./h
	0	-	-	-	-	
	5	2.3	2.3	27.6	27.6	
	10	1.3	3.6	15.6	21.6	
	20	1.8	5.4	10.8	16.2	
	30	1.6	7.0	9.6	14.0	
	45	1.9	8.9	7.6	11.9	
1	60	1.3	10.2	5.2	10.2	10.2
	90	2.2	12.4	4.4	8.3	
2	120	1.8	14.2	3.6	7.1	4.0
3	180	2.9	17.1	2.9	5.7	2.9
4	240	2.3	19.4	2.3	4.9	2.3
				TOTAL 4 HORAS		19.4
				PROMEDIO HORARIO		4.9
				VELOCIDAD FINAL		2.3

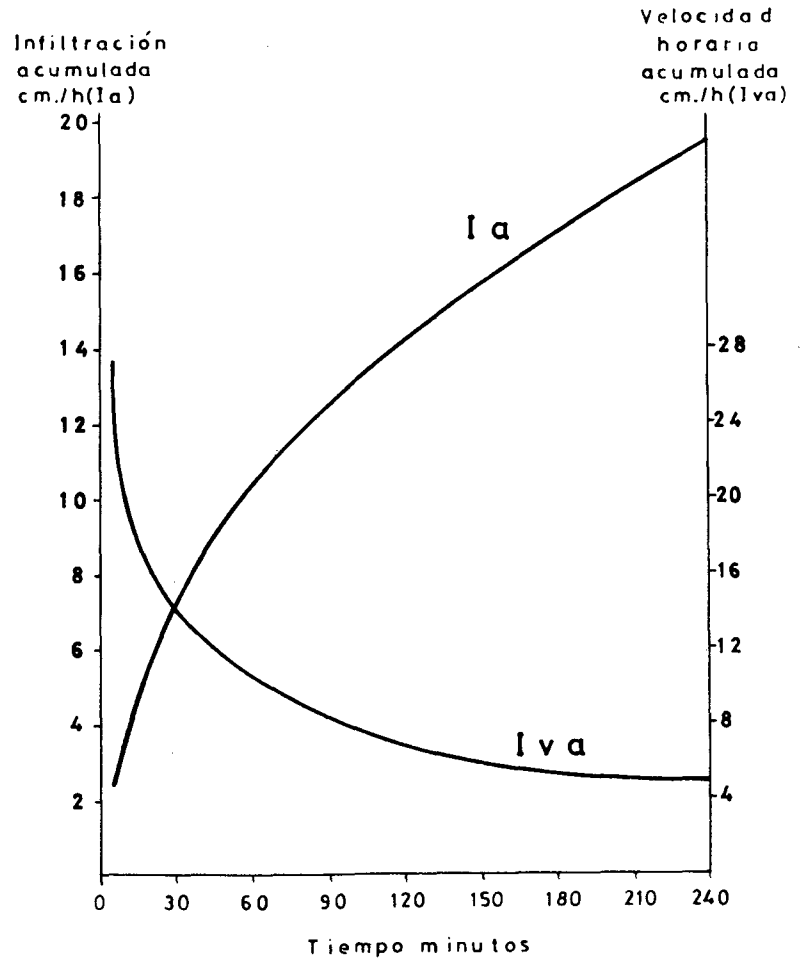


FIG.I-2

Las pruebas de infiltración muestran una velocidad final de 2,3 cm/h con una lámina total de 19,4 cm, infiltrados en 4 horas.

Las fases muy profundas, profundas y moderadamente profundas son aptas para todos los cultivos de la zona, incluso frutales y viña. Son suelos aptos para cereales, chacras (frejoles, maíz, tomates, cebollas, papas), hortalizas (sandías, melones, pepinos, zapallos, lechugas, repollos, coliflor, etc), cultivos industriales (maravilla, tabaco, remolacha), frutales de hoja caduca de arraigamiento profundo y medio y, en algunos sectores, frutales de hoja persistente, especialmente cítricos, viñas y parronales.

La aptitud de la fase superficial, debido a la poca profundidad efectiva del suelo, está limitada a pastos, frejoles cereales y frutales de arraigamiento superficial.

La fase superficial, debido a la poca profundidad efectiva no permite la ejecución de grandes movimientos de tierra, por el peligro que entraña de descubrir el manto de gravas, piedras y bolones del estrato inferior. En consecuencia, es recomendable usar, para los suelos con microtopografía, riegos más frecuentes, pero con menor cantidad de agua a fin de evitar pérdidas por infiltración.

Los métodos de manejo deben evitar la degradación del suelo por exceso de labores y deben tender a la formación y conservación de una estructura más estable, mediante la incorporación de materia orgánica, estiércol, abonos verdes o residuos de cosecha. Asimismo es necesario realizar emparejamientos y nivelaciones para conseguir una distribución más uniforme del agua de riego.

Los abonos químicos nitrogenados y fosfatados son especialmente necesarios. Resulta aconsejable aplicar abonos químicos nitrogenados en dosis limitadas y frecuentes debido a la solubilidad que estos tienen. Debe darse preferencia a fertilizantes poco solubles, que liberen lentamente el nitrógeno y a los tipos amoniacales que son retenidos por el suelo.

Se recomienda aplicar superfosfatos en dosis moderadas.

En los sectores de drenaje imperfecto ha menester un trazado de red de drenaje para eliminar el exceso de humedad y/o mantener el nivel del agua freática a mayor profundidad.

Unidad de Suelo N°13

Suelos aluviales de textura moderadamente fina en todo el perfil limitados por gravas y piedras, de topografía plana, de drenaje bueno, moderadamente bueno e imperfecto, en posición de planicie y terrazas aluviales, sobre sedimentos aluviales de origen andesítico.

La Unidad ocupa 18.647,4 ha, o sea, el 10,4% del área total estudiada y se encuentra situada en la parte oriental y central (en su mayor extensión) del área del Proyecto ocupando grandes extensiones en posición fisiográfica de planicie y terrazas aluviales, originadas principalmente por los sistemas hidrográficos Antivero, Tinguiririca y Chimbarongo. Las pendientes que predominan varían entre 0 y 1%.

El amterial parental está representado por depósitos aluviales de composición mixta, con predominio de la litología andesítica.

El agua freática se encuentra a profundidades mayores de 3 metros y no afecta mayormente al perfil del suelo.

El drenaje externo es lento, el drenaje interno moderadamente rápido, moderadamente lento y lento, y el drenaje natural bueno, moderadamente bueno e imperfecto.

En la actualidad la tierra se destina principalmente a chacras, cereales, hortalizas, pastos, frutales y viña.

Las características morfológicas del perfil son similares a las ya descritas para la Unidad de Suelo N°12, que en el caso de los suelos de esta Unidad son de texturas moderadamente finas: franco arcillo limosa, franco arcillo arenosa y franco arcillosa. (Esta Unidad de Suelo está formada por los tipos texturales moderadamente finos de las Series del Estudio Agrológico de la Provincia de Colchagua - Ministerio de Agricultura, 1974).

Se han identificado tres fases de profundidad:

- Fase muy profunda (donde el estrato inferior aluvial de gravas y piedras no aparece en los primeros 150 cm de profundidad) 13.402,6 ha.
- Fase profunda (donde el estrato inferior aluvial de gravas y piedras aparece entre 100 y 150 cm de profundidad) 2.121.6 ha.
- Fase moderadamente profunda (donde el estrato inferior aluvial de gravas y piedras aparece entre 50 y 100 cm de profundidad) 3.123,2 ha.

Tanto las propiedades físicas como las químicas muestran variaciones respecto de las ya descritas en la Unidad de Suelo N°12, pero no dentro de valores significativos.

Los factores limitantes de la productividad son los mismos ya descritos para la Unidad N°12.

UNIDAD DE SUELO N° 13

PERFILES DE SUELO

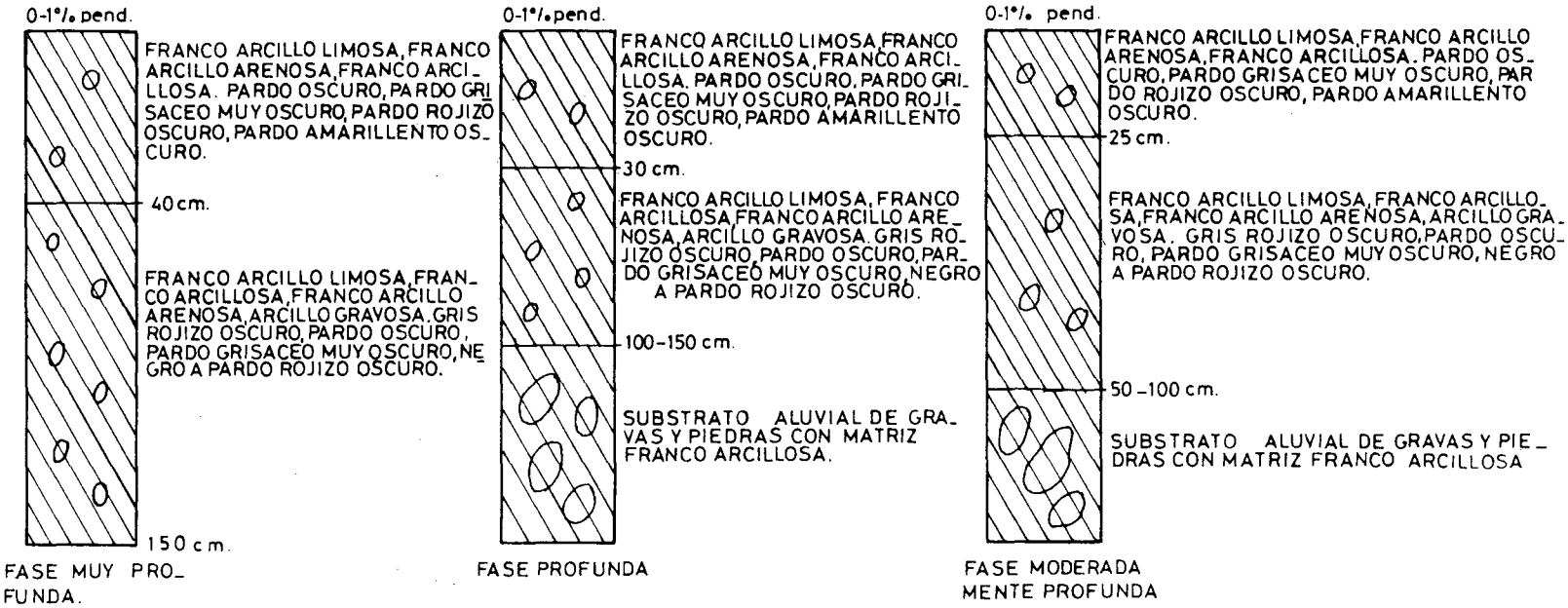


FIG. I-25

DATOS DE INFILTRACION

UNIDAD DE SUELO Nº **13**

PRUEBA DE INFILTRACION Nº **360**

FASE: **13. 2. A. 5** FUENTE: **M.O.P.**

FECHA :

HUMEDAD : **18.5%**

COBERTURA:

CLASIFICACION **2 s d**

REGISTRO DE DATOS
(Promedio de 3 cilindros)

TIEMPO		INFILTRACION				
Horas	Minutos	Parcial (cms.)	Acumulado cms.(Ia.)	Velocidad horaria parcial cm./h(Ivp)	Velocidad horaria acumulada cm./h(Iva)	Velocidad horaria cm./h
	0	-	-	-	-	
	5	2.1	2.1	25.2	25.2	
	10	0.7	2.8	8.4	16.8	
	20	1.4	4.2	8.4	12.6	
	30	1.1	5.3	6.6	10.6	
	45	1.4	6.7	5.6	8.9	
1	60	1.2	7.9	4.8	7.9	7.9
	90	1.7	9.6	3.4	6.4	
2	120	1.6	11.2	3.2	5.6	3.3
3	180	2.3	13.5	2.3	4,5	2.3
4	240	2.0	15.5	2.0	3.9	2.0
				TOTAL 4 HORAS		15.5
				PROMEDIO HORARIO		3.9
				VELOCIDAD FINAL		2.0

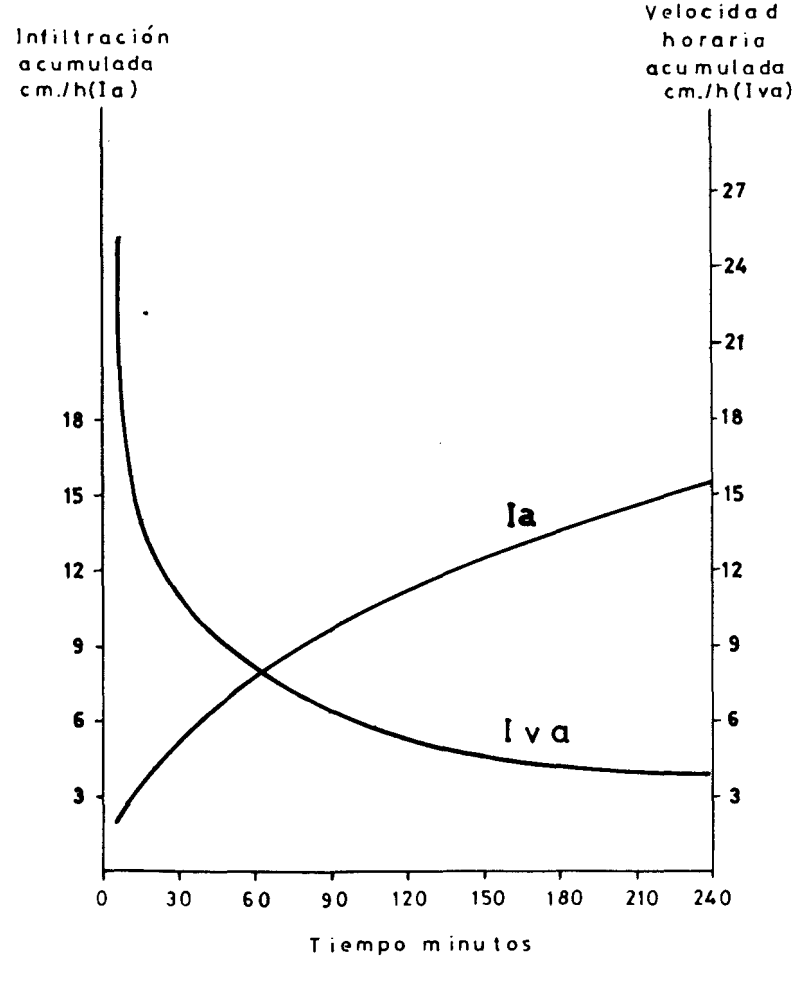


FIG. I-26

Para fines de riego las fases de esta Unidad de Suelo se han clasificado como sigue:

Cuadro I/23: Resumen de clasificación de tierras en clases y subclases de riego

Unidad de Suelo N°13

Fase	Descripción	Clase y Subclase de Riego	ha
13.1.A.3	Muy profunda, de pendiente 0 a 1%, de drenaje bueno	1	4.564,8
13.1.A.4	Muy profunda, de pendiente 0 a 1%, de drenaje moderadamente bueno	1	2.881,2
13.1.A.5	Muy profunda, de pendiente 0 a 1%, de drenaje imperfecto	2 sd	5.956,6
13.2.A.3	Profunda, de pendiente 0 a 1%, de drenaje bueno	1	604,8
13.2.A.4	Profunda, de pendiente 0 a 1%, de drenaje moderadamente bueno	1	1.325,6
13.2.A.5	Profunda, de pendiente 0 a 1%, de drenaje imperfecto	2 sd	891,2
13.3.A.3	Moderadamente profundo, de pendiente 0 a 1%, de drenaje bueno	2 s	1.750,8
13.3.A.4	Moderadamente profunda de pendiente 0 a 1%, de drenaje moderadamente bueno	2 s	208,4
13.3.A.5	Moderadamente profunda, de pendiente 0 a 1%, de drenaje imperfecto	2 sd	464,0

Las pruebas de infiltración muestran una velocidad final de 2,0 cm/h con una lámina total de 15,5 cm infiltrados en 4 horas.

En relación al manejo y a los principios de fertilización que se recomiendan, las recomendaciones ya descritas para la Unidad de Suelo N°12, son también válidas para esta Unidad. En los sectores de drenaje imperfecto es menester considerar un trazado de red de drenaje para mantener el nivel del agua freática a mayor profundidad.

Unidad de Suelo N°14

Suelos aluviales de textura moderadamente fina sobre fina, limitados por gravas y piedras, de topografía plana, de drenaje bueno y moderadamente bueno en posición de planicies aluviales sobre sedimentos aluviales de origen andesítico.

La Unidad ocupa 9.630,0 ha, o sea, el 5,4% del área total estudiada y se encuentra situada en la parte central del área del Proyecto, ocupando grandes extensiones en posición fisiográfica de planicies interfluviales originadas principalmente por los sistemas hidrográficos del Tinguiririca y Chimbarongo. Las pendientes que predominan varían entre 0 y 1%.

El material parental está representado por depósitos aluviales de composición mixta, dominando la litología andesítica.

El agua freática se encuentra a profundidades mayores de 3 metros y no afecta el perfil del suelo.

El drenaje externo es lento, el drenaje interno moderadamente rápido y moderadamente lento y el drenaje natural bueno y moderadamente bueno.

En la actualidad la tierra se destina principalmente a chacras, cereales, hortalizas, pastos, frutales y viña.

En la superficie, son suelos de colores pardo a pardo oscuro y pardo rojizo oscuro, en tonos 10YR, 7,5YR y 5YR y texturas moderadamente finas y en profundidad son suelos de colores pardo a pardo oscuro, pardo rojizo oscuro y negro a pardo rojizo oscuro en tonos 10YR, 7,5YR y 5YR, de texturas finas.

En general, presentan un horizonte superficial entre 12 y 21 cm de grasor, de colores pardo a pardo oscuro (10YR 4/3), pardo oscuro (7,5YR 3/2) y pardo rojizo oscuro (5YR 3/2) en húmedo y gris parduzco claro (10YR 6/2) en seco,; de textura franco arcillo arenosa y franco arcillosa, plástico y adhesivo, friable. Un segundo horizonte de transición entre 11 y 17 cm de grosor de colores pardo oscuro (10YR 3/3), pardo rojizo oscuro (5YR 3/3) en húmedo, de textura franco arcillo arenosa y franco arcillo limosa, plástico y adhesivo, friable. Le sigue un horizonte B texturado entre 51 y 121 cm de grosor, de colores pardo (10YR 5/3), pardo a pardo oscuro (10YR 4/3), pardo rojizo oscuro (5YR 3/2), negro a pardo rojizo oscuro (5YR 2/1,5) en húmedo, de textura arcillo arenosa y arcillo limosa y arcillosa, muy plástico, muy adhesivo, firme.

Se han identificado dos fases de profundidad:

- Fase muy profunda)donde el estrato inferior aluvial aparece más allá de 150 cm de profundidad) 7.890,0 ha.
- Fase moderadamente profunda (donde el estrato inferior aluvial aparece entre 50 y 100 cm de profundidad) 1.740,0 ha.

Los valores de retención de humedad a 1/3 de atmósfera, en los primeros 35 cm de profundidad, varían entre 21 y 41%, a 15 atmósfera entre 10 y 28%, el agua es aprovechable entre 11 y 13%, manteniéndose más o menos constante en profundidad, debido a las texturas finas del subsuelo.

La materia orgánica varía entre 2,0 y 3,4% y baja fuertemente, entre 0,2 y 1,4% en profundidad.

La capacidad de intercambio catiónico presenta variaciones de entre 17,7 y 38,4 me/100 gramos de suelo y en el complejo adsortivo está saturado principalmente con calcio y en menor escala con magnesio.

El grado de saturación varía entre 60 y 87%. La reacción del suelo se caracteriza por valores de pH entre 5,4 y 7,4 indicando una reacción moderadamente ácida a neutra. Existe la tendencia de aumento de los valores de pH y de los porcentajes de saturación, en profundidad, pero siempre dentro de los límites ya citados.

Los suelos no presentan ningún problema de salinidad o alcalinidad.

El mineral arcilloso que predomina es la illita.

En general, los contenidos de nitrógeno y fósforo aprovechable son medianos.

El nivel actual de fertilidad se puede considerar alto.

Los factores limitantes de la productividad son el exceso de humedad en aquellos suelos de drenaje moderadamente bueno y la necesidad de racionalizar el uso de fertilizantes y abonos.

Desde el punto de vista taxonómico los suelos de esta Unidad pertenecen al Orden Alfisol, Suborden xeralfs y Grandes Grupos Haploxeralfs y Palexeralfs.

Para fines de riego las fases de esta Unidad de Suelo se han clasificado como sigue:

Cuadro I/24: Resumen de clasificación de tierras en clases y subclases de riego

Unidad de Suelo N°14

Fase	Descripción	Clase y Subclase de Riego	ha
14.1.A.3	Muy profunda, de pendiente 0 a 1%, de drenaje bueno	1	1.714,8
14.1.A.4	Muy profunda, de pendiente 0 a 1%, de drenaje moderadamente bueno	1	6.175,2
14.3.A.3	Moderadamente profunda, de pendiente 0 a 1%, de drenaje bueno	2 s	458,4
14.3.A.4	Moderadamente profunda, de pendiente 0 a 1%, de drenaje moderadamente bueno	2 s	1.281,6

Las pruebas de infiltración muestran una velocidad final de 2,2 cm/h con una lámina total de 13,9 cm infiltrados en 4 horas.

Las fases muy profundas y moderadamente profundas son aptas para todo cultivo de la zona, principalmente frutales y viña. Son suelos aptos para cereales, chacras (frejoles, papas, maíz, tomates, curahuilla, cebollas), hortalizas (pepinos, lechuga, rabanitos, zanahoria, coliflor, repollo, betarraga, apio, etc), cultivos industriales (en especial tabaco, maravilla, remolacha), frutales de hoja caduca de arraigamiento profundo y medio y frutales de hoja persistente, parronales y viña.

Los métodos de manejo deben evitar la degradación del suelo por exceso de labores y deben tender a la formación y conservación de una estructura más estable, mediante la incorporación de materia orgánica, estiércol, abonos verdes o residuos de cosecha. Es menester asimismo considerar emparejamientos y nivelaciones para conseguir una distribución más uniforme del agua de riego.

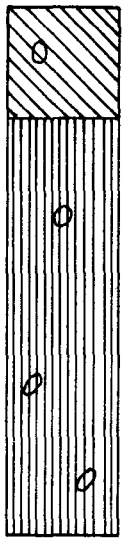
Los abonos químicos nitrogenados y fosfatados son especialmente necesarios. Resulta aconsejable aplicar abonos químicos nitrogenados en dosis limitadas y frecuentes debido a la solubilidad que estos tienen. Debe darse preferencia a fertilizantes poco solubles que liberen lentamente el nitrógeno y a los tipos amoniacales que son retenidos por el suelo.

Se recomienda aplicar superfosfatos en dosis moderadas.

UNIDAD DE SUELO Nº 14

PERFILES DE SUELO

0-1 % pendiente



FRANCO ARCILLO ARENOSA, FRANCO ARCILLOSA, PARDO A PARDO OSCURO, PARDO OSCURO, PARDO ROJIZO OSCURO.

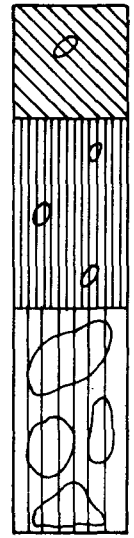
35 cm.

ARCILLO ARENOSA, ARCILLO LIMOSA Y ARCILLOSA, PARDO, PARDO A PARDO OSCURO, PARDO ROJIZO OSCURO Y NEGRO A PARDO ROJIZO OSCURO

150 cm.

FASE MUY PROFUNDA

0-1 % pendiente



FRANCO ARCILLO ARENOSA, FRANCO ARCILLOSA, PARDO A PARDO OSCURO, PARDO OSCURO, PARDO ROJIZO OSCURO

30 cm.

ARCILLO ARENOSA, ARCILLO LIMOSA Y ARCILLOSA, PARDO, PARDO A PARDO OSCURO, PARDO ROJIZO OSCURO Y NEGRO A PARDO ROJIZO OSCURO.

50-100 cm.

SUBSTRATO ALUVIAL DE GRAVAS Y PIEDRAS CON MATRIZ FRANCO ARCILLOSA.

FASE MODERADAMENTE PROFUNDA

FIG. 1-27

DATOS DE INFILTRACION

UNIDAD DE SUELO Nº 14

PRUEBA DE INFILTRACION Nº 259

FASE: 14. 1. A. 4 FUENTE: M.O.P.

FECHA : 5-2-71

HUMEDAD :

COBERTURA:

CLASIFICACION: 1

REGISTRO DE DATOS
(Promedio de 3 cilindros)

TIEMPO		INFILTRACION				
Horas	Minutos	Parcial (cms.)	Acumulado cms.(Ia.)	Velocidad horaria parcial cm./h(Ivp)	Velocidad horaria acumulada cm./h(Iva)	Velocidad horaria cm./h
	0	-	-	-	-	
	5	1.5	1.5	18.0	18.0	
	10	0.6	2.1	7.2	12.6	
	20	1.2	3.3	7.2	9.9	
	30	0.8	4.1	4.8	8.2	
	45	1.0	5.1	4.0	6.8	
1	60	0.8	5.9	3.2	5.9	5.9
	90	1.8	7.7	3.6	5.1	
2	120	1.4	9.1	2.8	4.6	3.2
3	180	2.6	11.7	2.6	3.9	2.6
4	240	2.2	13.9	2.2	3.5	2.2
				TOTAL 4 HORAS		13.9
				PROMEDIO HORARIO		3.5
				VELOCIDAD FINAL		2.2

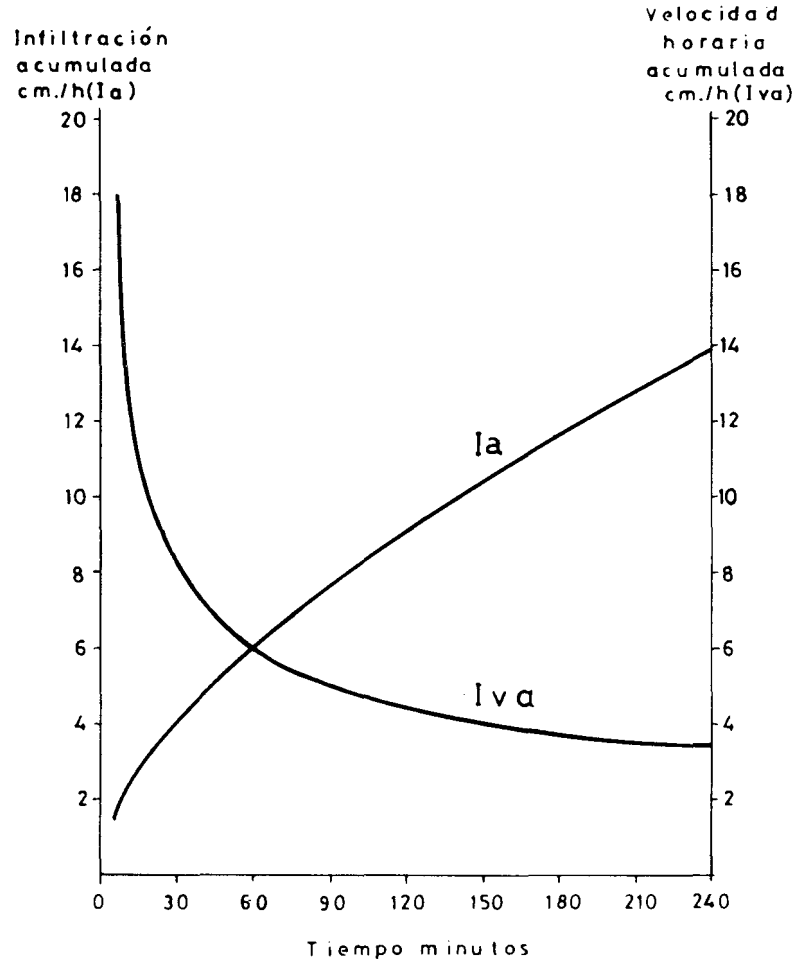


FIG.1-28

niéndose más o menos contantes en profundidad, debido a las texturas finas del subsuelo.

La materia orgánica varía entre 2,1 y 3,7%, para bajar fuertemente entre 0,2 y 1,4 en profundidad.

La capacidad de intercambio catiónico presenta variaciones de entre 17,7 a 39,5 me/100 gramos de suelo y en el complejo adsortivo está saturado principalmente con calcio y, en menor escala, con magnesio, fundamentalmente en profundidad.

El grado de saturación varía entre 57 y 92%. La reacción del suelo se caracteriza por valores de pH entre 5,7 y 7,0 indicando una reacción moderadamente ácida a neutra. Existe la tendencia de aumento de los valores de pH y de los porcentajes de saturación en profundidad, pero siempre dentro de los límites ya citados.

Los suelos no presentan ningún problema de salinidad o alcalinidad. Presentan un ligero moteado ferrugioso en profundidad, en los sectores con humedad superficial.

El minera arcillosos que predomina es la illita.

En general, los contenidos de nitrógeno y fósforo aprovechable son medianos.

El actual nivel de fertilidad se puede considerar moderado.

Los factores limitantes de la productividad son el exceso de humedad y la necesidad de racionalizar el uso de fertilizantes y abonos.

Desde el punto de vista taxonómico los suelos de esta Unidad pertenecen al Orden Alfisol, Subórdenes xeralfs, aqualfs y Grandes Grupos Haploxeralfs y Ochraqualfs.

Para fines de riego las fases de esta Unidad de Suelo se han clasificado como sigue:

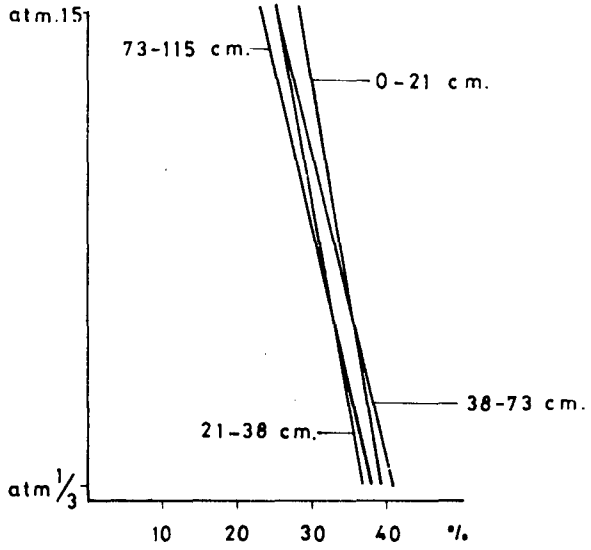
Cuadro I/25: Resumen de clasificación de tierras en clases y subclases de riego

Unidad de Suelo N°15

Fase	Descripción	Clase y Subclase de Riego	ha
15.1.A.4	Muy profunda, de pendiente 0 a 1%, de drenaje moderadamente bueno	2 sd	622,0
15.2.A.4	Profunda, de pendiente 0 a 1%, de drenaje moderadamente bueno	2 sd	48,4

UNIDAD DE SUELO Nº 15

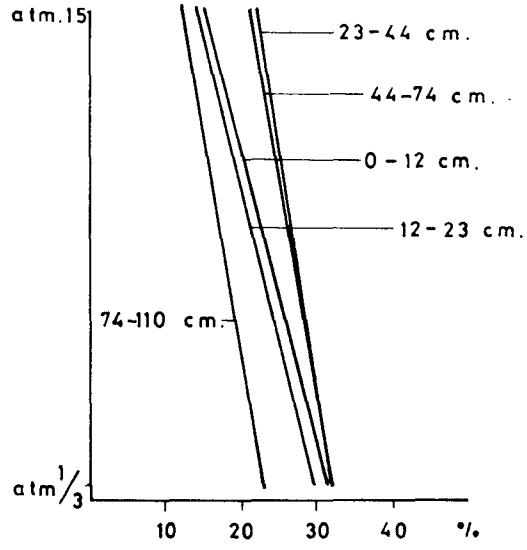
RETENCIONES DE HUMEDAD



PARA LA FASE MUY PROFUNDA
(15.1.A.4)

Fuente: Serie Chépica,
Fase muy Profunda.
(Estudio Agrológico,
Provincia de Colchagua,
Ministerio de Agricultura,
1974)

Prof. cm.	Retención de humedad	
	1/3 atm.	15 atm.
0-21	39	28
21-38	37	25
38-73	41	25
73-115	38	23
y más		



PARA LA FASE PROFUNDA
(15.2.A.4)

Fuente: Serie Quinahue,
Fase Profunda.
(Estudio Agrológico,
Provincia de Colchagua,
Ministerio de Agricultura,
1974)

Prof. cm.	Retención de humedad	
	1/3 atm.	15 atm.
0-12	31	15
12-23	30	14
23-44	32	22
44-74	32	21
74-110	23	12

PERFILES DE SUELO

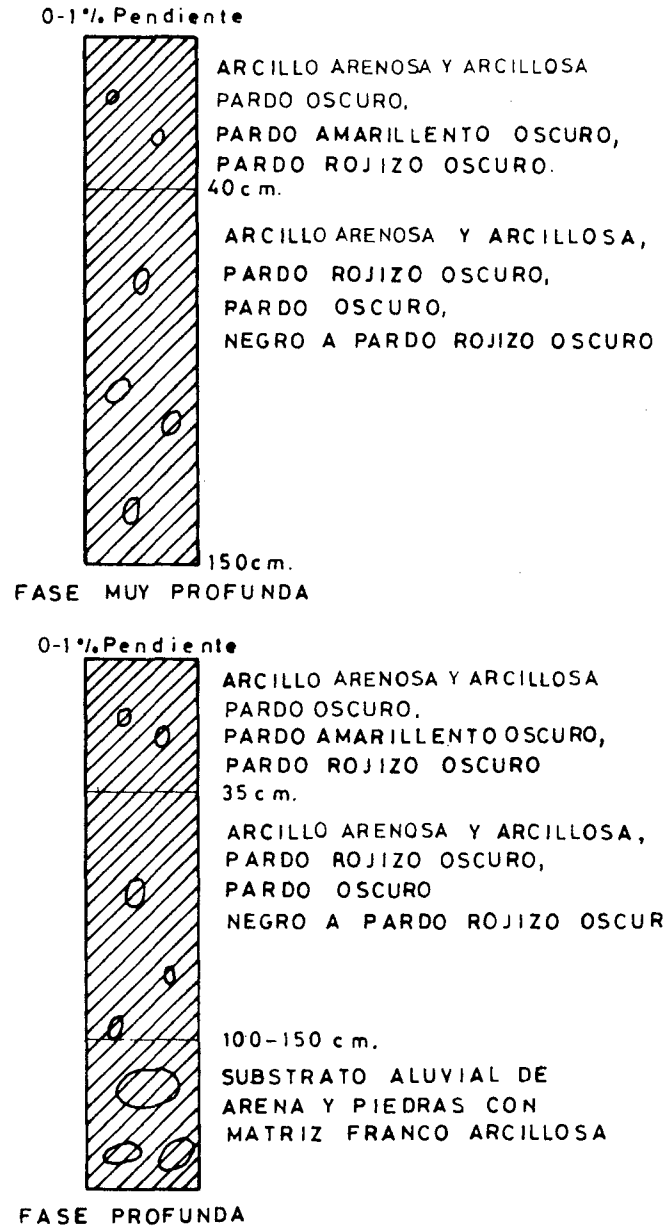


FIG. 1-29

DATOS DE INFILTRACION

UNIDAD DE SUELO Nº **15**

PRUEBA DE INFILTRACION Nº **347**

FASE: **15.1.A.4**

FUENTE: **M.O.P.**

FECHA : **9-12-70**

HUMEDAD : **7.7%**

COBERTURA:

CLASIFICACION **2sd**

REGISTRO DE DATOS
(Promedio de 3 cilindros)

TIEMPO		INFILTRACION				
Horas	Minutos	Parcial (cms.)	Acumulado cms.(Ia.)	Velocidad horaria parcial cm./h(Ivp)	Velocidad horaria acumulada cm./h(Iva)	Velocidad horaria cm./h
	0	-	-	-	-	
	5	0.7	0.7	8.4	8.4	
	10	0.4	1.1	4.8	6.6	
	20	0.4	1.5	2.4	4.5	
	30	0.2	1.7	1.2	3.4	
	45	0.4	2.1	1.6	2.8	
1	60	0.2	2.3	0.8	2.3	2.3
	90	0.4	2.7	0.8	1.8	
2	120	0.4	3.1	0.8	1.6	0.8
3	180	0.5	3.6	0.5	1.2	0.5
4	240	0.6	4.2	0.6	1.1	0.6
				TOTAL 4 HORAS		4.2
				PROMEDIO HORARIO		1.1
				VELOCIDAD FINAL		0.6

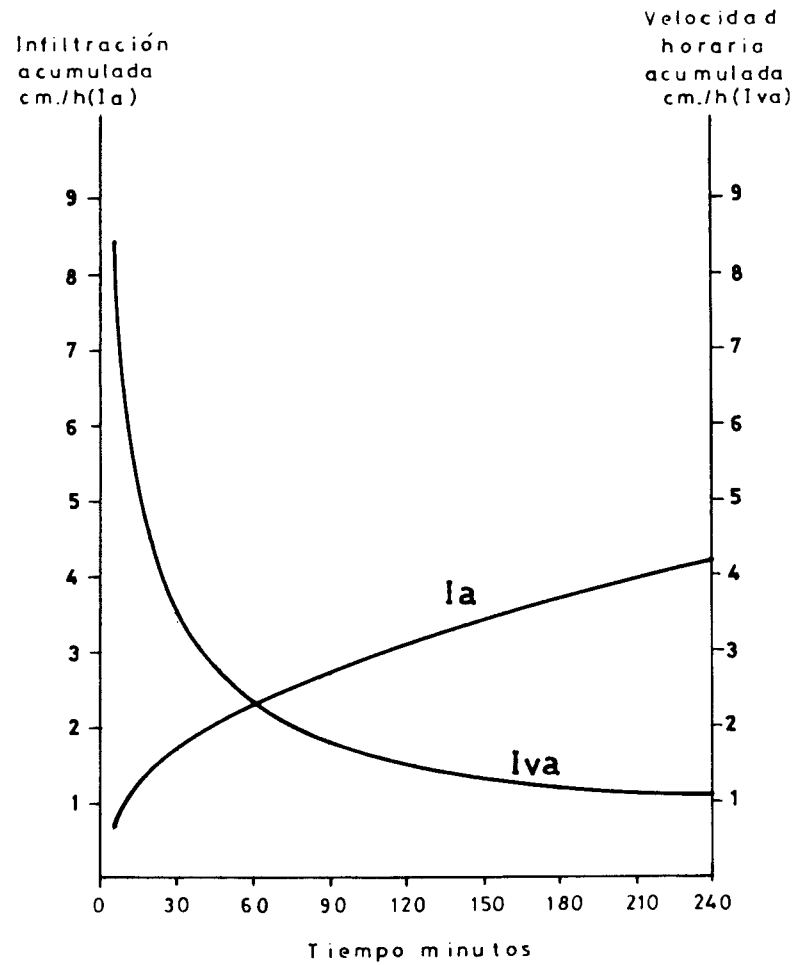


FIG.I-30

Las pruebas de infiltración muestran una velocidad final de 0,6 cm/h con una lámina total de 4,2 cm infiltrados en 4 horas.

La prueba de conductividad hidráulica en campo, por el método de pozo barrenado, indica un valor de 0,56 m/día o de 2,33 cm/h, lo cual denota una permeabilidad mediana.

Las fases muy profundas y profundas son aptas para todos los cultivos de la zona, incluso frutales y viñas. Son suelos aptos para cereales, chacras (frejoles, papa, maíz, tomate, cebolla, curahuilla), hortalizas (pepino, lechuga, rabanito, zanahoria, coliflor, repollo, betarraga, apio, etc), cultivos industriales (tabaco, maravilla, remolacha), frutales de hoja caduca de arraigamiento profundo, frutales de hoja persistente, parronales y viña, siempre que se elimine el exceso de humedad.

Los métodos de manejo deben evitar la degradación del suelo por exceso de labores y deben tender a la formación y conservación de una estructura más estable, mediante la incorporación de materia orgánica, estiércol, abonos verdes o residuos de cosecha. Es menester, asimismo, considerar los emparejamientos y nivelaciones para conseguir una distribución más uniforme del agua de riego. Es necesario también establecer una red de drenaje para eliminar el exceso de humedad.

Los abonos químicos nitrogenados y fosfatados son especialmente indispensables. Resulta aconsejable aplicar abonos químicos nitrogenados en dosis limitadas y frecuentes debido a la solubilidad que estos tienen. Debe darse preferencia a fertilizantes poco solubles que liberen lentamente el nitrógeno y a los tipos amoniacales que son retenidos por el suelo.

Se recomienda aplicar superfosfatos en dosis moderadas.

Unidad de Suelo N°16

Suelos aluviales de textura moderadamente gruesa y media gravillosa sobre gruesa y muy gruesa gravillosas y pedregosas, limitados por gravas, guijarros y piedras, de topografía plana y ligeramente inclinada, de drenaje excesivo y algo excesivo, en posición de terrazas aluviales recientes, sobre sedimentos aluviales de origen granítico.

La Unidad ocupa 6.643,2 ha, o sea, el 3,7% del área total estudiada y se encuentra situada en la parte oriental del área del Proyecto, ocupando áreas significativas, en posición fisiográfica de terrazas aluviales recientes formadas principalmente en los valles intermontanos de la costa, en especial en el valle de Nilahue. Las pendientes que predominan varían entre 0 y 3%.

El material parental está representado por depósitos aluviales recientes de composición litológica granítica y granodiorítica altamente meteorizada.

En la actualidad la tierra se destina fundamentalmente a cereales, chacras, pastos y viña.

El agua freática se encuentra a profundidades mayores de 3 metros y no afecta al perfil del suelo.

El drenaje externo es lento hasta moderadamente rápido, el drenaje interno muy rápido y rápido y el drenaje natural excesivo y algo excesivo.

En la superficie son suelos de colores pardo a pardo oscuro, pardo grisáceo muy oscuro y pardo amarillento oscuro en tono 10YR, de texturas moderadamente gruesa y media gravillosa y en la profundidad son suelos de colores pardo oscuro, pardo pálido, pardo grisáceo oscuro y pardo a pardo oscuro en tonos 10YR y 7,5YR, de texturas gruesas y muy gruesas gravillosas y pedregosas. (Esta Unidad de Suelo está formada por los tipos texturales moderadamente gruesos y medio gravillosos de las Series del Estudio Agrológico de la Provincia de Colchagua, Ministerio de Agricultura, 1974).

En general, presentan un horizonte A de entre 10 y 36 cm de grosor de colores pardo a pardo oscuro (10YR 4/3), pardo grisáceo muy oscuro (10YR 4/3), pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2), pardo amarillento oscuro (10YR 4/4) en húmedo, de texturas franco arenosa, franco arenosa gruesa a franco arcillo arenosa gruesa y franca, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo y friable. Le sigue una estratificación de materiales parentales de entre 36 y 115 cm de grosor de colores pardo oscuro (10YR 6/3), pardo grisáceo oscuro a pardo (10YR 4,5/3), pardo grisáceo (10YR 5/2), pardo a pardo oscuro (7,5YR 4/4) y pardo amarillento (10YR 5/4), en húmedo de texturas franco arenosa, franco arenosa gruesa, areno francosa gravillosa, aumentando en profundidad, no plástico, no adhesivo y friable.

Se han identificado tres fases de profundidad:

- Fase muy profunda (donde el estrato inferior aluvial de gravas y piedras aparece más allá de 150 cm de profundidad) 1.913,6 ha.
- Fase profunda (donde el estrato inferior aluvial de gravas y piedras aparece entre 100 y 150 cm de profundidad) 3.860,4 ha.
- Fase moderadamente profunda (donde el estrato inferior aluvial de gravas y piedras aparece entre 50 y 100 cm de profundidad) 869,2 ha.

Es muy poco frecuente la presencia de piedras que interfieren con el laboreo en la superficie.

Los valores de retención de humedad a 1/3 atmósfera en los primeros 30 cm de profundidad varían entre 13 y 24%, a 15 atmósfera entre 6 y 13%, y el agua aprovechable fluctúa entre 7 y 11%, para luego decrecer irregularmente en profundidad, dependiendo de la textura del material parental estratificado con valores de retención de humedad a 1/3 de atmósfera entre 3 y 20%, a 15 atmósfera entre 2 y 11%, y el agua aprovechable fluctúa entre 1 y 9%.

La materia orgánica varía entre 0,3 y 1,8%, pero disminuye en forma irregular en profundidad entre 0,1 y 0,7%.

La capacidad de intercambio catiónico presenta variaciones de entre 7,4 y 19,2 me/100 gramos de suelo y el complejo adsortivo está saturado principalmente por calcio.

El grado de saturación varía entre 36 y 68%. La reacción del suelo se caracteriza por valores de pH que fluctúan entre 5,6 y 6,0, indicando una reacción moderadamente ácida. Existe la tendencia de aumento de los valores de pH y de los porcentajes de saturación en profundidad, pero siempre dentro de los límites ya citados.

Los suelos no presentan ningún problema de salinidad o alcalinidad. Presentan moteados ferruginosos prominentes debido a inundaciones periódicas, principalmente en invierno y que se deben a obstrucciones en el drenaje natural.

El mineral arcilloso que predomina es principalmente vermiculita.

En general, los contenidos de nitrógeno y fósforo son bajos.

El actual nivel de fertilidad se puede considerar de mediano a bajo.

Los factores limitantes de la productividad son la textura gruesa en todo el perfil, el alto porcentaje de gravillas y gravas, la baja retención de humedad, la rápida infiltración, el bajo contenido de materia orgánica y nutrientes y la exposición a inundaciones.

Desde el punto de vista taxonómico los suelos de esta Unidad pertenecen al Orden Entisols, Subórdenes orthents, fluvents y Grandes Grupos Xerorthents y Xerofluvents.

Para fines de riego las fases de esta Unidad se han clasificado como sigue:

Cuadro I/26: Resumen de clasificación de tierras en clases y subclases de riego

Unidad de Suelo N°16

Fase	Descripción	Clase y Subclase de Riego	ha
16.1.A.2	Muy profunda, de pendiente 0 a 1%, algo excesivamente drenado	2 s	1.913,6
16.2.A.2	Profunda, de pendiente 0 a 1%, algo excesivamente drenado	2 s	3.158,4
16.2.B.2	Profunda, de pendiente 0 a 3%, algo excesivamente drenado	2 st	702,0
16.3.A.1	Moderadamente profunda, de pendiente 0 a 1%, excesivamente drenado	3 s	442,8
16.3.B.1	Moderadamente profunda, de pendiente 1 a 3%, excesivamente drenado	3 st	426,4

Las pruebas de infiltración, muestran una velocidad final de 6,0 cm/h con una lámina total de 365 cm infiltrados en 4 horas.

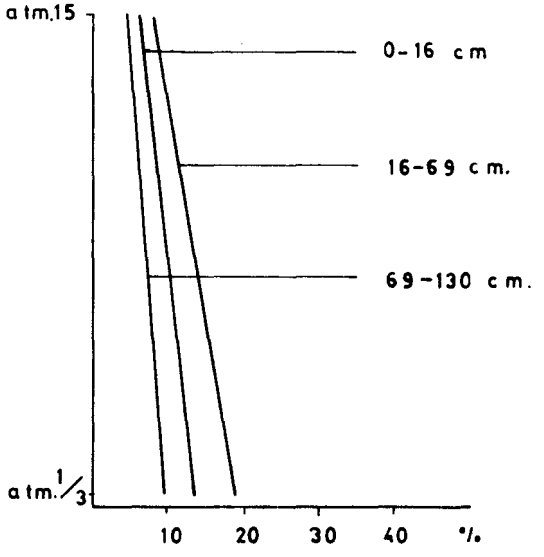
Las fases muy profundas, profundas y moderadamente profundas, son aptas para algunos cultivos de la zona, incluso viñas. Son suelos aptos para cereales, chacras (garbanzos, maíz, cebolla), empastadas y viñas.

Los métodos de manejo deben evitar la degradación del suelo por exceso de labores y deben tender a la formación y conservación de una estructura estable, por incorporación de grandes cantidades de materia orgánica, estiércol, abonos verdes o residuos de cosehca. Se hacen necesaria medidas más intensas de conservación en aquellos suelos con pendiente de 1 a 3%, debido a la naturaleza más fácilmente erosionable del suelo. También es necesario orientar las araduras y trabajos culturales en sentido paralelo a las curvas de nivel, revestir los canales para evitar pérdidas por infiltración y eliminar el exceso de humedad en aquellos lugares con problemas de drenaje.

Los abonos químicos nitrogenados y fosfatados son especialmente necesarios. Resulta acosejable aplicar abonos químicos nitrogenados en dosis limitadas y frecuentes debido a la solubilidad que estos tienen y

UNIDAD DE SUELO Nº 16

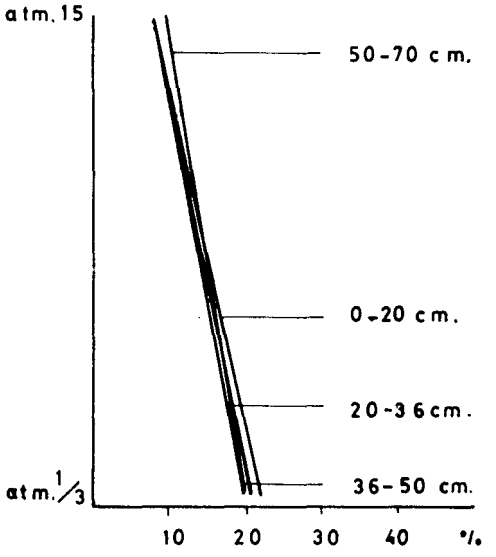
RETENCIONES DE HUMEDAD



PARA LA FASE MUY PROFUNDA
(16.1.A.2)

Fuente: Serie Marchant,
Fase muy Profunda.
(Estudio Agrológico,
Provincia de Colchagua,
Ministerio de Agricultura,
1974)

Prof. cm.	Retención de humedad	
	1/3 atm.	15 atm.
0-16	13	6
16-69	19	8
69-130	9	5

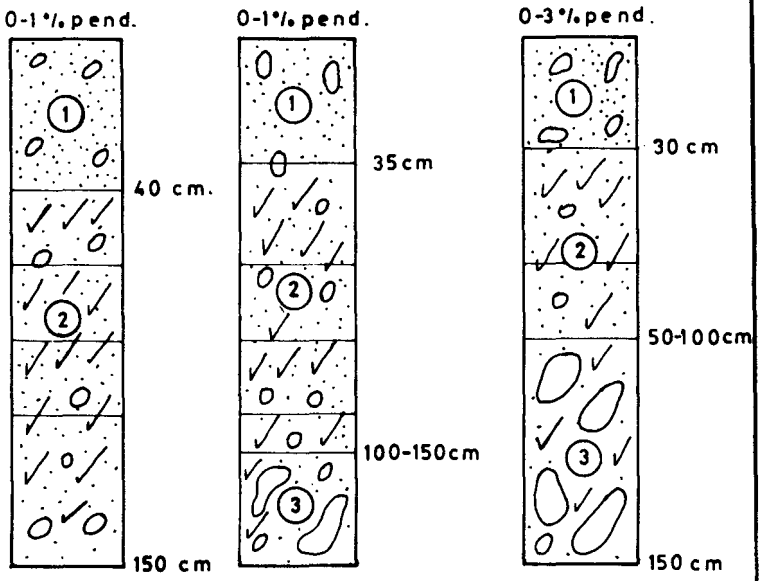


PARA LA FASE MODERADAMENTE PROFUNDA
(16.3.A.1)

Fuente: Serie Malambo,
Fase Moderadamente Profunda.
(Estudio Agrológico,
Provincia de Colchagua,
Ministerio de Agricultura,
1974)

Prof. cm.	Retención de humedad	
	1/3 atm.	15 atm.
0-20	22	8
20-36	21	8
36-50	20	8
50-70	20	9

PERFILES DE SUELO



FASE MUY PROFUNDA

FASE PROFUNDA

FASE MODERADAMENTE PROFUNDA

(1) FRANCO ARENOSA, FRANCO ARENOSA GRUESA, FRANCO ARCILLA ARENOSA GRUESA Y FRANCO PARDO A PARDO OSCURO, PARDO GRISACEO MUY OSCURO Y PARDO AMARILLENTO OSCURO

(2) FRANCO ARENOSA, FRANCO ARENOSA GRUESA, ARENO FRANCOSA GRAVILLOSA, PARDO OSCURO, PARDO PALIDO, PARDO GRISACEO OSCURO A PARDO, PARDO GRISACEO, PARDO AMARILLENTO.

(3) SUBSTRATO ALUVIAL DE GRAVAS Y PIEDRAS CON MATRIZ ARENO FRANCOSA Y FRANCO ARENOSA.

FIG.I-31

DATOS DE INFILTRACION

UNIDAD DE SUELO Nº 16

PRUEBA DE INFILTRACION Nº I.M.3

FASE: 16. 1. A. 2 FUENTE: PRUEBA DE CAMPO

FECHA : 14-5-77

HUMEDAD : HUMEDO

COBERTURA:

CLASIFICACION: 2s

REGISTRO DE DATOS
(Promedio de 3 cilindros)

TIEMPO		INFILTRACION				
Horas	Minutos	Parcial (cms.)	Acumulado cms.(Ia.)	Velocidad horaria parcial cm./h(Ivp)	Velocidad horaria acumulada cm./h(Iva)	Velocidad horaria cm./h
	0	-	-	-	-	
	5	2.6	2.6	31.2	31.2	
	10	1.9	4.5	22.8	27.0	
	20	3.3	7.8	19.8	23.4	
	30	2.6	10.4	15.6	20.8	
	45	3.2	13.6	12.8	18.1	
1	60	3.0	16.6	12.0	16.6	16.6
	90	4.6	21.2	9.2	14.1	
2	120	3.3	24.5	6.6	12.2	7.9
3	180	6.0	30.5	6.0	10.2	6.0
4	240	6.0	36.5	6.0	9.1	6.0
				TOTAL 4 HORAS		36.5
				PROMEDIO HORARIO		9.1
				VELOCIDAD FINAL		6.0

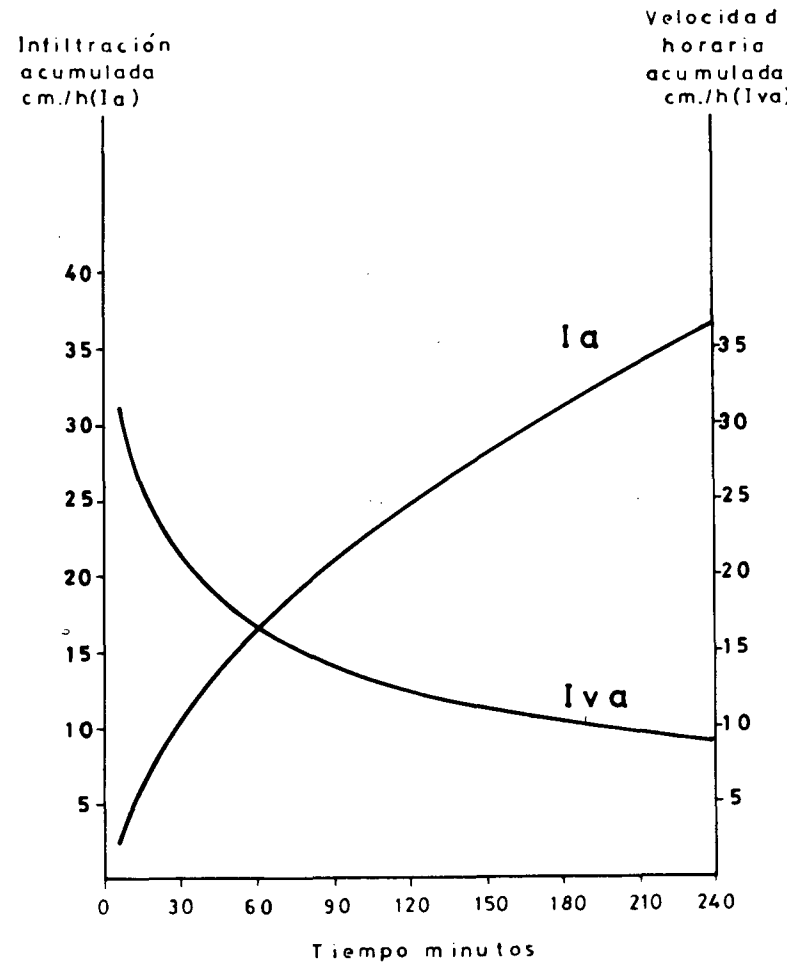


FIG.I-31

a las texturas del suelo. Debe darse preferencia a los fertilizantes poco solubles que liberen lentamente el nitrógeno y a los tipos amoniacales que son retenidos por el suelo.

Se recomienda aplicar superfosfatos en dosis moderadas. En razón de la acidez del suelo, las aplicaciones de carbonato de calcio contribuyen a neutralizar el poder fijador y mejorar las condiciones físicas y de fertilidad del suelo.

Unidad de Suelo N°17

Suelos aluviales de textura moderadamente fina gravillosa sobre gruesa y muy gruesa gravillosa y pedregosa, limitado por gravas, guijarros y piedras, de topografía plana y ligeramente inclinada, de drenaje bueno y moderadamente bueno, en posición de terrazas aluviales recientes sobre sedimentos aluviales de origen granítico.

La Unidad ocupa 517,2 ha, o sea, el 0,3% del área total estudiada y se encuentra situada en la parte oriental del área del Proyecto, ocupando áreas significativas en posición fisiográfica de terrazas aluviales recientes formadas principalmente en los valles intermontanos de la Costa, y muy especialmente en el Valle de Nilahue. Las pendientes que predominan varían entre 0 y 3%.

El material parental está representado por depósitos aluviales recientes de composición litológica granítica y granodiorítica altamente meteorizada.

El agua freática se encuentra a profundidades mayores de 3 metros y no afecta el perfil del suelo.

El drenaje externo es lento hasta moderadamente rápido, el drenaje interno moderadamente rápido y el drenaje natural bueno y moderadamente bueno.

En la actualidad la tierra se destina principalmente a cereales, algo de chacras, pastos y viñas.

Las características morfológicas del perfil son similares a las ya descritas para la Unidad de Suelo N°16, los que, en el caso de los suelos de esta Unidad, son de texturas moderadamente fina gravillosas: franca arcillo limosa, franco arcillo arenosa, franco arcillosa. (Esta Unidad de Suelo está formada por los tipos texturales moderadamente finos de las Series del Estudio Agrológico de la Provincia de Colchagua, Ministerio de Agricultura, 1974).

Se han identificado tres fases por profundidad:

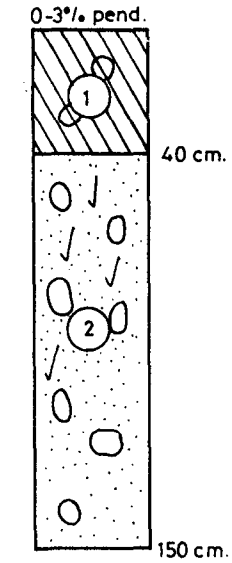
- Fase muy profunda (donde el estrato inferior aluvial de gravas y piedras no aparece en los primeros 150 cm de profundidad) 212,8 ha.
- Fase profunda (donde el estrato inferior aluvial de gravas y piedras aparece entre 100 y 150 cm de profundidad) 108,0 ha.
- Fase moderadamente profunda (donde el estrato inferior aluvial de gravas y piedras entre 50 y 100 cm de profundidad) 96,4 ha.

Tanto las propiedades físicas como las químicas muestran variaciones en composición respecto de las descritas para la Unidad de Suelo N°16, pero no dentro de valores significativos.

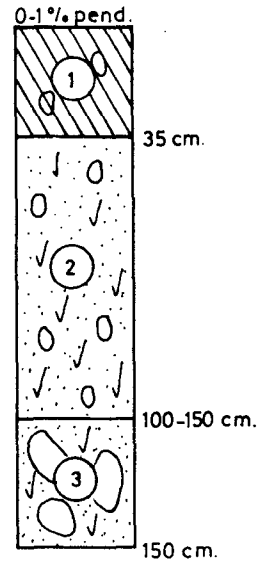
Los factores limitantes de la productividad son los mismos ya descritos para la Unidad N°16.

UNIDAD DE SUELO Nº 17

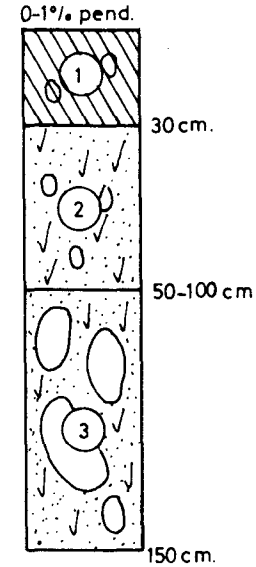
PERFILES DE SUELO



FASE MUY PRO_
FUNDA.



FASE PROFUNDA



FASE MODERADA_
MENTE PROFUNDA.

(1) FRANCO ARCILLO LIMOSA, FRANCO ARCILLO ARENOSA Y FRANCO ARCILLOSA. PARDO A PARDO OSCURO, PARDO GRISACEO MUY OSCURO, PARDO AMARILLENTO OSCURO.

(2) FRANCO ARENOSA, FRANCO ARENOSA GRUESA, ARENO FRANCOSA GRAVILLOSA, PARDO OSCURO, PARDO PALIDO, PARDO GRI_SACEO OSCURO A PARDO, PARDO GRISACEO, PARDO AMARILLENTO.

(3) SUBSTRATO ALUVIAL DE GRAVAS Y PIEDRAS CON MATRIZ ARENO FRANCOSA Y FRANCO ARENOSA.

FIG. I-33

DATOS DE INFILTRACION

UNIDAD DE SUELO Nº 17

PRUEBA DE INFILTRACION Nº101

FASE: 17.1.A.4 FUENTE: M.O.P.

FECHA :

HUMEDAD : 6.73%

COBERTURA:

CLASIFICACION

2s

REGISTRO DE DATOS
(Promedio de 3 cilindros)

TIEMPO		INFILTRACION				
Horas	Minutos	Parcial (cms.)	Acumulado cms.(Ia.)	Velocidad horaria parcial cm./h(Ivp)	Velocidad horaria acumulada cm./h(Iva)	Velocidad horaria cm/h
	0	-	-	-	-	
	5	3.0	3.0	36.0	36.0	
	10	1.5	4.5	18.0	27.0	
	20	2.0	6.5	12.0	19.5	
	30	1.7	8.2	10.2	16.4	
	45	2.0	10.2	8.0	13.6	
1	60	1.9	12.1	7.6	12.1	12.1
	90	3.0	15.1	6.0	10.1	
2	120	2.6	17.7	5.2	8.8	5.6
3	180	4.4	22.1	4.4	7.4	4.4
4	240	3.3	25.4	3.3	6.4	3.3
				TOTAL 4 HORAS		25.4
				PROMEDIO HORARIO		6.4
				VELOCIDAD FINAL		3.3

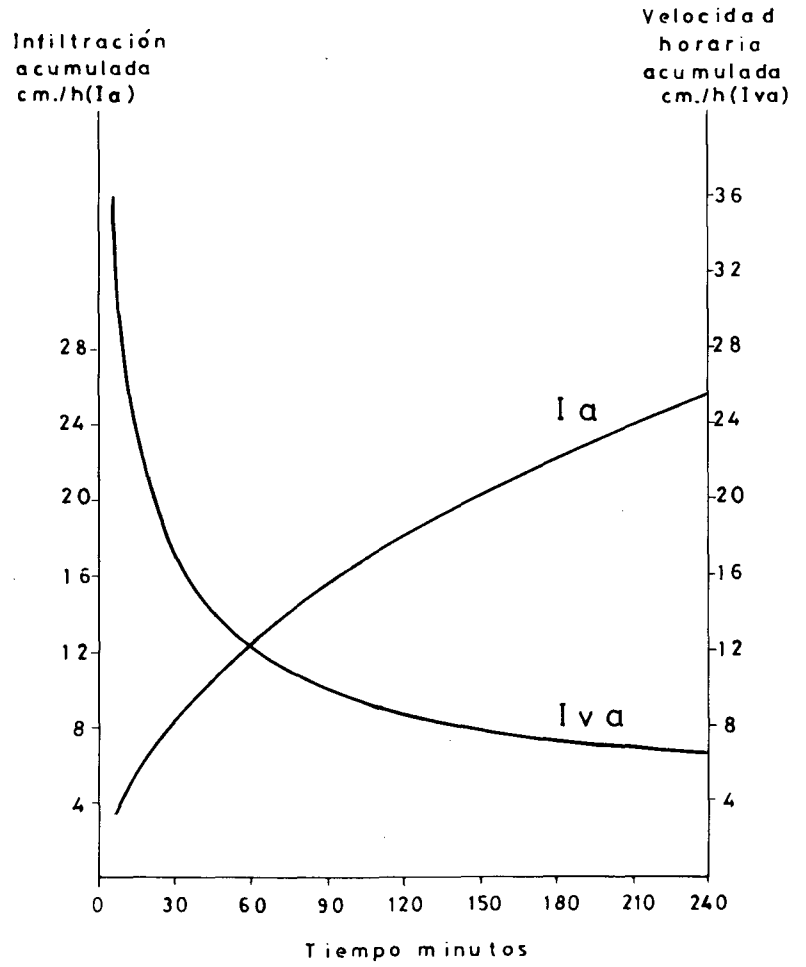


FIG. I-3

Para fines de riego las fases de esta Unidad de Suelo se han clasificado como sigue:

Cuadro I/27: Resumen de clasificación de tierras en clases y subclases de riego
Unidad de Suelo N°17

Fase	Descripción	Clase y Subclase de Riego	ha
17.1.A.4	Muy profunda, de pendiente 0 a 1%, de drenaje moderadamente bueno	2 s	212,8
17.2.A.4	Profunda, de pendiente 0 a 1%, de drenaje moderadamente bueno	2 s	208,0
17.3.A.3	Moderadamente profunda, de pendiente 0 a 1%, de drenaje moderadamente bueno	3 s	96,4

Las pruebas de infiltración muestran una velocidad final de 3,3 cm/h con una lámina de 25,4 cm infiltrados en 4 horas.

En relación al manejo y a los principios de fertilización que se recomiendan, estos son los mismos ya indicados para la Unidad de Suelo N°16.

Unidad de Suelo N°18

Suelos aluviales de textura moderadamente gruesa y media sobre moderadamente finas, limitados por gravas y piedras, de topografía plana y ligeramente inclinada, de drenaje bueno y moderadamente bueno, en posición de terrazas aluviales sobre sedimentos aluviales de origen granítico.

La Unidad ocupa 6.428,8 ha, o sea, el 3,6% del área total estudiada y se encuentra situada en la parte oriental del área del Proyecto, ocupando áreas significativas en posición fisiográfica de terrazas aluviales recientes formadas principalmente en los valles intermontanos de la Costa, y muy especialmente en los valles de Nilahue y Pumanque. Las pendientes que predominan varían entre 0 y 3%.

El material parental está representado por depósitos aluviales recientes de composición litológica granítica y granodiorítica altamente meteorizada.

El agua freática se encuentra a profundidades mayores de 3 metros y no afecta el perfil del suelo.

El drenaje externo es lento hasta moderadamente rápido, el drenaje interno moderadamente rápido y el drenaje natural bueno y moderadamente bueno.

En la actualidad la tierra se destina principalmente a cereales, algo de chacras, pastos y viña.

En la superficie son suelos de colores pardo amarillento oscuro, pardo oscuro y pardo grisáceo oscuro en tonos 10YR y 7,5YR, de texturas moderadamente gruesas y medias y en profundidad son suelos de colores pardo a pardo oscuro, pardo, pardo rojizo oscuro y pardo fuerte en tonos 10YR, 7,5YR y 5YR, de texturas moderadamente finas. (Esta Unidad de Suelo está formada por los tipos texturales moderadamente gruesos y medios de las Series del Estudio Agrológico de la Provincia de Colchagua, Ministerio de Agricultura, 1974).

En general, presenta un horizonte superficial de entre 12 y 38cm de grosor, de colores pardo amarillento oscuro (10YR 4/4), pardo oscuro (10YR 3/3), pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2), pardo oscuro (7,5YR 3/2) en húmedo; de colorespardo amarillento claro (10YR 6/4, pardo pálido (10YR 6/3) en seco, de texturas franca y franco arenosa, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo, friable. En su mayor parte, le sigue una estratificación de materiales parentales, a excepción del suelo Pumanque que presenta un horizonte B Cámbico, de entre 38 y 130 cm de grosor de colores pardo a pardo oscuro (7,5YR 4/4), pardo oscuro (7,5YR 3/2), pardo (10YR 5/3), pardo rojizo oscuro (5YR 3/3), pardo fuerte (7,5YR 5/6) en húmedo; pardo amarillento (10YR 5/4), pardo pálido (10YR 6/3) en seco, de textura franco arcillo arenosa y franco arcillosa, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo a plástico y adhesivo, friable.

Se han identificado tres fases de profundidad:

- Fase muy profunda (donde el estrato inferior aluvial de gravas y piedras aparece más allá de 150 cm de profundidad) 3.336,8 ha.
- Fase profunda (donde el estrato inferior aluvial de gravas y piedras aparece entre 100 y 150 cm de profundidad) 2.789,2 ha.
- Fase superficial (donde el estrato inferior aluvial de gravas y piedras aparece entre 25 y 50 cm de profundidad) 302,8 ha.

No es muy frecuente la presencia de piedras en la superficie y que interfieran con el laboreo.

Los valores de retención de humedad a 1/3 de atmósfera en los primeros 40 cm de profundidad varían entre 11 y 26%, a 15 atmósfera fluctúan entre 5 y 12%, y el agua aprovechable fluctúa entre 6 y 14%, manteniéndose más o menos constante en profundidad.

La materia orgánica varía entre 1,0 y 2,5%, pero disminuye regularmente en profundidad llegando a valores de entre 0,2 y 0,6%.

La capacidad de intercambio catiónico presenta variaciones de entre 8,8 y 17,8 me/100 gramos de suelo y el complejo adsortivo está saturado principalmente por calcio.

El grado de saturación varía entre 23 y 76%. La reacción del suelo se caracteriza por valores de pH entre 4,6 y 6,0 indicando una reacción fuertemente ácida a moderadamente ácida. Existe la tendencia de aumento de los valores de pH y de los porcentajes de saturación en profundidad, pero siempre dentro de los límites ya citados.

Los suelos no presentan ningún problema de salinidad o alcalinidad. El suelo de Pumanque presenta un estrato de concreciones férrico-manganésica y gravilla entre los 58 y 82 cm de grosor, con matriz arcillosa.

El mineral arcilloso que predomina es principalmente caolinita.

En general, los contenidos de nitrógeno y fósforo aprovechable son bajos.

El actual nivel de fertilidad se puede considerar de bajo a medio.

Los factores limitantes de la productividad son las texturas moderadamente gruesas, la pendiente, el bajo contenidos de materia orgánica y nutrientes, la exposición a inundaciones y la naturaleza del material parental.

Desde el punto de vista taxonómico los suelos de esta Unidad pertenecen al Orden Entisol y Alfisol, el Suborden fluvents y xeralfs y a el Gran Grupo Xerofluvents y Durixeralfs.

Para fines de riego las fases de esta Unidad se han clasificado como sigue:

Cuadro I/28: Resumen de clasificación de tierras en clases y subclases de riego

Unidad de Suelo N°18

Fase	Descripción	Clase y Subclase de Riego		ha
18.1.A.4	Muy profunda, de pendiente 0 a 1%, de drenaje moderadamente bueno	2	s	3.134,8
18.1.B.3	Muy profunda, de pendiente 1 a 3%, drenaje bueno	2	st	202,0
18.2.A.4	Profunda, de pendiente 0 a 1%, de drenaje moderadamente bueno	2	s	2.789,2
18.4.A.4	Superficial, de pendiente 0 a 1%, de drenaje moderadamente bueno	3	s	274,8
18.4.B.3	Superficial, de pendiente 1 a 3%, de drenaje moderadamente bueno	3	st	28,0

Las pruebas de infiltración muestran una velocidad final de 4,0 cm/h con una lámina total de 25,0 cm infiltrados en 4 horas.

Las fases muy profundas y profundas son aptas para algunos cultivos de la zona, incluso frutales. Son aptos para cereales, chacras (garbanzos, maíz, cebolla), empastadas, frutales de hoja caduca y persistente (limones) y viña, siempre que se elimine el exceso de humedad.

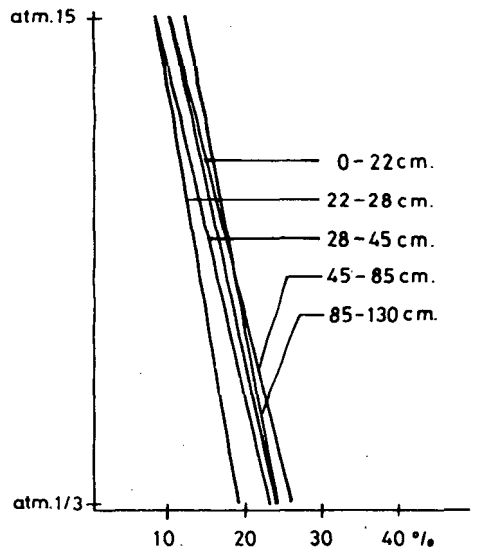
La aptitud de las fases superficiales, debido a la poca profundidad efectiva del suelo, está limitada a pastos, cereales y frutales de arraigamiento superficial.

La fase superficial, debido a la poca profundidad efectiva, no permite la ejecución de grandes movimientos de tierra, por el peligro de descubrir el manto de gravas y piedras del estrato inferior. En consecuencia, es recomendable usar para los suelos de microtopografía y pendiente sobre 1%, riegos más frecuentes, pero con menos cantidad de agua, a fin de evitar las pérdidas por infiltración.

Los métodos de manejo deben evitar la degradación del suelo por exceso de labores y deben tender a la formación y conservación de una estructura estable, por incorporación de grandes cantidades de materia orgánica, estiércol, abonos verdes o residuos de cosecha. Son necesarias medidas más intensas de conservación en aquellos suelos de pendiente que varía entre 1 y 3%, debido a la naturaleza más fácilmente erosionable de suelo. También es necesario orientar las araduras y trabajos

UNIDAD DE SUELO Nº18

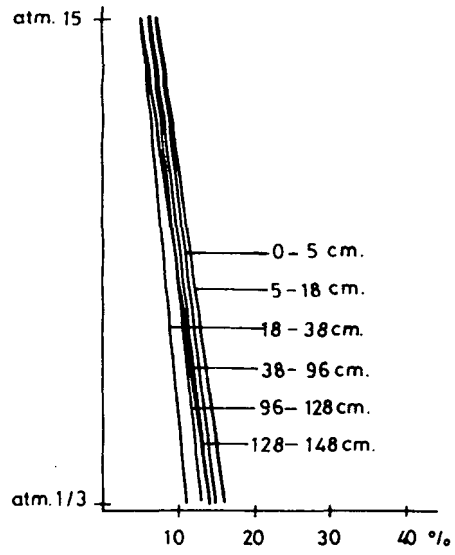
RETENCIONES DE HUMEDAD



PARA LA FASE MUY PROFUNDA
(18.1.A.4)

Fuente: Serie Nilahue,
Fase muy Profunda.
(Estudio Agrológico,
Provincia de Colchagua,
Ministerio de Agricultura,
1974)

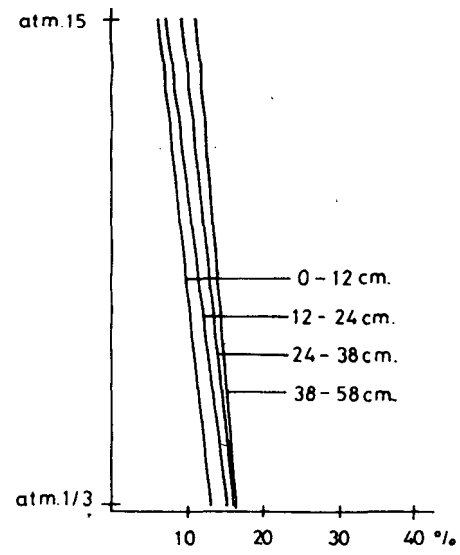
Prof.(cm)	Retención de humedad.	
	1/3 atm.	15 atm.
0-10	24	10
10-22	24	10
22-28	19	8
28-45	23	8
45-85	26	10
85-130	24	12



PARA LA FASE PROFUNDA
(18.2.A.4)

Fuente: Serie Carrizal,
Fase Profunda.
(Estudio Agrológico,
Provincia de Colchagua,
Ministerio de Agricultura,
1974)

Prof.(cm)	Retención de humedad.	
	1/3 atm.	15 atm.
0-5	15	7
5-18	16	7
18-38	11	5
38-96	14	5
96-128	13	6
128-148	14	6

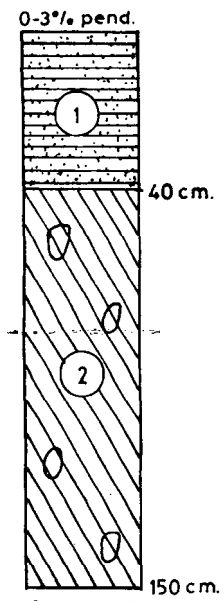


PARA LA FASE SUPERFICIAL
(18.4.A.4)

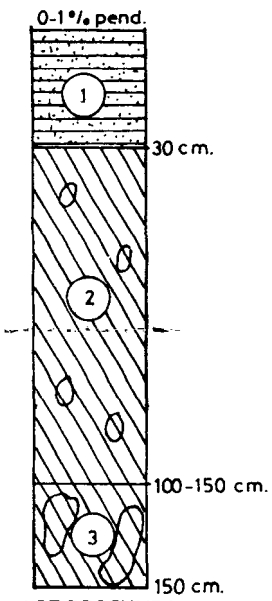
Fuente: Serie Pumanque,
Fase Superficial.
(Estudio Agrológico,
Provincia de Colchagua,
Ministerio de Agricultura,
1974)

Prof.(cm)	Retención de humedad.	
	1/3 atm.	15 atm.
0-12	13	6
12-24	15	7
24-38	16	9
38-58	16	11

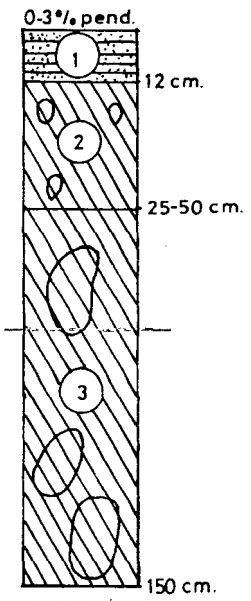
PERFILES DE SUELO



FASE MUY PRO_
FUNDA.



FASE PROFUNDA



FASE SUPERFI_
FICIAL.

(1) FRANCO Y FRANCO ARENOSA, PARDO AMARILLENTO OSCURO, PARDO OSCURO, PARDO GRISACEO OSCURO.

(2) FRANCO ARCILLO ARENOSA Y FRANCO ARCILLOSA. PARDO A PARDO OSCURO, PARDO OSCURO, PARDO ROJIZO OSCURO, PARDO FUERTE.

(3) SUBSTRATO ALUVIAL DE GRAVAS Y PIEDRAS CON MATRIZ FRANCO ARCILLOSA.

FIG. I-35

DATOS DE INFILTRACION

UNIDAD DE SUELO Nº 18

PRUEBA DE INFILTRACION Nº 4

FASE: 18.2.A.4 FUENTE: M.O.P.

FECHA :

HUMEDAD : 3.08 %

COBERTURA:

CLASIFICACION

2 s

REGISTRO DE DATOS
(Promedio de 3 cilindros)

TIEMPO		INFILTRACION				
Horas	Minutos	Parcial (cms.)	Acumulado cms.(Ia.)	Velocidad horaria parcial cm./h(Ivp)	Velocidad horaria acumulada cm./h(Iva)	Velocidad horaria cm/h
	0	-	-	-	-	
	5	2.4	2.4	28.8	28.8	
	10	1.1	3.5	13.2	21.0	
	20	1.8	5.3	10.8	15.9	
	30	1.7	7.0	10.2	14.0	
	45	2.0	9.0	8.0	12.0	
1	60	1.2	10.2	4.8	10.2	10.2
	90	3.8	14.0	7.6	9.3	
2	120	2.4	16.4	4.8	8.2	6.2
3	180	4.6	21.0	4.6	7.0	4.6
4	240	4.0	25.0	4.0	6.2	4.0
				TOTAL 4 HORAS		25.0
				PROMEDIO HORARIO		6.2
				VELOCIDAD FINAL		4.0

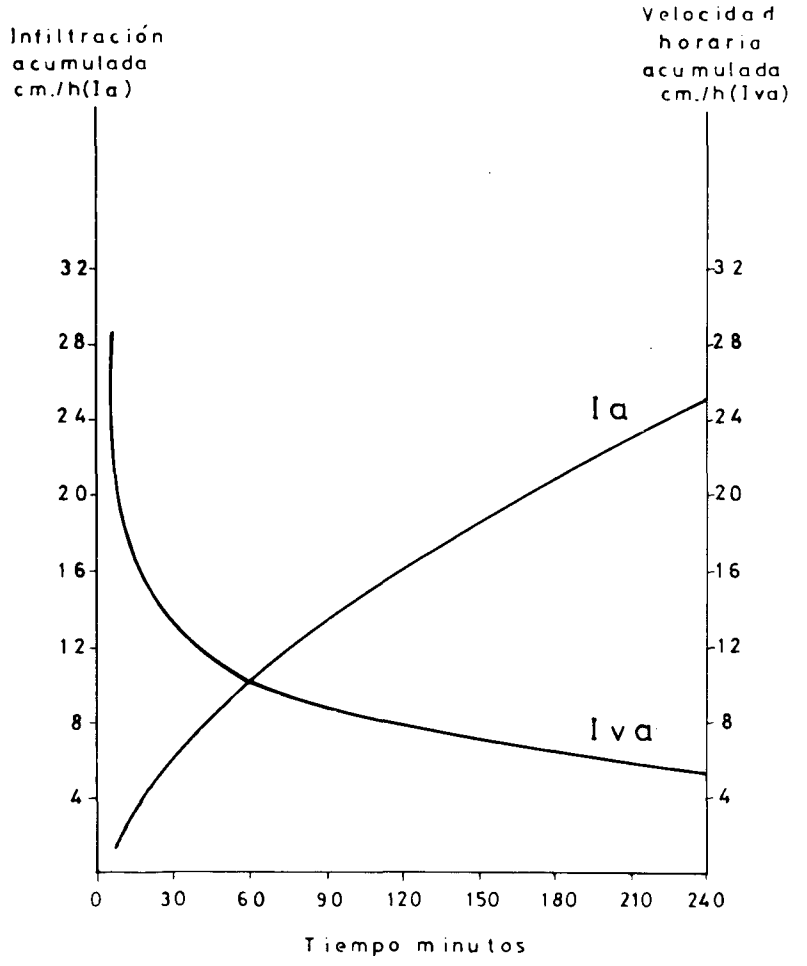


FIG.I-

culturales en sentido paralelo a las curvas de nivel, revestir los canales para evitar pérdidas por infiltración y eliminar el exceso de humedad en aquellos lugares con problema de drenaje.

Los abonos químicos nitrogenados y fosfatados son especialmente necesarios. Resulta aconsejable aplicar abonos químicos nitrogenados en dosis limitadas y frecuentes debido a la solubilidad que estos tienen y a las texturas moderadamente gruesas del suelo superficial. Debe darse preferencia a los fertilizantes poco solubles que liberen lentamente el nitrógeno y a los tipos amoniacales que son retenidos por el suelo.

Se recomienda aplicar superfosfatos en dosis moderadas. Debido a la acidez del suelo, las aplicaciones de carbonato de calcio contribuyen a neutralizar el poder fijador y a mejorar las condiciones físicas y de fertilidad del suelo.

Unidad de Suelo N°19

Suelos aluviales, de textura moderadamente fina en todo el perfil, limitados por gravas y piedras, de topografía plana hasta moderadamente inclinada, de drenaje excesivo, algo excesivo, bueno y moderadamente bueno, en posición de terrazas aluviales recientes, sobre sedimentos aluviales de origen granítico.

La Unidad ocupa 10.522,4 ha, o sea, el 5,9% del área total estudiada y se encuentra situada en la parte oriental del área del Proyecto, ocupando áreas significativas en posición fisiográfica de terrazas aluviales recientes formadas principalmente en los valles intermontanos del Nilahue y Pumanque. Las pendientes que predominan varían entre 0 y 5%.

El material parental está representado por depósitos aluviales recientes de composición litológica granítica y granodiorítica altamente meteorizada.

El agua freática se encuentra a profundidades mayores de 3 metros y no afecta al perfil del suelo.

El drenaje externo es lento hasta muy rápido, el drenaje interno moderadamente rápido y el drenaje natural excesivo, algo excesivo, moderadamente bueno y bueno.

En la actualidad la tierra se destina fundamentalmente a cereales, algo de chacras, pasto y viña.

Las características morfológicas del perfil son similares a las ya descritas para la Unidad de Suelo N°18, las que en el caso de los suelos de esta Unidad, son de textura moderadamente finas: franco arcillo limosa, franco arcillo arenosa y franco arcillosa. (Esta Unidad de Suelo está formada por los tipos texturales moderadamente finos de las Series del Estudio Agrológico de la Provincia de Colchagua, Ministerio de Agricultura, 1974).

Se han identificado tres fases por profundidad:

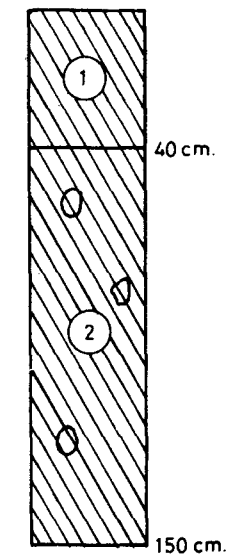
- Fase muy profunda (donde el estrato inferior aluvial de gravas y piedras aparece más allá de 150 cm de profundidad) 1.530,8 ha.
- Fase profunda (donde el estrato inferior aluvial de gravas y piedras aparece entre 100 y 150 cm de profundidad) 8.194,0 ha.
- Fase moderadamente profunda (donde el estrato inferior aluvial de gravas y piedras aparece entre 50 y 100 cm de profundidad) 797,6 ha.

Tanto las propiedades físicas como químicas muestran variaciones respecto de las ya descritas para la Unidad de Suelo N°18, pero no dentro de valores significativos.

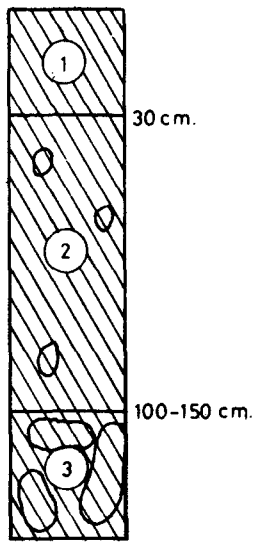
Los factores limitantes de la productividad son los mismos que se describen para la Unidad N°18.

UNIDAD DE SUELO Nº 19

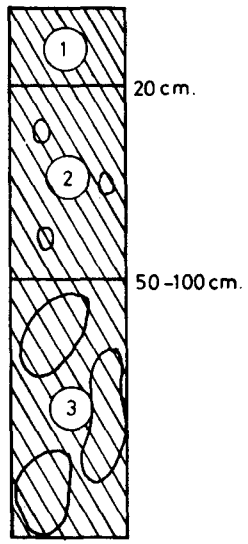
PERFILES DE SUELO



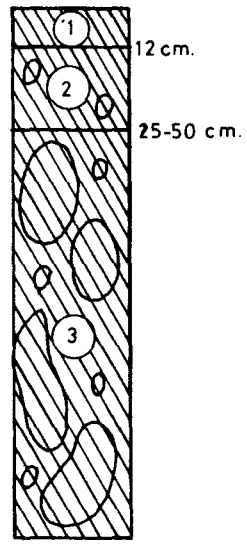
FASE MUY PRO_
FUNDA.



FASE PROFUNDA.



FASE MODERADA_
MENTE PROFUNDA.



FASE SUPERFICIAL.

(1) FRANCO ARCILLO ARENOSA, FRANCO ARCILLO LIMOSA Y FRANCO ARCILLOSA. PARDO AMARILLENTO OSCURO, PARDO OSCURO, PARDO GRISACEO OSCURO.

(2) FRANCO ARCILLO ARENOSA Y FRANCO ARCILLOSA. PARDO A PARDO OSCURO, PARDO OSCURO; PARDO ROJIZO OSCURO Y PARDO FUERTE.

(3) SUBSTRATO ALUVIAL DE GRAVAS Y PIEDRAS CON MATRIZ FRANCO ARCILLOSA.

FIG. I-37

DATOS DE INFILTRACION

UNIDAD DE SUELO Nº 19

PRUEBA DE INFILTRACION Nº58

FASE: 19.2.A.4 FUENTE: M.O.P.

FECHA :

HUMEDAD :

COBERTURA:

CLASIFICACION

2s

REGISTRO DE DATOS
(Promedio de 3 cilindros)

TIEMPO		INFILTRACION				
Horas	Minutos	Parcial (cms.)	Acumulado cms.(Ia.)	Velocidad horaria parcial cm./h(Ivp)	Velocidad horaria acumulada cm./h(Iva)	Velocidad horaria cm/h
	0	-	-	-	-	
	5	2.2	2.2	26.4	26.4	
	10	1.5	3.7	18.0	22.2	
	20	1.3	5.0	7.8	15.0	
	30	0.6	5.6	3.6	11.2	
	45	0.8	6.4	3.2	8.5	
1	60	0.8	7.2	3.2	7.2	7.2
	90	1.4	8.6	2.8	5.7	
2	120	1.0	9.6	2.0	4.8	2.4
3	180	3.0	12.6	3.0	4.2	3.0
4	240	2.7	15.3	2.7	3.8	2.7
				TOTAL 4 HORAS		15.3
				PROMEDIO HORARIO		3.8
				VELOCIDAD FINAL		2.7

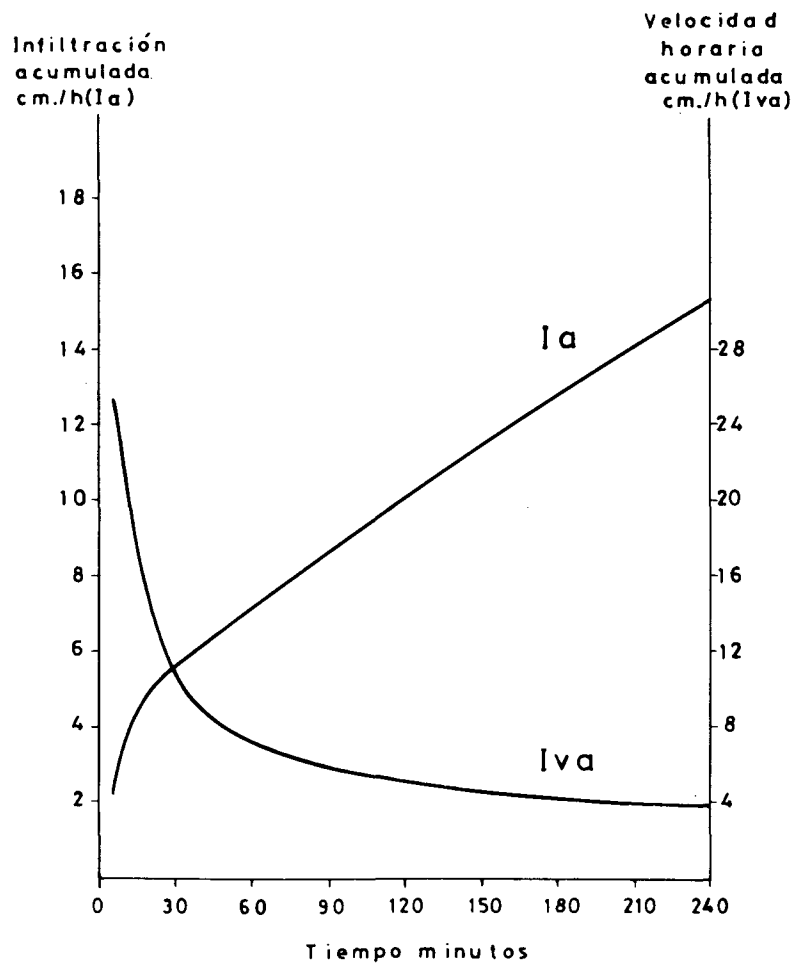


FIG. I-38

Para fines de riego las fases de esta Unidad de Suelo se han clasificaco como sigue:

Cuadro I/29: Resumen de clasificación de tierras en clases y subclases de riego

Unidad de Suelo N°19

Fase	Descripción	Clase y Subclase de Suelo	ha
19.1.A.4	Muy profunda, de pendiente 0 a 1%, de drenaje moderadamente bueno	2 s	1.020,4
19.1.B.3	Muy profunda, de pendiente 1 a 3%, de drenaje bueno	2 st	510,4
19.2.A.4	Profunda, de pendiente 0 a 1%, de drenaje moderadamente bueno	2 s	8.194,0
19.3.A.4	Moderadamente profunda, de pendiente 0 a 1%, de drenaje moderadamente bueno	2 s	634,0
19.3.B.3	Moderadamente profunda, de pendiente 1 a 3%, de drenaje bueno	3 st	99,6
19.3.CO.2	Moderadamente profunda, de pendiente 3 a 5%, ondulado, de drenaje algo excesivo	4 Pst	64,0

Las pruebas de infiltración muestran una velocidad final de 2,7 cm/h con una lámina total de 15,3 cm infiltrados en 4 horas.

En relación al manejo y principios de fertilización que se recomiendan, estos son los mismos ya descritos para la Unidad de Suelo N°18.

Unidad de Suelo N°20

Vertisoles de textura fina en todo el perfil a veces limitado por duripan cementado por sílice, fierra y manganeso o por tobas endurecidas, de potografía plana en formas bajas de relieve, de drenaje imperfecto y pobre, sobre sedimentos aluviales finos de origen andesítico.

La Unidad ocupa 16.231,3 ha, o sea, el 9,0% del área total estudiada y se encuentra situada en la parte norcentral y noroccidental del área del Proyecto, de grandes extensiones, en posición fisiográfica de cuencas de sedimentación en aguas tranquilas. Las pendientes que predominan varían entre 0 y 1%.

El material parental está representado, probablemente, por tobas volcánicas de litología heterogenea, en que predominan materiales andesíticos y riolíticos.

El agua freática se encuentra a profundidades que varían entre 0,70 y 2,50 metros y la fluctuación del nivel freático influye sobre el perfil del suelo.

El drenaje externo es lento y muy lento, el drenaje interno lento y el drenaje natural es imperfecto y pobre.

En la actualidad la tierra se destina fundamentalmente a arroz, pero también suele dedicarse a chacra, cereales y pastos.

En la superficie son suelos de colores negro a pardo muy oscuro, pardo oscuro y pardo rojizo oscuro en tonos 10YR, 7,5YR y 5YR, de texturas finas y muy finas, y en la profundidad son suelos de colores pardo grisáceo oscuro a pardo grisáceo muy oscuro, pardo rojizo oscuro, pardo grisáceo oscuro y negro, en tonos 10YR y 5YR, de texturas finas y muy finas.

En general, presentan una secuencia de horizonte A, A/C y C. El horizonte superficial de entre 15 y 26 cm de grososr de colores negro a pardo oscuro (10YR 2/1,5), pardo oscuro (7,5YR 3/2), pardo rojizo oscuro (5YR 3/2) en húmedo, de color gris rosáceo (7,5YR 6/2) en seco, de textura arcillosa, y arcillo arenosa, muy plástico, muy adhesivo, muy firme en húmedo, muy duri en seco, estructura prismática, fuerte. Le sigue un horizonte de transición hacia el material parental de entre 21 y 40 cm de grososr de colores pardo muy oscuro (10YR 2/2), pardo rojizo oscuro (5YR 3/2,5), negro (10YR 2/1) en húmedo, de textura arcillosa, muy plástico, muy adhesivo, muy firme en húmedo, muy duro en seco, estructura prismática fuerte, concreciones férrico-manganésicas, slikensides y nódulos carbonatados (en algunos sectores). Un horizonte C de entre 34 y 72 cm de grosor de colores pardo grisáceo oscuro a pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3,5/2), pardo rojizo oscuro (5YR 3/2), pardo grisáceo oscuro (5YR 5/3) y negro (10YR 2/1) en húmedo, de textura arcillosa, muy plástico, muy adhesivo, muy firme en húmedo, muy duro en seco, estructura prismática gruesa, fuerte, concreciones férrico-manganésicas, slikensides abundantes, y en muchos sectores nódulos, filamentos y estratos de carbonato de calcio. Este horizonte descansa sobre un du

ripan cementado por sílice, fierro y manganeso, inmediatamente debajo del estrato de carbonato de calcio, en aquellos sectores donde existe.

Se han identificado cuatro fases de profundidad:

- Fase muy profunda (donde el horizonte cementado aparece más allá de 150 cm de profundidad) 8.470,4 ha.
- Fase profunda (donde el horizonte cementado aparece entre 100 y 150 cm de profundidad) 4.989,4 ha.
- Fase moderadamente profunda (donde el horizonte cementado aparece entre 50 y 100 cm de profundidad) 2.390,4 ha.
- Fase superficial (donde el horizonte cementado aparece entre 25 y 50 cm de profundidad) 381,1 ha.

Los valores de retención de humedad a 1/3 de atmósfera varían en los primeros 50 cm de profundidad entre 32 y 73%, a 15 atmósfera entre 21 y 46%, y la humedad aprovechable fluctúa entre 11 y 27%, para disminuir con la profundidad, con valores a 1/3 atmósfera que fluctúan entre 34 y 65%, a 15 atmósfera entre 29 y 45%, y la humedad aprovechable varía entre 5 y 20%, debido a la influencia ejercida por el duripán.

La materia orgánica varía entre 0,6 y 5,5% en los horizontes superficiales, para luego disminuir fuertemente en profundidad, alcanzando valores de entre 0,1 y 0,3%.

La capacidad de intercambio catiónico presenta variaciones de entre 28,0 y 86,2 me/100 gramos de suelo y el complejo adsortivo está saturado con calcio y manganesio.

El grado de saturación varía entre 75 y 92%. La reacción del suelo se caracteriza por valores de pH de entre 6,2 y 7,8, indicando una reacción moderadamente ácida a moderadamente alcalina. Existe la tendencia de aumento de los valores pH y de los porcentajes de saturación en profundidad, pero siempre dentro de los límites ya citados.

Los suelos presentan ligera tendencia a la salinidad, en especial los estratos más profundos, como lo demuestra el pH y el aumento del porciento de sodio en el complejo adsortivo.

Los minerales arcillosos que predominan son la montmorillonita y, en menor escala, la caolinita.

Si bien los análisis químicos y mineralógicos indican la existencia de una gran cantidad de minerales primarios meteorizables, se hace necesario realizar aplicaciones de fertilizantes nitrogenados y fosfatados para mantener una producción alta de estos suelos que, de suyo, son, en general, muy ricos en sustancias nutritivas para las plantas.

El actual nivel de fertilidad se puede considerar como medio.

Los factones limitantes de la productividad son la posición (ocupan las cuencas y basinetes) expuesta a inundaciones periódicas, el ex-

ceso de humedad y/o la presencia de nivel freático alto, la permeabilidad lenta y la dificultad para trabajarlos en forma mecánica. También en las fases superficiales, la poca profundidad efectiva óptima constituye una limitante seria.

Desde el punto de vista taxonómico, los suelos de esta Unidad pertenecen al Orden Vertisol, Suborden xererts y Grandes Grupos Chromoxererts y Pelloxererts.

Para fines de riego las fases de esta Unidad de Suelo se han clasificado como sigue:

Cuadro I/30: Resumen de clasificación de tierras en clases y subclases de riego

Unidad de Suelo N°20

Fase	Descripción	Clase y subclase de Riego	ha
20.1.A.5	Muy profunda, de pendiente 0 a 1%, de drenaje imperfecto	2 sd	8.470,4
20.2.A.5	Profunda, de pendiente 0 a 1%, de drenaje imperfecto	2 sd	4.989,4
20.3.A.5	Moderadamente profunda, de pendiente 0 a 1%, de drenaje imperfecto	2 sd	1.762,0
20.3.A.6	Moderadamente profunda, de pendiente 0 a 1%, de drenaje pobre	3 sd	628,4
20.4.A.6	Superficial, de pendiente 0 a 1%, de drenaje pobre	4 PRsd	381,1

La conductividad hidráulica para esta Unidad presenta valores variables que fluctúan entre 0,38 y 1,70 m/día.

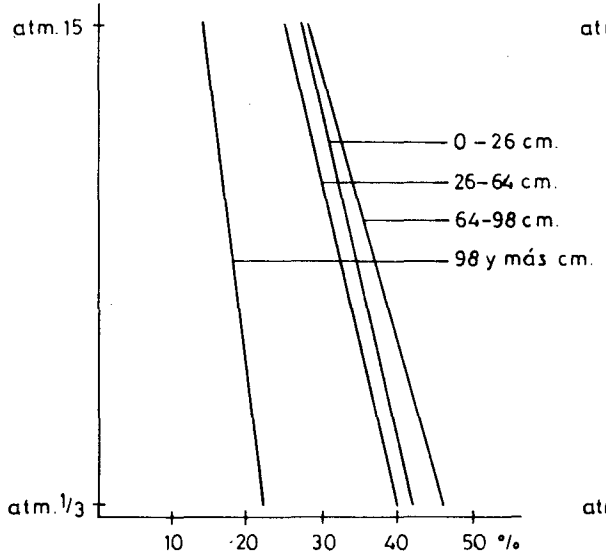
Las pruebas de infiltración muestran una velocidad final de 0,5 cm/h, con una lámina total de 7,9 cm infiltrados en 4 horas, en las actuales condiciones de suelo y en los que fundamentalmente se cultiva arroz.

Las fases muy profundas, profundas y moderadamente profundas son aptas para la mayoría de los cultivos de la zona, incluso frutales. Son suelos aptos para cereales (principalmente arroz), chacras (maíz, tomate, cebolla), hortalizas (zanahorias, apio, coliflor, lechuga, sandía, melón, etc).

La fase superficial, debido a la poca profundidad del suelo, está limitada en su uso para cereales (principalmente arroz) y pastos.

UNIDAD DE SUELO Nº 20

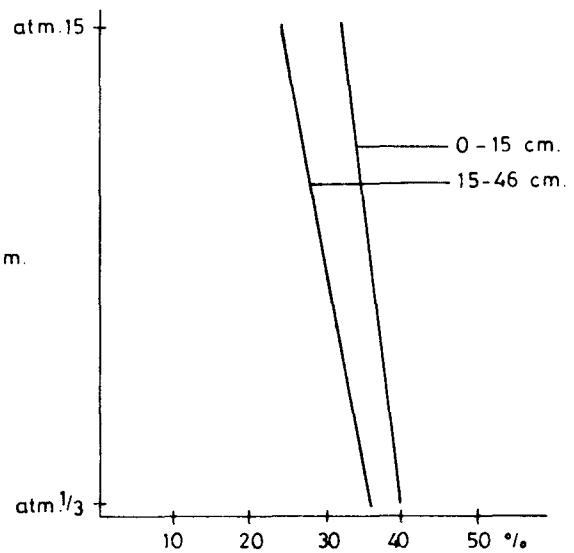
RETENCIONES DE HUMEDAD



PARA LA FASE PROFUNDA
(20.2.A.5)

Fuente: Serie Los Cardos, Fase Profunda. (Estudio Agrológico, Provincia de Colchagua Ministerio de Agricultura, 1974)

Prof. (cm.)	Retención de humedad.	
	1/3atm.	15 atm.
0-26	42	27
26-64	40	25
64-98	46	28
98 y +	22	14

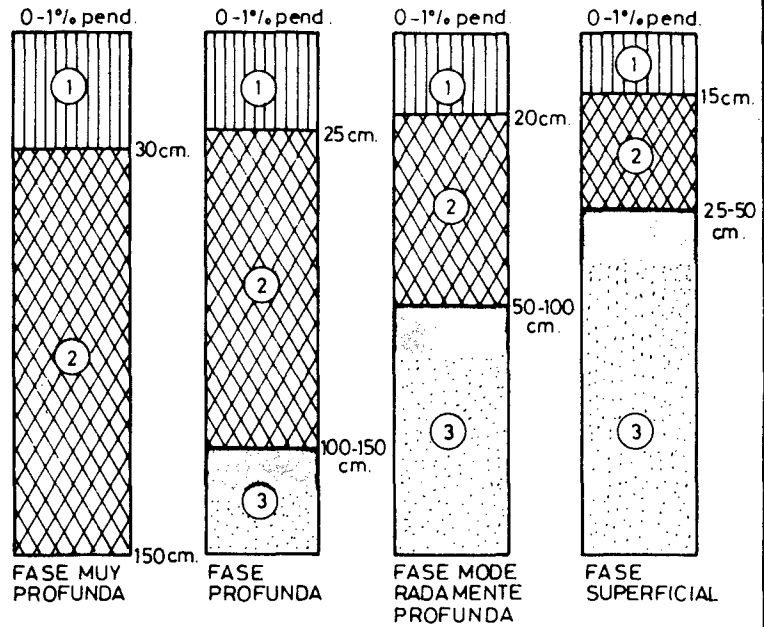


PARA LA FASE SUPERFICIAL
(20.4.A.6)

Fuente: Serie Lihueimo, Fase Superficial. (Estudio Agrológico, Provincia de Colchagua, Ministerio de Agricultura, 1974)

Prof. (cm.)	Retención de humedad	
	1/3 atm.	15 atm.
0-15	40	32
15-46	36	24

PERFILES DE SUELO



(1) ARCILLOSA, ARCILLO ARENOSA, NEGRO A PARDO MUY OSCURO, PARDO OSCURO Y PARDO ROJIZO OSCURO.

(2) ARCILLOSA, PARDO GRISACEO OSCURO A PARDO GRISACEO, MUY OSCURO, PARDO GRISACEO OSCURO, PARDO ROJIZO, PARDO ROJIZO OSCURO Y NEGRO.

(3) DURIPAN CEMENTADO POR SILICE, FIERRO Y MANGANESO.

FIG. I-39

DATOS DE INFILTRACION

UNIDAD DE SUELO Nº **20**

PRUEBA DE INFILTRACION Nº **158**

FASE: **20.2.A.5** FUENTE: **M.O.P.**

FECHA :

HUMEDAD :

COBERTURA:

CLASIFICACION **2sd**

REGISTRO DE DATOS
(Promedio de 3 cilindros)

TIEMPO		INFILTRACION				
Horas	Minutos	Parcial (cms.)	Acumulado cms.(Ia.)	Velocidad horaria parcial cm./h(Ivp)	Velocidad horaria acumulada cm./h(Iva)	Velocidad horaria cm/h
	0	-	-	-	-	
	5	1.4	1.4	16.8	16.8	
	10	0.7	2.1	8.4	12.6	
	20	1.1	3.2	6.6	9.6	
	30	0.5	3.7	3.0	7.4	
	45	0.6	4.3	2.4	5.7	
1	60	0.5	4.8	2.0	4.8	4.8
	90	0.7	5.5	1.4	3.7	
2	120	0.8	6.3	1.6	3.2	1.5
3	180	1.1	7.4	1.1	2.5	1.1
4	240	0.5	7.9	0.5	2.0	0.5
				TOTAL 4 HORAS		7.9
				PROMEDIO HORARIO		2.0
				VELOCIDAD FINAL		0.5

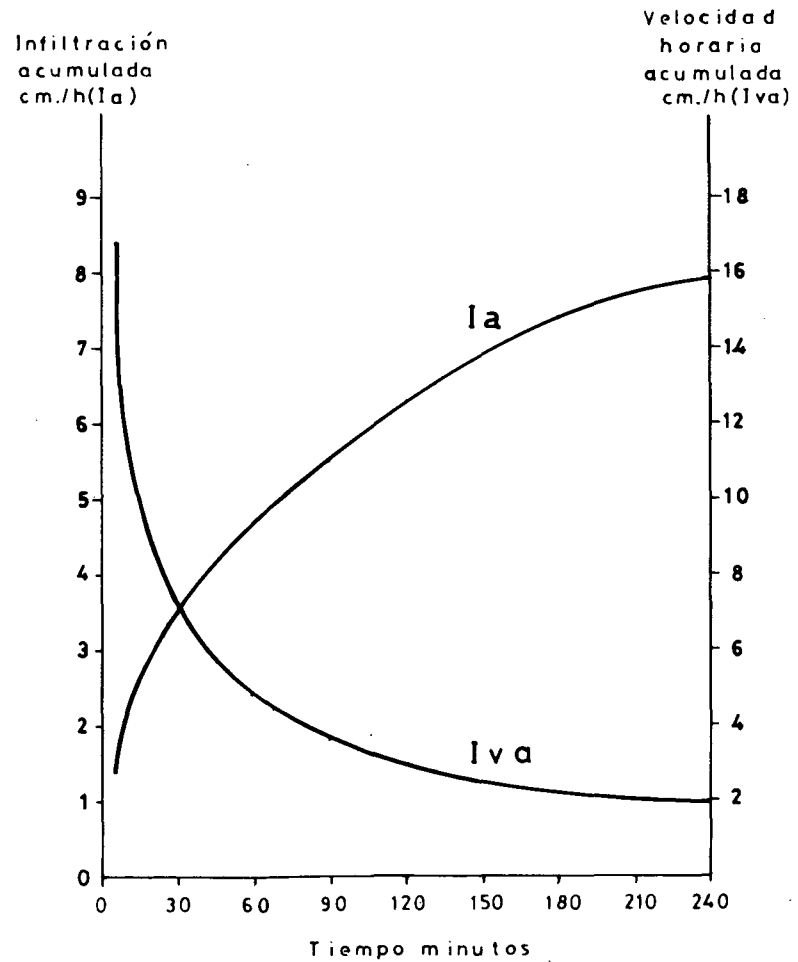


FIG. I-40

La fase superficial, debido a la poca profundidad efectiva, no permite la ejecución de grandes movimientos de tierra, por el peligro de descubrir las capas endurecidas subyacentes.

Los métodos de uso y manejo de los suelos deben proporcionar un manto mullido de suelo en donde las raíces desarrollen un abundante sistema radicular, buena aireación y se elimine el exceso de humedad, por lo cual el labreo debe realizarse en el nivel óptimo de humedad y con los sistemas de drenaje implantados para evitar inundaciones y/o mantener el nivel freático fuera de la zona radicular. Debido a la permeabilidad lenta (por el alto contenido de arcilla) es recomendable el uso del arado topo para establecer un sistema de drenaje subsuperficial.

Debido a la naturaleza de los minerales arcillosos estos suelos ofrecen muy buenas condiciones para la implantación de arboledas frutales si se pueden llevar a cabo algunas prácticas de manejo, tales como nivelar y emparejar el suelo para eliminar la microtopografía y permitir una mejor distribución del agua de riego, establecer una red de drenaje para evitar el exceso de humedad en la zona radicular, tecnificar los sistemas de riego para producir un equilibrio en la relación suelo-agua-planta, formar y conservar una mejor estructura mediante la incorporación de materia orgánica, estiércol, abonos verdes o residuos de cosecha y establecer un sistema de mecanización compatible con la naturaleza física del suelo.

Los abonos químicos compatibles tanto con las características físicas, físico- químicas y químicas del suelo como con el cultivo a realizar son especialmente necesarios. En general, debe darse preferencia a fertilizantes nitrogenados poco solubles, que liberen lentamente el nitrógeno. Se recomienda, asimismo, aplicar dosis moderadas de superfosfatos.

Unidad de Suelo N°21

Vertisoles de textura fina en todo el perfil, a veces con ligeras acumulaciones de sal, y presencia de duripanes cementados por sílice, fierro y manganeso, de topografía plana en formas bajas de relieve, de drenaje imperfecto y pobre, sobre sedimentos aluviales finos de origen andesítico.

La Unidad ocupa 6.616,4 ha, o sea, el 3,7% del área total estudiada y se encuentra situada en la parte norcentral y nororiental del área del Proyecto, en grandes extensiones, en posición fisiográfica de cuencas de sedimentación en aguas tranquilas. Las pendientes que predominan varían entre 0 y 1%.

El material parental está representado probablemente por tobas volcánicas de origen andesítico.

El agua freática se encuentra a profundidades que varían entre 1,20 y 2,20 m y las fluctuaciones en el nivel freático influyen sobre el perfil del suelo.

El drenaje externo es lento y muy lento, el drenaje interno es lento y el drenaje natural imperfecto y pobre.

En la actualidad la tierra se destina preferentemente a cereales (principalmente arroz), chacras, hortalizas y pastos.

En la superficie son suelos de colores pardo rojizo oscuro y negro en tonos 5YR y 10YR, de textura fina y muy fina y en profundidad son suelos de colores pardo rojizo oscuro, negro, gris rojizo oscuro en tonos 5YR y 10YR y texturas muy finas.

En general, presentan una secuencia de horizontes A, A/C y C. El horizonte superficial varía entre 15 y 20 cm de grosor, de colores pardo rojizo oscuro (5YR 2/2) y negro (10YR 2/1) en húmedo, de textura arcillo arenosa y arcillosa, muy plástico, muy adhesivo, muy firme en húmedo, muy duro en seco, estructura prismática fuerte. Le sigue un horizonte de transición hacia el material parental de entre 30 y 59 cm de grosor, de colores negro (10YR 2/1) y pardo rojizo oscuro (5YR 2/2) en húmedo, de textura arcillosa, muy plástico, muy adhesivo, muy firme en húmedo, muy duro a extremadamente duro en seco, estructura prismática fuerte, concreciones ferro-manganésicas, presencia de slikensides. Luego viene un horizonte C de entre 10 y 100 cm de grosor, de colores pardo rojizo oscuro (5YR 3/2), negro (10YR 2/1), pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2), pardo amarillento oscuro (10YR 4/4), gris rojizo oscuro (5YR 4/2) en húmedo, de textura arcillosa, muy plástico, muy adhesivo, firme y muy firme en húmedo, muy duro y extremadamente duro en seco, estructura prismática fuerte y en muchos sectores macizo (no estructurado) debido al alto tenor de humedad, concreciones férrico-manganésicas, filamentos y nódulos de carbonato de calcio y, en algunos suelos de la Unidad, slikensides abundantes. Estos horizontes descansan sobre una arenisca cementada por sílice y fierro o bien por carbonato de calcio.

Se han identificado tres fases de profundidad:

- Fase muy profunda (donde el horizonte cementado aparece más allá de 150 cm de profundidad) 2.638,0 ha.
- Fase profunda (donde el horizonte cementado aparece entre 100 y 150 cm de profundidad) 2.986,8 ha.
- Fase moderadamente profunda (donde el horizonte cementado aparece entre 50 y 100 cm de profundidad) 991,6 ha.

Los valores de retención de humedad a 1/3 de atmósfera varían en los primeros 40 cm de profundidad entre 34 y 44%, a 15 atmósfera entre 25 y 31%, y la humedad es aprovechable entre 9 y 13%, para aumentar ligeramente en profundidad en que a 1/3 atmósfera los valores de retención fluctúan entre 27 y 46%, a 15 atmósfera entre 19 y 29%, y la humedad es aprovechable entre 8 y 17%.

La materia orgánica varía entre 1,0 y 5,9% en los horizontes superficiales, para disminuir fuertemente en profundidad, alcanzando valores entre 0,2 y 1,6%.

La capacidad de intercambio catiónico presenta variaciones de entre 39,7 y 64,2 me/100 gramos de suelo y el comple adsortivo está saturado con calcio y magnesio.

El grado de saturación varía entre 78 y 100%. La reacción del suelo se caracteriza por valores de pH que fluctúan entre 6,3 y 8,0, indicando una reacción moderadamente ácida a moderadamente alcalina. Existe la tendencia de aumento de los valores de pH y de los porcentajes de saturación en profundidad, pero siempre dentro de los límites ya citados.

Los suelos presentan tendencia a la salinización, en especial en los horizontes profundos, como lo demuestra el pH y el aumento del sodio en el complejo adsortivo.

Los minerales arcillosos que predominan son la montmorillonita y, en menor escala, la caolinita.

Si bien los análisis químicos y mineralógicos demuestran la existencia de una gran cantidad de minerales primarios meteorizables, se hace necesario realizar aplicaciones de fertilizantes nitrogenados y fosfatados para mantener una producción alta en estos suelos que, de suyo, son, en general, muy ricos en substancias nutritivas para las plantas.

El actual nivel de fertilidad se puede considerar como medio.

Los factores limitantes de la productividad son la posición (ocupan cuencas y basinetes) expuesta a inundaciones periódicas, el exceso de humedad y/o la presencia de nivel freático alto, la permeabilidad lenta, la presencia de sales en el perfil y la dificultad para trabajarlos en forma mecánica.

En las fases superficiales la poca profundidad efectiva óptima también constituye una limitante seria.

Desde el punto de vista taxonómico, los suelos de esta Unidad pertenecen al Orden Vetisol, Suborden xererts y Grandes Grupos Chromoxe rerts y Pelloxerets.

Para fines de riego las fases de esta Unidad de Suelo se han cla sificado como sigue:

Cuadro I/31: Resumen de clasificación de tierras en clases y subclases de riego

Unidad de Suelo N°21

Fase	Descripción	Clase y Subclase de Riego	ha
21.1.A.5	Muy profunda, de pendiente 0 a 1%, de drenaje imperfecto	2 sd	1.771,2
21.1.A.6	Muy profunda, de pendiente 0 a 1%, de drenaje pobre	3 sd	866,8
21.2.A.5	Profunda, de pendiente 0 a 1%, de drenaje imperfecto	2 sd	2.902,4
21.2.A.6	Profunda, de pendiente 0 a 1%, de drenaje pobre	3 sd	84,4
21.3.A.5	Moderadamente profunda, de pendien te 0 a 1%, de drenaje imperfecto	3 sd	991,6

Esta Unidad de Suelo presenta una conductividad hidráulica, cuyos valores fluctúan entre 0,04 y 0,88 m/día.

Las pruebas de infiltración muestran una velocidad final de 0,5 cm/h, con una lámina total de 3,7 cm infiltrados en 4 horas.

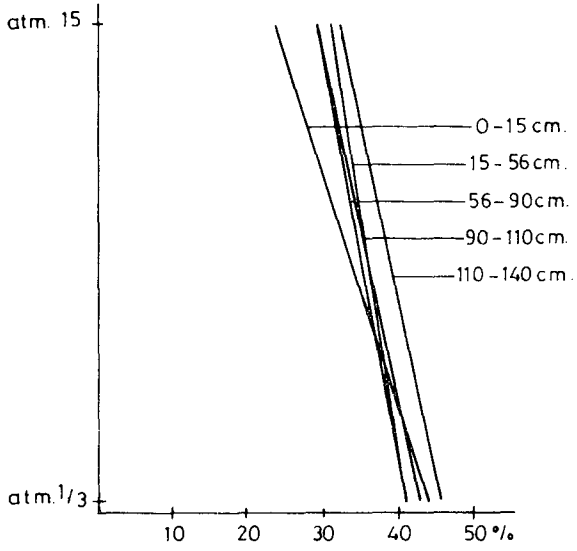
Las fases muy profundas, profundas y moderadamente profundas son aptas para la mayoría de los cultivos de la zona. Son suelos aptos para cereales (principalmente arroz), chacras (maíz, tomate, cebolla, betarragas) hortalizas (zanahoria, apio, coliflor, lechuga, sandía, melones), remolacha y pastos.

La fase superficial, debido a la poca profundidad del suelo, está limitada en su uso para cereales (principalmente arroz) y pasto.

La fase superficial, debido a la poca profundidad efectiva, no permite la ejecución de grandes movimientos de tierra, por el peligro de dejar al descubierto las capas endurecidas subyacentes.

UNIDAD DE SUELO Nº 21

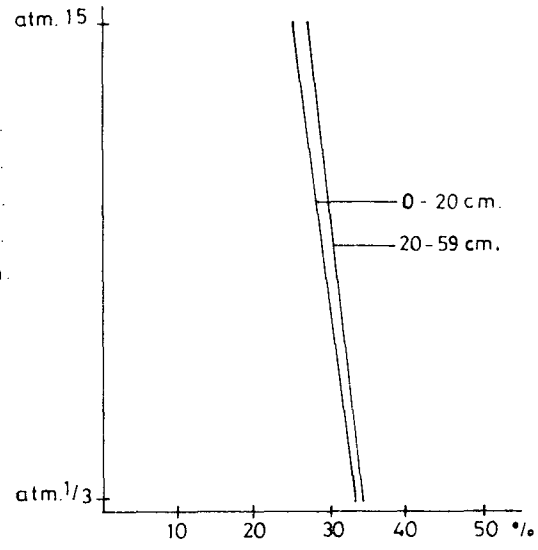
RETENCIONES DE HUMEDAD



PARA LA FASE MUY PROFUNDA
(21.1.A.5)

Fuente: Serie Polonia,
Fase muy Profunda.
(Estudio Agrológico,
Provincia de Colchagua,
Ministerio de Agricultura,
1974)

Prof. (cm.)	Retención de humedad	
	1/3 atm.	15 atm.
0-15	44	24
15-56	41	31
56-90	41	29
90-110	43	29
110-140	46	32



PARA LA FASE SUPERFICIAL
(21.4.A.5)

Fuente: Serie Huique,
Fase Superficial.
(Estudio Agrológico,
Provincia de Colchagua,
Ministerio de Agricultura,
1974)

Prof. (cm.)	Retención de humedad	
	1/3 atm.	15 atm.
0-20	33	25
20-59	34	27

PERFILES DE SUELO

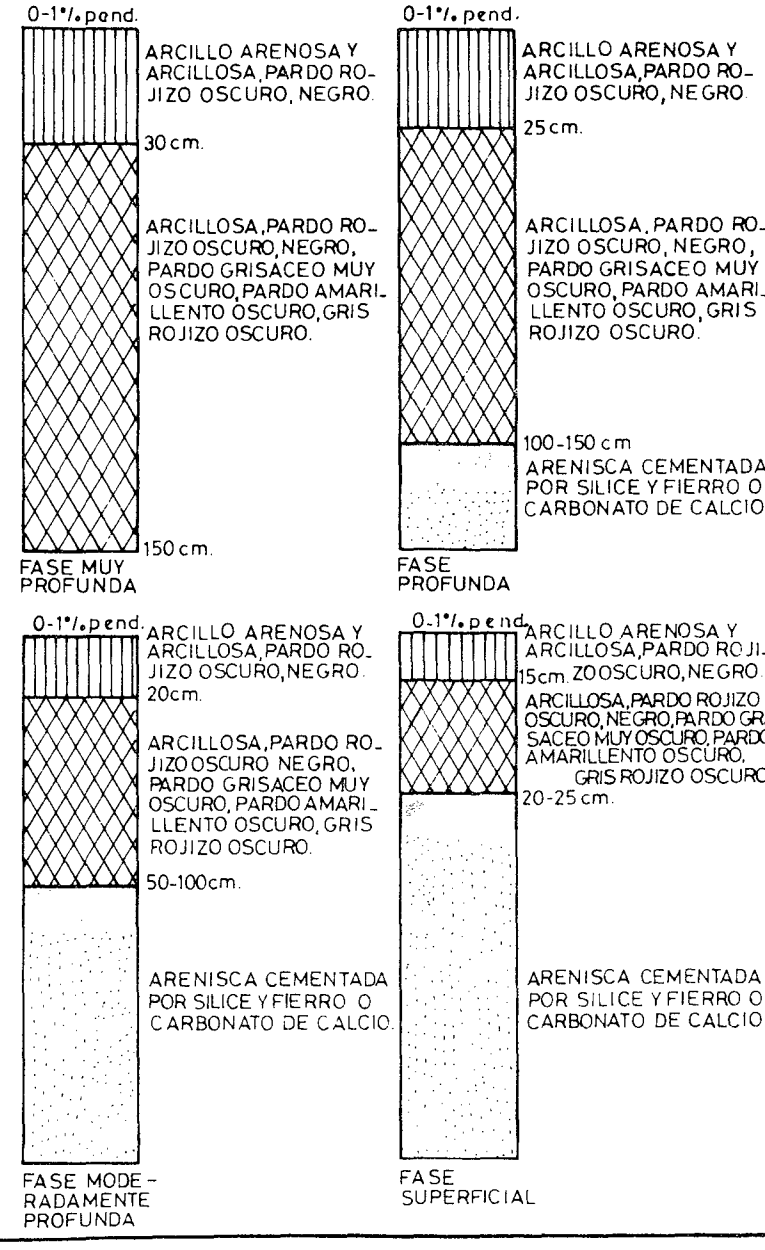


FIG. I-41

DATOS DE INFILTRACION

UNIDAD DE SUELO Nº **21**

PRUEBA DE INFILTRACION Nº **182**

FASE: **21. 2. A. 5** FUENTE: **M.O.P.**

FECHA :

HUMEDAD :

COBERTURA:

CLASIFICACION **2sd**

REGISTRO DE DATOS
(Promedio de 3 cilindros)

TIEMPO		INFILTRACION				
Horas	Minutos	Parcial (cms.)	Acumulado cms.(Ia.)	Velocidad horaria parcial cm./h(Ivp)	Velocidad horaria acumulada cm./h(Iva)	**Velocidad horaria cm/h**
	0	-	-	-	-	
	5	0.4	0.4	4.8	4.8	
	10	0.3	0.7	3.6	4.2	
	20	0.4	1.1	2.4	3.3	
	30	0.2	1.3	1.2	2.6	
	45	0.3	1.6	1.2	2.1	
1	60	0.4	2.0	1.6	2.0	2.0
	90	0.3	2.3	0.6	1.5	
2	120	0.3	2.6	0.6	1.3	0.6
3	180	0.6	3.2	0.6	1.1	0.6
4	240	0.5	3.7	0.5	0.9	0.5
				TOTAL 4 HORAS		3.7
				PROMEDIO HORARIO		0.9
				VELOCIDAD FINAL		0.5

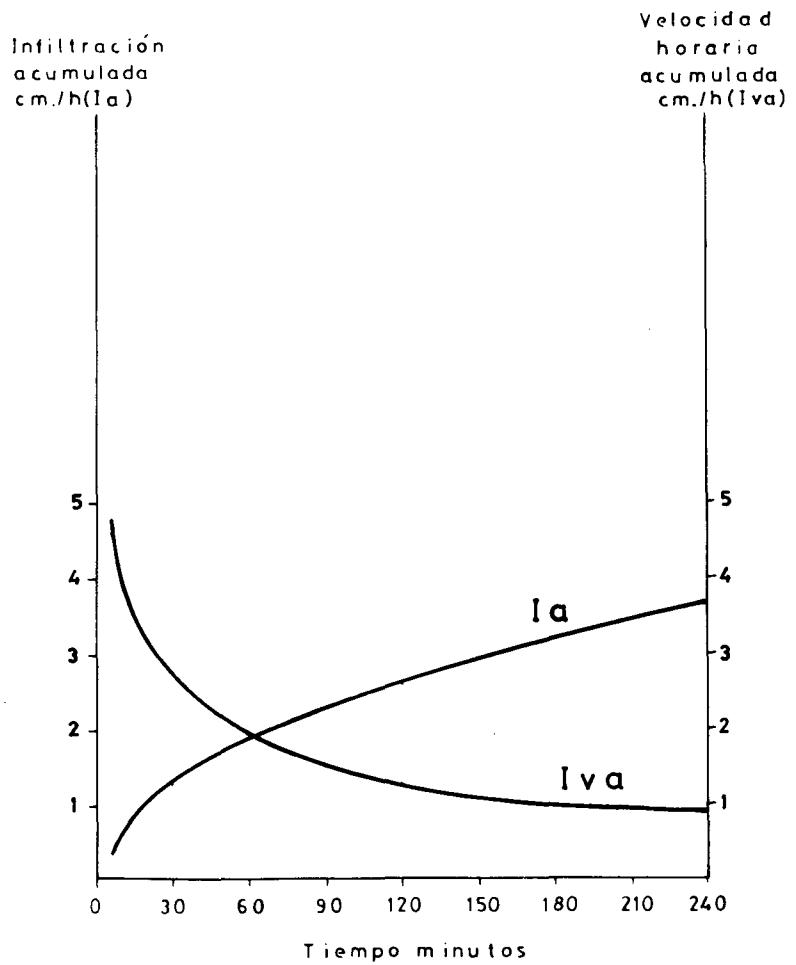


FIG.1-42

Los métodos de uso y manejo de los suelos deben proporcionar un manto mullido de suelo en donde las raíces desarrollen un abundante sistema radicular, buena aireación y eliminación del exceso de humedad, por lo que el laboreo debe hacerse a nivel óptimo de humedad y con los sistemas de drenaje implantados para evitar inundaciones y/o mantener el nivel freático fuera de la zona radicular. Debido a la permeabilidad lenta que tienen estos suelos (por su contenidos alto de arcilla) es recomendable el uso del arado topo para establecer un sistema de drenaje subsuperficial.

Para mantener y conservar una mejor estructura es necesario incorporar materia orgánica, estiércol, abonos verdes o residuos de cosecha y utilizar un sistema de mecanización compatible con la naturaleza física del suelo.

Son especialmente necesarios los abonos químicos que sean compatibles no sólo con las características físicas, físico-químicas y químicas del suelo sino también con el cultivo a realizar. En general, debe darse preferencia a los fertilizantes nitrogenados poco solubles, que liberen lentamente el nitrógeno. Se recomienda aplicar superfosfatos en dosis moderadas.

Unidad de Suelo N°22

Vertisoles de textura fina en todo el perfil, limitado por gravas y piedras, de topografía plana en formas bajas de relieve, de drenaje imperfecto y pobre, sobre sedimentos aluviales finos de origen andesítico.

La Unidad ocupa 4.783,8 ha, o sea, el 2,7% del área total estudiada y se encuentra situada en la parte central del área del Proyecto, en grandes extensiones, en posición fisiográfica de cuencas de sedimentación en aguas tranquilas. Las pendientes que predominan varían entre 0 y 1%.

El material parental está representado por arcillas lacustres de litología andesítica.

El agua freática se encuentra a profundidades que varían entre 0,78 metros hasta 2,20 metros y la fluctuación del nivel freático influye sobre el perfil del suelo.

El drenaje externo es lento y muy lento, el drenaje interno lento y el drenaje natural imperfecto y pobre.

En la actualidad la tierra se destina fundamentalmente a cereales (principalmente arroz), chacra, cereales y pastos.

En la superficie, son suelos de colores gris oscuro y gris muy oscuro, en tono 10YR, de textura fina y muy fina y en profundidad son suelos de colores gris oscuro, gris muy oscuro en tonos 10YR, 2,5Y y 5Y, de texturas finas y muy finas.

En general, presentan una secuencia de horizontes genéticos A, Cg. El horizonte superficial varía entre 16 y 46 cm de grosor, de colores gris oscuro (10YR 4/1), gris muy oscuro (10YR 3/1) en húmedo; de textura arcillosa y arcillo limosa, muy plástico, muy adhesivo, muy firme y firme en húmedo, moteados ferruginosos prominentes. Le sigue un horizonte gleizado de entre 62 y 110 cm de grosor, de colores gris oscuro (5Y 4/1), gris muy oscuro (2,5Y 3/0) en húmedo, de textura arcillosa y arcillo limosa, muy plástico, muy adhesivo, firme y muy firme en húmedo, no estructurado, slikensides. Estos horizontes descansan sobre un estrato inferior aluvial de gravas y piedras.

Se han identificado tres fases de profundidad:

- Fase muy profunda (donde el estrato aluvial de gravas y piedras aparece más allá de 150 cm de profundidad) 4.628,2 ha.
- Fase profunda (donde el estrato aluvial de gravas y piedras aparece entre 100 y 150 cm de profundidad) 114,8 ha.
- Fase moderadamente profunda (donde el estrato inferior aluvial de gravas y piedras aparece entre 50 y 100 cm de profundidad) 40,8 ha.

Los valores de retención de humedad a 1/3 atmósfera varían en los primeros 40 cm de profundidad entre 34 y 47%, a 15 atmósfera entre

25 y 31%, y la humedad es aprovechable entre 9 y 16%, los cuales se mantienen más o menos constantes en profundidad, con valores de retención de humedad a 1/3 atmósfera de entre 37 y 42%, a 15 atmósfera de entre 23 y 26%, y la humedad es aprovechable estre 14 y 16%.

La materia orgánica varía entre 1,6 y 5,4%, en los horizontes superficiales, para luego disminuir progresivamente en profundidad, fluctuando entre 1,2 y 2,4%.

La capacidad de intercambio catiónico presenta variaciones de entre 29,1 y 46,2 me/100 gramos de suelo y el complejo adsortivo está saturado con calcio y magnesio.

El grado de saturación varía entre 82 y 92%. La reacción del suelo se caracteriza por valores de pH de entre 6,2 y 7,6, indicando una reacción moderadamente ácida a moderadamente alcalina. Existe una tendencia de aumento de los valores de pH, y de los porcentajes de saturación en profundidad, pero siempre dentro de los límites ya citados.

Los suelos no presentan problemas de salinidad ni de alcalinidad.

Los minerales arcillosos que predominan son la montmorillonita, caolinita e illita.

Si bien los análisis químicos mineralizados indican la existencia de una gran cantidad de minerales primarios meteorizables, se hace necesario realizar aplicaciones de fertilizantes nitrogenados y fosfatados para mantener una producción alta en estos suelos que, de suyo, son, en general, muy ricos en substancias nutritivas para las plantas.

El actual nivel de fertilidad se puede considerar de medio a alto.

Los factores limitantes de la productividad son la posición (ocupan cuencas y basinetes) expuesta a inundaciones periódicas, el exceso de humedad y/o la presencia de nivel freático alto, la permeabilidad lenta y la dificultad para trabajarlos mecánicamente.

Desde el punto de vista taxonómico, los suelos de esta Unidad pertenecen al Orden Vertisol, Suborden xererts y Gran Grupo Pelloxererts.

Para fines de riego las fases de esta Unidad de Suelo se han clasificado como sigue:

Cuadro I/32: Resumen de clasificación de tierras en clases y subclases de riego

Unidad de Suelo N°22

Fase	Descripción	Clase y Subclase de Riego	ha
22.1.A.5	Muy profunda, de pendiente 0 a 1%, de drenaje imperfecto	2 sd	4.344.6
22.1.A.6	Muy profunda, de pendiente 0 a 1%, de drenaje pobre	3 sd	283,6
22.2.A.5	Profunda, de pendiente 0 a 1%, de drenaje imperfecto	2 sd	114,8
22.3.A.6	Moderadamente profunda, de pendiente 0 a 1%, de drenaje pobre	3 sd	40,8

La conductividad hidráulica para esta Unidad muestra valores variables que fluctúan entre 0,43 a 1.32 m/día.

Las pruebas de infiltración muestran una velocidad final de 0,5 cm/h, con una lámina total de 3,8 cm infiltrados en 4 horas, en las condiciones actuales de estos suelos en los cuales son comunes los altos contenidos de humedad.

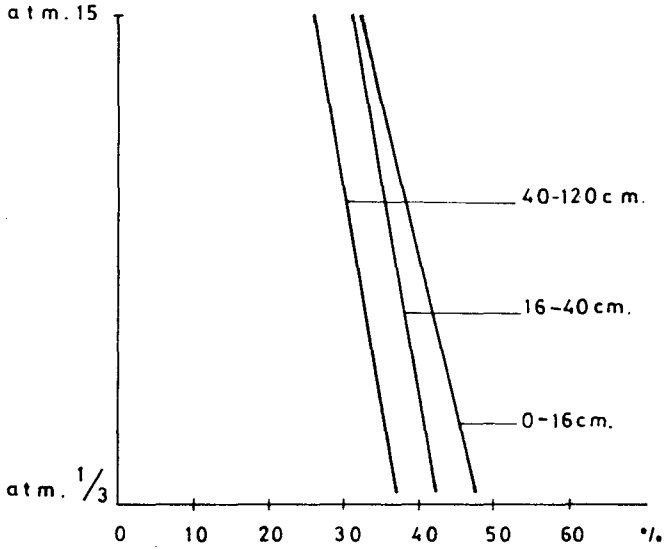
Las fases muy profundas, profundas y moderadamente profundas son aptas para la mayoría de los cultivos de la zona, incluso frutales. Son suelos aptos para cereales., chacras, (maíz, tomate, cebolla), hortalizas (zanahoria, apio, coliflor, lechuga, sandía y melones), cultivos industriales como maravilla y remolacha, pastos y frutales de hoja caduca (principalmente manzano y peral), viña.

Los métodos de uso y manejo de los suelos deben proporcionar un manto mullido de suelo en donde las raíces desarrollen un abundante sistema radicular, buena aireación y se elimine el exceso de humedad, por lo que el laboreo debe hacerse con el nivel óptimo de humedad y con sistemas de drenaje implantados para evitar inundaciones y/o mantener el nivel freático fuera de la zona radicular. Debido a la permeabilidad lenta de estos suelos (por el contenido alto de arcilla) es recomendable el uso del arado topo para establecer un sistema de drenaje subsuperficial.

Debido a la naturaleza de los minerales arcillosos, esta Unidad ofrece muy buenas condiciones para la implantación de frutales, si se efectúan algunas prácticas de manejo, tales como, nivelar y emparejar el suelo para eliminar la microtopografía con lo que obtiene una mejor distribución del agua de riego, establecer una red de drenaje para evitar el exceso de humedad en la zona radicular, tecnificar los sistemas

UNIDAD DE SUELO Nº 22

RETENCIONES DE HUMEDAD



PARA LA FASE MUY PROFUNDA
(22.1.A.6)

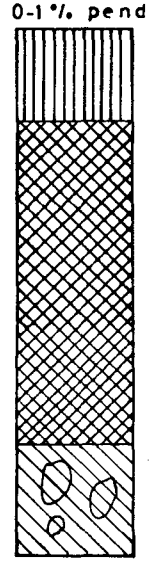
Fuente: Serie Almahue,
Fase muy Profunda.
(Estudio Agrológico,
Provincia de Colchagua,
Ministerio de Agricultura,
1974)

Prof. cm.	Retención de humedad	
	1/3 atm.	15 atm.
0-16	47	32
16-40	42	31
40-120	37	26
y más		

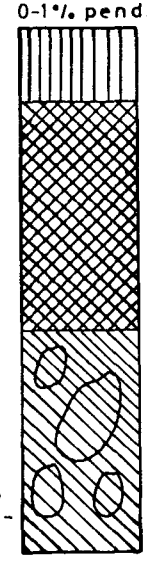
PERFILES DE SUELO



FASE MUY PROFUNDA



FASE PROFUNDA



FASE MODERADAMENTE PROFUNDA

FIG. 1-43

de riego para producir un equilibrio óptimo en la relación suelo-agua-planta, formar y conservar una mejor estructura mediante la incorporación de materia orgánica, estiércol, abonos verdes o residuos de cosecha e implantar un sistema de mecanización compatible con la naturaleza física del suelo.

Son especialmente necesarios los abonos químicos que sean compatibles con las características físicas, físico-químicas y químicas del suelo y con el cultivo a realizar. En general, debe darse preferencia a los fertilizantes nitrogenados poco solubles, que liberen lentamente el nitrógeno. Se recomienda aplicar superfosfatos en dosis moderadas.

Unidad de Suelo N°23

Suelos pumicíticos de textura gruesa y moderadamente gruesa, limitados por arenisca cementada o tobas volcánicas de topografía plana hasta moderadamente inclinada y ondulada, de drenaje bueno, moderadamente bueno e imperfecto en posición de terrazas remanentes, sobre tobas volcánicas.

La Unidad ocupa 13.816,8 ha, o sea, el 7,7% del área total estudiada y se encuentra en la parte noroccidental del área del Proyecto, en grandes extensiones, en posición fisiográfica de terrazas remanentes. Las pendientes que predominan varían entre 0 y 5%.

El material parental está representado por tobas volcánicas riolíticas pumicíticas.

El agua freática se encuentra más allá de 3 metros de profundidad y no afecta al perfil del suelo.

El drenaje externo es moderadamente rápido, moderadamente lento y lento, el drenaje interno moderadamente lento y el drenaje natural bueno, moderadamente bueno e imperfecto.

En la actualidad la tierra se destina preferentemente a pastos naturales, con vegetación de estepas de Acacia cavenia, rara vez dedicado a cereales (trigo).

En la superficie son suelos de colores pardo a pardo oscuro en tono 10YR, de textura gruesa y moderadamente gruesa y en la profundidad son suelos de color pardo a pardo oscuro, pardo amarillento, pardo muy pálido, pardo amarillento claro y amarillento rojizo, en húmedo en tonos 10YR y 7,5YR, de textura moderadamente gruesa.

En general, presentan una secuencia de horizontes genéticos A, (B) y C. El horizonte superficial varía entre 5 y 10 cm de grosor, de color pardo a pardo oscuro (10YR 4/3) en húmedo, pardo amarillento claro (10YR 6/4) en seco, de textura franco arenosa y areno francosa, ligeramente plástico, no adhesivo, friable. Le sigue un horizonte B cámbico de entre 20 y 54 cm de grosor de color pardo a pardo oscuro (10YR 3/4), pardo amarillento (10YR 5/4) en húmedo, pardo pálido (10YR 6/3), pardo amarillento claro (10YR 6/4) en seco; de textura franco a franco arcillo arenosa, franco arenosa y areno francosa, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo o adhesivo. Luego le sigue una estratificación de horizontes C, algunos cementados a distintas profundidades, de entre 40 y 92 cm de grosor, de colores pardo muy pálido (10YR 7/3), pardo amarillento claro (10YR 6/4) amarillo rojizo (7,5YR 6/6) en húmedo, de colores blanco (10YR 8/2), pardo muy pálido (10YR 7/3) en seco, de textura franco arenosa, no plástico, no adhesivo, friable y que presentan láminas delgadas cementadas con sílice, fierro y manganeso a diferentes profundidades dependiendo de su posición.

Se han identificado tres fases por profundidad:

- Fase moderadamente profunda (donde el estrato inferior de toba volcánica aparece entre 50 y 100 cm de profundidad) 3.933,2 ha.
- Fase superficial (donde el estrato inferior de toba volcánica aparece entre 25 y 50 cm de profundidad) 5.362,8 ha.
- Fase muy superficial (donde el estrato inferior de toba volcánica aparece a menos de 25 cm de profundidad) 4.520,8 ha.

Los valores de retención de humedad a 1/3 de atmósfera varía en los primeros 50 cm de profundidad fluctúan entre 17 y 22%, a 15 atmósfera entre 13 y 16%, y la humedad es aprovechable entre 4 y 6%, para aumentar ligeramente en profundidad, en que los valores de retención de humedad a 1/3 de atmósfera varían entre 13 y 21%, a 15 atmósfera entre 8 y 14%, y la humedad es aprovechable entre 5 y 7%.

La materia orgánica varía entre 0,6 y 1,6% en los horizontes superficiales, para disminuir abruptamente en profundidad llegando a variar entre 0,0 y 0,1%.

La capacidad de intercambio catiónico presenta variaciones de entre 8,9 y 11,0 me/100 gramos de suelo y el complejo adsortivo está saturado pricipalmente por calcio.

El grado de saturación varía entre 49 y 73%. La reacción del suelo se caracteriza por valores de pH entre 5,4 y 6,5 indicando una reacción moderadamente ácida. Existe la tendencia de aumento de los valores de pH y de los porcentajes de saturación en profundidad, pero siempre dentro de los límites ya citados.

Los suelos no presentan problemas de salinidad y de alcalinidad.

El mineral arcilloso que predomina es el alofán.

Son suelos que necesitan fuertes aplicaciones de fertilizantes nitrogenados y fosfatados. El actual nivel de fertilidad se puede considerar como bajo.

Los factores limitantes de la productividad son de texturas gruesas y moderadamente gruesas, la baja retención de humedad, la poca y muy poca profundidad efectiva, el bajo contenido de materia orgánica y nutrientes, la baja fertilidad natural, la topografía ondulada disectada (en sectores amplios) los afloramientos rocosos y/o duripanes (en muchos lugares, especialmente en topografías altas).

Desde el punto de vista taxonómico, los suelos de esta Unidad pertenecen al Orden Inceptisol, Suborden andepts y Gran Grupo Durandepts.

Para fines de riego las fases de esta Unidad de Suelo se han clasificado como sigue:

Cuadro I/33: Resumen de clasificación de tierras en clases y subclases de riego

Unidad de Suelo N°23

Fase	Descripción	Clase y Subclase de Riego		ha
23.3.A.3	Moderadamente profunda, de pendiente 0 a 1%, de drenaje bueno	3	s	1.586,8
23.3.A.4	Moderadamente profunda, de pendiente 0 a 1%, de drenaje moderadamente bueno	3	s	639,6
23.3.B.3	Moderadamente profunda, de pendiente 1 a 3%, de drenaje bueno	3	s	1.227,2
23.3.CO.3	Moderadamente profunda, de pendiente 3 a 5%, ondulado, de drenaje bueno	4	Sst	479,6
23.4.A.3	Superficial, de pendiente 0 a 1%, de drenaje bueno	4	PRs	1.384,4
23.4.B.3	Superficial, de pendiente 1 a 3%, de drenaje bueno	4	SPst	1.014,4
23.4.BO.3	Superficial, de pendiente 1 a 3%, ondulado, de drenaje bueno	4	SPst	2.964,0
23.5.A.3	Muy superficial, de pendiente 0 a 1%, de drenaje bueno	4	PRs	1.114,0
23.5.BO.3	Muy superficial, de pendiente 1 a 3%, ondulado, de drenaje bueno	4	SPst	587,6
23.4-5.BO.3	Superficial-muy superficial, de pendiente 1 a 3%, ondulado, de drenaje bueno	4	SPst	2.819,2

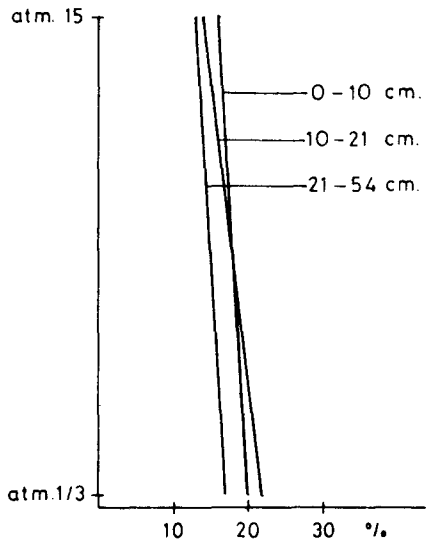
Las pruebas de infiltración muestran una velocidad final de 7,5 cm/h, con una lámina total de 43,4 cm infiltrados en 4 horas.

Por sus características físicas y químicas, estos suelos son aptos, en su primera fase de habilitación, para pastos y cereales, pudiendo destivarse posteriormente a cultivos más intensivos.

En cuanto a los métodos de uso y manejo es necesario, por la facilidad con que la erosión afecta a los suelos de esta Unidad, subrayar la importancia de las prácticas intensivas de conservación de suelos. En algunos casos, el destronque es necesario. Reviste, también, gran importancia, por las severas limitaciones en la topografía y suelo, el riego por aspersión de las subclases 4S. Asimismo, es necesario implantar medidas de formación y conservación de la estructura al incorporar materia

UNIDAD DE SUELO Nº 23

RETENCIONES DE HUMEDAD

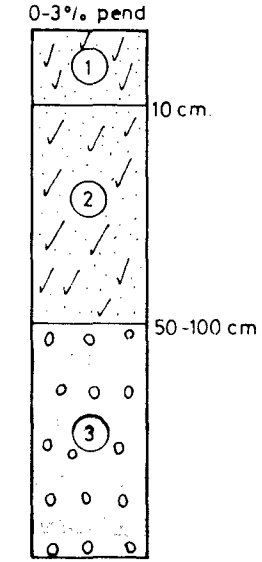


PARA LA FASE MODERADAMENTE PROFUNDA
(23.3.B.3)

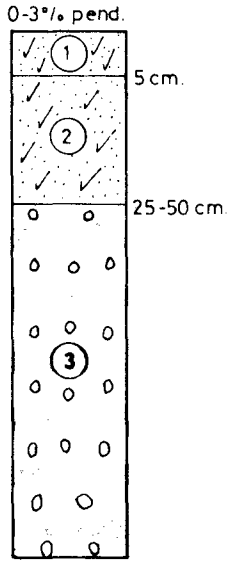
Fuente: Serie Alhue,
Fase Moderadamente Profunda.
(Estudio Agrológico,
Provincia de Colchagua,
Ministerio de Agricultura,
1974)

Prof. (cm.)	Retención de humedad	
	1/3 atm.	15 atm.
0-10	20	16
10-21	22	14
21-54	17	13

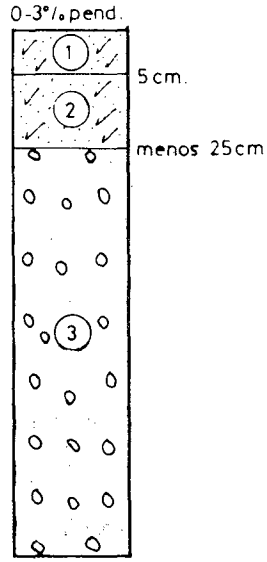
PERFILES DE SUELO



FASE MODERADAMENTE PROFUNDA.



FASE SUPERFICIAL



FASE MUY SUPERFICIAL.

(1) FRANCO ARENOSA, ARENO FRANCOSA, PARDO A PARDO OSCURO

(2) FRANCOSA, FRANCO ARCILLA ARENOSA, FRANCO ARENOSA, ARENO FRANCOSA, PARDO A PARDO OSCURO, PARDO AMARILLENTO OSCURO

(3) HORIZONTE C ESTRATIFICADO Y CEMENTADO. PARDO MUY PALIDO, PARDO AMARILLENTO CLARO, AMARILLO ROJIZO.

FIG. I-45

DATOS DE INFILTRACION

UNIDAD DE SUELO Nº 23 — FECHA : 14-5-77 — CLASIFICACION: 4SPst

PRUEBA DE INFILTRACION Nº 81M — HUMEDAD :

FASE: 23.4.B.3 — FUENTE: PRUEBA DE CAMPO — COBERTURA: RASTROJO

REGISTRO DE DATOS
(Promedio de 3 cilindros)

TIEMPO		INFILTRACION				
Horas	Minutos	Parcial (cms.)	Acumulado cms.(Ia.)	Velocidad horaria parcial cm./h(Ivp)	Velocidad horaria acumulada cm./h(Iva)	Velocidad horaria cm/h
	0	-	-	-	-	
	5	3.4	3.4	40.8	40.8	
	10	2.2	5.6	26.4	33.6	
	20	3.6	9.2	21.6	27.6	
	30	3.0	12.2	18.0	24.4	
	45	3.4	15.6	13.6	20.8	
1	60	2.7	18.3	10.8	18.3	18.3
	90	5.2	23.5	10.4	15.7	
2	120	3.9	27.4	7.8	13.7	9.1
3	180	7.5	34.9	7.5	11.6	7.5
4	240	7.5	42.4	7.5	10.6	7.5
				TOTAL 4 HORAS		42.4
				PROMEDIO HORARIO		10.6
				VELOCIDAD FINAL		7.5

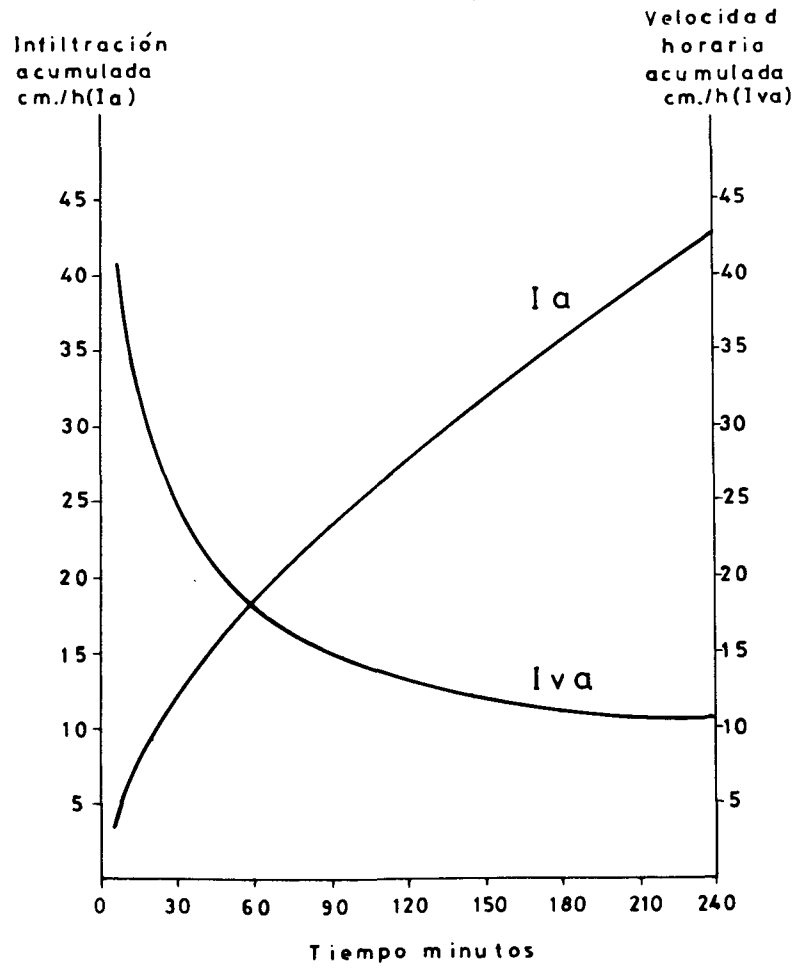


FIG. 1-4

orgánica, estiércol, abonos verdes o residuos de cosechas. Por su naturaleza vítrica, estos suelos tienen baja fertilidad potencial de tal suerte que es necesario aplicar abonos químicos en forma intensiva. En este sentido y debido a la solubilidad del nitrógeno y a la textura gruesa y moderadamente gruesa deben usarse de preferencia los fertilizantes nitrogenados poco solubles que liberen lentamente al nitrógeno. La naturaleza litológica del material parental hace necesario aplicar dosis fuertes de superfosfatos.

La característica dura, cementada del material parental es reversible, lo que se obtiene en forma paulatina al agregar agua, aumentando, entonces, la profundidad efectiva del suelo por modo gradual, pero a corto plazo.

Unidad de Suelo N°24

Suelos aluviales pumicíticos, de textura media y moderadamente fina en todo el perfil (raras veces con textura moderadamente gruesa en superficie), limitado por arenisca cementada o tobas volcánicas, de topografía plana, de drenaje bueno e imperfecto, en posición de planicie aluvial sobre materiales aluviales de origen pumicítico.

La Unidad ocupa 2.590,4 ha, o sea, el 1,4% del área estudiada y se encuentra en la parte noroccidental del área del Proyecto, en extensiones significativas, en posición fisiográfica de planicies aluviales. Las pendientes que predominan varían entre 0 y 1%.

El material parental está representado por tobas volcánicas riolíticas-pumicíticas.

El agua freática se encuentra más allá de 3 metros de profundidad y afecta el perfil del suelo.

El drenaje externo es moderadamente rápido, moderadamente lento y lento, el drenaje interno es moderadamente lento y lento y el drenaje natural es bueno, moderadamente bueno e imperfecto.

En la actualidad la tierra se destina preferentemente a cereales (arroz) y pastos naturales.

En la superficie son suelos de colores pardo grisáceo y gris en tono 10YR, textura media moderadamente fina y moderadamente gruesa y en la profundidad son suelos de colores pardo grisáceo, pardo amarillento oscuro y pardo a pardo oscuro, en tono 10YR y textura media y moderadamente fina.

En general, presentan una secuencia de horizontes A, B y C que descansan en su mayor parte sobre un suelo enterrado. El horizonte A que se caracteriza por presentar un horizonte aluvial delgado, tiene entre 15 y 36 cm de grosor, de colores pardo grisáceo (10YR 5/2) y gris (10YR 5/1) en húmedo, gris a gris claro (10YR 6/1) y gris claro (10YR 7/2) en seco; de textura franco limosa, franco arcillo arenosa y franco arenosa; plástico, muy adhesivo, friable. Un horizonte B texturado de entre 10 y 15 cm de grosor, de colores pardo grisáceo (10YR 5/2) en húmedo y gris parduzco claro (2Y 6/2) en seco, de textura franco arcillosa y franco arcillo arenosa; plástico y adhesivo, friable con nodulaciones férrico-manganésicas y cutanes discontinuos. Le sigue un horizonte C, cementado con sílice-fierro y manganeso de entre 5 y 15 cm de grosor, de color pardo amarillento oscuro (10YR 4/4) en húmedo, pardo pálido (10YR 6/3) en seco, de textura franco arenosa, extremadamente firme en húmedo y extremadamente duro en seco. En muchos sectores suele darse un suelo enterrado de características litológicas que difieren de aquellas que se han descrito.

Se han identificado dos fases por profundidad:

- Fase moderadamente profunda (donde la toba pumicítica aparece entre 50 y 100 cm de profundidad) 2.032,0 ha.

- Fase superficial (donde la toba pumicítica aparece entre 25 y 50 cm de profundidad) 558,4 ha.

Los valores de retención de humedad a 1/3 de atmósfera varían en los primeros 35 cm de profundidad entre 22 y 38%, a 15 atmósfera entre 12 y 26%, y la humedad aprovechable fluctúa entre 10 y 12%, manteniéndose más o menos constante en profundidad.

La materia orgánica varía entre 0,9 y 1,9% en los horizontes superficiales, para disminuir abruptamente en profundidad llegando a variaciones de entre 0,0 y 0,1%.

La capacidad de intercambio catiónico presente variaciones de entre 13,0 y 15,2 me/100 gramos de suelo y el complejo adsortivo está saturado principalmente con calcio y magnesio.

El grado de saturación varía entre 52 y 91%. La reacción del suelo se caracteriza por valores de pH entre 5,6 y 7,3 indicando una reacción moderadamente ácida a neutra. Existe la tendencia de aumento de los valores de pH y de los porcentajes de saturación en profundidad, pero siempre dentro de los límites ya citados.

Los suelos no presentan problemas de salinidad y de alcalinidad.

El mineral arcillosos que predomina es el alofán.

Son suelos que necesitan fuertes aplicaciones de fertilizantes nitrogenados y fosfatados. El actual nivel de fertilidad se puede considerar como bajo a medio.

Los factores limitantes de la productividad son la baja fertilidad natural, la poca o muy poca profundidad efectiva, la presencia de horizontes endurecidos superficiales, el bajo contenido de materia orgánica y nutrientes y los afloramientos rocosos en algunos sectores.

Desde el punto de vista taxonómico, los suelos de esta Unidad pertenecen al Orden Alfisol, Subórdenes aqualfs y xeralfs y Grandes Grupos Durixeralfs y Duroqualfs.

Para fines de riego las fases de esta Unidad de Suelo se han clasificado como sigue:

Cuadro I/34: Resumen de clasificación de tierras en clases y subclases de riego

Unidad de Suelo N°24

Fase	Descripción	Clase y Subclase de Riego	ha
24.3.A.3	Moderadamente profunda, de pendiente 0 a 1%, de drenaje bueno	2 s	1.128,8
24.3.A.4	Moderadamente profunda, de pendiente 0 a 1%, de drenaje moderadamente bueno	2 s	903,2
24.4.A.5	Superficial, de pendiente 0 a 1%, de drenaje imperfecto	3 sd	558,4

Las pruebas de infiltración muestran una velocidad final de 2,5 cm/h, con una lâmina total de 14,6 cm infiltrados en 4 horas.

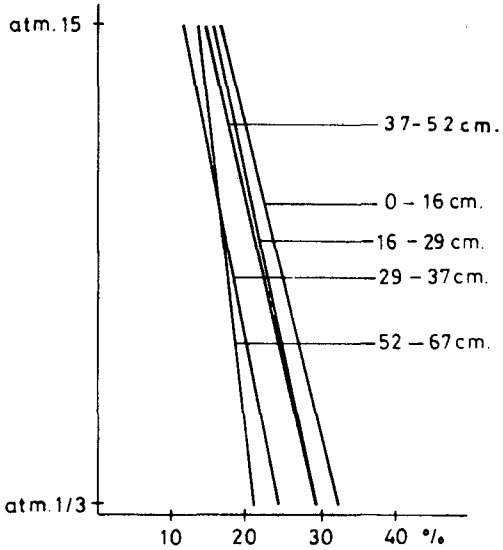
Las fases profundas y moderadamente profundas son aptas para cereales (preferentemente arroz), pastos y ocasionalmente chacras y hortalizas. Las fases superficiales y muy superficiales, debido a la poca profundidad óptima efectiva, son aptos para cereales y pastos.

Por sus características físicas y químicas estos suelos necesitan formar una estructura más estable mediante la incorporación de materia orgánica, estiércol, abonos verdes o residuos de cosecha. Aquellos suelos que presentan permeabilidad lenta o presencia de humedad en la zona radicular requieren de una red de drenaje para eliminar este exceso de humedad, en tanto que aquellos de topografía inclinada, requieren de curvas de nivel para conservar el material del suelo, sin producir erosión.

La naturales vítrica de estos suelos determinan que sean potencialmente bajos en fertilidad natural, de tal manera que se hacen necesarias prácticas intensivas de abonos químicos. Por la solubilidad del nitrógeno es menester usar fertilizantes nitrogenados poco solubles, que liberen lentamente el nitrógeno. Se recomienda aplicaciones de superfosfatos en dosis fuerte, debido a la naturaleza litológica del material parental.

UNIDAD DE SUELO Nº 24

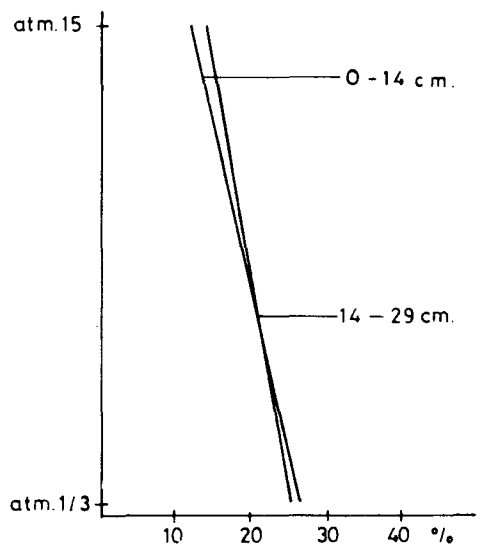
RETENCIONES DE HUMEDAD



PARA LA FASE MODERADAMENTE PROFUNDA
(24.3.A.3)

Fuente: Serie Caleuche,
Fase Moderadamente Profunda.
(Estudio Agrológico,
Provincia de Colchagua,
Ministerio de Agricultura,
1974)

Prof. (cm.)	Retención de humedad	
	1/3 atm.	15 atm.
0-16	32	16
16-29	29	15
29-37	24	11
37-52	29	14
52-67	21	13

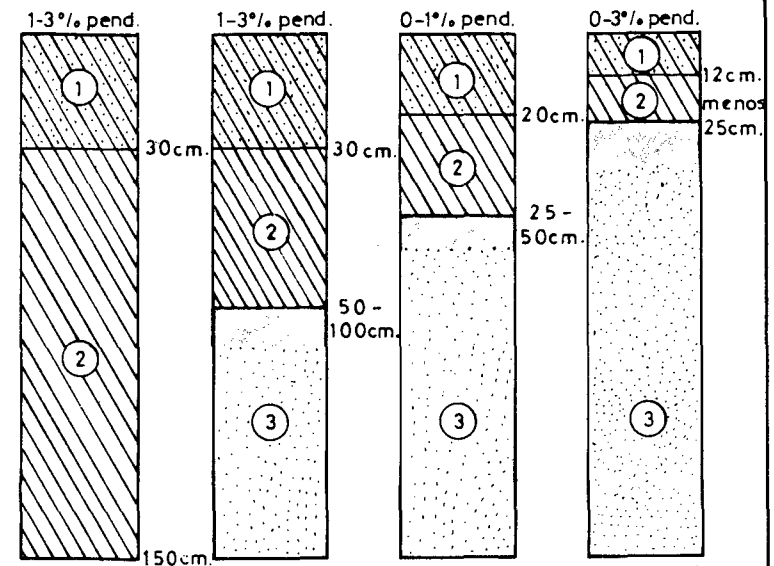


PARA LA FASE SUPERFICIAL
(24.4.A.5)

Fuente: Serie El Toco,
Fase Superficial.
(Estudio Agrológico,
Provincia de Colchagua,
Ministerio de Agricultura,
1974)

Prof. (cm.)	Retención de humedad	
	1/3 atm.	15 atm.
0-14	26	12
14-29	25	14

PERFILES DE SUELO



(1) FRANCO LIMOSA, FRANCO ARCILLO ARENOSA Y FRANCO ARENOSA. PARDO GRISACEO, GRIS.

(2) FRANCO ARCILLOSA, FRANCO ARCILLO ARENOSA. PARDO GRISACEO.

(3) TOBA PUMITICA CEMENTADA.

FIG. 1-47

DATOS DE INFILTRACION

UNIDAD DE SUELO Nº **24**

PRUEBA DE INFILTRACION Nº **IM 9**

FASE: **24.3.A.4**

FUENTE: **PRUEBA DE CAMPO**

FECHA : **15-5-77**

HUMEDAD : **HUMEDO**

COBERTURA: **RASTROJO**

CLASIFICACION **2s**

REGISTRO DE DATOS
(Promedio de 3 cilindros)

TIEMPO		INFILTRACION				
Horas	Minutos	Parcial (cms.)	Acumulado cms.(Ia.)	Velocidad horaria parcial cm./h(Ivp)	Velocidad horaria acumulada cm./h(Iva)	Velocidad horaria cm/h
	0	-	-	-	-	
	5	1.5	1.5	18.0	18.0	
	10	0.9	2.4	10.8	14.4	
	20	1.0	3.4	6.0	10.2	
	30	0.8	4.2	4.8	8.4	
	45	1.1	5.3	4.4	7.1	
1	60	1.0	6.3	4.0	6.3	6.3
	90	1.6	7.9	3.2	5.3	
2	120	1.3	9.2	2.6	4.6	2.9
3	180	2.9	12.1	2.9	4.0	2.9
4	240	2.5	14.6	2.5	3.7	2.5
				TOTAL 4 HORAS		14.6
				PROMEDIO HORARIO		3.7
				VELOCIDAD FINAL		2.5

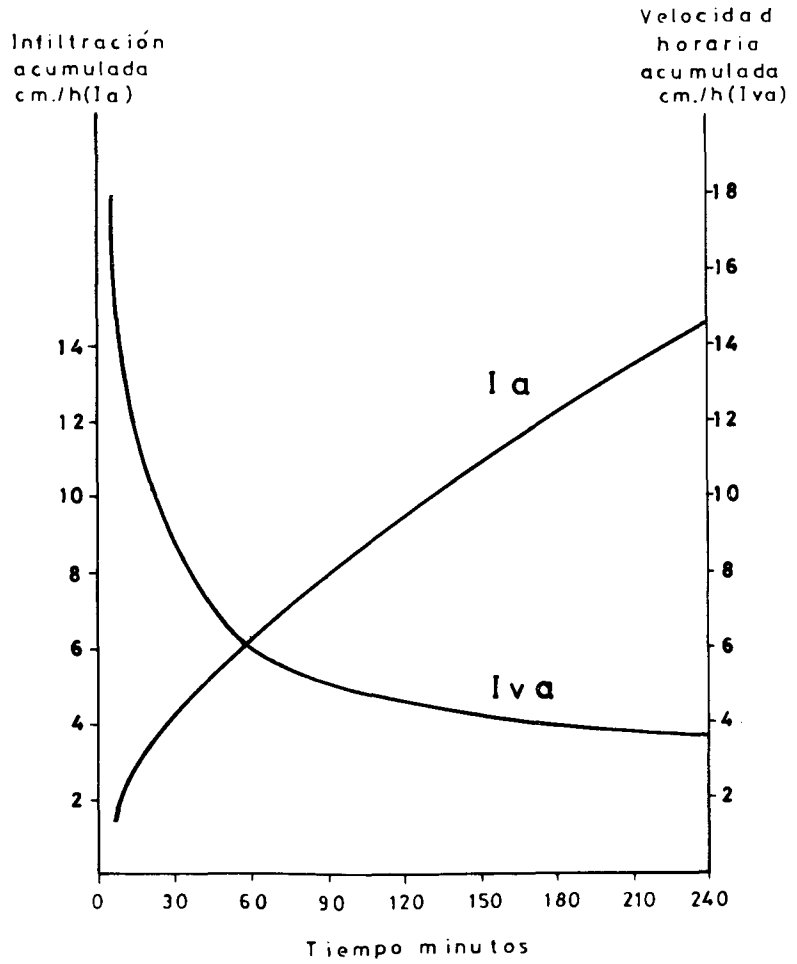


FIG. I-48

Unidad de Suelo N°25

Suelo de origen fluvio-glacial, de textura moderadamente fina gravillosa sobre fina gravillosa, limitado por piedras y gravas, de topografía plana hasta moderadamente inclinada, a veces ondulada, de drenaje algo excesivo, bueno y moderadamente bueno, en posición de terrazas remanentes, sobre depósitos fluvio glaciares.

La Unidad ocupa 2.846,0 ha, o sea, el 1,6% del área estudiada y se encuentra situada en la parte nororiente del área del Proyecto, en extensiones significativas, en posición fisiográfica de terrazas planas remanentes. Las pendientes que predominan varían entre 0 y 5%.

El material parental está representado por conglomerados volcánicos de naturaleza andesítica-basáltica en distintos grados de meteorización.

El agua freática se encuentra más allá de 3 metros de profundidad y no afecta el perfil del suelo.

El drenaje externo es rápido, moderadamente rápido, moderadamente lento y lento, el drenaje interno es moderadamente rápido y moderadamente lento y el drenaje natural es algo excesivo bueno y moderadamente bueno.

En la actualidad la tierra se destina principalmente a cereales, pastos y viña.

En la superficie son suelos de colores pardo amarillento oscuro, pardo a pardo oscuro, en tonos 10YR y 7,5YR, de texturas moderadamente fina gravillosa y en la profundidad son suelos de colores pardo grisáceo oscuro a pardo grisáceo, pardo a pardo oscuro, en tonos 10YR y 7,5YR, de textura fina gravillosa.

En general, presentan una secuencia de horizontes genéticos A, B y C. El horizonte A de entre 18 y 33 cm de grava, de colores pardo amarillento oscuro (10YR 3/4), pardo a pardo oscuro (7,5YR 4/3) en húmedo, pardo (10YR 5/3) en seco, de textura franco arcillo arenosa y franco arcillosa, plástico y adhesivo, friable, gravilla angular. Le sigue un horizonte B texturado de entre 46 y 70 cm de grosor, de colores pardo grisáceo oscuro a pardo grisáceo (10YR 5,5/2) y pardo a pardo oscuro (7,5YR 4/2) en húmedo, de textura arcillosa, muy plástico, muy adhesivo, firme en húmedo, muy duro en seco, grava y clastos meteorizados comunes. Este horizonte descansa sobre un material fluvio-glacial de conglomerado en distinto grado de meteorización.

Se han identificado tres fases por profundidad:

- Fase profunda (donde el material fluvio-glacial aparece entre 100 y 150cm de profundidad) 644,0 ha.
- Fase moderadamente profunda (donde el material fluvio glacial aparece entre 50 y 100 cm de profundidad) 1.895,6 ha.

- Fase superficial (donde el material fluvio glacial aparece entre 25 y 50 cm de profundidad) 306,4 ha.

Los valores de retención de humedad a 1/3 de atmósfera varían en los primeros 45 cm entre 22 y 44%, a 15 atmósfera entre 11 y 29%, y la humedad es aprovechable entre 11 y 15%, para disminuír en profundidad con valores de retención de humedad a 1/3 atmósfera que varían entre 16 y 17%, y la atmósfera es aprovechable entre 4 y 14%, debido a la influencia del material fluvio glacial subyacente.

La materia orgánica varía entre 0,5 y 2,2% en los horizontes superficiales, para disminuír en profundidad alcanzando a valores entre 0,1 y 0,4%.

La capacidad de intercambio catiónico presenta variaciones de entre 21,8 y 46,6 me/100 gramos de suelo y el complejo adsortivo está saturado principalmente con calcio y magnesio.

El porcentaje de saturación varía entre 58 y 90%. La reacción del suelo se caracteriza por valores de pH entre 5,1 y 7,2, indicando una reacción moderadamente ácida a neutra. Existe la tendencia de aumento de los valores de pH y de los porcentajes de saturación en profundidad, pero siempre dentro de los límites ya citados.

Los suelos no presentan problemas de salinidad y de alcalinidad.

El mineral arcilloso que predomina es la caolinita.

Son suelos que necesitan fuertes aplicaciones de fertilizantes nitrogenados y fosfatados. El actual nivel de fertilidad se puede considerar como medio.

Los factores limitantes de la productividad son el alto porcentaje de gravas y gravillas en el perfil, en general la poca profundidad óptima efectiva, la topografía a veces inclinada y ondulada, el bajo contenido de nutrientes y la permeabilidad lenta.

Desde el punto de vista taxonómico, los suelos de esta Unidad pertenecen al Orden Alfisol, Subórdenes aqualfs y xerealfs y Grandes Grupos Duraqualfs y Durixeralfs.

Para fines de riego las fases de esta Unidad de Suelo se han clasificado como sigue:

Cuadro I/35: Resumen de clasificación de tierras en clases y subclases de riego

Unidad de Suelo N°25

Fase	Descripción	Clase y Subclase de Riego	ha
25.2.A.4	Profunda, de pendiente 0 a 1%, de drenaje moderadamente bueno	2 s	126,8
25.2.C.2	Profunda, de pendiente 3 a 5%, algo excesivamente drenado	2 st	318,0
25.2.B.3	Profunda, de pendiente 1 a 3%, de drenaje bueno	2 st	199,2
25.3.A.4	Superficial, de pendiente 0 a 1%, de drenaje moderadamente bueno	3 s	564,8
25.3.B.4	Superficial, de pendiente 1 a 3%, de drenaje moderadamente bueno	3 st	567,6
25.3.BO.3	Superficial, de pendiente 1 a 3%, ondulado, de drenaje bueno	4 PFst	763,2
25.4.C.2	Muy superficial, de pendiente 3 a 5%, algo excesivamente drenado	4 Pst	306,4

Las pruebas de infiltración muestran una velocidad final de 1,6 cm/h, con una lámina total de 8,0 cm infiltrados en 4 horas.

Las fases profundas y moderadamente profundas son aptas para la mayoría de los cultivos de la zona, incluso frutales. Son aptos para cereales, chacras, pastos y viña.

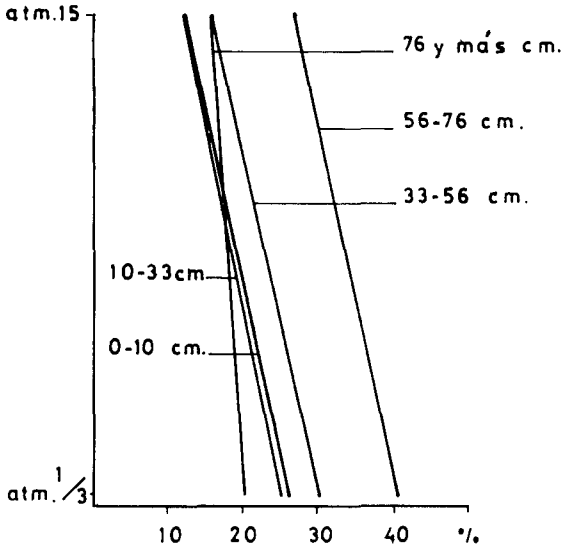
Debido a la poca profundidad efectiva no es posible ejecutar grandes movimientos de tierra dado el peligro que existe de descubrir el material fluvio-glacial de conglomerados.

Los métodos de uso y manejo de los suelos deben proporcionar un manto mullido de suelo en donde las raíces desarrollen un abundante sistema radicular, buena aireación y eliminen el exceso de humedad, lo que exige prácticas de manejo tales como, por ejemplo, nivelación y emparejamiento a objeto de eliminar la microtopografía y permitir una mejor distribución del agua de riego, cultivos en curvas de nivel y/o en franjas para evitar los procesos de erosión, despedraduras en aquellos sectores en donde la existencia de piedras gravita negativamente sobre el buen laboreo, y formación y conservación de una estructura más estable mediante la incorporación de materia orgánica, estiércol, abonos verdes o residuos de cosecha.

Los abonos químicos nitrogenados y fosfatados son espacialmente necesarios. En general debe darse preferencia a los fertilizantes nitrogenados poco solubles, que liberen lentamente el nitrógeno. Se recomienda aplicar superfosfatos en dosis moderadas.

UNIDAD DE SUELO Nº 25

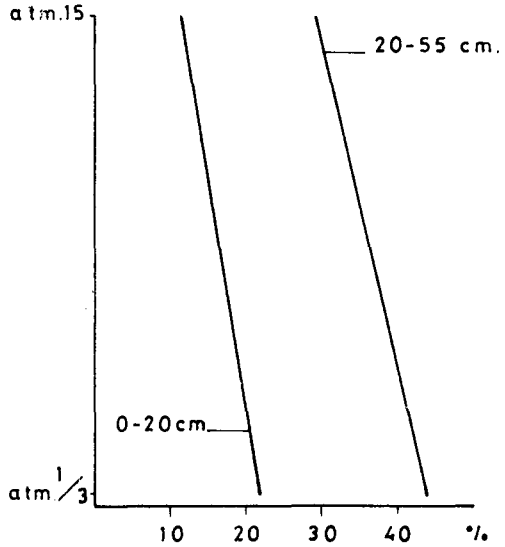
RETENCIONES DE HUMEDAD



PARA LA FASE PROFUNDA
(25.2.A.4)

Fuente: Serie Puente Negro, Fase Profunda. (Estudio Agrológico, Provincia de Colchagua, Ministerio de Agricultura, 1974)

Prof. cm.	Retención de humedad	
	1/3 atm.	15 atm.
0-10	26	12
10-33	25	12
33-56	30	16
56-76	41	27
76 y +	20	16

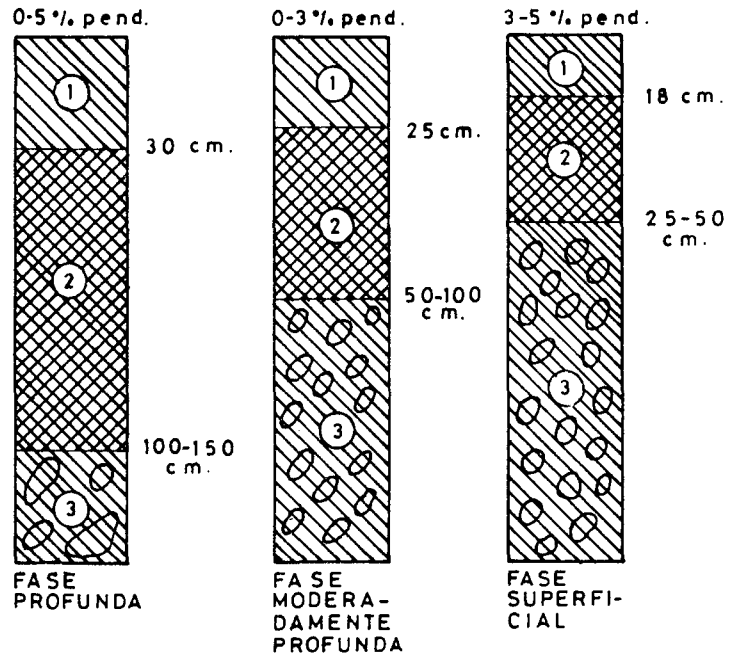


PARA LA FASE SUPERFICIAL
(25.4.0.2)

Fuente: Serie Miravalle, Fase Superficial. (Estudio Agrológico, Provincia de Colchagua, Ministerio de Agricultura, 1974)

rof. cm.	Retención de humedad	
	1/3 atm.	15 atm.
0-20	22	11
20-55	44	29

PERFILES DE SUELO



(1) FRANCO ARCILLO ARENOSA, FRANCO ARCILLOSA, PARDO AMARILLENTO OSCURO, PARDO A PARDO OSCURO.

(2) ARCILLOSA, PARDO GRISACEO OSCURO, PARDO A PARDO OSCURO

FIG. I-49

DATOS DE INFILTRACION

UNIDAD DE SUELO Nº **25**

PRUEBA DE INFILTRACION Nº

FASE: **25. 3. A. 4**

FUENTE: **M.O.P.**

FECHA :

HUMEDAD : **12.07%**

COBERTURA:

CLASIFICACION

3s

REGISTRO DE DATOS

(Promedio de 3 cilindros)

TIEMPO		INFILTRACION				
Horas	Minutos	Parcial (cms.)	Acumulado cms.(Ia.)	Velocidad horaria parcial cm./h(Ivp)	Velocidad horaria acumulada cm./h(Iva)	**Velocidad horaria cm./h**
	0	-	-	-	-	
	5	0.5	0.5	6.0	6.0	
	10	0.3	0.8	3.6	4.8	
	20	0.3	1.1	1.8	3.3	
	30	0.4	1.5	2.4	3.0	
	45	0.6	2.1	2.4	2.8	
1	60	0.4	2.5	1.6	2.5	2.5
	90	1.0	3.5	2.0	2.3	
2	120	1.1	4.6	2.2	2.3	2.1
3	180	1.8	6.4	1,8	2.1	1.8
4	240	1.6	8.0	1.6	2.0	1.6
				TOTAL 4 HORAS		8.0
				PROMEDIO HORARIO		2.0
				VELOCIDAD FINAL		1.6

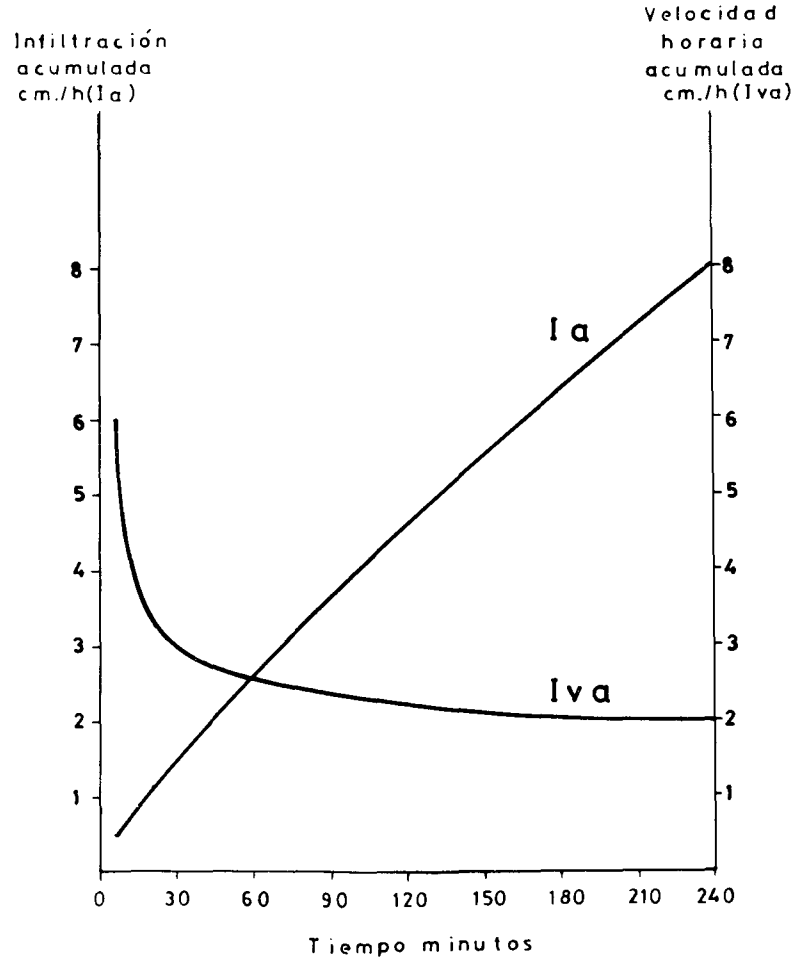


FIG.1-51

Unidad de Suelo N°26

Suelos planosólicos de textura moderadamente fina y fina gravillosa limitado por claypan, de topografía plana, de drenaje pobre, en posición de terrazas remanentes, sobre materiales aluviales de origen mixto.

La Unidad ocupa 1.010,4 ha, o sea, el 0,6% del área estudiada y se encuentra situada en la parte suroriente del área del Proyecto, ocupando pequeñas extensiones, en posición fisiográfica de terrazas planas remanentes. Las pendientes que predominan varían entre 0 y 1%.

El material parental está representado por arcillas depositadas en aguas tranquilas de origen mixto.

El agua freática se encuentra más allá de 3 metros de profundidad, pero, debido al claypan, suele encontrarse superficialmente en los meses de invierno, lo que afecta el perfil del suelo.

El drenaje externo es lento y muy lento, el drenaje interno es lento y muy lento y el drenaje natural es pobre.

En la actualidad la tierra se destina principalmente a cereales (arroz) y pastos.

En la superficie son suelos de colores pardo amarillento oscuro, pardo grisáceo en tonos 10YR, de textura moderadamente fina y fina gravillosa y en la profundidad son suelos de colores pardo rojizo oscuro y gris rojizo oscuro, en tono 5YR y texturas finas gravillosas.

En general, presentan una secuencia de horizontes A_p, A_2 y B_t. El horizonte superficial A_p varía entre 15 y 25 cm de grosor, de colores pardo amarillento oscuro (10YR 3/4) en húmedo, pardo (10YR 5/3) en seco, de textura franco arcillosa y arcillosa gravillosa, plástico y adhesivo, friable, duro en seco. Le sigue un horizonte eluviado (A_2) de entre 10 y 15 cm de grosor, de color pardo grisáceo (10YR 5/2) en húmedo, gris claro (10YR 7/1) en seco; de textura franco arenosa, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo, gravillosa y con concreciones férrico-manganésicas. Le sigue luego un horizonte iluviado (B_t) de entre 30 y 60 cm de grosor de colores pardo rojizo oscuro (5YR 3/2), gris rojizo oscuro (5YR 3/2), gris rojizo oscuro (5YR 4/2) en húmedo, de textura arcillosa, plástico y adhesivo, firme en húmedo, muy duro en seco. Este horizonte está formado por un claypan limitante para el sistema radicular. Luego descansa sobre un estrato inferior de piedras y gravas aluviales antiguos con matriz arcillo arenosa.

Se ha identificado una fase por profundidad:

- Fase superficial (donde el claypan aparece entre los 25 y 50 cm de profundidad) 1.010,4 ha.

Los valores de retención de humedad a 1/3 de atmósfera varían en los primeros 30 cm entre 25 y 35%, a 15 atmósfera entre 16 y 24%, y la humedad es aprovechable entre 9 y 11%, para aumentar ligeramente en pro

fundidad, con valores de retención de humedad a 1/3 de atmósfera que varían entre 33 y 34%, a 15 atmósfera entre 22 y 23%, y la humedad es aprovechable en un 11%.

La materia orgánica varía entre 0,5 y 1,8% en los horizontes superficiales, para disminuir en profundidad a valores entre 0,2 y 0,4%.

La capacidad de intercambio catiónico presenta variaciones de entre 21,8 y 23,1 me/100 gramos de suelo y el complejo adsortivo está saturado principalmente por calcio.

El grado de saturación varía entre 64 y 95%. La reacción del suelo se caracteriza por valores de pH entre 5,8 y 6,8, indicando una reacción moderadamente ácida a neutra. Existe la tendencia de aumento de los valores de pH y de los porcentajes de saturación en profundidad, pero siempre dentro de los límites ya citados.

Estos suelos no presentan problemas de salinidad y alcalinidad.

Son suelos que necesitan fuertes aplicaciones de fertilizantes nitrogenados y fosfatados. El actual nivel de fertilidad se puede considerar bajo.

Los factores limitantes de la productividad son la poca profundidad efectiva debido a la presencia del claypan, la permeabilidad lenta, el drenaje imperfecto y el bajo contenido de nutrientes.

Desde el punto de vista taxonómico, los suelos de esta Unidad pertenecen al Orden Alfisol, Suborden xeralfs y Gran Grupo Pallexeralfs.

Para fines de riego las fases de esta Unidad se han clasificado como sigue:

Cuadro I/36: Resumen de clasificación de tierras en clases y subclases de riego

Unidad de Suelo N°26

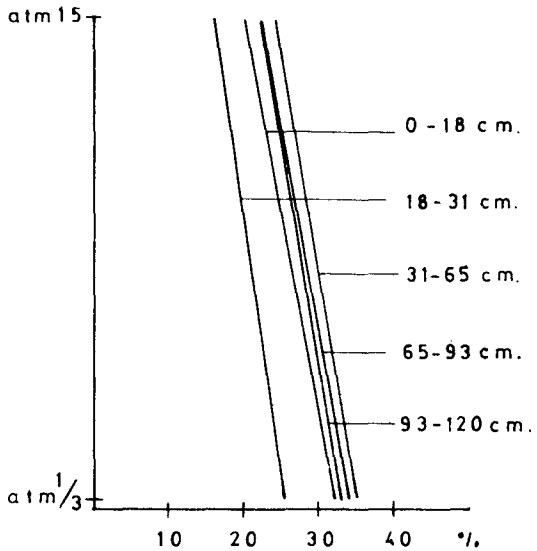
Fase	Descripción	Clase y Subclase de Riego	ha
26.4.A.6	Superficial, de pendiente 0 a 1%, de drenaje imperfecto	3 sd	1.010,4

Las pruebas de infiltración muestran una velocidad final de 1,6 cm/h, con una lámina total de 11,5 cm infiltrados en 4 horas.

Esta Unidad presenta una sobre fase superficial que es, debido a la poca profundidad óptima efectiva, apta únicamente para cereales (principalmente arroz), algo de chacra, maravilla, remolacha y pastos.

UNIDAD DE SUELO Nº 26

RETENCIONES DE HUMEDAD

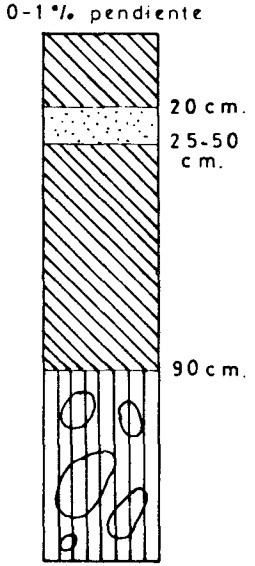


PARA LA FASE SUPERFICIAL
(24.4.A.6)

Fuente: Serie Peor es Nada, Fase Superficial. (Estudio Agrológico, Provincia de Colchagua, Ministerio de Agricultura, 1974)

Prof. cm.	Retención de humedad	
	1/3 atm	15 atm
0-18	32	20
18-31	25	16
31-65	35	24
65-93	34	22
93-120	33	22

PERFILES DE SUELO



FRANCO ARCILLOSA, ARCILLO GRAVILLOSA, PARDO AMARILLENTO OSCURO.

FRANCO ARENOSA, PARDO GRISACEO.

ARCILLOSA (CLAYPAN) PARDO ROJIZO OSCURO, GRIS ROJIZO OSCURO.

SUBSTRATO DE PIEDRAS Y GRAVAS CON MATRIZ ARCILLO ARENOSA.

FASE SUPERFICIAL

FIG. I-51

DATOS DE INFILTRACION

UNIDAD DE SUELO Nº **26**

PRUEBA DE INFILTRACION Nº **315**

FASE: **26.4.A.6** FUENTE: **M.O.P.**

FECHA :

HUMEDAD :

COBERTURA:

CLASIFICACION

3 s d

REGISTRO DE DATOS
(Promedio de 3 cilindros)

TIEMPO		INFILTRACION				
Horas	Minutos	Parcial (cms.)	Acumulado cms.(Ia.)	Velocidad horaria parcial cm./h(Ivp)	Velocidad horaria acumulada cm./h(Iva)	Velocidad horaria cm/h
	0	-	-	-	-	
	5	1.8	1.8	21.6	21.6	
	10	0.8	2.6	9.6	15.6	
	20	1.2	3.8	7.2	11.4	
	30	0.7	4.5	4.2	9.0	
	45	0.6	5.1	2.4	6.8	
1	60	1.0	6.1	4.0	6.1	6.1
	90	0.8	6.9	1.6	4.6	
2	120	1.2	8.1	2.4	4.0	2.0
3	180	1.8	9.9	1.8	3.3	1.8
4	240	1.6	11.5	1.6	2.9	1.6
				TOTAL 4 HORAS		11.5
				PROMEDIO HORARIO		2.9
				VELOCIDAD FINAL		1.6

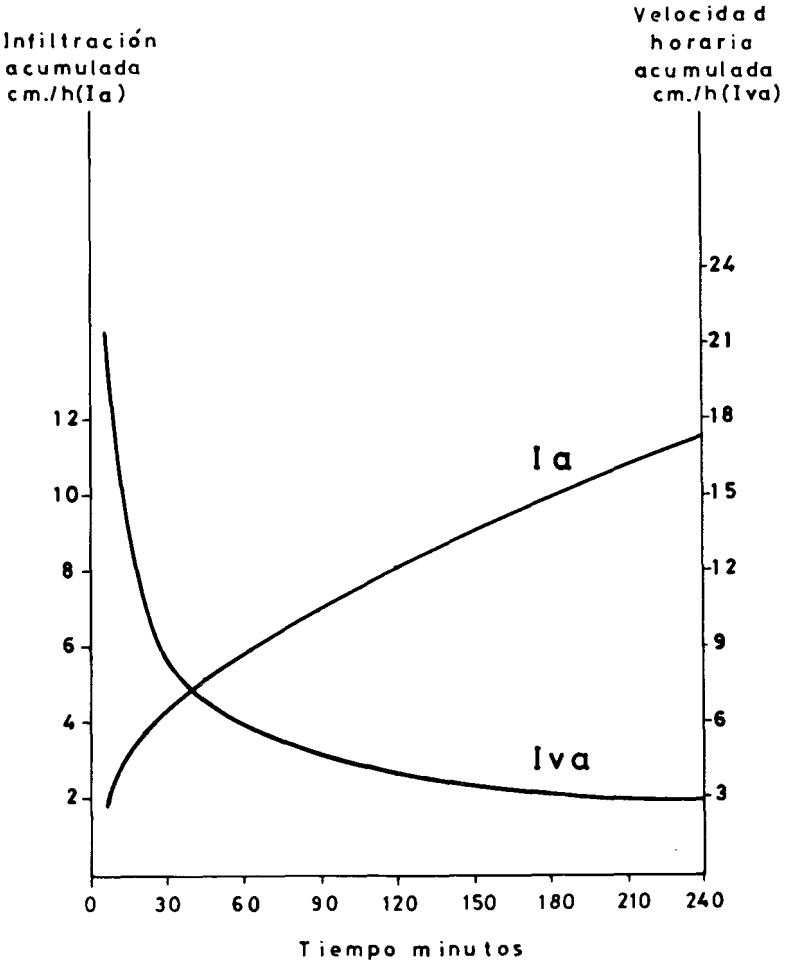


FIG. I-5

Debido a la poca profundidad efectiva, no es posible realizar grandes movimientos de tierra en los suelos de esta Unidad por el peligro que existe de descubrir las capas impermeables subsuperficiales.

Los métodos de uso y manejo de los suelos deben proporcionar un manto mullido de suelo en donde las raíces desarrollen un abundante sistema radicular, buena aireación y eliminen el exceso de humedad, lo que hace necesario prácticas de manejo tales como, por ejemplo, la nivelación y emparejamiento para eliminar la microtopografía y permitir una mejor distribución del agua de riego, el establecimiento de una red de drenaje para eliminar el exceso de humedad y/o mantener una napa freática fuera de la zona radicular y la formación y conservación de una estructura más estable mediante la incorporación de materia orgánica, estiércol, abonos verdes o residuos de cosechas.

Los abonos químicos nitrogenados y fosfatados son especialmente necesarios. En general, debe darse preferencia a fertilizantes nitrogenados poco solubles que liberen lentamente el nitrógeno. Se recomienda aplicar superfosfatos en dosis moderadas.

Unidad de Suelo N°27

Planosoles de textura moderadamente gruesa sobre fina gravillosa, limitados por claypan con arenisca cementada en profundidad, de topografía plana y ligeramente inclinada, de drenaje imperfecto, en posición de terrazas remanentes, sobre materiales aluviales, de origen mixto.

La Unidad ocupa 6.529,6 ha, o sea, el 3,6% del área estudiada y se encuentra situada en la parte occidental del área del Proyecto, en especial en los valles intermontanos de la Costa, y ocupa extensiones significativas, en posición fisiográfica de terrazas planas remanentes. Las pendientes que predominan varían entre 0 y 3%.

El material parental está representado por sedimentos aluviales de composición mixta, con predominio de la litología ácida.

El agua freática se encuentra más allá de 3 metros de profundidad, pero debido al pan de arcilla suele encontrarse superficialmente en los meses de invierno, lo que afecta el perfil del suelo.

El drenaje externo es moderadamente rápido, moderadamente lento y lento, el drenaje interno es lento y el drenaje natural es imperfecto.

En la actualidad la tierra se destina principalmente a pastos y estepas de Acacia cavenia.

En la superficie son suelos de colores pardo amarillento oscuro, pardo a pardo oscuro y pardo grisáceo en tono 10YR, de textura moderadamente gruesa y en la profundidad son suelos de colores gris oliva y textura fina gravillosa.

En general, presentan una secuencia de horizontes genéticos A_1, A_2, B_t, C_m. El horizonte A_1 de entre 10 y 25 cm de grosor, de colores pardo amarillento oscuro (10YR 3/4), pardo a pardo oscuro (10YR 4/3) en húmedo, pardo (10YR 5/3), pardo amarillento (10YR 5/4) y pardo pálido (10YR 6/3) en seco; de textura franco arenosa, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo, friable. Le sigue un horizonte eluviado (A_2) de entre 0 y 10 cm de grosor, de color pardo grisáceo (10YR 5/2) en húmedo, gris parduzco claro (10YR 6/2) en seco; de textura franco arenosa gruesa, no plástico, no adhesivo, muy friable, suelto en seco, gravas comunes. Le sigue luego un horizonte iluviado (B_t) entre 25 y 50 cm de grosor, de colores gris oliva (5Y 5/2), de textura arcillosa, muy plástico, muy adhesivo, muy firme en húmedo, extremadamente duro en seco, gravilla cuarcífera. Por último hay un horizonte C cementado con fierro y manganeso principalmente.

Se ha identificado una fase por profundidad:

- Fase moderadamente profunda (donde el estrato inferior cementado aparece entre 50 y 100 cm de profundidad) 6.529,6 ha.

Los valores de retención de humedad a 1/3 de atmósfera varían en los primeros 30 cm de profundidad entre 11 y 12%, a 15 atmósfera entre

5 y 6% y la humedad es aprovechable en un 6% para aumentar en profundidad con valores de retención de humedad a 1/3 de atmósfera de entre 16 y 29%, a 15 atmósfera de entre 14 y 19% y la humedad es aprovechable entre 2 y 10%, debido a la naturaleza arcillosa del horizonte subyacente.

La materia orgánica varía entre 0,8 y 1,6% en los horizontes superficiales, para disminuir en profundidad entre 0,3 y 0,4%.

La capacidad de intercambio catiónico presenta variaciones de entre 6,0 y 25,1 me/100 gramos de suelo y el complejo adsortivo está saturado principalmente por calcio.

El grado de saturación varía entre 67 y 96%. La reacción del suelo caracterizada por valores de pH entre 5,7 y 7,4, indica una reacción moderadamente ácida a moderadamente alcalina. Existe la tendencia de aumento de los valores de pH y de los porcentajes de saturación en profundidad, pero siempre dentro de los límites ya citados.

Los suelos no presentan problemas de salinidad y alcalinidad.

Son suelos que necesitan fuertes aplicaciones de fertilizantes nitrogenados y fosfatados. El actual nivel de fertilidad se puede considerar como bajo.

Los factores limitantes de la productividad son la poca profundidad efectiva, limitado por arenisca cementada, la baja capacidad de retención de humedad, el bajo contenido de materia orgánica y nutrientes y el drenaje imperfecto.

Desde el punto de vista taxonómico, los suelos de esta Unidad pertenecen al Orden Alfisol, Suborden aqualfs y Gran Grupo Duraqualfs.

Para fines de riego las fases de esta Unidad se han clasificado como sigue:

Cuadro I/37: Resumen de clasificación de tierras en clases y subclases de riego

Unidad de Suelo N°27

Fase	Descripción	Clase y Subclase de Riego	ha
27.3.A.5	Moderadamente profunda, de pendiente 0 a 1%, de drenaje imperfecto	3 sd	5.720,8
27.3.B.5	Moderadamente profunda, de pendiente 1 a 3%, de drenaje imperfecto	3 std	808,8

Las pruebas de infiltración, muestran una velocidad final de 2,6 cm/h, con una lámina total de 16,0 cm infiltrados en 4 horas.

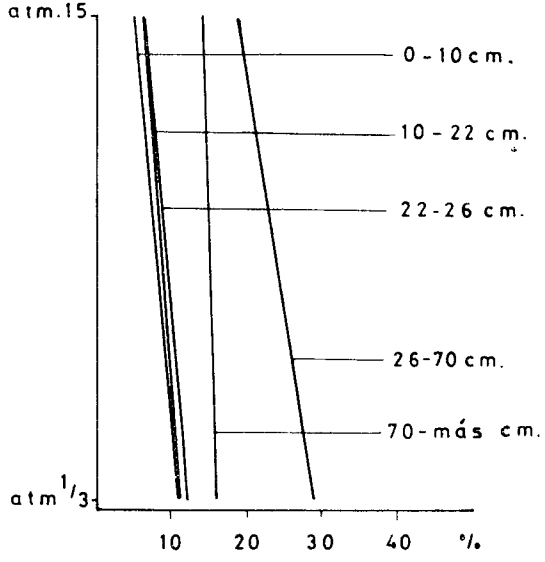
Esta Unidad presenta una fase moderadamente profunda que es, por sus condiciones fisiológicas actuales, apta únicamente para cereales y pastos.

Los métodos de uso y manejo de los suelos deben proporcionar un manto mullido de suelo en donde las raíces desarrollen un abundante sistema radicular, buena aireación y eliminen el exceso de humedad, haciéndose necesarias las prácticas de manejo tales como, por ejemplo, la nivelación y emparejamiento del suelo para eliminar la microtopografía y permitir una mejor distribución del agua de riego, el establecimiento de una red de drenaje para eliminar el exceso de humedad y/o mantener una napa freática fuera de la zona radicular, subsolar el suelo para así incorporar el elemento fino de las capas subyacente y la formación y conservación de una estructura más estable mediante la incorporación de materia orgánica, estiércol, abonos verdes o residuos de cosecha.

Los abonos químicos nitrogenados y fosfatados son especialmente necesarios. En general debe darse preferencia a los fertilizantes nitrogenados poco solubles, que liberen lentamente el nitrógeno. Se recomienda aplicar superfosfatos en dosis fuertes.

UNIDAD DE SUELO Nº 27

RETENCIONES DE HUMEDAD



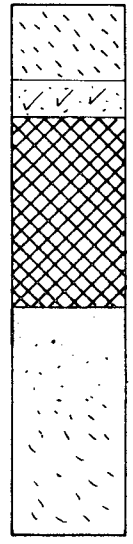
PARA LA FASE MODERADAMENTE PROFUNDA
(27.3.A.5)

Fuente: Serie Talhuen,
Fase Moderadamente Profunda,
(Estudio Agrológico,
Provincia de Colchagua,
Ministerio de Agricultura,
1974)

Prof. cm.	Retención de humedad	
	1/3 atm.	15 atm.
0-10	11	5
10-22	11	6
22-26	12	6
26-55	29	19
55-70	29	19
70 y +	16	14

PERFILES DE SUELO

0-3 % pendiente



FRANCO ARENOSA PARDO AMARILLENTO OSCURO, PARDO A PARDO OSCURO.

20 cm.

FRANCO ARENOSA GRUESA, PARDO GRISACEO.

30 cm.

ARCILLOSA, GRIS OLIVA

50-100 cm.

SUBSTRATO CEMENTADO FIERRO-MANGANESO

FASE MODERADAMENTE PROFUNDA

FIG. I-53

DATOS DE INFILTRACION

UNIDAD DE SUELO Nº 27

PRUEBA DE INFILTRACION Nº 6

FASE: 27.3.A.5 FUENTE: M.O.P.

FECHA :

HUMEDAD : 13.7 %

COBERTURA:

CLASIFICACION

3 s d

REGISTRO DE DATOS
(Promedio de 3 cilindros)

TIEMPO		INFILTRACION				
Horas	Minutos	Parcial (cms.)	Acumulado cms.(Ia.)	Velocidad horaria parcial cm./h(Ivp)	Velocidad horaria acumulada cm./h(Iva)	Velocidad horaria cm/h
	0	-	-	-	-	
	5	1.2	1.2	14.4	14.4	
	10	0.6	1.8	7.2	10.8	
	20	1.3	3.1	7.8	9.3	
	30	1.0	4.1	6.0	8.2	
	45	1.6	5.7	6.4	7.6	
1	60	1.0	6.7	4.0	6.7	6.7
	90	2.0	8.7	4.0	5.8	
2	120	1.8	10.5	3.6	5.3	3.8
3	180	2.9	13.4	2.9	4.5	2.9
4	240	2.6	16.0	2.6	4.0	2.6
				TOTAL 4 HORAS		16.0
				PROMEDIO HORARIO		4.0
				VELOCIDAD FINAL		2.6

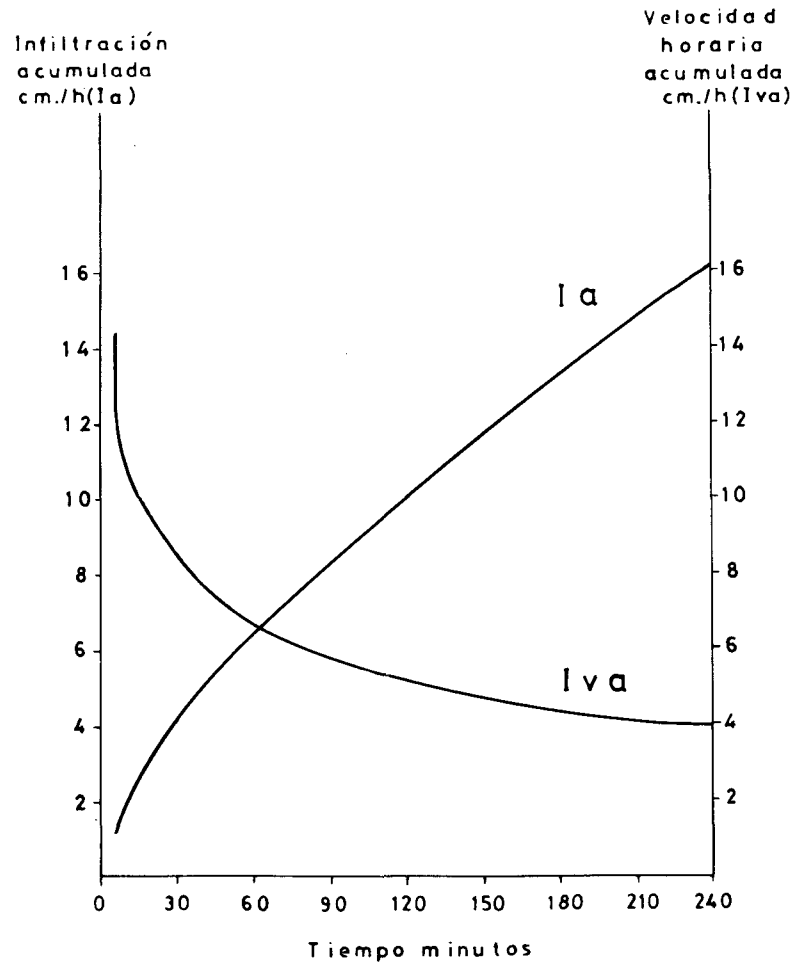


FIG. I-54

Unidad de Suelo N°28

Planasoles de textura moderadamente finas y finas sobre finas gravillosas, limitados por claypan, con arenisca cementada en la profundidad, de topografía plana a moderadamente inclinada, de drenaje imperfecto, en posición de terrazas remanentes, sobre materiales aluviales de origen mixto.

La Unidad ocupa 6.474,8 ha, o sea, el 3,6% del área estudiada y se encuentra situada en la parte noroccidental del área del Proyecto, en especial en los valles intermontanos de la Costa (Nilahue), y ocupa extensiones significativas dentro del área, en posición fisiográfica de terrazas planas remanentes. Las pendientes que predominan varían entre 0 y 5%.

El material parental está representado por sedimentos aluviales de composición mixta, con predominio de la litología ácida.

El agua freática se encuentra más allá de 3 metros de profundidad pero debido al pan de arcilla suele encontrarse superficialmente en los meses de invierno, lo que afecta el perfil del suelo.

El drenaje externo es moderadamente rápido, moderadamente lento y lento, el drenaje interno es lento y el drenaje natural es imperfecto.

En la actualidad la tierra se destina principalmente a pastos y estepas de Acacia cavenia.

En la superficie son suelos de colores pardo amarillento oscuro, pardo a pardo oscuro, pardo grisáceo, pardo grisáceo oscuro en tono 10YR y textura moderadamente fina y fina y en la profundidad son suelos de colores gris oliva y pardo pálido, de textura fina gravillosa.

En general, presentan una secuencia de horizontes genéticos A_1, A_2, B_t y C_m. El horizonte A_1 de entre 10 y 25 cm de grosor, de colores pardo amarillento oscuro (10YR 3/4), pardo a pardo oscuro (10YR 4/3) y pardo grisáceo (10YR 5/2) en húmedo, pardo amarillento (10YR 5/4), pardo pálido (10YR 6/3), y gris claro (10YR 7/2) en seco, de textura franco arcillo arenosa, arcillo arenosa y arcillosa, ligeramente plástico a plástico, ligeramente adhesivo a adhesivo, friable. Le sigue un horizonte eluvial (A_2) de entre 0 a 39 cm de grosor, de colores pardo grisáceo (10YR 5/2), pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2), y pardo pálido (10YR 6/3) en húmedo, gris parduzco claro (10YR 6/2), gris claro (10YR 7/2) en seco; de textura franco arenosa gruesa y franco arenosa, no plástico, no adhesivo, muy friable, suelto en seco. Luego sigue un horizonte iluviado (B_t) de entre 25 y 50 cm de grosor de colores gris oliva (5Y 5/2) y pardo muy oscuro (10YR 2/2) en húmedo, de textura arcillosa y arcillo arenosa, muy plástico, muy adhesivo, muy firme en húmedo, extremadamente duro en muy plástico, muy adhesivo, muy firme en húmedo, extremadamente duro en seco, gravilla cuarcífera. Por último hay un horizonte C cementado con fierro y manganeso principalmente.

Se han identificado dos fases por profundidad:

- Fase profunda (donde el estrato inferior cementado aparece entre 100 y 150 cm de profundidad) 1.894,8 ha.
- Fase moderadamente profunda (donde el estrato inferior cementado aparece entre 50 y 100 cm de profundidad) 4.580,0 ha.

Los valores de retención de humedad a 1/3 de atmósfera varían en los primeros 35 cm de profundidad entre 25 y 31%, a 15 atmósfera entre 8 y 10% y la humedad es aprovechable entre 17 y 21%, para disminuir en profundidad con valores de retención de humedad a 1/3 de atmósfera entre 13 y 22%, a 15 atmósfera entre 8 y 14% y la humedad es aprovechable entre 5 y 8%, debido al efecto predominante del material parental subyacente.

La materia orgánica varía entre 0,9 y 3,6% en los horizontes superficiales, para luego disminuir en profundidad a valores entre 0,3 y 0,5%.

La capacidad de intercambio catiónico presenta variaciones de entre 8,4 y 17,0 me/100 gramos de suelo y el complejo adsortivo está saturado principalmente por calcio.

El grado de saturación varía entre 55 y 85%. La reacción del suelo se caracteriza por valores de pH entre 5,7 y 6,5, indicando una reacción moderadamente ácida. Existe la tendencia de aumento de los valores de pH y de los porcentajes de saturación en profundidad, pero siempre dentro de los límites ya citados.

Los suelos no presentan problemas de salinidad y alcalinidad.

Son suelos que necesitan fuertes aplicaciones de fertilizantes nitrogenados y fosfatados. El actual nivel de fertilidad se puede considerar de bajo a medio.

Los factores limitantes de la productividad son la topografía, el drenaje imperfecto, el bajo contenido de materia orgánica y nutrientes y la cubierta de estepa que hace necesario el destronque.

Desde el punto de vista taxonómico, los suelos de esta Unidad pertenecen al Orden Alfisol, Suborden aqualfs y Grandes Grupos Albaqualfs y Peraqualfs.

Para fines de riego las fases de esta Unidad se han clasificado como sigue:

Cuadro I/38: Resumen de clasificación de tierras en clases y subclases de riego

Unidad de Suelo N°28

Fase	Descripción	Clase y Subclase de Riego	ha
28.2.A.5	Profunda, de pendiente 0 a 1%, de drenaje imperfecto	3 sd	1.747,2
28.2.B.5	Profunda, de pendiente 1 a 3%, de drenaje imperfecto	3 std	68,4
28.2.C.5	Profunda, de pendiente 3 a 5%, de drenaje imperfecto	3 std	79,2
28.3.A.5	Moderadamente profunda, de pendiente 0 a 1%, de drenaje imperfecto	3 sd	3.706,4
28.3.B.5	Moderadamente profunda, de pendiente 1 a 3%, de drenaje imperfecto	3 std	873,6

Las pruebas de infiltración muestran una velocidad final de 1,4 cm/h, con una lámina total de 10,8 cm infiltrados en 4 horas.

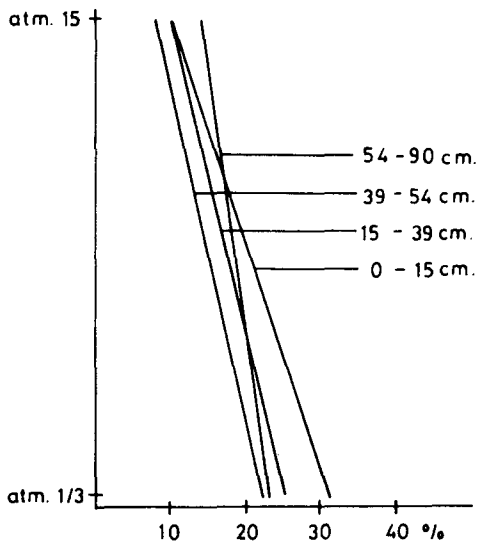
Las fases de esta Unidad de Suelo son aptas para cereales y pastos en su etapa de habilitación y posteriormente pueden dedicarse a cultivos más intensivos.

Los métodos de uso y manejo de los suelos deben proporcionar un manto mullido de suelo en donde las raíces desarrollen un abundante sistema radicular, buena aireación y eliminen el exceso de humedad, haciéndose necesarias prácticas de manejo tales como, por ejemplo, la nivelación y emparejamiento del suelo para eliminar la microtopografía y permitir una mejor distribución del agua de riego, el establecimiento de una red de drenaje para eliminar el exceso de humedad y/o mantener una napa freática fuera de la zona radicular y, además, subsolar el suelo para así eliminar el horizonte A_2; en las fases por pendientes, las curvas de nivel o los cultivos de franjas y la formación y conservación de una estructura más estable mediante la incorporación de materia orgánica, estiércol, abonos verdes o residuos de cosecha.

Los abonos químicos nitrogenados y fosfatados son especialmente necesarios. En general, debe darse preferencia a los fertilizantes nitrogenados poco solubles que liberen lentamente el nitrógeno. Se recomienda aplicar superfosfato en dosis fuertes.

UNIDAD DE SUELO Nº 28

RETENCIONES DE HUMEDAD

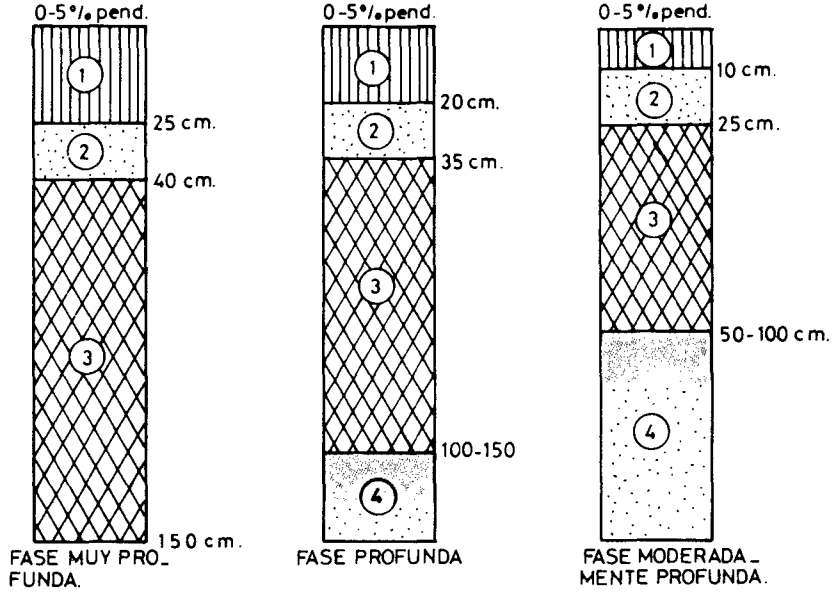


PARA LA FASE MODERADAMENTE PROFUNDA
(28.3.A.5)

Fuente: Serie Los Coipos,
Fase Moderadamente Profunda.
(Estudio Agrológico,
Provincia de Colchagua,
Ministerio de Agricultura,
1974).

Prof. (cm)	Retención de humedad.	
	1/3 atm.	15 atm.
0-15	31	10
15-39	25	10
39-54	22	8
54-90	23	14

PERFILES DE SUELO



(1) FRANCO ARCILLO ARENOSA, ARCILLO ARENOSA Y ARCILLOSA.
PARDO AMARILLENTO OSCURO, PARDO, PARDO GRISACEO.

(2) FRANCO ARENOSA. PARDO GRISACEO Y PARDO PALIDO.

(3) ARCILLOSA Y ARCILLO ARENOSA. GRIS OLIVA Y PARDO MUY OSCURO.

(4) SUBSTRATO ALUVIAL CEMENTADO CON FIERRO Y MANGANESO.

FIG. I-55

CUADRO I/39

CUADRO DE RESUMEN DE LAS CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS DEL PROYECTO CONVENTO VIEJO

SIMBOLO	COLOR	NOMBRE Y DESCRIPCION DE LA UNIDAD DE SUELO	CARACT. GENERALES DEL LUGAR						CARACTERISTICAS FISICAS E HIDROFISICAS								CARACTERISTICAS QUIMICAS Y MINERALOGICAS							FERTILIDAD DEL SUELO				USO ACTUAL	USO POTENCIAL	MEDIDAS MEJORATIVAS		CLASE Y SUB-CLASE	AREA	
			RELIEVE	MATERIAL PARENTAL	AGUA FREATICA PROFUND. Y NATUR.	DRENAJE EXT.	DRENAJE INT.	DRENAJE NAT.	TEXTURA HORIZONTE SUPERIOR	TEXTURA HORIZONTE INTERM.	TEXTURA SUBSUELO	RET. HUMED. 1/3 atm.	RET. HUMED. 15 atm.	INFILTRAC. APREC.	INFILTRAC. cm/h	PERMEABIL. cm/h	MATERIA ORGANICA %	C.I.C. me/100g	V %	pH EN AGUA	C.E. mmhos/cm	P.S.I.	MINERAL ARCILLOSO DOMIN.	PROFUND. SELECTIVA DEL SUELO	FACTOR LIMIT. DE LA PROFUND.	NIVEL ACTUAL DE LA FERTIL.	FACTORES LIMITANTES DE LA PRODUCTIVIDAD			TECNICAS	AGROTECNICAS		Hás.	Hás	%
1		SUELOS COLUVIALES, DE TEXTURA MODERADAMENTE GRUESA SOBRE GRUESA Y MODERADAMENTE GRUESA GRAVILLOSA, LIMITADA POR GRAVAS, PIEDRAS Y BOLONES, DE TOPOGRAFIA LIGERA Y MODERADAMENTE INCLINADA, DE DRENAJE EXCESIVO Y ALGO EXCESIVO, EN POSICION DE PIEDEMONT, SOBRE MATERIALES DE ORIGEN ANDESITICO.	POSICION DE PIEDEMONT PENDIENTES DE 1-5 %	MATERIAL COLUVIAL, DE ORIGEN ANDESITICO.	MAS DE 3 m.	RAPID. Y MOD. RAPID.	MUY RAPID. Y RAPID.	EXCESIVO Y ALGO EXCESIVO.	MODERADAMENTE GRUESA.	GRUESA Y MODERAD. GRUESA GRAVILLOSA.	GRAVAS, PIEDRAS Y BOLONES.	5-26	4-12	BAJA MEDIA	3,2		2,0 — 0,4	8,7 20,7	58-82	5,3 6,8			MONTMOR. VERMICUL. ILLITA	MUY PROFUNDA HASTA MUY SUPERFICIAL	GRAVAS, PIEDRAS Y BOLONES	BAJO A MEDIO	-TOPOGRAFIA LIGERA Y MODERADAMENTE INCLINADA. -DRENAJE EXCESIVO Y ALGO EXCESIVO. -A VECES (EN LAS FASES SUPERFICIALES POCA PROFUNDIDAD EFECTIVA Y BAJA RETENCION DE HUMEDAD) -PORCENTAJE RELATIVAMENTE ALTO DE GRAVILLAS.	ARABLE (CEREALES CHACRAS) PASTO, VIÑAS	ARABLE, VIÑA. PASTO.	-MEDIDAS SIMPLES DE CONSERVACION DE SUELOS, TRABAJOS DE PREPARACION Y CULTURALES ORIENTADOS PARALELAMENTE CON CURVAS DE NIVEL.	-LABORES CULTURALES DESTINADAS A FORMAR Y CONSERVAR LA ESTRUCTURA, EVITAR LA PULVERIZACION DEL SUELO. -RECOLECCION DE LOS CLASTOS SUPERFICIALES. -FERTILIZACION CON MATERIA ORGANICA, N Y P.	2 st 3 st 4 Pst 4 PVst 4 Pst	622.8 404.0 290.8 607.2 317.6	2242.4	12
2		SUELOS COLUVIALES, DE TEXTURA MODERADAMENTE FINA, SOBRE GRUESA Y MODERADAMENTE GRUESA GRAVILLOSA, LIMITADAS POR GRAVAS, PIEDRAS Y BOLONES, DE TOPOGRAFIA LIGERAMENTE INCLINADA, DE DRENAJE ALGO EXCESIVO Y BUENO, EN POSICION DE PIEDEMONT, SOBRE MATERIALES COLUVIALES DE ORIGEN ANDESITICO.	POSICION DE PIEDEMONT PENDIENTES, DE 1-3 %	MATERIAL COLUVIAL, DE ORIGEN ANDESITICO.	MAS DE 3 m.	MOD. RAPID.	RAPID. Y MOD. RAPID.	ALGO EXCESIVO Y BUENO	MODERADAMENTE FINA.	GRUESA Y MODERAD. GRUESA GRAVILLOSA.	GRAVAS, PIEDRAS, BOLONES.	5-26	4-12	BAJA MEDIA			2,0 - 0,4	8,7 20,7	58-82	5,3 6,8			MONTMOR. VERMICUL. ILLITA	MUY PROFUNDA HASTA MUY SUPERFICIAL	GRAVAS, PIEDRAS Y BOLONES	BAJO A MEDIO	IDEM	ARABLE, (CEREALES CHACRAS) PASTO, VIÑA	ARABLE, VIÑA. PASTO.	-MEDIDAS SIMPLES DE CONSERVACION DE SUELOS, TRABAJOS DE PREPARACION Y CULTURALES ORIENTADOS PARALELAMENTE CON CURVAS DE NIVEL. -EN SUELOS MUY SUPERFICIALES MANTENER PASTO.	-FORMACION Y CONSERVACION DE ESTRUCTURAS DE SUELO. -RECOLECCION DE CLASTOS SUPERFICIALES. -FERTILIZACION CON MATERIA ORGANICA, N Y P.	2 st 3 st 4Pst	156.0 277.2 149.3	582.5	03
3		SUELOS COLUVIALES, DE TEXTURA MODERAMENTE GRUESA, SOBRE MODERADAMENTE FINA GRAVILLOSA, LIMITADAS POR GRAVAS, PIEDRAS Y BOLONES, DE TOPOGRAFIA LIGERAMENTE INCLINADA DE DRENAJE BUENO, EN POSICION DE PIEDEMONT, SOBRE MATERIALES COLUVIALES DE ORIGEN ANDESITICO.	POSICION DE PIEDEMONT PENDIENTES, DE 1-3 %	MATERIAL COLUVIAL, DE ORIGEN ANDESITICO.	MAS DE 3 m.	MOD. RAPID.	MOD. LENTO Y MOD RAPID.	BUENO	MODERADAMENTE GRUESA.	MODERAD. FINA GRAVILLOSA.	GRAVAS, PIEDRAS Y BOLONES.	18-27	10-16	MEDIA	2,4		4,2 - 2,5	17,8 - 23,4	44-87	5,4 - 6,8			CAOLINITA VERMICUL.	MUY PROFUNDA HASTA SUPERFICIAL.	GRAVAS, PIEDRAS Y BOLONES.	MEDIO A ALTO	-TOPOGRAFIA LIGERAMENTE INCLINADA. -EN LAS FASES SUPERFICIALES POCA PROFUNDIDAD EFECTIVA. -PORCENTAJE RELATIVAMENTE ALTO DE GRAVILLAS Y GRAVAS AUMENTANDO CON LA PROFUNDIDAD.	ARABLE, (CEREALES CHACRAS) PASTO, VIÑA, FRUTALES.	ARABLE, VIÑA, FRUTALES.	-MEDIDAS SIMPLES DE CONSERVACION DE SUELOS, TRABAJOS DE PREPARACION Y CULTURALES, ORIENTADOS, PARALELAMENTE CON CURVAS DE NIVEL.	-FORMACION Y CONSERVACION DE ESTRUCTURA DE SUELO. -RECOLECCION DE CLASTOS SUPERFICIALES. -FERTILIZACION CON MATERIA ORGANICA, N Y P.	2 st 3 st	332.4 195.6	528.0	03
4		SUELOS COLUVIALES, DE TEXTURA MODERADAMENTE FINA GRAVILLOSA EN TODO EL PERFIL, LIMITADA POR GRAVAS, PIEDRAS Y BOLONES, DE TOPOGRAFIA LIGERA Y MODERADAMENTE INCLINADA DE DRENAJE ALGO EXCESIVO Y BUENO EN POSICION DE PIEDEMONT, SOBRE MATERIALES COLUVIALES, DE ORIGEN ANDESITICO.	POSICION DE PIEDEMONT PENDIENTES, DE 1-5 %	MATERIAL COLUVIAL, DE ORIGEN ANDESITICO.	MAS DE 3 m.	RAPID. Y MODERAD. RAPID.	MODERAD. RAPID. Y MODERAD. LENTO.	ALGO EXCESIVO Y BUENO	MODERADAMENTE FINA GRAVILLOSA.	MODERADA-MENTE FINA GRAVILLOSA.	GRAVAS, PIEDRAS Y BOLONES.	18-27	10-16	MEDIA	2,0 4,4		4,2 - 2,5	17,8-23,4	44-66	5,4 - 5,6			CAOLINITA VERMICUL.	MUY PROFUNDA HASTA MODERADAMENTE PROFUNDA.	GRAVAS, PIEDRAS Y BOLONES.	MEDIA A ALTO.	IDEM	ARABLE, (CEREALES CHACRAS) PASTO. VIÑA, FRUTALES.	ARABLE, VIÑA, FRUTALES.	-MEDIDAS SIMPLES DE CONSERVACION DE SUELOS, TRABAJOS DE PREPARACION Y CULTURALES ORIENTADOS PARALELAMENTE CON CURVAS DE NIVEL.	-FORMACION Y CONSTRUCTURA DE SUELO. -RECOLECCION DE CLASTOS SUPERFICIALES. -FERTILIZACION CON MATERIA ORGANICA, N Y P.	2 st 3 st	1151.2 24.0	1175.2	06
5		SUELOS COLUVIALES, DE TEXTURA MODERADAMENTE FINA Y MEDIA GRAVILLOSA SOBRE FINAS GRAVILLOSAS LIMITADAS POR GRAVAS, PIEDRAS Y BOLONES, DE TOPOGRAFIA LIGERA Y MODERADAMENTE INCLINADA, DE DRENAJE ALGO EXCESIVO Y BUENO, EN POSICION DE PIEDEMONT, SOBRE MATERIALES DE ORIGEN ANDESITICO	POSICION DE PIEDEMONT PENDIENTES, DE 1-5 %	MATERIAL COLUVIAL, DE ORIGEN ANDESITICO.	MAS DE 3 m.	RAPID. Y MODERAD. RAPID.	MODERAD. RAPID. Y MODERAD. LENTO.	ALGO EXCESIVO Y BUENO.	MEDIA Y MODERADAMENTE FINA GRAVILLOSA.	FINA GRAVILLOSA.	GRAVAS, PIEDRAS Y BOLONES.	19-46	8-29	MEDIA ALTA	2,1		3,7 - 0,8	9,7 — 47,6	66 - 91	5,1 — 6,6			ILLITA	MUY PROFUNDA HASTA SUPERFICIAL	GRAVAS, PIEDRAS Y BOLONES.	MEDIA A ALTO.	TOPOGRAFIA LIGERA Y MODERAMENTE INCLINADA. EN LAS FASES SUPERFICIALES POCA PROFUNDIDAD EFECTIVA. PORCENTAJE RELATIVAMENTE ALTO DE GRAVILLAS Y A VECES GRAVAS.	ARABLE, (CEREALES CHACRAS) PASTO. VIÑA	ARABLE, VIÑA, FRUTALES PASTO	EN PENDIENTES MENORES DE 3% MEDIDAS SIMPLES DE CONSERVACION CON ARADURAS Y LABORES CULTURALES, ORIENTADOS PARALELAMENTE CON CURVAS DE NIVEL. EN PENDIENTES DE 3-5% AGREGANDO CULTIVOS EN FRANJA. EN LOS SUELOS MUY SUPERFICIALES PASTO PERMANENTE.	CONSERVACION DE LA ESTRUCTURA DE SUELO. RECOLECCION DE CLASTOS SUPERFICIALES. FERTILIZACION CON MATERIA ORGANICA N Y P.	2 st 3 st 4 Pst	5106.0 213.6 60.4	5880.0	33
6		SUELOS COLUVIALES, DE TEXTURA GRUESA SOBRE MODERADAMENTE FINA Y FINA GRAVILLOSA LIMITADA POR GRAVAS, PIEDRAS O ROCA, DE TOPOGRAFIA LIGERA Y MODERADAMENTE BUENO EN POSICION DE PIEDEMONT Y TERRAZAS ALTAS DISECTADAS SOBRE MATERIALES COLUVIALES DE ORIGEN GRANITICO.	POSICION DE PIEDEMONT Y TERRAZAS ALTAS DISECTADAS PENDIENTES DE 1 — 5 %	MATERIAL COLUVIAL DE ORIGEN GRANITICO.	MAS DE 3 m	RAPID. Y MODERAD. RAPID.	MODERAD. LENTO	ALGO EXCESIVO BUENO Y MOD. BUENO.	GRUESA	MODERADAMENTE FINA Y FINA GRAVILLOSA.	GRAVAS, BOLONES.	10-22	5-14	BAJA MEDIA	1.7		1.2 - 0,5	8,8 a 30,1	22 - 76	4,6 - 6,4				PROFUNDA HASTA SUPERFICIAL.	GRAVAS PIEDRAS Y O ROCA.	BAJA A MEDIA.	TOPOGRAFIA LIGERA Y MODERADAMENTE INCLINADA. ALTO PELIGRO DE EROSION BAJO MANEJO INADECUADO. EN LAS FASES SUPERFICIALES POCA PROFUNDIDAD EFECTIVA. PORCENTAJE RELATIVAMENTE ALTO DE GRAVILLAS Y GRAVAS. BAJO CONTENIDO DE NUTRIENTES.	ARABLE, (CEREALES PASTO).	ARABLE, VIÑA. PASTO.	MEDIDAS DE CONSERVACION MAS INTENSAS DEBIDO A LA NATURALEZA MAS FACILMENTE EROSIONABLE DEL SUELO. ARADURAS Y TRABAJOS CULTURALES ORIENTADOS PARALELAMENTE CON CURVAS DE NIVEL. CULTIVOS EN FRANJAS A VECES PASTO PERMANENTE.	RECOLECCION DE CLASTOS SUPERFICIALES. MANTENIMIENTO DE ESTRUCTURA. NIVELACION Y EMPAREJAMIENTO. ARREGLO Y CONSERVACION DE VIAS DE ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL. FERTILIZACION CON MATERIA ORGANICA N Y P.	3 st 4 Pst	573.2 26.8	600.0	04
7		SUELOS COLUVIALES, DE TEXTURA MODERADAMENTE GRUESA SOBRE MODERADAMENTE FINA Y FINA GRAVILLOSA LIMITADAS POR GRAVAS, PIEDRAS O ROCA DE TOPOGRAFIA PLANA HASTA MUY FUERTEMENTE A VECES ONDULADA, DE DRENAJE EXCESIVO ALGO EXCESIVO Y BUENO EN POSICION DE PIEDEMONT Y TERRAZAS ALTAS DISECTADAS SOBRE MATERIALES COLUVIALES DE ORIGEN GRANITICO.	POSICION DE PIEDEMONT Y TERRAZAS ALTAS DISECTADAS PENDIENTES DE 1-3-5-10 Y MAS DE 10%	MATERIAL COLUVIAL DE ORIGEN GRANITICO	MAS DE 3 m.	MUY RAPID. HASTA LENTO	MODERADO LENTO	EXCESIVO ALGO EXCESIVO Y BUENO.	MODERADAMENTE GRUESA	MODERADA-MENTE FINA Y FINA GRAVILLOSA	GRAVAS, PIEDRAS Y O ROCA	12-24	6-16	BAJA MEDIA	0,9 —1,5		2,0 - 0,8	6,0 - 23,3	21 - 84	4,6 - 6,6				PROFUNDA HASTA MUY SUPERFICIAL	GRAVAS PIEDRAS Y O ROCA	MEDIA	EN LAS FASES EN PENDIENTES, TOPOGRAFIA LIGERA HASTA MUY FUERTEMENTE INCLINADA. ALTO PELIGRO DE EROSION DEBIDO AL CARACTER GRANITICO DEL SUELO. PORCENTAJE ALTO DE GRAVILLAS Y GRAVAS. BAJA CAPACIDAD DE RETENCION DE HUMEDAD. BAJO CONTENIDO DE NUTRIENTES. EN LAS FASES SUPERFICIALES POCA PROFUNDIDAD EFECTIVA.	ARABLE, (CEREALES PASTO).	ARABLE, PASTO, VIÑA	REVESTIMIENTO DE CANALES A FIN EVITAR PERDIDAS POR INFILTRACION. MEDIDAS DE PROTECCION DE CUENCA, ARREGLO DE CARCAVAS. MANTENIMIENTO DE LA VEGETACION AUTOCTONA Y/O REFORESTACION. SISTEMATIZACION DE LA RED HIDROGRAFICA A FIN DE PERMITIR LA ELIMINACION EN TIEMPO UTIL DE	IDEM.	2 s 3 s 3 sl 4 Pst 6 sl	535.8 2878. 2967.4 2.711.0 239.0	9271.0	52

CUADRO I/39
(continuación)

8		SUELOS COLUVIALES, DE TEXTURA MODERADAMENTE FINA GRAVILLOSA SOBRE MODERADAMENTE FINA Y FINA GRAVILLOSA, LIMITADA POR PIEDRAS GRAVAS O ROCA, DE TOPOGRAFIA PLANA HASTA MUY FUERTEMENTE INCLINADA A VECES ONDULADA, DE DRENAJE EXCESIVO ALGO EXCESIVO BUENO Y MODERADAMENTE BUENO EN POSICION DE PIEDEMONT Y TERRAZAS ALTAS DISECTADAS SOBRE MATERIALES COLUVIALES DE ORIGEN GRANITICO.	POSICION DE PIEDEMONT Y TERRAZAS ALTAS DISECTADAS PENDIENTES 0-1-3-5-10 Y MAS DE 10%	MATERIAL COLUVIAL DE ORIGEN GRANITICO	MAS DE 3 m.	MUY RAPIDO HASTA LENTO	MODERADO LENTO	EXCESIVO ALGO EXCESIVO BUENO Y MODERADO BUENO	MODERADAMENTE FINA GRAVILLOSA.	MODERADAMENTE FINA Y FINA GRAVILLOSA.	GRAVAS, PIEDRAS Y O ROCA.	12-24	6-16	BAJA MEDIA	1,5 - 2,4		2,0 - 0,8	6,0 - 18,5	21 - 55	4,6 - 5,5			PROFUNDA HASTA SUPERFICIAL	GRAVAS PIEDRAS Y O ROCA	MEDIA	EN LAS FASES EN PENDIENTES, TOPOGRAFIA LIGERA HASTA MUY FUERTEMENTE INCLINADA. PELIGRO DE EROSION DEBIDO AL CARACTER GRANITICO DEL SUELO. PORCENTAJE ALTO DE GRAVILLAS Y GRAVAS. EN LAS FASES SUPERFICIALES POCA PROFUNDIDAD EFECTIVA. BAJA CAPACIDAD DE RETENCION DE HUMEDAD. BAJO CONTENIDO DE NUTRIENTES.	ARABLE (CEREALES PASTO)	ARABLE PASTO VIÑA	LOS EXCESOS DE AGUA. ELIMINACION DE LAS TIERRAS SITUADAS SOBRE PENDIENTES MAYORES DE 7% DEL SISTEMA DE RIEGO (CLASE 6s1.)	IDEM	2 s 2 st 3 s 3 st 4 Ps1 6 st	656.0 1459.2 213.2 3614.6 14688 282.4	8694.2	4.9
9		SUELO ALUVIALES DE TEXTURA MODERADAMENTE GRUESA GRAVILLOSA SOBRE GRUESA Y MUY GRUESA GRAVILLOSA Y PEDREGOSA, LIMITADA POR GRAVAS GUIJARROS Y PIEDRAS, DE TOPOGRAFIA PLANA, DE DRENAJE EXCESIVO Y ALGO EXCESIVO EN POSICION DE PLANICIES Y TERRAZAS ALUVIALES RECIENTES, SOBRE SEDIMENTOS ALUVIALES DE ORIGEN ANDESITICO.	PLANICIES Y TERRAZAS ALUVIALES RECIENTES, PLANO 0-1 %	MATERIAL ALUVIAL DE ORIGEN ANDESITICO	MAS DE 3 m.	LENTO	MUY RAPIDO Y RAPIDO	EXCESIVO Y ALGO EXCESIVO.	MODERADAMENTE, GRUESA GRAVILLOSA.	GRUESA Y MUY GRUESA GRAVILLOSA Y PEDREGOSA.	GRAVAS, GUIJARROS Y PIEDRAS	5-21	4-11	BAJA	3,6 - 5,7		2,4 - 0,7	9,9 - 16,2	63 - 94	5,2 - 7,0		MONTMOR. VERMICUL. ILLITA.	MUY PROFUNDA HASTA MUY SUPERFICIAL	GRAVAS GUIJARROS Y PIEDRAS	BAJA MEDIA	EN LAS FASES SUPERFICIALES Y MUY SUPERFICIALES POCA PROFUNDIDAD EFECTIVA. TEXTURA GRUESA Y MUY GRUESA. BAJA RETENCION DE HUMEDAD. GENERALMENTE BAJO CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA Y NUTRIENTES. RELATIVAMENTE ALTO PORCENTAJE DE GRAVILLAS Y GRAVAS EN EL PERFIL.	ARABLE, (CHACRAS CEREALES) PASTO. FRUTALES. VIÑA	ARABLE VEGETALES PASTO FRUTALES DE ARRAIG SUPERFICIAL	DESPEDRADURAS, SUPERFICIALES. EMPAREJAMIENTO LIGERO CON NIVELACION MINIMA DEBIDO A LA POCA PROFUNDIDAD DEL SUELO. CONTROL DE TASA Y FRECUENCIA DE RIEGO A FIN DE EVITAR PERDIDAS POR INFILTRACION.	EVITAR LABORES CULTURALES QUE PODRIAN PULVERIZAR LA ESTRUCTURA APLICACION DE GRANDES CANTIDADES DE MATERIA ORGANICA BAJO TODAS LAS FORMAS ESTIERCOL ABONO VERDE RESIDUOS DE COSECHA. FERTILIZACION N, P.	2 s 3 s 4 PVs	5166.0 2667.2 4302.0	12135.2	6.8
10		SUELOS ALUVIALES, DE TEXTURA MEDIA GRAVILLOSA SOBRE GRUESA Y MUY GRUESA GRAVILLOSA Y PEDREGOSA, LIMITADA POR GRAVAS GUIJARROS Y PIEDRAS, DE TOPOGRAFIA PLANA, DE DRENAJE EXCESIVO Y ALGO EXCESIVO EN POSICION DE PLANICIES Y TERRAZAS ALUVIALES RECIENTES, SOBRE SEDIMENTOS ALUVIALES DE ORIGEN ANDESITICO.	PLANICIES Y TERRAZAS ALUVIALES RECIENTES, PLANO 0-1%	MATERIAL ALUVIAL DE ORIGEN ANDESITICO.	MAS DE 3 m.	LENTO	MUY RAPIDO Y RAPIDO	EXCESIVO Y ALGO EXCESIVO.	MEDIA GRAVILLOSA	GRUESA Y MUY GRUESA GRAVILLOSA Y PEDREGOSA	GRAVAS, GUIJARROS, PIEDRAS	12-24	5-11	BAJA MEDIA	3,0 - 9,0		2,4 - 0,5	12,7 - 16,2	63 - 83	5,9 - 6,2		MONTMOR VERMICUL ILLITA	MUY PROFUNDA HASTA MUY SUPERFICIAL	GRAVAS GUIJARROS Y PIEDRAS	BAJA MEDIA	EN LAS FASES SUPERFICIALES Y MUY SUPERFICIALES POCA PROFUNDIDAD. TEXTURA GRUESA Y MUY GRUESA. BAJA RETENCION DE HUMEDAD. GENERALMENTE BAJO CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA Y NUTRIENTES. ALTO PORCENTAJE DE GRAVILLAS Y GRAVAS.	ARABLE, (CHACRAS CEREALES) PASTO, VIÑA, FRUTALES	ARABLE VEGETALES PASTO FRUTALES	DESPEDRADURA SUPERFICIAL. EMPAREJAMIENTO LIGERO CON NIVELACION MINIMA. CONTROL DE TASA Y FRECUENCIA DE RIEGO A FIN DE EVITAR PERDIDAS POR INFILTRACION.	MEDIDAS CULTURALES ORIENTADOS A FORMAR CONSERVAR LA ESTRUCTURA APLICACION DE MATERIA ORGANICA APLICACION DE NYP USO DE PASTO Y CULTIVOS DE HORTALIZAS EN SUELO SUPERFICIAL	2 s 3 s 4 VPs	514.8 11771.2 888.0	13.1740	7.4
11		SUELOS ALUVIALES, DE TEXTURA MODERADAMENTE FINA GRAVILLOSA SOBRE GRUESA Y MUY GRUESA GRAVILLOSA Y PEDREGOSA, LIMITADAS POR GRAVAS GUIJARROS Y PIEDRAS, DE TOPOGRAFIA PLANA DE DRENAJE BUENO Y MODERAMENTE BUENO EN POSICION DE PLANICIES Y TERRAZAS ALUVIALES RECIENTES, SOBRE SEDIMENTOS ALUVIALES DE ORIGEN ANDESITICO	PLANICIES Y TERRAZAS ALUVIALES RECIENTES, PLANO 0-1%	MATERIAL ALUVIAL DE ORIGEN ANDESITICO.	1 HASTA MAS DE 3 m.	LENTO	MODERADO Y MODERADO LENTO	BUENO Y MODERADO BUENO LOCAL IMPERFECTO	MODERADO FINA GRAVILLOSA.	GRUESA Y MUY GRUESA GRAVILLOSA Y PEDREGOSA.	GRAVAS GUIJAROS Y PIEDRAS.	21-31	9-24	MEDIA BAJA	2,8 - 6,0		2,7 - 0,6	12,4 - 25,0	46 - 75	5,2 - 6,6		MONTMOR VERMICUL ILLITA	MUY PROFUNDA HASTA MUY SUPERFICIAL	GRAVAS GUIJARROS Y PIEDRAS	MEDIA BAJA	EN LAS FASES SUPERFICIALES Y MUY SUPERFICIALES POCA PROFUNDIDAD EFECTIVA. SUBSUELO GRUESO Y PEDREGOSO. BAJO CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA Y NUTRIENTES. LOCALMENTE ALGUNAS DEFICIENCIAS DE DRENAJE EN LAS FASES DE DRENAJE IMPERFECTO CLASIFICADOS EN LAS SUBCLASES 2sd Y 3sd	ARABLE CHACRAS CEREALES PASTO VIÑA FRUTALES	ARABLE VEGETALES PASTO FRUTALES	DESPEDRADURA SUPERFICIAL. EMPAREJAMIENTO. CONTROL DE TASA Y FRECUENCIA DE RIEGO.	APLICACION DE MATERIA ORGANICA Y N.Y.P USO DE PASTO Y CULTIVOS EN LOS SUELOS SUPERFICIALES	2 s 2sd 3 s 3 sd 4 VPs	2084.8 254.0 3359.2 311.2 29.2	6.0384	3.4
12		SUELOS ALUVIALES, DE TEXTURA MEDIA Y MODERADAMENTE GRUESA SOBRE MODERADAMENTE GRUESAS Y PIEDRAS, DE TOPOGRAFIA PLANA DE DRENAJE BUENO MODERADAMENTE BUENO E IMPERFECTO EN POSICION DE PLANICIES Y TERRAZAS ALUVIALES RECIENTES, SOBRE SEDIMENTOS ALUVIALES DE ORIGEN ANDESITICO	POSICION DE PLANICIES Y TERRAZAS ALUVIALES RECIENTES PLANO 0-1%	MATERIAL ALUVIAL DE ORIGEN ANDESITICO	MAS DE 3 m.	LENTO	MODERADO MODERADO LENTO LENTO	BUENO MODERADO BUENO IMPERFECTO	MODERADAMENTE GRUESA Y MEDIA	MODERADAMENTE FINA	GRAVAS Y PIEDRAS	18-26	9-17	BAJA MEDIA	2.3		4,3 - 0,7	15,8 - 32,9	44 - 87	5,3 - 7,0		ILLITA VERMICUL MONTMOR. CAOLINITA	MUY PROFUNDA HASTA MODERADAMENTE PROFUNDA.	GRAVAS Y PIEDRAS	MEDIA ALTA	SON SUELOS EXCELENTES APTOS PARA TODOS LOS CULTIVOS ADAPTADOS AL CLIMA ZONAL. LOCALMENTE DRENAJE IMPERFECTO.	ARABLE (TODOS) VIÑA FRUTALES PASTO	ARABLE FRUTALES	DESPEDRADURA SUPERFICIAL EN LA CLASE 2sd LIGERAS OBRAS DE ELIMINACION DE EXCESOS DE HUMEDAD A NIVEL DE FINCAS.	EVITAR LABORES CULTURALES REPETIDAS QUE PODRIAN PULVERIZAR EL SUELO APLICACION DE MATERIA ORGANICA Y FERTILIZANTES DE N.Y.P.	1 2 s 2 sd	4163.0 484.8 482.4	5130.2	2.9
13		SUELOS ALUVIALES, DE TEXTURA MODERADAMENTE FINA EN TODO EL PERFIL LIMITADA, POR GRAVAS Y PIEDRAS DE TOPOGRAFIA PLANA, DE DRENAJE BUENO MODERADAMENTE BUENO E IMPERFECTO, EN POSICION DE PLANICIES Y TERRAZAS ALUVIALES, SOBRE SEDIMENTOS ALUVIALES DE ORIGEN ANDESITICO	POSICION DE PLANICIES Y TERRAZAS ALUVIALES PLANO 0-1%	MATERIAL ALUVIAL DE ORIGEN ANDESITICO.	MAS DE 3 m.	LENTO	MODERADO RAPIDO MODERADO LENTO	BUENO MODERADO BUENO IMPERFECTO	MODERADAMENTE FINA.	MODERADAMENTE FINA.	GRAVAS Y PIEDRAS	22-36	12-23	MEDIA	2,0 - 3,7		2,8 - 0,7	16,1 - 33,7	60 - 84	5,3 - 6,9		ILLITA VERMICUL MONTMOR.	MUY PROFUNDA HASTA MODERADAMENTE PROFUNDA.	GRAVAS Y PIEDRAS	ALTA MEDIA	A VECES EN FORMA LOCAL ALGUNAS LIMITACIONES DE DRENAJE IMPERFECTO. SON SUELOS DE EXCELENTE CALIDAD DE GRAN PRODUCTIVIDAD APTOS PARA TODOS CULTIVOS DE LA ZONA	ARABLE (TODOS) VIÑA FRUTALES PASTO	ARABLE FRUTALES	DESPEDRADURA SUPERFICIAL. LIGERAS DE OBRAS ELIMINACION DE EXCESOS DE HUMEDAD A NIVEL DE FINCA.	IDEM	1 2 s 2 sd	9376.4 1959.2 7311.8	18.6474	10.4
14		SUELOS ALUVIALES, DE TEXTURA MODERADAMENTE FINA SOBRE FINA, LIMITADA POR GRAVAS Y PIEDRAS DE TOPOGRAFIA PLANA, DE DRENAJE BUENO Y MODERADAMENTE BUENO, EN POSICION DE PLANICIES ALUVIALES, SOBRE SEDIMENTOS ALUVIALES DE ORIGEN ANDESITICO.	POSICION DE PLANICIES ALUVIALES PLANO 0-1%	MATERIAL ALUVIAL DE ORIGEN ANDESITICO.	MAS DE 3 m	LENTO	MODERADO Y MODERADO LENTO	BUENO Y MODERADO BUENO	MODERADAMENTE FINA.	FINA	GRAVAS Y PIEDRAS	21-41	10-28	MEDIA ALTA	1,2 - 2,8		3,4 - 2,0	17,7 - 38,4	60 - 87	5,4 - 7,4		ILLITA	MUY PROFUNDA HASTA MODERADAMENTE PROFUNDA	GRAVAS Y PIEDRAS	ALTA	A VECES UNA PROFUNDIDAD EFECTIVA MEDIA (DE 50-100 cm). SON SUELOS EXCELENTES, DE MUY ALTA PRODUCTIVIDAD, APTOS PARA TODOS LOS CULTIVOS DE LA ZONA.	ARABLE (TODOS) FRUTALES PASTO	ARABLE FRUTALES		IDEM	1 2 s	789.00 1.740.0	9.630.0	5.4
15		SUELOS ALUVIALES, DE TEXTURA FINA EN TODO EL PERFIL, LIMITADAS POR GRAVAS Y PIEDRAS, DE TOPOGRAFIA PLANA DE DRENAJE MODERADAMENTE BUENO, EN POSICION DE PLANICIES ALUVIALES, SOBRE SEDIMENTOS DE ORIGEN ANDESITICO.	POSICION DE PLANICIES ALUVIALES PLANO 0-1%	MATERIAL ALUVIAL DE ORIGEN ANDESITICO.	1,5 HASTA MAS DE 3m.	LENTO	MODERADO LENTO	MODERADO BUENO	FINA	FINA	GRAVAS Y PIEDRAS	19-41	10-28	MEDIA ALTA	0,4 - 0,6	2,33	3,7 - 2,1	17,7 - 39,5	57 - 92	5,7 - 7,0		ILLITA	MUY PROFUNDA Y PROFUNDA	GRAVAS Y PIEDRAS	MEDIA	TEXTURA FINA EN TODO EL PERFIL QUE DETERMINA ALGUNA CARACTERISTICA FISICA NO OPTIMAS. LIGERAS LIMITACIONES DE DRENAJE.	ARABLE (CEREALES CHACRAS) FRUTALES	ARABLE FRUTALES	OBRAS SIMPLES DE ELIMINACION DE EXCESOS DE HUMEDAD. ARREGLO Y SISTEMATIZACION DE LA RED HIDROGRAFICA.	ARADURAS Y TRABAJOS CULTURALES EFECTUADOS AL CONTENIDO OPTIMO DE HUMEDAD. APLICACION DE MATERIA ORGANICA CON EL FIN DE MEJORAR LAS CONDICIONES FISICAS. FERTILIZACION CON N.Y.P.	2sd	670.4		0.4

CUADRO I/39
(continuación)

16		SUELOS ALUVIALES, DE TEXTURA MODERADAMENTE GRUESA Y MEDIA GRAVILLOSA SOBRE GRUESA Y MUY GRUESA GRAVILLOSA Y PEDREGOSA, LIMITADA POR GRAVAS, GUIJARROS Y PIEDRAS, DE TOPOGRAFIA PLANA Y LIGERAMENTE INCLINADA, DE DRENAJE EXCESIVO Y ALGO EXCESIVO EN POSICION DE TERRAZAS ALUVIALES RECIENTES, SOBRE SEDIMENTOS ALUVIALES DE ORIGEN ANDESITICO.	POSICION DE TERRAZAS ALUVIALES RECIENTES, PENDIENTE 0-1-3 %	MATERIAL ALUVIAL DE ORIGEN GRANITICO.	MAS DE 3 m	LENTO HASTA MODERADO RAPIDO	MUY RAPIDO Y RAPIDO	EXCESIVO Y ALGO EXCESIVO	MODERADO. GRUESA Y MEDIA GRAVILLOSA.	MUY GRUESA Y GRUESA GRAVILLOSA Y PEDREGOSA.	GRAVAS, GUIJARROS Y PIEDRAS	6-24	4-13	BAJA MEDIA	9,1-14,3		1,8-0,3	7,4-19,2	36-68	4,6-6,0			VERMICULITA	MUY PROFUNDA HASTA MODERADAMENTE PROFUNDA	GRAVAS Y PIEDRAS	MEDIA BAJA	TEXTURA GRUESA EN TODO EL PERFIL. ALTO PORCENTAJE DE GRAVILLAS Y GRAVAS. BAJA RETENCION DE HUMEDAD. RAPIDA INFILTRACION. BAJO CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA Y NUTRIENTES.	ARABLE (CEREALES) PASTO VIÑA	ARABLE VIÑA	NIVELACION Y EMPAREJAMIENTO. CONSERVACION EN LAS PENDIENTES MAYORES DE 1 %. CONTROL DE TASA Y FRECUENCIA DE RIEGO A FIN DE EVITAR PERDIDAS POR INFILTRACION.	EVITAR LA PULVERIZACION DE LA CAPA ARABLE. APLICACION DE MATERIA ORGANICA. APLICACION DE FERTILIZANTES DE N.Y.P.	2s 2st	5514.8 1128.4	66432	3.7
17		SUELOS ALUVIALES, DE TEXTURA MODERADAMENTE FINA GRAVILLOSA SOBRE GRUESA Y MUY GRUESA GRAVILLOSA Y PEDREGOSA LIMITADA POR GRAVAS, GUIJARROS Y PIEDRAS, DE TOPOGRAFIA PLANA Y LIGERAMENTE INCLINADA, DE DRENAJE BUENO Y MODERADAMENTE BUENO, EN POSICION DE TERRAZAS ALUVIALES RECIENTES SOBRE SEDIMENTOS ALUVIALES DE ORIGEN GRANITICO.	POSICION DE TERRAZAS ALUVIALES RECIENTES, PENDIENTES 0-1-3 %	MATERIAL ALUVIAL DE ORIGEN GRANITICO	MAS DE 3 m	LENTO HASTA MODERADO RAPIDO	MODERADO RAPIDO	BUENO Y MODERADO BUENO	MODERADO. FINA GRAVILLOSA	MUY GRUESA Y GRUESA GRAVILLOSA	GRAVAS, GUIJARROS Y PIEDRAS	9-24	5-13	BAJA MEDIA	5,2		1,8-0,3	8,2-19,2	43-68	5,1-6,0			VERMICULITA	MUY PROFUNDA HASTA MODERADAMENTE PROFUNDA	GRAVAS GUIJARROS Y PIEDRAS	MEDIA	SUBSUELO PEDREGOSO. ALTO PORCENTAJE DE GRAVILLAS Y GRAVAS. BAJA RETENCION DE HUMEDAD. RAPIDA INFILTRACION. BAJO CONTENIDO DE MATERIA Y NUTRIENTES.	ARABLE (CHACRAS CEREALES) PASTO VIÑA	ARABLE VIÑA	NIVELACION Y EMPAREJAMIENTO. CONTROL DE TASA Y FRECUENCIA DE RIEGO.	APLICACION DE MATERIA ORGANICA APLICACION DE FERTILIZANTES DE N.Y.P.	2s 3s	420.8 96.4	517.2	0.3
18		SUELOS ALUVIALES, DE TEXTURA MODERADAMENTE GRUESA Y MEDIA SOBRE MODERADAMENTE FINA, LIMITADA POR GRAVAS Y PIEDRAS, DE TOPOGRAFIA PLANA Y LIGERAMENTE INCLINADA, DE DRENAJE BUENO Y MODERADAMENTE BUENO EN POSICION DE TERRAZAS ALUVIALES, SOBRE SEDIMENTOS ALUVIALES DE ORIGEN GRANITICO.	POSICION DE TERRAZAS ALUVIALES, PENDIENTES 0-1-3 %	MATERIAL ALUVIAL DE ORIGEN GRANITICO	MAS DE 3 m.	LENTO HASTA MODERADO RAPIDO	MODERADO RAPIDO	BUENO Y MODERADO BUENO	MODERADO. GRUESA Y MEDIA.	MODERADO. FINA	GRAVAS Y PIEDRAS	11-26	5-12	BAJA MEDIA	4,0-4,5		2,5-1,0	8,8-17,8	23-76	4,6-6,0			CAOLINITA	MUY PROFUNDA HASTA SUPERFICIAL	GRAVAS Y PIEDRAS	MEDIA BAJA	SUBSUELO PEDREGOSO. BAJA RETENCION DE HUMEDAD. BAJO CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA Y NUTRIENTES.	ARABLE (CHACRAS CEREALES) PASTO VIÑA FRUTALES	ARABLE VIÑA	NIVELACION Y EMPAREJAMIENTO. CONTROL DE TASA Y FRECUENCIA DE RIEGO.	APLICACION DE MATERIA ORGANICA APLICACION DE FERTILIZANTES DE N.Y.P.	2s 2st 3s 3st	5924.0 202.0 274.8 28.0	642.8.8	3.6
19		SUELOS ALUVIALES, DE TEXTURA MODERADAMENTE FINA EN TODO EL PERFIL, LIMITADAS POR GRAVAS Y PIEDRAS, DE TOPOGRAFIA PLANA HASTA FUERTEMENTE INCLINADA, DE DRENAJE EXCESIVO ALGO EXCESIVO BUENO Y MODERADAMENTE BUENO EN POSICION DE TERRAZAS ALUVIALES RECIENTES, SOBRE SEDIMENTOS ALUVIALES DE ORIGEN GRANITICO.	POSICION DE TERRAZAS ALUVIALES RECIENTES, PENDIENTES 0-1-5 %	MATERIAL ALUVIAL DE ORIGEN GRANITICO	MAS DE 3 m	LENTO HASTA MUY RAPIDO	MODERADO RAPIDO	EXCESIVO ALGO EXCESIVO BUENO MODERADAMENTE BUENO	MODERADO. FINA	MODERADO. FINA	GRAVAS Y PIEDRAS	16-26	7-12	MEDIA	2,3-2,7		2,0-1,0	12,4-17,8	73-89	5,8-6,0			CAOLINITA	MUY PROFUNDA HASTA SUPERFICIAL	GRAVAS Y PIEDRAS	MEDIA	SUBSUELO PEDREGOSO. RETENCION MEDIA DE AGUA. BAJO CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA Y NUTRIENTES.	ARABLE (CHACRAS CEREALES) VIÑA PASTO	ARABLE VIÑA PASTO	NIVELACION Y EMPAREJAMIENTO. CONTROL DE TASA Y FRECUENCIA DE RIEGO.	APLICACION DE MATERIA ORGANICA APLICACION DE FERTILIZANTES DE N.Y.P.	2s 2st 3st 4Pst	9.84.84 510.4 99.6 64.0	10.522.4	5.9
20		VERTISOLES, DE TEXTURA FINA Y MUY FINA EN TODO EL PERFIL A VECES, LIMITADAS POR DURIPAN CEMENTADO POR Si, Fe, Mn O POR TODOS ENDURECIDOS, DE TOPOGRAFIA PLANA EN FORMAS BAJAS DE RELIEVE, DE DRENAJE IMPERFECTO Y POBRE SOBRE SEDIMENTOS ALUVIALES FINOS DE ORIGEN ANDESITICO.	FORMAS BAJAS DEPRESIONARIAS DE RELIEVE PLANO 0-1 %	MATERIAL ALUVIAL FINO DE ORIGEN ANDESITICO.	0,7 HASTA 25 m C.E. 0,68 - 2,22 mmhos/cm	LENTO Y MUY LENTO	LENTO	IMPERFECTO Y POBRE.	FINA	FINA	DURIPAN O TODAS ENDURECIDO.	32-73	21-46	ALTA	0,4-0,5	1,58-7,08	5,5 - 0,6	28,0-86,2	75-92	6,2-7,8			CAOLINITA MONTMORILLONITA	MUY PROFUNDA HASTA SUPERFICIAL	DURIPAN O TODOS ENDURECIDOS	MEDIA	TEXTURA MUY FINA. INFILTRACION MUY LENTA. PLASTICIDAD Y ADHESIVIDAD. PROFUNDIDAD EFECTIVA POCA EN LAS FASES SUPERFICIALES.	ARABLE (ARROZ CHACRAS) PASTO	ARABLE PASTO CEREALES CHACRAS FRUTALES	ARREGLO Y SISTEMATIZACION DEL SISTEMA DE EMPAREJAMIENTO Y NIVELACION. USO COMO PASTO O CULTIVO DE ARROZ EN LOS SUELOS SUPERFICIALES.	ARADURAS Y OBRAS CULTURALES EFECTUADAS AL CONTENIDO OPTIMO DE HUMEDAD. APLICACION DE GRANDES CANTIDADES DE MATERIA ORGANICA. APLICACION DE FERTILIZANTES DE N.Y.P.	2sd 3sd 4PRsd	15.221.8 628.4 381.1	16.231.3	9.0
21		VERTISOLES, DE TEXTURA FINA Y MUY FINA FINA EN TODO EL PERFIL A VECES CON LIGERAS ACUMULACIONES DE SAL Y PRESENCIA DE DURIPANES CEMENTADOS POR Si, Fe, Mn, DE TOPOGRAFIA PLANA EN FORMAS BAJAS DE RELIEVE, DE DRENAJE IMPERFECTO Y POBRE, SOBRE SEDIMENTOS ALUVIALES FINOS DE ORIGEN ANDESITICO.	FORMAS BAJAS DEPRESIONARIAS DE RELIEVE PLANO 0-1%	MATERIAL ALUVIAL FINO DE ORIGEN ANDESITICO	1,2 HASTA 2,2 m C.E. 0,72 - 0,76 mmhos/cm	LENTO Y MUY LENTO	LENTO	IMPERFECTO Y POBRE	FINA	FINA	DURIPAN CEMENTADO CON Si, Fe, Mn.	24-46	19-31	ALTA	0,2-0,5	0,16-3,66	5,9 - 1,0	39,7-52,4	78 - 100	6,3-8,0			CAOLINITA MONTMOR.	MUY PROFUNDA HASTA SUPERFICIAL	DURIPAN	MEDIA	TEXTURA MUY FINA. INFILTRACION MUY LENTA. PLASTICIDAD Y ADHESIVIDAD ALTA. EN LAS FASES SUPERFICIALES POCA PROFUNDIDAD.	ARABLE ARROZ PASTO	ARABLE PASTO	ARREGLO Y SISTEMATIZACION DEL SISTEMA DE DRENAJE. EMPAREJAMIENTO Y NIVELACION. SUBSOLAJES. LAVADO PERIODICO DE SALES. USO COMO PASTO O CULTIVO DE ARROZ DE LOS SUELOS SUPERFICIALES.	ARADURAS Y OBRAS CULTURALES EFECTUADAS AL CONTENIDO OPTIMO DE HUMEDAD. APLICACION DE GRANDES CANTIDADES DE MATERIA ORGANICA. APLICACION DE FERTILIZANTES DE N.Y.P.	2sd 3sd	4673.6 1942.8	6.616.4	3.7
22		VERTISOLES, DE TEXTURA FINA Y MUY FINA EN TODO EL PERFIL, LIMITADAS POR GRAVAS Y PIEDRAS, DE TOPOGRAFIA PLANA EN FORMAS BAJAS DE RELIEVE, DE DRENAJE IMPERFECTO Y POBRE, SOBRE SEDIMENTOS ALUVIALES FINOS DE ORIGEN ANDESITICO.	FORMAS BAJAS DEPRESIONARIAS DE RELIEVE PLANO 0-1%	MATERIAL ALUVIAL FINO DE ORIGEN ANDESITICO	0,78 HASTA 2,50 m C.E. 0,65 - 1,88 mmhos/cm	LENTO Y MUY LENTO	LENTO	IMPERFECTO Y POBRE	FINA	FINA	GRAVAS Y PIEDRAS	29-47	20-32	ALTA	0,3-0,5	1,79-5,50	5,4 - 1,6	29,1-46,2	82-92	6,2-7,6			CAOLINITA MONTMORILLITA	MUY PROFUNDA HASTA MODERADAMENTE PROFUNDA	GRAVAS Y PIEDRAS	MEDIA ALTA	TEXTURA MUY FINA. INFILTRACION MUY LENTA. PLASTICIDAD Y ADHESIVIDAD ALTA.	ARABLE ARROZ PASTO	ARABLE PASTO CEREALES CHACRAS FRUTALES	ARREGLO Y SISTEMATIZACION DEL SISTEMA DE DRENAJE. EMPAREJAMIENTO Y NIVELACION.	ARADURAS Y OBRAS CULTURALES EFECTUADAS AL CONTENIDO. OPTIMO DE HUMEDAD. APLICACION DE MATERIA ORGANICA. APLICACION DE FERTILIZANTES DE N.Y.P.	2sd 3sd	4459.4 324.4	4783.8	2.7
23		SUELOS PUMICITICOS, DE TEXTURA GRUESA Y MODERADAMENTE GRUESA, LIMITADAS POR ARENISCA CEMENTADA O TOBAS VOLCANICAS, DE TOPOGRAFIA PLANA HASTA MODERADAMENTE INCLINADA Y ONDULADA, DE DRENAJE BUENO E IMPERFECTO EN POSICION DE TERRAZAS REMANENTES SOBRE TOBAS VOLCANICAS.	POSICION DE TERRAZAS REMANENTES TOPOGRAFIA PLANA Y ONDULADA CON PENDIENTES DE 0-5 %	TOBAS VOLCANICAS	MAS DE 3 m	MODERADO RAPIDO LENTO Y LENTO	MODERADO LENTO Y LENTO	BUENO MODERADO IMPERFECTO	GRUESA Y MODERADAMENTE GRUESA		TOBAS VOLCANICAS O ARENISCA CEMENTADAS	17-22	13-16	BAJA	7,5		0,6 - 1,6	8,9-11,0	49 - 73	6,5			ALOFAN	MODERADAMENTE PROFUNDA HASTA MUY SUPERFICIAL	TOBAS O ARENISCAS CEMENTADAS	BAJA	TEXTURA GRUESA Y MODERADAMENTE GRUESA BAJA RETENCION DE HUMEDAD. POCA Y MUY POCA PROFUNDIDAD EFECTIVA BAJA FERTILIDAD NATURAL BAJO CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA Y NUTRIENTES. TOPOGRAFIA MUY ONDULADA EN SECTORES AMPLIOS APARICIONES ROCOSAS	MATORRAL PASTO (RASTRAS VECES ARABLE) (TRIGO)	ARABLE PASTO	MEDIDAS ESTRICTAS DE CONSERVACION DE SUELOS DEBIDO AL CARACTER DE FACIL ERODABILIDAD DEL SUELO. DESTRONQUE. RIEGO POR ASPERSION EN LAS SUBCLASES 4s DEBIDO A LIMITACIONES SEVERAS DE TOPOGRAFIA Y SUELO. LIMITACION DE USO AL PASTO EN ZONAS FUERTEMENTE ONDULADAS CON SUELOS SUPERFICIALES.	FORMACION Y CONSERVACION DE LA ESTRUCTURA DE SUELOS. MEDIDAS INTENSIVAS DE FERTILIZACION DEBIDO A LA NATURALEZA VIDRICA GRANDES CANTIDADES DE MATERIA ORGANICA. FERTILIZACION CON N.P.K.	3s 4PRs 4Sst 4SPst	3453.6 2698.4 479.6 7385.2	13816.8	7.7
24		SUELOS ALUVIALES PUMICITICOS, DE TEXTURA MEDIA Y MODERADAMENTE FINA EN TODO EL PERFIL (RARAS VECES CON TEXTURA MODERADAMENTE GRUESA EN LA SUPERFICIE) LIMITADAS POR ARENISCA CEMENTADA O TOBAS VOLCANICAS, DE TOPOGRAFIA PLANA, DE DRENAJE BUENO MODERADAMENTE BUENO E IMPERFECTO EN POSICION PLANICIES ALUVIALES, SOBRE MATERIALES ALUVIALES DE ORIGEN PUMICITICO.	POSICION DE PLANICIES ALUVIALES PENDIENTES 0-1 %	MATERIALES ALUVIALES DE ORIGEN PUMICITICO	MAS DE 3 m	MODERADO RAPIDO LENTO Y LENTO	MODERADO LENTO Y LENTO	BUENO NO MODERADO IMPERFECTO	MEDIA Y MODERADA FINA (RARAS VECES MODERADAMENTE GRUESA)	MEDIA Y MODERADA FINA	TOBAS VOLCANICAS O ARENISCA CEMENTADAS	22-38	12-26	MEDIA	2,5		1,9 - 0,9	13,0-15,2	52-91	5,6-7,3			ALOFAN	MUY PROFUNDA HASTA MUY SUPERFICIAL	TOBAS O ARENISCA CEMENTADA	BAJA MEDIA	BAJO CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA Y NUTRIENTES.	ARABLE ARROZ CEREALES PASTO MATORRAL	ARABLE	ARREGLO DE SISTEMA DE DRENAJE.	APLICACION DE MATERIA ORGANICA. FERTILIZACION CON N.P.K.	2s 3sd	2032.0 558.4	2590.4	1.4

CUADRO I/39
(continuación)

25		SUELOS DE ORIGEN FLUVIOGLACIAL, DE TEXTURA MODERADAMENTE FINA GRAVILLOSA SOBRE FINA GRAVILLOSA LIMITADAS, POR GRAVAS Y PIEDRAS DE TOPOGRAFIA PLANA HASTA MODERADAMENTE INCLINADA A VECES ONDULADA, DE DRENAJE ALGO EXCESIVO BUENO Y MODERADAMENTE BUENO, EN POSICION DE TERRAZAS REMANENTES, SOBRE DEPOSITOS FLUVIOGLACIALES.	POSICION DE TERRAZAS REMANENTES CON PENDIENTES 0-1-3-5 %	DEPOSITOS FLUVIO GLACIALES	MAS DE 3 m	RAPID MODER RAPID MODER LENTO LENTO	MODER RAPID MODER LENTO	ALGO EXCES BUENO MODER BUENO	MODERAD. FINA GRAVILLOSA	FINA GRAVILLOSA	GRAVAS Y PIEDRAS	22-44	11-29	MEDIA	1,6		2,2 — 0,5	21,8-46,6	58-90	5,1-7,2			CAOLINITA	PROFUNDA HASTA SUPERFICIAL	PIEDRAS Y GRAVAS	MEDIA	EN GENERAL POCA PROFUNDIDAD EFECTIVA. ALTO PORCENTAJE DE GRAVAS Y GRAVILLAS. A VECES TOPOGRAFIA INCLINADA Y ONDULADA. BAJO CONTENIDO DE NUTRIENTES.	PASTO ARABLE VIÑA	ARABLE FRUTALES PASTO	DESPEDRADURA SUPERFICIAL. MEDIDAS INTENSIVAS DE CONSERVACION DE SUELOS EN CULTIVOS EN FRANJAS. USO DE PASTOS Y FRUTALES EN LA CLASE 4.	ARADURAS PROFUNDAS ENERGICAS Y REPITADAS PARA MEJORAR LAS CONDICIONES FISICAS DEL SUELO. SUBSOLAJES. APLICACION DE MATERIA ORGANICA. FERTILIZACION CON N Y P.	2 s 2 st 3 s 3 st 4 Pst 4 PFst	126.8 517.2 564.8 567.6 306.4 763.2	2846.0	1.6
26		SUELOS PLANOSOLICOS, DE TEXTURA MODERADAMENTE FINA Y FINA GRAVILLOSA SOBRE FINA GRAVILLOSA, LIMITADAS POR CLAYPAN, DE TOPOGRAFIA PLANA DE DRENAJE POBRE EN POSICION DE TERRAZAS REMANENTE, SOBRE MATERIALES ALUVIALES DE ORIGEN MIXTO	POSICION DE TERRAZAS REMANENTES. PLANO 0-1 %	MATERIAL ALUVIAL FINO DE ORIGEN MIXTO	MAS DE 3 m	LENTO Y MUY LENTO	LENTO Y MUY LENTO	POBRE	MODERAD. FINA Y FINA GRAVILLOSA	FINA GRAVILLOSA	GRAVAS Y PIEDRAS	25-35	16-24	BAJA	1,6		1,8 — 0,5	21,8-23,1	64-95	5,8-6,8				SUPERFICIAL	CLAYPAN	BAJA	POCA PROFUNDIDAD EFECTIVA. PRESENCIA DE CLAYPAN QUE LIMITA LA PROFUNDIDAD EFECTIVA. BAJA CAPACIDAD DE RETENCION DE HUMEDAD. DRENAJE IMPERFECTO	ARABLE ARROZ CEREALES PASTO	ARABLE	ARREGLO DEL SISTEMA DE DRENAJE.	ARADURAS PROFUNDAS. SUBSOLAJES. APLICACION DE MATERIA ORGANICA. FERTILIZACION CON N Y P.	3sd	1010.4	1010.4	0.6
27		PLANOSOLES, DE TEXTURA MODERADAMENTE GRUESA SOBRE FINAS GRAVILLOSAS, LIMITADAS POR CLAYPAN CON ARENISCA CEMENTADA EN LA PROFUNDIDAD, DE TOPOGRAFIA PLANA Y LIGERAMENTE INCLINADA, DE DRENAJE IMPERFECTO EN POSICION DE TERRAZAS REMANENTES, SOBRE MATERIALES ALUVIALES DE ORIGEN MIXTO	POSICION DE TERRAZAS REMANENTES, PENDIENTES 0-1-3 %	MATERIAL ALUVIAL DE ORIGEN MIXTO.	MAS DE 3m (CAPAS COLGANTES EN INVIERNO)	MODE RAPID MODER LENTO LENTO	LENTO	IMPERF	MODERAD. GRUESA	FINA GRAVILLOSA	ARENISCA CEMENTADA	11-29	5-19	BAJA	1,6-1,9		1,3 — 0,8	6,0-25,1	67-96	5,7-7,4				MODERADAMENTE PROFUNDA	ARENISCA CEMENTADA	BAJA	POCA PROFUNDIDAD EFECTIVA. LIMITADA POR ARENISCA CEMENTADA. BAJA CAPACIDAD DE RETENCION DE HUMEDAD. BAJO CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA Y NUTRIENTES. DRENAJE IMPERFECTO.	ARABLE CEREALES PASTO MATORRAL	ARABLE	ARREGLO DEL SISTEMA DE DRENAJE. EMPAREJAMIENTO Y NIVELACION. DESTRONQUE. MEDIDAS DE CONSERVACION DE LOS SUELOS SITUADOS EN TOPOGRAFIA INCLINADA.	ARADURAS PROFUNDAS CON FIN DE MEJORAR LAS CONDICIONES FISICAS Y QUIMICAS DEL SUELO. SUBSOLAJES. APLICACION DE MATERIA ORGANICA. APLICACION DE FERTILIZANTES DE N Y P.	3sd 3std	5720.8 808.8	6529.6	3.6
28		PLANOSOLES, DE TEXTURA MODERADAMENTE FINA Y FINA SOBRE FINA GRAVILLOSA, LIMITADAS POR CLAYPAN CON ARENISCA CEMENTADA EN LA PROFUNDIDAD, DE TOPOGRAFIA PLANA HASTA MODERADAMENTE INCLINADA, DE DRENAJE IMPERFECTO EN POSICION DE TERRAZAS REMANENTES, SOBRE MATERIALES ALUVIALES DE ORIGEN MIXTO.	POSICION DE TERRAZAS REMANENTES, PENDIENTES 0-1-3-5 %	MATERIAL ALUVIAL DE ORIGEN MIXTO.	MAS DE 3m (CAPAS COLGANTES EN INVIERNO)	MODE RAPID MODER LENTO LENTO	LENTO	IMPERF	MODERAD. FINA	FINA GRAVILLOSA	ARENISCA CEMENTADA	25-31	17-21	MEDIA	0,5—1,4		3,6 — 0,9	8,4-1,7	55—85	5,7-6,5				PROFUNDA Y MODERADAMENTE PROFUNDA	ARENISCA CEMENTADA	BAJA MEDIA	PRESENCIA DE ARENISCA CEMENTADA QUE A VECES ESTA LIMITADA POR LA PROFUNDIDAD EFECTIVA. BAJO CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA Y NUTRIENTES. DRENAJE IMPERFECTO.	ARABLE CEREALES PASTO MATORRAL	ARABLE	ARREGLO DEL SISTEMA DE DRENAJE. EMPAREJAMIENTO Y NIVELACION. DESTRONQUE. MEDIDAS DE CONSERVACION DE LOS SUELOS SITUADOS EN TOPOGRAFIA INCLINADA.	ARADURAS PROFUNDAS CON FIN DE MEJORAR LAS CONDICIONES FISICAS Y QUIMICAS DEL SUELO. SUBSOLAJES. APLICACION DE MATERIA ORGANICA. APLICACION DE FERTILIZANTES DE N Y P.	3sd 3std	5453.6 1021.2	6474.8	3.6

TOTAL 79.410,00 100.00

1 LA PROFUNDIDAD DE AGUA FREATICA ESTA INDICADA EN METROS, LOS VALORES DE CE = CONDUCTIVIDAD ELECTRICA EN mm hos/cm 25°C.
2 LA TEXTURA DEL HORIZONTE SUPERIOR SE CONSIDERA LA DE CAPA ARABLE. LA TEXTURA DEL HORIZONTE INTERMEDIO SE CONSIDERA LA DE LA CAPA SUBARABLE HASTA 70 - 80 cm CON LA EXCEPCION DE LOS SUELOS SUPERFICIALES Y MUY SUPERFICIALES.
3 LA RETENCION DE HUMEDAD ESTA EXPRESADA EN PORCENTAJE DE AGUA RETENIDA POR SUELO A UNA FUERZA DE PRESION EQUIVALENTE A 1/3 Y A 15 ATMOSFERA.
4 LA INFILTRACION SE HA DETERMINADO POR EL METODO DEL DOBLE ANILLO INFILTROMETRO Y SE HA DETERMINADO POR LA SECCION AGROLOGICA DE LA DIRECCION DE RIEGO DE M.O.P.
5 PERMEABILIDAD SE HA DETERMINADO EN EL CAMPO POR EL METODO DEL POZO BARRENADO.
6 C.I.C. = CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO.
7 V % = PORCENTAJE DE SATURACION EN BASES DEL COMPLEJO ABSORTIVO. $V = \frac{C.I.C.}{S\,B}\,100$
8 C.E. = CONDUCTIVIDAD ELECTRICA DEL ESTRACTO DE SATURACION EN mmhos/cm 25°C.
9 PSI = PORCENTAJE DE SODIO INTERCAMBIABLE.
10 MINERAL ARCILLOSO DOMINANTE LA INFORMACION SELECCIONADA DEL INFORME AGROLOGICO DE LA PROVINCIA DE COLCHAGUA S.A.G. 1972.
11-12 PROFUNDIDAD EFECTIVA DEL SUELO SE HA CONSIDERADO HASTA UNA CAPA QUE IMPIDE EL DESARROLLO OPTIMO RADICULAR EN TODOS LOS CASOS DE LOS SUELOS CON SUBSUELO PEDREGOSO ESTE NO CONSTITUYE UN FACTOR LIMITANTE TOTAL DEBIDO A LA PRESENCIA DE MATRIZ QUE RELLENA LOS INTERSTICIOS DEJADOS POR LAS PIEDRAS EN EL CASO DE LA TOBA (UNIDADES 24 25), ESTA NO CONSTITUYE UN LIMITANTE PERMANENTE DEBIDO QUE AL MOJARSE SE SUELTA. LA PROFUNDIDAD EFECTIVA ESTA LIMITADA TOTAL EN EL CASO DE LOS PANES CEMENTADOS POR Si, Fe, Mm. (UNIDADES 20, 21, 27, 28).

DATOS DE INFILTRACION

UNIDAD DE SUELO Nº 28

PRUEBA DE INFILTRACION Nº 127

FASE: 28.3.A.5 FUENTE: M.O.P.

FECHA : 3-11-70

HUMEDAD : 6.7 %

COBERTURA:

CLASIFICACION: 3sd

REGISTRO DE DATOS
(Promedio de 3 cilindros)

TIEMPO		INFILTRACION				
Horas	Minutos	Parcial (cms.)	Acumulado cms.(Ia.)	Velocidad horaria parcial cm./h(Ivp)	Velocidad horaria acumulada cm./h(Iva)	Velocidad horaria cm/h
	0	-	-	-	-	
	5	2.1	2.1	25.2	25.2	
	10	0.9	3.0	10.8	18.0	
	20	1.1	4.1	6.6	12.3	
	30	0.8	4.9	4.8	9.8	
	45	0.6	5.5	2.4	7.3	
1	60	0.7	6.2	2.8	6.2	6.2
	90	1.0	7.2	2.0	4.8	
2	120	0.6	7.8	1.2	3.9	1.6
3	180	1.6	9.4	1.6	3.1	1.6
4	240	1.4	10.8	1.4	2.7	1.4
				TOTAL 4 HORAS		10.8
				PROMEDIO HORARIO		2.7
				VELOCIDAD FINAL		1.4

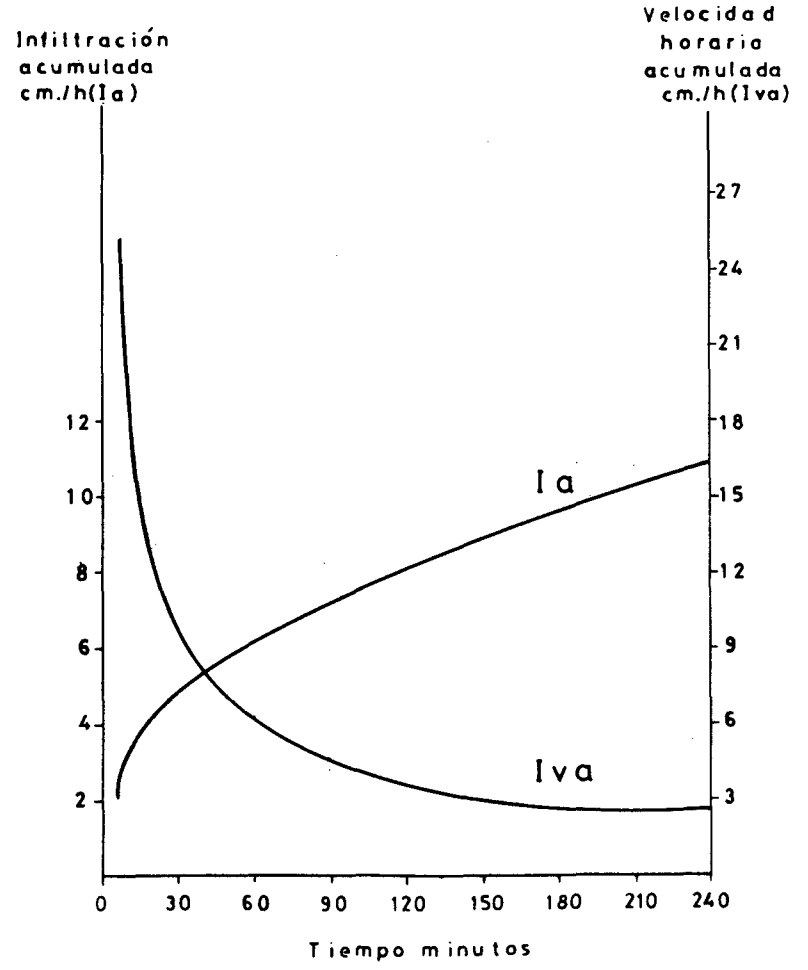


FIG. I-56

C. CLASIFICACION DE TIERRAS PARA RIEGO

1. GENERALIDADES

La clasificación de tierras para riego se ha ceñido a los criterios y métodos del Bureau of Reclamation del Departamento del Interior de los Estados Unidos. La escala de trabajo, el número de perfiles estudiados, el número de muestras analizadas y los métodos de análisis cumplen con los requerimientos del USBR (United States, Department of the Interior, Bureau of Reclamation Manual, Vol V, Irrigated Land Use, part 2, Land Classification).

Los suelos del Proyecto han sido analizados en relación a limitaciones de suelo, topografía, drenaje, uso actual de la tierra, capacidad productiva, costos de desarrollo, requerimiento de agua y drenabilidad, atendiendo a la clasificación de tierra para riego.

2. FACTORES DE CLASIFICACION

2.1 Limitaciones de suelo, textura, profundidad efectiva

Los suelos del área del Proyecto presentan una gran variación textural, desde texturas muy gruesas hasta texturas finas. El cuadro N°40 muestra la distribución de áreas según textura de los suelos, y la tabla N°41 muestra la distribución de áreas según la profundidad efectiva y el factor limitante.

Cuadro I/40: Distribución de áreas según las texturas de suelos

Textura	Area	
	ha	%
Gruesa	26.552,0	14,8
Moderadamente gruesa	49.947,2	27,8
Media y moderadamente fina gravillosa	26.161,4	14,6
Moderadamente fina	48.447,5	27,0
Fina	28.301,9	15,8
Total	179.410,0	100,0

Se constata la presencia de limitaciones texturales en las Unidades de Suelo N°s. 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 16, 17, 23, 25, 26 y 27, que presentan texturas gruesas moderadamente y en las Unidades de Suelo N°s. 15, 20, 21 y 22 que presentan texturas finas.

La profundidad efectiva de los suelos está limitada por capas de gravas, gravillas o clastos en las Unidades de Suelo N°s. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 22 y 25; por tobas

endurecidas o duripanes formadas por cementación con sílice, hierro o manganeso en las Unidades de Suelo N°s. 20, 21, 23, 24; por areniscas cementadas en las Unidades de Suelo N°s. 27 y 28 y por claypan en la Unidad de Suelo N°25.

Cuadro I/41: Distribución de área según la profundidad efectiva y el factor limitante de la profundidad

Profundidad Efectiva	Factor limitante de la Profundidad	Area Parcial	Area Total ha	%
Muy profunda	Gravas, gravillas, clastos	47.552,2		
	Tobas endurecidas o duripan	11.108,4		
	Areniscas cementadas	-		
>150 cm	Claypan	-	58.660,6	32,7
Profunda	Gravas, gravillas, clastos	26.189,0		
	Tobas endurecidas o duripan	7.976,2		
	Areniscas cementadas	1.894,8		
100 - 150 cm	Claypan	-	36.060,0	20,0
Moderadamente profunda	Gravas, gravillas, clastos	33.664,4		
	Tobas endurecidas o duripan	9.347,2		
	Areniscas cementadas	11.109,6		
50 - 10 cm	Claypan	-	54.121,2	30,2
Superficial	Gravas, gravillas, clastos	16.660,0		
	Tobas endurecidas o duripan	6.302,3		
	Areniscas cementadas	-		
25 - 50 cm	Claypan	1.010,4	23.972,7	13,4
Muy superficial	Gravas, gravillas, clastos	2.074,7		
	Tobas endurecidas o duripan	4.520,8		
	Areniscas cementadas	-		
25 cm	Claypan	-	6.595,5	3,7
	T o t a l		179.410,0	100,0

La clasificación de las tierras de riego atendiendo tanto al punto vista textural como a la profundidad efectiva del suelo es la siguiente:

- Clase 1, constituído por los suelos de textura media y moderadamente fina, profundos y muy profundos de las Unidades de Suelo N°s. 12, 13 y 14.
- Clase 2, constituído tanto por los suelos profundos y muy profundos de textura gruesa, moderadamente gruesa y moderadamente fina gravillosa como por los suelos de textura fina que presentan limitaciones texturales que, de una parte, determinan deficiencias severas de permeabilidad rápida y muy rápida y baja capacidad de retención de agua y, de otra parte, en el caso de las texturas finas, determinan permeabilidades lentas, alta plasticidad y pegajosidad y dificultades de manejo. Asimismo, en esta clase también se incluyen los suelos de textura media y moderadamente finos, moderadamente profundos.
- Clase 3, constituído por suelos de textura gruesa, moderadamente gruesa, moderadamente finas gravillosas y las de texturas finas, moderadamente profundas y superficiales.
- Clase 4, constituído por los suelos de texturas gruesas, moderadamente gruesas, moderadamente finas gravillosas y las de texturas finas y muy superficiales.
- Clase 4S, constituído por los suelos pumicíticos, de la Unidad de Suelo N°23, de textura gruesa y moderadamente gruesa, superficiales y muy superficiales de pendientes ligeras y las moderadamente profundas de pendiente moderada, limitadas por tobas con baja capacidad de retención de humedad y rápida infiltración. Estos suelos se han considerado aptos para riego limitado a sistema por aspersión.

Cabe destacar que el factor topográfico y el drenaje modifican en cierta medida las clasificaciones de los suelos en clases y subclases para riego.

2.2 Limitaciones de topografía

El Cuadro N°42 muestra la distribución de áreas según la pendiente del terreno. Se aprecia que parte considerable de la zona (141.051,9 ha, o sea un 79,2%) es plana, en tanto, 38.358,1 ha, o sea un 21,4% del área está situada en topografía inclinada.

Cuadro I/42: Distribución de áreas según pendiente del terreno

Pendiente	ha	%
0 a 1% (plana)	141.051,9	78,6
1 a 3% (suave)	31.200,9	17,4
3 a 5% (moderada)	4.732,8	2,6
5 a 10% (fuerte)	2.071,8	1,2
> 10% (muy fuerte)	352,6	0,2
	179.410,0	100,0

En general las tierras situadas en pendientes entre 1 y 3% han sido clasificadas en la clase 2; las tierras con pendientes entre 3 y 5% en las clases 3 y 4 según la profundidad efectiva, textura del suelo, material parental y grado de ondulación del terreno.

En la zona andesítica los suelos situados sobre pendientes de entre 3 y 5% han sido clasificados en clase 3; en la zona granítica donde los suelos formados están mucho más sujetos a la erosión, han sido clasificados en la clase 4. Todos los suelos situados en pendientes entre 5 y 10% uniformes, sin ondulaciones importantes, han sido clasificados en la clase 4. Los suelos profundos formados sobre materiales de origen granítico situados sobre pendientes entre 1 y 3% han sido clasificados en la clase 2; los suelos moderadamente profundoscon pendientes entre 1 y 3% y 3 y 5%, uniformes, sin ondulaciones, en la clase 3; los suelos moderadamente profundos situados en pendientes entre 3 y 5% ondulados en la clase 4; los suelos superficiales sobre pendientes entre 1 y 3% y 5 y 10%, uniformes, con pendientes, en la clase 4; los suelos superficiales en pendiente entre 1 y 3%, con ondulaciones severas, en la clase 4; los suelos moderadamente profundos situados en pendientes entre 5 y 10% ondulados, en la clase 6. Los suelos situados en pendientes mayores de 10% han sido clasificados en la clase 6.

2.3 Limitaciones de drenaje

Para determinar las limitaciones de drenaje se han tomado en consideración las siguientes características y propiedades de suelo: el drenaje interno, externo y natural, los niveles del agua freática, la conductividad hidráulica y la infiltración.

Considerando las condiciones del drenaje natural se tiene lo siguiente:

- Suelos con drenaje natural excesivo, se encuentran en algunas fases de las Unidades de Suelo N°s. 1, 7, 8, 9, 10, 16 y 19 y ocupan 11.364,4 ha.

- Suelos con drenaje natural algo excesivo se encunetran en algunas fases de las Unidades de Suelo N°s. 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 16, 19 y 25 y ocupan 29.510,9 ha.
- Suelos con drenaje natural bueno se encuentran en algunas fases de la Unidades de Suelo N°s. 2, 3, 4, 5, 6, 7, 11, 12, 13, 14, 17, 18, 19, 23, 24 y 25 y ocupan 46.678,6 ha.
- Suelos con drenaje natural moderadamente bueno se encuentran en algunas fases de las Unidades de Suelo N°s. 6, 8, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 23, 24 y 25 y ocupan 41.292,0 ha.
- Suelos con drenaje natural imperfecto se encuentran en algunas fases de las Unidades de Suelo N°s. 11, 12, 13, 20, 21, 22, 24, 27 y 28 y ocupan 47.268,6 ha.
- Suelos con drenaje natural pobre se encuentran en algunas fases de las Unidades de Suelo N°s. 20, 21, 22 y 26 y ocupan 3.295,5 ha.

En general, los niveles freáticos están a profundidades mayores de 3 metros, con la excepción de las Unidades de Suelo N°s. 11 y 15 donde a veces los niveles freáticos están a profundidades de 1,5 m y en las Unidades de Suelo N°s 20 y 22 donde los niveles freáticos están entre 0,7 y 2,5 m y en la Unidad de Suelo N°21 donde está entre 1,2 y 2,2 m.

La capa de clastos, gravillas y gravas, que constituye en la mayoría de los casos el estrato inferior de los suelos formados sobre materiales aluvio-coluviales, determina una conductividad hidráulica alta a media en los suelos de textura fina de las Unidades de Suelo N°s. 15, 20 y 22, con valores comprendidos entre 1,58 y 7,08 cm/h. La Unidad de Suelo N°21 muestra en algunos casos valores más bajos para la conductividad hidráulica, entre 0,16 y 3,66 cm/h.

Se puede afirmar que, en términos generales, los problemas de drenaje existentes están determinados por dos factores, de una parte, las inundaciones en el tiempo de invierno y, de otra parte, la baja eficiencia del riego en el verano, con grandes infiltraciones que hacen subir el nivel freático debido a la falta de drenajes naturales o artificiales capaces de eliminar los excesos de agua de riego o de lluvia.

Al clasificar las tierras para riego, no se consideró que los suelos de drenaje natural excesivo, algo excesivo, bueno y moderadamente bueno estuvieran limitados por condiciones de drenaje.

Los suelos de drenaje imperfecto de las Unidades de Suelo N°s. 11, 12, 13, 15, 20, 21 y 22, de profundidad efectiva muy profunda, profunda y moderadamente profunda, han sido clasificados en la clase 2, con la excepción de los suelos moderadamente profundos de drenaje imperfecto de las Unidades de Suelo N°s. 11, 21, 26, 27 y 28, los que por tener, al mismo tiempo, limitaciones severas de suelo, han sido clasificadas en la clase 3 al igual que la fase profunda de drenaje imperfecto de la Unidad de Suelo N°28. Los suelos de drenaje pobre han sido clasificados en todos los casos en las clases 3 o 4. Los suelos profundos, muy profundos y moderadamente profundos, de drenaje pobre de las Unidades de Suelo N°s. 20, 21, 22 y 26 han sido clasificados en la clase 3, y los suelos

superficiales de drenaje pobre de la Unidad de Suelo N°20 han sido clasificados en la clase 4, limitado para el cultivo de arroz y para pastos.

El Cuadro 43 muestra, en forma resumida la distribución de los suelos en el área del Proyecto según el factor limitante.

Cuadro I/43: Distribución de áreas según el factor limitante

Símbolo con que se identifica en el mapa	Factor Constante	Area	
		ha	%
-	- Sin limitaciones	21,429,4	11,9
s	- Limitación de suelo	69.944,0	39,0
st	- Limitaciones de suelo y topografía	36.802,1	20,5
sd	- Limitaciones de suelo y drenaje	49.404,5	27,6
std	- Limitaciones de suelo, topografía y drenaje	1.830,0	1,0
		179.410,0	100,0

2.4 Uso actual de la tierra

El uso actual de la tierra es el siguiente:

- Tierras cultivadas y regadas 55.079 ha
- Tierras cultivadas sin o con riego ocasional 10.764 ha
- Pasto regado 52.029 ha
- Pasto sin o con riego ocasional 20.453 ha
- Matorral 41.085 ha

2.5 Productividad

Se considera que el área Proyecto Convento Viejo está altamente desarrollada en su parte oriental, los valles de Chimbarongo, Tinguiririca y en la zona central donde la gran mayoría de las tierras se cultivan y están bajo riego. En la parte occidental, al oeste de Marchigue y en los valles de Nilahue y de Lolol, la agricultura se ha desarrollado en secano y el riego es local y ocasional.

Se han establecido cinco clases de productividad:

- Clase 1: tierras altamente productivas para gran variedad de cultivos.
- Clase 2: tierras moderadamente productivas para gran variedad de cultivos.
- Clase 3: tierras poco productivas para gran variedad de cultivos.
- Clase 4: tierras aptas para cultivos específicos (pasto, arroz, hortalizas, frutales).
- Clase 6: tierras productivas.

2.6 Costos de desarrollo

Los factores que han incidido en la clasificación de los costos de desarrollo fueron: los costos de mejoramiento del sistema de riego el cual es constante en el caso de las tierras regadas en la parte oriental de la fase del Proyecto, los costos para la introducción del riego en las zonas nuevas de riego, los costos para las obras de drenaje, de deforestación y de nivelación.

Se han establecido cinco clases: 1, 2, 3, 4, 6.

2.7 Requerimiento de agua

Con el propósito de evaluar los requerimientos de agua se han considerado las siguientes características y propiedades de suelo: textura, estructura y retención de humedad. Se adoptaron los siguientes símbolos:

- A requerimiento bajo
- B requerimiento medio
- C requerimiento alto

Los suelos de las Unidades de Suelo N°s. 1, 3, 4, 6, 7, 9, 11, 16 y 17 tienen un requerimiento alto, los suelos de las Unidades de Suelo N°s. 2, 5, 8, 10, 12, 13, 18, 19, 24, 25, 26, 27 y 28 tienen un requerimiento medio y los suelos de las Unidades de Suelo N°s. 14, 15, 20, 21 y 22 tienen un requerimiento bajo de agua.

2.8 Drenabilidad

Se tomaron en consideración las siguientes características: el drenaje natural, la infiltración y la conductividad hidráulica.

Se establecieron tres clases de suelo según drenabilidad: x = buena, y = restringido, z = pobre.

Los criterios de clasificación utilizadas para el Proyecto de Convento Viejo se muestran en forma sinóptica en el Cuadro N°44.

3. DESCRIPCION DE LAS CLASES DE RIEGO

Utilizando los principios y criterios ya mencionados, los suelos se clasificaron en dos grupos básicos de adaptabilidad para riego:

- Tierras arables, aquellas que con el riego y una vez introducida las mejoras necesarias tendrán una capacidad productiva compatible con los costos de producción y adecuación y generarán, además, una utilidad tal que permita al agricultor disfrutar de un nivel de vida satisfactorio.
- Tierras no arables, aquellas que no cumplen con las condiciones mínimas de productividad o adaptabilidad para riego.

Se han identificado cinco clases de las cuales tres son arables (las clases 1, 2 y 3 según los criterios de USBR), una arable limitada (la clase 4 según los criterios de USBR), y una no arable (la clase 6 según los criterios de USBR).

3.1 Clase 1 arable

Ocupa una superficie total de 21.429,4 ha, o sea, 11,9% del área total y que por zonas se distribuye como sigue:

- Zona I : 4.275,8 ha
- Zona II : 10.794,8 ha
- Zona III : 4.103,2 ha
- Alcones : 525,6 ha
- Nilahue : 1.730,0 ha

Comprende los suelos profundos y muy profundos (profundidad efectiva mayor de 1 m), de topografía plana (pendientes menores de 1%), de drenaje bueno y moderadamente bueno, pertenecientes a las Unidades de Suelo N° 12, 13 y 14 y que se encuentran en la actualidad bajo cultivo en riego.

Son suelos aluviales de texturas moderadamente gruesa, media y moderadamente fina, bien estructurados, de fácil penetración para las raíces, aire y agua. Tienen buen drenaje, buena retención de humedad, velocidad de infiltración entre 1,2 y 3,7 cm/h. No presentan ningún problema de salinidad o alcalinidad. La reacción del suelo está comprendida entre pH 5,3 y 6,9.

Bajo condiciones adecuadas de drenaje, manejo y fertilización son suelos de excelente calidad. Las prácticas de manejo necesarias son comunes.

3.2 Clase 2 arables

Ocupa una extensión total de 80.398,0 ha, o sea, el 44,8% del área total y por zonas se distribuye como sigue:

- Zona I : 9.860,4 ha
- Zona II : 22.404,2 ha
- Zona III : 19.736,0 ha
- Alcones : 10.585,6 ha
- Nilahue : 17.811,8 ha

Los suelos de esta clase presentan ligeras limitaciones de suelo y/o topografía y de drenaje.

Las limitaciones de suelo están determinadas por texturas demasiado gruesas con relativamente alto porcentaje de gravas y gravilla, o por texturas demasiado finas que originan, de un lado, retenciones bajas de humedad y velocidades muy altas de infiltración y, de otro lado, permeabilidades bajas y condiciones de drenaje imperfecto.

La velocidad de infiltración varía entre 0,9 y 8,0 cm/hora, y la reacción del suelo fluctúa entre valores pH 4,6 y 7,0.

Se han identificado tres subclases: 2s, 2 st y 2 sd.

- Subclase 2 s: Ocupa una extensión de 36.565,4 ha y comprende:

  Los suelos muy profundos (más de 150 cm) y profundos (100 y 150 cm), de topografía plana (entre 0 y 1%), de drenaje bueno o moderadamente bueno de las unidades de suelo N°s. 7, 8, 9, 10, 11, 16, 18, 19 y 25.

  Los suelos moderadamente profundos (entre 50 y 100 cm), de topografía plana (0 y 1%), de drenaje bueno y moderadamente bueno de las Unidades de Suelo N°s. 12, 13, 14, 19, 24 y 25.

  Los factores limitantes de la productividad son por lo general limitaciones ligeras de orden textural, y la relativamente baja capacidad de retención de humedad.

- Subclase 2 st: Ocupa una extensión de 10.759,2 ha y comprende:

  Los suelos muy profundos (150 cm) y profundos (entre 100 y 150 cm), de topografía ligeramente inclinada (entre 1 y 3%) de drenaje algo excesivo y bueno de las Unidades de Suelo N°s 1, 2, 3, 4, 5, 8, 16, 17, 18, 19, 24 y 25.

  Los suelos muy profundos y profundos, de topografía moderadamente inclinada, de drenaje algo excesivo de las Unidades de Suelo N°s. 4, 5 y 25.

  Los suelos moderadamente profundos, de topografía ligeramente inclinada, de drenaje bueno de las Unidades de Suelo N° 5.

  Los factores limitantes son la textura gruesa, baja capacidad de retención de humedad, en algunos casos la reducida profundidad efectiva, la topografía inclinada ligera y moderada y el peligro de erosión.

- Subclase 2 sd: Ocupa una extensión de 33.073,4 ha y comprende:

  Los suelos muy profundos, profundos y moderadamente profundos, de topografía plana y drenaje imperfecto de las Unidades de Suelo N°s. 11, 12, 13, 14, 20, 21 y 22.

  Los suelos muy profundos y profundos, de topografía plana y drenaje moderadamente bueno de la Unidad de Suelo N° 15.

  Los factores limitantes son, en general, las texturas finas y las limitaciones ligeras de drenaje.

3.3 Clase 3 arable

Ocupa una superficie total de 53.623,0 ha, o sea el29,9% del área total, las que por zonas se distribuyen como sigue:

- Zona I : 19.476,4 ha
- Zona II : 2.861,4 ha
- Zona III : 4.878,4 ha
- Alcones : 15.901,2 ha
- Nilahue : 10.505,6 ha

Los suelos de esta clase presentan restricciones debidas a limitaciones de suelo, de suelo y topografía, de suelo y drenaje, o de suelo, topografía y drenaje, en mayor grado que en los suelos de la clase 2.

Las limitaciones de suelo están determinadas por la reducida profundidad efectiva del suelo, o texturas demasiadas gruesas o demasiadas finas.

Se han identificado cuatro subclases: 3 s, 3 st, 3 sd y 3 std.

En las subclases 3 s, y 3 sd, la topografía es plana (entre 0 y 1%), en las subclases 3 st y 3 std la topografía presenta pendientes mayores de 1%, y en las subclases 3 sd y 3 std el drenaje es imperfecto o pobre. En el caso de las subclases 3 s y 3 st, el drenaje es excesivo, algo excesivo, bueno o moderadamente bueno.

- Subclase 3 s: Ocupa 25.661,0 ha y comprende los suelos moderadamente profundos y superficiales, de topografía plana y de drenaje lago excesivo, bueno y moderadamente bueno de las Unidades de Suelo N° 7, 8, 9, 10, 11, 16, 17, 18 y 23.

- Subclase 3 st: Ocupa 10.182,0 ha y comprende:

  Los suelos moderadamente profundos, de topografía ligeramente inclinada y drenaje algo excesivo, bueno y moderadamente bueno de las Unidades de Suelo N°s. 1, 2, 4, 6, 7, 8, 16, 19, 23, 24 y 25.

  Los suelos moderadamente profundos de topografía moderadamente inclinada, de drenaje excesivo y algo excesivo, de las Unidades de Suelo N°s. 1, 5 y 8.

Los suelos superficiales de topografía ligeramente inclinada, de drenaje bueno de las Unidades de Suelo N°s. 3 y 5.

Los suelos profundos, de topografía moderadamente inclinada, de drenaje moderadamente bueno de las Unidades de Suelo N°s. 6 y 18, que han sido clasificados en la clase 3, debido a que son facilmente erosionables por estar formados sobre materiales coluviales de origen granítico.

- Subclase 3 sd: Ocupa 15.950,0 ha y comprende:

  Los suelos moderadamente profundos, de topografía plana y drenaje imperfecto de las Unidades de Suelo N°s. 11, 21, 27 y 28.

  Los suelos moderadamente profundos, de topografía plana y drenaje pobre, de las Unidades de Suelo N°s. 20 y 22.

  Los suelos profundos, de topografía plana y drenaje imperfecto de la Unidad de Suelo N° 28.

  Los suelos profundos, de topografía plana y drenaje pobre de la Unidad de Suelo N° 21.

  Los suelos muy profundos, de topografía plana y drenaje pobre de las Unidades de Suelo N°s. 21 y 22.

  Los suelos superficiales de topografía plana y drenaje imperfecto y pobre de las Unidades de Suelo N°s. 24 y 26.

- Subclase 3 std: Ocupa 1.830,0 ha y comprende los suelos profundos y moderadamente profundos, de topografía ligera y moderadamente inclinada y de drenaje imperfecto de las Unidades de Suelo N°s. 27 y 28.

  En este caso los suelos pertenecientes a esta subclase son planosoles, con limitaciones determinadas por la baja fertilidad natural del suelo, la lenta permeabilidad, la topografía (ligera y moderadamente inclinada) - la cual acentúa la facilidad con que este tipo de suelos se erosiona-y drenaje imperfecto.

3.4 Clase 4 arable limitada

Ocupa 22.438,2 ha, o sea el 12,5% del área total. Se distribuyen por zonas como sigue:

- Zona I : 5.812,0 ha
- Zona II : 1.837,6 ha
- Zona III : 3.834,0 ha
- Alcones : 9.679,4 ha
- Nilahue : 1.275,2 ha

Las tierras incluídas en esta clase presentan deficiencias severas que limitan su uso o exigen el empleo de prácticas especiales. Presentan una o más deficiencias que no son susceptibles de ser corregidas, lo cual hace necesario el método de riego por aspersión o bien limita

el uso de la tierra a explotaciones de arraigamiento superficial, frutales que pueden ayudar a la conservación de suelos, pastos o arroz.

Las limitaciones de suelos se manifiestan por las texturas gruesas y muy gruesas, unidas a una limitada profundidad efectiva, la permeabilidad muy rápida, la baja capacidad de retención de humedad, el drenaje excesivo o algo excesivo; en otros casos, las limitaciones se derivan de las texturas finas, unidas a una lenta permeabilidad y a condiciones de drenaje imperfecto y pobre. Si bien en algunos casos se producen ligeras acumulaciones de sal (la Unidad de Suelo N°21), este hecho no constituye un factor de importancia.

En algunos casos estas limitaciones se presentan asociadas a limitaciones de topografía y/o drenaje.

Se han identificado ocho subclases: 4 Ps; 4 Pst; 4 PVs; 4 PVst; 4 PFst; 4 PRsd; 4 Sst; 4 SPst.

- Subclase 4 Ps: Ocupa 2.498,4 ha e incluye los suelos superficiales y muy superficiales, de topografía plana y drenaje bueno de la Unidad de Suelo N°23.

  La limitación del suelo se origina por la poca profundidad efectiva, limitada por tobas volcánicas o areniscas cementadas, la textura gruesa, el carácter alofónico de los coloides que forman el complejo adsortivo, la baja fertilidad natural, el bajo contenido de nutrientes y la presencia de formaciones rocosas. Debido a estas limitaciones, el uso está limitado a pastos. Se ha podido observar, empero, que bajo la influencia del agua de riego, la toba se afloja permitiendo que las raíces alcancen mayor profundidad. Con el uso de riego, estas tierras pueden destinarse en el futuro a cultivos de raíces más profundas.

- Subclase 4 Pst: Ocupa 5.104,3 ha y comprende:

  Los suelos muy superficiales, de topografía ligeramente inclinada y drenaje excesivo y algo excesivo de las Unidades de Suelo N°s. 1, 2 y 24.

  Los suelos superficiales, de topografía moderadamente inclinada y drenaje algo excesivo de las Unidades de Suelo N°s. 5, 6 y 25.

  Los suelos superficiales de topografía ligeramente inclinada con o sin ondulaciones y fuertemente inclinada sin ondulaciones, de drenaje algo excesivo hasta moderadamente bueno, situados sobre materiales de origen granítico susceptibles de ser erosionados, de las Unidades de Suelo N°s. 7, 8 y 19.

  Los suelos superficiales, de topografía moderadamente inclinada y drenaje excesivo de la Unidad de Suelo N°7.

  Los suelos moderadamente profundos de topografía moderadamente y fuertemente inclinada, de drenaje excesivo y algo excesivo, bueno y moderadamente bueno de las Unidades de Suelo N°s. 7, 8 y 19.

Aún cuando las tierras de esta subclase ofrecen limitaciones idénticas a las de la subclase 4 Ps, también presentan la limitación topográfica. Están limitadas en su uso a pasto.

- Subclase 4 PVs: Ocupa 5.219,2 ha y comprende los suelos superficiales y muy superficiales, de topografía plana y drenaje excesivo hasta bueno, de las Unidades de Suelo N°s. 9, 10 y 11.

  La limitación del suelo radica en la poca profundidad efectiva, la textura gruesa, la baja capacidad de retención de humedad y la rápida permeabilidad. Están limitadas en su uso a pasto u hortalizas.

- Subclase 4 PVst: Ocupa 607,2 ha e incluye los suelos superficiales, de topografía ligeramente ondulada y drenaje excesivo de la Unidad de Suelo N°1. Además de las limitaciones de suelo ya descritas para la subclase 4 PVs, manifiestan limitaciones en cuanto a topografía derivadas de la existencia de pendientes ligeras. Están limitadas en su uso a pasto u hortalizas.

- Subclase 4 PFst: Ocupa 763,2 ha e incluye los suelos moderadamente profundos de topografía ligeramente inclinada, con fuertes ondulaciones y drenaje bueno de la Unidad de Suelo N°25.

  Las limitaciones están determinadas por la poca profundidad efectiva, el alto porcentaje de gravas y gravillas y el bajo contenido de nutrientes. La limitación de topografía está determinada por el grado severo de ondulaciones que entraba las obras de nivelación no sólo por el gran volumen de movimientos de tierras sino también por la poca profundidad de suelo.

  El uso en este caso está limitado, en razón de las condiciones de topografía existentes, a pasto o frutales.

- Subclase 4 PRsd: Ocupa 381,1 ha e incluyendo los suelos superficiales de topografía plana y drenaje imperfecto y pobre de las Unidades de Suelo N°20 y 21.

  Las limitaciones de suelo se derivan de la textura fina, la poca profundidad efectiva del suelo y la baja permeabilidad. El drenaje es imperfecto y pobre y la topografía plana. Las tierras están limitadas en su uso a pasto y/o arroz.

- Subclase 4 Sst: Ocupa 479,6 ha e incluye los suelos moderadamente profundos, de topografía moderadamente inclinada y excesivamente ondulada, de drenaje bueno de la Unidad de Suelo N°23.

  Las limitaciones de suelo consisten en texturas gruesas baja, retención de humedad, poca profundidad efectiva, carácter alofánico de las arcillas, y bajo contenido de materia orgánica y nutrientes.

  La limitación de topografía se manifiesta en el grado excesivo de ondulación, el cual prohibe física y económicamente las obras de nivelación requeridas para el riego por gravedad. Por

BIBLIOTECA IREN

estas razones, el sistema de riego está restringido a aspersión con la posibilidad de un amplio rango de cultivos a un nivel de rendimiento aceptable.

- Subclase SPst: Ocupa 7.385,2 ha e incluye los suelos superficiales y muy superficiales, de topografía ligeramente ondulada o con o sin ondulaciones severas y de drenaje bueno de la Unidad de Suelo N°23. Las limitaciones son las descritas para la subclase 4 Sst, si bien en el caso de estas tierras la profundidad efectiva del suelo es aún menor (menos de 50 cm) con afloramientos rocosos. El uso de la tierra en el caso de riego está limitado a pasto por el sistema de aspersión.

3.5 Clase 6 no arable

Ocupa una superficie de 1.521,4 ha o sea el 0,9% del área total, distribuidas en zonas como sigue:

Zona I	-	ha
Zona II	-	ha
Zona III	-	ha
Zona de Alcones	1.521,4	ha
Zona de Nilahue	-	ha

Las tierras de esta clase deben considerarse como no arables, debido a que no cumplen con el mínimo de requisitos necesarios para incluirlas en las otras clases y no son aptas para el uso agrícola bajo riego.

Se ha identificado una sola subclase 6 st que incluye los suelos superficiales de topografía muy fuertemente inclinada (10% pendiente) y drenaje excesivo de las Unidades de Suelo N°7 y 8. y los suelos moderadamente profundos, de topografía fuertemente inclinada (entre 5 y 10%) con severas ondulaciones y drenaje algo excesivo de la Unidad de Suelo N°8.

CUADRO I/44 : CRITERIOS DE CLASIFICACION DE TIERRAS PARA RIEGO

CARACTERISTICAS DE LA TIERRA	CLASE 1: ARABLE	CLASE 2: ARABLE	CLASE 3:ARABLE	CLASE 4: ARABLE CON LIMITACIONES	CLASE 6: NO ARABLE
TEXTURA	FRANCO ARENOSO HASTA FRANCO ARCILLOSO FRIABLE.	ARENO FRANCOSO HASTA ARCILLOSO PERMEABLE.	ARENO FRANCOSO HASTA ARCILLOSO PERMEABLE.	ARENOSO HASTA ARCILLA POCO PERMEABLE.	INCLUYE LAS TIERRAS QUE NO LLENAN LOS REQUISITOS MINIMOS DE LAS OTRAS CLASES Y NO SON APROPIADAS PARA RIEGO.
PROFUNDIDAD	MAS DE 100cm DE SUELO FACILMENTE TRABAJABLE ; FRANCO ARENOSO FINO O MAS PESADO; MAS DE 105cm. DE SUELO FRANCO ARENOSO O MAS GRUESO.	MAS DE 50 cm DE SUELO FACILMENTE TRABAJABLE ; FRANCO ARENOSO FINO O MAS PESADO, MAS DE 100cm. DE FRANCO ARENOSO O ARENO FRANCOSO.	MAS DE 25 cm EN PENDIENTES MENORES DE 3% EN SUELOS DE TEXTURA GRUESA. MAS DE 50cm. EN PENDIENTES DE 3-5% EN SUELOS DE TEXTURA MODERADAMENTE FINA.	MAS DE 25 cm. PUEDE SER MENOR EN LA SUBCLASE 4P.	INCLUYE LAS TIERRAS CON SUELOS SUPERFICIALES Y MUY SUPERFICIALES, PEDREGOSOS SITUADOS EN POSICION TOPOGRAFICA DE PENDIENTES MAYORES DE 10% Y SUELOS MUY SUPERFICIALES, SUPERFICIALES Y MODERADAMENTE PROFUNDOS, SITUADOS EN TOPOGRAFIA DE PENDIENTES MAYORES DE 5%, FUERTEMENTE ONDULADOS Y EROSIONADOS SOBRE MATERIALES COLUVIALES DE ORIGEN GRANITICO, FACILMENTE SUJETOS A EROSION ACELERADA.
ALCANILIDAD Y SALINIDAD	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA DEL EXTRACTO DE SATURACION, MENOR DE 4 mmhos/cm. SODIO CAMBIABLE DESPRECIABLE; pH. MENOR DE 9.	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA DEL EXTRACTO DE SATURACION, MENOR DE 8 mmhos/cm. SODIO CAMBIABLE DESPRECIABLE; pH MENOR DE 9.	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA DEL EXTRACTO DE SATURACION DE 8 mmhos/cm. O MENOS. PUEDE SER MAYOR EN SUELOS PERMEABLES Y DE BUEN DRENAJE. MENOS DE 10% SODIO CAMBIABLE; pH 9 O MENOS.	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA DEL EXTRACTO DE SATURACION DE MENOS DE 12 mmhos/cm SODIO CAMBIABLE, MENOR DE 15%; pH MENOR DE 9.	
PENDIENTE	MENOR DE 1%. PARA NIVELACION Y EMPAREJAMIENTO, NECESITA PROMEDIO DE CORTE Y RELLENO DE MENOS DE 6cm CON MOVIMIENTO DE TIERRAS DE MENOS DE 50 M^3 POR HECTAREA.	MENOR DE 5%. PARA NIVELACION Y EMPAREJAMIENTO NECESITA PROMEDIO DE CORTE Y RELLENO DE MENOS DE 15cm CON MOVIMIENTOS DE TIERRAS DE MENOS DE 750 M^3 POR HECTAREA.	MENOR DE 10% EN CASO DE PENDIENTES UNIFORMES. MENOR DE 3% EN CASO DE PENDIENTES CON ONDULACIONES FUERTES, PROMEDIO DE CORTE Y RELLENO DE MENOS DE 30 cm. MOVIMIENTOS DE TIERRA DE MENOS DE 1500 M^3 POR HECTAREA.	MENOS DE 10% EN LOS SUELOS FORMADOS SOBRE MATERIAL ANDESITICO. MENOS DE 5% EN LOS SUELOS FORMADOS SOBRE MATERIALES GRANITICOS Y CON TOPOGRAFIA ONDULADA.	
USO ACTUAL Y TIPO DE COBERTURA	ARABLE, FRUTALES, VIÑA O PASTO BAJO RIEGO.	ARABLE, FRUTALES, VIÑA O PASTO BAJO RIEGO O EN SECANO.	ARABLE, FRUTALES, VIÑA O PASTO BAJO RIEGO O EN SECANO A VECES PUEDEN ESTAR EN MATORRALES.	ARABLE O PASTO BAJO RIEGO O EN SECANO, MATORRAL.	
PEDREGOSIDAD	MENOS DE 10% DE LA SUPERFICIE. INSUFICIENTE PARA MODIFICAR LA PRODUCTIVIDAD. COSTOS BAJOS DE LIMPIEZA.	MENOS DE 25% DE LA SUPERFICIE. REDUCE POCO LA PRODUCTIVIDAD REQUIERE LIMPIEZA, PERO SU COSTO ES MODERADO	MENOS DE 40% DE LA SUPERFICIE PUEDE INTERFERIR SEVERAMENTE EN LA PRODUCTIVIDAD REQUIERE LIMPIEZA PERO SU COSTO ES TODAVIA ECONOMICO	MAYOR DE 40 PERO MENOR DE 50%. INTERFIERE SEVERAMENTE EN LA PRODUCTIVIDAD. COSTOS DE LIMPIEZA AUN ECONOMICOS.	
DRENAJE	BUENO Y MODERADAMENTE BUENO. AGUA FREATICA DEBAJO DE 3M	ALGO EXCESIVO, BUENO, MODERADAMENTE BUENO, IMPERFECTO. AGUA FREATICA DEBAJO DE 1,50M.	EXCESIVO, ALGO EXCESIVO, BUENO, MODERADAMENTE BUENO, IMPERFECTO O POBRE AGUA FREATICA DE 10M EN VERANO.	EXCESIVO, ALGO EXCESIVO, IMPERFECTO Y POBRE AGUA FREATICA A VECES A MENOS DE 1,0 M REQUIERE ALGUNOS TRABAJOS DE DRENAJE SUPERFICIAL.	

CUADRO I/45: CARACTERIZACION DE LAS CLASES DE TIERRAS PARA RIEGO

SEGUN U.S.B.R.

(ADAPTADAS PARA LAS CONDICIONES ESPECIFICAS DEL PROYECTO CONVENTO VIEJO)

CLASE 1:

COMPRENDE LAS TIERRAS DE MAYOR APTITUD PARA LA AGRICULTURA DE RIEGO, PUEDEN PRODUCIR RENDIMIENTOS SOSTENIDOS Y RELATIVAMENTE ALTOS, CON UN GRUPO NUMEROSO DE CULTIVOS ADAPTADOS A LAS CONDICIONES CLIMATICAS, A UN COSTO RAZONABLE TIENEN POTENCIALMENTE UNA CAPACIDAD DE PAGO RELATIVAMENTE ALTA.

CLASE 2:

COMPRENDE TIERRAS DE MODERADA APTITUD PARA LA AGRICULTURA DE RIEGO. SE ADAPTAN A UN GRUPO DE CULTIVOS POCO MAS REDUCIDO Y LA PREPARACION PARA RIEGO, ASI COMO SU EXPLOTACION AGRICOLA SON ALGO MAS COSTOSOS, PUEDEN TENER:

- MAS BAJA CAPACIDAD DE RETENCION DE HUMEDAD APROVECHABLE, POR UNA TEXTURA MAS LIGERA O POR MENOR PROFUNDIDAD DEL SUELO.
- PUEDEN SER LIGERAMENTE SALINOS LO CUAL PUEDE LIMITAR SU PRODUCTIVIDAD O IMPLICAR COSTOS DE LAVADO DE SALES.
- PUEDEN SER MENOS PERMEABLES DEBIDO A TEXTURAS FINAS O CAPAS ARCILLOSAS O A LA COMPACTACION DEL SUBSUELO.
- PUEDEN PRESENTAR TOPOGRAFIA LIGERAMENTE INCLINADA O AUN MODERADAMENTE INCLINADA PERO CON SUELOS PROFUNDOS QUE REQUIERE ALGUNOS GASTOS PARA SU NIVELACION Y ZONAS PEQUEÑAS QUE REQUIERE SURCOS MAS CORTOS E IMPONE ALGUNOS CUIDADOS ESPECIALES Y COSTOS MAS ELEVADOS PARA REGAR Y PARA PREVENIR LA EROSION.
- PUEDE SER NECESARIO CONSTRUIR O PREPARAR DRENAJES EN LAS PARCELAS, REMOVER PIEDRAS Y VEGETACION ARBOREA, PERO A UN COSTO MODERADO.

LA CAPACIDAD DE PAGO ES INTERMEDIA.

CLASE 3:

COMPRENDE TIERRAS QUE SON MENOS APTAS PARA LA AGRICULTURA DE RIEGO, QUE LAS DE LA CLASE 2. PUEDEN PRESENTAR DEFICIENCIA DE SUELO, TOPOGRAFIA O DRENAJE COMO LAS SEÑALADAS EN LA CLASE 2, PERO EN MAYOR GRADO.

- PUEDEN TENER BUENA TOPOGRAFIA, PERO DEBIDO AL SUELO, A LAS CONDICIONES DE ESTE TIENEN RESTRINGIDA ADAPTABILIDAD A LOS CULTIVOS Y REQUIEREN:
  - PRACTICAS DE RIEGO CUIDADOSAS.
  - O GRANDES CANTIDADES DE AGUA.
  - MAYOR CANTIDAD DE
- PUEDEN TENER TOPOGRAFIA MUY ACCIDENTADA.
- PUEDEN TENER DRENAJE RESTRINGIDO Y/O ESTAR SUJETOS A INUNDACIONES SUSCEPTIBLES A CORRECCION, PERO A UN COSTO RELATIVAMENTE ALTO.
- BAJO BUENAS PRACTICAS DE MANEJO TENDRA ADECUADA CAPACIDAD DE PAGO.

CLASE 4:

COMPRENDE TIERRAS QUE SON APTAS PARA LA AGRICULTURA DE RIEGO BAJO CIERTAS CONDICIONES DE TIPO DE RIEGO Y/O LIMITADOS A CIERTO DE USO.

- PUEDEN TENER UNA EXCESIVA DEFICIENCIA ESPECIFICA (POCA PROFUNDIDAD DE SUELO) O DEFICIENCIAS SUSCEPTIBLES DE CORRECCION (TOPOGRAFIA ONDULADA) PERO A UN COSTO ALTO, PERO NO SON APTAS PARA CULTIVOS TALES COMO HORTALIZAS O FRUTALES
- PUEDEN TENER UNA O MAS DE UNA DEFICIENCIA INCORREGIBLE (POCA PROFUNDIDAD DE SUELO, TEXTURA MUY FINA) QUE LIMITA SU UTILIDAD A PASTO O A CULTIVO DE ARROZ, LOS CUALES MANEJADOS EN CONDICIONES ADECUADAS SON CAPACES DE ASEGURAR EL NIVEL DE VIDA CONVENIENTE DE LA FAMILIA CAMPESINA Y PAGAR LOS COSTOS DE AGUA.
- LAS INVERSIONES NECESARIAS SON SUPERIORES A LAS REQUERIDAS POR LA CLASE 3, PERO EN RELACIONES QUE SON JUSTIFICADAS POR LOS BENEFICIOS QUE SE ESPERA OBTENER.
- PUEDEN PRESENTAR TOPOGRAFIA ONDULADA QUE LIMITA EL RIEGO AL SISTEMA POR ASPERSION

CLASE 6:

COMPRENDE LAS TIERRAS QUE NO CUMPLEN CON EL MINIMO DE REQUISITOS PARA SER INCLUIDAS EN LAS OTRAS CLASES.
COMPRENDE TIERRAS DE TOPOGRAFIA MUY INCLINADA $\geq 10\%$ SUJETAS A EROSION RAPIDA, ACELERADA, SUELOS MUY SUPERFICIALES CON ALTO CONTENIDO DE PIEDRAS.
ESTAS TIERRAS NO TIENEN SUFICIENTE CAPACIDAD DE PAGO PARA JUSTIFICAR SU CONSIDERACION COMO TIERRA REGABLE.

Cuadro I/46: Clasificación de las fases de las Unidades de Suelo en clases y subclases para riego

Unidad de Suelo	Fases	Clases y Subclases de Riego
1	1.1.B.2	2 st
	1.3.B.2	3 st
	1.3.C.1	3 st
	1.4.B.1	4 PVst
	1.5.B.1	4 Pst
2	2.1.B.3	2 st
	2.3.B.3	3 st
	2.5.B.2	4 Pst
3	3.2.B.3	2 st
	3.4.B.3	3 st
4	4.1.B.3	2 st
	4.2.B.3	2 st
	4.2.C.2	2 st
	4.3.B.3	3 st
5	5.1.B.3	2 st
	5.1.C.2	2 st
	5.2.B.3	2 st
	5.3.B.3	2 st
	5.3.C.2	3 st
	5.4.B.3	3 st
	5.4.C.2	4 Pst
6	6.2.C.4	3 st
	6.3.B.3	3 st
	6.4.C.2	4 Pst

Unidad de Suelo	F a s e s	Clases y Subclases de Riego
7	7.2.A.3	2 s
	7.3.A.3	3 s
	7.4.A.2	3 s
	7.3.B.3	3 st
	7.2.CO.2	4 Pst
	7.3.CO.2	4 Pst
	7.3.C.2	4 Pst
	7.3.D.1	4 Pst
	7.4.BO.2	4 Pst
	7.4.CO.1	4 Pst
	7.5.E.1	6 st
8	8.2.A.4	2 s
	8.2.B.4	2 st
	8.3.A.4	3 st
	8.3.B.4	3 st
	8.3.C.4	3 st
	8.4.A.4	3 s
	8.3.BO.4	3 st
	8.3.CO.4	4 Pst
	8.4.B.4	4 Pst
	8.4.BO.2	4 Pst
	8.4.D.1	4 Pst
	8.3.DO.2	6 st
	8.4.E.1	6 st
9	9.1.A.2	2 s
	9.2.A.2	2 s
	9.3.A.1	3 s
	9.4.A.1	4 PVs
	9.5.A.1	4 PVs
10	10.1.A.2	2 s
	10.2.A.2	2 s
	10.3.A.2	3 s
	10.4.A.2	3 s
	10.5.A.1	4 PVs
11	11.1.A.4	2 s
	11.2.A.4	2 s
	11.3.A.3	3 s
	11.4.A.3	3 s
	11.5.A.3	4 PVs
	11.1.A.5	2 sd
	11.3.A.5	3 sd

Unidad de Suelo	F a s e s	Clases y subclases de Riego
12	12.1.A.3	1
	12.1.A.4	1
	12.1.A.5	2 sd
	12.2.A.3	1
	12.2.A.4	1
	12.2.A.5	2 sd
	12.3.A.3	2 s
	12.3.A.5	2 sd
13	13.1.A.3	1
	13.1.A.4	1
	13.1.A.5	2 sd
	13.2.A.3	1
	13.2.A.4	1
	13.2.A.5	2 sd
	13.3.A.3	2 s
	13.3.A.4	2 s
	13.3.A.5	2 sd
14	14.1.A.3	1
	14.1.A.4	1
	14.3.A.3	2 s
	14.3.A.4	2 s
15	15.1.A.4	2 sd
	15.2.A.4	2 sd
16	16.1.A.2	2 s
	16.2.A.2	2 s
	16.2.B.2	2 st
	16.3.A.1	3 s
	16.3.B.1	3 st
17	17.1.A.4	2 s
	17.2.A.4	2 s
	17.3.A.3	3 s
18	18.1.A.4	2 s
	18.1.B.3	2 st
	18.2.A.4	2 s
	18.4.A.4	3 s
	18.4.B.3	3 st

Unidad de Suelo	Fases	Clases y Subclases de Riego
19	19.1.A.4	2 s
	19.2.A.4	2 s
	19.3.A.4	2 s
	19.1.B.3	2 st
	19.3.B.3	3 st
	19.3.CO.2	4 Pst
20	20.1.A.5	2 sd
	20.2.A.5	2 sd
	20.3.A.5	2 sd
	20.3.A.6	3 sd
	20.4.A.6	4 PRst
21	21.1.A.5	2 sd
	21.1.A.6	3 sd
	21.2.A.5	2 sd
	21.2.A.6	3 sd
	21.3.A.5	3 sd
22	22.1.A.5	2 sd
	22.1.A.6	3 sd
	22.2.A.5	2 sd
	22.3.A.6	3 sd
23	23.3.A.3	3 s
	23.3.A.4	3 s
	23.3.B.3	3 st
	23.3.CO.3	4 Sst
	23.4.A.3	4 PRs
	23.4.B.3	4 SPst
	23.4.BO.3	4 SPst
	23.5.A.3	4 PRs
	23.5.BO.3	4 SPst
	23.4-5.BO.3	4 SPst
24	24.3.A.3	2 s
	24.3.A.4	2 s
	24.4.A.5	3 sd

Unidad de Suelo	F a s e s	Clases y Subclases de Riego
25	25.2.A.4	2 s
	25.2.C.2	2 st
	25.2.B.3	2 st
	25.3.A.4	3 s
	25.3.B.4	3 st
	25.3.BO.3	4 PFst
	25.4.C.2	4 Pst
26	26.4.A.6	3 sd
27	27.3.A.5	3 sd
	27.3.B.5	3 std
28	28.2.A.5	3 sd
	28.2.B.5	3 std
	28.2.C.5	3 std
	28.3.A.5	3 sd
	28.3.B.5	3 std

Anexo II

CLIMA

I N D I C E

		Página
1.	CARACTERISTICAS GENERALES Y FACTORES DEL CLIMA	1
2.	ANTECEDENTES DISPONIBLES	2
3.	PRECIPITACION	5
3.1	Distribución espacial	5
3.2	Distribución mensual	6
3.3	Variabilidad de las precipitaciones	7
3.4	Número de días con precipitación	8
3.5	Precipitaciones máximas	8
4.	TEMPERATURAS	9
5.	HUMEDAD RELATIVA	13
6.	RADIACION SOLAR, HORAS DE SOL Y DURACION DEL DIA	14
7.	REGIMEN DE VIENTOS Y NUBOSIDAD	16
7.1	Vientos	16
7.2	Días con niebla	16
8.	EVAPORACION	17
9.	TIPOS CLIMATICOS	19
9.1	Generalidades	19
9.2	Valle Longitudinal	20
9.3	Valles Costeros	22

C U A D R O S

		Página
II/1	Nómina de estaciones pluviométricas	3
II/2	Nómina de estaciones meteorológicas	4
II/3	Distribución mensual de las precipitaciones en San Fernando y Pumanque	6
II/4	Coeficiente de variación de las precipitaciones en San Fernando y Pumanque	7
II/5	Número promedio de días con precipitación y coeficientes de variación correspondientes en San Fernando	8
II/6	Temperaturas de enero, julio y anuales (1964-1975) en estaciones de la región del Proyecto	9
II/7	Oscilaciones térmicas (1964-1975) en estaciones de la región del Proyecto	10
II/8	Número de días con temperatura mínima menor o igual que 0°C	11
II/9	Número de días con temperatura máxima mayor o igual que 25°C	12
II/10	Humedad relativa	13
II/11	Radiación solar	14
II/12	Horas de sol	14
II/13	Duración media del día y total mensual de horas de día en la región del Proyecto	15
II/14	Evaporación anual en el período 1964-1975	17
II/15	Evaporación mensual	18
II/16	Estación climatológica de Curicó	21
II/17	Estación climatológica de Puente Arqueado	23
II/18	Tipos climáticos	24

F I G U R A S

		Después de página
II/1	Estaciones meteorológicas y tipos climáticos	2
II/2	Isotermas anuales - temperaturas medias 1969-1975	5
II/3	Isotermas mes de enero - temperaturas medias mensuales 1964-1975	10
II/4	Isotermas mes de julio - temperaturas medias mensuales 1964-1975	10
II/5	Líneas de igual evaporación - evaporación anual 1964-1975	17
II/6	Diagrama ombrotérmico. Estación de Curicó	20
II/7	Diagrama ombrotérmico. Estación de Puente Arqueado	22

1. CARACTERISTICAS GENERALES Y FACTORES DEL CLIMA

Para efectuar un análisis de las características del clima de la zona, conviene referirse previamente a aquellos factores que lo gobiernan y que explican sus particularidades. Estos factores son: la latitud, el relieve, la proximidad al mar y las corrientes marinas.

La latitud determina la ubicación de la región con respecto a la circulación general de la atmósfera, y además influye en la energía recibida por radiación solar y consecuentemente en las temperaturas.

Desde el punto de vista de la circulación atmosférica, la zona se encuentra en la transición entre el sistema de altas presiones denominado anticiclón subtropical del Pacífico Suroriental, caracterizado por el movimiento descendente de masas de aire muy seco, y la zona de los vientos Oestes. Las zonas dominadas por el anticiclón muestran una gran estabilidad atmosférica; por el contrario en la región de los vientos oestes viajan los sistemas de depresiones migratorias portadores del mal tiempo. El desplazamiento latitudinal, a lo largo del año, de estos dos sistemas determinan un verano seco, con predominio del anticiclón y un invierno lluvioso por la influencia de la región de los vientos oestes. La presencia del anticiclón en estas latitudes durante los meses de invierno, es la causa de las sequías y en general de la variabilidad de las precipitaciones.

Los sistemas de presiones recién descritos dan en general como resultado vientos dominantes del SO.

El relieve, con la presencia de los cordones montañosos de las Cordilleras de Los Andes y de la Costa, ambos de orientación Norte-Sur, afectan las características del clima en todo el país. Para los propósitos del Proyecto interesa destacar el papel diferenciador que desempeña el relieve, en especial con su influencia sobre la distribución regional de las precipitaciones y de las temperaturas. Usualmente se observa un aumento de las precipitaciones con la altura y una disminución en los valles a sotavento, por el efecto de pantalla de los relieves. El relieve actúa sobre las temperaturas bloqueando las influencias moderadoras del océano y a través de las brisas valle - montaña que producen una disminución de las temperaturas nocturnas en el fondo de los valles.

Por su gran inercia térmica, el mar desempeña un importante papel moderador de las fluctuaciones térmicas diarias y anuales. Además introduce cambios en la humedad del aire y produce brisas diarias tierra-mar. En nuestro país se observa también la influencia de la corriente de Humbolt, que con sus aguas frías produce un descenso de las temperaturas.

Los factores enumerados determinan en la región del Proyecto la existencia de un clima templado cálido con lluvias invernales y con una estación seca de 6 a 7 meses. (Csb_1 según la clasificación de Koeppen). Dentro de estas características generales, válidas para toda la zona, los principales factores de diferenciación climática son

el relieve y la proximidad al mar, ambos de orientación Norte - Sur. En los capítulos siguientes se hará un análisis detallado de las características climáticas en aquellos aspectos que son de interés para el Proyecto.

2. ANTECEDENTES DISPONIBLES

Se han empleado antecedentes en distinto grado de elaboración obtenidos de los archivos de la Dirección Meteorológica de Chile, Dirección General de Aguas y de ENDESA. Con la excepción de los registros de precipitación, que en general permiten un análisis bastante detallado, los datos climáticos presentan las siguientes limitaciones:

- Los registros disponibles son en general de corta longitud y presentan muchas interrupciones, de modo que resulta difícil reducirlos a períodos comunes.
- La mayor parte de la información climática se refiere a la zona del valle longitudinal; en las nuevas zonas de riego, como Nilahue y Alcones, y en la costa no se dispone de antecedentes. Estas circunstancias han obligado a tomar como referencia estaciones climáticas ubicadas fuera de la zona del Proyecto.

En el análisis de las precipitaciones se han considerado las 59 estaciones pluviométricas que se incluyen con su ubicación en el Cuadro II/1. En esas 59 estaciones aparecen algunas de registros muy cortos y otras que han sido suspendidas. El resto de los elementos del clima se han analizado en base a las estaciones del Cuadro II/2 y la Figura III/1.

Cuadro II/1 Nómina de estaciones pluviométricas

N°	Estación	Latitud	Longitud	Altura	N°	Estación	Latitud	Longitud	Altura
121 - 2	El Peumo Hda.	33°43'	71°39'		309 - 62	Placilla	34°38'	71°08'	254
121 - 3	San Enrique Bucalemu	33°50'	71°45'	160	309 - 64	Inst. Reg. Sta. Cruz	34°39'	71°24'	
121 - 6	Navidad San Antonio	33°56'	71°53'		309 - 65	Sta. Cruz E.A.P.	34°39'	71°24'	
121 - 7	Quelentario radio	33°58'	71°35'	260	309 - 66	Pte. Negro Retén End.	34°40'	70°53'	497
121 - 9	Longovilo	33°57'	71°26'		309 - 68	Nancagua Cía. Tabacos	34°41'	71°12'	370
122 - 2	Pichilemu	34°24'	72°00'	500	309 - 69	La Rufina	34°44'	70°43'	400
122 - 3	Pumanque Hda.	34°37'	71°40'	112	309 - 72	Espinalillo	34°47'	70°41'	890
122 - 4	Querelema	34°37'	71°56'	127	309 - 73	Hda. Sta. Rosa	34°47'	71°06'	890
122 - 5	Lolol	34°45'	71°40'	170	309 - 74	Convento Viejo	34°46'	71°07'	220
122 - 6	Dumas de Llico	34°45'	72°07'		309 - 75	La Candelaria	34°47'	71°41'	
122 - 7	Llico	34°46'	72°07'	4	309 - 77	El Condor	34°51'	70°59'	620
122 - 9	Iloca	34°57'	72°13'		309 - 78	Sta. Susana	34°51'	71°01'	408
309 - 2	Hda. Corneche	33°57'	71°37'	190	309 - 80	Hda. Los Quillayes	34°08'	71°28'	
309 - 35	Pte. Arqueado	34°17'	71°21'	119	309 - 81	Rapel en el puente	34°58'	71°52'	50
309 - 36	Requinoa	34°17'	70°50'	421	310 - 1	Teno E.A.P.	34°52'	71°10'	298
309 - 38	Esperanza Fdo.	34°18'	71°18'	164	310 - 2	Conalle	34°52'	71°17	225
309 - 39	San José de Marchigue	34°18	71°29		310 - 3	Rauco	34°55'	71°19'	164
309 - 40	Calleuque	34°22'	71°28'	106	310 - 4	Sta. Susana	34°57'	70°49'	408
309 - 41	Rengo	34°24'	70°52'	139	310 - 5	Romeral	34°58'	71°05'	294
309 - 43	Marchigue	34°24'	71°36'	137	310 - 9	Curicó	34°59'	71°14'	211
309 - 44	Viña Vieja	34°26'	71°05	215	310 - 11	Hda. Caune	35°00'	71°37'	
309 - 46	El Huique	34°27'	71°23'	750	310 - 12	Los Queñes Retén	35°01'	70°49'	671
309 - 48	Lag. Tagua Tagua	34°28'	71°10'	170	310 - 13	Los Queñes	35°01'	70°50'	943
309 - 53	Lihueimo	34°32'	71°27'		310 - 14	Los Carros	35°02'	71°33'	220
309 - 55	Puquillay	34°32'	71°30'	330	310 - 18	Molina	35°05'	71°16'	235
309 - 56	San José del Carmen	34°33'	71°23'	138	310 - 20	Curepto	35°07'	72°02'	60
309 - 57	Ranquihue	34°33'	71°37'	140	310 - 28	El Manzano	34°58'	70°56'	690
309 - 59	Hda. Bellavista	34°35'	70°34'	1100	310 - 29	Hda. Monte Grande	35°14'	71°04'	
309 - 60	San Fernando	34°35'	71°00'	350	310 - 30	Hualañe	34°59	71°49'	
309 - 61	Millahue	34°38'	71°18'	170					

Cuadro II/2 Nómina de estaciones meteorológicas

N°	Estación	Latitud	Longitud	Altura	Elementos observ.
		Cordillera de Los Andes			
309 - 7	Sewel	34°05'	70°22'	2155	t-Hum
309 - 27	Pangual	34°15'	70°20'	920	Ev
309 - 72	Espinalillo	34°47'	70°41'	890	Ev
		Valle Longitudinal			
309 - 17	Rancagua	34°10'	70°45'	482	t-Hum-HS-Ev
309 - 41	Rengo	34°26'	70°53'	325	t-Hum-R-Ev
309 -	Popeta	34°27'	70°48'	509	t-R-Ev
309 - 60	San Fernando	34°35'	71°00'	350	t-Hum-HS
309 - 74	Convento Viejo	34°45'	71°06'	312	t-Ev
310 - 9	Curicó	34°59'	71°14'	211	t-Hum-HS-Ev
		Zona de Transición			
309 - 63	Paniahue	34°38'	71°23'	250	Ev
309 - 65	Santa Cruz	34°39'	71°24'	250	Ev
		Valles Costeros			
309 - 5	Quelentaro radio	34°02'	71°35'	260	t-Hum-R-HS-V-Ev
309 - 35	Puente Arqueado	34°17'	71°21'	119	t-Hum-R-HS-Ev
309 - 83	Llallauquen	34°15'	71°36'	111	t-Ev
310 - 30	Hualañe	34°59'	71°49'		t
		Costa			
121 - 1	Santo Domingo	33°37'	71°38'	66	t
311 - 68	Constitución	35°20'	72°26'	2	t-Hum

Simbología:
t = Temperatura
Hum = Humedad
R = Radiación solar
HS = Horas de sol
V = Viento
Ev = Evaporación

3. PRECIPITACION

Como se ha señalado, el origen de las precipitaciones de la zona se encuentra en los sistemas migratorios que alcanzan estas latitudes durante los meses de invierno. Debido al desplazamiento del anticiclón del Pacífico, estos fenómenos no se presentan en verano; se tiene entonces un régimen de lluvias mediterráneo con una estación seca de 6 - 7 meses. Las precipitaciones son frontales y muestran las modificaciones que introduce la orografía, en especial las Cordilleras de Los Andes y de la Costa. Los períodos de mal tiempo afectan a regiones extensas y frecuentemente tienen una duración de varios días.

A continuación se analizarán las siguientes características de las precipitaciones: Distribución espacial, distribución mensual, variabilidad anual y mensual, número de días con precipitación y valores máximos.

3.1 Distribución espacial

El análisis de la distribución regional de las lluvias se basa en las isoyetas de Aconcagua - Mataquito (Fig II/2), publicadas por el Departamento de Recursos Hidráulicos de Corfo (1). En dicha publicación se utilizan las estadísticas de 59 estaciones pluviométricas de la zona (Cuadro II/1), después de verificar su consistencia mediante el método de las curvas de doble acumulación y de extender los registros al período común de 1925-71.

El trazado de las isoyetas se hizo para distintas probabilidades de excedencia, por lo cual si se quiere trabajar con los valores medios es necesario aumentar los valores de probabilidades 50% en un coeficiente que en la zona es de orden del 5%.

Las precipitaciones medias anuales en la zona varían entre 550 y 800 mm (sin considerar la Cordillera de Los Andes) y muestran una tendencia general decreciente bastante notable hacia el Norte.

En el sentido Este - Oeste se presentan diferencias originadas en el relieve. En la costa las precipitaciones son del orden de los 550 a 600 mm (Pichilemu: 570 mm). En las primeras elevaciones de la Cordillera de la Costa y en los valles costeros se produce un aumento de la pluviosidad con valores entre 600 - 800 mm (Pumanque: 650 mm, Lolol; 790 mm, Querelema: 715 mm). En el extremo Norte de este sector, se observa una disminución de las precipitaciones (Marchigue: 587 mm), cuya existencia es posible que esté ligada parcialmente al relieve. Hacia el interior se alcanza un máximo parcial en el cordón montañoso formado entre otros por los cerros Cañetén (920 m.s.n.m.) y Los Robles (912 m.s.n.m.), que constituyen la divisoria de aguas entre los ríos Tinguiririca y Nilahue. En ese lugar se tienen precipitaciones anuales promedio de 800 a 900 mm (La Candelaria: 890 mm).

---

(1) Pluviometría de Chile. Isoyetas Aconcagua - Mataquito. Marta Gloria Parada. 1974

En el valle del Tinguiririca la precipitación decrece, registrándose valores entre 700 y 800 mm (Placilla: 810 mm; San Fernando: 730 mm). Finalmente en la Cordillera de Los Andes, se produce un fuerte aumento de la pluviosidad con la altura, midiéndose en La Rufina (750 m.s.n.m.) 1.200 mm. No se tienen observaciones de la precipitación nival en la alta cordillera, pero se supone considerable.

3.2 Distribución mensual

La distribución mensual se caracteriza en toda la zona por la concentración de la precipitación en 4 meses, mayo - agosto, que reciben el 77 - 79% del total anual. En cada uno de ellos se registra entre un 15 y un 25% del total anual. Además de estos meses de invierno existen 2 meses de transición: abril y septiembre, con un 4 - 5% y un 6 - 8% del total respectivamente. El resto de los meses son extremadamente secos y entre todos ellos no reciben más que el 10 - 11% de la precipitación anual.

En el Cuadro II/3 se dan los valores mensuales para una estación ubicada en el valle longitudinal (San Fernando) y una ubicada en los valles costeros (Pumanque).

Cuadro II/3: Distribución mensual de las precipitaciones en San Fernando y Pumanque

A) San Fernando (45 años)

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
mm	5,6	5,4	11,8	30,8	124,5	187,8	151,5	108,5	43,7	33,3	15,9	9,1	727,9
%	0,8	0,7	1,6	4,2	17,1	25,8	20,8	14,9	6,0	4,6	2,2	1,3	100

Mayo - Agosto 572 mm (78,6%)
Abril - Septiembre = 74,5 mm (10,2%)
Octubre - Marzo = 81,1 mm (11,2%)

B) Pumanque (39 años)

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
mm	7,3	4,2	8,8	30,9	97,3	147,8	132,0	103,8	46,7	26,2	9,8	7,2	622,0
%	1,2	0,7	1,4	5,0	15,6	23,8	21,2	16,7	7,5	4,2	1,6	1,1	100

Mayo - Agosto = 480,9 mm (77,3%)
Abril - Septiembre = 77,6 mm (12,5%)
Octubre - Marzo = 63,5 mm (10,2%)

FIG. II-1

ESTACIONES METEOROLOGICAS Y TIPOS CLIMATICOS.

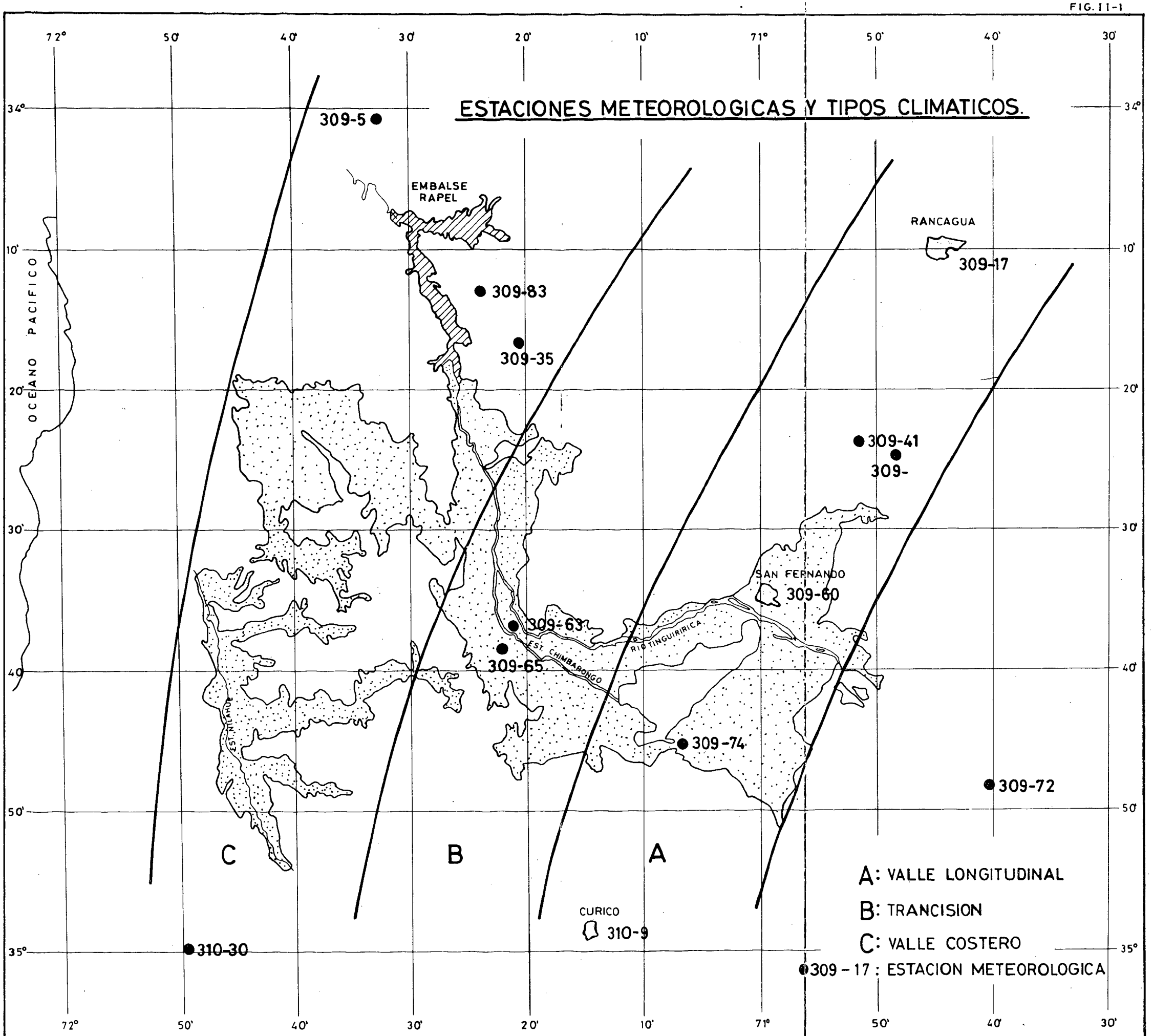
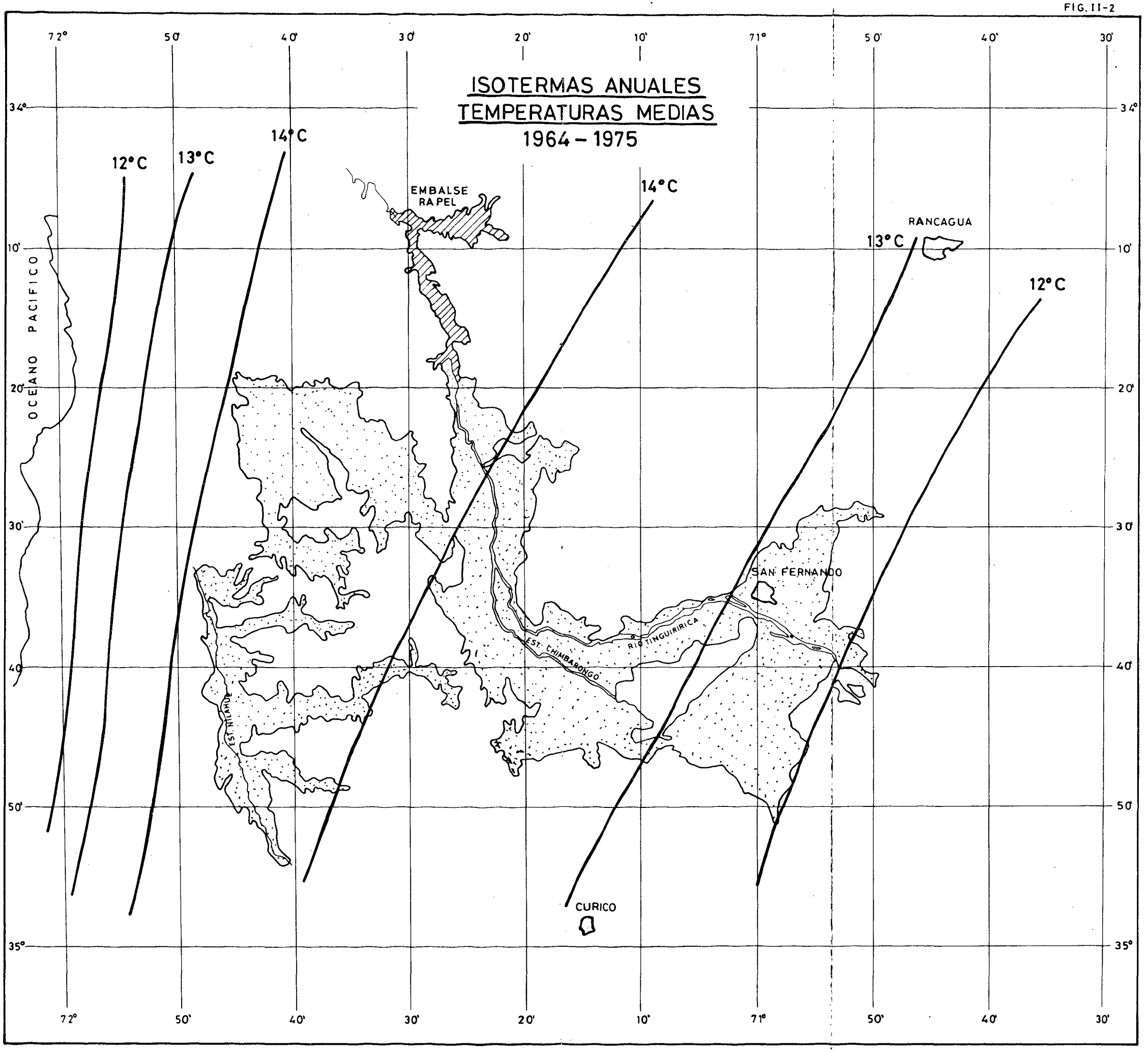


FIG. II-2

ISOTERMAS ANUALES
TEMPERATURAS MEDIAS
1964 – 1975



3.3 Variabilidad de las precipitaciones

El carácter de transición que tiene esta zona en relación a la circulación general de la atmósfera se manifiesta preferentemente en la variabilidad de las precipitaciones anuales y mensuales.

Las curvas de frecuencia que mejor se ajustan a los valores anuales son las de Gumbel y gamma incompleta. Ambas curvas de distribución son asimétricas y dan en la zona, para la probabilidad de excedencia de 50%, un valor aproximadamente 5% menor que el promedio. En otros términos, existe un mayor número de años bajo el promedio que sobre él.

El coeficiente de variación, que es un índice que refleja muy adecuadamente la dispersión de los valores anuales en torno a la media, tiene un valor muy similar en toda la zona y es de aproximadamente 33%. Lo anterior significa que el 68% de los años se encuentra en el intervalo $\bar{X} \pm 0{,}33\ \bar{X}$, siendo $\bar{X}$ el valor promedio. Es interesante señalar que en Chile el coeficiente de variación aumenta de Sur a Norte, indicando con ello que a medida que disminuye la latitud no solamente se tiene una menor disponibilidad media de recursos hídricos, sino que además se tienen con menor seguridad. Desde este punto de vista la zona del presente Proyecto tiene una situación intermedia.

Las lluvias mensuales muestran un coeficiente de variación que es más de dos veces el obtenido para el año en su conjunto. Esto indica que la ocurrencia de precipitaciones en cada mes considerando individualmente es porporcionalmente más incierta. Dentro de esta situación general los mayores coeficientes de variación son los de los meses de transición de abril y septiembre, lo que reafirma su carácter de transición, y naturalmente los del período seco. En el Cuadro II/4 se entregan los coeficientes de variación para una estación pluviométrica ubicada en el valle longitudinal y para otra de la zona costera.

Cuadro II/4: Coeficientes de variación de las precipitaciones en San Fernando y Pumanque

A) San Fernando (45 años)

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Año
2,7	3,4	1,5	1,3	0,9	0,7	0,9	0,8	1,2	1,2	1,5	1,7	0,3

B) Pumanque (39 años)

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Año
2,5	3,5	1,8	1,2	0,8	0,6	0,8	0,7	1,1	0,8	1,5	1,5	0,3

Un aspecto relacionado con este tema que conviene mencionar es el de la disminución de las precipitaciones en las últimas décadas. Si bien está suficientemente demostrado (1) que las precipitaciones medias han disminuído en el Norte Chico y en la zona central desde fines del siglo pasado, también se puede afirmar que de acuerdo a lo investigado hasta la fecha dichas variaciones no tienen significancia estadística (2), y no se puede inferir una tendencia hacia el futuro.

3.4 Número de días con precipitación

En base a los datos de San Fernando se ha obtenido un promedio de 50 días con lluvia al año. Se calcularon además los promedios mensuales y los respectivos coeficientes de variación. En el Cuadro II/5 se aprecia que el número de días con lluvia sigue la misma tendencia que el monto de las precipitaciones.

Cuadro II/5: Número promedio de días con precipitación y coeficientes de variación correspondientes en San Fernando (40 años)

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Año
$\bar{X}$	0,5	0,6	1,0	3,3	7,0	9,4	8,3	7,4	5,1	4,0	1,9	0,9	49,4
C.V.	1,8	1,5	1,0	0,9	0,6	0,5	0,6	0,5	0,6	0,7	1,1	1,4	0,33

El coeficiente de variación del número de días y el de las precipitaciones anuales son prácticamente iguales, lo que muestra la estrecha relación entre ambos parámetros.

3.5 Precipitaciones máximas

Este aspecto es tratado con detalle en el estudio de hidrología de aguas superficiales (Anexo III).

(1) Variación de algunos factores meteorológicos en Chile a través del tiempo. Harry King F. 1970

(2) LLuvias de Chile. Philippe Bois. U.Católica 1969.

4. TEMPERATURAS

Debido a la disposición geográfica de dos factores tales como el océano y el relieve, las líneas isotermales se ubican en la zona del Proyecto en un sistema de paralelas de orientación Norte - Sur. Mientras el océano, como se ha señalado, actúa moderando las oscilaciones térmicas diurnas y anuales, el relieve actúa limitando la influencia marítima hacia el interior y además, ya sea por diferencia de insolación con los valles o simplemente por el desplazamiento gravitacional de las masas de aire, crea brisas valle - montaña que contribuyen a disminuir las temperaturas nocturnas en los valles.

Para el estudio de la distribución regional de las temperaturas ha sido necesario seleccionar un período de análisis común para todas las estaciones consideradas. Lo anterior ha obligado a rellenar los huecos que se presentan en los registros. Los Cuadros II/6 y II/7 resumen los resultados obtenidos para el período común de 1964 - 75. En dichos cuadros se incluyen los valores anuales y los meses de enero y julio, por representar éstos las tendencias extremas dentro de los meses del año.

Cuadro II/6: Temperaturas de enero, julio y anuales (1964 - 1975) en estaciones de la región del Proyecto (°C)

Estación		Enero			Julio			Anual		
N°	Nombre	T	TM	Tm	T	TM	Tm	T	TM	Tm
					Valle Longitudinal					
309-17	Rancagua	19,8	28,2	11,3	6,7	13,1	2,2	12,9	20,6	6,4
309-41	Rengo	19,7	28,4	11,6	7,5	13,8	2,3	13,6	21,6	6,6
309-	Popeta	18,8	29,0	10,2	7,2	13,8	1,3	13,3	21,4	5,8
309-60	San Fernando	19,5	28,6	11,6	6,3	11,1	3,4	12,9	19,3	7,2
309-74	Convento Viejo	19,5	28,3	11,2	6,0	11,6	1,5	12,6	20,1	6,3
310- 9	Curicó	19,8	29,4	10,2	6,7	12,2	2,6	12,7	20,7	5,9
					Valles Costeros					
309- 5	Quelentaro radio	19,9	27,9	13,1	8,7	12,7	5,7	14,2	20,4	9,4
309-35	Puente Arqueado	20,3	28,6	12,5	8,7	13,7	4,6	14,3	21,2	8,3
309-83	Llallauquén	21,5	29,0	14,1	8,7	13,3	4,9	14,9	21,9	9,1
310-30	Hualañe	20,9	29,5	13,4	8,8	13,6	4,9	14,9	21,9	9,1
					Costa					
121- 1	Santo Domingo	15,1	19,6	10,0	9,0	13,4	6,0	11,6	16,1	7,5
311-68	Constitución	15,8	20,6	11,6	8,8	13,4	5,8	12,5	16,9	8,6

T = Temperatura media
TM = Temperatura máxima media
Tm = Temperatura mínima media

Del Cuadro II/6 interesa destacar los siguientes aspectos:

Las temperaturas medias anuales están entre 12 y 15 °C, con máximos en la región intermedia que hemos denominado valles costeros. Las temperaturas máximas medias anuales presentan un mínimo en la costa (16 - 17 °C) y una situación homogénea en el resto del área (20 - 22°C). Por su parte, las mínimas medias anuales tienen su mayor valor en la zona intermedia (8 - 9,5°C) y su mínimo en el valle longitudinal (6 - 7°C).

El mes de enero se caracteriza por presentar temperaturas en la costa inferiores al resto de la zona. La región intermedia se distingue del valle longitudinal por sus mayores temperaturas mínimas.

Las temperaturas del mes de julio muestran un descenso hacia el interior. Este fenómeno es especialmente notable en lo que respecta a las temperaturas mínimas. Estas pasan de 6°C en la costa a 2 - 3°C en el valle longitudinal.

Las oscilaciones térmicas diurnas y anuales presentan un aumento progresivo en función de la lejanía a la costa, como se demuestra en el Cuadro II/7. Las oscilaciones diurnas van de 8 - 9°C a 14 - 15°C y las anuales de 6 - 7°C a 12 - 13,5°C.

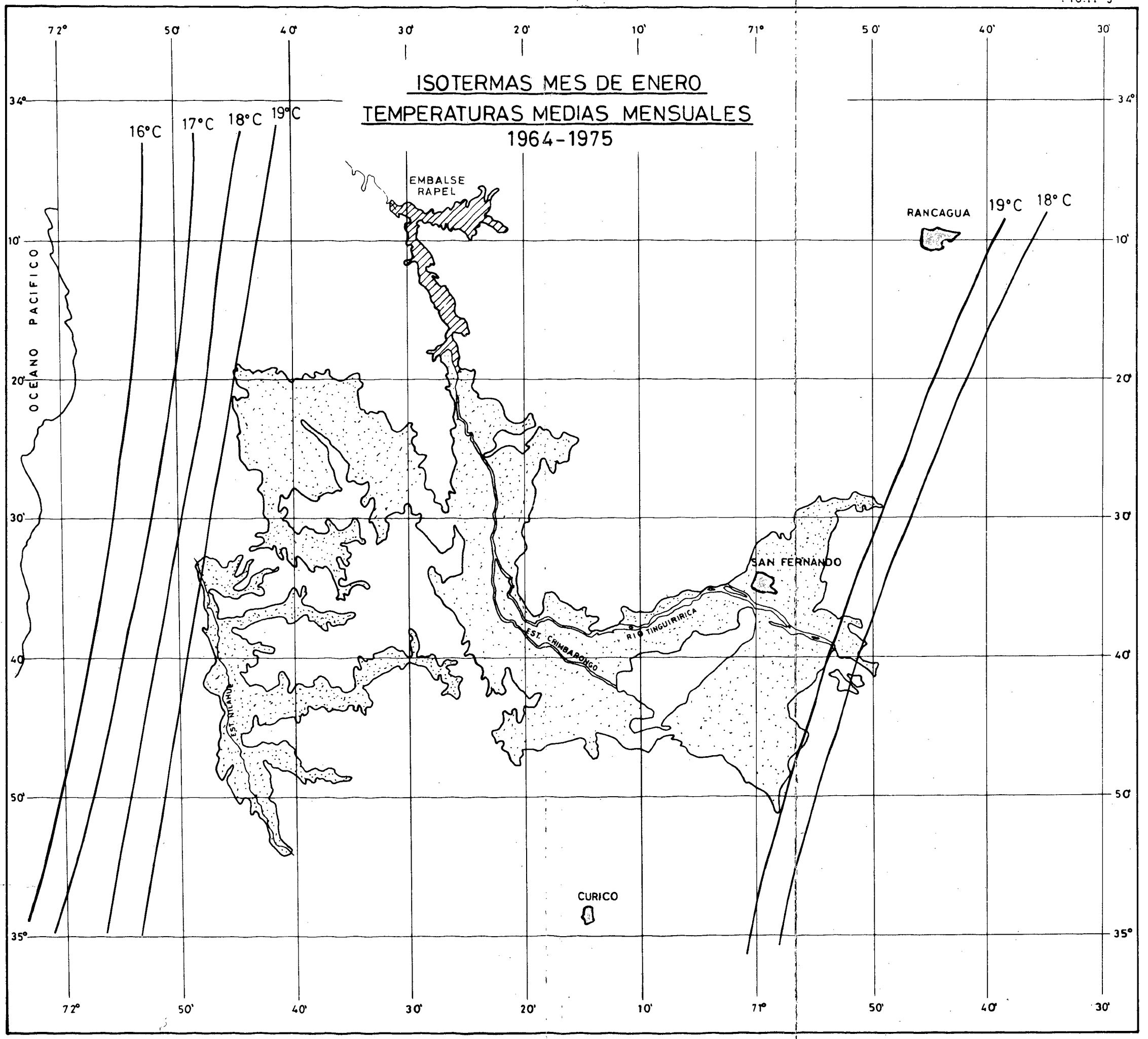
Cuadro II/7: Oscilaciones térmicas (1964 - 1975) en estaciones de la región del Proyecto (°C)

Estación	Diurna	Anual
Valle Longitudinal		
Rancagua	14,2	13,1
Rengo	15,0	12,2
Popeta	15,6	11,6
San Fernando	12,1	13,2
Convento Viejo	13,8	13,5
Curicó	14,8	13,1
Valles Costeros		
Quelentero a radio	11,0	11,2
Puente Arqueado	12,9	11,6
Llallauquén	12,4	12,8
Hualañe	12,8	12,1
Costa		
Santo Domingo	8,6	6,1
Constitución	8,3	7,0

Los antecedentes del Cuadro II/6 se han utilizado para trazar las líneas isotermales que aparecen en las Figuras II/2, II/3 y II/4. Conviene señalar que, debido al mayor número de antecedentes que se

FIG.II-3

ISOTERMAS MES DE ENERO
TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES
1964-1975



ISOTERMAS MES DE ENERO
TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES
1964-1975

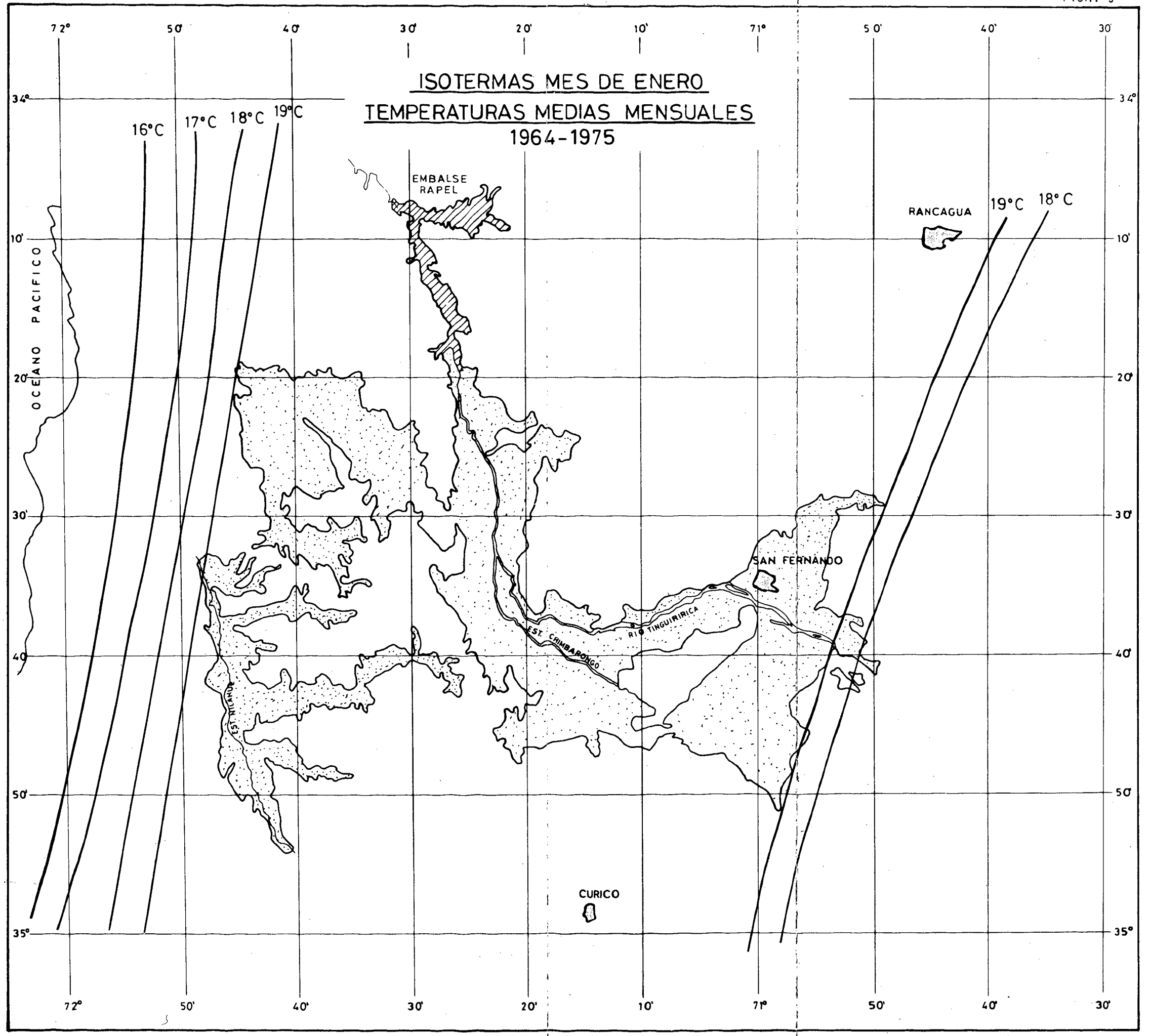
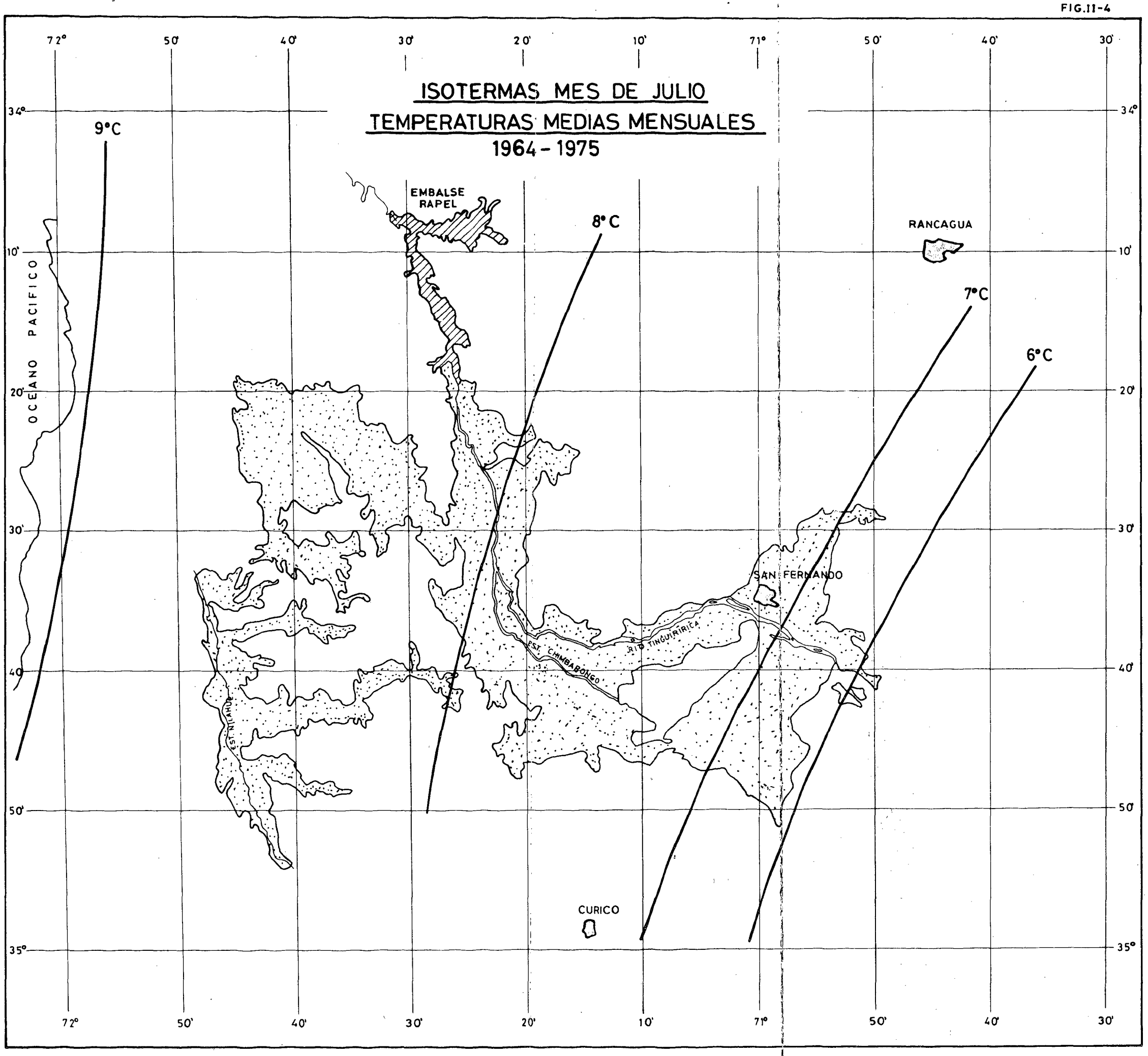


FIG.II-4

ISOTERMAS MES DE JULIO
TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES
1964 - 1975



han utilizado en el presente estudio, se observan diferencias con trazados anteriores (Almeyda).

Las tendencias que se han señalado, se reflejan muy claramente en los registros del número de días con temperaturas mínimas menores de 0°C (Cuadro II/8) y con temperaturas máximas mayores que 25°C (Cuadro II/9). En ellos se puede observar que, mientras en el valle longitudinal se tienen alrededor de 30 días con T mín $\leq$ 0°C y más de 100 días con T máx $\geq$ 25°C, en la costa se observan menos de 5 días en esas condiciones. La zona de los valles costeros es similar al valle longitudinal en lo referente a las temperaturas mayores de 25°C, y a la costa en lo que respecta a las temperaturas inferiores a 0°C.

Otros aspectos relativos a las temperaturas de la zona se detallan en el Capítulo 10 de este Anexo.

Cuadro II/8: Número de días con temperatura mínima menor o igual que 0°C

Estación	Total Anual
Valle Longitudinal	
Rancagua (1964 - 75)	33
Rengo (1971 - 75)	20
Popeta (1971 - 74)	25
Convento Viejo (1973 - 76)	28
Curicó (1964 - 75)	36
Valles Costeros	
Quelentaro a radio (1963 - 75)	1
Puente Arqueado (1968 - 75)	3
Llallauquén (1969 - 75)	5
Hualañe (1965 - 75)	1
Costa	
Santo Domingo (1967 - 70)	4
Constitución (1965 - 70)	0

Cuadro II/9: Número de días con temperatura máxima mayor o igual que 25°C

Estación	Total Anual
Valle Longitudinal	
Rancagua (1964 - 75)	107
Rengo (1971 - 75)	115
Popeta (1971 - 74)	114
San Fernando (1930 - 70)	96
Convento Viejo (1973 - 76)	92
Curicó (1964 - 75)	120
Valles Costeros	
Quelentaro a radio (1963 - 75)	93
Puente Arqueado (1968 - 75)	115
Llallauquén (1969 - 75)	106
Hualañe (1965 - 75)	139
Costa	
Santo Domingo (1967 - 70)	2
Constitución (1965 - 70)	3

5. HUMEDAD RELATIVA

Los antecedentes disponibles se han resumido en el Cuadro II/10. En él se aprecia una distribución de la humedad relativamente homogénea, con valores para los meses de verano mayores en la costa. Las estaciones de los valles costeros muestran humedades relativas menores. Es necesario considerar que no midiendo este parámetro la cantidad absoluta de vapor de agua en la atmósfera, se ve afectado por los valores de la temperatura. En el cuadro se incluye una estación de montaña (Sewell), que muestra la extraordinaria reducción que experimenta la humedad relativa en la Cordillera de Los Andes.

Cuadro II/10: Humedad relativa (%)

Estación	Años de Estadis.	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Año
						Cordillera de Los Andes								
Sewell	24	40	43	43	43	55	64	60	61	55	51	46	41	50
						Valle Longitudinal								
Rancagua	7	59	60	68	75	84	86	85	82	73	71	64	61	72
Rengo	5	61	62	70	76	84	85	84	84	77	74	69	60	74
San Fernando	39	63	66	72	80	89	90	90	87	82	77	70	64	78
Curicó	38	62	65	71	79	86	89	87	85	81	74	67	62	76
						Valles Costeros								
Quelentaro	12	59	62	64	70	76	81	81	78	75	71	64	63	70
Puente Arqueado	12	62	64	67	71	78	80	80	75	72	68	64	62	70
						Costa								
Constitución	16	72	74	74	80	85	85	84	84	80	77	73	71	78

6. RADIACION SOLAR, HORAS DE SOL Y DURACION DEL DIA

En la zona del Proyecto la radiación solar ha sido medida en cuatro lugares, todos ellos de latitud muy similar. Los valores registrados son muy parecidos entre sí y están alrededor de los 370 Langley/día (Cuadro II/11). Las horas de sol, por otra parte, tienden a aumentar hacia el Norte (Cuadro II/12) lo que se relaciona con la disminución de las precipitaciones en esa dirección. En todo caso conviene señalar que las estadísticas disponibles son muy cortas.

Cuadro II/11: Radiación solar (Ly/día)

Estación		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Año
							Valle Longitudinal							
Rengo	(3)	623	512	416	306	184	131	155	225	309	416	558	615	371
Popeta	(3)	599	519	423	258	174	123	145	223	318	429	541	617	364
							Valles Costeros							
Quelentaro	(10)	603	530	424	307	196	159	176	252	361	435	550	582	381
Puente Arqueado	(7)	588	509	399	280	171	137	164	237	330	434	538	586	364

Cuadro II/12: Horas de sol (Hrs)

		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Año
							Valle Longitudinal							
Rancagua	(8)	369	307	259	217	137	99	129	160	189	226	304	349	2745
San Fernando	(3)	324	298	272	140	114	82	91	150	165	189	253	264	2349
Curicó	(8)	345	283	247	169	85	56	95	120	171	199	243	287	2291
							Valles Costeros							
Quelentaro	(6)	347	292	272	207	137	103	123	168	193	230	294	329	2695
Puente Arqueado	(5)	357	310	281	211	125	94	119	163	190	229	297	328	2704

Simbología: ( ) Años de estadística

Debido a que resulta de utilidad en la agricultura y como comparación con las horas de sol medidas, se detalla en el Cuadro II/13 la duración del día para la latitud de 35°S.

Cuadro II/13: Duración media del día y total mensual de horas de día en la región del Proyecto (horas)

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Media	14,2	13,3	12,3	11,2	10,3	9,0	10,0	10,8	11,9	12,9	14,0	14,5
Total	440	372	381	336	319	299	310	335	357	400	420	449

De acuerdo a lo anterior se puede estimar la nubosidad media entre 4 y 5/10. En la costa misma seguramente es mayor.

7. REGIMEN DE VIENTOS Y NUBOSIDAD

7.1 Vientos

Como se ha señalado en el Capítulo 1 de este Anexo los vientos dominantes en la zona son los del SO; sin embargo las condiciones locales influyen de una manera significativa en las direcciones que se miden en los valles. Además, se observan algunas consistencias en los registros y otros no son comparables entre sí, debido a los distintos procedimientos de medición utilizados. En todo caso, se puede afirmar que las velocidades medias observadas en el valle longitudinal son claramente inferiores a los promedios registrados en la zona costera en Quelentaro (4,3 m/s), donde se encuentra una estación bien controlada.

7.2 Días con niebla

En la zona del Proyecto no se observan tendencias generales, y más bien la ocurrencia de niebla se liga a situaciones locales. Los promedios anuales oscilan entre 30 y 60 días con niebla. Conviene señalar que en los registros se ha observado ciertas inconsistencias.

8. EVAPORACION

El valor de la evaporación en una zona es el resultado de la interacción de distintos elementos tales como la temperatura, el viento, la humedad, la radiación solar y la nubosidad. Por esta razón se debe esperar que tenga una distribución regional similar a ellos. En el presente Anexo se ha utilizado exclusivamente las mediciones hechas en evaporímetros Weather Bureau tipo A, utilizando los valores obtenidos sin coeficiente de corrección alguno. Con el objeto de tener registros comparables se ha elegido el período 1964 - 75 como período común de análisis, lo que ha obligado a completar algunas estadísticas. Los resultados obtenidos se resumen en el Cuadro II/14 y en la Figura II/5, donde se han trazado las líneas de igual evaporación anual. De acuerdo a dichos antecedentes se puede señalar que en los valles costeros la evaporación es mayor, con valores entre 1.500 - 1.800 mm de evaporación anual. Hacia el interior comienza a disminuir, observándose un mínimo en el valle longitudinal con valores inferiores a los 1.300 mm. En la Cordillera de Los Andes la evaporación nuevamente aumenta. No se tienen antecedentes en la costa. Como se aprecia la evaporación sigue en general las mismas tendencias que las temperaturas y los vientos. Conviene advertir que la medición de la evaporación es difícil, por lo tanto algunas diferencias menores se pueden deber a errores de control. En el Cuadro II/15 se entregan las evaporaciones medias mensuales medidas en la zona.

Cuadro II/14: Evaporación anual (1) en el período 1964 - 1975 (mm)

Estación	Evaporación
Cordillera de Los Andes	
Pangual	1.705
Espinalillo	1.336
Valle Longitudinal	
Rancagua	1.164
Rengo	1.267
Popeta	1.203
Convento Viejo	1.243
Curicó	1.390
Zona de Transición	
S.E. Paniahue	1.355
Santa Cruz	1.328
Valles Costeros	
Quelentario a radio	1.720
Puente Arqueado	1.529
Llallauquén	1.806

(1) Valores determinados con evaporímetro Clase A del USWB, sin aplicar factor de corrección alguno.

Cuadro II/15: Evaporación mensual (mm)

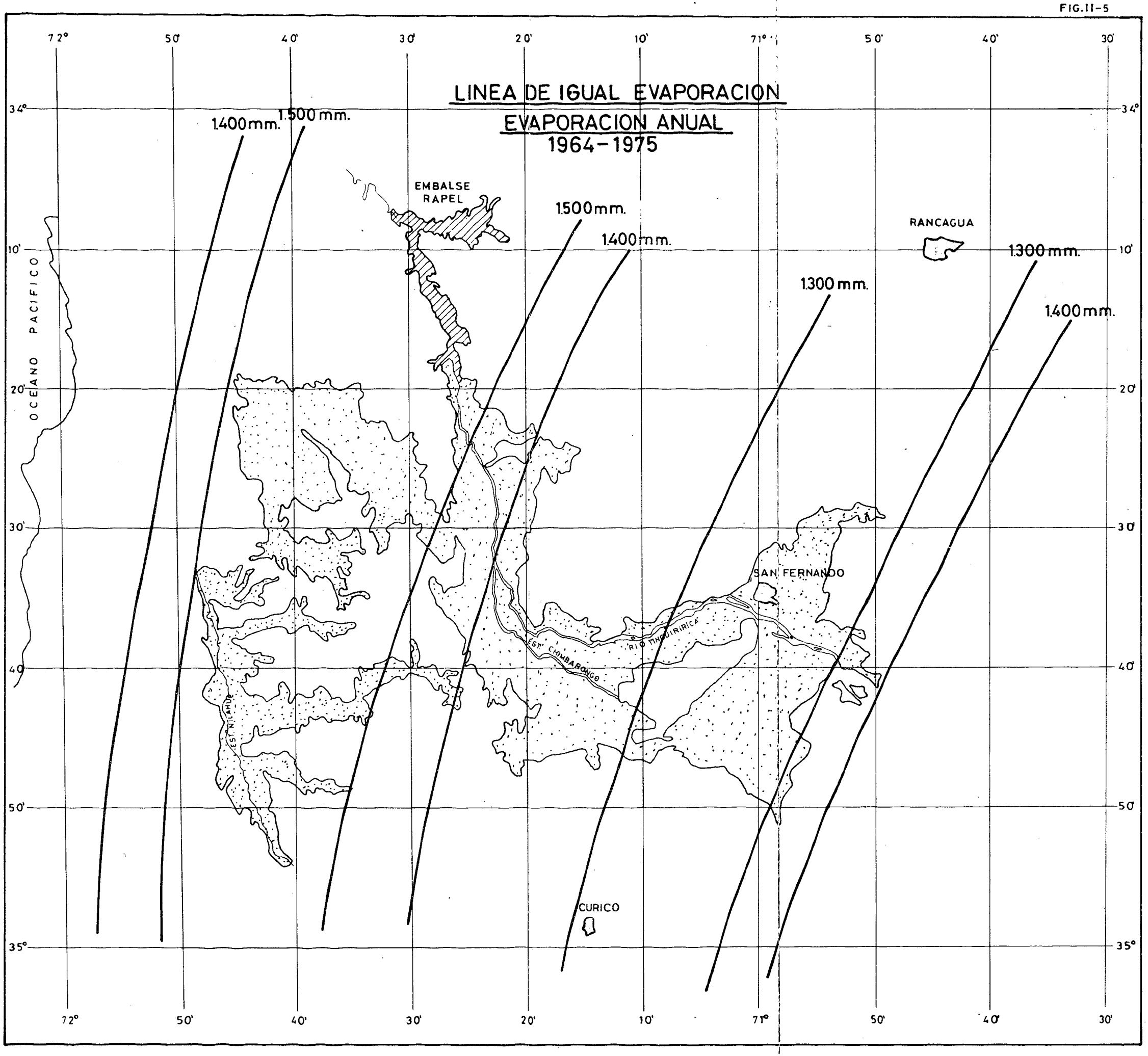
		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
Cordillera de Los Andes														
Pangual	(12)	305	241	185	118	63	29	38	54	84	132	193	263	1.705
Espinalillo	(9)	226	186	166	115	58	36	38	50	62	95	144	187	1.362
Valle Longitudinal														
Rancagua	(6)	231	185	141	71	39	14	19	18	60	93	134	197	1.202
Rengo	(3)	226	190	143	102	68	36	22	37	57	71	117	192	1.261
Popeta	(5)	212	172	139	83	40	41	29	33	49	93	128	178	1.197
Convento Viejo	(4)	215	175	137	92	43	32	28	38	58	96	145	190	1.249
Curicó	(9)	235	187	139	77	38	27	35	51	79	114	168	219	1.404
Transición														
S.E. Paniahue	(9)	243	199	169	85	44	49	31	39	67	105	162	217	1.390
Santa Cruz	(5)	235	187	143	84	63	29	29	43	66	116	162	208	1.365
Valles Costeros														
Quelentaro	(14)	292	237	197	124	63	35	39	55	87	132	200	259	1.720
Puente Arqueado	(12)	247	186	159	99	53	30	33	57	96	143	198	233	1.529
Llallauquén	(8)	317	250	197	113	55	31	35	58	93	154	231	301	1.834

Simbología: ( ) Años de estadística

FIG.II-5

LINEA DE IGUAL EVAPORACION

EVAPORACION ANUAL
1964-1975



9. TIPOS CLIMATICOS

9.1 Generalidades

En base a las tendencias generales observadas en los capítulos anteriores se ha procedido a realizar una caracterización de los climas tipos existentes. De acuerdo al objetivo general del estudio, se analizan solamente las áreas susceptibles de regarse mediante el sistema Convento Viejo y se pone énfasis en algunos índices que reflejan la aptitud agrícola del clima. Por tratarse de un Proyecto de riego, y que por lo tanto pretende alterar la disponibilidad natural de agua, se ha dado una importancia decisiva a las características de temperatura. Los conceptos relativos a la evapotranspiración de los cultivos no han sido abordados, ya que son materia de un informe especializado.

Los antecedentes de los capítulos anteriores permiten definir dos tipos de clima que, de acuerdo al lugar donde se presentan, llamaremos de valle longitudinal y de valle costero. Entre estas zonas queda un sector que se supone tiene características intermedias, pero por falta de información no ha sido posible verificarlo (Figura II/1).

El clima de valle longitudinal corresponde a la zona I del Proyecto Convento Viejo y el de valle costero a las zonas III, Alcones y Nilahue. La zona II se ubica en la transición entre ambos. Conviene recordar que toda la zona presenta, de acuerdo a la clasificación de Koeppen, un clima templado cálido con estación seca prolongada (Csb_1), y lo que se pretende es distinguir ciertas particularidades dentro de ese marco general.

En la tipificación de las zonas climáticas se han utilizado el diagrama ombrotérmico de Gaussen - Walter y algunos conceptos relativos a la actividad vegetativa de las plantas.

El diagrama ombrotérmico de Gaussen - Walter sirve para identificar fácilmente los períodos secos del año. Se construye disponiendo las temperaturas y las precipitaciones mensuales en una escala que mantenga la proporción P = 2T. Por encima de los 100 mm la escala de precipitaciones se reduce a 1/10. De acuerdo a este diagrama queda definido como mes seco aquel que tiene una relación P 2T.

Existen distintos índices para determinar el período en el cual las plantas pueden desarrollarse satisfactoriamente. En Chile se ha aplicado (1) la siguiente escala basada en la temperatura media mensual; Los meses con temperatura media de más de 10°C se consideran con potencialidad vegetativa o cálidos, entre 5 y 10°C son con escasa potencialidad vegetativa o semifríos, y bajo 5°C sin potencialidad vegetativa o fríos. También es usado el concepto de período vegetativo definido con valores mensuales mediante la expresión:

$$N = 12 \frac{M - 10}{M - m} \qquad (a)$$

(1) Bioclimatología de Chile. Di Castri - Hajek. 1976.

donde: M = Temperatura mes más cálido
m = Temperatura mes más frío

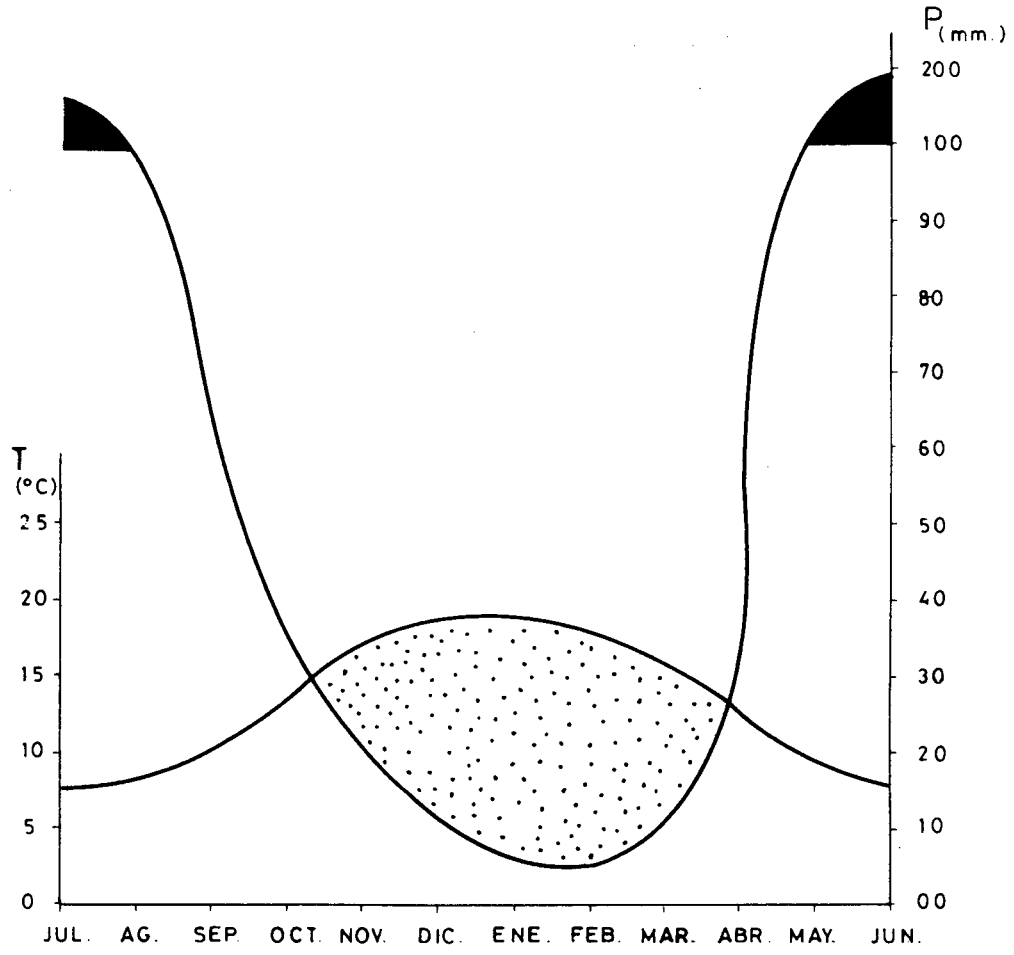
Otro método para determinar el período vegetativo es contabilizando los días del año con temperatura media igual o mayor que 10°C.

Desde el punto de vista agrícola resulta también de mucho interés determinar el período del año libre de heladas. En la caracterización climática se han calculado además los grados - días acumulados sobre el umbral de 5°C.

9.2 Valle Longitudinal

Esta zona presenta las siguientes características principales: precipitaciones anuales promedio de 700 - 750 mm, temperaturas medias anuales de 20 - 21°C, y mínimas medias anuales de 6 - 7°C; la temperatura media del mes más cálido es de 19 - 20°C y la del mes más frío de 6 - 7,5°C; alrededor de 20 - 30 días tienen T mín $\leq$ 0°C y 100 días T máx $\geq$ 25°C; la nubosidad media es de 4 - 5/10 y la evaporación anual es aproximadamente de 1.200 - 1.300 mm.

La estación climatológica de Curicó, cuyos antecedentes se incluyen en el Cuadro II/16, es representativa para confeccionar el diagrama ombrotérmico de Gausse - Walter (Figura II/6). En él interesa destacar la existencia de 5 meses secos (noviembre - marzo) y de 3 meses con exceso de precipitación (mayo - julio).



LEYENDA

MES SECO

MES CON EXCESO DE PRECIPITACION

DIAGRAMA OMBROTERMICO

ESTACION DE CURICO

ESTACION N° 310 - 9

Cuadro II/16: Estación climatológica de Curicó

Temperaturas (°C) 1930 - 1975

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Año
$\bar{T}$	20,6	19,6	16,7	13,0	10,1	8,1	7,5	8,5	10,8	13,5	16,5	19,2	13,7
$\overline{TM}$	30,2	29,4	26,5	21,7	16,4	13,2	12,9	14,7	17,9	21,4	24,9	28,5	21,7
$\bar{Tm}$	11,2	10,6	8,4	6,0	5,2	3,9	3,3	3,8	4,8	6,7	8,5	10,3	6,9
$\bar{TMA}$	34,5	34,0	32,0	28,2	23,1	19,5	18,9	21,2	24,3	28,1	31,4	33,3	
$\bar{TmA}$	7,6	6,4	3,7	1,0	-1,4	-2,0	-3,0	-2,4	-0,5	0,7	3,6	5,7	

Oscilación media diaria: 14,8°C

Oscilación anual: 13,1°C

Precipitación (mm) 1930 - 1975

7	5	12	39	142	178	149	103	44	34	18	11	

Humedad relativa (%) 1930 - 1970

62	65	71	79	86	89	87	85	81	74	67	62	

Horas de sol (hrs) 1968 - 1975

345	283	247	169	85	56	95	120	171	199	243	287	2.291

Evaporación (mm) 1967 - 1975

235	187	139	77	38	27	35	51	79	114	168	219	1.404

Días con $\bar{T}$ mín $\leq$ 0° 1930 - 1975. Frecuencias acumuladas (%)

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Sin días	100	100	100	72	31	14	10	17	52	90	96	100
$\geq$ 1 día	-	-	-	28	69	86	90	83	48	10	4	-
$\geq$ 5 días	-	-	-	3	7	31	62	48	11	-	-	-
$\geq$ 11 días	-	-	-	-	-	10	17	17	-	-	-	-

En lo referente a la actividad vegetativa se puede observar que existen 9 meses cálidos (con potencial vegetativa, $T \geq 10°C$), 3 meses semifríos (con escasa potencialidad vegetativa, $5°C \geq T \geq 10°C$), y no existen meses fríos. El valor obtenido para el período vegetativo calculado de acuerdo a la expresión (a) es de 10 meses, y si se toma como índice el número de días con temperatura media sobre 10°C se llega a 250 días. Los días con temperatura media menor de 5°C suman en promedio 10 días.

El período libre de temperaturas mínimas menores o iguales a 0°C es de aproximadamente 270 días; sin embargo éste puede ser bastante menor, ya que se han registrado excepcionalmente días con esas condiciones entre abril y noviembre. Lo anterior se puede apreciar claramente en el Cuadro II/16, donde aparecen las frecuencias acumuladas de los días con T mín $\leq$ 0°C en Curicó, para intervalos de 5 días.

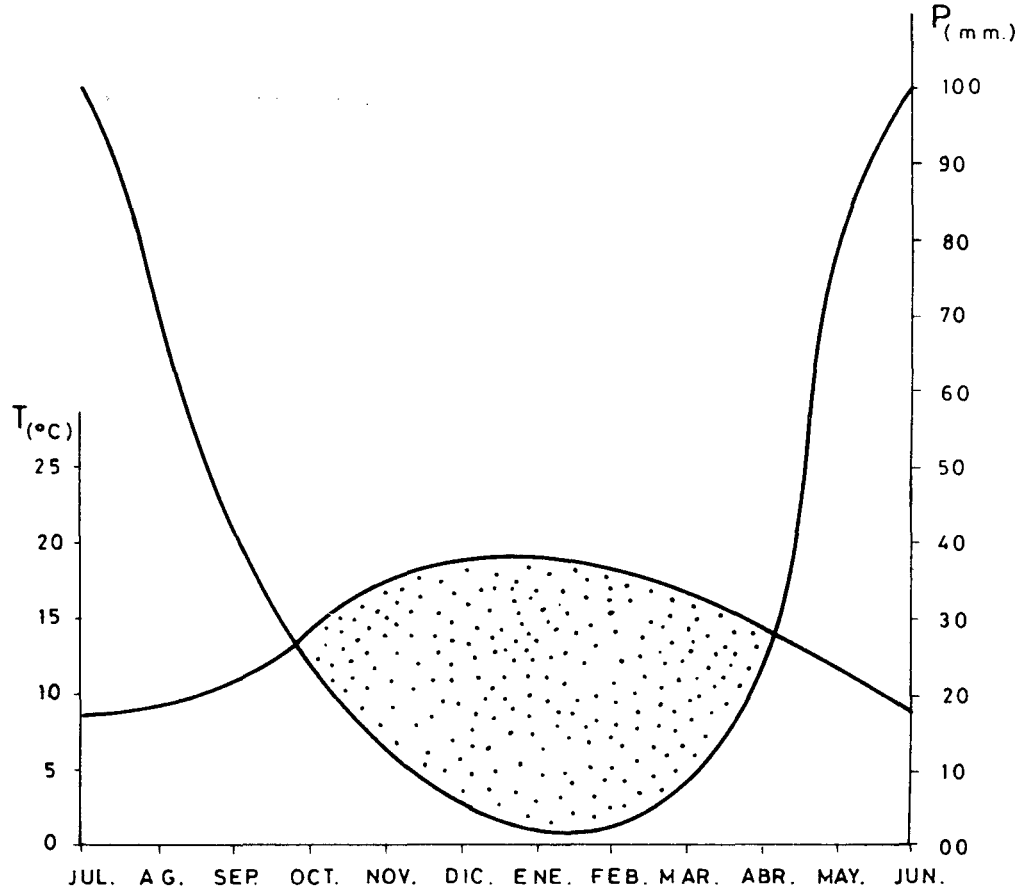
Los grados - días acumulados sobre 5°C suman al año aproximadamente 3.000 grados - días distribuídos del siguiente modo:

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Año
440	380	340	240	190	120	80	110	150	240	310	400	3.000

9.3 Valles Costeros

Las características principales de esta zona son: precipitaciones anuales promedio entre 550 y 800 mm, disminuyendo hacia el Norte; temperaturas medias anuales de 14 - 15°C; mínimas medias anuales de 8,0 - 9,5°C; la temperatura media del mes más frío es de 8,5 - 9°C; los días con T mín $\leq$ 0°C son en promedio menor de 5 y con T máx $\geq$ 25°C van de 90 a 140 días; la nubosidad media es de 4 - 5/10 y la evaporación es de 1.500 - 1.800 mm.

Para este tipo climático se considera como estación representativa la de Puente Arqueado. Del diagrama ombrotérmico de Gaussen - Walter (Figura II/7) realizado con sus antecedentes (Cuadro II/17) se deduce que en la zona se presentan 7 meses secos.



LEYENDA

MES SECO

MES CON EXCESO DE PRECIPITACION

DIAGRAMA OMBROTERMICO
ESTACION DE PUENTE ARQUEADO.
ESTACION Nº 309-35

Cuadro II/17: Estación climatológica de Puente Arqueado

Temperatura (°C) 1964 - 1975

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Año
$\bar{T}$	20,3	19,0	16,9	14,0	11,8	9,4	8,7	9,7	11,7	14,0	17,2	18,9	14,3
$\overline{TM}$	28,6	27,7	26,5	22,1	17,9	14,2	13,7	15,1	18,0	20,6	24,4	26,2	21,2
$\bar{Tm}$	12,5	11,6	9,6	7,7	7,1	5,5	4,6	5,4	6,3	7,9	10,2	11,8	8,3
$\bar{TMA}$	32,7	32,4	30,8	28,6	23,9	18,6	18,4	21,5	24,4	27,8	30,1	31,7	
$\bar{TmA}$	9,5	8,4	5,1	3,4	1,3	0,5	-0,8	0,5	1,9	3,8	6,5	7,7	

Oscilación media diaria: 12,9 °C

Oscilación anual : 11,6 °C

Precipitación (mm) 1964 - 1975

1	0	12	21	77	113	106	72	28	26	14	11	481

Humedad relativa (%) 1964 - 1975

62	64	67	71	78	80	80	75	72	68	64	62	70

Radiación (Ly/día) 1967 - 1973

588	509	399	280	171	137	164	237	330	434	538	586	364

Horas de sol 1967 - 1971

357	310	281	211	125	94	119	163	190	229	297	328	2.704

Evaporación (mm) 1964 - 1975

247	186	159	99	53	30	33	57	96	143	198	233	1.529

Días con T mín $\leq$ 0° 1968 - 1975. Frecuencias acumuladas (%)

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Sin días	100	100	100	100	77	56	33	89	100	100	100	100
$\geq$ 1 día	-	-	-	-	33	44	67	11	-	-	-	-
$\geq$ 2 días	-	-	-	-	22	33	52	-	-	-	-	-
$\geq$ 3 días	-	-	-	-	-	11	22	-	-	-	-	-

No obstante lo anterior, en la parte central y sur de esta zona se producen 6 meses secos como resultado de las tendencias observadas en las precipitaciones (Capítulo 3 de este Anexo).

En este tipo climático no se registran meses fríos pero sí tres semifríos, aunque con valores cercanos al límite de 10°C. El cálculo del período vegetativo con la expresión (a) arroja un valor de 11 meses. El período con temperaturas diarias sobre 10°C es de 300 días al año y sólo el promedio de 2 días tienen temperaturas medias bajo 5°C. El período libre de días con T mín, $\geq$ 0°C es en promedio de 345 días, pero puede ser menor, ya que se han producido días con esas características entre la primera quincena de mayo y la primera quincena de agosto. Lo anterior se refleja en las frecuencias acumuladas del Cuadro II/17. Conviene señalar que solamente se dispone de 8 años de estadísticas.

Los grados - días acumulados sobre 5°C dan un total anual de 3.300 grados - días, con la siguiente distribución mensual:

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Año
470	380	350	270	200	160	110	160	200	260	330	410	3.300

En resumen, como se deduce de las características enunciadas para cada tipo de clima, la disponibilidad de calor para el desarrollo de las plantas es más favorable en los valles costeros que en el valle longitudinal.

En el Cuadro II/18 aparecen los aspectos más distintivos de ambos tipos de clima, y en la Figura II/1, su extensión regional.

Cuadro II/18: Tipos climáticos

Características	Valle Longitudinal	Valles Costeros
Precipitación media anual	700 - 800 mm	550 - 800 mm
Temperatura media anual	13°C	14 - 15°C
Temperatura máxima media anual	20 - 21°C	20 - 22°C
Temperatura mínima media anual	6 - 7°C	8,0 - 9,5°C
Meses secos ($P \leq 2T$)	5 - 6 meses	6 - 7 meses
Período vegetativo	250 días	300 días
Número de días con T mínimo $\leq$ 0°C	30 días	5 días
Período son T mínima $\leq$ 0°C	5 meses	8 meses
Nubosidad media	4 - 5/10	4 - 5/10
Evaporación	1.200 - 1.300mm	1.500 - 1.800 mm

Anexo III

AGUAS DE SUPERFICIE

I N D I C E

		Página
1.	INTRODUCCION	1
2.	DESCRIPCION DEL AREA DEL PROYECTO	2
3.	PRECIPITACION Y EVAPORACION	3
3.1	Generalidades	3
3.2	Distribución de las precipitaciones anuales	3
3.3	Frecuencia de las lluvias anuales	5
3.4	Precipitaciones mensuales	5
3.5	Precipitación diaria	8
3.6	Evaporación	8
4.	DATOS HIDROMETRICOS UTILIZADOS	11
4.1	Datos disponibles	11
4.2	Calidad de los datos	11
4.3	Dependencia de los caudales	26
4.4	Obtención de datos faltantes	26
4.5	Consistencia de los datos hídricos	30
5.	CAUDALES NATURALES Y BALANCES HIDROLOGICOS	34
5.1	Balance en Convento Viejo	34
5.2	Balance en San José de Marchigue	35
6.	CAUDAL DE REUSO Y DE RETORNO EN EL SISTEMA ACTUAL	38
6.1	Definiciones y relaciones	38
6.2	Determinación del coeficiente de reuso	39
6.3	El retardo natural en el sistema	41
6.4	Componentes del caudal de retorno en el sistema	42
7.	EXTENSION DE LA ESTADISTICA DE CAUDALES	43
7.1	Período base para la extensión	43
7.2	Extensión de los caudales mensuales del Chimbarongo en Convento Viejo	44
7.3	Extensión de los caudales del Teno en puente FFCC	44
7.4	Extensión de caudales de invierno en San José de Marchigue	44
7.5	Extensión del caudal anual del Tinguiririca Estación 12	47
8.	PROBABILIDADES DE LOS CAUDALES ANUALES	49
9.	INFLUENCIA DEL CAUDAL DEL TENO SOBRE EL CANAL TENO-CHIMBARONGO	51
10.	AREA Y CAPACIDAD DEL EMBALSE CONSULTADO EN CONVENTO VIEJO	52

11.	EL MODELO DE SIMULACION DE RECURSOS DE AGUA	53
11.1	Objetivos	53
11.2	Descripción del modelo	53
11.3	Técnicas	56
11.4	Descripción del sistema de recursos y suministros	57
12.	PARAMETROS Y RESULTADOS DEL MODELO	59
12.1	Parámetros. Definición de las alternativas consideradas	59
12.2	Resultados	69
13.	CAUDAL DE DISEÑO DEL VERTEDERO DE LA PRESA	84
13.1	Antecedentes	84
13.2	Análisis del estudio anterior	85
13.3	Hidrograma unitario en Convento Viejo	85
13.4	Cálculo de la crecida de diseño	88
13.5	Propagación de la crecida a través del embalse	92
13.6	Conclusión	93
14.	SEDIMENTACION EN EL EMBALSE PROPUESTO EN CONVENTO VIEJO	94
15.	DESCARGAS MAXIMAS PARA EL DISEÑO DE OBRAS DE DRENAJE	95
15.1	Metodología	95
15.2	Resultados	95
	APENDICE - ESTABLECIMIENTO DE UNA RED HIDROMETRICA	97

C U A D R O S

		Página
III/1	Precipitación media sobre las cuencas	3
III/2	Lluvia anual en Placilla	4
III/3	Probabilidad de precipitación en Placilla	5
III/4-A	Totales mensuales de precipitación en Placilla 1921 - 1975	6
III/4-B	Totales mensuales de precipitación en Convento Viejo	9
III/5	Evaporación mensual en Espinalillo	10
III/6	Red hidrométrica	12
III/7-A	Caudales medios, máximos y mínimos en la Estación 10. Tinguiririca en Los Olmos	13
III/7-B	Caudales medios, máximos y mínimos en la Estación 12. Tinguiririca Bajo Los Briones	14
III/7-C	Caudales medios, máximos y mínimos en la Estación 13. Chimbarongo en Santa Cruz	16
III/7-D	Caudales medios, máximos y mínimos en la Estación 14. Chimbarongo en Convento Viejo	18
III/7-E	Caudales medios, máximos y mínimos en la Estación 15. Chimbarongo en Quinta	19
III/7-F	Caudales medios, máximos y mínimos en la Estación 11. Claro en el Valle	20
III/7-G	Caudales medios, máximos y mínimos en la Estación 17. Teno después de Junta	22
III/7-H	Caudales medios, máximos y mínimos en la Estación 18. Teno en puente Ferrocarril	24
III/7-J	Caudales medios, máximos y mínimos en la Estación 16. Calleuque en Los Cardos	25
III/8	Resultado del análisis de regresión	27
III/9	Caudales estacionales	29
III/10	Comparación de los escurrimientos del río Tinguiririca con los del río Teno	30
III/11	Comparación de los escurrimientos del río Claro con los del estero Chimbarongo	31
III/12	Comparación de los escurrimientos del estero Chimbarongo en las estaciones 14 y 15	32
III/13	Comparación de los escurrimientos del río Teno en las estaciones 17 y 18	32
III/14	Resumen de escurrimientos medios para 1962/63 - 1975/76	36
III/15	Caudales medios mensuales calculados. Estación 14-Chimbarongo en Convento Viejo	40
III/16	Comparación del consumo aparente con el consumo razonable en el verano 1970/71	41
III/17	Estación 18 - Teno en puente FFCC. Caudales medios mensuales calculados	45
III/18	Escorrentía originada en el área del proyecto. Caudales medios mensuales calculados	46
III/19	Extensión del caudal anual del río Tinguiririca en Los Briones	48

III/20	Probabilidades de los caudales anuales del río Tinguiririca en Los Briones	50
III/21	Relación entre elevación, área y capacidad para el embalse Convento Viejo	52
III/22	Modelo de simulación: superficie de riego	60
III/23	Modelo de simulación: Tasa de riego	61
III/24	Modelo de simulación: Constantes de uso	63
III/25	Modelo de simulación: Constantes de retorno	65
III/26	Modelo de simulación: Alternativas estudiadas Etapa I	67
III/27	Modelo de simulación: Alternativas estudiadas Plan Global	68
III/28	Modelo de simulación: Estadística de déficits en alternativa básica, Etapa I	70
III/29	Modelo de simulación: Caudales captados por canal Teno - Chimbarongo	72
III/30	Modelo de simulación: Caudal captado por canal Teno - Chimbarongo sobre 40 m^3/seg	73
III/31	Modelo de simulación: Caudales desviados por el vertedero - Etapa I	74
III/32	Modelo de simulación: Caudales en San José de Marchigue	76
III/33	Resumen de resultados. Etapa I	77
III/34	Resumen de resultados. Plan Global	78
III/35	Modelo de simulación: Estadísticas de déficits en Plan Global y alternativa básica	80
III/36	Modelo de simulación: Caudales desviados por el vertedero - Plan Global	82
III/37	Hidrograma unitario Convento Viejo	87
III/38	Relación de tiempo - área en la cuenca del Chimbarongo	88
III/39	Lluvias máximas diarias anuales en San Fernando	89
III/40	Probabilidad de lluvias diarias en San Fernando	90
III/41	Tormenta de diseño del vertedero en Convento Viejo	91
III/42	Carga de sedimentos del río Tinguiririca en Los Olmos	94
III/43	Probabilidades del caudal máximo en la Estación 13	96

F I G U R A S

III/1	Hoyas hidrográficas, red de arroyos, isoyetas, red hidrométrica y pluviométrica en el área del Proyecto
III/2	Probabilidad de lluvia anual en Placilla
III/3	Secuencia de lluvia anual en Placilla
III/4	Relación entre caudales del río Teno en estaciones 17 y 18
III/5	Relación entre la lluvia en Placilla y el caudal del río Tinguiririca en Los Briones
III/6	Secuencia de caudal anual del río Tinguiririca en Los Briones
III/7	Relación entre caudales de verano y anual del río Tinguiririca en Los Briones
III/8	Probabilidades del caudal anual del río Tinguiririca en Los Briones
III/9	Efectos de fluctuaciones diarias del caudal del río Teno sobre la entrega al canal Teno-Chimbarongo
III/10	Esquema del modelo hidrológico de simulación
III/11	Curva de calibración de la estación de aforo en Convento Viejo
III/12	Análisis de la crecida del 29/6/74 en Chimbarongo (sitio de Convento Viejo)
III/13	Ataguía de Convento Viejo. Curva de almacenamiento y descarga vs. elevación
III/14	Comparación de hidrogramas unitarios del estero Chimbarongo en Convento Viejo
III/15	Probabilidades de lluvia diaria en San Fernando (1911-1976)
III/16	Crecida de diseño para el vertedero de Convento Viejo
III/17	Curvas de sedimentación del río Tinguiririca en Los Olmos
III/18	Caudales máximos en función del área de drenaje

1. INTRODUCCION

El objetivo del Proyecto Convento Viejo está orientado, por una parte, a mejorar el sistema de riego existente y, por otra, a proporcionar regadío a terrenos adicionales para abarcar una superficie que en conjunto alcanza a las 180.000 hectáreas (brutas).

Fundamentalmente, los recursos de agua del proyecto son fluviales, habiéndose demostrado que el potencial de aguas subterráneas es bastante exiguo. El escurrimiento de verano originado del deshielo en la Cordillera de Los Andes y transportado, de manera principal, por el sistema fluvial del Río Tinguiririca, ocupa un lugar de primera importancia pues coincide con las necesidades de la agricultura en el área del proyecto. El escurrimiento de invierno tiene valor para el proyecto en la medida en que sea almacenable para su uso posterior. Por esto se ha considerado la construcción de un embalse en el Estero de Chimbarongo en Convento Viejo. Este embalse será alimentado no sólo por el caudal del Chimbarongo sino también por el caudal desviado del Río Teno y del Río Tinguiririca, y el flujo de retorno del regadío efectuado aguas arriba con aguas que provienen del Tinguiririca y del Teno.

El caudal de agua desviado del Río Teno, en especial durante los meses de invierno, será utilizado asimismo en la Planta Hidroeléctrica de Rapel ubicada aguas abajo, conforme a un convenio entre los organismos competentes.

Los objetivos de este trabajo son los siguientes:

- Hacer una evaluación previa de la disponibilidad de agua para el proyecto.

- Establecer la capacidad de descarga del vertedero del embalse de Convento Viejo considerado en el proyecto.

- Determinar con antelación la sedimentación que se produzca en el embalse.

- Establecer los caudales máximos y sus correspondientes frecuencias para el diseño de los trabajos de drenaje.

En primer término se incluyen los antecedentes hidrológicos referentes a los datos de evaporación y precipitación, a las prospecciones geológicas, al agua subterránea y al agua superficial. Luego de realizar el análisis correspondiente se describe un modelo de simulación de los recursos hidrológicos, programado en un computador digital, que usa fundamentalmente datos obtenidos en el transcurso de 25 años en orden a obtener respuestas relativas a la disponibilidad de agua de riego bajo una diversidad de alternativas de ingeniería. En último término se entrega la información relativa a la capacidad de diseño del vertedero, a la sedimentación en el embalse y a los caudales máximos para los trabajos de drenaje.

2. DESCRIPCION DEL AREA DEL PROYECTO

El área estudiada (véase Fig. III/1) está ubicada entre las latitudes 34°15' y 35°S y las longitudes 70°45' y 71°50'. Abarca: (i) una parte del Valle Central de Chile comprendida en la porción sur de la Cuenca del Rapel(Río Tinguiririca) y (ii) el valle del Estero de Nilahue, situado al oeste del valle del Rapel. El área (i) limita al este con la Cordillera de Los Andes y al sur con la Cuenca del Mataquito (Río Teno). La Cordillera de la Costa, de una menor elevación y situada al oeste del valle del Rapel, separa a las áreas (i) y (ii).

El sistema fluvial de la cuenca del Rapel está formado por el Río Tinguiririca cuyos afluentes principales, siguiendo el curso del río, son el Río Claro, el Estero Chimbarongo, el Estero Calleuque (Estero Las Toscas) y el Estero Las Cadenas. El Tinguiririca y el Claro nacen a alturas de 2.000 m, donde reciben el deshielo de verano además del escurrimiento debido a los temporales de invierno. Los demás afluentes son arroyos que sólo se alimentan de las aguas lluvias. La confluencia del Estero Las Cadenas con el Tinguiririca, en las cercanías de la ciudad de San José de Marchigüe, marca el punto terminal del área (i). Río abajo, el Tinguiririca se une al Río Cachapoal para formar el Río Rapel, que desagua en el Océano Pacífico. La confluencia de estos ríos queda dentro de los límites de un embalse de 700 MCM que forma la represa Rapel, el que suministra el agua para producir energía hidroeléctrica con una capacidad instalada de 350.000 kw.

Las principales ciudades dentro del área (i) son San Fernando, Nancagua, Santa Cruz, Peralillo y Población. La carretera Panamericana y la línea férrea central cortan la región en una dirección norte sur.

El área (ii) sólo abarca el valle del Estero de Nilahue. El arroyo es alimentado por aguas lluvias y desagua en el Océano Pacífico. Lolol es el principal poblado de la Región.

Los valles estudiados son,por lo general, planos y están compuestos de material erosionado proveniente de las montañas que los circundan. Debajo de este material hay relieves antiguos expuestos como islas aisladas dentro del relleno aluvial. El relleno, en especial a lo largo del curso de los ríos más importantes, conduce y almacena aguas subterráneas.

3. PRECIPITACION Y EVAPORACION

3.1 Generalidades

En el Anexo II del presente informe se han examinado las características generales del régimen pluviométrico en la región del Proyecto. A continuación se analizan con mayor detalle los aspectos directamente relacionados con la hidrología de aguas superficiales.

3.2 Distribución de las precipitaciones anuales

Esta parte del trabajo en lo relativo a información se apoya en un estudio reciente de Marta Gloria Parada(1). En este estudio, todos los datos sobre precipitación hasta 1971, inclusive, fueron comparados y verificados en cuanto a validez merced a la técnica de las curvas de doble acumulación. Los datos corregidos dieron lugar al mapa de isoyetas que aparece en la Fig. III/1. Dicho mapa muestra la precipitación anual que tiene una frecuencia de excedencia de 50%. Las frecuencias se computaron utilizando la más adecuada de las siguientes distribuciones: gamma truncada, normal (en general no es válida en la región), logarítmico normal y distribución de Gumbel. En razón de las características de las distribuciones aplicadas, las isoyetas con una frecuencia de excedencia de 50% registran valores que son aproximadamente un 5% inferiores a las medias anuales.

No obstante la poca exactitud de las isoyetas para alturas de más de 1.000 metros, el mapa constituyó la base del cálculo de la precipitación media que aparece en el Cuadro III/1.

Cuadro III/1: Precipitación media sobre las cuencas

C u e n c a	Precipitación media anual (mm)
Río Tinguiririca, Estación 12	2.290
Río Claro, Estación 11	1.430
Río Teno, Estación 17	2.550
Río Teno entre Estación 18 y 19	1.050
E. Chimbarongo, Estación 15	860
E. Chimbarongo entre Estación 14 y 15	700
Area del Proyecto, excluyendo Nilahue	750
Cuenca de Nilahue	800

El mapa también indica que la precipitación se mantiene alrededor de los 700 mm desde la costa hacia el interior a través del área

(1) Pluviometría de Chile. CORFO 1974.

Cuadro III/2 : Lluvia anual en Placilla (mm)

Año	Lluvia	Rango	Año	Lluvia	Rango	Año	Lluvia	Rango
1921	(-)	--	1941	1334	4	1961	771	24
1922	856	17	1942	701	27	1962	435	50
1923	679	29	1943	638	31	1963	913	13
1924	149	53	1944	804	21	1964	471	46
1925	551	41	1945	507	44	1965	1104	7
1926	1462	1	1946	448	48	1966	1207	5
1927	970	11	1947	580	37	1967	495	45
1928	881	15	1948	874	16	1968	234	52
1929	(-)	--	1949	552	40	1969	576	38
1930	1435	3	1950	901	14	1970	619	33
1931	757	25	1951	851	18	1971	596	35
1932	828	20	1952	597	34	1972	(1440)	2
1933	635	32	1953	1064	8	1973	653	30
1934	1002	10	1954	566	39	1974	1112	6
1935	540	42	1955	427	51	1975	926	12
1936	835	19	1956	584	36			
1937	776	23	1957	515	43			
1938	466	47	1958	736	26			
1939	692	28	1959	780	22			
1940	1008	9	1960	447	49			

n = .53 años

media = 754,2

desviación standard = 290,5

del proyecto, exceptuando la región sobre la Cordillera de la Costa donde el agua caída es mayor. La precipitación aumenta considerablemente a medida que el nivel del terreno llega a los 3.000 m y más en las cimas de las montañas. En la dirección sur-norte hay un decrecimiento general del agua caída en el área del proyecto.

3.3 Frecuencia de las lluvias anuales

Los registros de aguas caídas en Placilla consignados en el Cuadro III/2 fueron seleccionados mediante un análisis de frecuencia. La media de agua caída en la estación desde 1922 es de 754 mm, en tanto que el más seco fue 1924 con sólo 149 mm. Como se demuestra más adelante existe una alta correlación entre los caudales en el Río Tinguiririca y las precipitaciones en Placilla.

La distribución de Gumbel fue la que mejor se ajustó a los datos. Esta distribución aparece en la Fig. III/2, en la cual las ubicaciones de los puntos trazados se determinaron de acuerdo a la fórmula

$$Tr = \frac{n + 1}{m}$$

donde: Tr = período de retorno en años
m = rango del suceso
n = número de sucesos (años) en la serie.

El Cuadro III/3 resume los volúmenes anuales de precipitación y las probabilidades de excedencia con sus correspondientes períodos de retorno.

Cuadro III/3: Probabilidad de precipitación en Placilla

Prob. de excedencia %	99	80	50	10	2	1
Período de retorno, años	1,01	1.25	2	10	50	100
Precipitación anual, mm	230	495	708	1.176	1.586	1.760

El Cuadro III/3 muestra que una buena parte de los años secos en Placilla ocurrieron en la mitad más reciente del período de 53 años. Más específicamente los años 1958, 1955, 1962 y 1960, todos ellos en los últimos 25 años, ocupan 4 de las 5 ubicaciones más bajas en la serie.

Se desprende del análisis de frecuencias que un año como 1968, con 234 mm de precipitación, será superado 99 veces en 100, en tanto que años con un total de 495 mm de precipitación, el caso del año 1967, serán superados 80 veces en 100.

3.4 Precipitaciones mensuales

Es posible formarse una buena idea sobre la distribución de la precipitación mensual en el área y sobre los valores mensuales extremos con la información del Cuadro III/4-A que indica las estadísticas mensuales para Placilla. Los datos muestran que las lluvias se concentran fundamentalmente en los meses entre mayo y agosto; junio es el más lluvioso, abril

309062

Cuadro III/4-A : Totales mensuales de precipitación en Placilla 1921 - 1975 (mm)

Año	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
1921	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	117,0	16,9	74,7	3,6	7,9	0,0	0,0	
1922	13,7	0,0	25,7	3,0	30,9	356,0	159,2	183,1	49,4	34,7	0,6	0,0	856,3
1923	0,0	0,0	0,0	0,0	11,3	269,9	165,2	124,1	4,5	98,5	5,7	0,0	679,2
1924	0,0	0,0	15,7	0,0	7,0	39,5	37,8	29,5	19,7	0,0	0,0	0,0	149,2
1925	0,0	0,0	0,0	24,6	57,5	72,3	148,1	4,2	233,7	10,5	0,0	0,0	550,9
1926	0,0	0,0	36,2	0,0	137,9	705,5	453,0	82,1	17,5	29,5	0,0	0,0	1.461,7
1927	0.0	0,0	0,0	1,5	264,1	177,1	247,1	75,3	176,6	8,0	17,2	3,4	970,3
1928	0,0	2,3	16,0	90,6	213,7	332,9	154,4	37,8	23,5	0,0	9,5	0,0	880,7
1929	36,0	0,0	0,0	0,0	n.d.	n.d.	35,0	278,0	102,0	18,0	0,0	28,0	
1930	0,0	0,0	0,0	84,0	13,0	407,0	415,0	285,0	30,0	103,0	72,0	26,0	1.435,0
1931	50,0	2,0	0,0	24,0	73,0	135,0	202,0	180,0	64,0	5,0	22,0	0,0	757,0
1932	0,0	0,0	9,0	12,0	51,0	261,0	227,0	170,0	16,0	67,0	0,0	15,0	828,0
1933	38,0	6,0	0,0	5,0	97,0	180,0	76,0	138,0	33,0	58,0	0,0	4,0	635,0
1934	0,0	2,0	5,0	0,0	398,0	480,0	35,0	30,0	6,0	41,0	5,0	0,0	1.002,0
1935	0,0	0,0	0,0	21,0	93,0	172,0	98,0	79,0	47,0	30,0	0,0	0,0	540,0
1936	0,0	0,0	0,0	52,0	297,0	186,0	164,0	97,0	35,0	4,0	0,0	0,0	835,0
1937	0,0	9,0	0,0	0,0	104,0	281,0	218,0	98,0	36,0	12,0	18,0	0,0	776,0
1938	0,0	0,0	83,0	1,0	130,0	74,0	84,0	12,0	19,0	35,0	28,0	0,0	466,0
1939	0,0	0,0	0,0	6,0	146,0	280,0	32,0	134,0	19,0	55,0	0,0	20,0	692,0
1940	0,0	41,0	0,0	112,0	132,0	226,0	343,0	21,0	58,0	50,0	15,0	10,0	1.008,0
1941	0,0	8,0	38,0	100,0	320,0	182,0	372,0	206,0	11,0	32,0	54,0	11,0	1.334,0
1942	0,0	0,0	18,0	0,2	80,0	101,0	204,0	201,0	16,0	26,0	55,0	0,0	701,0
1943	0,0	0,0	10,0	17,0	97,0	144,0	87,0	81,0	180,0	13,0	9,0	0,0	638,0
1944	0,1	5,0	0,0	33,0	135,5	217,9	25,9	319,9	7,1	54,6	4,8	0,0	803,8
1945	0,0	119,2	30,1	17,1	9,3	4,6	64,5	146,0	28,4	5,7	82,2	0,0	507,1
1946	76,5	0,0	0,0	9,6	70,0	98,0	98,9	33,7	19,6	18,6	16,0	6,7	447,6
1947	0,0	0,0	0,0	43,2	65,0	247,1	65,8	54,9	68,2	36,2	0,0	0,0	580,4
1948	0,0	2,8	0,4	86,4	126,0	121,6	427,4	40,3	43,6	24,3	0,0	1,0	873,8
1949	0,0	7,6	35,0	0,0	329,9	96,6	20,2	46,8	7,6	0,0	0,0	8,0	551,7
1950	0,0	0,0	7,1	172,3	315,8	96,3	8,4	134,4	71,8	33,2	61,6	0,0	900,9
1951	0,0	1,1	6,7	20,5	60,6	426,9	253,1	25,2	55,4	0,0	0,0	1,5	851,0
1952	0,0	0,0	16,6	0,0	216,5	147,2	132,2	37,8	16,3	30,6	0,0	0,0	597,2
1953	7,9	0,0	0,0	45,7	241,1	63,1	139,8	273,1	252,1	29,4	0,0	11,5	1.063,7
1954	0,0	5,0	0,0	73,2	93,6	228,8	96,4	40,0	12,4	9,5	0,0	6.7	565,6

(continúa)

Cuadro : III/4 -A (cont.)

Año	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
1955	0,0	0,0	0,0	5,7	67,0	187,2	31,8	86,2	7,8	11,7	4,5	25,2	427,1
1956	13,5	3,0	45,7	42,8	47,8	48,0	175,4	146,5	26,5	27,3	7,2	0,0	583,7
1957	0,0	0,0	0,0	12,5	241,1	36,0	118,5	72,8	13,5	9,6	0,0	10,8	514,8
1958	0,0	0,0	0,0	2,0	247,0	166,8	24,8	235,9	52,7	6,8	0,5	0,0	736,5
1959	35,0	0,0	44,3	138,7	54,2	206,9	181,2	50,8	36,5	32,0	0,0	0,0	779,6
1960	0,0	0,0	2,0	8,5	44,7	176,6	110,7	56,9	12,8	34,7	0,0	0,0	446,9
1961	33,4	0,0	25,3	10,2	37,7	265,7	97,9	193,9	94,6	12,7	0,0	0,0	771,4
1962	0,0	0,0	0,0	3,0	22,5	268,8	17,4	81,5	19,4	22,4	0,0	0,0	435,0
1963	0,0	0,0	32,0	0,0	88,4	128,7	231,7	262,1	105,1	30,8	34,2	0,0	913,0
1964	4,0	0,0	5,0	15,0	1,0	91,0	137,0	169,0	0,0	0,4	10,0	19,0	471,4
1965	0,0	0,0	0,0	140,0	102,0	40,0	350,0	341,0	112,0	62,0	20,0	37,0	1.104,0
1966	0,0	0,0	0,0	144,0	37,0	597,0	244,0	105,0	14,0	14,0	10,0	42,0	1.207,0
1967	0,7	0,0	0,0	0,3	118,0	69,0	189,0	29,0	42,0	33,0	14,0	0,0	495,0
1968	0,0	0,0	17,0	40,9	1,4	14,8	17,6	41,6	64,4	17,7	11,0	7,8	234,2
1969	0,0	0,0	0,0	51,3	107,0	230,6	94,8	69,5	1,0	21,4	0,0	0,0	575,6
1970	0,0	0,0	9,4	0,0	97,4	81,5	287,1	68,0	40,2	22,5	0,0	12,8	618,9
1971	0,0	0,0	0,0	3,3	57,5	326,3	59,5	45,5	15,7	36,6	0,0	51,5	595,9
1972	5,1	0,0	53,0	7,2	310,5	421,5	183,3	0,0	192,0	50,5	37,8	0,0	1.260,9
1973	0,0	3,7	0,0	0,0	128,7	119,1	277,2	11,1	2,8	105,7	0,0	4,9	653,2
1974	0,0	0,0	2,5	0,0	434,8	503,0	32,0	22,0	38,3	3,1	39,9	36,5	1.112,1
1975	0,0	1,9	0,0	61,2	214,6	88,4	462,9	47,5	3,0	10,8	36,1	0,0	926,4
Media	6,7	4,7	11,4	35,2	122,9	201,0	154,2	120,4	50,8	27,6	12,5	6,8	754,2
Mínima	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	4,6	8,4	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	149,2
Máxima	76,5	119,2	83,0	172,3	434,8	705,5	453,0	341,0	252,1	105,7	82,2	51,5	1.461,7
Media en % de total	0,9	0,6	1,5	4,7	16,3	26,6	20,4	16,0	6,7	3,7	1,7	0,9	100,0

y septiembre son meses de transición, en tanto que los demás meses son normalmente secos. Ha menester señalar que las variaciones en la precipitación de un año a otro son altas. Un registro de 25 años de lluvias en Convento Viejo y que se supone representaría el agua caída sobre el embalse contemplado en Convento Viejo aparece en el Cuadro III/4-B.

3.5 Precipitación diaria

En la región se han registrado precipitaciones diarias (el día calendario comienza a las 8 AM) que sobrepasan los 160 mm; la media de las máximas anuales en San Fernando es de casi 80 mm diarios. Se ha observado que existe una gran congruencia en la precipitación en diversas localidades (para más detalles, véase Capítulo 9).

3.6 Evaporación

Existen datos de evaporación obtenidos usando tanques evaporimétricos Clase A del U.S.W.B. en un gran número de estaciones. El Cuadro III/5 consigna los datos medios mensuales obtenidos con estas cubetas en Espinalillo, los que han sido reducidos por un coeficiente de tanque de 0.7. La estación de Espinalillo está ubicada en la hoya hidrográfica del Tinguiririca, fuera de y a una mayor elevación que la región del proyecto. Se incluye en este trabajo con propósitos de realizar evaluaciones hidrológicas y no tanto para satisfacer los requerimientos de la agricultura. Este último aspecto se analiza en otra sección de este informe. Hay que señalar que la variación especial de la evaporación es pequeña y que por lo tanto no tiene mayor incidencia en las conclusiones del estudio hidrológico.

Los datos obtenidos con tanques en Espinalillo indican una evaporación media anual "de lago" (que se supone idéntica a la evaporación en la cubeta por 0.7) de 953 mm. La evaporación durante la estación de lluvias, incluyendo los meses de transición de abril y septiembre, es de 826 mm, produciéndose la evaporación máxima en enero. Las variaciones de un año a otro en la "evaporación de lago" podrían llegar a 100 mm.

Cuadro III/4-8: Totales Mensuales de Precipitación en Convento Viejo (mm)

AÑO	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	TOTAL
51/52	85	375	350	34	74	0	2	2	0	2	5	0	930
52/53	133	263	97	67	48	81	2	0	0	2	0	5	697
53/54	16	465	147	329	201	36	0	2	0	0	0	66	1.261
54/55	147	206	83	36	11	7	0	9	0	0	0	11	510
55/56	67	184	0	86	2	0	8	22	22	8	42	58	499
56/57	57	58	154	119	22	83	7	0	0	0	0	5	505
57/58	237	36	121	58	0	0	0	15	0	0	0	9	476
58/59	133	265	8	210	55	4	5	0	64	0	58	154	956
59/60	63	174	196	55	0	42	0	0	0	0	10	7	547
60/61	96	193	100	61	7	47	0	0	27	0	29	5	565
61/62	34	242	167	201	64	8	0	1	0	0	0	2	718
62/63	29	48	139	242	84	35	51	0	0	0	39	0	665
63/64	84	121	247	269	124	26	51	0	7	0	1	18	946
64/65	23	70	114	166	2	2	37	28	0	0	0	121	561
65/66	96	48	277	305	12	71	31	37	0	0	0	175	1.049
66/67	40	479	119	52	20	7	11	39	0	0	0	0	765
67/68	83	72	180	29	40	46	13	0	0	0	10	42	514
68/69	3	10	10	39	72	5	11	5	0	0	0	81	236
69/70	59	160	97	80	3	22	9	0	0	0	0	0	431
70/71	68	89	218	49	45	31	0	4	0	0	0	3	509
71/72	42	298	72	52	13	34	0	37	0	0	39	6	594
72/73	337	336	111	221	144	51	20	0	0	0	1	1	1.222
73/74	172	92	227	18	4	74	1	0	0	0	1	0	589
74/75	216	382	33	24	35	2	30	10	0	0	1	57	791
75/76	117	52	393	49	3	6	0	48	0	0	4	0	673

Nota: Los períodos sin registro han sido completados con los datos de San Fernando.

309072 VV

Cuadro III/5 : Evaporación mensual en Espinalillo (mm)

Año	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julió	Agos.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
1967	204.8	172.0	170.5	116.3	62.0	40.1	43.4	54.8	61.5	82.5	123.5	196.4	1322
1968	206.3	190.5	139.3	97.3	71.5	39.0	62.0	86.8	69.0	86.8	156.0	182.9	1387
1969	232.6	183.2	165.5	124.2	58.9	51.0	43.4	46.5	67.6	91.8	141.0	170.7	1376
1970	229.1	201.0	180.6	184.9	80.6	38.9	41.0	45.8	75.2	111.6	156.6	180.9	1526
1971	195.3	192.6	176.2	115.3	60.9	34.4	30.2	60.3	71.4	119.9	170.9	202.0	1429
1972	319.2	199.9	151.3	104.3	37.2	23.9	35.6	22.3	48.9	19.3	93.6	186.3	1302
1973	207.9	181.7	174.7	81.9	59.3	30.3	25.2	52.6	56.6	67.7	150.1	196.5	1285
1974	225.1	190.4	168.8	130.8	46.1	39.1	33.3	47.1	64.2	110.2	163.2	167.0	1385
1975	214.6	159.9	160.3	81.7	42.5	28.9	30.4	37.1	42.5	104.3	136.4	207.3	1246
PDT(1)	226.1	185.7	165.9	115.2	57.7	36.2	38.3	50.4	61.9	94.9	143.5	187.1	1362
PDT(1) x 0.7	158.3	130.0	115.6	80.6	40.4	25.3	26.8	35.3	43.3	66.4	100.5	131.0	953
% del Tot.	16.6	13.6	12.1	8.5	4.2	2.7	2.8	3.7	4.6	7.0	10.5	13.7	100

(1) PDT = Promedio de datos en tanque.

4. DATOS HIDROMETRICOS UTILIZADOS

4.1 Datos disponibles

Los datos hidrométricos en la región son recolectados, procesados y publicados por dos organismos distintos, ENDESA (Empresa Nacional de Electricidad) y D.G.A. (Dirección General de Aguas).

El Cuadro III/6 muestra los datos disponibles que son de interés para estudio. Los datos publicados relativos a caudales mensuales medios aparecen en los Cuadros III/7-A a III/7-J. Los valores entre paréntesis han sido completados en la forma en que se indican más adelante. Las ubicaciones de las estaciones se muestran en la Fig. III/1.

Se observa que los registros abarcan desde 36 años para el Tinguiririca en Los Briones (Estación 12) a sólo unos pocos años en otras estaciones. El Canal Teno-Chimbarongo, que constituye una parte del proyecto, comenzó a funcionar en septiembre de 1975. En la actualidad descarga aguas arriba de Quinta (Estación 15) y afecta el régimen de flujo de las estaciones 15, 14, 13 y 10. Los caudales en estas estaciones han sido reducidos restándoles el caudal conducido por el canal.

4.2 Calidad de los datos

Los datos de terreno usados para computar los caudales se basan principalmente en los registros de los limnígrafos automáticos. En aquellas estaciones donde no existen estos aparatos (por ejemplo: la Estación 15), se usa el promedio de dos lecturas diarias para determinar el caudal diario. Los aforos del caudal se efectúan normalmente una vez al mes en cada estación, ya sea desde puentes o desde los cablecarriles existentes.

Puesto que ninguna de las estaciones cuenta con un control permanente, la calibración de las estaciones es generalmente inestable. Por esta razón el cálculo de los caudales en una estación determinada se funda a veces en un número reducido de aforos.

Una revisión de los datos hidrométricos básicos deja de manifiesto que muchas de las curvas de calibración de las estaciones se definen por aforos sólo en sus valores más bajos, en tanto que la porción superior de cada curva ha sido extrapolada, a veces, de manera injustificada. No obstante, dado que los gastos altos se producen normalmente durante los meses de invierno, con caudales ampliamente suficientes para llenar el embalse propuesto de Convento Viejo, no se ha hecho intento para examinar en detalle las curvas de los valores extrapolados y cambiar los datos de caudal si esto se hiciera necesario. El caso de Convento Viejo (Estación 14) es una excepción. Dicha curva se verificó para determinar la capacidad de diseño del vertedero del embalse de Convento Viejo. Para detalles adicionales, véase el Capítulo 9 de este Anexo.

Se puede llegar a la conclusión de que los datos de caudales son de buenos a regulares para los valores bajos y de regulares a malos para los altos. Esta conclusión se fundamenta en la verificación de la congruencia de los caudales, realizada mediante balances hidrológicos y que se ofrece más adelante.

Cuadro III/6 : Red hidrométrica

Estación	N°	Area tributaria Km^2	Período de registro	Institución	Coordenadas Lat. S	Coordenadas Long.O	Altura m.s.n.m.
Tinguiririca en Los Olmos	10	3.089	1958-1975	ENDESA	34°30'	71°23'	123
Claro en el Valle	11	358	1950-1975	ENDESA	34°41'	70°53'	476
Tinguiririca en Los Briones	12	1.435	1940-1976	ENDESA	34°41'	70°52'	518
Chimbarongo en Santa Cruz	13	820(1)	1945-1975	D.G.A.	34°39'	71°21'	225
Chimbarongo en Convento Viejo	14	630(2)	1969-1976	D.G.A.	34°47'	71°08'	375
Chimbarongo en Quinta	15	489	1962-1976	ENDESA	34°47'	71°06'	288
Calleuque en Cardos	16	591	1967-1974	ENDESA	34°28'	71°25'	107
Teno después de Junta	17	1.228(3)	1948-1976	D.G.A.	35°01'	70°21'	890
Teno en Pte. FF.CC.	18	1.523	1963-1970	ENDESA	34°53'	71°11'	275
Canal Teno Chimbarongo		-	1975-1976	ENDESA			

Nota: (1) Area publicada de 681 km^2, modificada.
(2) Area publicada de 504 km^2, modificada.
(3) Ha sido publicada por ENDESA.

Cuadro III/7-A : Caudales medios, máximos y mínimos en la Estación 10.

Tinguiririca en Los Olmos (en m^3/seg)

Año	Caudal medio												Promedio anual	Caudal medio			Caudal mínimo medio diario
	E	F	M	A	N	J	J	A	S	O	N	D		Media diaria	Instantáneo Caudal	Instantáneo Fecha	
1957	-	-	-	-	-	-	62,9	68,1	33,5	3,00	4,30	10,2	30,3	-	-	-	-
1958	2,90	0,81	1,50	2,45	40,4	13,4	66,4	124	58,6	31,8	32,6	21,1	33,0	770	1.160	14 Ago.	0,23
1959	7,89	2,05	1,44	3,0	68,7	132	229	67,7	73,3	15,3	39,0	52,7	62,6	390	450	17 Jul.	1,20
1960	36,0	3,96	4,27	7,43	14,4	48,6	60,0	41,7	22,0	6,10	6,60	11,8	21,9	235	285	21 Jun.	1,52
1961	1,44	1,18	21,4	9,50	7,10	68,0	58,0	67,0	125	64,0	55,0	51,0	44,1	305	380	2 Sep.	0,83
1962	18,6	5,50	4,55	6,00	15,8	53,0	41,0	45,5	17,8	8,00	9,70	5,40	19,3	330	385	27 Jun.	3,30
1963	2,70	2,90	4,75	5,80	-	-	-	126	116	43,5	72,0	89,0	51,4	-	403	2 Sep.	-
1964	75,0	19,2	7,80	8,30	16,0	26,0	43,5	48,0	42,5	4,10	2,25	13,4	25,5	194	323	7 Jul.	4,00
1965	2,50	1,14	1,44	56,0	60,4	55,9	137	230	64,0	44,0	73,0	70,0	66,3	802	975	18 Ago.	0,20
1966	51,0	19,0	8,50	34,0	37,1	245	154	74,9	64,0	35,9	51,5	55,5	69,2	738	828	16 Jun.	9,28
1967	42,3	20,2	8,26	9,36	22,6	30,8	51,5	33,6	26,6	20,2	12,0	20,8	25,0	210	253	17 Jul.	6,55
1968	6,41	2,15	4,43	8,72	15,9	8,04	7,31	7,33	1,95	1,05	0,04	0,21	5,30	18,3	183	27 Abr.	0,00
1969	1,24	0,54	0,46	0,55	24,2	92,6	65,5	71,9	27,1	1,69	8,53	41,1	28,0	185	637	7 Jun.	0,00
1970	11,1	1,14	1,73	1,97	9,63	24,2	71,5	51,9	24,0	4,37	10,2	9,68	18,5	210	283	29 Jul.	0,63
1971	1,08	0,49	0,79	3,36	11,9	57,6	83,7	68,9	35,5	24,0	40,2	31,6	29,9	223	280	3 Ago.	0,16
1972	20,1	2,48	4,97	9,95	109		90,1	215	133	69,8	51,9	122	75,3	825	970	16 Ago.	2,06
1973	105	56,8	34,1	23,5	53,6	49,7	121	57,2		17,1	34,6	30,5	53,0	675	730	9 Jul.	16,6
1974	17,7	5,13	4,68	5,83	76,1	162	107	58,0	44,4	34,6	34,3	45,3	49,6	957	1.257	30 Jun.	0,06
1975	34,5	12,6	2,03	13,0	34,8	37,6	186	73,1	48,0*	24,0*	58,6*	97,0*	51,8	616	724	9 Jul.	1,93
1976	22,7*	1,92*	1,50*	5,57*													

* Incluyen desviaciones por el Canal Teno-Chimbarongo.

Cuadro III/7-B

Caudales medios, máximos y mínimos en la Estación 12.

Tinguiririca Bajo Los Briones (en m^3/seg)

Año	Caudal medio												Promedio anual	Caudal medio			Caudal mínimo medio diario
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		Media diaria	Instantáneo Caudal	Instantáneo Fecha	
1940			29,5	19,0	51,2	59,2	88,0	36,5	25,5	58,0	69,0	101	53,7	-	-	-	-
1941	125	78,0	49,0	32,0	68,0	66,0	71,0	74,0	44,5	82,0	87,6	122	74,9	243	-	-	20,5
1942	146	124	80,0	36,0	23,0	19,8	17,0	57,0	29,0	47,0	80,0	89,0	62,3	232	-	-	15,6
1943	102	88,0	46,5	20,5	13,8	15,8	16,2	18,6	49,7	50,5	66,0	79,0	47,2	159	-	-	10,2
1944	81,0	65,0	32,0	19,0	13,4	18,6	22,5	38,0	46,0	55,0	87,0	122	50,0	130	-	-	9,80
1945	104	72,0	50,0	32,0	26,5	19,8	16,6	23,5	32,0	40,0	50,5	59,0	43,8	136	-	-	13,0
1946	68,0	67,0	48,5	27,0	19,8	17,0	25,5	14,8	18,2	27,0	59,0	61,0	37,7	83,0	-	-	13,0
1947	67,0	60,0	46,5	16,6	11,3	20,4	15,3	12,0	16,7	32,8	62,5	58.1	34,9	77,0	-	-	8,40
1948	48,2	47,3	24,4	15,0	15,4	14,2	35,3	25,1	37,1	52,9	71,3	104	40,9	116	-	-	11,8
1949	91,5	76,2	46,9	34,4	50,4	38,5	22,2	25,1	23,9	42,3	59,3	52,4	46,9	116	-	-	15,8
1950	54,0	43,9	34,6	23,6	39,5	35,1	23,7	33,3	43,5	50,0	64,3	95,5	45,1	106	-	-	18,8
1951	85,1	55,7	39,8	25,5	19,5	29,7	58,0	37,8	44,7	49,6	71,3	87,5	50,3	138	-	-	17,6
1952	80,6	56,0	39,5	23,1	19,3	30,9	36,5	25,1	34,9	48,5	61,0	84,6	45,0	102	-	-	16,2
1953	69,9	58,2	39,2	25,9	28,2	29,5	33,1	53,7	72,5	50,9	87,0	119	55,6	119	-	-	18,6
1954	104	78,8	55,2	29,0	18,2	36,8	29,1	26,3	26,9	36,5	67,2	68,5	48,0	104	-	-	17,2
1955	72,2	43,9	31,3	16,1	12,9	31,5	17,5	15,4	25,3	34,0	63,0	60,9	35,3	135	-	-	12,0
1956	48,6	43,6	26,7	16,0	15,0	12,0	16,2	30,0	31,0	45,0	73,0	72,0	35,8	100	122	21 Nov.	10,4
1957	60,0	50,0	36,0	16,2	18,6	20,0	25,0	29,0	27,2	40,5	66,0	75,0	38,6	91,0	106	23 Dic.	9,90
1958	63,0	45,0	33,0	15,6	21,0	38,5	21,0	28,0	26,5	51,0	71,0	80,0	41,1	173	288	15 Jul.	10,4
1959	61,0	52,3	28,3	27,9	27,7	29,0	55,0	31,5	42,0	48,5	82,0	108	49,4	179	215	17 Jul.	15,0

Cuadro III/7-B (Cont.)

Año	Caudal medio												Promedio anual	Caudal medio			Caudal mínimo medio diario
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		Media diaria	Instantáneo Caudal	Instantáneo Fecha	
1960	83,0	60,0	36,0	17,6	12,0	17,8	17,4	18,0	20,5	37,0	67,0	62,0	37,4	112	128	8 Ene.	9,30
1961	61,0	53,0	36,5	11,4	8,10	20,5	17,6	21,0	40,0	63,0	97,0	128	46,4	170	250	14 Mar.	5,70
1962	85,0	63,0	41,5	20,0	11,8	18,6	16,8	20,0	19,4	39,0	65,0	69,0	39,1	84	89	26 Nov.	9,60
1963	51,0	48,5	28,5	16,0	14,4	14,0	27,5	24,5	40,5	56,0	76,0	130	43,9	168	211	25 Dic.	11,6
1964	131	80,0	43,5	22,4	13,2	12,6	14,6	13,6	26,5	39,0	53,0	53,0	41,9	148	173	1 Ene.	10,4
1965	63,0	46,5	33,5	38,3	25,0	31,1	41,0	64,6	40,0	60,6	97,8	91,9	52,8	192	-	10 Abr.	16,8
1966	113	67,0	40,1	33,6	24,5	44,2	45,7	31,4	42,2	58,3	85,7	87,6	56,1	136	159	28 Dic.	18,3
1967	99,9	74,5	42,7	25,6	19,2	16,7	16,5	17,4	25,2	44,4	57,5	82,1	43,5	128	-	1 Ene.	14,8
1968	66,1	54,0	31,8	17,2	12,2	10,3	9,00	8,70	9,50	10,2	26,1	31,3	23,9	75,5	90,9	6 Ene.	8,10
1969	45,7	38,9	26,2	12,4	16,7	30,7	27,5	32,8	27,4	27,7	51,9	97,8	36,3	129	184	7 Jun.	10,2
1970	64,4	50,6	31,9	19,7	15,7	14,3	22,4	24,3	27,9	37,7	56,1	61,6	35,6	102	118	1 Ene.	12,7
1971	45,1	40,6	25,9	15,4	13,5	15,1	35,7	31,9	31,9	58,2	95,1	82,6	40,9				
1972	73,0	45,6	27,6	16,5	41,4	81,7	41,8	72,2	61,0	51,0	75,5	148	61,3	365	574	10 Jun.	13,8
1973	145	92,4	61,4	30,0	29,8	20,8	34,4	25,9	24,6	33,2	68,3	76,8	53,6				
1974	77,4	61,0	36,6	22,6	30,2	34,5	30,1	27,8	29,5	46,8	72,9	83,0	46,0				
1975	91,3	56,3	32,4	20,9	15,0	15,2	32,7	28,3	33,2	47,0	71,6	107	45,9				
1976	85,6	49,9	26,7	16,3													

Cuadro III/7-C

Caudales medios, máximos y mínimos en la Estación 13.

Chimbarongo en Santa Cruz (en m^3/seg)

Año	Caudal medio												Promedio anual	Caudal medio			Caudal mínimo medio diario
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		Media diaria	Instantáneo Caudal	Instantáneo Fecha	
1945				12,7	16,4	14,1	15,0	27,6	16,7	5,88	12,8	6,81	14,2	91,0			4,92
1946	10,0	5,78	5,97	6,27	13,4	22,1	13,4	14,8	13,2	6,69	3,38	3,13	9,80	154			2,30
1947	3,21	-	2,78	3,07	13,5	26,2	31,7	18,0	17,2	16,8	8,61	5,32	13,3	180			2,23
1948	1,98	1,42	1,36	5,33	23,1	27,0	78,0	27,4	22,3	21,5	17,5	16,3	20,3	238			0,92
1949	10,1	4,94	4,72	4,88	36,6	43,8	19,7	19,6	10,1	1,63	3,99	3,67	13,6	207			0,70
1950	3,58	2,68	2,63	11,0	70,0	68,2	27,3	29,5	45,5	21,3	27,2	18,0	27,2	212			2,10
1951	14,8	6,45	5,62	6,46	20,2	65,5	94,9	44,0	44,0	7,48	15,2	14,4	28,3	280			4,10
1952	13,4	4,72	2,89	3,25	34,4	50,8	53,2	22,8	39,4	7,82	5,68	8,99	20,6	174			2,10
1953	3,71	2,09	2,26	6,58	67,2	60,0	61,0	87,2	77,6	25,5	17,1	19,6	35,8	280			1.60
1954	13,7	9,15	9,39	17,5	26,4	66,2	40,5	23,5	13,8	4,13	9,66	11,8	20,5	202			1,60
1955	8,80	2,80	2,58	4,45	16,3	43,6	21,2	18,6	22,5	9,42	13,0	9,10	14,4	290			1,60
1956	4,12	0,94	5,35	10,6	27,6	22,1	42,1	36,6	30,2	28,9	21,3	16,9	20,6	97,1			0,42
1957	12,6	1,97	1,73	2,20	37,6	51,3	47,2	36,5	20,8	4,13	3,81	7,55	18,9	176			0,20
1958	3,74	2,12	1,11	2,98	16,6	82,7	18,1	72,9	37,7	30,1	13,9	7,85	24,1	290			0,62
1959	4,43	1,63	0,86	15,0	17,7	40,2	49,0	24,4	35,6	9,04	18,2	13,0	19,1	224			0,20
1960	8,92	7,17	5,66	6,66	14,0	38,3	24,9	21,0	12,0	8,37	8,84	8,18	13,7	210			0,20
1961	2,87	1,39	7,37	7,42	6,81	37,2	30,2	39,9	47,4	21,5	13,5	12,0	19,0	219	274	29 Ago.	0,90
1962	5,72	4,21	4,71	5,28	14,0	27,6	24,1	23,3	7,40	7,69	5,83	5,71	11,3	104	108	27 Jun.	1,79
1963	2,67	2,47	3,63	3,57	10,6	21,9	40,1	39,3	39,9	20,2	15,4	17,8	18,1	123	165	22 Ago.	1,82
1964	10,7	6,80	6,79	6,63	13,7	18,5	21,7	22,5	14,6	3,88	4,14	10,9	11,7	73,8	79,6	7 Jul.	3,10

Cuadro III/7-C (Cont.)

Año	Caudal medio												Promedio anual	Caudal medio			Caudal mínimo medio diario
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		Media diaria	Instantáneo Caudal	Instantáneo Fecha	
1965	4,00	3,40	3,59	13,9	16,6	13,8	40,5	60,9	13,6	15,0	14,6	15,3	17,9	182	183	25 Jul.	3,12
1966	8,05	6,82	6,63	17,8	13,7	74,8	44,5	23,6	17,1	11,8	15,5	17,6	21,4	178	182	16 Jun.	6,30
1967	9,14	7,13	6,29	7,80	14,6	18,7	-	12,0	13,6	13,5	9,12	8,98	11,0	34,9	40,7	4 Oct.	5,02
1968	5,50	3,94	5,38	8,14	13,6	8,44	7,33	6,55	0,98	0,35	0,35	0,73	5,10	14,9	15,0	7 May.	0,19
1969	1,32	1,42	1,15	1,23	16,9	32,0	21,2	22,5	7,50	1,54	4,03	0,02	9,23	125	173	8 Jun.	0,57
1970	2,83	1,49	2,28	1,97	9,37	20,1	44,7	25,7	12,7	4,62	5,04	5,50	10,9	156	204	16 Jul.	0,00
						1945 - 1970											
Qmed.	6,82	3,72	4,11	7,41	22,3	38,3	36,5	30,8	24,4	11,9	11,1	10,4	17,3	2,90			0,00
Qmax.	14,8	9,15	9,39	17,8	70,0	82,7	78,0	87,2	77,6	30,1	27,2	19,6	43,6				
Qmin.	1,32	0,94	0,86	1,23	6,81	8,44	7,33	6,55	0,98	0,35	0,35	0,02	2,93				
1971	1,99	7,93	10,6	13,9	19,2	36,3	32,5	16,4	9,85	7,66	5,58	8,13	14,2	159	201	21 Jun.	1,09
1972	4,45	12,2	16,8	22,7	36,7	58,8	22,2	60,2	31,6	12,7	3,02	1,57	23,6	328	459	10 Jun.	0,99
1973	0,52	-	-	-	20,4	12,0	16,6	-	-	19,0	12,4	8,32	12,8	39,2	78,1	8 Jul.	0,21
1974	6,22	5,17	3,95	5,96	14,7	38,4	-	37,0	33,7	24,4	22,8	29,4	20,2	52,6	81,6	20 May.	3,59
1975	19,5	15,0	13,7	24,8	34,4	33,3	-	31,6	28,4*	25,5*	59,2*	44,8*	30,0	77,7	82,8	15 Nov.	13,3
1976	11,0*	3,51*															

* Incluye divisiones por Canal Teno-Chimbarongo.

Cuadro III/7-D

Caudales medios, máximos y mínimos en la Estación 14.

Chimbarongo en Convento Viejo (en m^3/seg)

Año	Caudal medio												Promedio anual	Caudal medio			Caudal mínimo medio diario
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		Media diaria	Instantáneo Caudal	Instantáneo Fecha	
1968										4,48	4,68	3,81					
1969	3,73	4,32	4,80	5,37	11,6	26,5	18,2	19,3	6,96	6,83	10,4	14,7	11,0	93,4	199	7 Jun.	3,01
1970	11,5	7,75	7,67	6,82	9,08	14,1	57,9	19,5	9,61	12,0	16,1	19,9	14,3	183	233	15 Jul.	8,28
1971	9,43	6,94	7,49	6,59	8,29	33,2	23,3	15,4	9,66	17,7	18,2	20,1	14,7	131	254	21 Jun.	5,95
1972	13,8	8,74	7,84	8,80	26,9	53,5	24,4	47,5	50,9	22,1	26,6	25,4	26,4	373	424	10 Jun.	7,22
1973	17,2	9,10	8,01	3,26	11,4	15,4	43,9	13,0	5,73	21,1	19,0	13,4	15,4	302	-	-	5,20
1974	8,97	6,71	4,26	4,48	25,0	85,3	19,0	12,1	12,0	12,3	16,1	21,7	19,0	399	428	30 Jun.	3,86
1975	17,1	12,8	12,6	15,3	18,4	23,5	90,9	27,3	33,0*	37,0*	70,1*	74,7*	36,0	361	385	9 Jul.	4,2
1976	20,4*	13,5*	13,1*	12,6*	13,0*	47,7*	23,8*	22,0*	19,4*	69,8*	60,5*			217	241+	16 Jun.	7,48

* Estos caudales medios incluyen el aporte del Canal Teno-Chimbarongo.

\+ Aforado.

Cuadro III/7-E : Caudales medios, máximos y mínimos en la Estación 15.

Chimbarongo en Quinta (en m^3/seg)

Año	Caudal medio												Promedio anual	Caudal medio			Caudal mínimo medio diario
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		Media diaria	Instantáneo Caudal	Instantáneo Fecha	
1962				2,60	2,90	13,0	7,20	8,30	4,50	11,2	9,10	9,10	7,54	78,0	-	-	2,25
1963	4,00	3,00	3,50	3,50	2,50	6,00	26,8	32,1	34,4	13,5	13,1	11,5	12,8	205	-	-	1,65
1964	8,60	6,40	4,80	3,50	3,50	4,80	9,10	11,8	6,50	6,70	6,30	9,00	6,75	45,0	-	-	3,00
1965	4,50	3,20	2,80	7,30	7,60	5,10	23,2	62,2	7,20	12,8*	11,5*	11,4*	11,5	299	-	-	2,45
1966	7,70*	5,10*	4,10*	10,5	4,40	45,6	13,5	13,0*	12,1	10,4	11,9	12,0	12,5	139	-	-	3,40
1967	9,30	7,70	5,50	4,10	4,70	6,10	12,2	5,10	8,30	11,5	10,4	8,80	7,81	60,0	-	-	3,55
1968	6,90	4,40	4,00	3,60	3,70	2,60	2,40	2,30	2,10	1,80	1,20	1,40	3,03	9,16	-	-	0,82
1969	1,20	1,70	1,92	2,00	5,86	14,7	10,6	11,3	3,16	3,50	5,75	6,76	5,70	81,3	-	-	1,00
1970	5,04	3,34	2,89	2,22	3,14	5,53	20,7	10,3	5,39	6,75	7,64	7,74	6,72	122	-	-	1,95
1971	3,82	2,15	2,27	2,14	2,82	14,6	14,8	(14,9)	5,72	10,2	9,63	9,98	7,1				
1972	6,41	2,73	2,78	2,37	12,1	57,5	9,40	53,2	(18,2)	(15,3)	(14,1)	(17,3)	18,3				
1973	(12,4)	(7,7)	(5,4)	(3,9)	9,23	6,18	22,2	9,36	3,29	13,5	9,82	7,31	10,1				
1974	5,91	4,27	3,08	2,85	20,7	45,9	25,6	7,39	6,35	6,23	8,49	10,7	12,3				
1975	7,09	4,49	2,86	4,26	5,99	8,56	61,3	9,51	28,8+	23,4*	55,2+	59,4+					
1976	18,0+	3,62+	2,79+	2,17+													
1975									11,0	3,3	17,1	14,6					
1976	14,5	3,29	2,53	1,98													

* Valores estimados
\+ Incluye divisiones por el Canal Teno-Chimbarongo
() Datos rellenados.

Cuadro III/7-F

Caudales medios, máximos y mínimos en la Estación II.

Claro en el Valle (en m^3/seg)

Año	Caudal medio												Promedio anual	Caudal medio			Caudal mínimo medio diario
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		Media diaria	Instantáneo Caudal	Instantáneo Fecha	
1950				3,61	18,6	16,8	6,20	15,0	23,0	18,9	23,5	16,5	15,8	-	-	-	-
1951	5,27	1,78	1,06	0,81	1,68	13,6	27,6	13,8	17,3	18,6	18,3	11,8	11,0	100	-	-	0,70
1952	3,06	0,78	0,63	0,40	13,7	13,2	14,9	7,15	12,1	11,8	10,8	5,30	7,00	100	-	-	0,26
1953	1,08	0,33	0,22	0,38	5,60	5,60	11,7	31,4	49,5	22,5	43,5	31,5	16,9	136	-	-	0,18
1954	13,6	6,00	2,35	3,00	3,40	15,3	10,1	9,20	9,30	13,4	13,6	5,80	8,75	65,0	-	-	1,34
1955	2,20	0,84	0,66	0,78	1,20	20,5	7,50	8,10	12,8	16,0	17,0	8,50	8,01	116	-	-	0,62
1956	5,70	1,48	1,36	1,68	4,45	2,95	9,10	15,0	22,6	16,6	17,0	6,50	8,70	38,0	-	-	0,82
1957	2,15	0,99	0,67	0,66	6,60	7,90	11,0	13,8	11,4	14,2	14,0	7,20	7,55	36,5	98,0	8 Jul.	0,55
1958	2,95	1,88	1,76	1,90	9,30	23,2	8,48	14,7	9,14	19,2	14,7	7,18	9,53	-	-	-	-
1959	2,21	0,50	0,69	5,75	10,2	15,5	27,5	12,4	22,5	18,3	23,6	13,9	12,8	102	127	19 Abr.	-
1960	5,03	1,14	0,90	0,89	0,97	6,00	6,30	6,30	7,50	13,2	13,2	3,85	5,44	37,0	60,0	22 Jun.	0,70
1961	1,42	0,72	1,00	1,19	1,18	9,09	9,97	10,6	30,2	27,3	25,5	14,8	11,1	65,0	104	14 Mar.	0,62
1962	5,30	6,60	3,35	1,44	2,63	6,26	4,78	7,90	7,00	15,0	13,2	4,15	6,47	24,0	24,0	14 Ago.	-
1963	1,16	0,71	0,80	0,68	1,10	2,30	14,6	17,8	21,0	24,0	31,0	31,5	12,2	86,0	70,0	20 Ago.	0,60
1964	11,2	3,15	3,55	3,60	3,48	1,08	3,50	4,73	9,64	11,8	7,78	0,77	5,36	-	52,0	6 Jul.	-
1965	2.43	4,60	1,48	12,4	5,89	9,58	14,0	32,5	13,4	22,0	26,5	18,5	13,6	126	130	9 Abr.	-
1966	7,50	2,60	1,52	6,00	4,15	26,9	22,9	12,1	18,4	23,8	29,3	21,0	14,7	79,0	96,6	8 Jul.	1,26
1967	11,1	4,73	2,03	1,40	2,52	3,01	4,82	5,53	10,8	11,7	14,1	6,15	6,49	24,7	38,0	24 Jul.	1,20
1968	1,80	0,91	0,85	0,92	0,84	0,68	0,68	1,13	2,24	2,55	2,35	0,74	1,31	-	4,32	22 Sep.	-
1969	0,30	0,08	0,09	0,83	5,80	25,2	16,6	17,9	11,6	10,3	15,7	10,7	9,59	197	275	7 Jun.	0,06

Cuadro III/7-F (Cont.)

Año	Caudal medio												Promedio anual	Caudal medio			Caudal mínimo medio diario
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		Media diaria	Instantáneo Caudal	Instantáneo Fecha	
1970	3,18	1,83	1,51	1,00	1,62	2,07	9,97	7,64	9,19	11,8	12,1	5,55	5,62	45,5	84,8	29 Jul.	1,96
1971	(5,3)	1,45	0,85	0,81	1,86	5,65	16,2	12,0	8,79	16,3	11,9	4,35	7,29	126	229	21 Jul.	0,76
1972	1,56	1,31	1,87	1,16	18,4	57,7	13,0	46,9	16,9	(20,7)	(26,4)	(41,6)	17,6	442	740	10 Jun.	0,77
1973	(18,3)	(5,3)	2,91	1,34	8,76	7,13	25,6	9,60	7,87	11,2	13,6	8,92	9,69	173	337	8 Jul.	1,02
1974	3,22	1,35	1,04	0,75	15,5	40,0	20,1	9,80	8,92	17,0	13,8	7,73	11,6	545	1.671	29 Jun.	0,58
1975	3,29	1,12	0,77	1,45	2,31	4,35	34,4	13,3	13,0	16,7	18,0	16,3	10,4	138	831	3 Jul.	0.52

( ) Datos rellenados.

Cuadro III/7-G

Caudales medios, máximos y mínimos en la Estación 17.

Teno después de Junta (en m^3/seg)

Año	Caudal medio												Promedio anual	Caudal medio			Caudal mínimo medio diario
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		Media diaria	Instantáneo Caudal	Instantáneo Fecha	
1947									48,5	65,2	115	82,1					
1948	38,4	27,1	26,4	-	-	24,1	71,6	41,9	76,1	95,3	128	121	65,0	148			16,5
1949	72,9	33,9	24,6	-	-	-	29,4	30,4	29,8	50,2	54,2	36,0	40,2	72,0			25,0
1950	27,4	18,8	14,6	-	86,4	53,5	27,9	56,7	59,7	67,8	108	138	59,9	156			18,0
1951	85,9	36,5	23,0	19,4	20,3	48,7	101	56,1	60,4	67,7	104	109	61,0	348			18,5
1952	63,3	32,8	22,0	15,8	32,3	41,6	44,7	29,4	41,5	49,7	59,7	63,9	41,4	111			12,0
1953	42,0	30,0	24,9	13,1	26,9	33,3	54,4	173	137	72,9	131	167	75,5	624			19,5
1954	119	80,0	52,4	31,0	24,7	70,9	36,6	36,3	34,6	49,7	80,9	73,6	57,5	175			19,5
1955	51,0	37,2	21,3	15,3	14,2	52,2	29,1	21,6	44,5	55,5	90,6	66,3	41,6	104			13,0
1956	49,5	30,8	25,2	24,5	27,6	18,6	32,6	43,8	37,9	57,2	92,0	65,4	42,1	122			18,5
1957	40,1	30,5	22,3	17,5	25,9	25,0	61,1	48,1	38,9	56,8	82,8	65,6	42,9	315			17,5
1958	43,2	38,0	22,4	29,2	(45,8)	63,2	41,0	55,2	45,5	86,8	115	93,5	57,6	264	399	14 Ago.	16,5
1959	57,2	38,9	31,9	66,5	42,2	49,7	95,2	67,2	73,9	79,4	144	141	73,9	228	270	17 Jul.	22,0
1960	77,5	40,2	28,1	19,0	13,5	34,7	29,3	30,0	33,8	61,4	91,6	58,9	43,2	129	237	2 Abr.	9,00
1961	29,4	30,5	48,6	16,0	11,5	27,6	34,7	43,0	86,4	125	145	140	61,5	480	755	14 Mar.	10,7
1962	83,7	41,1	34,2	18,4	14,0	33,3	29,6	39,7	35,0	71,5	104	61,0	47,1	163	209	27 Jun.	12,0
1963	37,2	31,6	19,2	11,7	12,0	15,4	55,5	61,1	80,9	92,8	119	190	60,5	364	504	31 Oct.	9,40
1964	129	56,4	34,2	20,3	12,9	14,4	19,1	19,1	36,4	50,6	(69,9)	61,2	44,1	176	194	1 Ene.	10,0
1965	38,0	27,0	22,1	34,6	37,1	47,2	65,8	106	50,6	80,8	(143,6)	117	62,0	308	578	8 Abr.	15,3
1966	118	46,2	36,3	35,6	31,1	73,0	78,4	43,5	63,8	90,3	126	128	72,5	252	337	11 Jul.	27,1

Cuadro III/7-G (Cont.)

Año	Caudal medio												Promedio anual	Caudal medio			Caudal mínimo medio diario
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		Media diaria	Instantáneo Caudal	Instantáneo Fecha	
1967	114	62,0	33,0	24,5	20,8	19,2	19,5	24,8	35,1	70,0	81,9	71,1	48,0	152	178	1 Ene.	15,7
1968	35,9	27,9	23,1	16,3	10,0	8,42	7,77	8,31	11,2	16,5	21,0	16,5	16,9	46,3	51,3	12 Dic.	6,53
1969	17,1	15,1	11,2	10.7	25,7	73,1	47,9	52,2	41,4	38,4	71,4	87,0	40,9	290	459	7 Jun.	6,76
1970	52,8	27,8	21,9	12,8	12,0	14,5	29,7	33,2	35,0	50,3	69,0	54,9	34,5	87,5	102	27 May.	9,01
						1947 - 1970											
QMed.	61,8	36,5	27,1	23,5	25,1	38,3	45,3	48,7	51,7	67,0	97,0	92,0	51,7	624			6,53
QMax.	129	80,0	52,4	66,5	86,4	73,1	101	173	137	125	145	190	113				
QMin.	17,1	15,1	11,2	10,7	10,0	8,42	7,77	8,31	11,2	16,5	21,0	16,5	12,8				
1971	36,6	20,7	15,1	9,96	15,6	16,0	53,0	31,7	36,7	65,2	85,6	61,5	37,3	213	377	20 Jul.	7,60
1972	34,1	26,3	22,9	13,7	77,2	125	46,2	122	89,6	85,1	108	187	77,9	492	536	14 Ago.	12,4
1973	163	87,2	47,0	22,4	68,9	37,3	65,0	40,5	50,7	57,9	90,1	94,1	68,7	252	700	26 May.	13,5
1974	52,2	34,0	21,9	13,4	74,8	117	65,3	41,5	36,9	62,4	78,3	83,3	61,8	365	-	21 May.	10,3
1975	65,5	31,4	22,4	20,9	32,9	26,7	85,5	52,1	53,2	65,9	94,0	108	54,9	480	-	3 Jul.	16,0
1976	54,1	33,9	27,0	16,2	12,0	53,8	23,3	19,9	21,6					318	499	15 Jun.	8,2

( ) Datos rellenados

Cuadro III/7-H

Caudales medios, máximos y mínimos en la Estación 18.

Teno en Puente Ferrocarril (en m^3/seg)

Año	Caudal medio												Caudal medio			Caudal mínimo medio diario
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Media diaria	Instantáneo Caudal	Instantáneo Fecha	
1951				5,00	14,4	57,0	96,6	93,8	64,8	35,2	41,0	61,7	239	323	14 Jun.	-
1952	33,0	11,7	5,30	3,10	48,5	50,4	52,6	36,0	41,5	29,1	19,5	39,6	593	800	14 May.	-
1953	17,8	11,0	5,00	2,10	13,9	32,7	56,1	237	224	43,0	77,7	160	1.015	1.370	19 Ago.	-
1954	84,0	42,4	15,5	20,4	20,1	77,2	46,0	55,6	30,7	24,8	34,0	38,4	315	425	9 Jun.	-
1955	21,8	15,7	5,30	3,90	7,60	62,5	37,4	34,5	47,7	31,5	35,6	39,7	315	425	23 Dic.	-
1956	16,0	12,3	6,20	6,80	15,1	14,6	37,2	68,5	38,5	31,0	27,9	40,2	131	177	18 Nov.	-
1957	15,9	11,3	3,90	7,60	17,8	28,8	56,3	51,5	59,3	44,2	13,1	13,8	114	154	25 Nov.	-
1958	9,90	5,40	5,70	1,10	19,6	73,2	27,0	102	53,8	48,9	45,4	51,7	716	965	15 Jun.	-
1959	26,9	20,9	9,80	56,9	51,8	65,4	121	97,3	23,5	42,0	63,4	88,5	232	313	19 Jul.	-
1960	37,8	14,4	6,00	6,00	5,30	38,2	16,6	42,0	30,2	34,0	36,0	29,0	200	270	21 Jun.	-
1961	7,10	10,6	9,30	3,90	8,20	46,2	53,8	67,2	127	80,1	74,6	98,4	477	643	27 Sep.	-
1962	44,2	14,0	9,00	6,50	7,00	30,5	33,2	53,5	24,8	33,4	29,2	25,8	194	262	27 Jun.	-
1963	10,2	9,70	3,90	2,00*	6,60	15,8	63,0	93,0	106	57,0	81,0	124	655	884	31 Dic.	6,45
1964	136	25,0	10,8	8,40	5,93	11,5	23,8	26,9	40,8	16,2	23,0	25,2	111	136	24 Dic.	5,20
1965	15,4	9,50	7,50	73,6	51,4	77,2	128	180	59,5*	46,0*	87,5*	88,7	577	785	16 Ago.	6,45
1966	67,8	24,7	12,6	28,2	27,9	85,2	102	59,1	60,3	56,1	79,9	80,7	290	319	11 Jul.	9,30
1967	62,8	28,4	9,10	14,0	13,7	19,9	21,9	26,4	23,3	42,3	47,6	34,6	125	169	9 Dic.	6,79
1968	10,2	8,70	6,80	5,20	4,70	2,50	2,30	3,40	2,80	3,80	4,40	3,40	36	47	16 Nov.	1,31
1969	3,30	3,00	5,10	3,54	18,8	-	-	65,7	35,2	12,4	42,5	61,3	-	-	7 Jun.	1,79
1970	17,6	10,3	7,80	4,85	6,23	13,8	43,7	41,2	25,0	24,4	38,7	23,6	101	125	29 Jul.	2,43

* Valores aproximados

Nota: Datos medidos solo desde agosto de 1962.

Observaciones: Sección instalada el 3 de julio de 1962. La presente estadística corresponde a la suma de los brazos norte y sur del río Teno. La estadística ampliada ha sido calculada por el grupo Estudios Hidrológicos.

Cuadro III/7-J : Caudales medios en la Estación 16 - Calleuque en Los Cardos (en m^3/seg)

Año	Caudal medio											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1967					3,24	2,92	11,5	2,94	508	8.	4,89	4,25
1968	3,82	2,78	3,26	4,27	1,49	1,38	2,23	2,92	1,22	0,86	0,211	0,16
1969	-	-	0,05	0,19	1,68	17,9	7,	9,34	2,02	0,5	0,81	2,67
1970	2,43	0,29	0,45	0,49	4,41	6,1	25,6	7,9	2,9	3,9	4,46	-
1971	0,8	-	0,13	1,1	2,3	21,3	15,7	5,6	2,4	5,7	4,5	5,7
1972	2,4	-	2,21	4,2	32,6	50,7	15,4	47,1	31,6	7,1	6,6	5,6
1973	2,46	1,98	4,6	8,5	22,5	10	40,1	9,63	3,17	17,2	3,5	3,58
1974	2	0,6	1,12	4,67	28,6	46,2	15,6	2,4	2,3	1,76	4,7	6,6
1975									17,8	20,3	38,1	448
1976	3,53	0,333	0.257	0,194	1,19	20,0	14,4	13,6	6,97	29,5	40,3	149

Observaciones: entre enero y mayo de 1976, canal en terminaciones.

4.3 Dependencia de los caudales

Para establecer el grado de dependencia que existe entre los caudales de los distintos ríos, se hizo un análisis de regresión en base a los caudales mensuales naturales. Estos datos incluyen los gastos del Río Tinguiririca en la Estación 12, Río Claro en la Estación 11, Río Teno en la Estación 17 y los caudales de invierno del Estero Chimbarongo en la Estación 15 (Quinta). En relación a los caudales de verano en esta estación, que parecen alcanzar su punto más alto en noviembre y diciembre (véase Cuadros III/7-A a III/7-J) es posible suponer que en lo fundamental reflejan las derivaciones de caudal desde el Tinguiririca, más abajo de la confluencia con el Río Claro. Para validar esta suposición se incluyeron en el análisis de regresión los flujos de verano de Quinta.

Los resultados del análisis de regresión del Cuadro III/8 muestran que generalmente existe un alto grado de dependencia entre los caudales de los diferentes ríos, basándose en los elevados coeficientes de correlación obtenidos y excluyendo unos pocos casos en marzo y en abril. Este hecho sugiere que las fluctuaciones de las precipitaciones de un año a otro e incluso las fluctuaciones de las precipitaciones de un mes a otro son comunes a grandes regiones que circundan a la región del proyecto. En consecuencia debería haber buenas posibilidades de que coincida un bajo nivel de agua caída en la región del proyecto, con un escurrimiento de invierno bajo en los ríos principales seguido también por caudales bajos de verano.

Los caudales del Chimbarongo en Quinta parecen correlacionarse mejor con los del Claro durante el invierno, pero en cambio en verano se obtiene la mejor correlación con el Tinguiririca más el Claro (Estación 12 + Estación 11). Esto último sugiere que el origen de los recursos de verano estaría en los caudales del Río Tinguiririca aguas abajo de la junta con el Río Claro. Esto se debería a las prácticas de riego existentes en la zona.

Este hallazgo concuerda con el supuesto antes planteado.

Además de los análisis de regresión entre los distintos ríos, se verificó un análisis de correlación mes a mes de la serie de tiempo de los caudales mensuales del Teno. Los resultados (Cuadro III/7) indican una dependencia alta de un mes a otro durante los meses de verano y casi ninguna dependencia durante el invierno. Estos resultados son típicos en ríos que se alimentan por deshielo en el verano y por lluvias en invierno.

4.4 Obtención de datos faltantes

Los datos del Cuadro III/7 presentan algunos vacíos. Estos se completaron (valores entre paréntesis) usando las ecuaciones y coeficientes de regresión consignadas en el Cuadro III/8. En cada caso se usaron las relaciones con mejor coeficiente de correlación. En aquellos casos en que se obtuvieron coeficientes de correlación muy inadecuados (en cuyo caso no se computaron coeficientes de regresión) los datos faltantes se estimaron partiendo de la relación:

Cuadro III/8

Resultado del Análisis de Regresión

Mes	15 = f (11+12)			15 = f (12)			15 = f (11)			17 = f (11+12)		
	K	C	COR	K	C	COR	K	C	COR	K	C	COR
May.	-1,09	0,292	0,817	-2,19	0,424	0,751	2,05	0,807	0,875	- 8,88	1,54	0,930
Jun.	3,83	0,432	0,712	0,80	0,780	0,684	8,60	0,893	0,717	3,36	1,02	0,936
Jul.	2,83	0,336	0,614	6,86	0,364	0,392	4,80	0,860	0,777	0,15	1,14	0,948
Ago.	-6,71	0,558	0,900	-9,56	0,918	0,888	-1,44	1,360	0,899	-4,07	1,28	0,879
Sep.	-8,91	0,458	0,670	-8,16	0,604	0,599	-6,73	1,480	0,776	-1,91	1,11	0,945
Oct.	1,42	0,132	0,698	1,15	0,184	0,696	2,87	0,414	0,662	-1,66	1,11	0,885
Nov,	-0,10	0,106	0,885	-0,07	0,131	0,832	3,76	0,311	0,831	-6,04	1,16	0,880
Dic.	3,38	0,061	0,690	2,34	0,082	0,695	6,93	0,187	0,597	-26,50	1,26	0,939
Ene.	0,56	0,066	0,863	0,31	0,072	0,859	3,59	0,454	0,736	-37,50	1,24	0,940
Feb.	-2,89	0,121	0,961	-3,05	0,128	0,953	2,55	0,747	0,635	-18,90	0,97	0,875
Mar.	-1,15	0,131	0,848	-1,44	0,144	0,846	2,36	0,755	0,644	- 4,30	0,84	0,756
Abr.	-0,64	0,192	0,832	-1,97	0,076	0,846	2,67	0,525	0,728	(-)	(-)	0,346

Explicación de símbolos: 15 = f (12) significa que el caudal en Estación 15 es función del caudal en la Estación 12, según (caudal 15) = K + C (caudal 12), la ecuación de regresión típica.
COR es el coeficiente de correlación.

Cuadro III/8 (Cont.)

MES	11 = f (12)			17 = f (12)			12 = f (11)			17 Serial *		
	K	C	COR	K	C	COR	K	C	COR	K	C	COR
May.	- 5,10	0,544	0,854	-16,40	2,35	0,909	12,28	1,34	0,854	(-)	(-)	0,003
Jun.	- 8,54	0,815	0,911	- 3,06	1,76	0,875	13,20	1,02	0,911	17,90	0,85	0,640
Jul.	- 1,73	0,532	0,757	0,02	1,65	0,881	12,90	1,16	0,757	(-)	(-)	0,223
Ago.	- 5,78	0,646	0,951	-10,20	2,07	0,859	10,50	1,40	0,951	(-)	(-)	0,367
Sep.	- 5,59	0,608	0,831	- 7,88	1,75	0,915	16,70	1,14	0,831	20,80	0,61	0,811
Oct.	- 1,91	0,406	0,851	- 1,64	1,52	0,842	13,60	1,91	0,881	35,50	0,54	0,651
Nov.	- 7,55	0,362	0,668	-10,40	1,52	0,808	48,00	1,23	0,668	16,90	1,18	0,874
Dic.	-13,10	0,288	0,812	-37,00	1,57	0,915	59,10	2,29	0,812	-20,60	1,20	0,770
Ene.	- 5,56	0,133	0,792	-40,60	1,36	0,931	56,10	4,73	0,792	- 8,33	0,75	0,921
Feb.	- 3,16	0,093	0,556	-26,00	1,14	0,904	47,90	3,71	0,566	10,87	0,42	0,908
Mar.	(-)	(-)	0,253	- 3,60	0,57	0,749	(-)	(-)	0,253	9,23	0,48	0,795
Abr.	- 3,77	0,272	0,702	(-)	(-)	0,301	17,70	1,81	0,702	(-)	(-)	0,166

* Nota: La ecuación de la serie de tiempo es: $(\text{caudal } 17)_{\text{mes } t} = K + C\ (\text{caudal } 17)_{\text{mes } t-1}$

() = valores no calculados a causa del bajo coeficiente de correlación.

Cuadro III/9 : Caudales estacionales ($10^6 m^3$)

Año	Tinguiririca E.12			Claro Est.11			Teno Est. 17			Teno Est. 18			Tinguiririca E.10			Calleuque E.16			Chimbarongo E.15			Chimbarongo E.		
	W	S	Y	W	S	Y	W	S	Y	W	S	Y	W	S	Y	W	S	Y	W	S	Y	W	S	Y
1951/2	459	1071	1570	195	141	336	753	1089	1842															
1952/3	385	1018	1403	161	78	239	408	745	1243															
1953/4	571	1376	1947	273	322	595	1117	1716	2833															
1954/5	361	882	1243	124	98	222	534	1022	1556															
1955/6	270	769	1039	132	136	268	425	899	1324															
1956/7	274	925	1199	142	118	260	422	854	1276															
1957/8	315	888	1203	133	134	267	523	888	1411				(-)	66	(-)									
1958/9	355	976	1331	170	133	303	659	1287	1946				796	262	1058									
1959/0	487	1143	1630	232	167	399	863	1390	2253				956	417	1373									
1960/1	225	862	1087	71	91	162	372	883	1255				494	152	646									
1961/2	282	1307	1589	161	221	382	534	1544	2078				857	538	1395									
1962/3	228	832	1060	75	95	170	399	883	1282	394	298	692	458	103	561				94	114	208			
1963/4	318	1415	1733	149	285	434	591	1686	2277	752	1157	1909	638	827	1465				267	162	429			
1964/5	212	856	1068	59	109	168	268	797	1065	288	446	734	462	212	674				93	105	198			
1965/6	530	1324	1854	198	223	421	807	1517	2324	1312	926	2238	1455	788	2243				277	166	443			
1966/7	494	1247	1741	222	245	467	762	1519	2281	884	865	1749	1512	586	2098				233	160	393			
1967/8	250	927	1177	70	96	166	314	857	1171	278	407	685	440	196	636	67	81	148	96	130	226			
1968/9	131	501	632	14	19	33	120	284	404	42	69	111	105	11	116	24	4	28	34	30	64			
1969/0	355	904	1259	203	116	319	632	820	1452	748	408	1156	743	177	920	100	20	120	120	78	198	217	173	390
1970/1	275	742	1017	80	99	179	327	673	1000	343	287	630	482	79	561	123	27	150	118	85	203	237	206	443
1971/2	337	1047	1384	117	102	219	402	813	1215				680	350	1030	124	65	189	139	116	255	236	249	485
1972/3	784	1585	2369	412	306	708	1210	1838	3048				1453	1218	2671	466	96	562	395	200	595	534	307	841
1973/4	356	988	1344	155	105	260	690	955	1645				827	304	1131	225	85	310	132	123	255	235	205	440
1974/5	400	1060	1460	248	119	367	882	957	1839				1181	463	1644				278	117	395	403	284	687
1975/6	327	1061	1388	177	189	366	658	1049	1707				959	273	1232				253	151	353	461	352	813

Promedios

1951/2 - 1975/6			1951/2-1975/6			1951/2 - 1975/6						1962/3 - 1975/6						1962/3-1975/6					
361	1028	1389	159	150	309	591	1078	1669				814	399	1213				181	124	305			
1962/3 - 1975/6			1962/3-1975/6									1967/8 - 1973/4			1967/8-1973/4			1969/0-1975/6			1969/0-1975/6		
357	1035	1392	155	150	305							676	333	1009	161	54	215	205	124	329	332	253	585
1962/3 - 1975/6 sin 1968/9			1962/3-1975/6 sin 1968/9			1962/3 - 1970/1			1962/3 - 1970/1			1962/3 - 1975/6 sin 1968/9						1962/3-1975/6 sin 1968/9					
374	1076	1450	166	160	326	469	1004	1473	560	540	1100	868	429	1297				192	131	323			

Explicación de símbolos: W = caudal de invierno, mayo a septiembre
S = caudal de verano, octubre a abril
Y = W + S

Nota: se supone que todos los meses tienen igual número de días.

$$Mm = \frac{(\bar{M})}{(\bar{Y} - \bar{M})} Ym,$$

en que: Mm = Caudal mensual faltante
$\bar{M}$ = Media del caudal mensual
Ym = Caudal anual sin Mm
$\bar{Y}$ = Media de los caudales anuales

4.5 Consistencia de los datos hídricos

Un paso adicional en el análisis de los datos de caudal lo constituyó la comparación del escurrimiento promedio en cada estación con la precipitación media en la cuenca aportante. Se hicieron comparaciones para períodos comunes en cada par de estaciones, dependiendo de la amplitud de los datos. En orden a obtener comparaciones significativas, el año se dividió en dos estaciones: la estación de invierno que abarca desde mayo a septiembre (5 meses) y la estación de verano que comienza en octubre y finaliza en abril (7 meses). El Cuadro III/9 muestra los escurrimientos anuales y estacionales en todas las estaciones relevantes, junto con los caudales medios calculados para diferentes períodos. A continuación se presentan las comparaciones efectuadas.

Cuadro III/10: Comparación de los escurrimientos del Río Tinguiririca con los del Río Teno (medias del período 1951/52 a 1975/76)

Estación	Area tributaria km^2	Escurrimiento de invierno 10^6 m^3	Escurrim. de verano 10^6 m^3	Escurrimiento anual $10^6 m^3$	Escurrimiento total mm(1)	Precip. media(2) mm
Tinguiririca (Estación 12)	1.435	361	1.028	1.389	968	2.290
Teno (Estación 17)	1.228	591	1.078	1.669	1.359	2.550

(1) Valores obtenidos dividiendo el escurrimiento anual total por el área tributaria y que tienen la dimensión de una altura de precipitación.

(2) Valores anuales medios estimados (Cuadro III/1)

El escurrimiento anual del Teno por unidad de área excede al del Tinguiririca en casi 400 mm, diferencia que se explica sólo en forma parcial por la diferencia en la precipitación media. Las pérdidas anuales de agua debido a evaporación son de casi 1.250 mm en cada cuenca, es decir, más alta que la evaporación anual " de lago " en la estación Espinalillo (veáse Cuadro III/5) en casi 300 mm. Este fenómeno puede

estar vinculado a velocidades de viento más altas a mayores alturas. El hecho de que el caudal de invierno del Teno sea relativamente más alto que el del Tinguiririca puede explicarse al menos en parte por la diferente geometría de las cuencas ya que la cuenca baja del Teno es mucho más amplia que la del Tinguiririca.

Se llega a la conclusión de que los datos relativos al caudal del Río Tinguiririca en la Estación 12 y del Río Teno en la Estación 17 son generalmente compatibles entre sí, si bien los del Teno son levemente más altos que lo previsto.

Cuadro III/11: Comparación de los escurrimientos del Río Claro con los del Estero Chimbarongo (medias del período 1962/63 a 1975/76) (1)

Estación	Area tributaria Km^2	Escurrimiento de invierno $10^6 m^3$	mm	Escurrim. de verano $10^6 m^3$	Escurrimiento anual $10^6 m^3$	total mm	Precip. media mm
Claro (Estación 11)	358	155	-	150	305	852	1.430
Chimbarongo (Estación 15)	489	181	370	125	305	624	860

(1) Ver notas al Cuadro III/10.

El escurrimiento anual del Chimbarongo por unidad de área no puede ser explicado sólo por la precipitación, aún si se supone que la evaporación anual en su cuenca alcanza sólo al 75% de la del Río Claro. Por otra parte, el escurrimiento de invierno del Chimbarongo por unidad de área, que alcanza a 370 mm, es compatible con el resto de los datos referentes a este río. El hecho de que la evaporación anual de la cuenca del Río Claro sea inferior a la obtenida para el Tinguiririca y el Teno se explica por la elevación relativamente menor de la cuenca del Claro.

Se llega a la conclusión de que el caudal de verano del Chimbarongo en la Estación 15 (Quinta) proviene en gran medida de otra cuenca. El caudal de invierno es compatible con el caudal anual del Claro.

Cuadro III/12 : Comparación de los escurrimientos del Estero Chimbarongo en las Estaciones 14 y 15 (medias del período 1969/70 a 1975/76) (1)

Estación	Area tributaria Km^2	Escurrimiento de invierno $10^6 m^3$	mm	Escurrim. de verano $10^6 m^3$	Escurrimiento anual total $10^6 m^3$	mm	Precip. media mm
Chimbarongo (Estación 14)	630	332	527	253	585	929	820
Chimbarongo (Estación 15)	489	205	419	124	329	673	860
Est. 14 - Est.15	141	127	900	129	256	1.816	700

(1) Ver notas al Cuadro III/10

Es evidente que el caudal anual en la Estación 14 es demasiado alto si se supone que resulta tan sólo de la precipitación. Esta observación es válida tanto para el caudal de verano como para el caudal de invierno. El caudal de retorno del regadío aguas arriba (cuyas fuentes son los ríos Tinguiririca y Claro) explica el caudal de verano en la estación. Pequeñas cantidades de caudal base natural pueden constituir un componente adicional en el verano. El elevado caudal de invierno en la Estación 14 puede deberse a que se producen transferencias de agua entre cuencas también en invierno, o bien a inexactitudes en las mediciones.

Se llega a la conclusión de que los escurrimientos en la Estación 14 (Convento Viejo) reflejan caudales que provienen de las cuencas adyacentes o bien de errores en los datos referentes a caudales altos. Esta última conclusión se ve confirmada por el análisis independiente de la curva de calibración de la estación, que ha sido efectuado en relación con la capacidad de descarga del vertedero (Capítulo 9 de este Anexo).

Cuadro III/13 : Comparación de los escurrimientos del Río Teno en las Estaciones 17 y 18 (medias del período 1962/63 a 1970/71) (1)

Estación	Area tributaria Km^2	Escurrimiento de invierno $10^6 m^3$	mm	Escurrim. de verano $10^6 m^3$	Escurrimiento anual total $10^6 m^3$	Precip. media mm
Estación 17	1.228	469	-	1.004	1.473	2.550
Estación 18	1.523	560	-	540	1.100	2.260
Est.18-Est.17	295	91	308	- 464	- 373	1.050

(1) Ver notas al Cuadro III/10.

El escurrimiento de verano en la Estación 18 refleja captaciones aguas arriba para regadío, una fracción del cual vuelve al Estero Chimbarongo en Convento Viejo. El escurrimiento de invierno del Teno en la estación incluye el escurrimiento local que se origina entre las estaciones 17 y 18, el cual parece ser ligeramente inferior a lo que sería de esperar según la precipitación en la cuenca aportante.

5. CAUDALES NATURALES Y BALANCES HIDROLOGICOS

5.1 Balance en Convento Viejo

Se ha demostrado que tanto los caudales de invierno como los de verano en el Estero Chimbarongo Estación 14, reflejan un régimen hidrológico que no es natural, es decir está afectado por la actividad humana (riego) o por transferencia de caudales desde cuencas vecinas. Para determinar el régimen natural de invierno en la estación se recurrió a los caudales correspondientes aforados en la Estación 15 (Quinta), pero incrementados en 20% para explicar el escurrimiento local que se origina entre ambas estaciones. Este factor de 20% toma en cuenta el tamaño, aspectos geológicos y la precipitación sobre la región. De este modo se ha evitado en el análisis cualquier dato que no sea completamente seguro o la posibilidad de que debido a transferencias de recursos no detectados entre los distintos cauces sean contabilizados algunos recursos dos veces. El caudal base del verano que no es consumido localmente se trata más adelante.

En relación con el caudal de verano en la Estación 14, se verificó un balance de agua, de la manera siguiente: el área total bruta aguas arriba de Convento Viejo, regada en la actualidad con las aguas del Tinguiririca y el Teno es de 40.100 hectáreas, de las cuales 26.600 ha reciben aguas del Tinguiririca y 13.500 ha reciben aguas del Teno. El área neta regada se ha considerado como el 90% del área bruta, es decir 0.9 x 40.100 = 36.100 ha

Suponiendo una demanda de 12.000 m^3/ha y pérdidas en los canales de 10%, la cantidad total ingresada a la región es al menos: 36.100 x 12.000 x 1.1 = 476 x $10^6 m^3$/año. Aplicando una evapotranspiración de 8.000 m^3/ha sobre el área bruta (véase Sección 5.2 Balance en San José de Marchigüe) se obtiene: 8.000 x 40.100 = 321 x $10^6 m^3$/año. El volumen no utilizado es entonces: 476-321 = 155 x $10^6 m^3$/año. Este volumen debe aparecer en Convento Viejo, si bien es posible que se produzca un retardo en el subsuelo. El exámen de las fluctuaciones del agua subterránea en la región indica que una elevación media en el nivel freático de aproximadamente 0.25 m debería preverse entre octubre y abril en un año normal de lluvia. Considerando un almacenamiento de 20%, esta elevación es equivalente a 0.2 x 0.25 x 40.100 x 10.000 = 20 x $10^6 m^3$. Se desprende que de los 155 x $10^6 m^3$ sólo 155 - 20 = 135 x $10^6 m^3$ deberían aparecer en Convento Viejo entre octubre y mayo. Sin embargo, el caudal medio de verano aforado en Convento Viejo para el período 1969/70-1975/76 es 253 x $10^6 m^3$ (Cuadro III/9). La diferencia de 118 MMC entre las dos cantidades se atribuye a:

i) Caudal base de verano natural, estimado en 40 x $10^6 m^3$ en un año normal.

ii) Retiro por los canales por sobre la demanda supuesta de 12000 m^3/ha, una práctica evidenciada aún con la escasa información disponible.

iii) Tal vez caudales no detectados del Tinguiririca al Chimbarongo.

La suma de los rubros (ii) y (iii) se eleva por lo tanto a:

118 - 40 = 78 millones de m^3/año.

El resumen del balance hidrológico aplicable al período 1969/70-1975/76 es el siguiente:

Caudal de invierno total	1,2 x 205= 246 x $10^6 m^3$/año	
Caudal de verano	40 x $10^6 m^3$	
Caudal de retorno razonable del regadío (suponiendo una demanda de 12.000 m^3/ha)	135	
Exceso de caudal en canales unido a caudales no detectados	78	
Caudal total de verano		253 x $10^6 m^3$/año
Caudal total anual		499 x $10^6 m^3$/año

5.2 Balance en San José de Marchigüe

San José de Marchigüe marca la salida del Río Tinguiririca del área del proyecto actualmente bajo cultivo. Un balance hidrológico histórico en este punto podría revelar importante información hidrológica, tal como la magnitud del caudal de retorno, la magnitud de la evapotranspiración real, etc. El caudal en San José de Marchigüe se puede representar de manera adecuada mediante el del Tinguiririca en los Olmos (Estación 10) en conjunto con el de Calleuque en Cardos (Estación 16). En consecuencia, el balance hidrológico que se ofrece a continuación incluirá como caudales de entrada y de salida, respectivamente, los siguientes componentes:

Caudal de entrada: Tinguiririca Estación 12, Claro Estación 11, Chimbarongo Estación 14 (régimen natural).

Caudal de salida : Tinguiririca Estación 10 y Calleuque Estación 16. Dado que el agua se transfiere fácilmente mediante canales desde el Tinguiririca bajo (Estero Chimbarongo) al Estero Calleuque, el caudal en las dos estaciones de salida será tratados como un todo único.

El período del balance hidrológico será 1962/63 - 1975/76 con exclusión de 1968/69 (13 años). Este período queda determinado por los registros del Chimbarongo en Quinta. Dado que los registros en la Estación 16 cubren un período más corto, la media de 13 años para esta estación será determinada estableciendo una proporción con los caudales correspondientes de la Estación 10. Por tanto, los caudales estacionales medios en la Estación 16 para el período del balance hidrológico son (Cuadro III/9):

Invierno: $\frac{868}{676} \times 161 = 207 \times 10^6 m^3$

Verano $\frac{429}{333} \times 54 = 70 \times 10^6 m^3$

Total anual: $277 \times 10^6 m^3$

Los caudales considerados en el balance hidrológico, deberían tambien incluír el caudal de retorno que ingresa a la región desde el Río Teno y el que escapa de la región desde el Tinguiririca alto a la cuenca del Cachapoal. Se ha supuesto que están en proporción a las áreas regadas correspondientes, como sigue:

Caudal de retorno que ingresa desde el Teno:

$$\frac{13.500}{40.100} \times 135 = 45 \times 10^6 m^3$$

Caudal de retorno que escapa al Cachapoal:

$$\frac{17.000}{40.100} \times 135 = 57 \times 10^6 m^3$$

donde $135 \times 10^6 m^3$ es el caudal de retorno razonable en Convento Viejo para un área de 40.100 hectáreas.

Por otra parte, el flujo de agua subterránea que sale de la región por el valle de Tinguiririca bajo se estima en $12 \times 10^6 m^3$/año (véase Anexo IV).

La variación del almacenamiento subterráneo entre las estaciones de verano e invierno ha sido estimado en $30 \times 10^6 m^3$. Este cálculo considera $20 \times 10^6 m^3$ almacenados en el área aguas arriba de Convento Viejo (véase 5.1) y $10 \times 10^6 m^3$ adicionales en el área inferior. Esta última cantidad se estimó atendiendo a la información existente sobre niveles del agua subterránea.

Cuadro III/14: Resumen de escurrimientos medios para 1962/63 - 1975/76 (excluyendo 1968/69)

	Area tributaria Km^2	Invierno $10^6 m^3$	Verano $10^6 m^3$	Año $10^6 m^3$
Estación 12	1.435	374	1.076	1.450
Estación 11	358	166	160	326
Estación 14	630	230(1)	40	270
Retornos del Teno	-	-	45	45
Retornos del Cachapoal	-	-	-57	-57
Estación 10	3.089	-868	-429	-1.297
Estación 16	591	207	- 70	- 277
Agua subterránea que escapa de la región	-	- 5	- 7	- 12
Diferencia de almacenamiento subterráneo	-	30	- 30	0
Total	(1.257) (2)	-280	728	448

(1) Escurrimiento en Quinta x 1,2

(2) Diferencia.

De acuerdo a lo indicado más arriba es posible llegar a las siguientes conclusiones relativas al balance hidrológico:

a) El escurrimiento local de invierno, para una zona de 1.257 Km^2, ubicada entre las estaciones de entrada y salida, es de 280 x $10^6 m^3$/año, equivalente a 223 mm. Esta cifra es compatible con las conclusiones anteriores si se toma en cuenta que la precipitación anual media sobre la zona es de casi 750 mm.

b) El consumo medio anual de agua por evapotranspiración de la zona actualmente regada alcanza a 728 x $10^6 m^3$/año. El área(bruta) de esta zona es de aproximadamente 110.000 hectáreas. Sin embargo se sabe que no toda la zona es regada cada año. En ausencia de registros oficiales, se hicieron las siguientes estimaciones:

Zona agrícola	Area bruta ha	Fracción de zona regada	Area regada ha (1)
I	47.000	1,0	47.000
II	33.000	0,8	26.400
III	30.000	0,5	15.000
Total	110.000	-	88.400

(1) Areas regadas casi todos los años, pero no necesariamente en condiciones óptimas.

Se obtiene así que la evapotranspiración del área actualmente bajo regadío llega a:

$$\frac{728 \times 10^6}{88.400} = 8.235 \ m^3/\text{hectárea}.$$

Esta cifra se ha redondeado a 8.000 m^3/hectárea ó 800 mm.

c) Está implícito en el cómputo del balance hidrológico y en la conclusión (ii) el supuesto de que todas las demás pérdidas de agua en el sistema, sea por filtración desde los canales o por infiltración profunda, a la postre regresan al río con excepción de aquellas incluídas en el balance hidrológico.

6. CAUDAL DE REUSO Y DE RETORNO EN EL SISTEMA ACTUAL

6.1 Definiciones y relaciones

Las siguientes son algunas definiciones que se usan en este trabajo:

Coeficiente de reuso Cu: Fracción en que se reduce la demanda por unidad de área debido a la reutilización del caudal de retorno.

Coeficiente de retorno Cr: Cantidad de agua que a la larga sale de un área regada, expresada como fracción de la cantidad real proporcionada al área, o "demanda ajustada" del área.

Coeficiente de pérdidas en canales Cc: Fracción del agua proporcionada a un área, que se pierde por filtración en los canales.

Las relaciones entre estos factores se indican a continuación:

Sea UC = uso consuntivo estacional de un área en m^3/ha.

e = eficiencia de riego a nivel predial

D = demanda estacional para riego del área en m^3/ha.

entonces $$D = \frac{UC}{e}$$

La demanda ajustada Da viene dada por:

$$Da = \frac{(1 - Cu)}{(1 - Cc)} \times D \times A = C \times D \times A \ (m^3)$$

en que $$C = \frac{1 - Cu}{1 - Cc}$$

El caudal de retorno, R se obtiene por medio de la relación:

$$R = (Da - 8.000 \times 1{,}1\ A)$$

en que 1.1 A es el área regada bruta y

8.000 representa la evapotranspiración estacional en m^3/ha.

El coeficiente de retorno, es por tanto:

$$Cr = \frac{R}{Da} = \left(1 - \frac{8.800}{C \times D}\right)$$

6.2 Determinación del coeficiente de reuso

Al centrar la atención en años individuales con caudales de entrada que en pequeña medida sobrepasan los requerimientos de evapotranspiración (años en que se satisface solamente el requerimiento normal de riego y en que el caudal de salida está constituído en lo fundamental por el caudal de retorno), se observa que una parte considerable de lo que constituiría el caudal de retorno del sistema ha sido reutilizado. A continuación se indican los valores para el verano de 1970/71 (véase Cuadro III/9).

Caudal de entrada combinado del Tinguiririca y el Claro	841 x $10^6 m^3$
Caudal base en Estación 14 (Cuadro 15)	14
Caudal de retorno, Teno menos (-) Cachapoal	-12
Agua subterránea que escapa de la zona (estimado)	-3
Variación del almacenamiento subterráneo	-30
Caudal de ingreso neto para regar 88.400 ha	810 x $10^6 m^3$
Caudal de retorno combinado de Tinguiririca y Calleuque	106 x $10^6 m^3$
Evapotranspiración de 88.400 ha	704 x $10^6 m^3$

Sin embargo, si el caudal de retorno no fuese reutilizado, el caudal de entrada hubiera bastado para regar únicamente a:

$$810 \times 10^6 / 13.200 = 61.400 \text{ hectáreas,}$$

produciendo un caudal de retorno de:

$$(13.200 - 8.000) \times 61.400 = 319 \times 10^6 m^3$$

en que: (13.200 = 12.000 x 1,1 es el agua requerida para satisfacer la demanda supuesta en m^3/ha, incluyendo pérdidas en canales).

En consecuencia, una cantidad igual a 319 - 106 = 213 x $10^6 m^3$ ó 67 por ciento de lo que el caudal de retorno pudiera ser, será reutilizada de hecho en el sistema. En términos de la cantidad de agua promedio entregada a toda la zona se llega a:

$$\frac{810 \times 10^6}{88.400} = 9.160 \text{ } m^3/\text{ha en lugar de } 13.200 \text{ } m^3/\text{ha.}$$

Se desprende que el"coeficiente de reuso" promedio durante 1970/71 fue de:

$$\frac{13.200 - 9.260}{13.200} = 0,30$$

Cuadro III/15 : Estación 14 - Chimbarongo en Convento Viejo

Caudales medios mensuales calculados (régimen natural)

(en m^3/seg)

AÑO	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A
51/52	4.20	25.0	34.3	20.9	22.7	4.32	3.84	3.48	3.12	2.76	2.40	2.16
52/53	15.7	24.5	21.2	10.1	13.4	3.96	3.60	3.12	2.76	2.52	2.28	2.04
53/54	7.92	16.3	17.9	49.6	79.7	5.04	4.56	3.96	3.60	3.24	2.88	2.52
54/55	5.76	26.8	16.2	13.3	8.52	3.36	3.00	2.64	2.40	2.16	1.92	1.68
55/56	3.72	32.4	13.6	11.5	14.6	2.04	1.80	1.68	1.44	1.32	1.20	1.08
56/57	6.72	13.6	15.2	22.8	32.0	2.04	1.80	1.68	1.44	1.32	1.20	1.08
57/58	8.88	18.8	17.2	20.9	12.2	2.16	1.92	1.68	1.56	1.32	1.20	1.08
58/59	11.5	35.3	14.6	22.3	8.16	2.64	2.40	2.16	1.92	1.68	1.56	1.32
59/60	12.4	27.0	34.2	18.6	31.9	3.00	2.64	2.40	2.16	1.92	1.68	1.56
60/61	3.48	16.8	12.4	8.64	5.28	1.68	1.56	1.32	1.20	1.08	0.96	0.84
61/62	3.72	20.2	16.1	15.6	45.5	3.00	2.64	2.40	2.16	1.92	1.68	1.56
62/63	3.48	15.6	8.64	9.96	5.40	2.16	1.92	1.68	1.56	1.32	1.20	1.08
63/64	3.00	7.20	32.2	38.5	41.3	3.72	3.36	3.00	2.64	2.40	2.16	1.92
64/65	4.20	5.76	10.9	14.2	7.80	2.04	1.80	1.68	1.44	1.32	1.20	1.08
65/66	9.12	6.12	27.8	74.6	8.64	3.60	3.24	2.88	2.52	2.28	2.04	1.80
66/67	5.28	54.7	16.2	15.6	14.5	4.56	4.08	3.60	3.24	2.88	2.52	2.28
67/68	5.64	7.32	14.6	6.12	9.96	2.40	2.16	1.92	1.68	1.56	1.32	1.20
68/69	4.44	3.12	2.88	2.76	2.52	1.08	0.96	0.84	0.78	0.66	0.60	0.54
69/70	7.08	17.6	12.7	13.6	3.84	1.56	1.44	1.32	1.08	0.96	0.84	0.78
70/71	3.72	6.60	24.8	12.4	6.48	1.08	0.96	0.84	0.78	0.66	0.60	0.54
71/72	3.36	17.5	17.8	17.9	6.84	1.44	1.32	1.20	1.08	0.96	0.84	0.72
72/73	14.5	69.0	11.3	63.8	21.8	5.52	4.92	4.44	3.96	3.48	3.12	2.76
73/74	11.0	7.44	26.6	11.3	3.96	3.60	3.24	2.88	2.52	2.28	2.04	1.80
74/75	24.8	55.1	30.7	8.88	7.56	3.72	3.36	3.00	2.64	2.40	2.16	1.92
75/76	7.20	10.3	73.6	11.4	13.2	3.60	3.24	2.88	2.52	2.28	2.04	1.80

Obviamente se habría llegado a un coeficiente de reuso diferente para un volumen distinto de aplicación de agua en lugar de los 13.200 m^3/ha supuestos.

6.3 El retardo natural en el sistema

Al enfocar la atención en los meses individuales de verano en años con un caudal de entrada pequeño, se establece que los caudales de retorno en el sistema y su reutilización subsiguiente se retrasan hasta cierto punto durante los meses de verano.

En el Cuadro III/16 se consignan los caudales para el verano de 1970/71 correspondientes tanto a las principales fuentes de agua como a los principales mecanismos de salida. Los caudales menos importantes fueron desestimados. El renglón 3 del cuadro calculado restando el 2 del 1, representa el consumo aparente de agua en el sistema.

Cuadro III/16: Comparación del consumo aparente con el consumo razonable en el verano 1970/71

Renglón	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.
1 Estaciones 11+12 (m^3/seg)	49,5	68,2	67,2	50,4	42,0	26,7	16,2
2 Estaciones 10+16 (m^3/seg)	8,3	14,7	9,7	1,2	0,1	0,9	4,5
3 Consumo aparente (m^3/seg)	41,2	53,5	57,5	49,2	41,9	25,8	11,7
4 Consumo aparente (%)	15	19	20	18	15	9	4
5 Consumo razonable (%)	13	17	16	20	18	11	5
6 Renglón 5 - renglón 4	-2	-2	-4	+2	+3	+2	+1

Estos volúmenes, expresados como porcentajes del total, se comparan en el renglón 6 del cuadro con los porcentajes razonables de consumo adoptados por la Dirección de Riego. La comparación ofrecida indica que del volumen aparente de consumo en los primeros tres meses del año hay una porción del caudal que se retrasa en el sistema (en lugar de evaporarse) y reaparece más tarde en el año. El mecanismo de retardo se encuentra vinculado probablemente a la interacción entre el caudal de retorno y el almacenamiento subterráneo.

Al designar el almacenamiento subterráneo con la letra S, la cantidad de "caudal de retorno" que ingresa a S es R, conforme a la definición ya dada. El proceso de retraso en S puede expresarse como una función de S, como sigue:

$$S_t = S_o K^t ; K < 1$$

$$RF = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

en que S_0 = almacenamiento inicial

St = almacenamiento t meses después

K = el factor mensual de decrecimiento

RF = caudal de retorno que aparece en los ríos durante un período dado.

Se puede ver que durante un período de 1 mes:

$$S_1 = S_o K$$

$$RF = S_o - S_1 = S_o (1 - K)$$

De lo anterior se desprende que una parte del caudal de retorno aparecerá en el sistema después de los meses de verano, con la consiguiente variación del componente de almacenamiento subterráneo entre el invierno y el verano.

6.4 Componentes del caudal de retorno en el sistema

Los aforos de caudales, efectuados a lo largo de los cursos principales de agua, explican parcialmente el régimen del caudal de retorno. Al considerar estos datos en conjunto con los rasgos geológicos, hidrológicos y topográficos de la zona, se puede identificar a los siguientes componentes del caudal de retorno:

i) Caudal de retorno de la zona regada del Estero Chimbarongo aguas arriba de Convento Viejo, que reaparece en Convento Viejo para ser reutilizado en la Zona III.

ii) Caudal de retorno de la zona de Tinguiririca alto abajo de San Fernando y al sur del río, que reaparece en el Chimbarongo bajo y se reutiliza.

iii) Caudal de retorno del Tinguiririca alto abajo de San Fernando y al Norte del Río, del Tinguiririca bajo y de la zona III y de la de Alcones, el cual reaparece en el Tinguiririca bajo.

7. EXTENSION DE LA ESTADISTICA DE CAUDALES

7.1 Período base para la extensión

En la Secc. 12 adelante se evalúa la disponibilidad de recursos hídricos para el proyecto mediante un modelo de simulación cuya unidad de tiempo es un mes. La información de entrada de este modelo debiera ser los caudales mensuales observados que tienen importancia para el proyecto o series mensuales con parámetros estadísticos idénticos. Cuanto más extensas sean las series de caudales observados tanto más precisos serán los resultados estadísticos. Sin embargo, los datos que existen sobre caudales (Cuadro III/7) no son muy extensos. Estos abarcan una diversidad de períodos, el más largo de los cuales, relativo al Río Tinguiririca en Los Briones (Estación 12), tiene una duración de 36 años y el más corto, constituído por los caudales del Río Teno en la bocatoma del canal Teno-Chimbarongo (Estación 18), cuenta con sólo 9 años de datos registrados. Por consiguiente se buscó extender los datos mensuales de caudales y adecuarlos a un período común de tiempo.

Una forma de extender los datos es mediante correlaciones con registros de precipitación de mayor duración. La síntesis de caudales mediante modelos matemáticos de la hoya es otra técnica basada en datos de precipitación. Sin embargo frente a una virtual ausencia de datos de precipitación en las cuencas de los principales ríos del proyecto y en razón de la complejidad del proceso de deshielo, se desestimó el método de extensión sobre la base de la precipitación. Pese a lo dicho, la extensión del caudal anual y por tanto del caudal estacional del Río Tinguiririca, Estación 12, basándose en la lluvia caída en la zona del proyecto, constituyó un método fructífero como quedará de manifiesto más adelante.

Una técnica adicional de extensión de los datos lo constituyen las correlaciones entre los distintos ríos. Mediante este método se pueden extender los registros para ajustarlos al período disponible en la Estación 12. Sin embargo, el alto grado de dependencia entre los caudales de los distintos ríos complican en gran medida el procedimiento de prolongar las estadísticas mediante correlaciones.

En consecuencia se decidió basar el estudio de simulación en un período de 25 años a iniciarse en 1951/52, período para el cual existen datos en todos los ríos más importantes, y aplicar técnicas para extender los datos sólo a las fuentes de menor importancia. Esta decisión se tomó con plena conciencia del hecho de que el período de los 25 últimos años ha tenido un número de años secos superior al promedio, tanto si se considera la lluvia caída anual como el caudal anual (o estacional) en el Tinguiririca(véase Sección 8 de este mismo Anexo).

A continuación se examinan los detalles relativos a la extensión de las estadísticas de caudales mensuales en diversas estaciones.

7.2 Extensión de los caudales mensuales del Chimbarongo en Convento Viejo

Considerando la muy alta correlación que existe entre los caudales mensuales del Chimbarongo en Quinta y los del río Claro, se extendieron los caudales de invierno de Quinta en forma retroactiva hasta 1951 usando los datos del Claro y recurriendo a los coeficientes de regresión del Cuadro III/8. Los caudales correspondientes en Convento Viejo se determinaron multiplicando el caudal de Quinta por 1.2.

El caudal base natural durante el verano en Convento Viejo se determinó de la manera siguiente:

Un modelo de hoya hidrológica, desarrollado por los Consultores y que constituye una adptación del llamado Modelo Stanford (3) se aplicó a la zona aluvial aguas arriba de Convento Viejo. Las lluvias medias diarias en Convento Viejo y en Santa Susana y la evaporación mensual media en Espinalillo, constituyeron los datos de entrada de este modelo. El modelo se diseñó para obtener un caudal base de verano con una media de 40 millones de m^3 para un período de 25 años, valor éste que ya había sido calculado anteriormente. El coeficiente mensual de recesión se estimó en 0.89 usando los datos de Quinta para 1968/69.

Las series mensuales completas del caudal en Convento Viejo desde 1951/1952, y que se supone representan el régimen natural en la estación, se incluyen en el Cuadro III/15. Se define como régimen natural el que se produce una vez que se ha descontado la interferencia humana y la transferencia de recursos desde cuencas vecinas.

7.3 Extensión de los caudales del Teno en puente FF.CC.

Se establecieron correlaciones gráficas entre los caudales mensuales observados del Teno en puente de FF.CC. (Estación 18) y la estación ubicada aguas arriba (Estación 17). Los meses de invierno entregaron una correlación diferente de la obtenida para los meses de verano, según se aprecia en la Fig. III/4. Usando los datos de la Estación 17 y la relación que se acaba de señalar, se calcularon los caudales del Teno en la Estación 18 para todo el período de registros de la estación de aguas arriba. La información mensual así calculada de 1951/52 adelante aparece en el Cuadro III/17.

7.4 Extensión de caudales de invierno en San José de Marchigüe

El modelo hidrológico antes señalado se aplicó esta vez a la zona comprendida entre (i) Tinguiririca (Estación 12), Río Claro (Estación 11), Chimbarongo (Estación 14) y (ii) Tinguiririca (Estación 10), y Calleuque (Estación 16), un área de 1.57 km^2 en total, usando las lluvias diarias en Convento Viejo y la evaporación en Espinalillo. Este modelo debía proporcionar una caudal medio de invierno de 254 millones de m^3/año para el período 1962/63 - 1975/76, incluyendo 1968/69, determinado de acuerdo a los cálculos del balance hidrológico.

Los caudales mensuales de invierno así calculados, de 1951/52 en adelante, aparecen en el Cuadro III/18.

(3) Stanford University, California U.S.A.

Cuadro III/17 — Estación 18 - Teno en Puente F.F.C.C.

Caudales medios mensuales calculados

(en m^3/seg)

AÑO	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A
51/52	19.7	57.4	168.	71.5	79.9	33.3	65.1	69.7	29.9	11.0	6.00	3.90
52/53	33.1	45.7	49.9	29.4	45.6	20.8	27.5	30.3	16.6	9.20	7.16	3.06
53/54	26.9	34.5	68.3	324.	246.	37.6	89.0	123.	78.9	43.6	22.6	9.83
54/55	24.7	103.	38.9	38.5	36.2	20.8	44.4	38.2	21.7	13.7	5.72	3.74
55/56	9.04	64.1	29.1	21.6	49.6	24.7	52.8	32.1	20.7	9.70	7.28	7.00
56/57	27.6	16.6	33.5	48.7	40.7	25.8	54.0	31.3	15.6	9.51	6.12	4.42
57/58	25.9	25.0	81.4	56.2	42.0	25.5	46.0	31.5	17.3	14.2	6.16	8.88
58/59	51.8	86.0	44.9	69.8	51.3	49.3	75.3	55.4	25.8	14.8	10.4	32.3
59/60	46.5	59.3	155.	94.6	109.	43.	102.	99.	41.5	15.6	8.44	4.89
60/61	8.20	36.4	29.3	30.0	35.1	28.6	53.7	26.9	8.96	9.51	20.2	3.96
61/62	5.80	27.6	36.4	47.6	136.	84.5	103.	98.3	46.7	16.1	11.9	4.70
62/63	8.80	34.5	29.6	43.1	36.8	36.5	65.1	28.3	13.7	10.2	4.95	2.63
63/64	6.40	10.7	70.4	81.4	124.	54.8	78.9	144.	88.2	25.3	11.9	5.32
64/65	7.48	9.28	17.5	17.5	38.7	21.4	35.1	28.5	14.2	8.00	6.04	12.1
65/66	39.6	54.5	91.6	179.	61.0	44.3	102.	77.1	78.0	18.9	13.2	12.7
66/67	31.5	107.	119.	48.3	87.3	52.5	85.4	87.2	74.3	29.0	11.2	7.00
67/68	20.6	17.7	18.3	24.8	36.9	35.2	45.2	36.1	12.9	8.36	6.44	4.05
68/69	4.00	3.04	2.68	2.98	5.44	4.11	5.60	4.11	4.30	3.68	2.47	2.32
69/70	25.7	107.	55.9	64.1	45.4	14.5	36.4	49.5	22.9	8.32	5.96	2.97
70/71	6.40	9.40	29.7	34.3	36.8	21.2	34.4	24.3	13.4	5.48	3.68	1.99
71/72	11.1	11.8	65.1	32.3	39.1	31.2	48.3	28.7	11.8	7.72	6.36	3.25
72/73	116.	220.	52.6	214.	143.	47.9	68.8	142.	119.	49.7	19.4	6.16
73/74	98.3	39.9	89.9	44.2	61.2	26.3	52.3	56.0	22.5	11.7	5.96	3.15
74/75	111.	203.	90.5	45.6	39.3	29.3	42.2	46.4	31.4	10.1	6.16	5.56
75/76	33.9	26.7	134.	63.9	66.0	31.8	55.9	68.8	23.7	11.7	8.00	4.02

Cuadro III/18 : Escorrentía originada en el Area del Proyecto
Caudales medios mensuales calculados (m^3/seg)

AÑO	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A
51/52	0.00	47.0	81.1	2.1	10.3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
52/53	0.70	19.1	11.2	15.6	4.30	11.2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
53/54	0.00	45.1	29.6	74.2	41.3	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
54/55	0.70	8.70	14.0	1.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
55/56	0.00	4.60	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
56/57	0.00	0.10	2.50	5.70	0.10	6.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
57/58	5.30	0.50	7.40	7.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
58/59	0.60	14.1	2.80	40.1	3.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60
59/60	0.70	6.10	39.6	8.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
60/61	0.20	4.60	4.50	6.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
61/62	0.00	8.50	21.6	35.9	13.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
62/63	0.00	0.00	0.80	15.5	16.4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
63/64	0.10	2.80	24.4	54.4	26.9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
64/65	0.00	0.00	2.40	4.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20
65/66	0.30	0.20	27.1	71.3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.10
66/67	0.00	80.1	24.4	1.90	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
67/68	0.00	0.30	7.90	0.00	0.10	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
68/69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
69/70	0.20	3.40	2.00	11.8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
70/71	0.00	0.10	8.60	3.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
71/72	0.00	10.2	7.30	6.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
72/73	14.4	73.6	20.1	48.0	25.9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
73/74	1.70	1.60	33.1	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
74/75	3.70	59.9	8.50	1.00	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
75/76	0.10	0.10	52.8	8.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

NOTA: Para calcular los valores de escorrentía se debe multiplicar por el factor 1.78 las cifras entregadas en este Cuadro.

7.5 Extensión del caudal anual del Tinguiririca Estación 12

La extensión del caudal por medio de una correlación con la precipitación fue fructífera sólo en términos de los caudales anuales (año hidrológico) y del consiguiente caudal estacional. Esto queda en claro en la Fig. III/5, en que los caudales anuales (año hidrológico) del Río Tinguiririca en Los Briones se grafican con las lluvias anuales (año calendario) en Placilla (es decir, el caudal de 1950/51 se grafica con la lluvia caída en 1951, y así sucesivamente). De 36 puntos graficados, 5 aparecen netamente desviadas de una recta de correlación muy bien definida. La ecuación de esta recta es:

$$Q = 1.435\ (P + 307) \quad o \quad Qa = (P + 307)$$

en que
Q = caudal anual, millones de m^3
P = lluvia anual, mm
Qa= caudal anual por unidad de área, mm

La lluvia caída en Placilla desde 1922 se usó con la relación ya descrita para extender retroactivamente los caudales del Tinguiririca como se aprecia en el Cuadro III/19 y en la Fig. III/6. Dado que el caudal estacional está muy correlacionado con el caudal anual, como se deja demostrado en la Fig. III/9, también podrían extenderse retroactivamente a 1922.

Cuadro III/19 : Extensión del caudal anual de río Tinguiririca en Los Briones

Año	Caudal MMC	Año	Caudal MMC	Año	Caudal MMC
1921/22	(-)	1941/42	2633	1961/62	1589
23	1669	43	1627	63	1060
24	1415	44	1332	64	1733
25	500(1)	45	1738	65	1068
1925/26	1231	1945/46	1258	1965/66	1854
27	2538	47	1137	67	1741
28	1832	48	957	68	1177
29	705	49	1589	69	632
30	(-)	50	1237	70	1259
1930/31	2500	1950/51	1554	1970/71	1017
32	1527	52	1570	72	1384
33	1629	53	1403	73	2369
34	1352	54	1947	74	1344
35	1878	55	1243	75	1460
1935/36	1215	1955/56	1039	1975/76	1388
37	1639	57	1199		
38	1554	58	1203		
39	1109	59	1331		
40	1431	60	1630		
1940/41	2031	1960/61	1087		

Período	N°de años	Media (MMC)	Desviación standard MMC
1951/2 - 1975/76	25	1389	363
1940/1 - 1975/76	36	1439	399
1922/3 - 1975/76	53	1482	427

(1) Ajuste de la relación lineal, en Fig. 6.

8. PROBABILIDADES DE LOS CAUDALES ANUALES

Se ha dejado indicado en relación a la lluvia caída en Placilla, que el último período de 25 años acusó un número de años secos muy superior al promedio. Como los registros relativos al escurrimiento cubren períodos menores a los de lluvia, dicho fenómeno no puede verificarse en forma completa con los datos de escurrimiento.

Sin embargo,el análisis de los datos relativos al caudal del Río Tinguiririca, que abarcan 36 años, permite obtener indicios convincentes de dicha tendencia, siguiendo los pasos que se indican:

i) Se calculan las probabilidades de escurrimiento anual usando los datos observados en los últimos 25 años.

ii) Igual al anterior pero incluyendo todos los datos observados en un período de 36 años.

iii) Se extienden los datos anuales del Río Tinguiririca a 53 años usando la relación entre la lluvia caída y el escurrimiento en el río (véase Fig. III/5) y luego se recalculan las probabilidades.

El Cuadro III/20 y la Fig. III/8 muestran los resultados obtenidos, calculando las probabilidades por el procedimieto de Gumbel. Queda en evidencia que para probabilidades de excedencia idénticas, los caudales anuales del Río Tinguiririca son progresivamente menores a medida que el período de observación se acorta de 53 a 25 años. Las consecuencias de las observaciones anteriores dicen relación con el riesgo permisible de escasez en el abastecimiento de agua para el regadío. Si por ejemplo se selecciona un nivel de riesgo de 20% (80% de excedencia), entonces la escasez deberá ser tolerada cuando el caudal anual en el Río Tinguiririca (Estación 12) es menor de 1.100 x $10^6 m^3$, como lo indica la serie de 53 años. Esto corresponde a seis años históricos en el período de los 25 últimos años (véase Cuadro III/19 y Fig. III/6).

Por otra parte, un razonamiento idéntico basado en la serie de 25 años entrega sólo tres o cuatro años históricos con escasez permisible.

Implícito en los hallazgos señalados en los puntos precedentes se halla el supuesto de que los recursos anuales de agua disponibles para el proyecto están relacionados con el correspondiente caudal anual del Río Tinguiririca en la Estación 12.

Este supuesto se basa en las siguientes observaciones:

i) El Río Tinguiririca (Estación 12) es la fuente más importante de agua del proyecto.

ii) Existe una elevada correlación entre los caudales mensuales y los caudales de verano del Tinguiririca (véase Fig. III/7)

iii) Existe una alta correlación entre los caudales mensuales en el Río Tinguiririca (Estación 12) y los de las otras fuentes (véase Cuadro III/8).

Por otra parte, el sistema del proyecto incluirá el almacenamiento en el embalse de Convento Viejo, un supuesto no tomado en cuenta en el análisis de probabilidad.

El modelo de simulación que se describe en la sección siguiente, podría dar las respuestas estadísticas adecuadas si se basara en una larga serie de años. Dado que se basa sólo en 25 años de datos, sus resultados en términos de escasez de agua deberán ser examinados teniendo en cuenta los datos obtenidos en el anterior análisis.

Cuadro: III/20 Probabilidades de los caudales anuales del río Tinguiririca en Los Briones

Probabilidad de excedencia (%)	99	80	50	10	2	1
Período de retorno (años)	1.01	1.25	2	10	50	100
Base						
25 años, observado	680	1040	1330	1960	2520	2750
36 años, observado	730	1090	1380	2040	2630	2870
53 años, extensión parcial	730	1100	1410	2110	2710	2970

9. INFLUENCIA DEL CAUDAL DEL TENO SOBRE EL CANAL TENO-CHIMBARONGO

Ya se ha señalado que uno de los caudales de entrada al embalse de Convento Viejo provendrá del Río Teno y será captado por el canal Teno-Chimbarongo. La capacidad de este canal es de 65 m^3/seg.

Considerando la unidad de tiempo de un mes adoptada para el modelo de simulación de recursos de agua, y en vista de las fluctuaciones diarias del caudal del río, es de interés determinar que parte del gasto promedio del Teno en un mes determinado podría ser captado.

Un estudio de los caudales diarios del Teno en la Estación 17 para el período 1972/1976, tomando en cuenta una capacidad del canal de 65 m^3/seg, dio como resultado la relación que se muestra en la Fig. III/9.

Se pudo determinar que la captación de agua a través del canal se produce según tres condiciones distintas del caudal:

i) El caudal durante el período septiembre-abril, que proviene fundamentalmente de escurrimiento de deshielo y exhibe muy pequeñas fluctuaciones diarias.

ii) El caudal durante mayo-junio, compuesto fundamentalmente de escurrimiento de tormentas de muy corta duración y que exhibe grandes fluctuaciones diarias.

iii) El caudal durante julio-agosto, que muestra algunas fluctuaciones diarias.

Para ilustrar el efecto de la época del año sobre la captación de agua a través del canal se observa en la Fig. III/ 9 en que, por ejemplo, de un caudal mensual promedio de 70 m^3/seg únicamente 39 m^3/seg pueden ser captados a través del canal durante mayo-junio y 52 m^3/seg durante el resto del año. La más alta captación sería evidentemente de 65 m^3/seg, limitación impuesta por la capacidad del canal.

10. AREA Y CAPACIDAD DEL EMBALSE CONSULTADO EN CONVENTO VIEJO

El Cuadro III/21 muestra las relaciones entre (i) elevación y (ii) área de la superficie y capacidad de almacenamiento del embalse Convento Viejo. Las capacidades en la Tabla se refieren únicamente a aguas de superficie y no incluyen ninguna componente de agua subterránea.

Esta última componente de almacenamiento no se consideró en el modelo de simulación como se ve más adelante, razón por la cual ofrece un margen de seguridad en los análisis que se realizarán.

Cuadro III/21 : Relación entre elevación, área y capacidad para el embalse Convento Viejo

Elevación (m)	250.0	252.5	255.0	260.0	265.0	270.0	274.0	275.0
Area (km^2)	1.9	3.6	6.6	12.3	22.5	34.4	44.2	46.7
Capacidad MMC	7.6	14.4	27.1	74.3	161.9	303.7	453.5	506.3

11. EL MODELO DE SIMULACION DE RECURSOS DE AGUA

11.1 Objetivos

El objetivo fundamental del modelo de simulación es el de ofrecer respuestas acerca de la disponibilidad de agua, tanto en cantidad como en distribución mensual, y por tanto, permitir elaborar una estrategia de desarrollo. El propósito secundario es el de contribuir a evaluar las diversas alternativas de ingeniería posibles con determinada estrategia de desarrollo para lograr un uso óptimo de los recursos del área.

Estos objetivos se satisfacen mediante un modelo que explícitamente exprese todos los supuestos y represente a los caudales y transferencias de agua más importantes en término de las partes que los componen. El modelo considera toda el agua dentro del sistema, lo que permite enfocar claramente todas las interrogantes o puntos que merezcan ser analizados.

El modelo se ha diseñado de suerte que sea simple, expedito y de bajo costo en cuanto a operación, para permitir la evaluación de un gran número de alternativas. Una alternativa puede ser, por ejemplo, un cambio en un supuesto tal como la eficiencia, o en un diseño de ingeniería, tal como la ubicación del Canal Convento Viejo-Tinguiririca. Esto hace posible un proceso iterativo para refinar el sistema de supuestos y el diseño. Estas repeticiones son importantes por cuanto el modelo constituye una simulación y no una optimización.

11.2 Descripción del modelo

11.2.1 General

El modelo simula la operación de toda el área del proyecto. Puede dividirse en tres partes fundamentales. En primer término se tiene la estructura, la cual es una descripción del área, de la infraestructura existente y de las reglas de operación. Esta parte contiene:

a) Los diversos recursos, a saber: los sistemas fluviales del Tinguiririca, el Chimbarongo y el Teno.

b) Las instalaciones de mayor importancia para suministrar y transferir agua, que son el embalse de Convento Viejo, el canal de desvío del Teno, los canales del Tinguiririca a Convento Viejo, el canal de Convento Viejo a Tinguiririca e, implícitamente, cuales recursos abastecen a cuales demandas.

c) Las demandas segregadas de acuerdo a un sistema de 5 zonas, que es paralelo pero no idéntico al sistema zonal general del proyecto.

Dentro de la parte relativa a la estructura fija del modelo se encuentra la lógica del régimen de operación, que incluye un sistema de prioridad del suministro a partir de cada fuente y de Convento Viejo.

La segunda y tercera partes del modelo son los datos y parámetros respectivamente, necesarios para llevar a cabo la simulación. La división entre estas dos partes del modelo es la de separar conceptualmente aquellos datos que estén fijos y sobre los cuales no se puede ejercer control, de las variables de decisión o aquellas con un grado de incertidumbre. (Dentro de esta última categoría están aquellas variables tales como la eficiencia y la reutilización, acerca de las cuales existe un grado de incertidumbre en cuanto a su valor exacto; éstas no constituyen variables de decisión propiamente dichas).

La segunda parte, los datos fijos, es la hidrología histórica representada por el caudal de los ríos, crecidas de invierno, precipitaciones, relaciones entre las estaciones en las que las mediciones son confiables respecto de aquellas que no lo son tanto, información sobre evaporación e infiltración, y la curva área-capacidad del embalse Convento Viejo. Sean cuales fueren los supuestos o las alternativas, estos datos no cambian.

La tercera parte del modelo es básicamente un conjunto de supuestos, decisiones sobre la estrategia de desarrollo, y la descripción de las alternativas de ingeniería. Se incluyen en esta parte los datos relativos a la demanda de la agricultura, eficiencia, pérdidas, reutilización, flujos de retorno, capacidad de las diversas instalaciones, su ubicación, etc. Es en esta tercera parte - los parámetros - en donde se produce la interacción entre el diseñador y el modelo. Los efectos y consecuencias de los cambios pueden estudiarse a través de los resultados obtenidos en la computadora. De esta manera el diseño de una estrategia general y de los detalles de operación pueden ser mejorados.

II.2.2 Las demandas y las zonas del proyecto

El estudio de simulación utiliza un sistema de 5 zonas que según se ha dicho, es similar pero no idéntico a las zonas del proyecto. La diferencia se debe a la naturaleza y objetivos del modelo, es decir, a la necesidad de determinar la disponibilidad de agua y de evaluar diversas alternativas de ingeniería. Con esto en mente, las zonas fueron diseñadas de modo que la demanda de cada una de ellas fuera satisfecha por una sola fuente de suministro. Hay una sola excepción: el Tinguiririca bajo, que puede recibir un suplemento desde el embalse. Estas zonas son las siguientes:

a) Zona 1: Tinguiririca Alto. Comprende toda la Zona I del proyecto, a excepción de algunas pequeñas áreas cuya fuente de suministro no es el Río Tinguiririca, además de aquella parte de la Zona II que es regada por el Tinguiririca y se encuentra río arriba de la bocatoma del Canal Convento Viejo - Tinguiririca. La única fuente de suministro para esta zona está constituída por el Río Tinguiririca.

b) Zona 2: Tinguiririca Bajo. Comprende todas aquellas partes de las Zonas II y III que no se incluyen en el Tinguiririca Alto y que pueden recibir suministro del Río Tinguiririca, con su-

plementos a través del canal. Es importante señalar que el límite entre el Tinguiririca Alto y el Tinguiririca Bajo no es fijo sino que puede variarse para determinar la ubicación óptima del canal.

c) Zona 3: Chimbarongo. Abarca el resto del área actualmente desarrollada. Comprende aquellas tierras de las Zonas I y II regadas exclusivamente por agua suministrada por el sistema del Chimbarongo Bajo.

d) Zona 4: Alcones, es idéntica a la Zona de Alcones del Proyecto.

e) Zona 5: Nilahue, es idéntica a la Zona de Nilahue del Proyecto.

11.2.3 Fuentes de suministro y obras de infraestructura

El sistema de Convento Viejo, tal como ha sido considerado en el modelo de simulación, aparece resumido en la Fig. III/10. En ella se distinguen las siguientes fuentes de suministro:

- Río Tinguiririca
- Estero Chimbarongo
- Río Teno

Las obras de infraestructura que se incluyen son:

- Embalse de 454 millones de m^3 en Convento Viejo
- Canal Teno-Chimbarongo, con capacidad de 65 m^3/seg, actualmente en funciones
- Canales Tinguiririca - Convento Viejo existentes, que riegan la zona aguas arriba del embalse, y que presentan cierta capacidad de transferencia de recursos desde el Tinguiririca hacia el Estero Chimbarongo
- Canal Convento Viejo - Tinguiririca, en proyecto, que permite suplementar el abastecimiento de la zona inferior del Río Tinguiririca.
- El resto del sistema de distribución de agua está implícito en el modelo.

Con estos recursos e infraestructura de riego se busca abastecer las zonas de Tinguiririca Alto, Tinguiririca Bajo, Chimbarongo, Alcones y Nilahue, según las definiciones de estas zonas dadas en la sección precedente.

Los caudales de retorno existentes, definidos en la Sección 6 de este Anexo también se incluyen en la Fig. III/10. Más adelante se entregan las normas de operación del sistema.

11.2.4 Aspectos temporales

a) La unidad de tiempo para el modelo es un mes. Todos los flujos y todas las demandas se toman como promedios para el mes. El balance hidrológico se lleva a cabo mensualmente. Para todos los años agrícolas/hidrológicos (mayo-abril) se confecciona un resumen anual.

b) La longitud de la información hidrológica es de 25 años y por ende el modelo en la computadora tiene la misma duración. Para más detalles ver Secciones 7 y 8 de este Anexo.

11.3 Técnicas

El modelo de la computadora supone una simulación del funcionamiento de la región. Tomando los caudales históricos como datos de entrada, el modelo desarrolla, mes por mes, el funcionamiento del embalse y de las demás partes de la zona que revistan importancia.

Como parte de la estructura lógica, el modelo requiere de un sistema de reglas que definan la modalidad de operación bajo una diversidad en condiciones posibles. Dentro de este sistema de reglas se incluye un sistema de prioridad para el suministro de agua en caso que el agua fuere insuficiente para satisfacer todas las demandas; también se incluye reglas para el uso de agua en el Tinguiririca; reglas para desviar agua desde el Teno; una norma de operación para liberar agua desde el embalse al Rapel; etc. Era necesario en primer término definir la estructura y construír el modelo. En segundo término elegir los parámetros que son complementarios a estas reglas para cada pasada por la computadora. Dentro de esta categoría se encuentran los valores reales de las necesidades de aguas abajo en el Teno, compromisos de suministro con ENDESA, una regla para liberar agua hacia el Rapel, etc.

El modelo está construído en base a unidades separadas. Se tomó a cada sistema fluvial como una unidad separada. De esta suerte es más fácil entender la lógica de cada parte e introducir cambios cuando estos fueren necesarios. El balance hidrológico de agua para cada subsistema y para el embalse en general se verifica para cada mes. Este balance está diseñado tanto para suministrar toda la información pertinente como para brindar un método para controlar los cálculos del programa y su lógica. Al término de cada pasada por la computadora se confecciona un resumen de los déficits y de otras estadísticas importantes.

11.4 Descripción del sistema de recursos y suministros

11.4.1 Sistema del Río Tinguiririca

Las fuentes del sistema Tinguiririca en el modelo están constituídas por los caudales de entrada registrados en las Estaciones 11 y 12. El modelo analiza lo que ocurre entre esa entrada y el lugar en que los últimos canales de regadío han captado agua del río, cerca de San José de Marchigüe.

En primer término, el caudal de entrada debe satisfacer las demandas del Tinguiririca Alto.En caso de que no hubiere agua en cantidad suficiente, se anota un déficit; si queda agua, ésta es entregada al área del Tinguiririca Bajo. Allí, de nuevo, si el suministro es insuficiente,se anota déficit y si hay un excedente, el agua desvía a Convento Viejo a través de los canales, hasta el máximo que la capacidad de éstos permita. Ahí concluye esta parte del programa.

Los flujos de retorno, tanto al Tinguiririca Bajo y a Convento Viejo como al sistema del Chimbarongo, como asimismo todos los demás flujos al Rapel desde el área están incluídos en otras partes del modelo. También se consideran en otras partes del modelo los suplementos al Tinguiririca Bajo, por el Canal Convento Viejo - Tinguiririca.

11.4.2 Sistema del Río Teno

El caudal de entrada corresponde al que registra la Estación 17. Por cuanto no se tiene un registro completo del flujo en la Estación 18, donde se encuentra la bocatoma del Canal Teno-Chimbarongo, se utilizan dos curvas para hacer la conversión de los caudales en la Estación 17 a los de la Estación 18: una, para el período de riego y otra, para el de invierno. Durante el primero de éstos, el caudal de la Estación 17 es mayor que el de la Estación 18, en tanto que lo contrario es válido en el segundo de los casos.

Tres curvas relacionan el caudal en la Estación 18 con la captación máxima posible a través del canal, según el grado de fluctuación de los caudales: cuanto menor sea la fluctuación, tanto más cercano al promedio será el gasto captado. Estas curvas se desarrollaron utilizando los datos históricos existentes (véase Sección 9 de este Anexo). La diferencia entre el caudal en la Estación 18 y la desviación posible se compara con la demanda producida aguas abajo. Si no hay agua suficiente para satisfacer la demanda, la desviación se reduce, pues las necesidades aguas abajo tienen prioridad. La captación se hace entonces dentro de los límites de desviación posible, pero satisfaciendo la demanda río abajo.

11.4.3 Sistema del Estero Chimbarongo

Aguas arriba de Convento Viejo, el río recibe la escorrentía torrencial procedente de las lluvias en su cuenca así como el consiguiente caudal base de verano.

El agua adicional en el verano es o bien caudal de retorno de algunas áreas regadas por los ríos Tinguiririca y Teno o bien caudales de exceso en los canales que desaguan al Estero Chimbarongo.

El escurrimiento de invierno, el caudal base de verano y los flujos de retorno se generaron conforme a lo explicado en las Secciones 6 y 7 de este Anexo.

Aguas abajo de Convento Viejo, el Chimbarongo mismo se convierte en un cauce que conduce agua para riego, rebalses y agua liberada del embalse. El modelo también incluye los otros arroyos que tienen un régimen de caudal similar al del Chimbarongo, vale decir, prácticamente secos en el verano excepto por los caudales de retornos y los caudales de excesos de los canales. Los esteros Las Toscas, Las Cadenas, Guirivilo, Calleuque, etc., además de los canales, son todos parte de este sistema complejo. Puesto que todos los caudales, exceptuando las descargas desde el embalse y los caudales de retorno desde el Tinguiririca, se originan de transferencias internas que a su vez vienen dictadas por la política de riego y de manejo de los canales, el conjunto de esta región se ha tomado como una unidad. Los caudales internos no están representados sino por medio de una constante de reuso (que representa el porcentaje de reutilización de agua) y por un flujo de retorno que sale de la zona. De la demanda en el área del Chimbarongo se restan los caudales de retorno del área del Tinguiririca que contribuyen a los recursos del Chimbarongo aguas abajo del embalse.

11.4.4 Embalse de Convento Viejo

Las entradas al embalse provienen del Chimbarongo, del canal de desvío del Teno, de las demasías (controladas) de los canales que se originan en el Tinguiririca y de la precipitación directa sobre el embalse.

Las salidas del embalse incluyen la evaporación, la infiltración, el suministro a las áreas de Chimbarongo, Alcones y Nilahue y los suplementos al Tinguiririca Bajo, si fuere necesario. Si el caudal en el canal de desvío sobrepasa un valor límite, el exceso de descarga en forma inmediata hacia el Rapel, conforme a un convenio con ENDESA. Existe también la posibilidad de una descarga al Rapel si el embalse está lleno, o incluso si no lo está. (Esta última alternativa no ha sido utilizada, pero podría tomarse en cuenta si fuere útil transferir agua al Rapel en ciertos meses incluso cuando el embalse no está lleno).

La evaporación es una función del área del espejo de agua, la cual está relacionada con el volúmen almacenado por medio de una curva de área/capacidad. La infiltración se considera como un porcentaje fijo del volumen almacenado.

12. PARAMETROS Y RESULTADOS DEL MODELO

12.1 Parámetros. Definición de las alternativas consideradas

12.1.1 Superficies de riego

Como se ha señalado, la subdivisión de las superficies de riego utilizada para el modelo de simulación, no es igual a la adoptada en el resto de los programas del Proyecto.

En el Cuadro III/22 se incluyen las superficies de riego correspondientes a las dos etapas definidas para el Proyecto: 119.070 ha netas para la Etapa I y 149.260 ha netas para el Plan Global. Ambos valores exceden en 1.230 ha a las áreas de desarrollo consideradas por el Proyecto para estas dos etapas (117.840 y 148.030 ha, respectivamente). Esta superficie adicional de 1.230 ha corresponde a la diferencia entre las superficies de la Zona I que no utilizan recursos del sistema y aquellas que sin pertenecer a la Zona I efectivamente usan recursos del sistema.

En la Etapa I la superficie de riego nuevo está formada por 22.300 ha en Nilahue y 4.915 ha de rinconadas en las Zonas I, II y III. Se han dejado para la segunda etapa de desarrollo, el Plan Global, 3.900 ha de la zona de Nilahue, 24.685 ha de la zona de Alcones y 1.605 hectáreas de rinconadas abastecidas desde el canal Yaquil-Cañeten.

La separación entre el Tinguiririca Alto y Bajo, coincide con el canal Las Trancas, ya que no se contempla la construcción de obras adicionales.

12.1.2 Demandas de la agricultura a nivel predial

- Eficiencias de riego (e)

  Las demandas para la agricultura a nivel predial se calculan sobre la base del uso-consumo determinado en el Anexo XII, Demandas Hídricas, en la sección relativa a tasas de riego. En ese informe se entrega para cada zona el uso consumo mensual, con los correspondientes programas de cultivos. Para pasar de esas demandas a las que usa el modelo, de acuerdo a la división zonal, se emplean las equivalencias de Cuadro III/22.

  La tasa de riego a nivel predial se obtiene dividiendo el consumo por la eficiencia, parámetro que es en último término el que define el nivel de demanda. En la Etapa I se adoptó como eficiencia base la de 50%, y se realizaron variaciones para analizar la sensibilidad con eficiencias entre un 40 y 55%. Para el Plan Global la eficiencia base fue de 55% y se realizaron variaciones entre un 50 y un 60%.

  También se debe considerar dentro de las demandas agrícolas el consumo de 11.680 ha en el río Teno, aguas abajo de la estación 18. Para esta zona se aceptó el valor de la demanda estudiado por la Dirección de Riego (Cuadro III/23).

Cuadro III/22 : Modelo de simulación: superficie de riego (ha)

		Etapa I	Plan Global
Tinguiririca Alto	Zona I	36.375 (1)	36.375 (1)
	Zona II	14.095	14.095
	Zona III	360	360
	Sub-total	50.830	50.830
Tinguiririca Bajo	Zona III	8.390	8.390
Chimbarongo	Zona II	18.265	19.255 (2)
	Zona III	19.285	19.900 (2)
	Sub total	37.550	39.155 (2)
Alcones		-	24.685 (2)
Nilahue		22.300	26.200
	Total	119.070 (1)	149.260 (1)

(1) Incluyen una diferencia neta de 1.230 ha entre las superficies de la Zona I que no usan recursos del sistema, y aquellas que sin pertenecer a la Zona I los utilizan.

El detalle es el siguiente:

Areas regadas que quedan fuera de la Zona del Proyecto	
- El Tambo	+ 2.880 ha
Areas dentro de la Zona I, que son regadas con recursos propios	
- Recursos de los ríos Teno, Claro y de los Maquis	- 1.650 ha
Total	+ 1.230 ha

(2) A diferencia de las superficies consideradas en el programa agrícola, no se incluye en Alcones las 1.605 ha de las rinconadas abastecidas desde el canal Yaquil-Cañeten. Dichas rinconadas se incluyen en la zona de Chimbarongo.

Cuadro III/23 : Modelo de simulación: Tasa de riego (Zona del río Teno) [1] (m^3/ha)

Mayo	6.4	Noviembre	2.020,0
Junio	7.10	Diciembre	1.860,9
Julio	3.80	Enero	2.349,7
Agosto	0.90	Febrero	2.074,7
Septiembre	206.6	Marzo	1.344,6
Octubre	1.493,0	Abril	629,6
Total año			11.997,3

Nota: [1] Según Dirección de Riego.

12.1.3 Constante de uso (C)

La constante de uso (C) permite hacer la conversión de la demanda a nivel predial a demanda en la bocatoma de los canales. Esta constante toma en cuenta la cantidad de reuso y las pérdidas por conducción en los canales, mediante la siguiente relación (detalles en la sección b) de este mismo Anexo.

$$C = \frac{1.0 - Cu}{1.0 - Cc}$$

donde: Cu = constante de reuso
Cc = pérdidas por conducción en canales

Además de estimar para cada zona el reuso y las pérdidas en canales se fijó el rango máximo de variación, ya que estos parámetros presentan un cierto grado de incertidumbre. La sensibilidad del sistema frente a la variación de estos parámetros se hace en el rango así determinado. A continuación se entregan los valores de las constantes de reuso y pérdidas en canales,se fijó el rango máximo de variación, ya que estos parámetros presentan un cierto grado de incertidumbre. La sensibilidad del sistema frente a la variación de estos parámetros se hace en el rango así determinado. A continuación se entregan los valores de las constantes de reuso y pérdidas por conducción, para cada zona.

Constante de reuso (Cu)

	T.Alto	T. Bajo	Chimbarongo	Alcones	Nilahue[1]
Condiciones medias (X)	0.15	0.20	0.25	0.25	0.15
Reuso máximo (XM)	0.20	0.25	0.30	0.30	0.20
Reuso mínimo (Xm)	0.10	0.15	0.20	0.20	0.10

(1) Los valores de Nilahue que aparecen son para la Etapa I. Para el Plan Global el reuso se estima en 0.20 con un rango de variación entre 0.15 y 0.25.

Constante de pérdida por conducción (Cc)

	T.Alto	T. Bajo	Chimbarongo	Alcones	Nilahue
Condiciones medias (X)	0.15	0.10	0.10	0.25	0.25
Pérdidas máximas (XM)	0.20	0.15	0.15	0.30	0.30
Pérdidas mínimas (Xm)	0.10	0.08	0.08	0.20	0.20

Las constantes de uso calculadas de acuerdo a estos valores se incluyen en el Cuadro III/24.

Cuadro III/24 : Modelo de simulación: Constantes de Uso (C)

a) Etapa I

	Tinguiririca Alto	Tinguiririca Bajo	Chimbarongo	Nilahue
Condiciones medias	1.00	0.89	0.83	1.13
Reuso máximo	0.94	0.83	0.78	1.07
Reuso mínimo	1.06	0.94	0.89	1.20
Pérd. cond. máx.	1.06	0.94	0.88	1.21
Pérd. cond. mín.	0.94	0.87	0.82	1.06

b) Plan Global

	Ting. Alto	Ting. Bajo	Chimbarongo	Nilahue	Alcones
Condiciones medias	1.00	0.89	0.83	1.07	1.00
Reuso máximo	0.94	0.83	0.78	1.00	0.93
Reuso mínimo	1.06	0.94	0.89	1.13	1.07
Pérd. cond. máx.	1.06	0.94	0.88	1.14	1.07
Pérd. cond. mín.	0.94	0.87	0.82	1.00	0.94

12.1.4 Constante de retorno (Cr)

El cálculo de los caudales de retorno del riego que se han definido como aquellas recuperaciones que se originan en una zona determinada pero que se utilizan fuera de ella, requiere de una constante de retorno (Cr), que se determina de acuerdo a la siguiente relación (para detalles ver Sección 6 de este mismo Anexo):

$$Cr = 1.0 - \frac{8.800}{C \times D}$$

donde: C = constante de uso
D = demanda estacional a nivel predial (m^3/ha)

Según esta relación la constante Cr depende en último término de la eficiencia de riego (e), del reuso (Cu) y de las pérdidas por conducción en canales (Cc).

Para el cálculo de los caudales de retorno representados en el modelo se necesitan los porcentajes de cada zona que drena en las distintas direcciones. Se estimaron los siguientes valores:

Zona	Dirección	Porcentajes
Tinguiririca Alto	E. Chimbarongo aguas arriba de Convento Viejo	39%
Tinguiririca Alto	E. Chimbarongo aguas abajo de Convento Viejo	23%
Tinguiririca Alto	Salida de la zona del Proyecto	6%
Tinguiririca Bajo	E. Chimbarongo	12%
Tinguiririca Bajo	Salida de la zona del Proyecto	88%

Además conviene señalar que todos los caudales de retorno se retrasan por una función de retardo que tiene un factor de decrecimiento de 0.4 al mes (detalles en Sección 6 de este mismo Anexo).

En el Cuadro III/25 muestra los valores para Cr utilizados en las distintas alternativas. No se incluye la zona de Nilahue, ya que no entrega caudales de retorno al sistema.

12.1.5 Capacidad de los canales Tinguiririca-Convento Viejo (Q.Tg -CV)

En la Etapa I no se consideran obras adicionales en estos canales razón por la cual se ha estimado el caudal susceptibles de ser transferido mediante las obras existentes, descontando el riego de las zonas servidas en la actualidad. Ese valor se estimó en 5.0 m^3/seg constante entre los meses de septiembre y abril. En invierno se supone que los canales permanecen cerrados. Se estudian además alternativas con 0 m^3/seg y 10 m^3/seg.

Cuadro III/25 : Modelo de simulación: Constantes de retorno (Cr)

a) Etapa I

	Tinguiririca Alto	Tinguiririca Bajo	Chimbarongo
Ef.: 50% Cond. medias	0.34	0.32	0.23
Reuso máximo	0.30	0.27	0.18
Reuso mínimo	0.38	0.35	0.28
Pérd. cond. máx.	0.38	0.35	0.28
Pérd. cond. mín.	0.30	0.30	0.22
Ef.: 45% Cond. medias	0.41	0.39	0.31
Reuso máximo	0.37	0.34	0.26
Reuso mínimo	0.44	0.42	0.36
Pérd.cond. máx.	0.44	0.42	0.35
Pérd. cond. mín.	0.37	0.37	0.30
Ef.: 40% Cond.medias	0.47	0.45	0.39
Ef.: 55% Cond.medias	0.27	0.25	0.16

b) Plan Global

	Ting. Alto	Ting. Bajo	Chimbarongo	Alcones
Ef.: 55% Cond. medias	0.27	0.25	0.16	0.28
Reuso máximo	0.23	0.20	0.10	0.23
Reuso mínimo	0.32	0.29	0.21	0.33
Pérd. cond. máx.	0.32	0.29	0.21	0.33
Pérd. cond. mín.	0.23	0.23	0.15	0.24
Ef.: 60% Cond. medias	0.21	0.18	0.08	0.22
Reuso máximo	0.16	0.12	0.01	0.16
Reuso mínimo	0.25	0.23	0.13	0.27
Pérd. cond. máx.	0.25	0.23	0.12	0.27
Pérd. cond. mín.	0.16	0.16	0.06	0.17
Ef.: 50% Cond. medias	0.34	0.32	0.23	0.35

El Plan Global contempla la construcción de obras especiales de transferencia, de acuerdo a las necesidades que resultan del análisis hecho con este modelo de simulación. Se estudian alternativas con 0,20, 40, 60 y 80 m^3/seg y se adopta como base la de 60 m^3/seg.

12.1.6 Capacidad del embalse Convento Viejo (V. emb.)

En relación a la capacidad bruta del embalse Convento Viejo, se adoptó para la alternativa básica el valor real de 454 x $10^6 m^3$. Sin embargo, se analizará también alternativas de 500, 550 y 600 x 10^6 m^3.

Respecto a la capacidad útil, es menester tomar en cuenta que los valores consignados han de ser rebajados en todos los casos en 10 x $10^6 m^3$, valor este que corresponde al volumen de aguas muertas.

En la simulación, se adoptó un volumen inicial de 40 x $10^6 m^3$ para el mes de mayo de 1951, valor que en todo caso no influye sobre los resultados por tratarse de un embalse que regula los recursos dentro del año y se producen rebalses en la mayoría de las temporadas de invierno.

12.1.7 Reserva para el río Teno (Q.Res)

Para el desarrollo agrícola futuro de la zona del río Teno se ha hecho una reserva de un caudal continuo de 8.5 m^3/seg, de acuerdo a los requerimientos de la Dirección de Riego. Además se analiza la posibilidad de utilizar esos recursos en el Proyecto.

12.1.8 Infiltración en el río Tinguiririca (Inf.)

En general no se considera pérdidas en el curso superior del río Tinguiririca. No obstante lo anterior se estudió el comportamiento del sistema para el supuesto que existe una infiltración neta constante en la zona de Tinguiririca Alto (aguas arriba del canal Las Trancas) de 3.0 m^3/seg.

12.1.9 Resumen de las alternativas estudiadas

En los Cuadros III/26 y III/27 se han incluido todas las alternativas analizadas, con el correspondiente detalle de los parámetros adoptados.

En la Etapa I, la alternativa básica queda definida por la eficiencia de riego de 50%, los valores más probables del reuso y de las pérdidas en canales (x), la capacidad de transferencia desde el Tinguiririca de 5.0 m^3/seg, el volumen máximo del embalse en Convento Viejo de 454 x 10^6 m^3, la reserva de 8.5 m^3/s para el río Teno y no se consideran infiltraciones en el río Tinguiririca. En torno a este conjunto de parámetros se definen alternativas variando sólo uno de ellos y dejando el resto fijo; variaciones similares se hacen en torno a la alternativa de eficiencia 45%. Las superficies de riego en todo el análisis se mantienen fijas y son las definidas para la Etapa I.

Cuadro III/26 : Modelo de simulación: Alternativas estudiadas

Etapa I

N°	Alternativa	PARAMETROS e %	Cu	Cc	Q.Tg-CV (m^3/seg)	V.emb. $10^6 m^3$	Q.res. m^3/seg	Inf. m^3/seg
1	Básica	50	X	X	5.0	454	8.5	0.0
2	e = 40%	40	X	X	5.0	454	8.5	0.0
3	e = 45%	45	X	X	5.0	454	8.5	0.0
4	e = 55%	55	X	X	5.0	454	8.5	0.0
5	Q.Tg-CV = 0 m^3/seg	50	X	X	0.0	454	8.5	0.0
6	Q.Tg-CV =10 m^3/seg	50	X	X	10.0	454	8.5	0.0
7	Reuso máximo	50	XM	X	5.0	454	8.5	0.0
8	Reuso mínimo	50	Xm	X	5.0	454	8.5	0.0
9	Pérd. cond. máx.	50	X	XM	5.0	454	8.5	0.0
10	Pérd. cond. mín.	50	X	Xm	5.0	454	8.5	0.0
11	Q.Res = 0 m^3/seg	50	X	X	5.0	454	0.0	0.0
12	V. emb. = 500 x $10^6 m^3$	50	X	X	5.0	500	8.5	0.0
13	Infiltr. Ting.=30m^3/seg	50	X	X	5.0	454	8.5	3.0
14	Q.Tg.-CV=0 m^3/seg(45%)	45	X	X	0.0	454	8.5	0.0
15	Q.TG-CV=10 m^3/seg(45%)	45	X	X	10.0	454	8.5	0.0
16	Reuso máximo (45%)	45	XM	X	5.0	454	8.5	0.0
17	Reuso mínimo (45%)	45	Xm	X	5.0	454	8.5	0.0
18	Pérd. cond.máx.(45%)	45	X	XM	5.0	454	8.5	0.0
19	Pérd. cond. mín.(45%)	45	X	Xm	5.0	454	8.5	0.0

Nota: Las superficies en todas las pasadas son las de la Etapa I, definidas en el Cuadro III/22.

e = eficiencia de riego
Cc = constante de pérdidas por conducción
Cu = constante de reuso
Q.Tg-CV = capacidad de transferencia de canales Tinguiririca-C. Viejo
V. emb. = capacidad embalse Convento Viejo
Q. Res = caudal de reserva en el río Teno
Inf. = pérdidas por infiltración en el río Tinguiririca
X = condiciones medias
XM = límite superior
Xm = límite inferior (detalle en capítulo 8-V)

Cuadro III/27 : Modelo de simulación: Alternativa estudiadas

Plan Global

N°	Alternativa	PARAMETRO e %	Cu	Cc	Q.Tg-CV (m^3/seg)	V.emb. $10^6 m^3$	Q.Res. m^3/seg	Inf. m^3/seg
1	Básica	55	x	x	60	454	8.5	0.0
2	e = 50%	50	x	x	60	454	8.5	0.0
3	e = 60%	60	x	x	60	454	8.5	0.0
4	Q.tg-CV = 0 m^3/seg	55	x	x	0	454	8.5	0.0
5	Q.Tg-CV = 20 m^3/seg	55	x	x	20	454	8.5	0.0
6	Q.Tg-CV = 40 m^3/seg	55	x	x	40	454	8.5	0.0
7	Q.Tg-CV = 80 m^3/seg	55	x	x	80	454	8.5	0.0
8	Reuso máximo	55	XM	x	60	454	8.5	0.0
9	Reuso mínimo	55	xm	x	60	454	8.5	0.0
10	Pérd. cond. máx.	55	x	XM	60	454	8.5	0.0
11	Pérd. cond. mín.	55	x	xm	60	454	8.5	0.0
12	Q. Res = 0 m^3/seg	55	x	x	60	454	0.0	0.0
13	V. emb.= 500x$10^6 m^3$	55	x	x	60	500	8.5	0.0
14	V. emb.= 550 x $10^6 m^3$	55	x	x	60	550	8.5	0.0
15	V. emb.= 600 x $10^6 m^3$	55	x	x	60	600	8.5	0.0
16	Infiltr. Ting=3.0 m^3/s	55	x	x	60	454	8.5	3.0
17	Q.Tg-CV= 0 m^3/seg (60%)	60	x	x	0	454	8.5	0.0
18	Q.Tg-CV= 20 m^3/seg(60%)	60	x	x	20	454	8.5	0.0
19	Q.Tg-CV =40 m^3/seg(60%)	60	x	x	40	454	8.5	0.0
20	Reuso máximo (60%)	60	XM	x	60	454	8.5	0.0
21	Reuso mínimo (60%)	60	xm	x	60	454	8.5	0.0
22	Pérd.cond.máx(60%)	60	X	XM	60	454	8.5	0.0
23	Pérd.cond.mín.(60%)	60	x	xm	60	454	8.5	0.0
24	Infiltr.Ting.=3m^3/s(60%)	60	x	x	60	454	8.5	3.0

Nota: Las superficies de riego en todas las pasadas son las definidas para el Plan Global en el Cuadro III/22.

Simbología: véase Cuadro III/26.

En el Plan Global se define una alternativa básica con una eficiencia de riego de 55%, y una capacidad de transferencia de los canales Tinquiririca-Convento Viejo de 60 m^3/seg. Las superficies de riego son las previamente definidas para el Plan Global. El resto de los parámetros son similares a los de la alternativa básica de la Etapa I. Además de realizar un análisis de sensibilidad en torno a la alternativa básica se estudian las variaciones respecto a la alternativa de eficiencia 60%.

12.2 Resultados

En esta sección se analizan los resultados para la Etapa I y para el Plan Goblal. En primer término, se estudia en detalle las alternativas básicas para cada una y luego se investiga la influencia de la modificación de los diversos parámetros sobre los resultados. En el desarrollo del estudio se hace un claro distingo entre la zona de Tinguiririca Alto no dominada por el embalse Convento Viejo y aquellas que lo son, a saber: las zonas de Tinguiririca Bajo, Chimbarongo, Alcones y Nilahue. En las zonas que pueden abastecerse desde el embalse Convento Viejo interesan los déficits totales de la temporada, y no los de cada mes individualmente, ya que con una operación adecuada del sistema, basada en pronósticos de caudales, es posible distribuirlos a voluntad durante la temporada de riego.

La interpretación de los resultados desde el punto de vista de las probabilidades hidrológicas de ocurrencia, se ha realizado basándose en la serie de 53 años de los caudales de la estación 12 deducida en la sección 6 de este mismo Anexo. Se ha señalado que debido a la mayor proporción de años secos en los últimos 25 años, en la serie de 53 años la probabilidad de excedencia del 80% equivale a permitir deficiencias en 6 años de la serie de 25. Si se hace un cálculo similar, con base en los Cuadros III/19 y III/20, y a figura 8, se llega a la siguiente relación, aproximando las probabilidades a las medias decenas: entre 5 y 6 años de déficits equivalen a una seguridad de riego del 80%, entre 2 y 4 años a una del 85%, y un solo año con déficit (año 68/69) da una seguridad de riego superior al 90%.

Está implícito en este análisis la existencia de una relación estrecha entre las disponibilidades de agua para el Proyecto y los caudales de la estación 12.

12.2.1 Alternativa básica de la Etapa I

a) Estadística de los déficits

Tinguiririca Alto

En el Cuadro III/28 se incluyen los déficits mensuales y anuales expresados en m^3/seg, en porcentaje de la demanda y en reducción de la superficie de riego calculada en base a dicho porcentaje.

De acuerdo a estos resultados la zona de Tinguiririca Alto tiene 4 años con déficits, 4 de ellos con solamente un mes en esa situación, lo que significa que tiene una seguridad de riego del 80%.

Cuadro III/28 : Modelo de simulación: Estadística de déficits en alternativa básica, Etapa I

Tinguiririca Alto

a) Caudales (m^3/seg)

Año	S	O	N	D	E	F	M	A	Total ($10^6 m^3$)
55/6					3.34				8.77
62/3					5.44				14.29
68/9		13.5	11.54	21.72	11.64	1.62			157.86
70/1					7.24				19.02

b) Porcentaje de la demanda (%)

55/6					5.8				
62/3					9.4				
68/9		51.3	28.8	39.5	20.2	4.00			
70/1					12.6				

c) Superficies con déficit (ha)

									Mes crítico
55/6					2950				2950
62/3					4800				4800
68/9		28090	14650	20080	10260	2030			26090
70/1					6380				6380

Tinguiririca Bajo, Chimbarongo y Nilahue

Año	V. total $10^6 m^3$	Porcentaje de la demanda %	Sup. con déficit (ha)
68/9	478.44	55	37.830
70/1	32.30	4	2.550

Es necesario destacar que los déficits expresados en m^3/seg equivalen al uso máximo que podría tener un canal de Convento Viejo al río Tinguiririca, aguas arriba del canal Las Trancas.

Tinguiririca Bajo, Chimbarongo y Nilahue

La estadística de las fallas en el abastecimiento por temporada de riego, expresada en millones de m^3, en porcentaje de la demanda estacional y en superficie que queda sin riego, se entrega en el Cuadro III/28. Se puede apreciar que se producen solamente 2 años con deficiencias, lo que representa una seguridad de riego del 85%.

b) Aportes del río Teno a través del canal Teno-Chimbarongo

Estos recursos constituyen el principal aporte externo a la zona del Proyecto. La estadística de los caudales transferidos desde el río Teno, calculada mediante las relaciones de la figura III/ 9 , se entrega en el Cuadro III/29. Los valores sobre 40 m^3/seg, es decir aquellos que de acuerdo a los convenios vigentes pertenecen a ENDESA, se incluyen en el Cuadro III/30.

La importancia de estos recursos se puede resumir en los siguientes promedios de 25 años de estadística:

Recursos transferidos desde el Teno = $726.49 \times 10^6 m^3$ por año
Recursos pertenecientes a ENDESA = $131.87 \times 10^6 m^3$ por año
Recursos para usarse en riego = $594.62 \times 10^6 m^3$ por año

c) Rebalses por el vertedero

De acuerdo a la regulación hecha con el modelo de simulación, el embalse Convento Viejo se llena todos los años del período de análisis, con la sola excepción de 1968/69 y 1970/71. Por esta razón, rebalsan por el vertedero importantes cantidades de agua durante los meses de invierno. La estadística de dichos caudales, sin considerar los recursos desviados desde el Teno por el canal Teno-Chimbarongo sobre el nivel de 40 m^3/seg, y los traídos desde el Tinguiririca por los canales de Tinguiririca a Convento Viejo, se consigna en el Cuadro III/31. El promedio anual de estos recursos para el período de 25 años es de $300.54 \times 10^6 m^3$, es decir son más de la mitad de los recursos desviados desde el Teno para el riego.

d) Caudales en San José de Marchigue

El efecto del Proyecto sobre la operación del embalse Rapel se puede cuantificar comparando los caudales en San José de Marchigue simulados por el modelo para la Etapa I y los valores históricos. Debido a que el registro histórico de dichos caudales es de corta longitud ha sido necesario extender la estadística. Con este propósito se ha utilizado

Cuadro III/29 : Modelo de simulación: Caudales captados por canal Teno-Chimbarongo (m^3/seg)

Año	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	Total ($10^6 m^3$)
51/2	11.19	35.34	65.00	53.46	62.54	17.47	46.74	52.12	9.88	-	-	-	929.64
52/3	24.58	31.86	41.38	20.90	36.05	5.04	9.09	12.67	-	-	-	-	477.14
53/4	18.37	25.93	52.49	65.00	65.00	21.84	63.67	65.00	58.95	24.97	7.53	-	1.231.84
54/5	16.17	54.33	30.41	30.02	26.72	5.04	25.99	20.63	1.68	-	-	-	554.50
55/6	0.51	37.02	20.58	13.10	40.11	8.87	34.39	14.50	0.74	-	-	-	446.26
56/7	19.07	8.07	25.00	40.17	31.18	10.00	35.68	13.74	-	-	-	-	480.68
57/8	17.37	16.47	56.42	47.73	32.53	9.73	27.59	13.91	-	-	-	-	582.74
58/9	33.96	45.47	36.37	52.94	41.75	33.53	56.87	37.84	5.81	-	-	20.68	961.14
59/0	32.17	35.82	65.00	60.39	65.00	27.31	65.00	64.69	21.52	-	-	-	1.148.16
60/1	-	27.83	20.78	21.50	25.63	12.80	35.31	9.34	-	-	5.16	-	416.12
61/2	-	19.07	27.84	39.09	65.00	63.05	65.00	67.59	26.73	-	-	-	973.33
62/3	0.27	25.93	21.08	34.62	27.26	20.67	46.74	10.74	-	-	-	-	492.23
63/4	-	2.20	53.12	56.42	65.00	38.99	60.56	65.00	63.46	6.62	-	-	1.081.08
64/5	-	0.75	9.00	9.01	29.15	5.60	16.74	10.87	-	-	-	0.52	214.56
65/6	29.53	34.63	59.48	65.00	51.50	28.48	64.96	59,49	58.03	0.27	-	1.15	1.189.21
66/7	22.96	56.61	63.39	39.77	63.36	36.69	63.15	63.36	54.34	10.36	-	-	1.247.23
67/8	12.10	9.17	9.73	16.30	27.39	19.41	26.83	18.53	-	-	-	-	366.49
68/9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
69/0	17.17	56.72	47.33	51.22	35.92	-	18.01	31.90	2.88	-	-	-	686.29
70/1	-	0.87	21.18	25.83	27.26	5.40	15.99	6.67	-	-	-	-	271.18
71/2	2.57	3.30	51.68	23.80	29.56	15.37	29.94	11.07	-	-	-	-	439.63
72/3	59.90	65.00	44.08	65.00	65.00	32.10	50.42	65.00	65.00	31.02	4.28	-	1.437.00
73/4	52.16	29.63	58.96	35.71	51.70	10.47	33.93	38.39	2.48	-	-	-	823.67
74/5	58.34	65.00	59.15	37.06	29.83	13.47	23.81	28.79	11.43	-	-	-	859.03
75/6	25.39	18.17	65.00	51.17	56.48	15.96	37.52	51.20	3.75	-	-	-	853.13
Prom.	18.15	28.23	40.20	38.21	42.04	18.29	38.16	33.20	15.47	2.93	0.68	0.89	726.49

Cuadro III/30 : Modelo de simulación: Caudal captado por canal Teno-Chimbarongo sobre 40 m^3/seg

Año	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	Total ($10^6 m^3$)
51/2	-	-	25.00	13.46	22.54	-	6.74	12.12	-	-	-	-	209.88
52/3	-	-	1.38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.61
53/4	-	-	12.49	25.00	25.00	-	23.67	25.00	18.95	-	-	-	341.90
54/5	-	14.33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	37.67
55/6	-	-	-	-	0.11	-	-	-	-	-	-	-	0.30
56/7	-	-	-	0.17	-	-	-	-	-	-	-	-	0.45
57/8	-	-	16.42	7.73	-	-	-	-	-	-	-	-	63.45
58/9	-	5.97	-	12.94	1.75	-	18.67	-	-	-	-	-	98.65
59/0	-	-	25.00	20.39	25.00	-	25.00	24.69	-	-	-		315.56
60/1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
61/2	-	-	-	-	25.00	23.05	25.00	24.59	-	-	-	-	256.59
62/3	-	-	-	-	-	-	6.74	-	-	-	-	-	17.71
63/4	-	-	13.12	16.42	25.00	-	20.56	25.00	23.46	-	-	-	324.70
64/5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
65/6	-	-	19.48	25.00	11.50	-	24.96	19.49	18.03	-	-	-	311.31
66/7	-	16.61	23.99	-	23.36	-	23.15	23.36	14.34	-	-	-	328.03
67/8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
68/9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
69/0	-	16.72	7.33	11.22	-	-	-	-	-	-	-	-	92.70
70/1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
71/2	-	-	11.68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30.70
72/3	19.90	25.00	4.08	25.00	25.00	-	10.42	25.00	25.00	-	-	-	418.92
73/4	12.16	-	18.96	-	11.70	-	-	-	-	-	-	-	112.52
74/5	18.34	25.00	19.15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	164.23
75/6	-	-	25.00	11.17	16.48	-	-	11.20	-	-	-	-	167.79

Promedio de 25 años = 131.87 x $10^6 m^3$

Cuadro III/31 : Modelo de simulación: Caudales desviados por el Vertedero - Etapa I

Año	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	Total ($10^6 m^3$)
51/2	-	-	0.34	60.53	58.82	-	1.56	-	-	-	-	-	318.64
52/3	-	6.30	62.25	31.18	45.21	-	-	-	-	-	-	-	380.89
53/4	-	-	-	56.98	117.92	0.94	6.95	-	-	-	-	-	480.39
54/5	-	62.79	47.39	43.03	30.34	-	-	-	-	-	-	-	482.37
55/6	-	-	-	-	32.31	-	-	-	-	-	-	-	84.91
56/7	-	-	-	-	49.94	-	-	-	-	-	-	-	131.24
57/8	-	-	-	28.62	39.69	-	-	-	-	-	-	-	179.52
58/9	-	-	15.78	64.89	43.99	9.70	4.88	-	-	-	-	-	365.91
59/0	-	27.64	76.85	58.61	66.84	4.47	5.03	-	-	-	-	-	629.24
60/1	-	-	-	26.58	25.95	-	-	-	-	-	-	-	138.04
61/2	-	-	-	-	75.76	16.60	5.03	-	-	-	-	-	255.95
62/3	-	-	-	42.09	28.96	-	2.04	-	-	-	-	-	192.10
63/4	-	-	-	19.13	78.25	16.61	6.60	-	-	-	-	-	316.88
64/5	-	-	-	-	28.61	-	-	-	-	-	-	-	75.18
65/6	-	-	-	102.20	43.76	6.72	6.15	-	-	-	-	-	417.41
66/7	-	65.84	57.57	55.32	49.77	14.83	6.66	-	-	-	-	-	656.98
67/8	-	-	7.98	21.99	32.93	-	-	-	-	-	-	-	165.32
68/9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
69/0	-	-	-	23.52	34.72	-	-	-	-	-	-	-	153.06
70/1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
71/2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
72/3	-	5.99	52.52	106.59	59.14	11.93	7.64	-	-	-	-	-	640.76
73/4	25.62	38.42	69.80	46.38	38,94	-	-	-	-	-	-	-	575.98
74/5	-	49.68	70.67	45.43	32.88	-	-	-	-	-	-	-	522.11
75/6	-	-	34.74	50.47	48.17	-	-	-	-	-	-	-	350.51

Promedio de 25 años = 300.54 x $10^6 m^3$

el modelo calibrándolo previamente en base al período controlado. La ausencia casi total de mediciones en los canales de riego ha obligado a trabajar con estimaciones medias del caudal mensual captado en cada mes. En el Cuadro III/32 se entregan los resultados de la calibración y de la Etapa I.

12.2.2 Análisis de sensibilidad de la Etapa I

Con el propósito de interpretar los numerosos resultados obtenidos de las alternativas simuladas en el modelo, se ha recurrido a los siguientes índices: a) número de años con déficit en la disponibilidad de agua; b) superficie que queda sin riego si se permite un máximo de 4 años con fallas (seguridad de riego del 85%) y c) volumen total de los déficits acumulados durante el período de 25 años de simulación. Los índices a) y b) se aplican separadamente a la zona de Tinguiririca Alto y al resto del sistema, de acuerdo a las consideraciones hechas en el análisis de la alternativa básica. El resumen de los resultados se incluye en el Cuadro III/33.

Las principales conclusiones que se pueden deducir de los Cuadros III/33 y III/34 son:

i) Una vez alcanzada la eficiencia de riego de 50% las zonas que pueden regarse desde el embalse Convento Viejo tienen una seguridad de riego del 85%, incluso en las hipótesis más desfavorables. A su vez la zona de Tinguiririca Alto nunca presenta más de 6 años con fallas, lo que en base a la serie de 53 años da una seguridad de riego del 80%.

ii) La eficiencia de riego es sin lugar a dudas el parámetro más crítico. En especial el sistema resulta extraordinariamente sensible al mejoramiento de 40 a 45% de la eficiencia, ya que los déficits disminuyen en 1.400 x $10^6 m^3$, es decir a la mitad, y en la superficie dominada por el embalse desaparecen las fallas en 9 años. Un mejoramiento del 45 al 50% afectan al sistema en menor grado. En este caso los déficits disminuyen en 490 x $10^6 m^3$ y se reducen en 2 los años con fallas en las zonas abastecidas desde el embalse.

   La zona de Tinguiririca Alto, debido a la imposibilidad de distribuir los déficits a lo largo de la temporada, es particularmente sensible a las variaciones de la eficiencia, de modo que las superficies deficitarias para el año de probabilidad 85% y de ser inexistentes con una eficiencia del 50%, pasan a 9.980 ha con 40% de eficiencia.

iii) La capacidad de transferencia entre el Tinguiririca y Convento Viejo, que se ha estimado en 5 m^3/seg, permite en el período de 25 años hacer un traspaso efectivo de 273 x $10^6 m^3$. (984-711 x $10^6 m^3$), que se usan solo en 3 años (el año 68/69 no queda afectado). Una capacidad mayor, de 10 m^3/seg, afecta solamente el déficit de un año. Un aumento sobre ese límite tiene una influencia prácticamente nula.

Cuadro III/32 : Modelo de simulación: Caudales en San José de Marchigue[1]

($10^6 m^3$)

Año	Medidos	Calibración	Etapa I	Plan Global
51/2	-	2.121	2.416	2.223
52/3	-	1.420	1.664	1.434
53/4	-	3.180	3.670	3.421
54/5	-	1.043	1.458	1.371
55/6	-	821	815	640
56/7	-	1.022	1.022	851
57/8	-	1.032	1.183	933
58/9	-	1.433	2.056	1.773
59/0	-	1.873	2.317	2.170
60/1	-	713	827	672
61/2	-	1.866	2.218	1.864
62/3	-	789	1.011	980
63/4	-	2.266	2.673	2.260
64/5	-	646	729	671
65/6	-	2.349	2.807	2.551
66/7	-	2.262	3.073	2.874
67/8	784	750	897	864
68/9	144	252	189	165
69/0	1.040	1.056	1.185	1.034
70/1	711	707	602	460
71/2	1.219	1.145	1.019	901
72/3	3.233	3.696	4.408	4.073
73/4	1.441	1.194	1.803	1.641
74/5	-	1.772	2.231	1.973
75/6	-	1.554	1.946	1.764
$\bar{X}$	-	1.479	1.769	1.583

(1) Representa los caudales que salen del sistema de riego hacia Rapel.

Cuadro III/33: Resumen de resultados

Etapa I

N°	Alternativa	N°años con déficits			Superficie con déficits Seguridad menor de 85%			Volumen déficits 10^6 m^3
		Ting. Alto	Resto Area	Area total	Ting. Alto	Resto Area	Area total	
1	Básica	4	2	4	-	-	-	711
2	e = 40%	14	13	14	9.980	7.510	17.490	2.584
3	e = 45%	8	4	8	6.070	-	6.070	1.201
4	e = 55%	3	1	3	-	-	-	499
5	Q.Tg-CV = 0 m^3/seg	4	4	6	-	-	-	984
6	Q.Tg-CV = 10 m^3/seg	4	2	4	-	-	-	645
7	Reuso máximo	3	1	3	-	-	-	551
8	Reuso mínimo	5	3	5	2.780	-	2.780	975
9	Pérd. Conduct. máx.	5	3	5	2.780	-	2.780	951
10	Pérd. Conduct. mín.	3	2	3	-	-	-	602
11	Q. Res = 0 m^3/seg	4	1	4	-	-	-	601
12	V. emb = 500 x 10^6 m^3	4	1	4	-	-	-	637
13	Infiltr. Ting = 3,0 m^3/seg	6	3	6	5.590	-	5.590	876
14	Q.Tg-CV - 0 m^3/seg (45%)	8	11	12	6.070	3.300	9.370	1.647
15	Q.Tg-CV - 10 m^3/seg (45%)	8	3	8	6.070	-	6.070	1.058
16	Reuso máx. (45%)	5	3	5	2.130	-	2.130	888
17	Reuso mín. (45%)	12	11	13	7.500	2.800	10.300	1.809
18	Pérd. Conduct. máx. (45%)	12	10	13	7.500	2.440	9.940	1.739
19	Pérd. Conduct. mín. (45%)	5	3	5	2.130	-	2.130	995
20	Q. Res = 0 m^3/seg (45%)	8	2	8	6.070	-	6.070	921
21	V. emb = 500 x 10^6 m^3 (45%)	8	3	8	6.070	-	6.070	1.068

Cuadro III/34. Resumen de resultados

Plan Global

N°	Alternativa	N° de años con déficits			Superficie con déficits Seguridad menor de 85%			Volumen Déficits total 10^6 m^3
		Ting. Alto	Resto Area	Area total	Ting. Alto	Resto Area	Area total	
1	Básica	3	7	7	-	7.020	7.020	1.534
2	e = 50%	4	13	13	-	12.780	12.780	2.879
3	e = 60%	1	3	3	-	-	-	871
4	Q.Tg-CV = 0 m^3/seg	3	22	22	-	28.530	28.530	5.787
5	Q.Tg-CV = 20 m^3/seg	3	12	12	-	7.020	7.020	1.865
6	Q.Tg-CV = 40 m^3/seg	3	7	7	-	7.020	7.020	1.560
7	Q.Tg-CV = 80 m^3/seg	3	7	7	-	7.020	7.020	1.534
8	Reuso máximo	1	5	5	-	1.940	1.940	1.034
9	Reuso mínimo	4	13	13	-	10.990	10.990	2.366
10	Pérd. conduct. máx.	4	13	13	-	11.140	11.140	2.399
11	Pérd. conduct. mín.	1	6	6	-	3.430	3.430	1.159
12	Q. Res = 0 m^3/seg	3	6	6	-	2.660	2.660	1.197
13	V. emb. = 500 x 10^6 m^3	3	6	6	-	3.160	3.160	1.227
14	V. emb. = 550 x 10^6 m^3	3	3	4	-	-	-	1.050
15	V. emb. = 600 x 10^6 m^3	3	2	3	-	-	-	918
16	Infiltr. Ting. = 3,0 m^3/seg	5	11	11	1.340	9.840	11.180	2.048
17	Q.Tg-CV = 0 m^3/seg (60%)	1	19	19	-	24.110	24.110	4.385
18	Q.Tg-CV = 20 m^3/seg (60%)	1	4	4	-	-	-	991
19	Q.Tg-CV = 40 m^3/seg (60%)	1	4	4	-	-	-	870
20	Reuso máximo (60%)	1	2	2	-	-	-	636
21	Reuso mínimo (60%)	2	6	6	-	4.770	4.770	1.294
22	Pérd. Conduct. máx. (60%)	2	6	6	-	4.930	4.930	1.310
23	Pérd. Conduct. mín. (60%)	1	2	2	-	-	-	700
24	Infiltr. Ting. = 3 m^3/seg (60%)	2	6	6	-	3.370	3.370	1.148

Al nivel de eficiencia del 45%, la transferencia de recursos tiene un efecto muy notable, afectando las deficiencias de 10 años y aumentando en forma real los recursos de Convento Viejo en un total de 454 x $10^6 m^3$, para el período de 25 años. Con una capacidad de $10 m^3$/seg se disminuyen los déficits en 143 x $10^6 m^3$. Sobre 10 m^3/seg la influencia es pequeña y sólo afecta a 2 años.

iv) En la zona aguas abajo de Convento Viejo, el reuso y las pérdidas en canales, en el rango de variación aceptado, tienen una incidencia moderada. En el Tinguiririca Alto el número de años con fallas se mantiene entre 3 y 5 años en todos los casos.

Al nivel de eficiencia del 45% el efecto de la variación de estos parámetros es mayor. De este modo mientras que con una eficiencia del 50%, en el caso más desfavorable, los déficits aumentan en aproximadamente 250 x $10^6 m^3$, con la de 45% aumentan en 600 x $10^6 m^3$.

v) El uso de los 8.5 m^3/seg reservados para el río Teno y el aumento del volumen de embalse a 500 x $10^6 m^3$ tiene un efecto pequeño sobre los resultados, debido principalmente a la alta seguridad de riego del sistema con la alternativa básica.

vi) La alternativa que considera una infiltración de 3 m^3/seg en el río Tinguiririca, sin recuperación útil para el sistema, se refleja principalmente en las superficies que quedan sin riego de acuerdo al criterio adoptado, y no tanto en el número de años con déficits, o sea en la seguridad de riego, ya que ésta se mantiene muy similar (6 años con déficits, 80% de seguridad de riego).

12.2.3 Alternativa básica del Plan Global

a) Estadística de los déficits

Tinguiririca Alto

Los déficits mensuales expresados en m^3/seg, en porcentajes de la demanda y en reducción de la superficie de riego, calculada en base al porcentaje anterior, se entregan en el Cuadro III/35. De dicha Tabla se deduce que la zona tiene una seguridad de riego del 85%, con solamente 3 años de falla en el abastecimiento. Inclusive se puede apreciar que 2 de esos años muestran déficits solamente durante un mes y de poca magnitud.

Tinguiririca Bajo, Chimbarongo, Alcones y Nilahue

De acuerdo a los resultados del Cuadro III-35, donde se incluyen los déficits por temporada en millones de m^3, en porcentaje de la demanda estacional y en superficie que queda sin abastecimiento, se producen en 7 años deficiencias en la disponibilidad de agua, lo que representa una seguridad de riego del 75%. La superficie que queda con una seguridad de riego inferior al 85% alcanza a 7.020 ha y quedan 840 ha con una seguridad menor del 80%.

Cuadro III/35 : Modelo de simulación: Estadísticas de déficits en Plan Global y Alternativa básica

TINGUIRIRICA ALTO

Caudales (m^3/seg)

Año	S	O	N	D	E	F	M	A	Total ($10^6 m^3$)
62/3	-	-	-	-	0.22	-	-	-	0.57
68/9	-	11.18	7.86	17.05	6.42	-	-	-	111.73
70/1	-	-	-	-	2.02	-	-	-	5.30

Porcentaje de la demanda (%)

62/3	-	-	-	-	0.4	-	-	-	
68/9	-	46.6	21.6	33.9	12.2	-	-	-	
70/1	-	-	-	-	3.9				

Superficie con déficit (ha)

									Mes crítico
62/3	-	-	-	-	203	-	-	-	203
68/9		23.690	10.980	17230	6200	-	-	-	23.690
70/1	-	-	-	-	1980	-	-	-	1.980

Tinguiririca Bajo, Chimbarongo, Alcones y Nilahue

Año	V. total $10^6 m^3$	Porcentaje de la demanda %	Superficie con déficit ha
55/6	83.95	7.4	7.260
56/7	9.75	0.9	840
60/1	44.0	3.9	3.800
62/3	81.20	7.1	7.020
64/5	32.75	10.5	11.480
68/9	858.40	75,4	74.220
70/1	206.70	18.2	17.870

Porcentualmente, la magnitud de los déficits supera el 10% de la demanda en 3 años. El año 1968/69, con un abastecimiento apenas del 25% de la demanda, ilustra como el uso más intenso de los recursos hídricos hace al sistema cada vez más vulnerable a las sequías extremas.

b) Aportes del río Teno a través del canal Teno-Chimbarongo

Estos recursos permanecen sin variación con respecto a los determinados para la Etapa I (Cuadro III/29 y III/30).

c) Rebalses por el vertedero

La estadística de estos caudales, descontando el efecto de los recursos traídos desde el río Teno por sobre el valor límite de 40 m^3/seg y desde el río Tinguiririca por los canales Tinguiririca-Convento Viejo, se entrega en el Cuadro III/36. Los caudales obtenidos son menores que los de la Etapa I en razón de los cambios en las demandas al embalse. El promedio anual es de 188.79 x $10^6 m^3$.

d) Caudales en San José de Marchigue

En el Cuadro III/32 se incluyen los resultados del Plan Global.

12.2.4 Análisis de sensibilidad del Plan Global

La interpretación de los resultados se ha hecho en base a los mismos índices definidos para la Etapa I. Un resumen de esos valores se entrega en el Cuadro III/33. De dicho Cuadro se deducen las siguientes conclusiones; en relación al Plan Global:

a) A partir de una eficiencia de riego del 55% la zona de Tinguiririca Alto tiene en todos los casos una seguridad de riego del 85%, con la sola excepción de la alternativa con infiltración de 3.0 m^3/seg en el Tinguiririca donde se obtiene una seguridad del 80%.

b) Como se señaló en el análisis de la alternativa básica, con un nivel de eficiencia del 55% quedan 7.020 ha con una seguridad de riego menor del 85% y de ellas 840 ha con una del 80%. Un aumento de la eficiencia hasta alcanzar el nivel del 60% permitiría resolver dicha situación.

c) Para el Plan Global resulta fundamental aumentar la capacidad de los canales de Tinguiririca a Convento Viejo, ya que permite reducir los déficits totales del período de 5.787 x $10^6 m^3$ a un mínimo de 1.534 x $10^6 m^3$. La sensibilidad del sistema respecto a este parámetro es especialmente notable en el tramo 0-20 m^3/seg. En ese tramo se reducen los déficits de 22 a 12 años y de 5.787 x $10^6 m^3$ a 1.865 x $10^6 m^3$. El aumento de 20 a 40 m^3/seg tiene un efecto menor y sobre los 40 m^3/seg prácticamente es nulo.

Cuadro III/26 : Modelo de simulación: Caudales desviados por el Vertedero - Plan Global

Año	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	Total ($10^6 m^3$)
51/2	-	-	0.34	60.53	54.99	-	-	-	-	-	-	-	304.48
52/3	-	-	-	24.67	41.37	-	-	-	-	-	-	-	173.55
53/4	-	-	-	56.52	114.08	-	-	-	-	-	-	-	448.34
54/5	-	-	-	46.62	26.50	-	-	-	-	-	-	-	181.64
55/6	-	-	-	-	12.16	-	-	-	-	-	-	-	31.96
56/7	-	-	-	-	40.39	-	-	-	-	-	-	-	106.13
57/8	-	-	-	14.01	35.85	-	-	-	-	-	-	-	131.03
58/9	-	-	6.37	64.87	40.15	-	-	-	-	-	-	-	292.73
59/0	-	-	29.92	58.59	63.00	-	-	-	-	-	-	-	398.17
60/1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
61/2	-	-	-	-	57.72	4.02	-	-	-	-	-	-	157.01
62/3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
63/4	-	-	-	-	74.35	4.03	-	-	-	-	-	-	205.98
64/5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
65/6	-	-	-	101.75	39.92	-	-	-	-	-	-	-	372.31
66/7	-	-	15.91	55.31	45.93	2.26	-	-	-	-	-	-	313.79
67/8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
68/9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
69/0	-	-	-	23.13	30.88	-	-	-	-	-	-	-	141.94
70/1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
71/2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
72/3	-	-	51.97	106.58	55.30	-	-	-	-	-	-	-	561.99
73/4	-	-	35.36	46.36	35.10	-	-	-	-	-	-	-	307.01
74/5	-	-	67.10	45.42	29.05	-	-	-	-	-	-	-	372.01
75/6	-	-	-	39.29	44.33	-	-	-	-	-	-	-	219.75

Promedio de 25 años = 188,79 x $10^6 m^3$

La importancia del aumento de la capacidad de los canales de Tinguiririca a Convento Viejo se explica porque permite traspasar hacia nuevas zonas los excedentes que se producen en el Tinguiririca, al mejorar las prácticas de riego.

Una situación enteramente equivalente se observa en el análisis hecho para la eficiencia del 60%.

d) Los tanteos hechos con el reuso y las pérdidas en canales, se traducen en variaciones en la superficie con seguridad inferior a 85% de ± 4.000 ha. El número de años con fallas va de 5 a 13 años y el volumen del déficit para los 25 años, de 1.034 a 1.865 x $10^6 m^3$.

e) El uso, para los fines del Proyecto de Convento Viejo, de la reserva de 8.5 m^3/seg en el río Teno tiene un efecto moderado ya que eleva la superficie con seguridad de riego de 85% en aproximadamente 4.000 ha y elimina completamente las deficiencias de 1 año.

f) El aumento de la capacidad de almacenamiento en el sistema (en Convento Viejo o en otros lugares intermedios) tiene una gran influencia. Es así como con una capacidad de 550 x $10^6 m^3$ se puede dar una seguridad de riego del 85% a todas las zonas al producirse aguas abajo del embalse 3 años con fallas. Con 600 x $10^6 m^3$ se producen solamente 2 años con deficiencias. Un aumento hasta una capacidad de 500 x $10^6 m^3$ resulta insuficiente.

g) Suponiendo una infiltración de 3.0 m^3/seg, se afecta el riego de unas 4.000 ha, con las dos eficiencias consideradas, de 55 y 60%. Interesa señalar que la zona más afectada no es la de Tinguiririca Alto sino la que depende del embalse, ya que se dispone de menores recursos en el Tinguiririca para traspasar. Si se hubiera supuesto que las infiltraciones se recuperan en Convento Viejo, la influencia habría sido mínima.

13. CAUDAL DE DISEÑO DEL VERTEDERO DE LA PRESA

13.1 Antecedentes

La presa de Convento Viejo está situada en un estrechamiento natural del valle de Chimbarongo muy cercano al pueblo de Convento Viejo. La presa, que es del tipo de relleno de tierra tendrá una altura máxima de 36 m por sobre el nivel del lecho del río. El embalse captará hasta 454 x $10^6 m^3$, anegando un área de casi 45 Km^2. Se planea un vertedero de compuerta controlado automáticamente, con una capacidad máxima de 1.000 metros cúbicos por segundo a una carga de 6,43 metros.

La construcción de las estructuras auxiliares del proyecto de la represa se inició en los comienzos de la década del 70. En 1973 ya se encontraban en funcionamiento la ataguía sobre el Chimbarongo junto con el túnel de desvío. Un canal alimentador a partir del Teno, que descarga al Chimbarongo un gasto máximo de 65 m^3/seg, comenzó a funcionar en 1975.

Se dispone de datos hidrométricos para el Estero Chimbarongo obtenidos en dos estaciones: Convento Viejo (Estación 14) y Quinta (Estación 15).

La Estación Convento Viejo está ubicada a corta distancia aguas abajo del sitio de la presa y controla un área de drenaje de aproximadamente 630 Km^2. La estación, que fue establecida por la D.G.A. en agosto de 1968, está equipada con un limnígrafo pero hasta fines de 1974 no había sido calibrada para descargas superiores a 38,7 m^3/seg. Se dispone de series de datos más largas en la estación de Quinta, situada a unos 4 Km río arriba y que controla un área de 489 Km^2. La estación fue establecida por ENDESA en abril de 1962. Si bien esta estación está equipada únicamente con un limnímetro, ha sido calibrada para un rango mucho más amplio de caudales que la de Convento Viejo.

Es sabido que los caudales naturales del Estero Chimbarongo aumentan por efecto de los flujos de retorno de las zonas regadas con agua del Río Tinguiririca o del Río Teno. El agua del Teno descargada por el canal de Teno-Chimbarongo constituye desde septiembre de 1975 una fuente adicional de agua importada al Chimbarongo.

El régimen de flujo natural del Chimbarongo en la Estación Convento Viejo se ha visto afectado también por el agua embalsada por la ataguía de Convento Viejo, de reciente construcción.

En las estaciones pluviométricas de Convento Viejo, Santa Susana, San Fernando y Puente Negro existen registros representativos de la lluvia en la cuenca del Estero Chimbarongo. Las estaciones de San Fernando y Puente Negro están provistas de pluviógrafos.

Existen varios estudios sobre los caudales máximos del Chimbarongo. En estos estudios, se utilizó el método del hidrograma unitario con las lluvias de San Fernando para determinar crecidas de diseño de distin

tas frecuencias. El estudio que fue adoptado en último término por la Dirección de Riego (1) se analiza en forma sucinta en el párrafo que sigue, acompañado del análisis y conclusiones propias del Consultor.

13.2 Análisis del estudio anterior

El estudio antes mencionado utilizó tres pequeñas crecidas registradas en la estación de Convento Viejo en 1969. Con el propósito de definir el hidrograma unitario de crecidas en Convento Viejo, la curva de calibración de la estación fue extrapolada hacia arriba (véase Fig. III/11). La extrapolación implica el supuesto de que la descarga en Convento Viejo es siempre igual a 1,28 veces aquella que pasa por Quinta una hora antes. El factor de 1,28 representa la relación entre el área de drenaje en Convento Viejo (se usó un área de 600 Km^2) y la de Quinta (se usó un área de 470 Km^2).

Mediante procedimientos usuales se derivaron hidrogramas unitarios de 2 horas y de 4 horas en Convento Viejo, con las siguientes características fundamentales:

	H.U. de 2 horas	H.U. de 4 horas
Caudal máximo	9,9 m^3/seg	9,6 m^3/seg
Tiempo hasta alcanzar máximo	12 horas	12 horas

La lluvia de diseño se obtuvo haciendo un análisis de probabilidad de las lluvias diarias observadas en San Fernando para el período 1911 - 1972 (62 años). El análisis entregó 235 mm/24 horas con un período de retorno de 500 años. Esta cantidad se distribuyó en el día según una pauta asumida y se supuso que las tasas de infiltración variarían de 30 mm/4 horas a 5 mm/4 horas. El máximo que resulta para la crecida de diseño fue de 1,274 m^3/seg (incluyendo un caudal base de 75 m^3/seg).

13.3 Hidrograma unitario en Convento Viejo

13.3.1 Introducción

El inconveniente del estudio que se acaba de analizar radica en que el hidrograma unitario recomendado se obtuvo de un número muy pequeño de crecidas y usando una curva de calibración de la estación de Convento Viejo extrapolada, cuya validez debe ser comprobada.

---

(1) Proyecto del vertedero de evacuación de crecidas del Embalse Convento Viejo. Guillermo Noguera L. 1974.

Con el propósito de justificar la aplicación del hidrograma unitario derivado se llevaron a cabo las siguientes investigaciones:

i) Se examinó la porción extrapolada de la curva de calibración de Convento Viejo

ii) Se analizaron algunas crecidas altas recientes en relación a sus hidrogramas unitarios

iii) Se utilizó un procedimiento semiteórico para derivar un hidrograma unitario sintético.

Se ofrece a continuación los detalles de estas investigaciones.

13.3.2 Curva de calibración de Convento Viejo

La curva de calibración de la Estación Convento Viejo se basa en aforos de caudales de hasta 38,7 m^3/ha. Para extrapolar la curva por sobre ese valor se hizo uso de los datos recolectados durante la crecida del 29 y 30 de junio de 1974, descrita en la Referencia 5 (1). Según los registros, el agua almacenada por la ataguía (Cofferdam) de Convento Viejo durante esa crecida, alcanzó una elevación de 252,35 m, lo que dió lugar a una descarga máxima a través del túnel de desviación de 315 metros cúbicos por segundo más o menos. Esta misma descarga debe haber pasado por la estación de Convento Viejo a un nivel de registro de 3,30 m como se observa en los registros de la estación. Usando esta información, se desarrolló una curva de descarga revisada para la estación según se indica en la Fig. III/11.

13.3.3 Análisis de crecidas recientes en Convento Viejo

La crecida antes señalada del 29 - 30 de junio de 1974 es la crecida más alta que se haya registrado en la estación de Convento Viejo. Fue causado por una tormenta muy intensa, a juzgar por los registros de lluvias en San Fernando. El resultado de la crecida en Convento Viejo, calculada mediante la curva de calibración revisada, junto con la lluvia correspondiente en San Fernando, se muestran en la Fig. III/12.

Resulta evidente en la figura que la crecida ha sido atenuada por el embalse formado por la ataguía de Convento Viejo. Haciendo uso de las relaciones de almacenamiento vs altura y caudal de descarga por el tunel de desviación vs. altura, incluídas en la Referencia 5 y reproducidas en la Fig. III/13, el hidrograma de entrada a la laguna formada por el coffendam adopta la forma que se muestra en la Fig. III/12. El hidrograma unitario correspondiente a este hidrograma de entrada se

---

(1) Cofferdam de Convento Viejo, mejoramiento de seguridad de servicio por : Esteban Doña 1975.

entrega en el Cuadro III/37.

Los hidrogramas unitarios de 4 horas y de 24 horas, que también se señalan en el cuadro, han sido obtenidos del hidrograma unitario de 8 horas usando técnicas usuales. A continuación se verificó la posibilidad de aplicar el hidrograma unitario de 24 horas a la tormenta del 14-15 de junio de 1970 para reproducir la correspondiente crecida en Convento Viejo. Esta crecida tuvo un máximo de 115m^3/seg (curva revisada) y fue originada por una tormenta con una precipitación excedente de 17 mm y una duración de 22 horas.

Cuadro III/37 Hidrograma unitario Convento Viejo

Tiempo	8 hr	4 hr	24 hr
hr	m^3/seg	m^3/seg	m^3/seg
0	0	0	0
4	0,1	0,2	0
8	2,1	4,0	0,7
12	6,6	9,2	2,2
16	9,9	10,6	4,0
20	8,6	6,6	5,1
24	5,5	4,4	5,8
28	3,7	3,0	6,3
32	2,5	2,0	6,0
36	1,7	1,4	4,7
40	1,2	1,0	3,1
44	0,8	0,6	2,1
48	0,5	0,4	1,4
52	0,3	0,2	1,0
56	0,2	0,1	0,6
60	0,1		0,4
64			0,2
68			0,1
72			0,1

Nota: El volumen de cada hidrograma es igual a 630.000 m^3, equivalente a 1mm de escurrimiento de un área de 630 Km^2.

13.3.4 Determinación de un hidrograma unitario sintético

Se obtuvo un hidrograma unitario sintético en Convento Viejo aplicando el método de tiempo - área (1) al área de drenaje del Estero Chimbarongo. Las velocidades de flujo usadas para derivar las isocronas son 1 m/seg en los cauces naturales y 0,5 m/seg en los canales de regadío. En el Cuadro III-38 se indica la relación tiempo - área determinada para el área de drenaje. Esta relación fue propagada posteriormente por el procedimiento de Muskingum, con x = 0 y K = 9 horas; este último valor corresponde al tiempo del máximo en la relación de tiempo-área. El hidrograma unitario de 4 horas que resulta se muestra en la Fig. III/14 y exhibe una semejanza notable con el que se derivó en la sección anterior.

Cuadro III-38 : Relación de tiempo-área en la Cuenca del Chimbarongo

Tiempo, horas	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	Total
Area, Km^2	25,5	69,0	96,2	131,1	233,0	75,2	630,0

13.3.5 Conclusiones

En la Fig. III/14 se presentan comparaciones entre los hidrogramas unitarios derivados en el estudio anterior y los de este trabajo. La figura deja de manifiesto que existe una semejanza estrecha entre los hidrogramas unitarios obtenidos aquí y los determinados previamente.

Puesto que el hidrograma unitario obtenido aquí es más adecuado para caudales altos que el del estudio anterior, conviene adoptarlo para calcular las crecidas de diseño del vertedero.

13.4 Cálculo de la crecida de diseño

13.4.1 Tormenta de diseño

Una revisión de los datos del pluviógrafo de San Fernando indica que la duración de las tormentas con lluvias altas es generalmente larga (hasta 24 horas). Este hecho, unido a la limitación impuesta por la escasez de datos horarios de lluvias, llevó a elegir un período de 24 horas como base temporal para la tormenta.

Las estadísticas de máximas anuales de las lluvias diarias en San Fernando para el período 1911-1976 (66años) se indican en el Cuadro III/39.

Los datos se analizaron usando el procedimiento de Gumbel para obtener la información que aparece en el Cuadro III/40 y en la Fig. III/15.

(1) Hidrology for Engineers. R.K. Linsley y otros. pp 237-238.

Cuadro III/39 : Lluvias máximas diarias anuales en San Fernando

Año	Mes	Día	Lluvia	Año	Mes	Día	Lluvia	Año	Mes	Día	Lluvia
1911	12	6	42,5	1933	6	16	70,0	1955	6	15	101,0
1912	6	10	63,8	1934	6	3	94,0	1956	7	26	52,0
1913	7	22	94,4	1935	5	19	49,0	1957	5	21	86,5
1914	6	21	166,5	1936	7	21	53,0	1958	8	13	114,5
1915	5	26	148,1	1937	6	23	78,0	1959	7	3	69,0
1916	11	25	70,8	1938	5	20	79,0	1960	6	20	45,0
1917	6		96,3	1939	6	22	51,0	1961	6	6	87,0
1918	6	1	57,8	1940	6	6	102,2	1962	6	24	79,5
1919	5	30	75,0	1941	12	20	32,1	1963	7	8	78,5
1920	6	7	117,9	1942	8	7	88,0	1964	6	2	59,0
1921	5	6	141,5	1943	9	2	68,0	1965	8	9	96,0
1922	7	24	64,3	1944	8	8	62,0	1966	6	15	78,0
1923	6	17	65,2	1945	8	1	69,5	1967	7	16	61,0
1924	7	3	22,7	1946	2	24	45,0	1968	9	8	27,2
1925	9	8	50,2	1947	10	16	48,0	1969	6	6	73,2
1926	2	5	32,3	1948	7	17	83,3	1970	7	14	103,2
1927	5	31	103,1	1949	5	31	90,6	1971	6	27	57,0
1928	6	4	51,0	1950	4	6	88,0	1972	6	9	108,9
1929	8	10	83,0	1951	6	13	150,3	1973	5	19	74,0
1930	6	12	129,0	1952	6	21	66,1	1974	5	19	62,5
1931	7	7	51,0	1953	8	20	115,5	1975	7	3	114,5
1932	7	25	74,0	1954	6	8	71,0	1976	6	15	75,6

Nota: 1) Fuente de los datos: 1911 - 1949 Ref.: 4
1950 - 1970 Oficina Metereológica
1971 - 1976 ENDESA

2) Todos los datos están basados en observaciones de 8 AM a 8 AM

Cuadro III/40 : Probabilidad de lluvias diarias en San Fernando

Probabilidad de excedencia, %	50	10	1	0,2	0,1
Período de retorno, años	2	10	100	500	1.000
Lluvia, mm	73	124	188	232	251

Teniendo en cuenta que los valores del Cuadro III/40 se obtienen de observaciones para un día calendario (que comienza a las 8 A.M.) y no representan necesariamente a los valores máximos para 24 horas, se ajustaron hacia arriba en un 12%. Esta cifra se obtuvo analizando los datos del pluviógrafo de San Fernando para el período 1966 - 1976.

Se ha supuesto que la distribución de la lluvia dentro del período de 24 horas es la que se indica en el Cuadro III/41 (la misma que se usó en la Referencia 4). También se probaron otras distribuciones, comprobándose que todas ellas llevan aproximadamente las mismas conclusiones.

Al escoger el período de retorno de la tormenta de diseño se aceptó un riesgo de fallo de 0,10 durante la vida útil de 40 años considerada para el proyecto. Esto llevó a adoptar un período de retorno de 500 años para el proyecto (1). En consecuencia, la tormenta de diseño adoptada en este estudio es la que se da en la tercera columna del Cuadro III/41

Cuadro III/41 : Tormenta de diseño del vertedero de Convento Viejo

Intervalo de tiempo	Lluvia en porcentaje del total	Lluvia mm	Infiltración mm	Lluvia excedente mm
0 - 4	13,5	35	10	25
4 - 8	18,5	48	10	38
8 - 12	21,5	56	10	46
12 - 16	20,0	52	10	42
16 - 20	15,5	40	10	30
20 - 24	11,0	29	10	19
Total	100,0	260	60	200

Se debe señalar que la posibilidad de dos días de lluvia seguidos también fue investigada. Se supuso que la tormenta del primer día tendría una duración de 8 horas con un rendimiento de 70 mm de lluvia, seguido por una pausa de 16 horas sin lluvia y la tormenta de diseño del Cuadro III/41. Sin embargo, esta posibilidad no acarreó un cambio significativo en los resultados.

Otro aspecto que merece destacarse es la observación de que las tormentas sobre el área son generalizadas, lo que significa que no hay una reducción importante en la lluvia en un área de 630 Km^2 en comparación con la lluvia en un punto.

13.4.2 Infiltración

Para maximizar el efecto de la tormenta se supuso que la humedad del suelo previa estaba en su valor máximo. Esto llevó a adoptar la tasa mínima de infiltración evidenciada en la crecida de julio de 1974, es decir, 2,5 mm/hr (véase Fig. III/12). Por tanto, la pérdida diaria por infiltración resulta ser de 2,5 x 24 = 60 mm y la lluvia diaria excedente es de 260 - 60 = 200 mm. El Cuadro III/41 muestra los valores, para 4 horas, de la lluvia excedente.

13.4.3 Crecida de diseño

Aplicando el hidrograma unitario de 4 horas del Cuadro III/37 a

(1) Cofferdam de Convento Viejo, mejoramiento de seguridad de servicio. Esteban Doña, 1975. pp. 258 - 259.

la lluvia excedente del Cuadro III/41 se obtuvo la crecida de diseño, con un caudal máximo de 1.359 m^3/seg. El volumen de la crecida alcanza a 126 millones de m^3.

El flujo base, que se supuso de 75 m^3/seg (fue de 66 m^3/seg al comenzar la crecida de julio de 1974), se puede descargar del vertedero de servicio del embalse y por tanto no se incluye en la crecida de diseño. Se supone que la transferencia de agua del Teno se detiene durante la crecida, si ello no pudiera garantizarse la capacidad de diseño del vertedero debiera aumentarse en 65 m^3/seg.

13.5 Propagación de la crecida a través del embalse

La Fig. III/16 muestra un esquema de las condiciones del vertedero. La elevación de la cresta del vertedero es de 268,40 m, el nivel normal de agua es de 274,00 m y el nivel máximo de agua es de 274,83 m.

El vertedero se controla automáticamente por medio de tres compuertas, de 9 m de ancho y 7 m de alto cada una. La estructura operará como orificio en el rango de 274 a 274,56 m. Por sobre este rango se aplican condiciones de vertedero.

La abertura de las compuertas será proporcional a la distancia vertical entre el nivel normal de agua y el nivel máximo de agua, es decir que para una elevación de agua de 274,41 m, las compuertas estarán a medio abrir.

Las siguientes relaciones de descarga se adoptaron para la estructura:

Condiciones de orificio

$$Q = 2{,}95\ (b)\ C(H^{3/2} - (H-a)^{3/2})$$

Condiciones de vertedero

$$Q = 2{,}12\ (b)\ H^{3/2}$$

en que:

Q = descarga, m^3/seg

b = ancho total de las compuertas = 27 m

H = altura del agua sobre la cresta del vertedero, m

a = abertura de la compuerta, m

C = coeficiente de orificio relacionado a $\frac{a}{H}$ como sigue:

Nivel de agua, m	274,00	274,06	274,13	274,49	274,56
$\frac{a}{H}$	0	0,1	0,2	0,7	0,8
C	0,760	0,713	0,698	0,646	0,636

La relación entre la elevación y el almacenamiento en el embalse aparece en el Cuadro III/21.

Los resultados del cálculo de la propagación se ilustran en la Fig. III/16, en que el hidrograma de salida se grafica frente al hidrograma de entrada (la crecida de diseño). El caudal de salida máximo es de 925 m^3/seg con una elevación del nivel de agua de 274,79 m.

13.6 Conclusión

Se llega a la conclusión de que la capacidad del vertedero, planeado en 1.000 m^3/seg, es adecuada para pasar la crecida de diseño con el nivel máximo de agua permisible.

14. SEDIMENTACION EN EL EMBALSE PROPUESTO EN CONVENTO VIEJO

Los únicos datos que existen en cuanto a sedimento en suspensión se refieren al Río Tinguiririca en Los Olmos (Estación 10).

Para estimar el volumen de sedimento que pueda depositarse en el embalse propuesto en Convento Viejo, se recurrió a los datos sobre sedimentos en suspensión en dicha estación. Estos datos abarcan casi 50 muestras de agua tomados entre 1972 y 1976. Cada muestra representa una concentración media de sedimento en 3 verticales en la sección del río. Los datos aparecen en la Fig. III/17, en términos de descarga de sedimentos. La relación obtenida entre estas variables se usó para calcular las cargas de sedimentos indicadas en Cuadro III/42.

Cuadro III/42: Carga de sedimentos del Río Tinguiririca en Los Olmos

Año	1971	1972	1973	1974	1975
Carga de sedimento, toneladas	109.000	983.000	168.000	561.000	375.000

La carga media obtenida de 439.000 toneladas/año o su equivalente de 142 toneladas/Km^2 x año, puede considerarse superior al promedio, ya que los caudales del río durante el período 1971-1975 fueron mayores de lo usual.

El área tributaria natural del embalse propuesto en Convento Viejo es de 630 Km^2 del Estero Chimbarongo. Además, una parte de la cuenca del Teno aportará sedimento al embalse a través del Canal Teno-Chimbarongo; el área tributaria equivalente a esta contribución se estima en 50% de la cuenca del Teno en la Estación 18, es decir en 760 Km^2. El área tributaria total del embalse alcanza, pues, a 630 + 760 = 1.390 Km^2, lo que arroja una media anual de sedimentos en Convento Viejo de 142 x 1.390= 197.380 toneladas/año.

Considerando una densidad del sedimento depositado de 1,2 toneladas/m^3 y una vida útil de 50 años para el proyecto, el volumen acumulado de sedimento en suspensión llega a 8 millones de m^3. Suponiendo un arrastre de fondo adicional de 1,6 millones de m^3 y 100 por ciento de eficiencia de retención en el embalse, se llega a un valor total de 10 millones de m^3.

15. DESCARGAS MAXIMAS PARA EL DISEÑO DE OBRAS DE DRENAJE

15.1 Metodología

La información hidrológica incluida en este capítulo se refiere solamente a cursos de agua menores alimentados por aguas lluvias en el área del proyecto ya que estos son los únicos en los cuales se proyecta efectuar obras para fines de drenaje. Como los trabajos de drenaje en los esteros en cuestión serán para proteger solamente de las inundaciones de frecuente ocurrencia(hasta un período de retorno de 20 años), la evaluación de sus descargas máximas debiera utilizar de preferencia datos de terreno en lugar de recurrir a métodos teóricos o empíricos.

Sin embargo, los datos existentes en relación a caudales alimentados por aguas lluvias en el área (véase Cuadro III/6), se limitan sólo a aquellos del Estero Chimbarongo en las Estaciones 13,14 y 15.

Existen en la Estación 13 (Santa Cruz) datos sobre las máximas anuales de caudales diarios medios para el período 1945-1972, en tanto que los datos para descargas máximas instantáneas comienzan sólo en 1961.

En la Estación 14 (Convento Viejo) los registros de caudales diarios medios así como de descargas máximas instantáneas sólo datan desde 1969 y la exactitud de los registros es dudosa. Por último, en la Estación 15 (Quinta) sólo existen datos de los valores medios diarios y tan sólo para el período 1962 - 1970.

En vista de las circunstancias descritas, sólo se analizaron los registros de la Estación 13, obteniéndose las conclusiones de dichos datos.

El análisis se llevó a cabo como sigue:

a) Probabilidades de caudales medios diarios máximos (máximos anuales) calculadas por el método Gumbel.

b) La razón media entre caudales instantáneos máximos y caudales medios diarios máximos se calculó en 1,2 .

c) Los valores obtenidos en (a) se ajustaron hacia arriba sobre la base del factor señalado en (b).

d) Los resultados en (c) junto con consideraciones semiempíricas, se utilizaron para establecer una relación entre los caudales instantáneos máximos probables y el tamaño de las áreas de drenaje.

15.2 Resultados

El análisis de probabilidades dió los valores indicados en el Cuadro III/13. Estos se aumentaron en un 20% para obtener las cifras anotadas en el último renglón del cuadro. Las relaciones de la Fig. 19

se obtuvieron por último, suponiendo que las descargas máximas de diferentes áreas de drenaje están relacionadas entre sí como las raíces cuadradas de las áreas correspondientes.

Cuadro III/47 : Probabilidades del Caudal máximo en la Estación 13

Probabilidades de excedencia, %	20	10	5	2
Período de retorno, años	5	10	20	50
Caudal medio diario máximo, m^3/seg	247	300	351	417
Caudal instantáneo máximo, m^3/seg	296	360	421	500

A P E N D I C E

ESTABLECIMIENTO DE UNA RED HIDROMETRICA

1. DISEÑO DE LA RED

Para el manejo correcto de los recursos hídricos del área del Proyecto conviene establecer una red hidrométrica enfocada específicamente a los fines del Proyecto. La red debe ser diseñada de tal manera que genere suficiente información para los siguientes fines:

- Estudios estadísticos de la escorrentía
- Cálculos del balance hídrico, tanto para el conjunto del área del Proyecto, como también para zonas de interés dentro de dicha área.

Por razones de economía no es conveniente multiplicar innecesariamente el número de estaciones en las que se deban efectuar observaciones durante un período indefinido de tiempo. Por lo tanto, resulta útil dividir las estaciones de observación en las tres categorías siguientes:

- Estaciones principales
- Estaciones secundarias
- Estaciones especiales

Las estaciones principales suministran la información para los estudios estadísticos, por lo que las observaciones correspondientes deben ser efectuadas en forma ininterrumpida durante un período indefinido de tiempo. Las estaciones existentes en el Río Tinguiririca en Los Briones, el Río Claro en El Valle y el Río Tinguiririca en Los Olmos pertenecen a esta categoría.

En las estaciones secundarias se deben efectuar observaciones solamente durante un número limitado de años. Estas estaciones deben funcionar sólo el tiempo preciso para establecer una buena correlación con las estaciones principales, con las características del terreno y con las precipitaciones. Las siguientes estaciones pueden ser incluidas en esta categoría:

- Una nueva estación en el Estero Chimbarongo, río arriba del embalse de Convento Viejo (reemplazando la estación existente en Quinta, que será inundada)
- Nuevas estaciones en el Estero Nilahue, a la entrada y salida del área del Proyecto
- Nuevas estaciones en el Estero Las Cadenas, a la entrada y salida del área del Proyecto.

Las estaciones especiales se requieren para cumplir objetivos especiales, tales como observaciones de niveles, cálculos de balances hídricos, determinación de caudales máximos y otros. En algunos casos, las ob-

servaciones pueden ser limitadas a un aspecto particular o a una sola estación del año. Las siguientes estaciones corresponden a esta categoría:

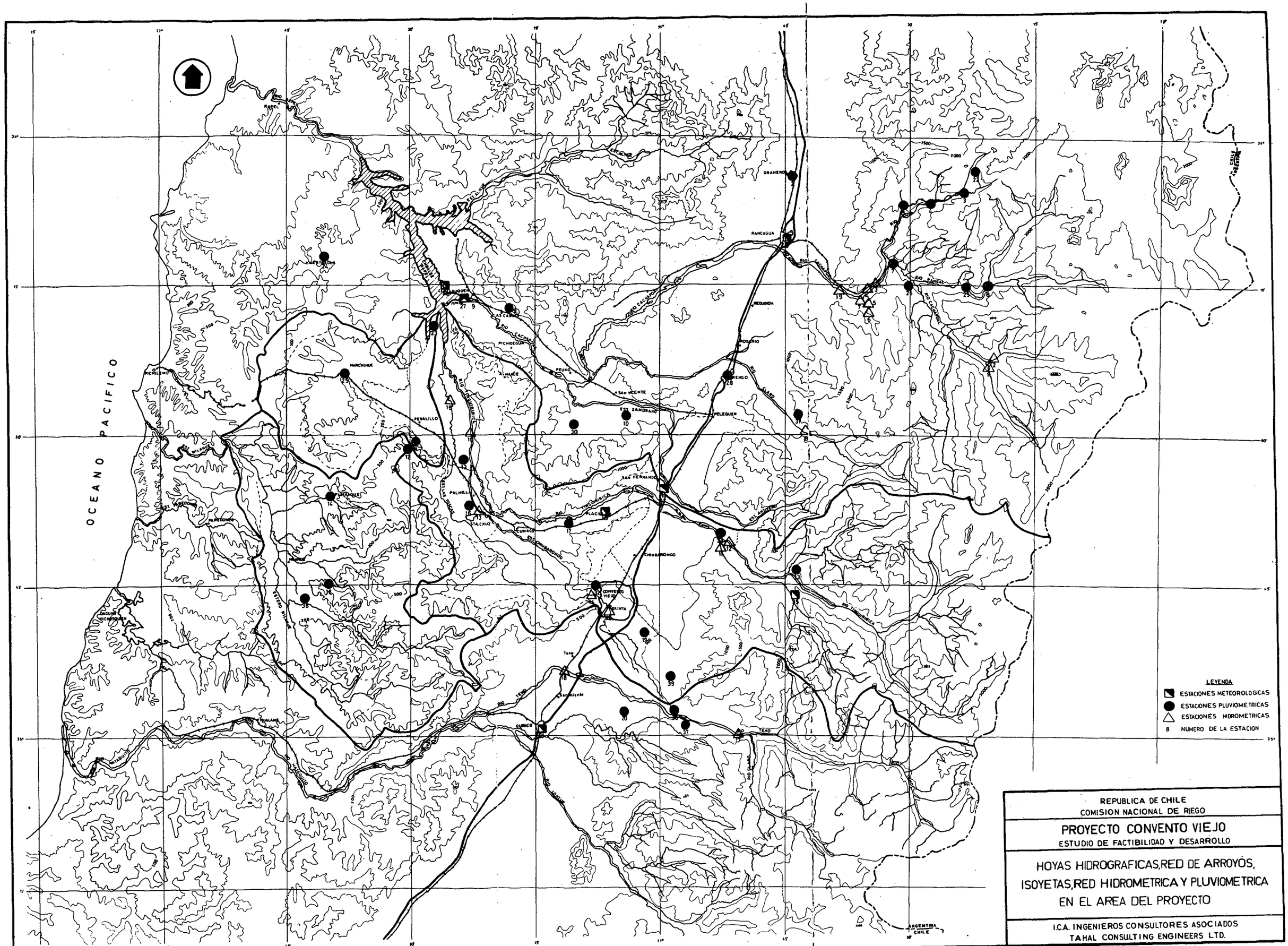
- Una nueva estación en el Río Tinguiririca, entre las zonas I y II (en las cercanías de la Carretera Panamericana Sur)
- La estación existente en el Estero Chimbarongo en Convento Viejo
- Nuevas estaciones en todas las corrientes y canales que pasan de la zona II a la III (con exclusión del Estero Chimbarongo, que es aforado actualmente en Santa Cruz)
- Nuevas estaciones en todas las corrientes y canales que salen del valle del Tinguiririca en las proximidades de Los Olmos (con exclusión del Río Tinguiririca mismo, que es actualmente aforado en ese sitio)
- Estaciones en canales, en sitios seleccionados a propósito
- Observaciones del nivel de agua en el Embalse Convento Viejo.

2. LOCALIZACION DE LAS ESTACIONES

Las estaciones hidrométricas de hecho no aforan caudales, sino que miden niveles de agua. En consecuencia, la posibilidad de obtener una curva de calibración (curva que representa la relación entre el nivel y el caudal de la corriente en una estación de aforo determinada) reviste una importancia suprema. En caso de que sea imposible obtener dicha curva, la estación resulta prácticamente inútil. Por lo contrario, una curva de calibración estable mejora la calidad de la información, significando la necesidad de un menor número de mediciones de caudal. Se asegura la calibración estableciendo un control, que determina la relación caudales - alturas. En los sitios donde no existe un control adecuado es conveniente construir uno artificial.

Otro criterio importante es la accesibilidad sea cual fuere el tipo de control, la curva de calibración debe ser establecida (o confirmada) por mediciones del caudal realizadas directamente en el sitio. Deben efectuarse además visitas de inspección en forma regular, a fin de evitar pérdidas de registros por falta de la mira limnimétrica o del limnígnafo, por la acumulación de sedimentos en los pozos de amortiguación, etc. Por consiguiente, la estación debe ser accesible por lo menos a pie durante la mayor parte del tiempo.

FIG. III-1



REPUBLICA DE CHILE
COMISION NACIONAL DE RIEGO

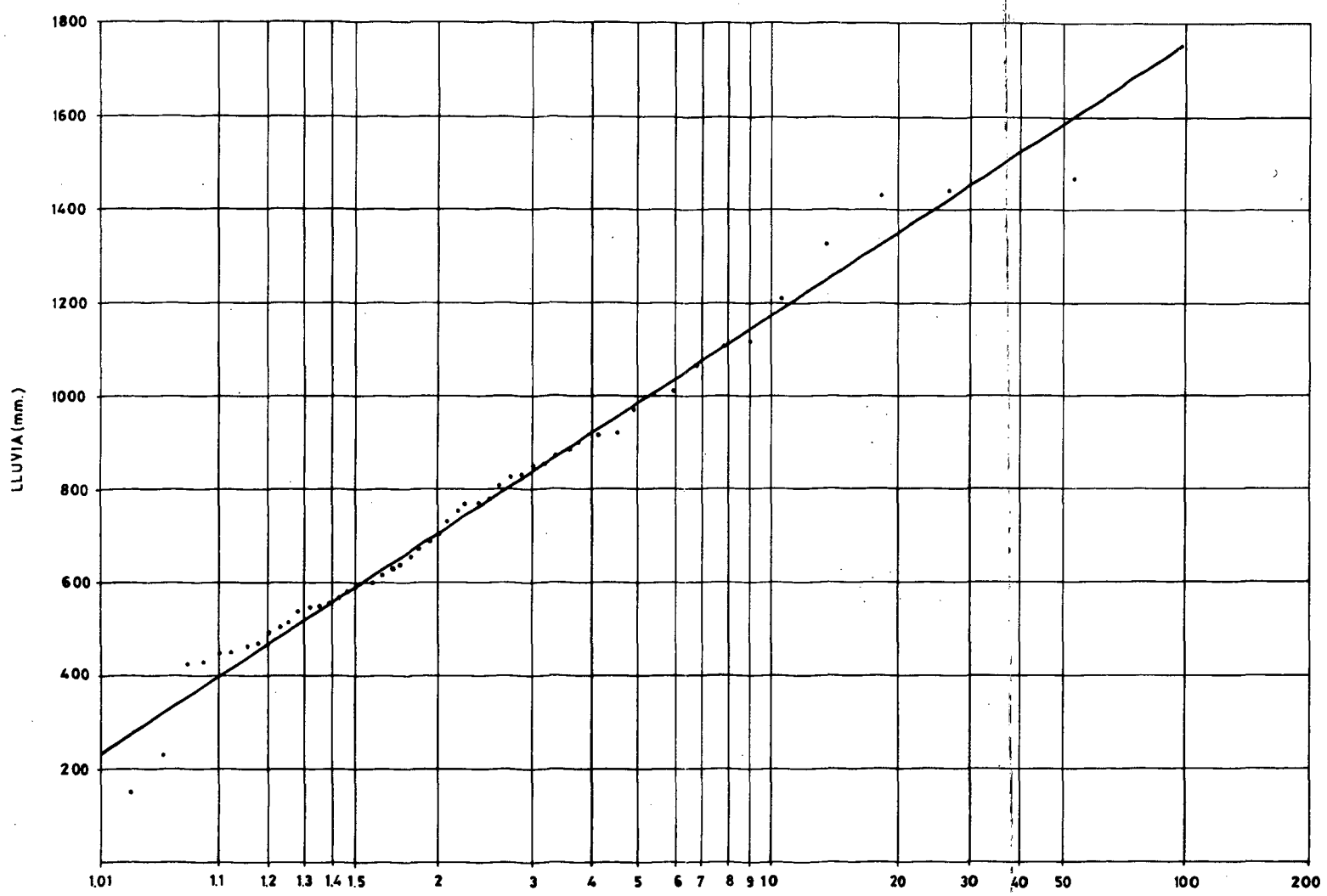
PROYECTO CONVENTO VIEJO

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y DESARROLLO

HOYAS HIDROGRAFICAS, RED DE ARROYOS, ISOYETAS, RED HIDROMETRICA Y PLUVIOMETRICA EN EL AREA DEL PROYECTO

I.C.A. INGENIEROS CONSULTORES ASOCIADOS
TAHAL CONSULTING ENGINEERS LTD.

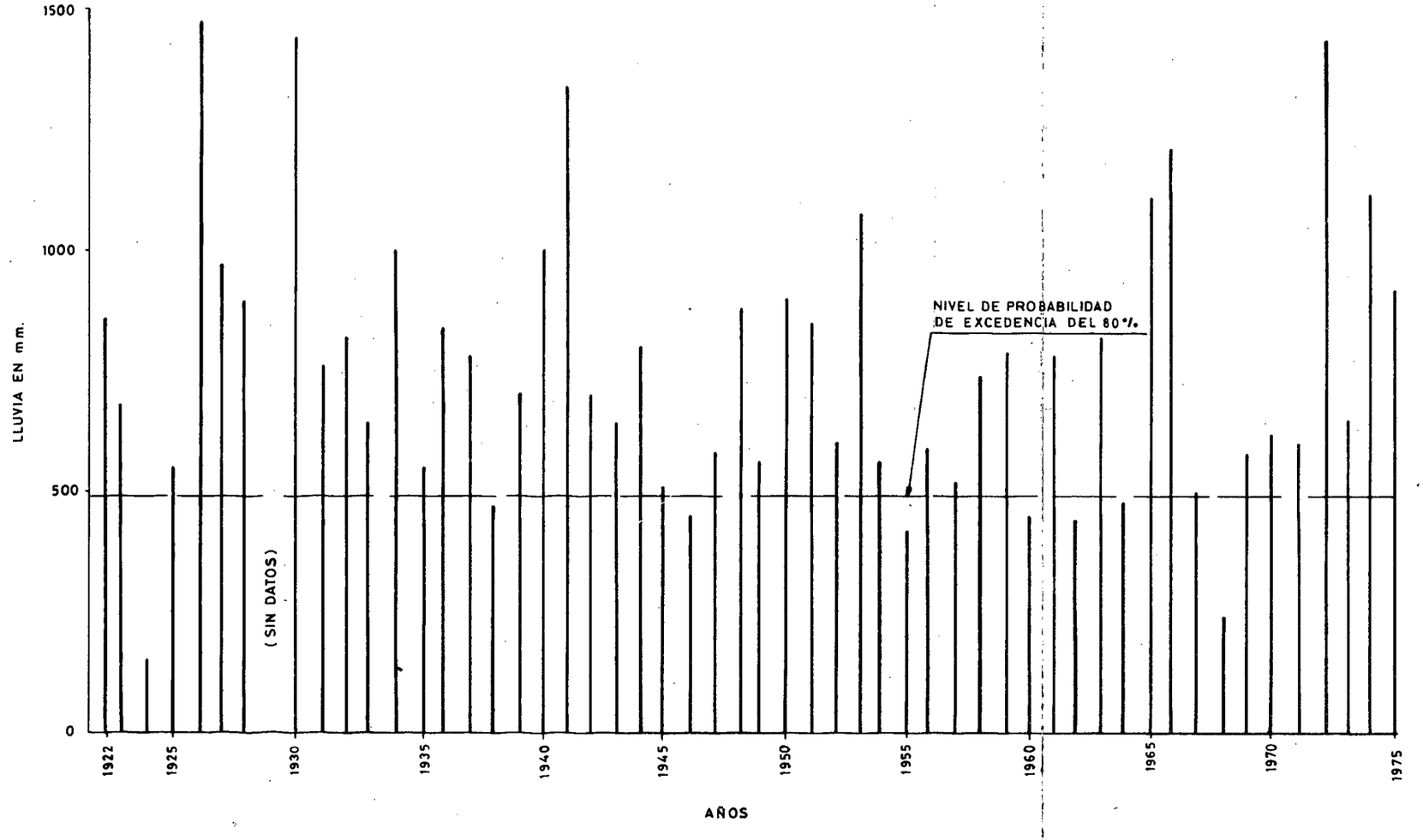
FIG. III-2



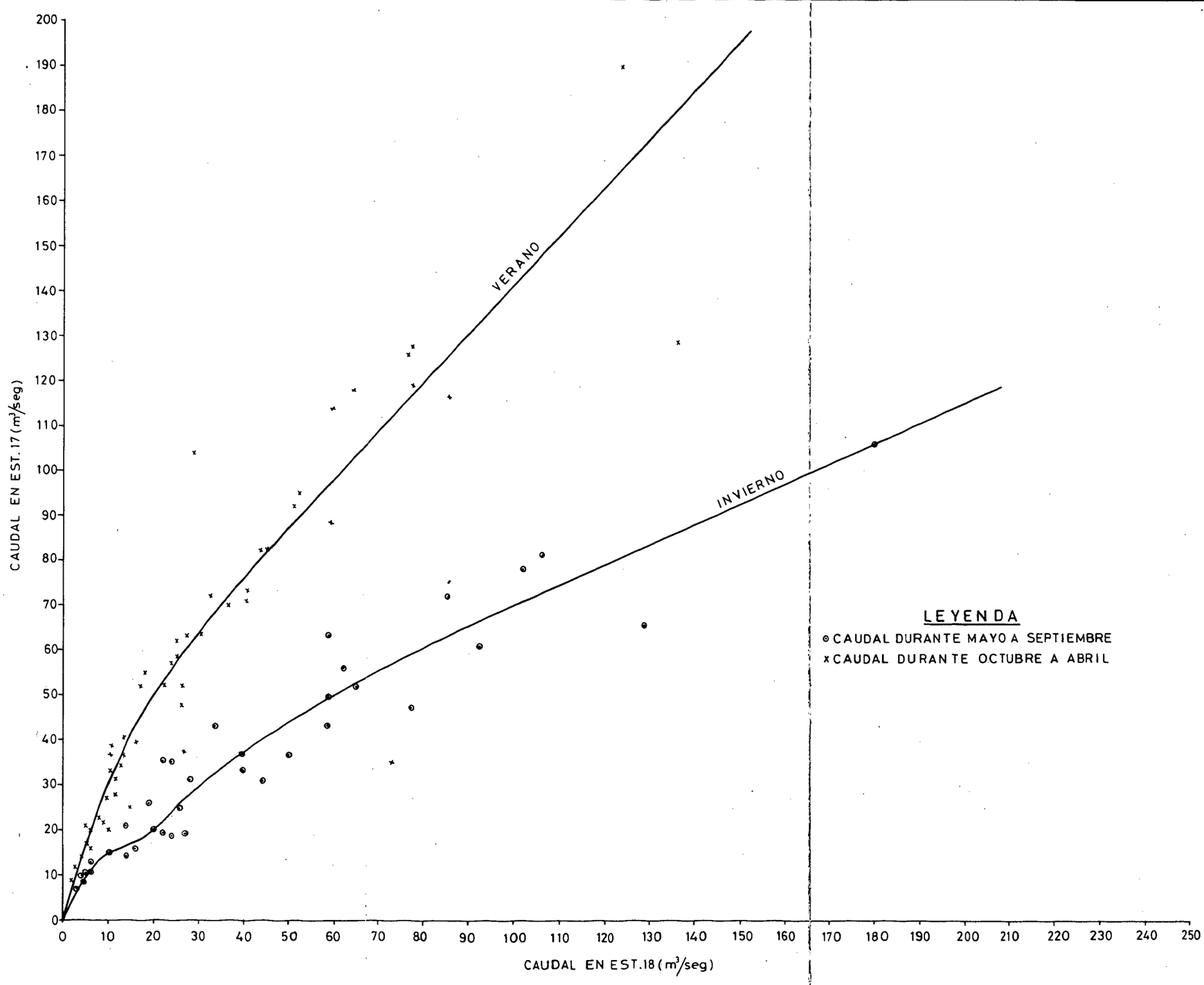
PROBABILIDAD DE LLUVIA ANUAL EN PLACILLA.

NOTAS: 1. PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA EN PORCENTAJE $= \frac{100}{Tr}$

2. BASADO EN DATOS DEL PERIODO 1922-1975.



SECUENCIA DE LLUVIA ANUAL EN PLACILLA



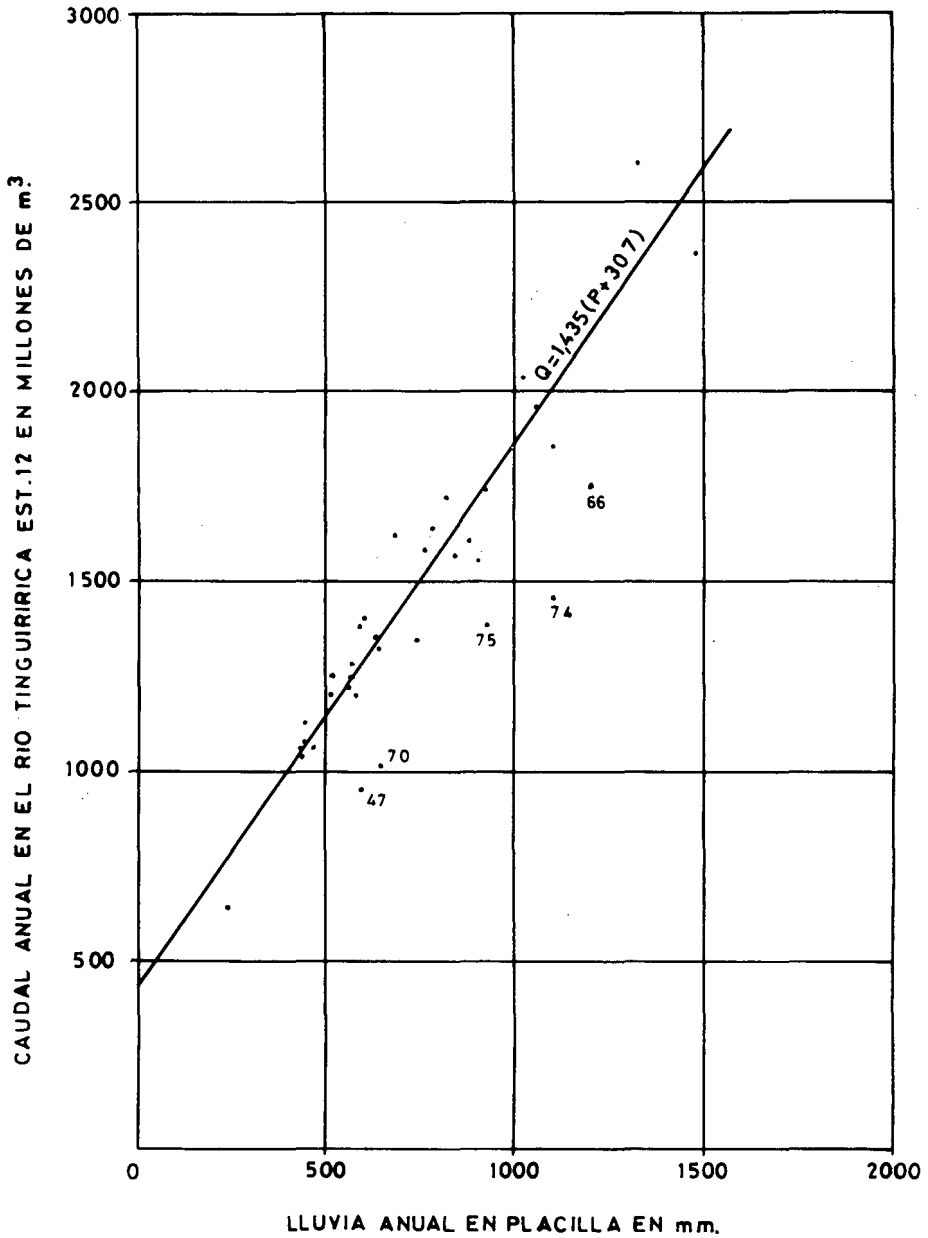
LEYENDA

⊙ CAUDAL DURANTE MAYO A SEPTIEMBRE

× CAUDAL DURANTE OCTUBRE A ABRIL

NOTA: CURVAS BASADAS EN DATOS DE AFOROS ENTRE AGOSTO DE 1967 Y DICIEMBRE DE 1970

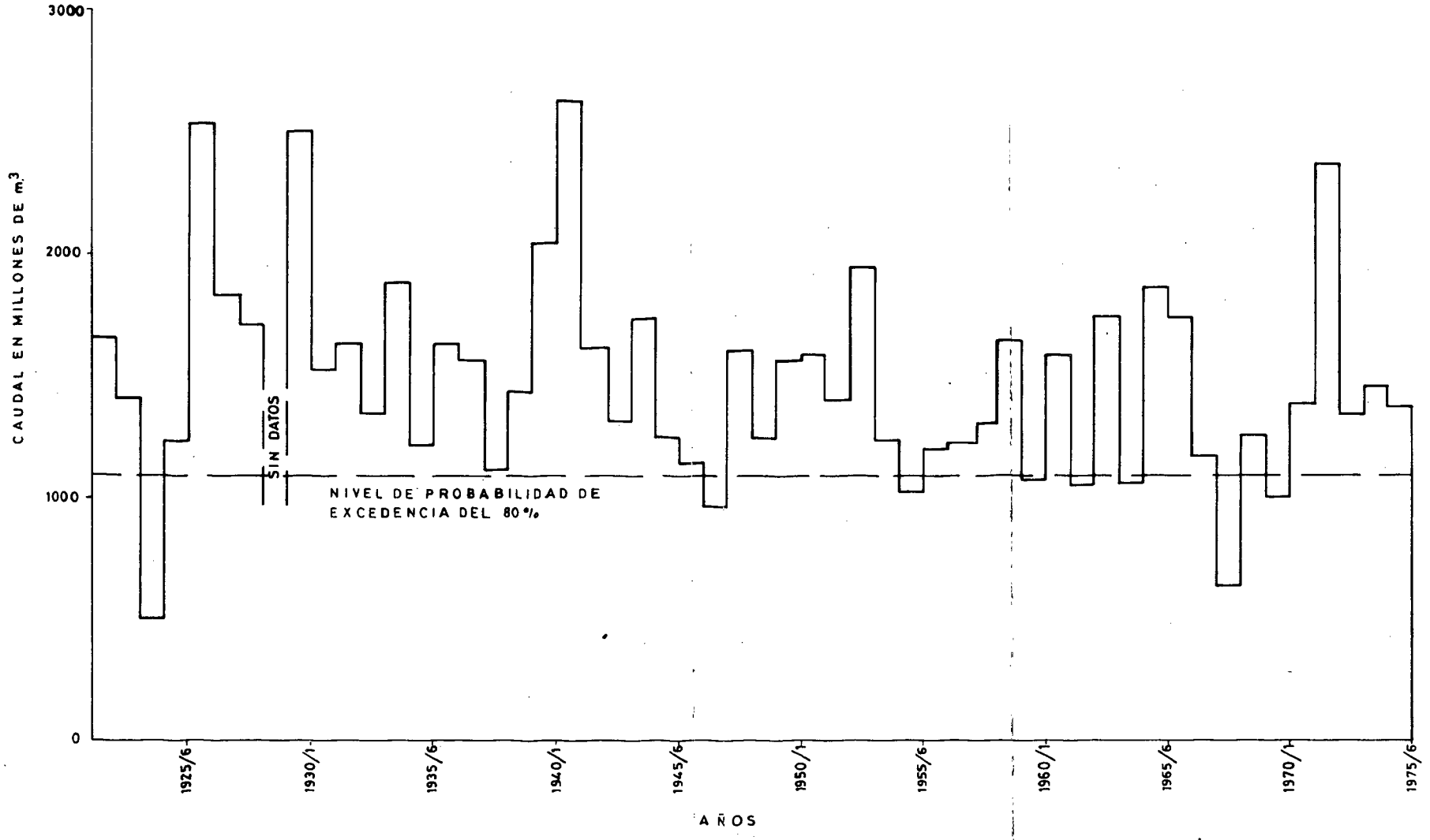
RELACION ENTRE CAUDALES DEL RIO TENO EN ESTACIONES 17 Y 18



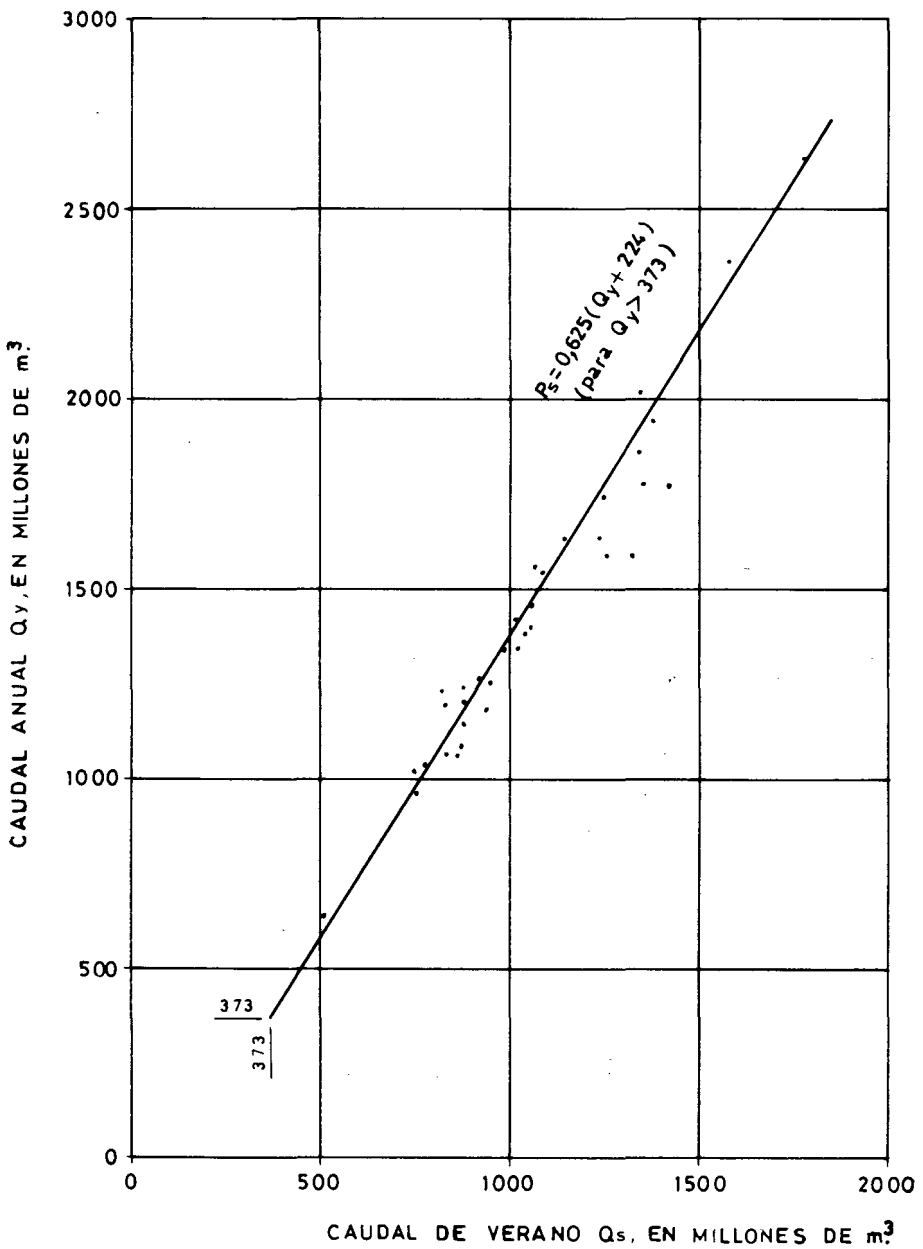
RELACION ENTRE LA LLUVIA EN PLACILLA Y EL CAUDAL DEL RIO TINGUIRIRICA EN LOS BRIONES

(1940/41 - 1975/76)

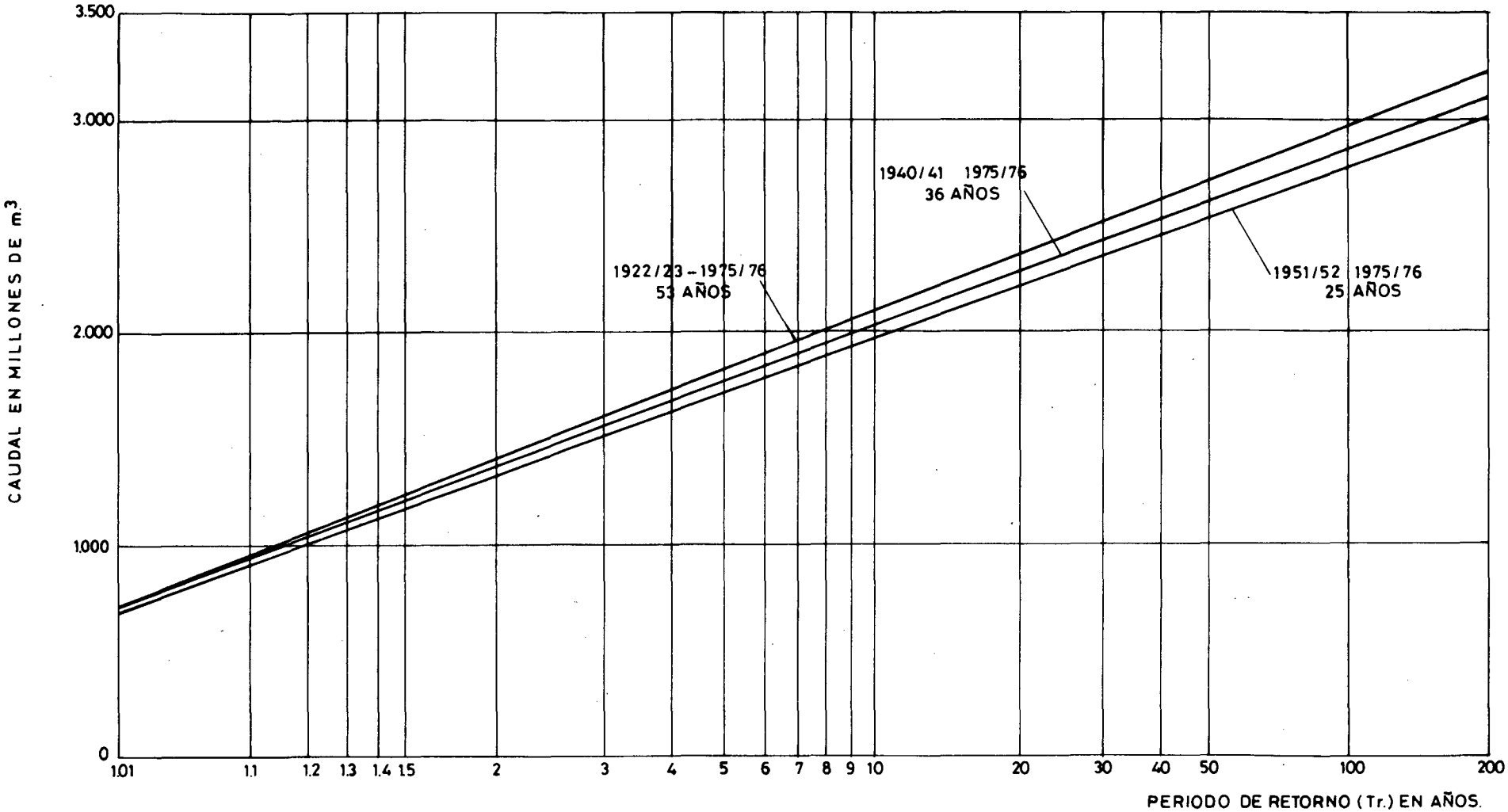
FIG. III-6



SECUENCIA DE CAUDAL ANUAL DEL
RIO TINGUIRIRICA EN LOS BRIONES



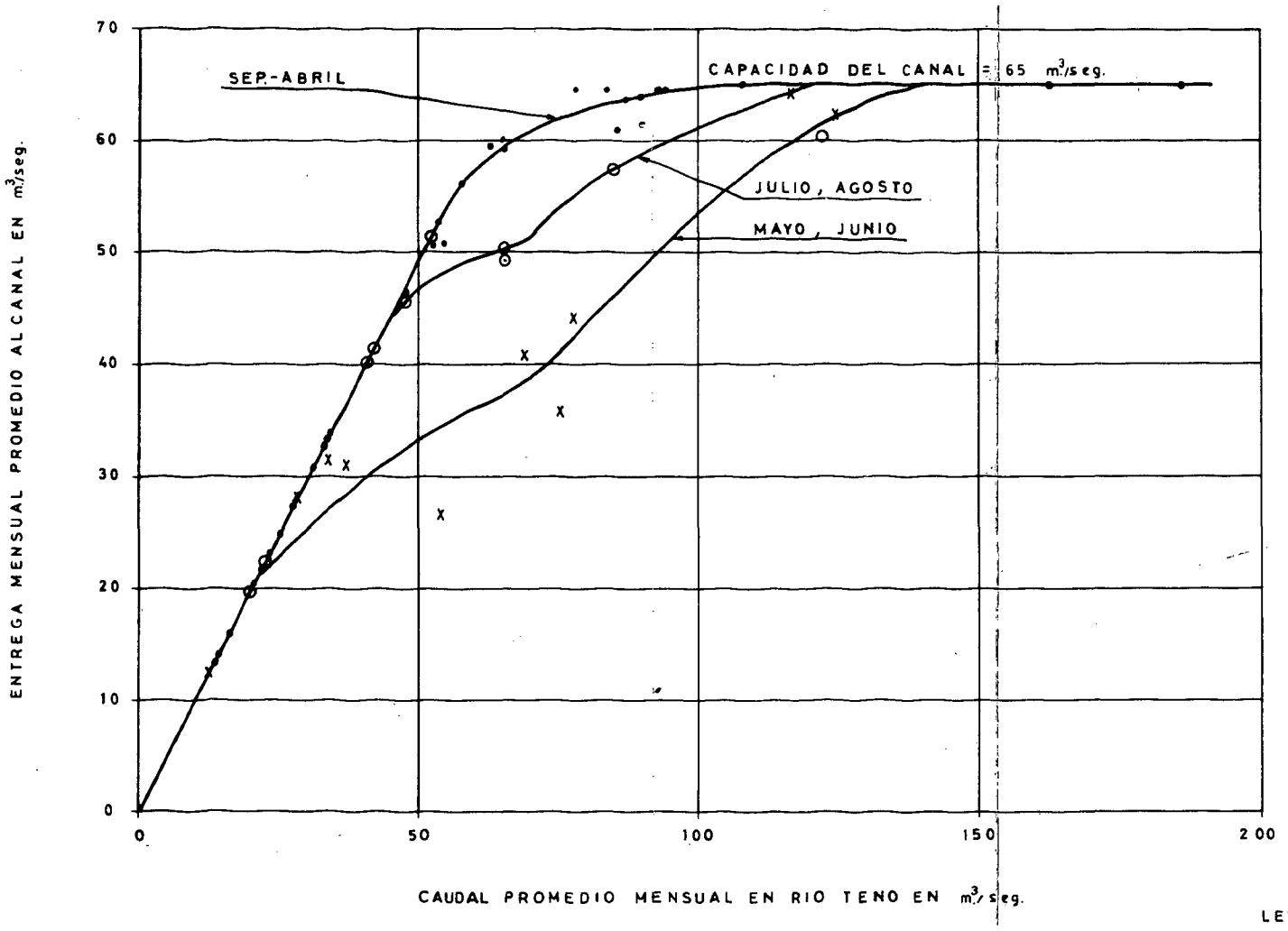
RELACION ENTRE CAUDALES DE VERANO Y ANUAL DEL RIO TINGUIRIRICA EN LOS BRIONES.



PROBABILIDADES DEL CAUDAL ANUAL
DEL RIO TINGUIRIRICA EN LOS BRIONES

NOTA: PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA
EN PORCENTAJE = $\frac{100}{Tr}$

FIG. III-8



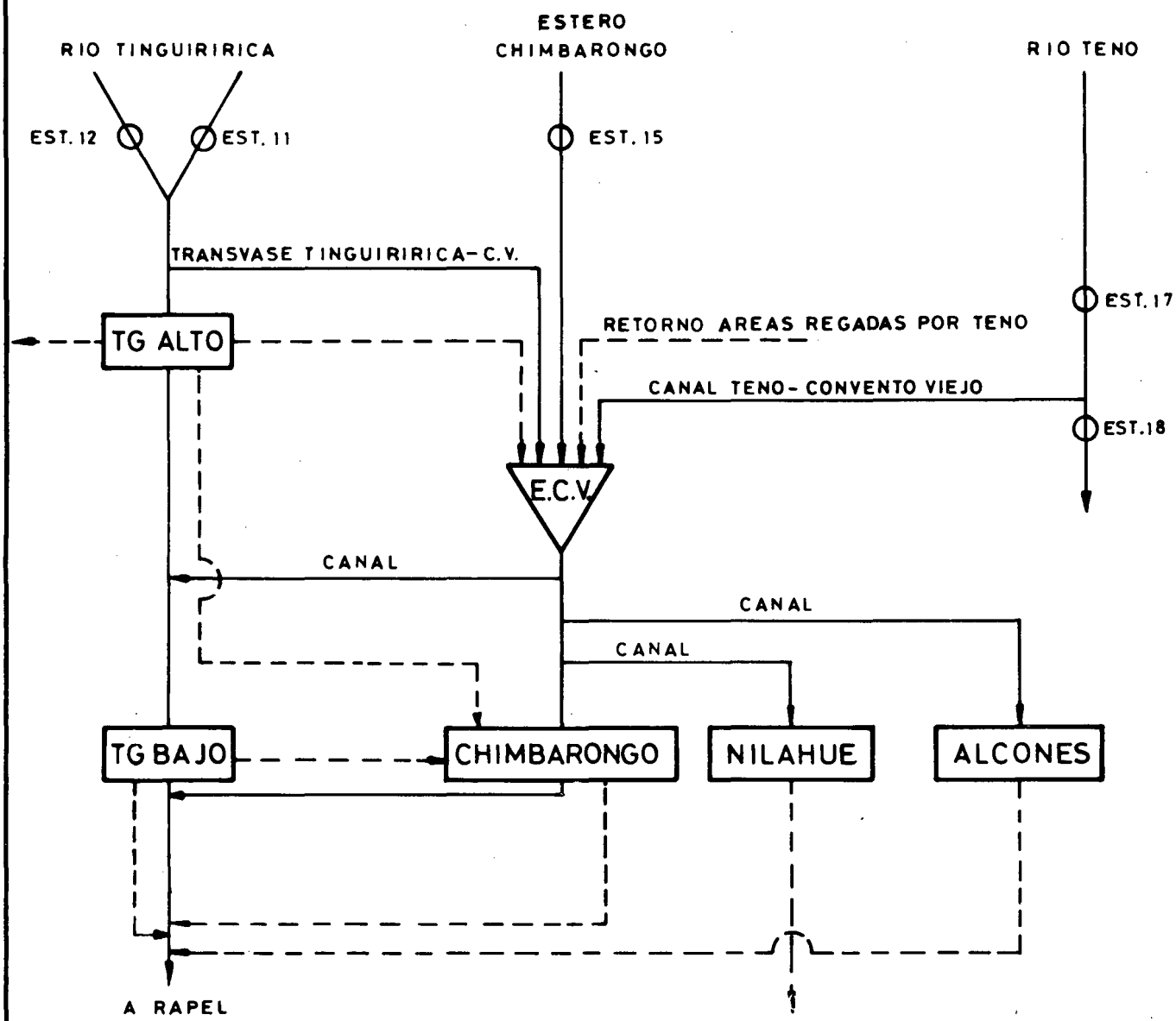
LEYENDA:

- ● SEP.- ABRIL
- ○ JULIO - AGOSTO
- x MAYO - JUNIO

NOTA :

BASADO EN DATOS DE 1972-1976 PARA RIO TENO, EST. 17

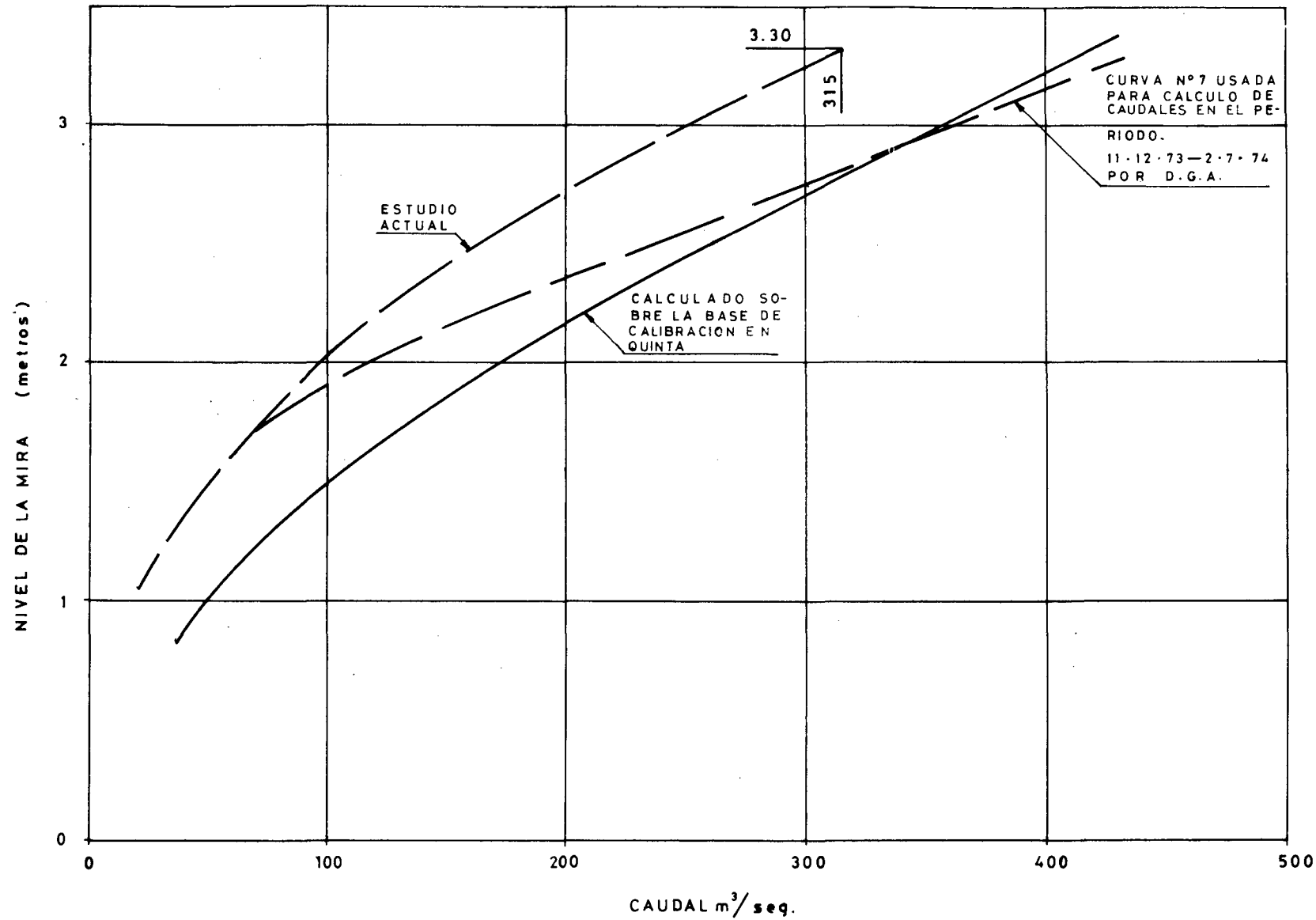
EFECTOS DE FLUCTUACIONES DIARIAS DEL CAUDAL DEL RIO TENO SOBRE LA ENTREGA AL CANAL TENO-CHIMBARONGO



ESQUEMA DEL MODELO
HIDROLOGICO DE SIMULACION

LEYENDA

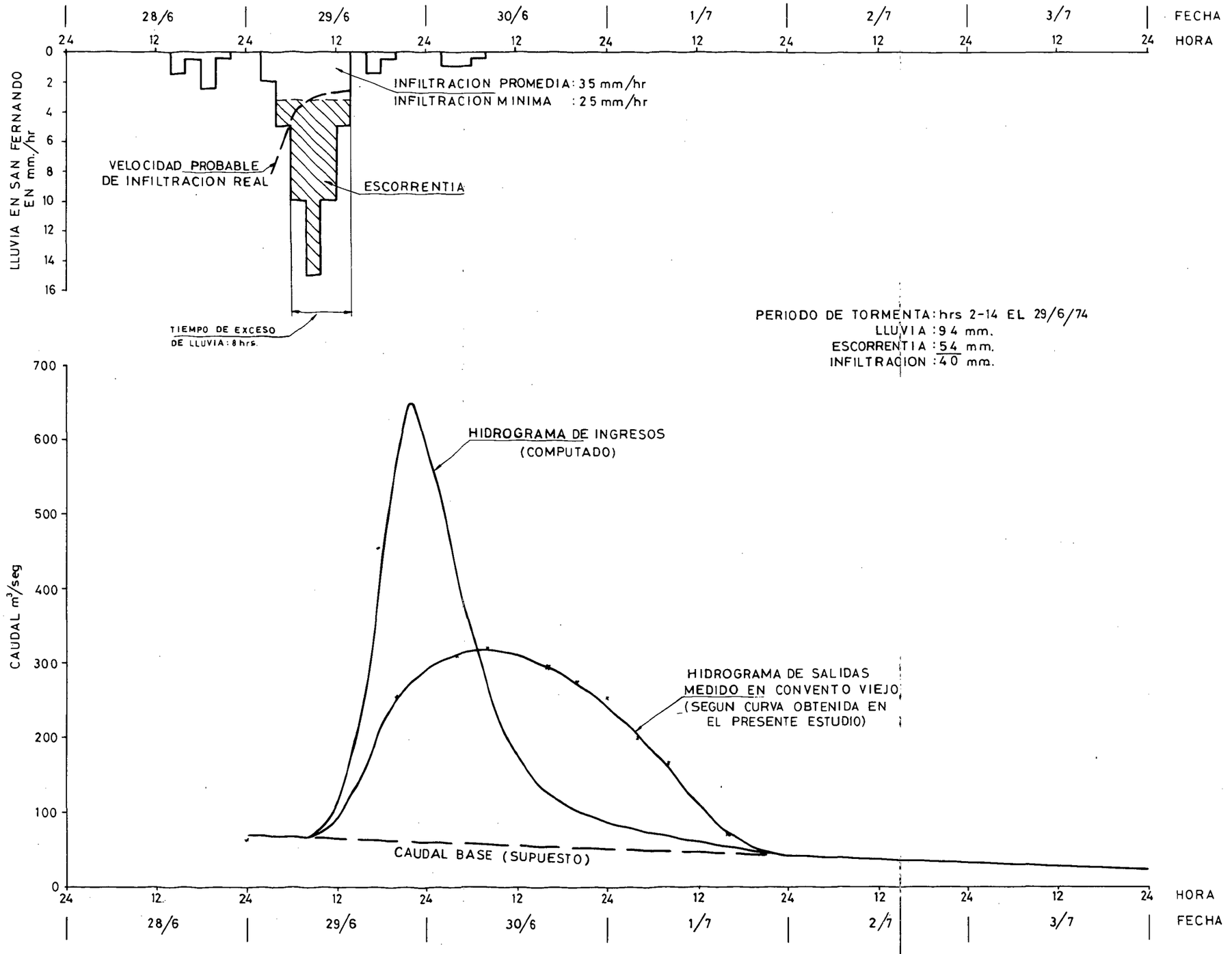
- – – – : CAUDALES DE RETORNO
- ——— : CORRIENTES SUPERFICIALES
- ▭ : AREAS DE RIEGO
- TG. ALTO : TINGUIRIRICA ALTO
- TG. BAJO : TINGUIRIRICA BAJO
- ⊕ EST. 11 : ESTACION HIDROMETRICA
- E.C.V. : EMBALSE CONVENTO VIEJO



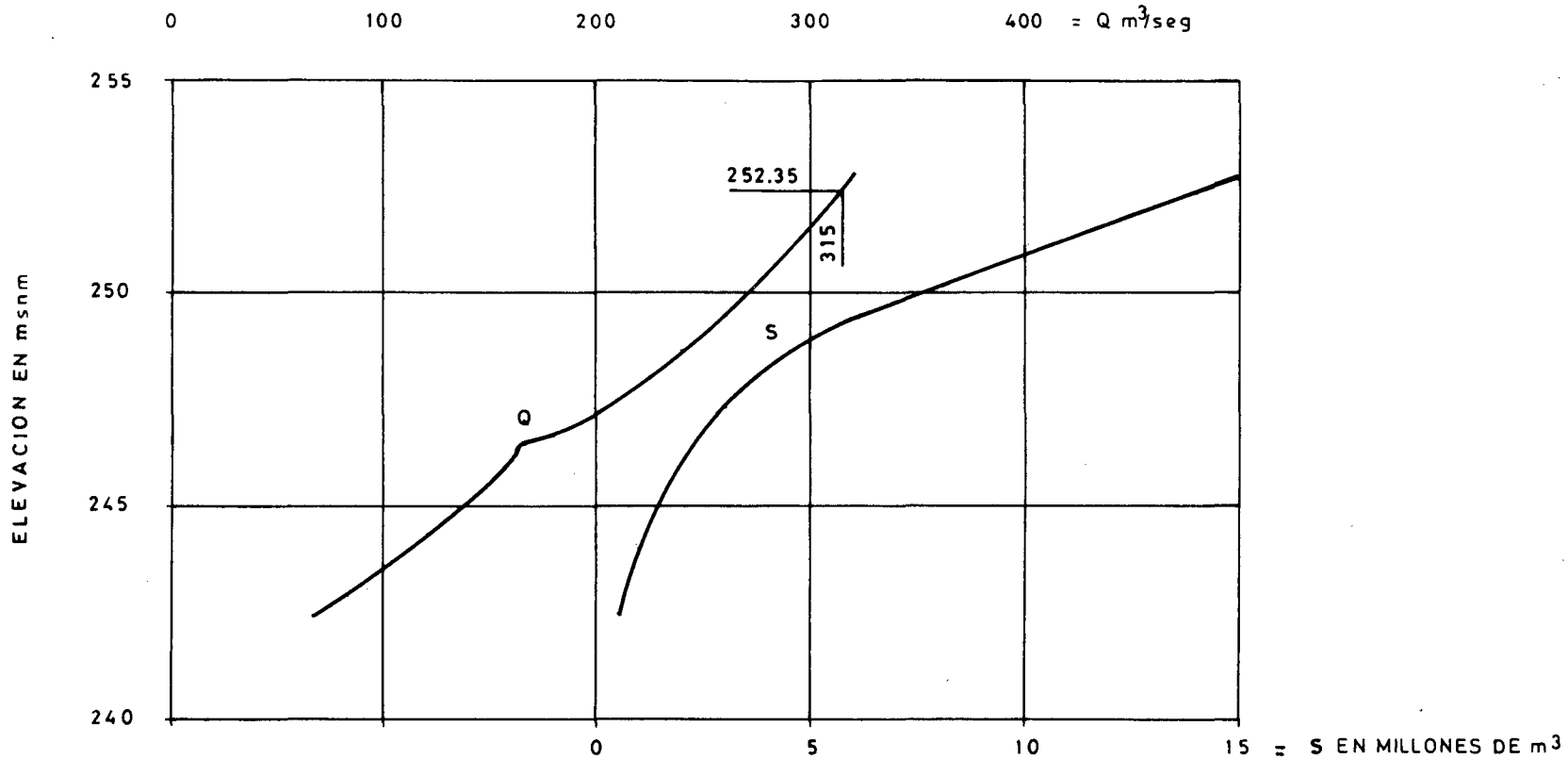
CURVA DE CALIBRACION DE LA ESTACION DE AFORO EN CONVENTO VIEJO

NOTA: CURVA EXTRAPOLADA POR ENCIMA DEL NIVEL DE 1.31

FIG. III-11



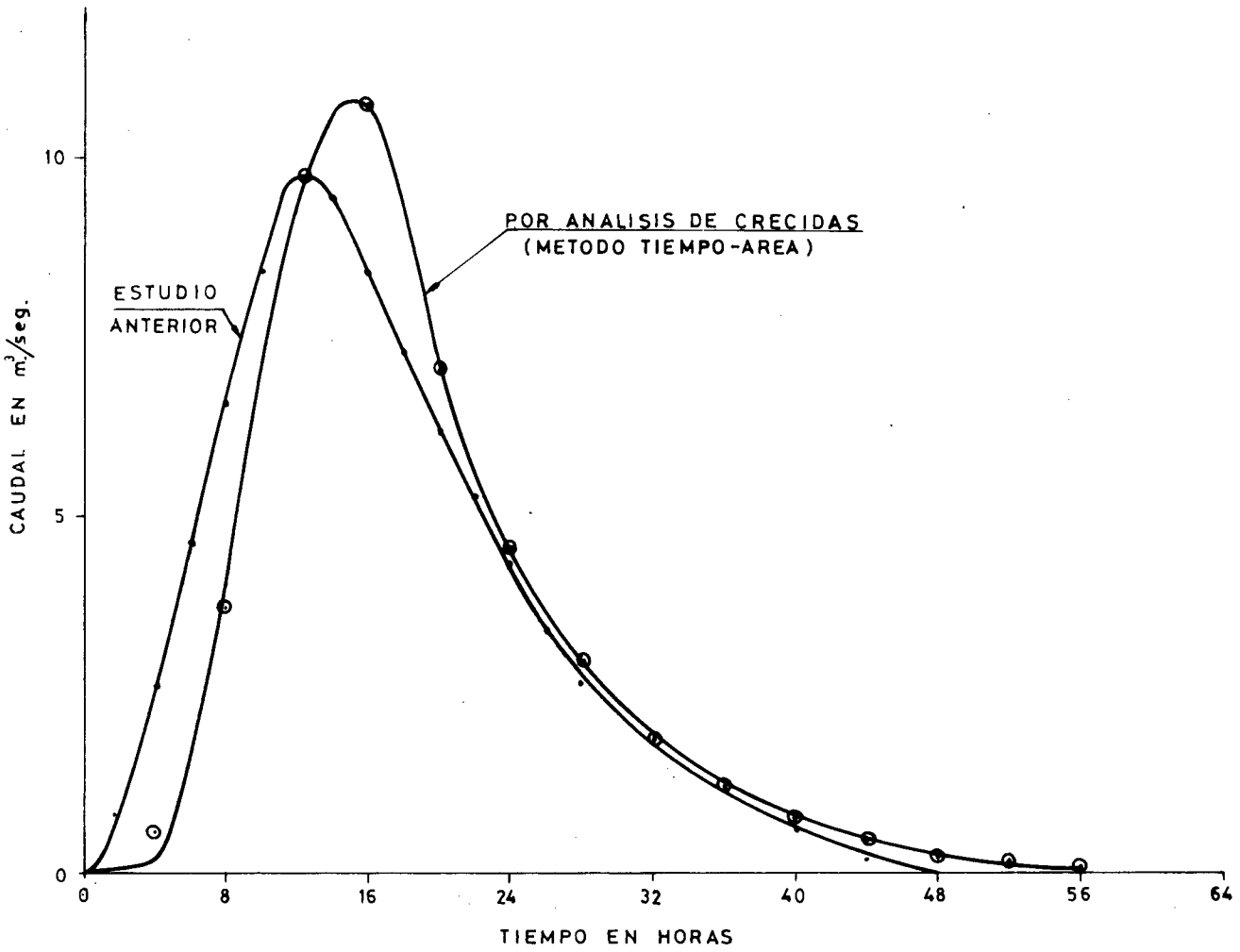
ANALISIS DE LA CRECIDA DEL 29-6-74 DEL CHIMBARONGO EN CONVENTO VIEJO



ATAGUIA DE CONVENTO VIEJO
CURVA DE ALMACENAMIENTO Y
DESCARGA VS ELEVACION

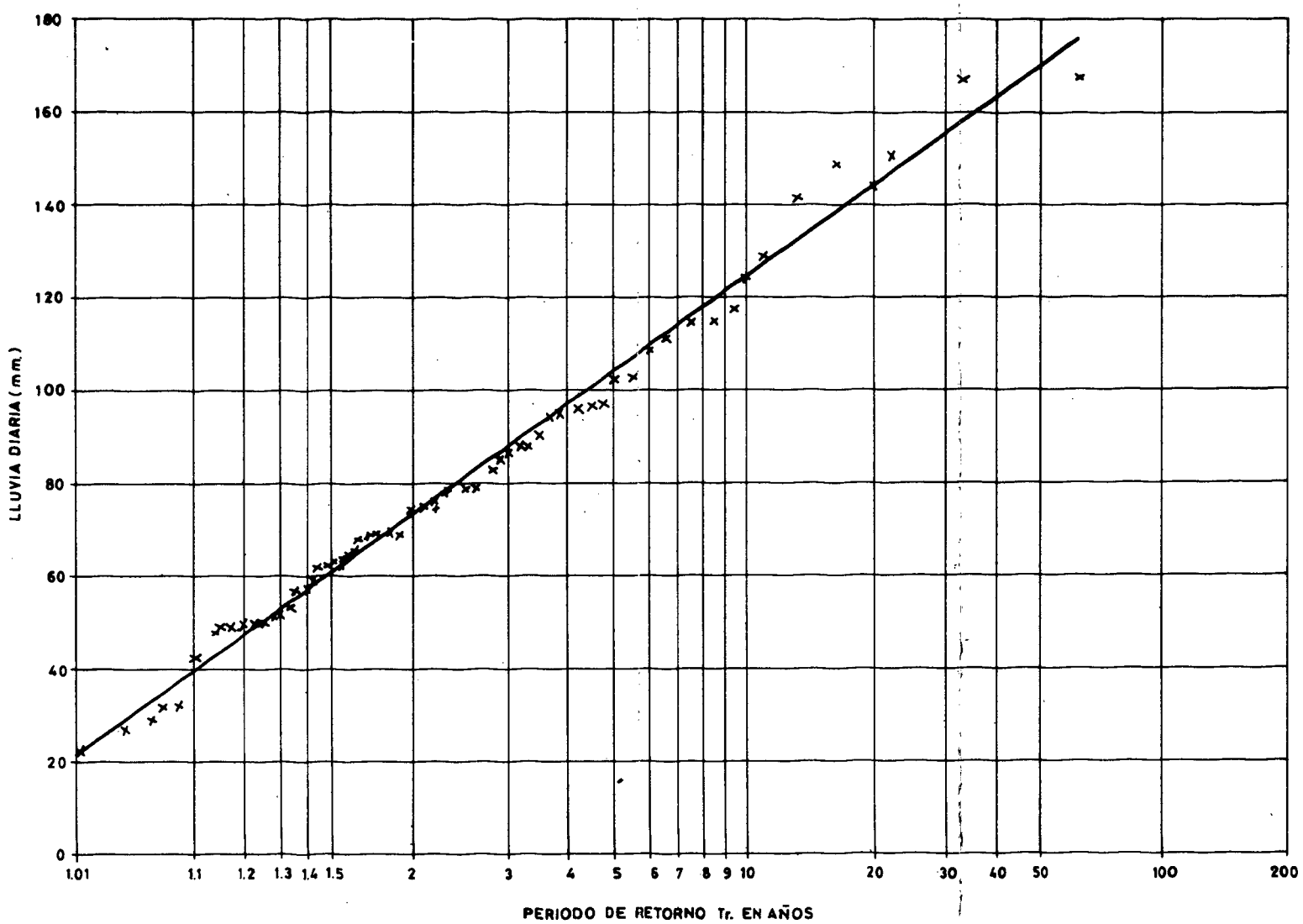
LEYENDA :
S = ALMACENAMIENTO
Q = DESCARGA A TRAVES DEL TUNEL

FIG. III-13



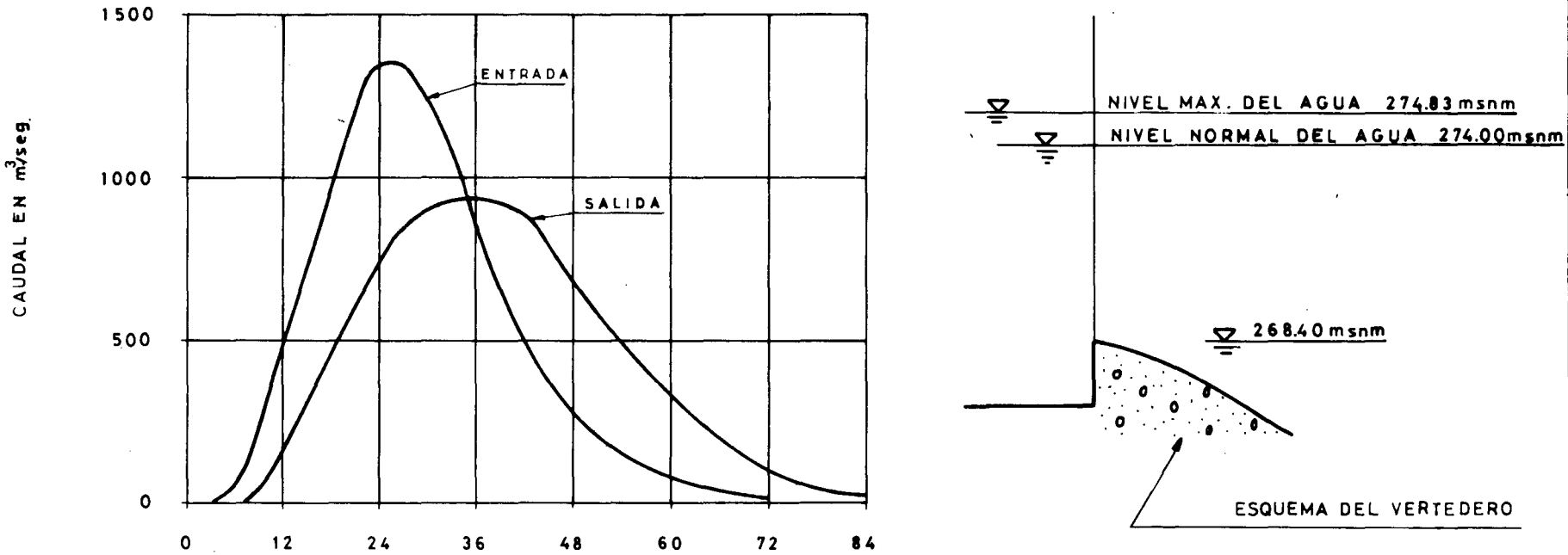
COMPARACION DE HIDROGRAMAS UNITARIOS
DEL ESTERO CHIMBARONGO EN CONVENTO VIEJO
(DURACION DE LA LLUVIA: 4 hrs.)

NEGRO 100%



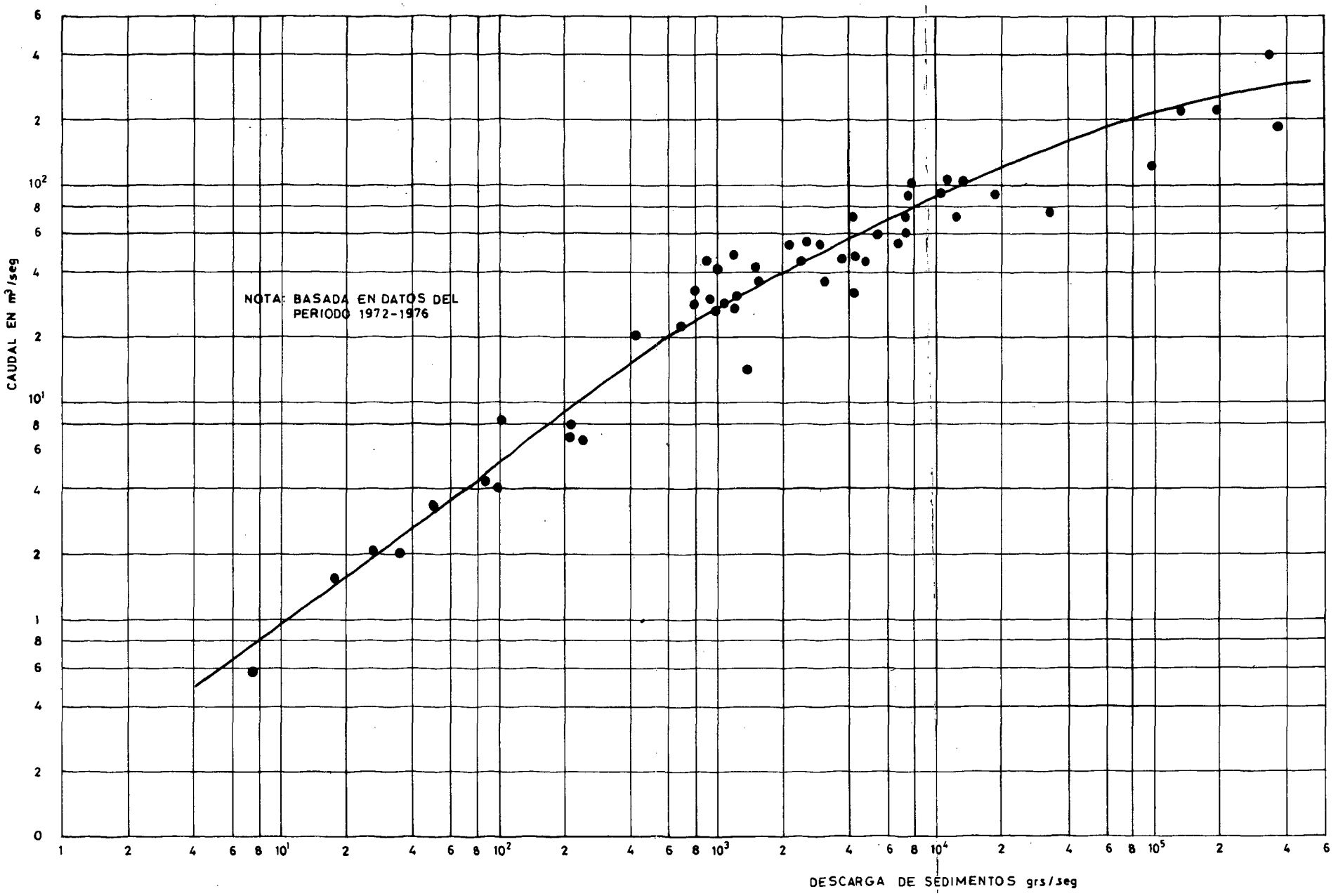
PROBABILIDADES DE LLUVIA DIARIA EN SAN FERNANDO.
(SERIE DE MAXIMAS ANUALES 1911-1976).

NOTA: UBICACION DE LOS PUNTOS SEGUN $Tr = \frac{n+1}{m}$



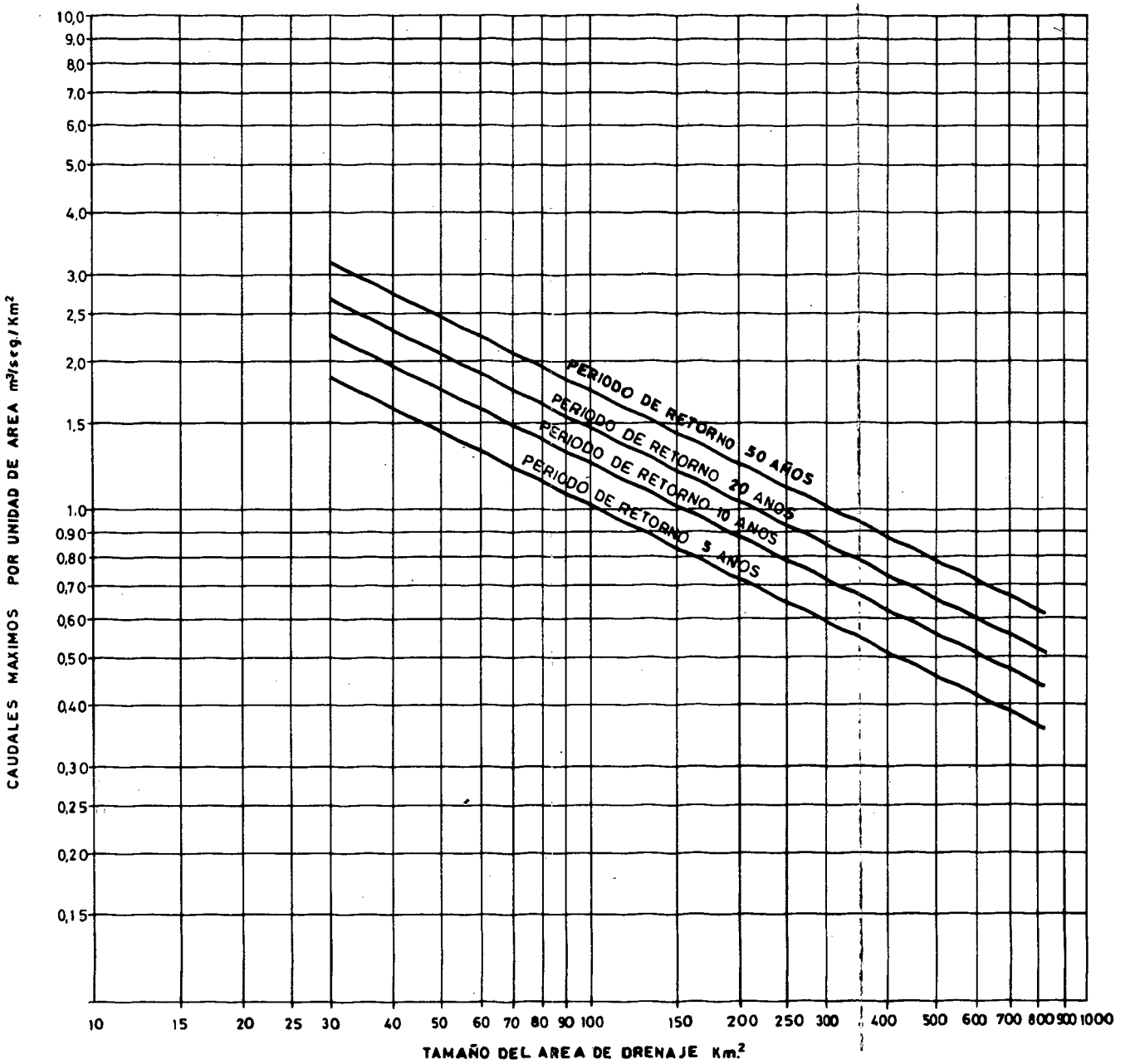
CRECIDA DE DISEÑO PARA EL VERTEDERO
DE CONVENTO VIEJO

FIG. III-16



CURVA DE SEDIMENTACION DEL RIO TINGUIRIRICA EN LOS OLMOS

CAUDALES MAXIMOS EN FUNCION DEL AREA DE DRENAJE



NOTA: BASADO EN DATOS DE STA. CRUZ
EN EL PERIODO 1945-1972

Anexo IV

AGUAS SUBTERRANEAS

I N D I C E

		Página
1.	DESCRIPCION GENERAL DEL AREA	1
2.	GEOLOGIA DEL AREA DEL PROYECTO	2
2.1	Estratigrafía	2
2.2	Estructura y límites hidrogeológicos	5
3.	FUENTES DE RECARGA DE AGUAS SUBTERRANEAS	6
3.1	Infiltración de agua de lluvia	6
3.2	Pérdidas en los lechos de los ríos	6
3.3	Escurrimientos superficiales	6
3.4	Recuperaciones de regadío	7
4.	CARACTERISTICAS GENERALES DEL ACUIFERO	8
5.	LA CUENCA DE SAN FERNANDO - CHIMBARONGO	9
5.1	Descripción general	9
5.2	Hidrogeología	9
5.3	Profundidad de la napa	10
5.4	Régimen de flujo del agua subterránea	10
5.5	Características del acuífero	11
5.6	Evaluación del potencial de aguas subterráneas	12
6.	CUENCA NANCAGUA - SANTA CRUZ	14
6.1	Descripción general	14
6.2	Hidrogeología	14
6.3	Profundidad del agua subterránea	15
6.4	Régimen de flujo del agua subterránea	15
6.5	Características del acuífero	15
6.6	Evaluación del potencial de aguas subterráneas	16
7.	LA CUENCA DE PERALILLO	17
7.1	Descripción general	17
7.2	Hidrogeología	17
7.3	Profundidad del agua subterránea	18
7.4	Régimen de escurrimiento del agua subterránea	18
7.5	Características del acuífero	19
7.6	Evaluación del potencial de aguas subterráneas	19
8.	LA CUENCA DE NILAHUE	21
8.1	Descripción general	21
8.2	Hidrogeología	21
8.3	Profundidad del agua subterránea	21
8.4	Régimen de flujo del agua subterránea	22
8.5	Características del acuífero	22
8.6	Evaluación del potencial de aguas subterráneas	22
9.	RESUMEN Y CONCLUSIONES	23

C U A D R O S

		Página
IV/1	Flujo a través de la sección de control en la cuenca de San Fernando - Chimbarongo	13
IV/2	Flujo a través de la sección de control en la cuenca de Nancagua - Santa Cruz	16
IV/3	Flujo a través de la sección de control en la cuenca de Peralillo	20

F I G U R A S

IV-1 Mapa geológico
IV-2 Sección geológica A-A' subcuenca I (San Fernando-Chimbarongo)
IV-3 Sección geológica B-B' subcuenca I (San Fernando-Chimbarongo)
IV-4 Sección geológica C-C' subcuenca II (Nancagua-Santa Cruz)
IV-5 Sección geológica D-D' subcuenca II (Nancagua-Santa Cruz)
IV-6 Sección geológica E-E' subcuenca III (Peralillo)
IV-7 Sección geológica F-F' muro embalse Convento Viejo
IV-8 División de cuencas subterráneas
IV-9 Localización de pozos
IV-10 Líneas isofreáticas

I. DESCRIPCION GENERAL DEL AREA

El Proyecto Convento Viejo se encuentra ubicado en la Provincia de Colchagua - VI Región, entre los 70°45' y 71°50' de longitud Oeste y entre los 34°15' y 35°00' de latitud Sur.

El área del Proyecto, que queda comprendida entre la Cordillera de Los Andes por el Este y la Cordillera de la Costa por el Oeste, representa una depresión donde el material erosionado, lavado de las montañas cercanas, se ha depositado y acumulado. Esta área es en general plana sobrepuesta a un antiguo y accidentado relieve montañoso, cuyos remanentes todavía afloran como islotes aislados dentro del depósito aluvial.

Desde el punto de vista hidrográfico, el área está ubicada en la Cuenca del Tinguiririca, al Este y Oeste de la Carretera Panamericana, hasta la confluencia con el Río Rapel. El sistema fluvial de Tinguiririca está constituído por tres principales cursos de ríos, a saber: el Tinguiririca, Estero Chimbarongo y Estero Las Toscas con sus tributarios. Los depósitos aluviales se acumularon en especial a lo largo de los ríos principales, formando acuíferos de aguas subterráneas.

Teniendo en cuenta las características del área, el estudio presentado a continuación se inicia con una descripción general de las condiciones geológicas e hidrológicas regionales, a la que sigue un estudio más detallado de cuatro cuencas, deslindadas en base a los límites hidrogeológicos y a observaciones de campo. Estas cuencas son las siguientes:

- San Fernando - Chimbarongo
- Nancagua - Santa Cruz
- Peralillo
- El Valle de Nilahue, el cual forma una hoya separada de la cuenca de Tinguiririca.

2. GEOLOGIA DEL AREA DEL PROYECTO

2.1 Estratigrafía

Las secciones geológicas que afloran en el área del Proyecto están constituídas por una sucesión ininterrumpida de formaciones que incluyen desde las rocas más antiguas del basamento metamórfico hasta el relleno aluvial cuaternario y reciente. En términos generales, las formaciones más antiguas afloran en el Oeste, dentro de la Cordillera de la Costa, en tanto que las más jóvenes se extienden hacia el Este (Fig. IV/1).

A continuación se describe la litología de las diversas formaciones junto con sus características

2.1.1 El basamento metamórfico (Pzm)

Rocas metamórficas paleozoicas afloran dentro de una estrecha franja, a lo largo de la Costa del Pacífico. Estas rocas están compuestas principalmente de esquistos micáceos, filitas, metarenitas y metaruditas que en partes corresponden a un gneiss. En algunos lugares las rocas presentan intrusiones de pequeñas apófisis del batolito granítico paleozoico.

Este complejo de rocas metamórficas puede ser considerado como un cuerpo impermeable, que carece de interés desde el punto de vista de los recursos de agua subterránea del área.

2.1.2 El batolito granítico paleozoico (Pzg)

Rocas graníticas paleozoicas, pertenecientes al batolito herciniano plutónico, afloran a lo largo de la Cordillera de la Costa en una franja amplia de casi 40 km al Este del grupo paleozoico subyacente. Las rocas del cuerpo intrusivo se caracterizan por cristales de textura muy gruesa, comparada con los granitos terciarios más recientes.

El terreno granítico se presenta muy alterado y meteorizado conformando un relieve típicamente suave y redondeado.

Los materiales erosionados y descompuestos, en especial minerales de cuarzo y feldespatos, fueron lavados al valle, formando gruesos depósitos de arena arcosítica y granular, denominados localmente "maicillo". Como resultado de una posterior desintegración, los minerales de feldespatos originaron un suelo de color rojo característico.

Si bien el terreno granítico puede ser considerado como no acuífero, existen algunas norias pobres que producen menos de 1 m^3/hora, extrayendo el agua del nivel más superficial de la roca descompuesta. Por otra parte, la arena arcosítica que ha sido transportada a las partes bajas de los valles, como por ejemplo a la Hoya de Nilahue, podría dar lugar a condiciones favorables para captar aguas subterráneas.

2.1.3 Formación La Lajuela (Kll)

Comprende un grupo de rocas volcánicas y sedimentarias del Cretáceo inferior, que ocupa las laderas occidentales de la Cordillera de la Costa, con algunas afloraciones aisladas dentro del Valle Central.

Esta formación está compuesta principalmente por rocas volcánicas, queratófiras y andesitas, con capas intercaladas de sedimentos marinos y continentales, tales como lutitas, areniscas y conglomerados.

La formación tiene un espesor total de varios miles de metros.

Las rocas expuestas buzan por lo general hacia el Este con una pendiente de 30 a 50°, para desaparecer bajo la cubierta aluvial.

La Formación La Lajuela ha sido penetrada por intrusiones plutónicas en la última parte del Terciario, las que han dado origen a fenómenos locales de metamorfismo de contacto y zonas mineralizadas.

La Formación La Lajuela debido al área restringida de sus afloraciones, a su litografía variable y a sus condiciones estructurales, conforma límites hidrogeológicos alrededor de la cuenca aluvial, debiendo ser considerada no acuífera.

2.1.4 Formación Farellones (Tf)

La Formación terciaria Farellones (del Eoceno - Oligoceno) abarca una gran extensión en el Valle Central y en el macizó de la Cordillera de Los Andes, recubriendo con discordancia angular formaciones más antiguas, La Formación Farellones no se encuentra, en cambio, en la región de la Cordillera de la Costa.

La mayor parte de los cerros o colinas y afloraciones aisladas dentro de las áreas aluviales planas en el Valle Central están compuestos de esta formación.

La formación está constituída por gruesas coladas de lava, brechas y tobas volcánicas de composición riolítica, andesítica y basáltica, con un espesor total de más de 2.000 metros. Dentro de la formación son comunes pequeñas intercalaciones sedimentarias de conglomerados, brechas, areniscas y limolitas.

La Formación Farellones puede ser considerada como no acuífera, actuando como límite hidrogeológico alrededor de las cuencas aluviales.

2.1.5 El batolito granítico terciario (Tg)

Afloraciones aisladas de composición granítica aparecen a lo largo del flanco occidental de la Cordillera de la Costa, en numerosas partes del Valle Central y a lo largo de la Cordillera de Los Andes.

El hecho de que los cuerpos graníticos plutónicos se hayan insertado dentro de formaciones más antiguas, inclusive la Formación Farello

nes, indica que corresponden al plutonismo post-Farellones, relacionado con el ciclo orogênico andino principal.

Los granitos terciarios son de grano fino y están mucho menos meteorizados que los granitos paleozoicos.

Sus afloraciones son más inclinadas, con escarpas abruptas sobre los valles. Los granitos terciarios carecen de importancia como formaciones acuíferas.

2.1.6 Lechos aluviales cuaternarios (Q)

Sedimentos clásticos aluviales del Cuaternario y Reciente se depositaron y acumularon en la región del valle central, a lo largo de sus principales arterias de drenaje.

Las cuencas aluviales aparecen como valles alargados, orientados en una dirección Norte-Sur o Este-Oeste y separados por cerros. Los valles se estrechan en las áreas rocosas y se ensanchan cuando desaparecen los cerros intermedios.

El relleno aluvial está compuesto por clastos transportados desde montañas distantes o cercanas. Las partículas fueron transportadas por un medio fluvial o bien por gravedad.

Los rasgos geomorfológicos de Los Andes, caracterizados por un relieve abrupto, escarpas muy agudas, régimen de escurrimiento torrencial y distancias de transporte cortas, determinan un proceso muy rápido de sedimentación. Además, los movimientos tectónicos recientes causan una elevación constante de la región, lo cual determina que los cursos de los ríos adquieran mayor profundidad, se produzca erosión y que se vuelva a depositar el material aluvial de terrazas más antiguas.

Los cambios laterales y verticales en las secciones geológicas son muy comunes (Secciones Geológicas, Figs. IV/2 a IV/7).

Si bien el medio en que se produjeron las sedimentaciones no fue favorable para el desarrollo de sedimentos bien graduados y distribuídos, se puede observar cierta diferenciación litológica a lo largo de las zonas morfotectónicas en las cuencas aluviales. En las partes Este e intermedia del área, la mayor parte de los depósitos aluviales se originaron en los altos Andes. En la parte media de estos valles y a lo largo de los antiguos cursos de los ríos se formaron depósitos de grava bien redondeada, gravilla y arena derivadas de rocas basálticas, andesíticas y granodioríticas. Finos depósitos de arcilla y limo mezclados con grava y rocas angulosas y brechas se depositaron a lo largo de los límites de los valles, cerca de los márgenes montañosos. Una parte de estos depósitos marginales se originaron de antiguas morrenas glaciares, que todavía afloran en la parte Sur del Río Chimbarongo y aguas arriba del Río Tinguiririca.

En los valles de aguas abajo, en la región de Peralillo, se acumularon principalmente depósitos más finos constituídos por arcilla,

limo y arena, lavados de las montañas circundantes y en menor grado grava, procedentes de la Cordillera de Los Andes.

Los valles vecinos a la Cordillera granítica de la Costa fueron rellenados por arenas arcosíticas formadas por desintegración de las rocas graníticas.

El espesor total del relleno aluvial varía de un lugar a otro, dependiendo de las estructuras más antiguas subyacentes a la cubierta aluvial.

Los pozos perforados en la parte occidental del valle San Fernando - Chimbarongo alcanzan una profundidad no mayor de 60 m. Se perforaron pozos más profundos, de 100 a 120 m, en el área Peralillo - Santa Cruz. Cabe suponer que existen gruesos depósitos de relleno aluvial (de hasta 300 a 400 m), principalmente en las partes central y oriental de este valle. En perforaciones realizadas bajo condiciones similares en el Valle de Santiago se comprobó la existencia de estos espesores.

2.2 Estructura y Límites Hidrogeológicos

La estructura geológica es uno de los rasgos fundamentales que definen los límites hidrogeológicos de las cuencas aluviales en un terreno montañoso.

Los acuíferos aluviales estudiados en el área del Proyecto, están ubicados dentro de depresiones geológicas, limitadas por estructuras levantadas. Las dos grandes estructuras geológicas constituídas por la Cordillera de Los Andes y la Cordillera de la Costa, bordeadas por zonas de fallas, pueden ser consideradas como los límites regionales de todo el Valle Central. Los límites locales dentro del mismo están formados por montañas, cerros y afloraciones aisladas. Atendiendo a esto, la región ha sido subdividida en varios acuíferos locales (Fig. IV/8). Cuando desaparecen las afloraciones aisladas, los pequeños valles se reagrupan para formar cuencas aluviales amplias.

El flujo de agua subterránea está dirigido, en líneas generales, por las estructuras geológicas. Los flujos de entrada y salida se producen a través de estrechas secciones abiertas por la erosión en las afloraciones de rocas o entre ellas. Las direcciones de flujos son paralelas a estos límites en aquellos casos en que las líneas equipotenciales son perpendiculares.

Las líneas estructurales pronunciadas en el área estudiada gravitan tanto sobre el sistema de drenaje superficial como sobre el subterráneo. Las direcciones del flujo en los dos sistemas son por lo general paralelas, y ambos recursos se combinan parcialmente en un sistema continuo de recarga y descarga por procesos de infiltración y recuperación.

3. FUENTES DE RECARGA DE AGUAS SUBTERRANEAS

3.1 Infiltración de agua de lluvia

La infiltración directa de la precipitación sobre el área del acuífero constituye una de las principales fuentes de recarga del agua subterránea. El promedio anual de agua lluvia sobre el área es de aproximadamente 700 mm, de los cuales parte se evapotranspira, parte produce escurrimiento superficial y el resto se infiltra.

La abundancia de suelos de índole arcillosa en los valles debería contribuir a reducir el área total de infiltración en aquellos lugares donde este proceso pueda darse. Por otra parte, los suelos arenosos y los lechos de grava muestran en las pruebas de terreno una gran capacidad de infiltración.

De hecho, la complejidad del sistema y la diversidad de las fuentes de recarga del acuífero en la cuenca del Tinguiririca, así como la falta de registros a largo plazo de los niveles del agua subterránea, no permiten cuantificar la infiltración de la lluvia.

3.2 Pérdidas en los lechos de los ríos

La infiltración en los lechos de los ríos puede ocurrir cuando existe material permeable y granular por debajo del cauce hasta el nivel del agua subterránea. Los niveles freáticos profundos son favorables a la infiltración mientras que los niveles superficiales pueden indicar un proceso inverso de disipación.

La litología y los datos sobre profundidad del agua parecen indicar que las pérdidas en los lechos de los ríos se producen en la parte superior del Valle San Fernando - Chimbarongo y a lo largo del Río Tinguiririca, desde San Fernando hasta Santa Cruz. En los tramos centrales y bajos se presenta un proceso combinado de recarga y descarga de aguas subterráneas al sistema de flujo superficial. Las diferencias entre los caudales aforados en puntos situados aguas abajo y aguas arriba del Tinguiririca y sus afluentes, el Estero Chimbarongo y Las Toscas, demuestran que estos ríos reciben aportes importantes en los tramos correspondientes. Es de suponer que una parte de éstos aportes se deben a descargas de aguas subterráneas a los ríos, lo que queda de manifiesto por los niveles del agua subterránea, que están apenas a 1 ó 2 metros por debajo de la superficie en los períodos secos, y cerca de la misma durante el invierno.

3.3 Escurrimientos superficiales

Las cuencas aluviales están rodeadas por afloraciones rocosas que cubren una parte considerable del área. El escurrimiento superficial causado por la lluvia que cae sobre estas afloraciones se puede infiltrar a través de la zona de contacto a lo largo de los límites de los valles. Ahora bien, cabe suponer que la recarga total por infiltración del escurrimiento superficial al acuífero es relativamente baja, debido a que por lo general el área de infiltración en los márgenes del

valle es poco permeable y tiene poco espesor. Por otra parte, el interflujo próximo a la superficie pudiera transportar grandes cantidades de agua hacia los cursos de los ríos, situación que parece darse en el Valle del Tinguiririca, desde San Fernando a Santa Cruz a lo largo de los márgenes meridionales de las montañas.

3.4 Recuperaciones de regadío

El uso extensivo y en gran escala de los canales de regadío dentro del área estudiada parece revestir gran importancia como posible fuente de recarga de los acuíferos. La recarga puede ocurrir por infiltración en los canales de regadío o bien en los campos cultivados. Aún cuando por falta de información no es posible realizar un análisis cuantitativo, cabe suponer, en términos muy conservadores, que en esta área se produce un flujo de retorno de entre 15 y 20%.

De hecho, es probable que cantidades considerables reaparezcan como flujo superficial, sea en las cercanías o bien aguas abajo, allí donde el nivel freático esté cerca de la superficie y coincida con el sistema de aguas superficiales.

4. CARACTERISTICAS GENERALES DEL ACUIFERO

La carencia de homogeneidad y la gran variabilidad de la composición litológica del relleno aluvial, unidos a la gran cantidad de cambios laterales y verticales (Sección 2.1.6), se reflejan en características hidráulicas variables.

La transmisividad del acuífero expresa su capacidad para transmitir agua a través de su sección y es igual a la conductividad hidráulica multiplicada por el espesor del acuífero. Se realizaron diversas pruebas de bombeo en la región, las cuales mostraron cambios significativos de un valle a otro y también dentro de cada valle. Valores bajos de 5 a 100 m^2/día, se observaron en especial cerca de los márgenes del valle. Los valores medios fluctúan entre 500 y 1.000 m^2/día y se presentan especialmente en las partes centrales de las áreas acuíferas. Valores altos de 1.500 a 1.700 m^2/día predominan aguas abajo del valle, entre las áreas de Santa Cruz y Peralillo.

Se obtuvieron resultados similares en el Valle Central de Santiago, donde las transmisividades varían entre 500 y 1.000 m^2/día.

No existen datos relativos a los coeficientes de almacenamiento del acuífero aluvial. Tampoco fue posible realizar pruebas de interferencia debido a la falta de pozos de observación en las cercanías. Ha menester subrayar que unos pocos valores del coeficiente de almacenamiento obtenidos mediante pruebas de interferencia podrían no reflejar las condiciones reales en ese tipo de acuífero no homogéneo. Sólo los balances de aguas subterráneas a largo plazo podrían proporcionar el coeficiente promedio de almacenamiento del acuífero. En base a datos obtenidos de acuíferos aluviales similares en diferentes partes del Sur y del Norte de América, el valor de 20% parece ser bastante representativo de la mezcla de material fino y grueso existente en el relleno aluvial del Area del Proyecto.

En este informe, los parámetros hidráulicos se han utilizado como base para cálculos preliminares del balance de aguas subterráneas, tales como flujo de entrada y salida y capacidad de almacenamiento de los acuíferos.

A continuación se analizan por separado cada una de las cuatro cuencas comprendidas en el área estudiada.

5. LA CUENCA DE SAN FERNANDO - CHIMBARONGO

5.1 Descripción general

La cuenca de San Fernando - Chimbarongo está ubicada en la parte occidental de la región del Valle Central. Los límites de la cuenca son: el pie de la Cordillera de Los Andes al Este, la "Loma Grande" cordillerana al Oeste, el Río Tinguiririca al Norte y el Estero Chimbarongo y las morrenas glaciales al Sur. El valle tiene una dirección Norte - Sur con una longitud de entre 20 y 25 km y un ancho de unos 10 (Fig. IV/8). Su parte Norte se drena hacia el Río Tinguiririca; su parte Sur, que pertenece a la cuenca del Estero Chimbarongo es drenada por varios esteros pequeños.

El Tinguiririca y el Chimbarongo nacen en la parte alta de la Cordillera de Los Andes y cruzan el valle en dirección Este - Oeste, saliendo del mismo por el Oeste a través de estrechos pasajes abiertos en la "Loma Grande" cordillerana de roca andesítica. El paso del Tinguiririca se sitúa a una elevación de unos 300 m, al Oeste de San Fernando, con un ancho de 3 km; el del Chimbarongo está a una elevación de 200 m, en el área de Convento Viejo, y tiene sólo 500 m de ancho.

El valle de San Fernando es un área plana, con suaves declives en dirección Sur y Oeste. Su elevación en la parte Norte, junto al Río Tinguiririca, es de unos 400 m, de unos 300 m en la parte central, y de unos 275 m cerca del Estero Chimbarongo, al Sur.

La casi totalidad del área está cubierta por buenos suelos cultivados. Los lechos y márgenes de los ríos están cubiertos por grava redondeada y arena.

5.2 Hidrogeología

El Valle de San Fernando - Chimbarongo es una depresión encerrada entre líneas de falla. Las montañas que la rodean a ambos lados están compuestas principalmente por rocas volcánicas. Por el Este limita con la formación Cretácea Coya-Machalí y por el Oeste, con el grupo terciario Farellones, los cuales deben ser considerados como límites hidrogeológicos no acuíferos (Fig. IV/1).

El valle es un relleno aluvial, compuesto principalmente por material erosionado, transportado desde la Cordillera de Los Andes. Su espesor total es desconocido, aunque se estima en varios cientos de metros.

Los pozos más profundos perforados en este valle sólo llegan a 60 m de profundidad. El material aluvial está constituído por grava bien redondeada, piedras y arena gruesa con ciertas cantidades de limo y arcilla (Secciones Geológicas A-A' y B-B', Figs. IV/2 y IV/3).

Es posible observar cierta gradación de los sedimentos en esta cuenca. Estratos de materiales gruesos, limpios y lavados, están ubicados principalmente a lo largo de los principales cursos de ríos (Tin-

guiririca y Chimbarongo). El valle central se caracteriza por una mezcla de aluvión fino y grueso, sin estratificación aparente. Las secciones a lo largo de los márgenes del valle son delgadas y ricas en materiales finos. Estas condiciones se manifiestan en una conductividad hidráulica alta a lo largo de los cursos de los ríos, media en el Valle Central y baja en los márgenes del valle.

Los sondeos geológicos efectuados en el paso del Chimbarongo, en el área de Convento Viejo, dejaron de manifiesto una sección aluvial más bien delgada, cuyo espesor varía de 20 a 30 m en los márgenes, a unos 50 a 60 m apenas en el centro. La composición litológica presenta desde arcillas y lechos de grava en la parte superior hasta arenas y rocas andesíticas descompuestas en la base (Sección Geológica F-F', véase Fig. IV/7).

5.3 Profundidad de la napa

El agua subterránea de la hoya estudiada está bajo condiciones freáticas. La profundidad del nivel freático varía entre unos 15 - 20m y 1 ó 2 m solamente. Los niveles más profundos, de unos 18 a 20 m, se encuentran en la sección Norte del área, a ambos lados del Tinguiririca (área de San Fernando). Cerca del río, la profundidad del nivel freático puede ser inferior a 10 m.

En las partes centrales del valle y al Este del Chimbarongo, la profundidad del agua subterránea es de 8 a 11 m, disminuyendo hacia el paso de Convento Viejo, donde es de 1 a 2 m solamente.

La diferencia de niveles entre el invierno y el verano oscila entre 2 y 3 metros.

5.4 Régimen de flujo del agua subterránea

Usando la muy escasa información disponible , se elaboró un mapa generalizado de líneas isofreáticas, que indica las direcciones de flujo y sus gradientes (Fig. IV/10).

La dirección principal del flujo está orientada de Noreste a Suroeste. hacia el punto de salida del Río Chimbarongo junto a Convento Viejo. Una divisoria de aguas subterráneas existe cerca del Río Tinguiririca al Norte, donde las direcciones del flujo se desvían hacia el paso de San Fernando en el Norte y hacia el valle del Chimbarongo en el Sur. Los niveles del agua subterránea se hallan a unos 400 m. s.n.m. en la sección occidental del Tinguiririca, unos 330 m en la parte central y en el área de Chimbarongo, y unos 270 m en el área de Convento Viejo.

Los gradientes hidráulicos alcanzan 1,25% en la parte superior del valle cerca de la entrada del Tinguiririca, casi 0,75% en la parte central y 0,5% en la sección aguas abajo, cerca del área de Convento Viejo. Como puede apreciarse, el flujo del agua subterránea está determinado por los límites naturales del valle.

El acuífero se recarga por flujos de entrada subterráneos desde las áreas Norte y Noreste, donde los niveles freáticos son bajos, ya sea por pérdidas en el curso de los ríos o bien por infiltración del flujo superficial marginal. Se producen, también, flujos de retorno de aguas de riego y de pérdidas en los canales en el valle central.

El acuífero se descarga por el Suroeste, al Estero Chimbarongo en el área de Convento Viejo, o bien por flujos subterráneos a través del estrecho paso subyacente al cauce del río.

El fenómeno de las grandes pérdidas en el curso de los ríos y recuperaciones aguas abajo (de hasta 5 a 10 m^3/seg.), que se observa tanto en el Tinguiririca como en el Chimbarongo, parece estar restringido al área de los cauces de los ríos sin que guarde relación con las descargas de agua subterránea procedente del acuífero regional.

El caudal superficial puede desaparecer, convirtiéndose en flujo subálveo en los lechos de grava, limpia y lavada que se encuentran a lo largo de los cauces, para reaparecer de nuevo aguas abajo.

El acuífero regional, caracterizado por transmisividades medias a bajas no es capaz de conducir y descargar los flujos señalados más arriba (veáse Sección 5.6 más adelante).

Los flujos originados de los canales de riego que arrancan del Tinguiririca hacia el Sur, constituyen las fuentes más importantes de recarga del Chimbarongo en el área de Convento Viejo, mientras que la descarga de agua subterránea en esta región es relativamente pequeña.

5.5 Características del acuífero

Los datos relativos a las características hidráulicas del acuífero aluvial en el valle de San Fernando - Chimbarongo son escasos. Se realizaron 3 pruebas de bombeo en los pozos de agua potable de San Fernando que indicaron transmisividades de 600 a 900 m^2/día.

Las transmisividades altas en áreas cercanas, como la cuenca de Santiago, alcanzan 500 a 1.000 m^2/día. Los valores bajos son inferiores a 100 m^2/día.

Estos valores relativamente bajos o medios se deben principalmente a la variabilidad de la composición litológica y a su mala distribución y graduación. Si bien es dable suponer que existan depósitos aluviales gruesos en este valle, parece que la zona acuífera está restringida solamente a la sección superior más desarrollada, que podría llegar a unos 100 m. La mayoría de los pozos perforados son superficiales entre 40 y 60 m, y penetran el acuífero sólo en forma parcial, hecho este que podría ser causa de los bajos valores de transmisividad que se obtuvieron en las pruebas de bombeo (Fig. IV/9).

Un método comprobado, tal como la comparación entre la capacidad específica de los pozos y la transmisividad del acuífero, sería útil para determinar tentativamente las transmisividades en aquellas áreas para las cuales no se tienen esos datos.

Las capacidades específicas de los pozos dentro del valle de San Fernando - Chimbarongo son bajas, con valores de 1 a 4 $m^3/h/m$ en el margen oriental, inferiores a 10 $m^3/h/m$ en la parte central y de 10 - 30 $m^3/h/m$ al Oeste entre San Fernando y Chimbarongo.

En base a la curva de correlación entre capacidad específica y transmisividad obtenida para áreas de condiciones similares, se llega a las estimaciones siguientes:

1) Las capacidades específicas de 1 a 5 $m^3/h/m$ corresponderían a transmisividades de aproximadamente 50 a 200 $m^2/día$.
2) Las capacidades específicas medias de 10 a 15 $m^3/h/m$, corresponderían a transmisividades de 300 a 500 $m^2/día$.
3) Las capacidades específicas más elevadas, de 15 a 30 $m^3/h/m$, corresponderían a transmisividades de 500 a 2.000 $m^2/día$.

5.6 Evaluación del potencial de aguas subterráneas

En un balance de aguas subterráneas se sintetizan todas las fuentes de recarga y descarga de un acuífero, tanto naturales como artificiales, con el objeto de evaluar su rendimiento seguro y determinar el volumen de agua susceptible de ser extraido sin perjudicar la producción futura.

La confección de un balance de aguas subterráneas preciso supone disponer de información hidrológica obtenida durante un largo lapso de tiempo en relación a: variaciones estacionales de los niveles, parámetros hidráulicos de los acuíferos, extracción de aguas subterráneas y datos climáticos. Por desgracia, la falta de esta información en relación al área estudiada no permite determinar por modo exacto los diversos componentes de la ecuación del balance de aguas.

Se puede, empero, recurrir a un método preliminar que determina los escurrimientos de aguas subterráneas a través de una sección del acuífero como primera aproximación para calcular el potencial de aguas subterráneas en una cuenca cualquiera.

Para el cálculo del flujo de aguas subterráneas se usa la siguiente ecuación:

$$Q = B.T.J.t$$

en que B = longitud de la sección de control (en metros)
T = transmisividad del área de la sección ($m^2/día$)
J = gradiente del flujo (medido en el mapa de líneas isofreáticas).
t = tiempo en días.

La línea de control para el cálculo del flujo de aguas subterráneas en la cuenca de San Fernando - Chimbarongo está indicada en la Fig. IV/10 y ha sido dividida en 4 secciones, de acuerdo a los cambios en la transmisividad dentro del valle.

El caudal total de aguas subterráneas que atraviesa esta línea de control se muestra en el Cuadro IV/1.

Cuadro IV/1: Flujo a través de la sección de control en la Cuenca de San Fernando - Chimbarongo

Sección	Largo (m)	T (m^2/día)	J ($x10^{-2}$)	t día	Q ($10^6 xm^3$/año)
I	2.000	300	1,1	365	2,4
II	3.500	500	1,0	365	6,4
III	4.000	1.000	0,9	365	13,1
IV	3.000	1.200	1,0	365	13,1
Total	12.500				35,0

El volumen obtenido de 35 x $10^6 m^3$ representa un flujo promedio estimado anual. Este volumen proviene de diferentes fuentes de recarga, como por ejemplo la infiltración de agua lluvia, las pérdidas a través de los lechos del Tinguiririca y los Esteros, y las recuperaciones de los canales de regadío y áreas regadas. La extracción por bombeo en los pozos es muy pequeña y puede ser desestimada para los fines del cálculo que a continuación se ofrece.

Suponiendo una recarga de un 25% de la precipitación anual (700 mm) sobre los terrenos aguas arriba de la línea de control dentro del área considerada (100 km^2), se tiene que 17,5 millones de m^3 provendrían de esta fuente. El volumen de recarga restante, de 35-17,5=17,5 millones de m^3, proviene de las pérdidas en los cauces de los ríos y recuperaciones de aguas de riego. En ambos casos las cifras correspondientes resultan pequeñas en comparación con el caudal medio de los ríos y canales.

El flujo de salida de las aguas subterráneas a través del paso Chimbarongo en el área de Convento Viejo se calculó atendiendo a los datos geológicos y a las permeabilidades estimadas proporcionadas por la Comisión Nacional de Riego. Considerando la sección hidrogeológica de la Fig. IV/7 de 500 m de ancho, y una profundidad máxima de 50 m, el volumen anual del flujo de salida por esta sección no pasa de 1,5 a 2 millones m^3/año.

Esto significa que casi todo el flujo de las aguas subterráneas del acuífero, o sea unos 33 millones de m^3, reaparece como recuperaciones del río Chimbarongo o bien se evapotranspira en la región de Convento Viejo debido a la escasa profundidad de los niveles freáticos.

En todo caso, considerando las recuperaciones aforadas en el Estero Chimbarongo, el aporte del agua subterránea debe ser del orden de los 0,5 a 1 m^3/seg.

6. CUENCA NANCAGUA - SANTA CRUZ

6.1 Descripción general

La cuenca Nancagua - Santa Cruz se encuentra al Oeste de la cuenca San Fernando - Chimbarongo, a lo largo del costado oriental de la Cordillera de la Costa.

Su parte oriental está dividida en dos estrechos valles separados, que corren en dirección Este - Oeste a lo largo de los ríos Tinguiririca y Chimbarongo. Las partes central y norte forman un valle arqueado en sentido Este - Oeste a Norte - Sur, paralelamente a las principales arterias de drenaje (Río Tinguiririca, Estero Chimbarongo, Estero Guirivilo, Estero Las Toscas).

Esta parte del valle tiene un ancho de 7 a 8 km, y una longitud de 20 a 25 km. El área es plana con suave declive de Norte a Sur. La mayor parte del área está bajo cultivo y está atravesada en ambos sentidos por canales de regadío que transportan agua desde el Tinguiririca y dos esteros. El valle puede ser descrito como la principal cuenca de drenaje de la hoya del Tinguiririca, que desagua hacia la confluencia de éste con el Río Rapel en el Norte.

6.2 Hidrogeología

La cuenca Nancagua - Santa Cruz está rodeada por rocas volcánicas de las formaciones Farellones y La Lajuela (Fig. IV/1). Varios cerros aislados, constituídos por las mismas formaciones, aparecen dentro del valle plano como remanentes de una topografía más antigua. Dos estrechos cañones, cortados al Este por los ríos Tinguiririca y Chimbarongo, unen la cuenca más al este con la hoya en estudio. Un pasaje angosto al Norte de Santa Cruz permite la salida de aguas tanto superficiales como subterráneas hacia el valle de Peralillo.

Las secciones geológicas C-C' y D-D' (Fig. IV/4 y IV/5) dejan de manifiesto una alta concentración de depósitos finos, en especial arcillas y limos, dentro de esta cuenca.

El costado Norte, cerca del Río Tinguiririca, es rico en gravas y material granular. Las partes central y sur, a lo largo de los Esteros Chimbarongo y Las Toscas, son ricas en arcillas. Una parte de estos finos lechos está constituída por arcillas orgánicas negras, producto de antiguos lagos y pantanos desecados. Los pozos de agua en la sección Nancagua fueron perforados hasta una profundidad máxima de 60 m. Las perforaciones en la sección Santa Cruz llegan a más de 100m, alcanzando una profundidad de 128 m (Fig. IV/9).

En base a una correlación de la geología subterránea es posible afirmar que la sección acuífera activa en esta cuenca se concentra en los 30 a 50 primeros metros, en tanto que la sección más profunda es menos permeable. La presencia de capas impermeables gruesas y extensas también estorba la penetración vertical del agua subterránea. Una zona más restringida, cercana y paralela al cauce actual del Tinguiririca, ostenta las mejores condiciones acuíferas dentro de esta hoya.

6.3 Profundidad del agua subterránea

El nivel freático en el valle de Nancagua - Santa Cruz es muy superficial. La profundidad media es de 1 a 2 metros y en algunos lugares aún menos. Los niveles más profundos se ubican cerca de los márgenes del valle, al Sur de Nancagua y al Norte de Santa Cruz, pero la profundidad en este sector alcanza tan sólo de 3 a 4 metros. Durante la estación de invierno, los niveles del agua subterránea suben entre 1 y 2 metros y coinciden con el nivel del agua superficial en los ríos.

6.4 Régimen de flujo del agua subterránea

El flujo del agua subterránea es, por lo general, paralelo a las direcciones principales de los flujos superficiales. Las líneas iso - freáticas son perpendiculares a los límites del acuífero. Los niveles del agua en la entrada del valle al Este son de unos 300 m (cerca del paso San Fernando), y a la salida del valle (al Norte de Santa Cruz) son de unos 150 m. La distancia entre la entrada y la salida del valle es de más o menos 35 km.

Los gradientes hidráulicos son marcados al Este, por sobre 1%, medianos al centro, con 0,25% y de más o menos 0,2% en el Paso Santa Cruz al Norte.

El flujo de entrada de agua subterránea a esta cuenca se produce a través de dos pasajes, el de San Fernando y el de Convento Viejo, que unen al valle oriental con la cuenca de Nancagua.

El flujo de salida del agua subterránea se produce a través del paso de Santa Cruz en dirección a la cuenca de Peralillo.

El agua subterránea se recarga por infiltración de agua lluvia, percolación de agua superficial y flujo de retorno del agua de riego. Debido a que el nivel de agua subterránea está a muy escasa profundidad, existe una relación muy estrecha entre el agua subterránea y el agua superficial, produciéndose por modo inmediato un aumento en la recuperación de flujo en la superficie toda vez que se produce un aumento del nivel de agua. Tanto estos niveles de aguas muy cercanos a la superficie como la relación muy estrecha entre agua subterránea y agua superficial se deben fundamentalmente a la baja transmisividad y a la capacidad limitada del acuífero.

6.5 Características del acuífero

Varias pruebas de bombeo realizadas dentro de esta hoya dejaron de manifiesto transmisividades bajas, en concordancia con la composición litológica fina.

Los valores de la transmisividad varían entre 50 m^2/día en el margen Sur y 300 a 500 m^2/día en la zona central. El área al norte de Santa Cruz a la entrada al valle de Peralillo, muestra altas transmisividades del orden de 1.500 m^2/día pero este valle no puede ser considerado como parte de la cuenca y será analizado más adelante, al tratar de la cuenca de Peralillo.

Las capacidades específicas de los pozos son muy bajas en los márgenes del valle, inferiores a 1 $m^3/h/m$, habiéndose detectado muchos pozos improductivos en esta área.

Las capacidades específicas en la parte central de la cuenca varían entre 8 y 15 $m^3/h/m$. Las capacidades específicas más altas son características en la parte Norte de la cuenca a lo largo del Río Tinguiririca, tanto en Nancagua como en Santa Cruz, con valores de más o menos 25 $m^3/h/m$. Estos resultados son compatibles con la existencia de bancos permeables de grava en la zona.

6.6 Evaluación del potencial de aguas subterráneas

Como se explicara en la sección anterior, se utilizó en este estudio un método preliminar, para calcular el flujo de aguas subterráneas, por medio de una sección de control. Esta última se localizó en el área de Santa Cruz, donde existe la mayor cantidad de datos sobre las características del acuífero.

El Cuadro IV/2 muestra el flujo calculado de agua subterránea en las 3 subsecciones (Fig. IV/10).

Cuadro IV/2: Flujo a través de la sección de control en la Cuenca de Nancagua - Santa Cruz

Sección	Longitud	T (m^2/día)	J ($\times 10^{-2}$)	t día	Q ($10^6 \times m^3$/año)
I	4.000	100	0,25	365	0,4
II	4.200	500	0,20	365	1,5
III	3.000	1.000	0,33	365	3,7
Total	11.200				5,6

El flujo calculado de aguas subterráneas en la sección de Santa Cruz es muy pequeño, más o menos 5,6 millones m^3/año. Este resultado muestra la baja capacidad del acuífero aluvial para conducir aguas subterráneas en un valle tan estrecho, en el cual la mayor parte de los sedimentos están constituídos por arcilla y limo fino.

Es posible llegar a la conclusión, entonces, de que en la práctica las pérdidas en los lechos de los ríos o por infiltraciones en los canales son pequeños y que se recuperan, en su mayor, aguas abajo en el sistema de drenaje superficial. Por otra parte, debido a los niveles muy superficiales del agua freática, es de esperar una gran evapotranspiración, la que redunda en pérdidas marcadas de aguas superficiales y subterráneas.

7. LA CUENCA DE PERALILLO

7.1 Descripción general

La Cuenca de Peralillo abarca la última sección aguas abajo del Río Tinguiririca antes de su confluencia con los ríos Cachapoal y Rapel.

La cuenca tiene una dirección Sur - Norte con una longitud de 30 km desde Santa Cruz hasta la confluencia de los ríos Tinguiririca y Cachapoal. En el Sur tiene entre 15 y 20 km de ancho, estrechándose hacia el Norte hasta sólo 5 a 7 km.

El Río Tinguiririca es la principal arteria de drenaje en la cuenca. El Estero Chimbarongo desemboca en el Río Tinguiririca a la entrada de éste al valle, cerca de El Huique y el Estero Las Toscas entra al Tinguiririca en el Norte, cerca de Calleuque. Los costados occidentales de la Cordillera de la Costa se drenan hacia el Tinguiririca por dos esteros: el de Las Cadenas y el de San Miguel.

La cuenca es un área plana, con un pequeño gradiente orientado de Sur a Norte. Su elevación en el Sur es de unos 140 m y en el límite Norte, de unos 110 m. Esta rodeada por montañas al Este y Oeste y está cerrada en el Norte, donde el Río Tinguiririca fluye a través de un cañón hacia el Río Cachapoal.

El valle se encuentra extensamente cultivado en el Sur y en el Oeste y esta atravesado, en ambos sentidos, por canales de riego. Su costado occidental en la sección Norte aguas abajo, está constituído fundamentalmente por cenizas volcánicas y pómez, formando una terraza alta sobre el curso central del río, situada a la cota 130.

7.2 Hidrogeología

La cuenca de Peralillo está ubicada al pie de la ladera oriental de la Cordillera de la Costa, rodeada y cerrada por terrenos montañosos, con una estrecha abertura en el Sur, cerca de Santa Cruz (Fig. IV/8).

Las montañas que la rodean son principalmente graníticas, bien paleozoicas en el Este y Norte o bien terciarias en el Oeste y Suroeste. El margen Sureste está constituído por rocas volcánicas de la formación cretácea La Lajuela.

El relleno aluvial en la cuenca está compuesto principalmente por sedimentos finos, arena, limo y arcilla, sin grava ni bolones (Sección geológica E-E', Fig. IV/6). Este fenómeno se puede deber a diversas causas:

- La distancia cada vez mayor desde la Cordillera de Los Andes, que es la principal fuente de los lechos gravillosos en el Tinguiririca.
- La existencia de barreras montañosas rocosas en la hoya del Tinguiririca, aguas arriba de la Cuenca de Peralillo, que

originan sedimentaciones de materiales granulares pesados en las cuencas superiores.

- La disminución de los gradientes hidráulicos, que origina una sedimentación gradual, en la cual el material más grueso se deposita aguas arriba y los más finos aguas abajo.
- La cuenca cerrada de Peralillo está rodeada por rocas graní - ticas. La meteorización y descomposición de estos terrenos originan arenas cuarcíticas y minerales de feldespato, los cuales se descomponen, posteriormente, en materiales caolíniticos y arcillosos.

La geología subterránea (Fig. IV/6) pone de manifiesto dos principales unidades litológicas.

a) Una unidad superior compuesta fundamentalmente por arena media a gruesa con varias intercalaciones limosas y arcillosas. Esta unidad tiene aproximadamente 80 m de espesor en la parte central y sureste, pero pierde espesor hacia el noroeste.

b) Unidad inferior, compuesta principalmente por arenas y limos arenosos con lentes locales de arena. Esta unidad descansa sobre el lecho rocoso. Se constató la abundancia de cenizas volcánicas en esta unidad mediante el pozo A de 100 m de profundidad perforado en la parte Noroccidental. El espesor de esta unidad en otras partes de la cuenca no se conoce.

7.3 Profundidad del agua subterránea

El agua subterránea en la Cuenca de Peralillo es generalmente poco profunda. Las profundidades en la sección de entrada al Sur, cerca de Santa Cruz, varían entre 3 y 4 m; en la sección central, cerca de los principales cursos de los ríos, son de 1 a 2 m. La profundidad del agua en la parte Noroeste es mayor y oscila entre 6 y 7 m, mientras que en el área Norte se aproxima se aproxima a la superficie, coincidiendo con el nivel del río.

Las fluctuaciones estacionales en el nivel de aguas subterrá - neas son pequeñas, de 1 m más o menos.

7.4 Régimen de escurrimiento del agua subterránea

La dirección del flujo de aguas subterráneas es generalmente Sur - Norte, paralela a las direcciones de los principales cursos superficiales. El flujo de agua subterránea se origina en el Sur desde el valle de Santa Cruz y desde los brazos occidentales y orientales del valle.

Los gradientes del flujo subterráneo son más pronunciados en la entrada Sur (0,3%) y más suaves en la parte central y norte (0,1%).

El acuífero se recarga por diversos recursos, entre otros la infiltración de agua lluvia, escorrentía superficial lateral, reflujo de agua de riego e ingreso de flujos subterráneos.

El cañón del Tinguiririca a través del cual las aguas subterráneas se descargan al río, constituye la única salida para el acuífero, debido a sus límites cerrados. La condición superficial del agua freática puede dar lugar a una mayor salida de agua subterránea al aumentar la evapotranspiración.

7.5 Características del acuífero

El acuífero de Peralillo muestra características notablemente diferentes comparado con las cuencas ya descritas. Si bien la sección areno limosa tiene granos muchos más pequeños que los acuíferos aluviales de grava, esa sección está muy bien graduada y tiene una permeabilidad alta.

Las pruebas de bombeo desarrolladas en los pozos mostraron transmisividades altas con valores de 1.100 a 1.700 m^2/día. Estos valores corresponden a la amplia zona triangular comprendida entre Santa Cruz y Población.

Por otra parte, el acuífero del área Noroeste entre el Estero Las Cadenas y el Estero San Miguel denota características pobres. En esta zona han resultado inadecuados varios pozos de bombeo debido a su producción notablemente baja. Las transmisividades de esta área tan sólo alcanzan valores entre 15 y 180 m^2/día.

Los pozos de bombeo perforados en los limos y arcillas arenosos en el área principal del valle, fueron satisfactorios por existir franjas arenosas dentro de los minerales finos menos permeables.

Se estima que la sección promedio del acuífero tiene entre 80 y 100 m y está ubicada principalmente en el relleno superior del valle. Las partes más profundas pueden describirse como semiacuíferas y tienen escasa importancia.

A pesar de que no se realizaron pruebas de bombeo que permitieran demostrarlo, se supone que el coeficiente de almacenamiento en el acuífero arenoso es alto, variando entre 25 y 30%.

7.6 Evaluación del potencial de aguas subterráneas

En forma análoga a lo hecho en la Sección 5.6 se seleccionó una sección de control para el flujo de agua subterránea en la Cuenca de Peralillo. Esta sección atraviesa el valle desde el margen Noreste hasta el margen Suroeste. Las transmisividades de las subsecciones marginales fueron estimadas tomando en consideración las condiciones marginales similares en otras cuencas. Las transmisividades en las subsecciones centrales se obtuvieron de los resultados de las pruebas de bombeo.

En el Cuadro IV/3 se resume el cálculo del volumen de agua subterránea que se descarga por esta línea de control. Cabe destacar que este flujo debería descargarse directamente a través del estrecho paso del Tinguiririca hacia Peralillo (Fig. IV/10).

Cuadro IV/3: Flujo a través de la sección control en la Cuenca de Peralillo

Sección	Longitud (m)	T (m^2/día)	J (x 10^{-2})	t día	Q (m^3/año x 10^6)
I	3.000	500	0,16	365	0,9
II	4.500	1.200	0,19	365	3,8
III	8.000	1.500	0,16	365	6,7
IV	3.500	500	0,14	365	0,9
Total	19.900 m				12,3

Según muestra el cuadro, el caudal promedio anual en esa sección es relativamente bajo, alcanzando cerca de 12 millones de m^3.

Parecería que debido a la condición muy superficial de las aguas subterráneas, a la transmisividad limitada del acuífero y a la existencia de barreras hidrológicas, el drenaje del acuífero se verifica fundamentalmente a través del sistema de aguas superficiales, ya sea por los canales de riego o bien por los cursos de los ríos.

Pese al bajo potencial acuífero, sería posible - siempre y cuando se justificara económicamente - programar una sobreexplotación con - trolada del agua subterránea aprovechando la elevada capacidad de almacenamiento de las formaciones arenosas. En tal caso, en un área de 200 km^2 se podría captar entre 25 y 30 millones de m^3/año, con lo cual se rebajaría el nivel de agua subterránea en tan sólo 0,5 a 0,75 m/año. Durante un período de 20 años, la sobreexplotación a razón de 40 millones de m^3/año rebajaría los niveles en unos 10 a 15 m únicamente. El rebajamiento del nivel de agua subterránea sería beneficioso para una planificación a largo plazo por cuanto ayudaría a resolver los problemas de drenaje, reduciría la evapotranspiración y aumentaría la recarga de agua subterránea por infiltración de agua superficial y por flujo de retorno de agua de riego. Para llevar a cabo un plan de este tipo serían necesarios 50 pozos con una producción promedio de 300 m^3/h, operando entre 2.500 y 3.000 horas por año.

8. LA CUENCA DE NILAHUE

8.1 Descripción general

La cuenca de Nilahue es un valle originado por fenómenos erosivos dentro del terreno granítico paleozoico de la Cordillera de la Costa, (Figs. IV/1 y IV/8).

El valle se orienta de Norte a Sur, paralelamente al curso principal del Río Nilahue, con una longitud de 40 km y entre 5 y 7 km de ancho. Los tres principales tributarios que drenan las montañas del Este hacia el curso del Nilahue son el Estero Quiahue, el Estero Lolol y el Estero Pumanque. Paralelos a ellos, se han desarrollado valles angostos y largos en dirección Este - Oeste. Las montañas que lo rodean alcanzan altitudes de 500 a 700 m. El extremo sur del valle tiene una elevación de 170 m, mientras que su límite Norte alcanza sólo 70 m.

8.2 Hidrogeología

La cuenca de Nilahue se presenta como un valle intermontano cerrado, formado por la erosión a lo largo del Estero Nilahue y sus afluentes.

Una parte de sus tributarios orientales, principalmente el Estero Lolol, drenan las formaciones volcánicas que constituyen la Formación La Lajuela. El material erosionado de los granitos meteorizados y descompuestos se acumuló en la cuenca del Nilahue. Este material está compuesto principalmente por arena cuarcítica gruesa y muy gruesa, minerales de feldespato y fragmentos de roca.

No se dispone de información hidrogeológica relativa a la zona, salvo aquella obtenida en algunas norias poco profundas excavadas en ella. Sobre la base de las observaciones realizadas en el terreno, y el examen de las afloraciones y los elementos morfotectónicos, se supone que el relleno aluvial alcanza probablemente un espesor de unos 100 m en las partes centrales del valle. Es de suponer, asimismo, que las condiciones geológicas son similares a las que predominan en la parte Oeste de la Cuenca de Peralillo, en el área Población - Marchigue.

8.3 Profundidad del agua subterránea

Las mediciones de la profundidad del agua subterránea efectuadas en unas pocas norias en el área muestran niveles relativamente superficiales de entre 5 y 10 m. Los niveles muy superficiales deberían darse en la sección Norte, donde el río Nilahue entra a un cañón rocoso muy estrecho y el relleno del valle desaparece.

La información recogida en el terreno apunta a la existencia de cenegales poco profundos o terrenos con mal drenaje en esa área. Esta situación es lógica si se considera lo cerrado de la cuenca y la necesidad de una salida para el flujo de agua subterránea.

8.4 Régimen de flujo del agua subterránea

No existe información acerca de las líneas isofreáticas, direcciones de flujo, gradientes, etc.

Se supone que el flujo general de aguas subterráneas tiene una dirección Sur - Norte, paralela al sistema principal de drenaje superficial.

8.5 Características del acuífero

No hay información relativa a las características del acuífero.

Al comparar el valle de Nilahue con la parte Este de la Cuenca de Peralillo, se puede suponer que la transmisividad presenta valores intermedios, de algunos centenares de m^2 por día.

Resulta obvio que única forma de obtener información adecuada para efectuar cálculos hidrológicos sería mediante pruebas de bombeo en pozos.

Considerando el elevado porcentaje de arena gruesa en el relleno del valle, es posible suponer un coeficiente de almacenamiento relativamente alto, del orden de 25 a 30%.

8.6 Evaluación del potencial de aguas subterráneas

No se dispone de información ni siquiera para un cálculo preliminar del caudal de aguas subterráneas, por lo cual se hace necesario llevar a cabo una investigación hidrogeológica básica para obtener una primera aproximación. Sin embargo, usando la información disponible sobre precipitaciones, es posible efectuar una estimación grosera de la recarga de agua subterránea.

Considerando un 20% de inflitración del agua total caída (700 mm en promedio anual) sobre 200 km^2 de superficie del valle de Nilahue, se puede estimar una recarga del acuífero cercana a los 30 millones de m^3 por año (excluyendo 50 km^2 de área marginal).

Debido a las restricciones geológicas, la extracción de agua subterránea debería concentrarse en las partes centrales del valle, lo que, naturalmente, reduciría la flexibilidad en cuanto a la ubicación de los pozos y su producción.

La capacidad exacta de los pozos, ubicación, distancias, etc. sólo podrían definirse una vez efectuada una investigación hidrogeológica.

9. RESUMEN Y CONCLUSIONES

1) El área de captación del Río Tinguiririca está localizada entre las laderas occidentales de la Cordillera de Los Andes y las laderas orientales de la Cordillera de la Costa.

2) El relleno aluvial, acumulado en las depresiones bajas de la región del valle central, conforma las cuencas principales de agua subterránea en el área.

3) El agua subterránea se recarga por infiltración de las precipitaciones, pérdidas en los lechos de ríos, y flujos de retorno de los canales de riego y de terrenos regados.

4) Los niveles freáticos son, en general, superficiales (menos de 5m) excepto en los valles más al Este, cerca del pie de la Cordillera de Los Andes (15 a 20 m).

5) Las direcciones de flujos del agua subterránea son, en general, paralelas a las corrientes superficiales principales, cuyo trazado ha sido conformado por barreras hidrogeológicas naturales.

6) El área del Proyecto se ha dividido en cuatro cuencas de aguas subterráneas, que han sido estudiadas en detalle, usando la información existente: Estas cuencas son las siguientes:

   - Cuenca de San Fernando - Chimbarongo
   - Cuenca de Nancagua - Santa Cruz
   - Cuenca de Peralillo
   - Cuenca de Nilahue, una cuenca separada, no comprendida dentro del sistema del Tinguiririca.

7) Por efecto de las transmisividades bajas a medianas en las cuencas del lado Este y de Peralillo, los acuíferos están limitados en su capacidad para conducir grandes volúmenes de agua subterránea.

   El caudal de agua subterránea anual que atraviesa la cuenca de San Fernando - Chimbarongo, se estima en 35 millones de m^3; el que atraviesa de la Cuenca de Santa Cruz, en 6 millones de m^3; y el que atraviesa la Cuenca de Peralillo, en 12 millones de m^3.

8) Los flujos de aguas subterráneas se descargan a las principales corrientes, a lo largo de los pasos angostos y casi cerrados que se encuentran en cada cuenca. A consecuencia de esto, los sistemas tanto de aguas superficiales como subterráneas, deben ser considerados como un sólo recurso combinado de aguas.

9) La Cuenca de Peralillo parece ser adecuada para la sobreexplotación controlada y almacenamiento de aguas subterráneas.

   Se estima que una extracción anual de 40 millones m^3, durante 20 años originaría un rebajamiento del nivel freático regional de unos 10 a 15 m. Una explotación de esta índole requiere de unos 50 pozos.

10) Al no existir información hidrológica para la Cuenca de Nilahue, es imprescindible una prospección preliminar, incluyendo la perforación de pozos de exploración.

En base a una estimación muy grosera relativa a infiltración de las precipitaciones, se supone que el acuífero se recarga anualmente con 30 millones de m^3.

Las posibilidades de explotación de recursos de aguas subterráneas dependerán, en último término, de los resultados del estudio hidrológico propuesto.

FIG. IV-1

E-236000 E-246000 E-256000 E-266000 E-276000 E-286000 E-296000 E-306000 E-316000 E-326000 E-336000

N-6.197000 N-6.187000 N-6.177000 N-6.167000 N-6.157000 N-6.147000 N-6.137000 N-6.127000

MARCHIHUE POBLACION PERALILLO PUMANQUE LOLOL STA. CRUZ SAN FERNANDO CHIMBARONGO CURICO

A SANTIAGO A TALCA

LEYENDA

SECCIONES GEOLOGICAS

- Q CUATERNARIO
- AH ALTERACIONES HIDROTERMALES
- Tg BATOLITO TERCIARIO
- Tf FORMACION FARELLONES
- Kcm FORMACION COYA-MACHALI
- Kll FORMACION LA LAJUELA
- Pzg BATOLITO PALEOZOICO
- Pzm BASAMENTO METAMORFICO

FUENTE: IREN

REPUBLICA DE CHILE
COMISION NACIONAL DE RIEGO

PROYECTO CONVENTO VIEJO
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y DESARROLLO

MAPA GEOLOGICO

I.C.A. INGENIEROS CONSULTORES ASOCIADOS
TAHAL CONSULTING ENGINEERS LTD.

SECCION GEOLOGICA A-A'

SUB CUENCA I (SAN FERNANDO-CHIMBARONGO)

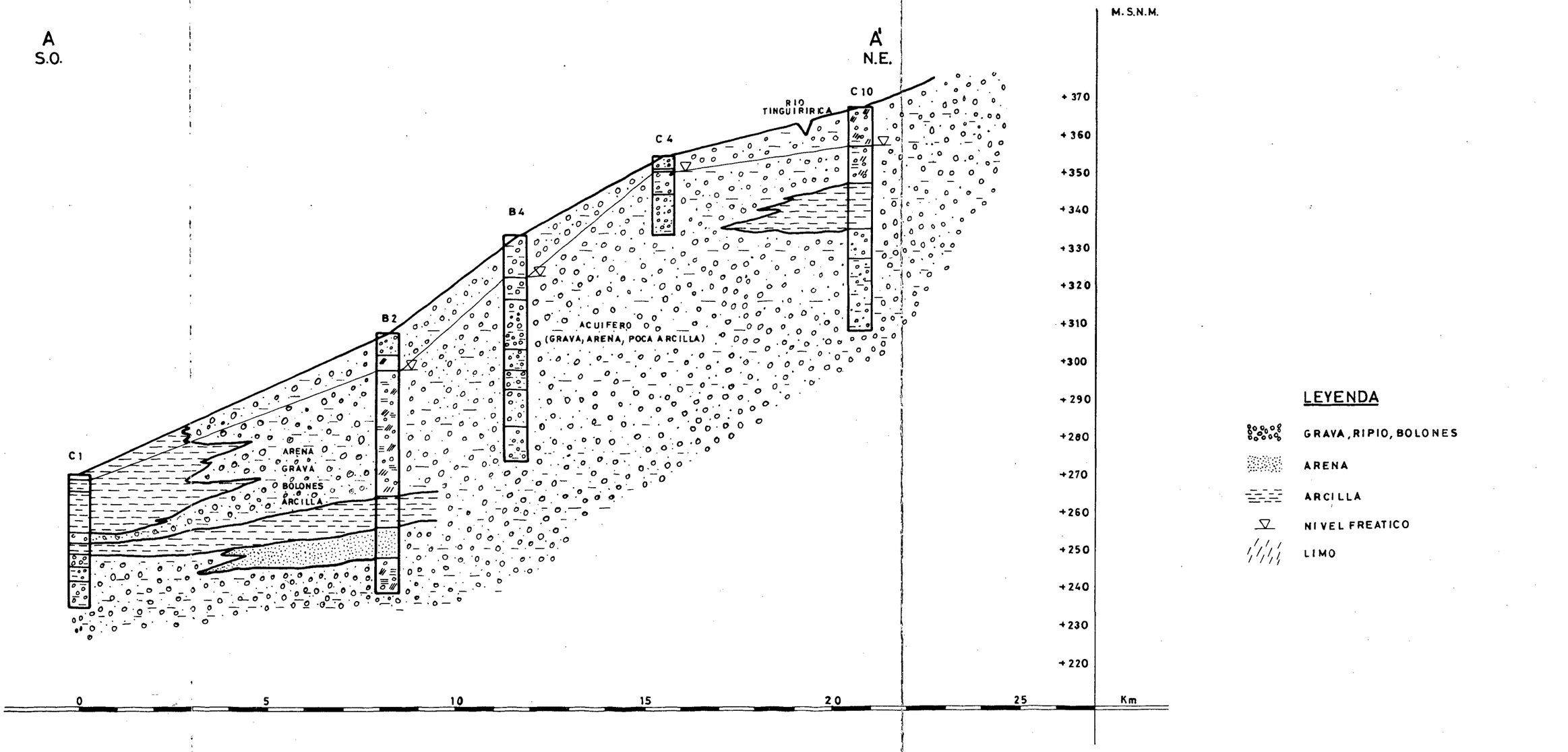
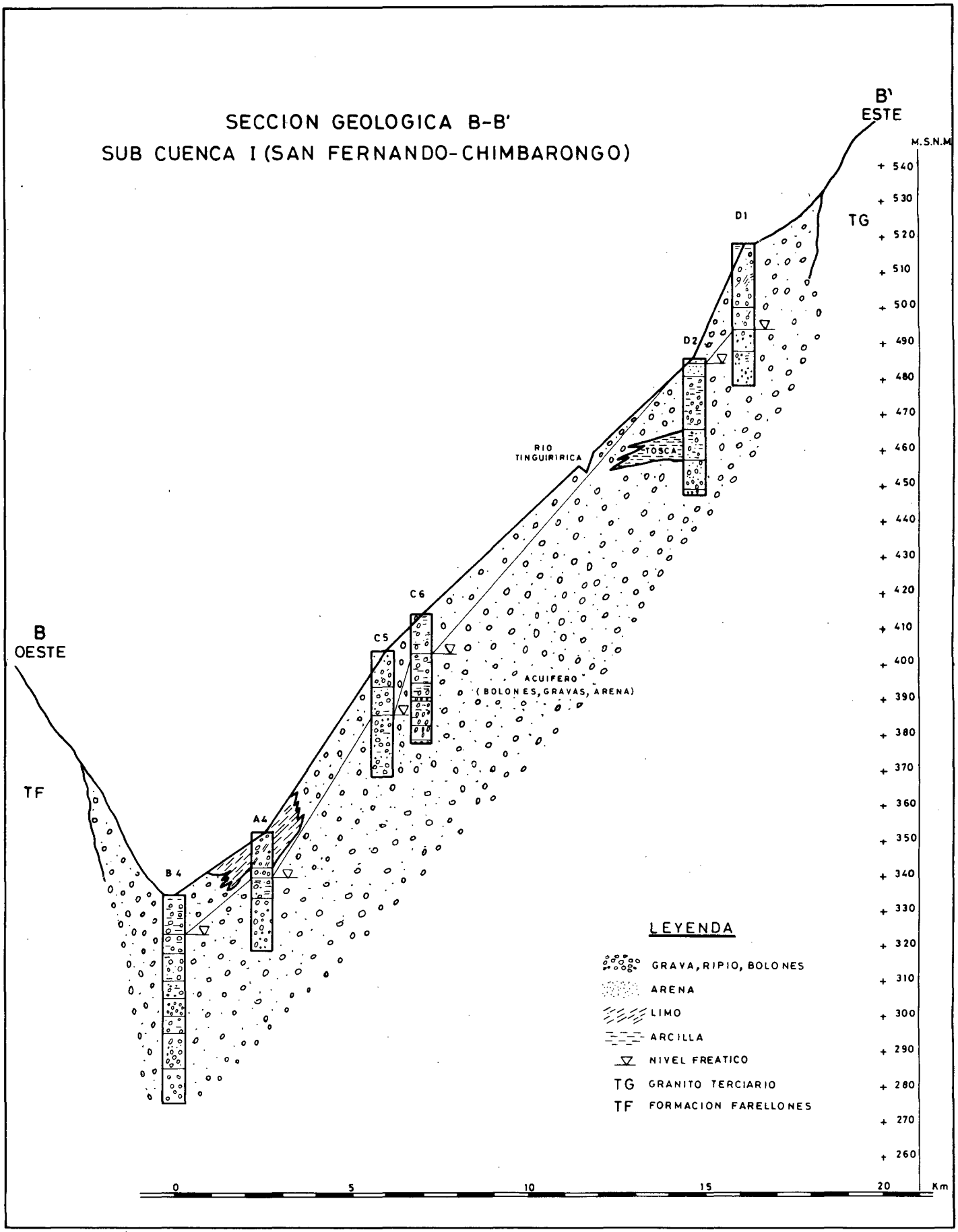
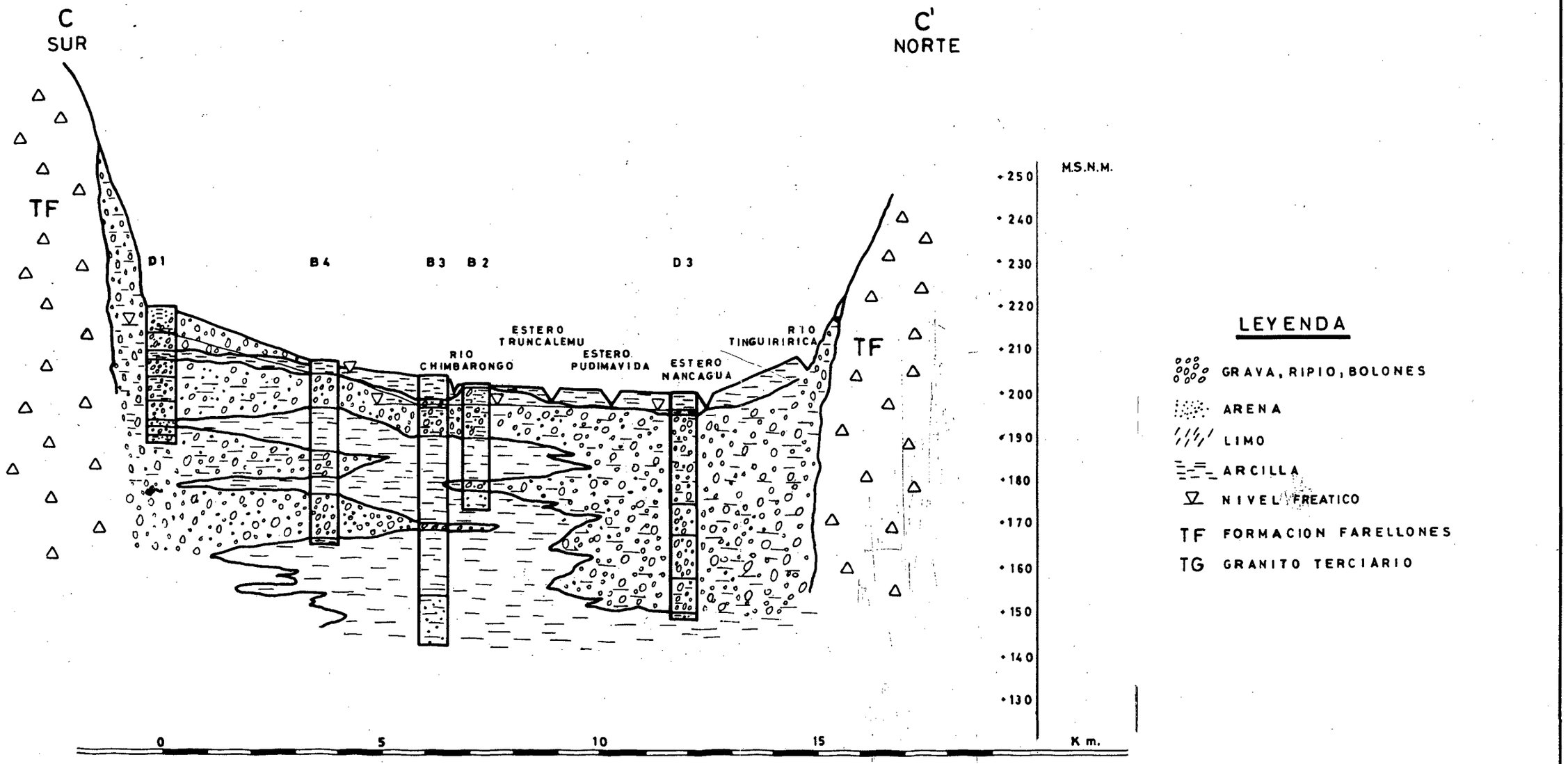


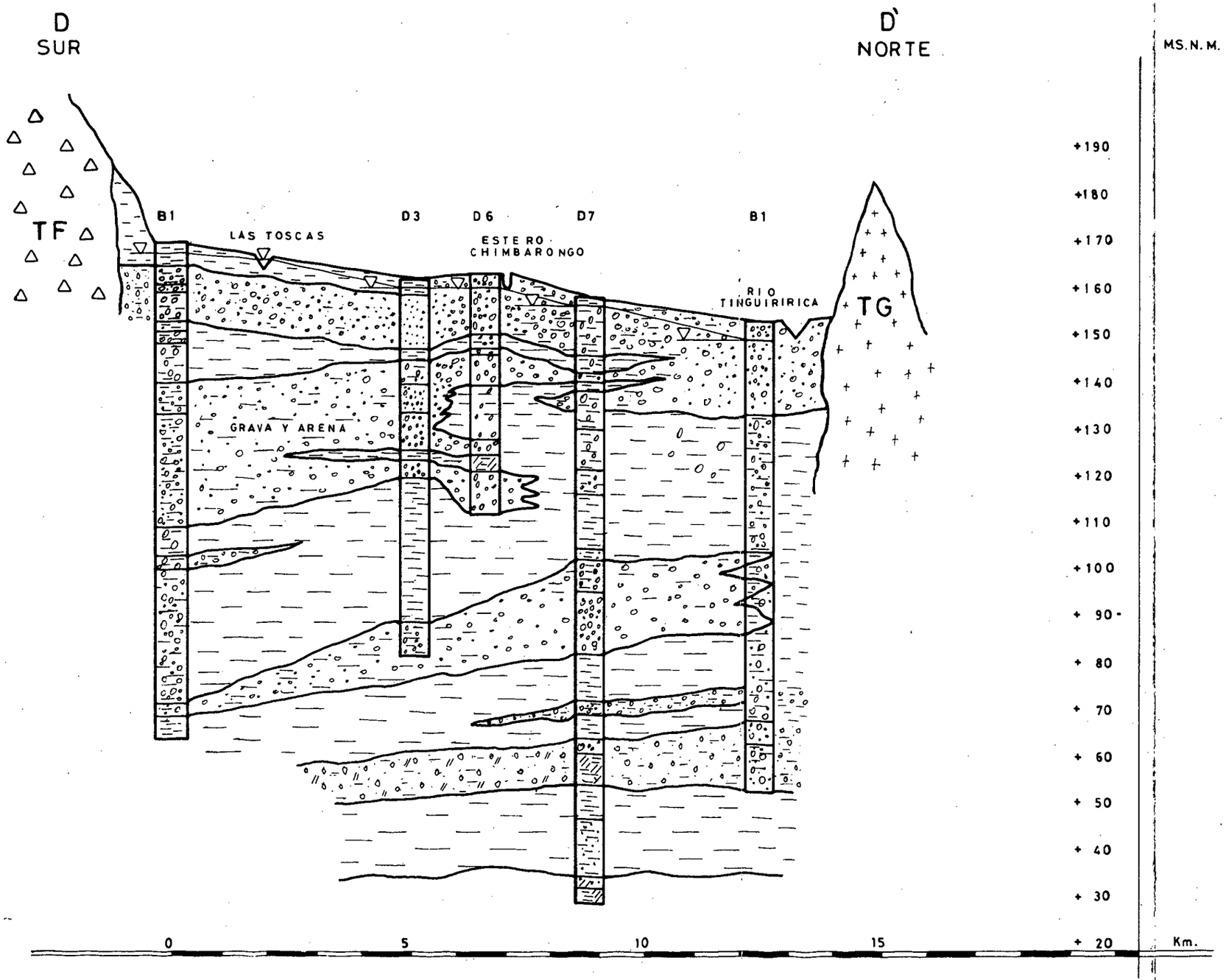
FIG.IV-3


SECCION GEOLOGICA B-B'
SUB CUENCA I (SAN FERNANDO-CHIMBARONGO)
B
OESTE
B'
ESTE
M.S.N.M
+ 540
+ 530
+ 520
+ 510
+ 500
+ 490
+ 480
+ 470
+ 460
+ 450
+ 440
+ 430
+ 420
+ 410
+ 400
+ 390
+ 380
+ 370
+ 360
+ 350
+ 340
+ 330
+ 320
+ 310
+ 300
+ 290
+ 280
+ 270
+ 260
TG
TF
D1
D2
C6
C5
A4
B4
RIO
TINGUIRIRICA
TOSCA
ACUIFERO
(BOLONES, GRAVAS, ARENA)
0
5
10
15
20
Km
LEYENDA
GRAVA, RIPIO, BOLONES
ARENA
LIMO
ARCILLA
NIVEL FREATICO
TG GRANITO TERCIARIO
TF FORMACION FARELLONES

SECCION GEOLOGICA C C'
SUB-CUENCA II(NANCAGUA-SANTA CRUZ)



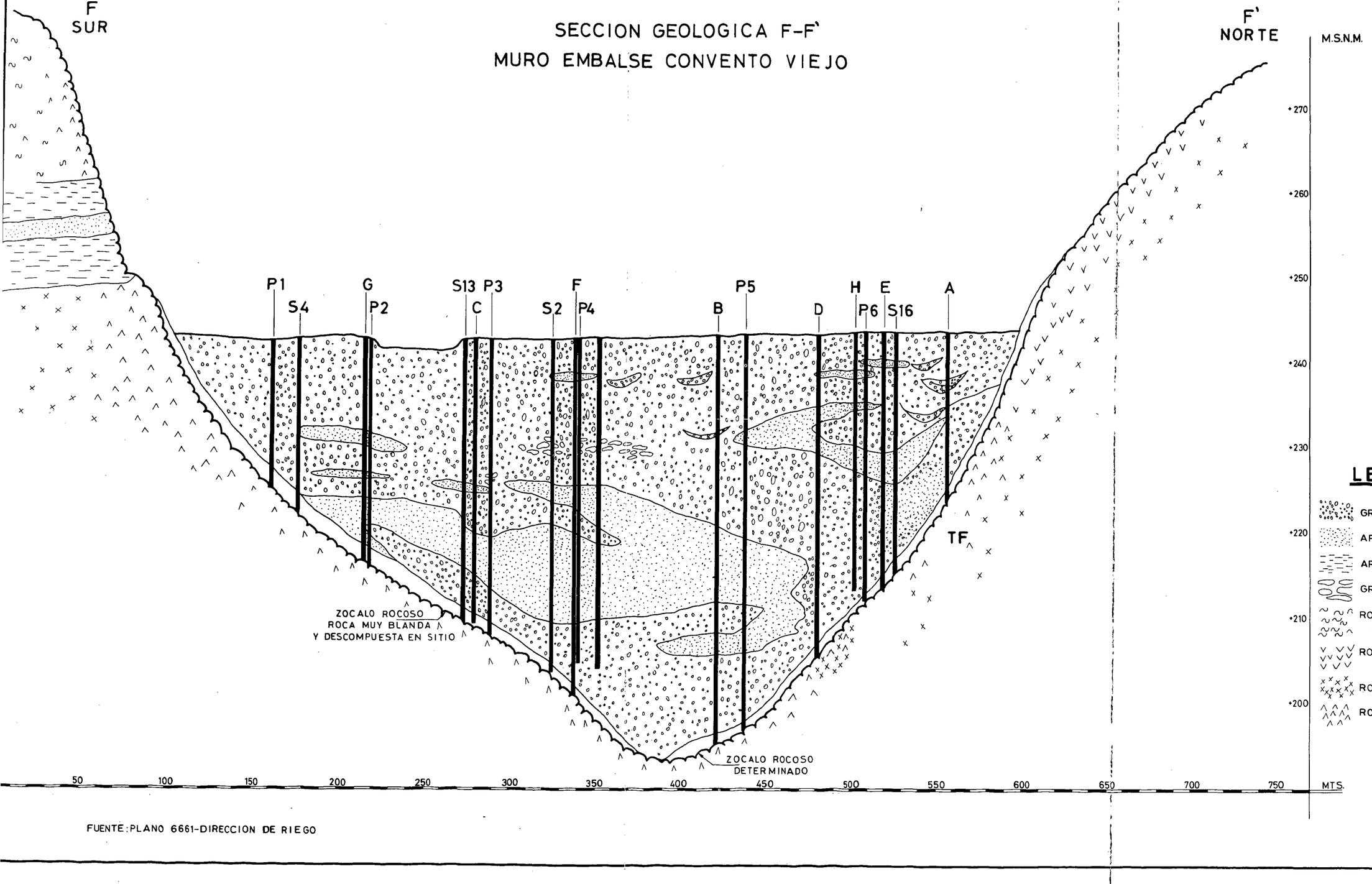
SECCION GEOLOGICA D-D'
SUB-CUENCA II (NANCAGUA - SANTA CRUZ)



LEYENDA

- GRAVA, RIPIO, BOLONES
- ARENA
- LIMO
- ARCILLA
- NIVEL FREATICO
- TF FORMACION FARELLONES
- TG GRANITO TERCIARIO

SECCION GEOLOGICA F-F'
MURO EMBALSE CONVENTO VIEJO



LEYENDA

- GRAVA RIPIO BOLONES
- ARENA
- ARCILLA
- GRANDES BOLONES
- ROCA ANDESITA MAFICA (ROCA VOLCANICA)
- ROCA FRACTURADA SANA A DESCOMPUESTA
- ROCA CRISTALINA VOLCANICA
- ROCA VOLCANICA ALTAMENTE DESCOMPUESTA

FUENTE: PLANO 6661-DIRECCION DE RIEGO

FIG.IV-8

E-236000 E-246000 E-256000 E-266000 E-276000 E-286000 E-296000 E-306000 E-316000 E-326000 E-336000

N-6.197000
N-6.187000
N-6.177000
N-6.167000
N-6.157000
N-6.147000
N-6.137000
N-6.127000

ESTERO MARCHIHUE
ESTERO SAN MIGUEL
ESTERO LA ROSA
ESTERO LAS CADENAS
RIO CACHAPOAL
A SANTIAGO
MARCHIHUE
POBLACION
PERALILLO
RIO CLARO
ESTERO ZANJRANO
SUB CUENCA III
[PERALILLO]
ESTERO DE COLMO
PUMANQUE
SAN FERNANDO
RIO TINGUIRIRICA
STA. CRUZ
NANCAGUA
ESTERO CHIMBARONGO
SUB CUENCA II
[NANCAGUA STA. CRUZ]
CHIMBARONGO
SUB CUENCA I
[SN.FERNANDO CHIMBARONGO]
AREA EMBALSE
SUB CUENCA IV
[NILAHUE]
LOLOL
ESTERO GUIARUE
RIO TINGUIRIRICA
A TALCA

LEYENDA

ENTRADAS Y SALIDAS

REPUBLICA DE CHILE
COMISION NACIONAL DE RIEGO

PROYECTO CONVENTO VIEJO
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y DESARROLLO

DIVISION DE CUENCAS SUBTERRANEAS

I.C.A. INGENIEROS CONSULTORES ASOCIADOS
TAHAL CONSULTING ENGINEERS LTD.

FIG. IV-9

E-236000 E-246000 E-256000 E-266000 E-276000 E-286000 E-296000 E-306000 E-316000 E-326000 E-336000

N-6.197.000 N-6.187.000 N-6.177.000 N-6.167.000 N-6.157.000 N-6.147.000 N-6.137.000 N-6.127.000

ESTERO MALLERNO
ESTERO SAN MIGUEL
ESTERO CHEQUEN
ESTERO LAS CADENAS
ESTERO TRINIDAD
ESTERO DEL CARRIZAL
ESTERO DEL MONTE
ESTERO DE COLIHUE
ESTERO PUMANQUE
ESTERO LOS ANDES
ESTERO QUILQUIL
ESTERO LOLOL
ESTERO QUIANUE
ESTERO ZAHORANO
ESTERO CHIMBARONGO
ESTERO NANCAGUA
RIO CACHAPOAL
RIO TINGUIRIRICA
RIO LONTUE
RIO ATALCA
A SANTIAGO

MARCHIHUE
POBLACION
PERALILLO
PUMANQUE
LOLOL
NANCAGUA
SAN FERNANDO
AREA EMBALSE
PLIOCENO

LEYENDA

① ② ③ ④ CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS
① PROFUNDIDAD DEL POZO (m)
② NIVEL FREATICO (ESTATICO) (m)
③ GASTO (m^3/h)
④ GASTO ESPECIFICO ($m^3/h/m$)
● POZOS A B C D
[1500] TRANSMISIVIDAD ($m^2/día$)

REPUBLICA DE CHILE
COMISION NACIONAL DE RIEGO

PROYECTO CONVENTO VIEJO
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y DESARROLLO

LOCALIZACION DE POZOS

I.C.A. INGENIEROS CONSULTORES ASOCIADOS
TAHAL CONSULTING ENGINEERS LTD.

FIG. IV-10

E-236000 E-246000 E-256000 E-266000 E-276000 E-286000 E-296000 E-306000 E-316000 E-326000 E-336000

N-6.197.000
N-6.187.000
N-6.177.000
N-6.167.000
N 6-157.000
N-6.147.000
N-6.137.000
N-6.127.000

MARCHIHUE
PUMANQUE
LOLOL
STA. CRUZ
NANCAGUA
CHIMBARONGO
SAN FERNANDO
PERALILLO
POBLACION
AREA EMBALSE
A SANTIAGO
A TALCA

ESTERO CHEQUEN
ESTERO DEL SAUCE
ESTERO DEL CARRIZAL
ESTERO GRANDE DE PUCHERA
ESTERO LAS CADENAS
ESTERO DE COLIHUE
ESTERO DE PUMANQUE
ESTERO DE LOLOL
ESTERO DE QUIAHUE
ESTERO CHIMBARONGO
ESTERO LOS ROSALES
ESTERO ZANO RANO
ESTERO CHIMBARONGO
RIO TINGUIRIRICA
RIO CLARO
RIO TENO
RIO LONTUE
EST. CALLEJONE
EST. LA CONDEMADA
EST. LOS COIPOS

D1 125.37
D2 125.35
D3(122.62)
C3 124.15
C6 125.92
C5(126.22)
C4 (127.35)
C1 (127.80)
C2 128.50
D5 137.06
B3 138.91
A4 (146.70)
B4 149.25
B2 148.71
D4 156.44
C1(179.93)
A2 148.34
A1 177.90
B1 195.57
B3(200.86)
B4 206.75
D1(210.14)
D2(199.76)
D3 214.67
C1(335.20)
C11 342.61
C7 345.93
C2 335.67
C3 336.04
C4(351.81)
C5 (388.35)
C6 399.00
B4 378.34
B3 328.52
A2 (373.72)
A1 334.48
A3 328.68
C1 269.36
C1 327.71

500 1200 1500 1000 500 1000 500 1000 500

LEYENDA

- C4 POZO
- 204,71 NIVEL FREATICO M.S.N.M.
- 500 — TRANSMISIVIDAD
- I II — LINEA DE CONTROL
- SECCION
- —190— LINEA ISOFREATICA DE 190 M.S.N.M.

REPUBLICA DE CHILE
COMISION NACIONAL DE RIEGO

PROYECTO CONVENTO VIEJO
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y DESARROLLO

LINEAS ISOFREATICAS

I.C.A. INGENIEROS CONSULTORES ASOCIADOS
TAHAL CONSULTING ENGINEERS LTD.

Anexo V

REGIMEN DE PROPIEDAD

1. GENERALIDADES

1.1 Antecedentes

La aplicación de las leyes 15.020 de 1962 y principalmente 16.640 de 1967 ocasionó cambios sustanciales en el régimen de propiedad dentro del área del Proyecto, y en el país en general. En efecto el proceso de reforma agraria transfirió en el área del Proyecto poco más de 40% de las superficies de riego actual (zonas I, II y III) y poco más de 25% de las áreas de secano o nuevo riego (zona de Nilahue y Alcones), de manos de sus propietarios originales al Estado primero y luego a asignatarios o beneficiarios de Unidades Agrícolas Familiares (UAF). Este proceso de entrega individual falta por realizarse aún en las zonas de secano, donde la propiedad adquirida por el Estado se mantiene en forma de asentamiento o explotaciones colectivas del tipo SARA(Sociedad Agrícola de Reforma Agraria).

La superficie de la UAF ha sido definida para el país como aquella equivalente a 8 hectáreas de riego básico que puede disminuirse hasta en un 20% en el caso de explotaciones frutales. La UAF en el área de riego del Proyecto se sitúa dentro de los rangos de 5 a 25 hectáreas físicas con raras excepciones.

La Ley 16.640 estableció en 80 hectáreas de riego básico el tamaño de la propiedad no sujeta a expropiaciones por parte del Estado, y el tamaño de la reserva legal para los propietarios de predios afectados. Según los coeficientes dados por la misma ley esto equivale a 90 hectáreas físicas para las zonas de riego actual y a 120 hectáreas físicas para las zonas de secano actual una vez regadas.

El Servicio Agrícola y Ganadero(SAG) debe aprobar la subdivisión de la propiedad rústica y no autoriza según las normas vigentes subdivisiones inferiores a 8 hectáreas de riego básico para fines agrícolas.

1.2 Aspectos generales y metodología

El régimen de propiedad define directamente ciertos elementos básicos de la producción, tales como tamaño y ubicación de las unidades de producción e indirectamente señala las características del productor.

Se analiza más adelante el régimen de propiedad desde el punto de vista de tres aspectos relacionados con la producción, a saber:

- Tamaño general de las propiedades
- Número de propietarios
- Ubicación de las propiedades

Aunque se identificó, registró y ubicó cada una de las propiedades comprendidas dentro del perímetro general del área del Proyecto, su gran número (10.250), hace imprescindible agruparlas en estratos de tamaño. Estos estratos,no tienen otro valor que el descriptivo de la situación actual, ya que en el área del Proyecto, contrariamente a lo que po-

dría ocurrir en otros, se ha definido como concluido el proceso de afectación de tierras por parte del Estado, al menos en cuanto respecta a las áreas de riego actual (zonas I, II y III). Para las áreas actualmente de secano (zonas de Nilahue y Alcones) está en estudio la política que finalmente se aplicará, al incorporarse ellas al riego.

Respecto a los estratos de tamaño, de una parte se trató de reducir su número al mínimo compatible con una representación clara de la variación gradual en el tamaño de la propiedad y de otra no se juzgó necesario hacer estratos diferentes para las zonas de riego actual y para las de secano ya que la diferencia marcada, condicionante del desarrollo disímil, la constituye el disponer o no de agua para riego, diferencia ésta que desaparecerá al desarrollarse el Proyecto.

La fuente primaria de información para el estudio del régimen de propiedad lo constituyeron los registros oficiales de la Corporación de la Reforma Agraria CORA, y de la oficina de Impuestos Internos de San Fernando.

Las áreas de cada propiedad corresponden a las registradas en las oficinas antes mencionadas excepto que en los casos de propiedades ubicadas sólo parcialmente dentro del perímetro del Proyecto, se determinó y sustrajo el área de la porción ubicada fuera del límite señalado. De otra parte, el área así determinada, lo mismo que el límite adoptado para el régimen de propiedad pueden no coincidir en algunos casos con aquel adoptado para otros propósitos, presentándose por consiguiente diferencias de área que no invalidan los resultados aquí indicados.

Se ha considerado necesario distinguir entre los predios correspondientes al sector no reformado y aquellos correspondientes al sector reformado no obstante que al asignarse individualmente en unidades agrícolas familiares (UAF) la propiedad intervenida por el Estado, esta adquiere el carácter de propiedad privada. La distinción se justifica, entre otras razones, por las características peculiares de los beneficiarios de UAF quienes representan no sólo un número significativo del total de propietarios del Proyecto y por consiguiente del total de productores, sino que el total de la superficie reformada corresponde también a partes significativas del total de la propiedad.

Dentro del área no reformada se incluye tanto las propiedades no intervenidas por el Estado, como la reserva legal de aquellas sí afectadas.

Para el cálculo del número de propietarios se asumió que cada propiedad pertenece a un propietario diferente no obstante que algunos propietarios pueden poseen más de una propiedad.

En el área reformada, se calculó el número de propietarios en base al número UAF, donde dicha asignación se efectuó, y en base al número de familias asentadas en las áreas donde dicha asignación no ha tenido lugar aún. La fecha límite utilizada fue el 31 de diciembre de 1976.

La ubicación de diversos predios en cada zona se ha hecho en base a la actualización del fotomosaico escala 1:20.000 en la oficina de Impuestos Internos, complementado con los mapas de parcelación de CORA.

En el Cuadro V/1 se resume el panorama general en cuanto respecta al régimen de propiedad en el área del Proyecto. Estos datos son el resultado de los puntos que se desarrollan a continuación. En el Apéndice de este Anexo se expone con mayor detalla la metodología de trabajo.

Cuadro V/1 : Resumen del régimen de propiedad del Proyecto Convento Viejo (Porcentajes)

Estratos de tamaño (ha físicas)	Zonas de Riego Actual (1-2-3)		Zonas de nuevo riego (Nilahue - Alcones)		Proyecto	
	Area 107.879 ha	Propietarios 8.735	Area 74.023 ha	Propietarios 1.515	Area 181.902 ha	Propietarios 10.250
0,1 - 2,0	3	40	0,3	14	2	36
2,1 - 5,0	2	8	0,7	11	1	8
5,1 - 25,0	53	45	33	55	45	47
No reformado	(12)	(10)	(7)	(26)	(10)	(13)
Reformado	(41)	(35)	(26)	(29)	(35)	(34)
25,1 - 50,0	10	3	5	6	8	4
50,1 -100,0	13	3	8	5	11	3
100,0	19	1	53	9	33	2
Total	100	100	100	100	100	100

2. TAMAÑO DE LOS PREDIOS

2.1 Definición de los estratos

Para determinar los estratos adoptados se tuvo presente la finalidad descriptiva de éstos y la conveniencia de conocer no sólo la extensión y la ubicación de las propiedades del sector reformado sino también el que dichas propiedades puedan incorporarse como un subestrato dentro del sector no reformado, ya que como se dijo estas propiedades corresponden finalmente a la categoría de sector privado. Se determinó entonces un estrato inferior, uno superior y uno intermedio, habiéndose subdividido posteriormente el intermedio y el inferior.

El límite superior del estrato inferior se fijó como aquel que corresponde aproximadamente a la superficie mínima de la UAF, cuando ella está en frutales, es decir 5 hectáreas. El límite inferior del estrato superior (100 hectáreas físicas) se fijó como aquel que puede representar para el Proyecto el valor equivalente a 80 ha de riego básico tope indicado para la propiedad por la ley 16.640 . Como se verá más adelante este valor es representativo para el Proyecto con solo 1% de error.

El estrato inferior se subdividió en tres, cuyos límites superiores duplican el correspondiente al estrato inmediatamente inferior, así:

5,1 a 25 hectáreas
25,1 a 50 hectáreas
50,1 a 100 hectáreas

El límite superior del primer estrato intermedio 25 ha corresponde al área máxima señalada para la UAF en las zonas regadas del Proyecto.

A este respecto debe anotarse que en las zonas de nuevo riego el área promedio por familia asentada por CORA es superior a 25 ha físicas, pero se asume que al regarse el tamaño de la parcela caerá dentro del rango de 5 a 25 ha y consecuentemente se trata así.

El estrato de 0,1 a 5 ha se subdividió en dos, a fin de distinguir entre aquellos predios que pueden representar carácter agrícola en contraposición a aquéllos destinados a viviendas.

2.2 Distribución de la propiedad por tamaño

El Cuadro V/2 resume la situación del régimen de propiedad en toda el área del Proyecto, discriminada entre zonas de riego actual y de nuevo riego. Los estratos más importantes desde el punto de vista del área que ocupan, son el que comprende predios entre 5,1 a 25,0 ha con 45% de la superficie total del Proyecto y el de los fundos mayores de 100 ha, que ocupan el 33% con casi 60.000 ha. Esta superficie es ligeramente inferior a la que representan los predios del llamado sector reformado, cuya área total es de casi 64.000 ha y es parte del estrato de 5,1 a 25 ha.

Cuadro V/2 : Areas por estratos de tamaño de los predios en las zonas de riego actual y nuevo riego

Estrato (ha físicas)	Zonas de riego actual								Zonas de nuevo riego						Total general	
	Zona I		Zona II		Zona III		Total		Nilahue		Alcones		Total			
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
0,1 - 2	759	2	1.417	4	647	2	2.823	3	109	0,3	120	0,3	229	0,3	3.052	2
2,1 - 5	733	2	951	3	396	1	2.080	2	225	0,7	322	0,7	547	0,7	2.627	1
5,1 - 25	22.222	57	15.861	44	19.629	61	57.712	53	8.124	27	16.562	38	24.686	33	82.398	45
No reformado	(4.702)	(12)	(4.686)	(13)	(3.883)	(12)	(13.271)	(12)	(1.729)	(6)	(3.607)	(8)	(5.336)	(7)	(18.607)	(10)
Reformado	(17.520)	(45)	(11.175)	(31)	(15.746)	(49)	(44.441)	(41)	(6.395)	(21)	(12.955)	(30)	(19.350)	(26)	(63.791)	(35)
25,1- 50	4.231	11	4.753	13	1.507	5	10.531	10	1.622	5	1.839	4	3.461	5	13.992	8
50,1- 100	5.392	14	5.558	15	2.991	9	14.241	13	3.443	12	2.472	6	5.915	8	20.156	11
+ 100	5.655	14	7.968	21	6.869	22	20.492	19	16.642	55	22.543	51	39.185	53	59.677	33
Total	39.292	100	36.548	100	32.039	100	107.879	100	30.165	100	43.858	100	74.023	100	181.902	100

Según el Cuadro V/3, que resume la situación del área reformada dentro de las zonas de riego actual, más de 45.000 hectáreas han sido asignadas en unidades agrícolas familiares y casi 5.000 en forma cooperativa. El total de familias asignatarias entre unidades agrícolas familiares y explotaciones cooperativas, es de un poco más de 3.000.

En las mismas zonas de riego actual, según se aprecia en el Cuadro V/2, más de la mitad del área (53%) está representada por predios entre 5,1 y 25,0 ha. Es precisamente en este grupo donde se ubican todos los asignatarios de parcelas provenientes del proceso de reforma agraria, quienes poseen el 41% del total de las tres zonas.

Es necesario anotar que en el estrato de predios inferiores a 2,0 ha se incluyen las propiedades de tipo rur-urbano, o sea aquellas cuya finalidad principal es la vivienda y no la explotación agrícola o pecuaria. El promedio aritmético del área de estas propiedades es de 0,8 ha.

En el estrato comprendido entre 50,1 y 100,0 ha se agrupa el 13% del área total de las tres zonas de riego actual, lo cual significa aproximadamente 14.000 ha.

Las propiedades mayores de 100,0 ha cubren alrededor de la quinta parte del área, pero es probable que esta proporción sea menor en la realidad, por subdivisiones de hecho, no registradas en las oficinas públicas correspondientes que sirvieron de fuente de datos (Oficina de Impuestos Internos de San Fernando).

En el Cuadro V/2 aparece asimismo la distribución de los estratos de tamaño en las zonas de Nilahue y Alcones. En éstas como se anotó no se ha definido aún la redistribución de las tierras adquiridas por el Estado, ni la forma en que se afectará el régimen de propiedad particular al incorporarse las zonas al riego. Sin embargo, el enfoque general de la política actual de régimen de propiedad tiende a la explotación individual de los predios asignados como unidades agrícolas familiares, con criterio empresarial.

Según el Cuadro V/2, la tercera parte del área está constituída por propiedades entre 5,1 y 25,0 ha, incluídas en este grupo las propiedades formadas a través del proceso de reforma agraria. El 53% del conjunto del área de las dos zonas, está formado por propiedades mayores de 100 ha. Los demás estratos de la clasificación ocupan lugares relativamente poco importantes en estas zonas.

2.3 Propiedad mayor de 80 hectáreas de riego básico

Se muestra en el Cuadro V/4 el área física total de los predios mayores de 80 hectárea de riego básico por zonas, el porcentaje que esta área física representa respecto del total de cada zona, el equivalente en hectáreas de riego básico, el número de propietarios de predios mayores de 80 hectáreas de riego básico, el porcentaje de ellos respecto al total de propietarios de la respectiva zona.

Cuadro V/3: Area parcelada por CORA y número de asignatarios en las comunas de las zonas de riego actual (ha)

Comuna	Asignado en Unidades Agrícolas Familiares (UAF)							Asignado en Cooperativas			
	Riego	Secano	Total parcelado	N° de UAF	Promedio UAF riego	Bienes comunes	Reserva CORA	N° Asent.	Area total	Area riego	N°de famil
San Fernando	8.540,6	4.422,7	8.799,5	652	13,10	243,4	3.920,40	42	12.963,3	617,9	66
Chimbarongo	7.119,2	3.166,7	7.092,8	461	15,44	244,17	2.948,88	36	10.285,86	794,2	79
Santa Cruz	3.128,1	2.576,4	4.083,3	197	15,88	87,80	1.533,40	10	5.704,5	415,6	31
Nancagua	2.679,3	2.140,1	2.765,1	212	12,64	84,30	1.970,00	15	4.819,4	132,7	6
Chépica	3.410,8	2.060,7	3.614,8	250	13,64	62,00	1.794,70	17	5.471,5	-	-
Placilla	1.695,2	2.139,0	2.164,9	188	9,07	1.665,04	4,30	5	3.834,2	-	-
Palmilla	10.478,7	8.360,0	11.664,7	663	15,80	3.275,33	3.898,76	28	18.838,75	1.528,6	172
Peralillo	3.796,9	3.796,7	4.977,1	157	24,18	77,03	2.559,47	13	7.613,59	992,2	71
Total	40.848,8	28.682,3	45.162,2	2.780	14,69	5.739,07	18.629,91	166	69.531,18	4.481,2	354

Cuadro V/4 : Propiedades mayores de 80 hectáreas de riego básico

	Zonas de riego actual				Zonas de nuevo riego			
	I	II	III	Subtotal	Nilahue	Alcones	Subtotal	Proyecto
Area física (ha)	6.675	8.754	7.530	22.960	15.500	21.551	37.051	60.011
% del área física total	17	24	24	21	52	49	50	33
Equivalente en ha riego básico	5.934	7.782	6.694	20.410	10.338	14.374	24.712	45.122
N° de propietarios	43	55	35	133	56	58	144	277
% del total de propietarios	1	2	1	2	9	6	8	3

Como se podrá obaervar en este cuadro el área física total de los predios mayores de 80 hectáreas de riego básico corresponden a 60.011 hectáreas físicas considerando conjuntamente las áreas de riego actual y las de nuevo riego. Esta superficie es mayor en menos de 1% al total de 59.677 ha dado en el Cuadro V/2 como total del estrato de tamaño mayor de 100 hectáreas físicas, para las zonas de riego actual y nuevo riego tomadas en conjunto.

Para convertir hectáreas físicas a hectáreas de riego básico se utilizaron los factores para terrenos de riego señalados en la ley 16.640 así:

- Para las zonas I, II y III el coeficiente 0,889 correspondiente al Llano Central.
- Para las zonas de Nilahue y Alcones, el coeficiente 0,667 correspondiente a Valles de la Costa. Para estas mismas zonas en condiciones de secano al coeficiente es de 0,320.

3. NUMERO DE PROPIETARIOS

3.1 Distribución de propietarios por estratos

En el Cuadro V/5 se detalla la información para todas las zonas del Proyecto. Se destaca la importancia del grupo de productores comprendidos entre 5,1 y 25,0 ha que son casi la mitad del total y dentro de éstos, los del sector reformado, cuyo número de 3.500 es la tercera parte del total de 10.500 involucrados en todo el proyecto.

En las zonas de riego actual existen 8.735 propietarios, de los cuales un 40% (aproximadamente 3.500), poseen predios inferiores a 2,0 ha. Los propietarios de fundos comprendidos entre 5,1 y 25,0 ha componen el 45% del total, o sea casi 4.000 agricultores, de los cuales 3.000 pertenecen al sector reformado. El 1% de los agricultores poseen más de 100,0 hectáreas.

En el área de nuevo riego predomina el estrato de agricultores cuyos predios están comprendidos entre 5,1 y 25,0 ha, cuyo número representa el 48% de los propietarios en Nilahue y el 61% en Alcones. Siguen en importancia los propietarios con predios inferiores a 5,0 ha, quienes componen la cuarta parte del total y los de áreas superiores a 100,0 ha, que alcanzan al 9%.

Tomando el total de propietarios de Nilahue y Alcones (1.515), aproximadamente la tercera parte (439) son agricultores asentados por el proceso de Reforma Agraria.

3.2 Número de propietarios - productores

Las 3.052 hectáreas del estrato 0,1 - 2,0 ha (Cuadro V/2) cuyo promedio aritmético de superficie es 0,8 ha, pertenecen según el Cuadro V/5 a 3.716 propietarios, entre los cuales se cuentan asalariados, empleados, obreros especializados, artesanos, comerciantes y otros que utilizan estas propiedades como lugar de residencia o recreo. Por el carácter rur-urbano de estas propiedades, deben excluirse de la superficie agrícola empresarial, y sus propietarios desconsiderarse como productores agrícolas. En el Cuadro V/6 se detalla el porcentaje de propietarios-productores, es decir el total de propietarios una vez excluído el estrato anteriormente dicho. Como puede observarse, tres cuartas partes de los productores explotan unidades entre 5 y 25 hectáreas, correspondiendo más de la mitad del total de productores del Proyecto a agricultores originados en el proceso de reforma agraria.

Si se acepta que las tierras del sector reformado se distribuirán en las zonas de nuevo riego en unidades de tamaño similar al de la UAF en las zonas de riego actual, el número de productores del sector reformado aumentará unas tres veces en las zonas de Nilahue y Alcones al introducirse el riego.

Los productores propietarios de predios mayores de 50 hectáreas representan cerca del 15% del total de productores.

Cuadro V/5: Número de propietarios según estratos de tamaño de los predios en las zonas de riego actual y nuevo riego

Estrato (ha físicas)	Zonas de riego actual								Zonas de nuevo riego						Total general	
	Zona I		Zona II		Zona III		Total		Nilahue		Alcones		Total			
	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%
0,1 - 2	844	30	1.827	52	835	36	3.506	40	99	16	111	12	210	14	3.716	36
2,1 - 5	225	8	295	8	123	5	643	8	66	11	96	10	162	11	805	8
5,1 - 25	1.576	54	1.138	32	1.253	54	3.967	45	285	48	557	61	842	55	4.809	47
No reformado	(318)	(11)	(326)	(9)	(245)	(11)	(889)	(10)	(141)	(24)	(262)	(29)	(403)	(26)	(1.292)	(13)
Reformado	(1.258)	(43)	(812)	(23)	(1.008)	(43)	(3.078)	(35)	(144)	(24)	(295)	(32)	(439)	(29)	(3.517)	(34)
25,1 - 50	126	4	130	4	43	2	299	3	47	8	52	6	99	6	398	4
50,1 - 100	83	3	86	3	44	2	213	3	36	6	33	4	69	5	282	3
+ 100	32	1	47	1	28	1	107	1	66	11	67	7	133	9	240	2
Total	2.886	100	3.523	100	2.326	100	8.735	100	599	100	916	100	1.515	100	10.250	100

Si se analiza el contenido del Cuadro V/6 que contiene los porcentaje de propietarios por estrato, excluyendo los menores de 2.0 ha, se observa que en las zonas de riego actual los que poseen entre 5,1 y 25,0 hectáreas componen las tres cuartas partes del total y las dos terceras partes de las zonas de nuevo riego. Nuevamente se debe destacar la cifra correspondiente al sector reformado: 59% en el primer caso y 34% en el segundo. Todos los demás agricultores agrupados, componen la cuarta parte en las zonas de nuevo riego y la tercera parte en Nilahue y Alcones.

Cuadro V/6: Resumen del número de propietarios por estrato excluyendo los predios menores de 2,0 ha(%)

Estrato	Zonas de riego actual				Zonas de nuevo riego			Total Proyecto
	Zona I	Zona II	Zona III	Total	Nilahue	Alcones	Total	
2,1 - 5	11	17	8	12	13	12	12	12
5,1 - 25	77	67	84	76	57	70	65	74
No reformado	(15)	(19)	(16)	(17)	(28)	(33)	(31)	(20)
Reformado	(62)	(48)	(68)	(59)	(29)	(37)	(34)	(54)
25,1 - 50	6	8	3	6	10	6	8	6
50,1 - 100	4	5	3	4	7	4	5	4
+ 100	2	3	2	2	13	8	10	4
Total	100	100	100	100	100	100	100	100
Propietarios	2.042	1.696	1.491	5.229	500	805	1.305	6.534

4. UBICACION DE LAS PROPIEDADES

Se presenta en cinco mapas que corresponden a cada una de las cinco zonas del Proyecto la ubicación de la propiedad, agrupada en estratos así (ver Figura 23 a 27 del Album):

0,1 a 5 ha físicas
5,1 a 25 ha físicas (sector no reformado)
5,1 a 25 ha físicas (sector reformado)
25,1 a 50 ha físicas
50,1 a 100 ha físicas
Mayor de 100 ha físicas

A P E N D I C E

RESUMEN DE METODOLOGIA APLICADA

1. Delimitación del perímetro del Proyecto y de cada zona en los fotomosaicos (Cuadro V/7).

2. Delimitación de predios correspondientes al sector reformado sobre la base de planos de parcelación de CORA.

3. Sector no reformado: para obtener el número de predios y la superficie zonal del sector no reformado se aplicaron los siguientes pasos:

   a) Se actualizó el fotomosaico en la Oficina de Impuestos Internos.

   b) Se confeccionó un listado de roles del sector privado por mosaico para cada zona.

   c) Se obtuvo los datos de superficie por rol por medio de antecedentes otorgados en la Oficina de Impuestos Internos.

   d) En los casos en que un predio se ubicaba parcialmente fuera del perímetro zonal y/o cuando Impuestos Internos no tenía antecedentes de superficie, se obtuvo ésta por planimetría.

4. Totalización para cada zona de las áreas segregadas en cuatro estratos: 0 - 5,0 ha; 5,1 - 25,0 ha; 25,1 - 50,0 ha y mayores de 50 hectáreas.

5. Delimitación del área del embalse en la Zona I, eliminando los predios correspondientes de los totales del área.

6. Subdivisión del estrato 0,1 - 5,0 ha en dos subestratos: 0,1 - 2,0 ha y 2,1 - 5,0 ha, en superficie y número de roles.

7. Subdivisión del estrato "mayores de 50 ha" en dos subestratos: 50,1 - 100,0 ha y mayores de 100 hectáreas.

8. Detección de predios mayores de 100 ha subdivididos de hecho pero cuya subdivisión no fue registrada oportunamente en la Oficina de Impuestos Internos.

9. Como información complementaria, la superficie total de predios mayores de 100 ha físicas en cada zona se expresó en ha de riego básico. Los coeficientes de conversión utilizados son los señalados en la Ley 16.640, a saber:

   Para el Valle Central, para riego básico futuro: 0,889
   Zonas de Alcones y Nilahue (actualmente de secano):

   - Riego básico actual: 0,320
   - Riego básico futuro (al regarse): 0,667

Cuadro V/7 : Resumen de información básica (excluye área reformada)

Comunas	Area total hectáreas físicas	Total de predios o roles	Fotomosaico (verticalmente, de iza. a der.)	Roles comprendidos entre los números
Zona I				
- San Fernando				
Chimbarongo	21.772	1.628	3430 - 7100 F	201 - 1 y 451 - 7
			3430 - 7030 A	272 - 7 y 514 -97
			3430 - 7030 D	212 - 1 y 415 -41
			3430 - 7100 C	209 -60 y 452 -39
Zona II				
- Nancagua	25.373	2.711	3430 - 7100 A	502 -14 y 546 -35
Chépica			3430 - 7100 D	64 -16 y 551 -43
Placilla			3430 - 7100 B	54 - 1 y 539 -20
Palmilla			3430 - 7100 E	33 - 1 y 537 -34
			3430 - 7100 C	20 - 1 y 143 -20
			3430 - 7100 F	48 - 1 y 245 - 8
Zona III			3410 - 7100 F	101 - 5 y 142 - 5
- Palmilla	16.293	1.318	3410 - 7100 D	61 - 5 y 151 - 5
Santa Cruz			3430 - 7100 A	41 - 4 y 612 - 9
Peralillo			3410 - 7100 E	66 -35 y 66-320
			3430 - 7100 B	66 -71 y 66-641
Alcones				
- Marchigüe	30.903	621	3410 - 7130 E	61 - 1 y 85 - 4
Pumanque (parcial)			3430 - 7130 B	54 - 7 y 78 -49
Peralillo (parcial)			3410 - 7130 C	62 - 5 y 63 -14
			3410 - 7130 F	62 -10 y 145 -25
			3430 - 7130 C	52 - 1 y 111 - 9
			3410 - 7100 A	58 - 5 y 103 -26
			3410 - 7100 D	102 - 2 y 148 -27
			3430 - 7100 A	65 - 1 y 148 - 2
Nilahue				
- Lolol	23.770	455	3430 - 7130 B	53 - 1 y 63 -57
Pumanque			3430 - 7130 E	19 -21 y 63 -23
Marchigüe (parcial)			3450 - 7130 B	40 -11 y 42 -45
			3430 - 7130 C	16 -10 y 61 -22
Santa Cruz (parcial)			3430 - 7130 F	16 - 1 y 40 - 9
			3430 - 7100 A	16 -52 y 547 -44
			3430 - 7100 D	547 -10 y 549 -64

10. Para el sector reformado, se aplicaron los siguientes pasos:

a) Clasificación de los predios según asignaciones realizadas por CORA: a cooperativas, a productores individuales en forma de "unidades agrícolas familiares", y predios sin asignar.

b) Obtención de datos relativos a superficies y número de familias asentadas, por zona, según los proyectos por comuna adelantados por CORA.