REPUBLICA DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION GENERAL DE AGUAS
DEPARTAMENTO DE HIDROLOGIA

ANALISIS Y EVALUACION DE LOS RECURSOS HIDROGEOLOGICOS

VALLE DEL RIO COPIAPO - III REGION

MODELACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS

TOMO II DE II

ESTUDIOS BASICOS:

- HIDROLOGIA
- DEMANDAS DE AGUA
- HIDROGEOLOGIA GENERAL DEL VALLE

DICIEMBRE - 1987

ALAMOS Y PERALTA INGENIEROS CONSULTORES LTDA.

CON LA ASESORIA DE : IPLA LTDA. E HIDRELEC LTDA.

CUADRO Nº 7

DEMANDA DE AGUA DEL DISTRITO DE CALDERA

Año	Dotación		Pérdi-	Población					Demanda en l/s		
	Consu-	Produc-	das	Estable	Flotante		Total		Invier-	Verano	
	mo	ción	%		Inv.	Verano	Inv.	Verano	no	Medio	Máx.
1986	150	214	30	4.738	3.866	12.887	8.604	17.625	21,31	43,65	48,02
1990	150	200	25	5.098	4.160	13.867	9.258	18.965	21,43	43,90	48,29
1995	150	188	20	5.547	4.256	15.088	10.073	20.635	21,92	44,90	49,39
2000	150	188	20	5.997	4.894	16.312	10.891	22.309	23,70	48,54	53,40
2005	150	188	20	6.446	5.260	17.533	11.706	23.979	25,47	52,18	57,39
2010	150	188	20	6.895	5.626	18.754	12.521	25.649	27,24	55,81	61,39
2015	150	188	20	7.345	5.994	19.978	13.339	27.323	29,02	59,45	65,40

2.2.1.5 Demanda en la Captación de Cancha Rayada

La demanda de agua en la captación subterránea de Cancha Rayada se obtiene de la suma de las cifras calculadas en los Cuadros N° 4 y 7, que se presentan en el Cuadro N° 8.

CUADRO N° 8

DEMANDA EN CAPTACION DE CANCHA RAYADA

Año	Demanda en l/s		
	Invierno	Verano	
		Medio	Máximo
1986	54,19	82,85	95,71
1990	56,90	86,81	100,63
1995	60,63	92,62	107,74
2000	65,65	101,24	117,97
2005	70,66	110,02	128,39
2010	75,67	118,96	139,04
2015	80,69	128,09	149,90

2.2.1.6 Población, Dotación y Demanda de la Comuna de Copiapó

Los datos censales de la comuna se resumen en el Cuadro N° 9 donde : Cd = Ciudad, Pb = Poblado y R = Población rural agrícola o minera dispersa.

CUADRO Nº 9

DATOS CENSALES DE LA COMUNA DE COPIAPO

Distritos	Poblados	Clase	Censo del Año 1952	1960	1970	1982
(10 distritos)	Copiapó	Cd	19.506	30.186	39.966	69.116
Pta.Negra		R	148	89	319	36
	Pta.Negra	Pb	305	310	432	en Cd
	Paipote	Pb	448	1.154	3.257	en Cd
	F.Paipote	Pb	767	1.124		625
Sn.Fernando		R	148	87	35	en Cd
	Sn.Fernando	Pb	1.698	2.461	5.265	en Cd
Bodega (Candero el 82)		R	344	411	222	74
Toledo		R	279	742	516	405
Castilla		R	148	87	418	299
Cerro Blanco		R	195	165	209	31
Punta Díaz		R	229	66	131	25
Totoral		R	284	109	106	96
Monte Amargo		R	737	790	562	599
Carrera Pinto		R	625	458	309	117
Puquios		R	233	129	83	150
San Miguel		R	44	30	63	39
COMUNA DE COPIAPO		-	26.138	38.398	51.893	71.612

Se pueden destacar dos características en el cuadro anterior, la irregularidad del crecimiento de la población, característica de una zona minera, y el hecho que varias localidades han sido absorbidas por el crecimiento de la ciudad de Copiapó.

Para proyectar la población a futuro, se agruparán las cifras de las localidades que se han fundido con la ciudad, se agrupará la población dispersa (R) y no se considerará la población de la Fundición de Paipote que se abastece de la captación subterránea de ENAMI. Con esto se tiene el Cuadro N° 10.

CUADRO N° 10

DATOS CENSALES DE LA COMUNA DE COPIAPO

URBANA Y RURAL

Lugar	Clase	Censo del Año			
		1952	1960	1970	1982
Ciudad de Copiapó	U	22.105	34.198	48.058	69.116
Población Rural	R	3.266	3.076	2.938	1.871
Fundición Paipote	U	767	1.124	897	625
COMUNA DE COPIAPO	-	26.138	38.398	51.893	71.612

A continuación se aplican métodos analíticos, para proyectar la población de la ciudad de Copiapó, en el Anexo Demandas de Agua, obteniéndose los valores que se indican en el Cuadro N° 11.

CUADRO N° 11

PROYECCIONES DE POBLACION DE COPIAPO

Año	PROYECCION					
	Lineal	Parabólica	Potencial	Geométrica	Logarítmica	Logística
1952	21.607	22.407	21.373	23.661	18.956	22.105
1960	34.043	33.457	35.678	31.852	37.570	32.415
1970	49.587	48.662	50.298	46.186	52.345	48.488
1982	68.240	68.951	65.468	72.138	64.605	69.116
1985	72.903	74.372	68.991	80.645	67.119	73.892
1986	74.458	76.210	70.146	83.698	67.920	75.421
1990	80.675	83.716	74.677	97.110	70.959	81.167
1995	88.448	93.446	80.159	116.938	74.432	87.436
2000	96.220	103.564	85.463	140.813	77.602	92.648
2005	103.992	114.069	90.612	169.564	80.519	96.853
2010	111.764	124.961	95.622	204.184	83.219	100.165
2015	119.536	136.239	100.507	245.873	85.733	102.723

El análisis de las cifras del Cuadro N° 11 debe hacerse considerando el efecto del sistema de riego por goteo que se está aplicando en las tierras del valle. El enorme aumento del rendimiento de riego, el clima altamente favorable para la fruticultura y el fomento a la exportación de frutas que seguramente se mantendrá en el tiempo, aseguran un crecimiento de las fuentes de trabajo que estimulará el crecimiento de la población.

De acuerdo a las consideraciones anteriores, la proyección más probable deberá entregar cifras mayores que la lineal, o sea, podrían ser la pa-

rabólica y la geométrica, sin embargo esta última aumenta 3,41 veces la población en 33 años, lo que es evidentemente excesivo. Dejamos por consiguiente la proyección parabólica.

Sobre la proyección de la población de Copiapó se tienen dos estudios, el de SENDOS, ya individualizado anteriormente, y el de la firma Isamu Kodama Hirose Ingenieros Consultores, que tienen en ejecución el estudio "Mejoramiento Integral del Sistema de Agua Potable de Copiapó y Tierra Amarilla".

En el Cuadro N° 12 se resumen las cifras de estos estudios con las del presente trabajo.

CUADRO N° 12

PROYECCIONES DE POBLACION DE COPIAPO

Año	SENDOS		Isamu	Presente
	Copiadas°	Calculadas	Kodama	estudio
1975	58.101	58.101	-	-
1980	65.883	66.096	-	-
1982	-	69.437	-	69.116*
1985	74.402	74.579	76.754	74.372
1986	-	76.325	76.934	76.210
1990	83.432	83.432	88.290	83.716
1995	92.646	92.509	100.772	93.446
2000	101.734	101.652	114.126	103.564
2005	110.696	110.696	128.244	114.069
2010	-	119.484	142.985	124.961
2015	-	127.876	157.867	136.239

° : Se incluye Paipote * : Censo

Si se observan los incrementos de población quinquenales de la proyección SENDOS se constata que ellos crecen hasta el año 1995 decreciendo posteriormente. Esta forma de crecimiento sugiere una forma logística, o sea $P_t = K(1-be^{at})^{-1}$. Tomando las poblaciones de los años 75, 90 y 05 con intervalos de 15 años se determinan los valores :

$K = 192.283$ $b = -2,31$ $a = -0,0381$

y con ellos los valores de la columna "calculados". Los valores de la firma I.Kodama H. corresponden a una proyección geométrica de tasa decreciente, como se indica en el Cuadro N° 13, produciendo una cifra 15,9% mayor que la proyección parabólica.

CUADRO N° 13

TASA DE CRECIMIENTO GEOMETRICO

SEGUN ISAMU KOMADA HIROSE INGENIEROS CIVILES CONSULTORES

De	1985	1991	1996	2001	2006	2011
A	1990	1995	2000	2005	2010	2015
%	2,84	2,68	2,52	2,36	2,20	2,00

Considerando que la diferencia del 15,9% en 30 años no es mayormente significativa y que se aprovecharán los estudios de dotación y pérdida de dicho estudio, se adoptan las cifras de la firma I.Kodama H. Las cifras que se utilizarán del estudio de la firma mencionada son :

a) La dotación de consumo es de 150 l/hab.d el año 86 y sube a 174 l/hab.d desde el año 89 en adelante.

b) Las pérdidas, del 44% el año 86 baja al 40% el año 89, el 35% el año 90 y al 30% el año 95 manteniéndose.

c) El factor de día de máximo consumo es 1,5.

Con las cifras anteriores se calcula la demanda en las captaciones que alimentan la red de Copiapó en el Cuadro N° 14.

CUADRO N° 14

DEMANDA DE AGUA DE LA CIUDAD DE COPIAPO

Año	Población	Dotación		Pérdidas	Demanda l/s	
		Consumo	Producc.	%	Media	Máxima
1986	76.934	150	268	44	238,64	357,96
1989	85.852	174	290	40	288,16	432,24
1990	88.290	174	268	35	273,86	410,79
1995	100.772	174	249	30	290,42	435,63
2000	114.126	174	249	30	328,90	493,36
2005	128.244	174	249	30	369,59	554,39
2010	142.985	174	249	30	412,07	618,11
2015	157.867	174	249	30	454,96	682,45

Para distribuir la demanda de la ciudad de Copiapó se dispone de la clasificación de los arranques suministrados por la Dirección Regional SENDOS de Atacama según el cuadro siguiente.

CUADRO N°15

ARRANQUES DE LA RED DE AGUA POTABLE

DE LA CIUDAD DE COPIAPO EN 1986

Clasificación Arranques	Arranques Totales	Arranques por Diámetro (en mm)						
		13	19	25	38	50	75	100
Residencial	15.388	13.654	1.601	86	18	22	6	1
Comercial	538	426	80	25	6	1	-	-
Industrial	37	25	7	3	1	1	-	-
Fiscal	66	18	21	13	5	7	2	-
Especiales	261	10	-	-	-	-	-	251
Totales	16.290	14.133	1.709	127	30	31	8	252

Para determinar el factor de capacidad que permita distribuir la demanda, se supone que las pérdidas de carga unitarias son iguales, con lo cual:

$$J = K\ (Q^2/D^5)$$

o sea :

$$Q = K_1 D^{2/5}$$

y tomando el factor de capacidad mínimo como la unidad se tiene :

Diámetro mm	13	19	25	38	50	75	100
Factor de Diámetro	1	1,5	2	3	4	6	8
Factor de Capacidad	1	2,76	5,66	15,59	32,00	88,18	181,02

Con el factor de capacidad se determina en el Cuadro N° 16 los arranques equivalentes de 13 mm de diámetro y con ellos los porcentajes de la demanda que corresponden a cada tipo de consumo.

CUADRO N° 16

DISTRIBUCION DE LA DEMANDA DE COPIAPO EL AÑO 1986

Tipo de Arranque	Número Arranques Equivalentes 13 mm							Total Arranq.	%
	13	19	25	38	50	75	100		
Residencial	13.654	2.402	172	54	88	36	8	16.414	85,3
Comercial	426	120	50	18	4	-	-	618	3,2
Industrial	25	11	6	3	4	-	-	49	0,2
Fiscal	18	31	26	15	28	12	-	130	0,6
Especiales	10	-	-	-	-	-	2.008	2.018	10,5
Totales	14.133	2.564	254	90	124	48	2.016	19.229	100,0

Para estimar la demanda de la población rural, tanto minera como agrícola, los datos censales del Cuadro N° 9 no pueden utilizarse ya que según ellos dicha población debiera ir en disminución. Para fijar la población futura probable se usará la misma proyección usada para la ciudad de Copiapó, a partir de la cifra del censo de 1982. Como dotación de consumo se adopta la cifra de 80 l/d.hab y el factor de día de máximo 1,5. Para este caso, en que no hay instalaciones de conducción, no caben los conceptos de dotación de producción y de pérdidas.

En el Cuadro N° 17 se resume el cálculo de la demanda de la población rural de la Comuna.

CUADRO Nº 17

DEMANDA DE AGUA DE LA POBLACION RURAL DE LA COMUNA DE COPIAPO

Año	Población Nº	Dotación l/d.hab	Demanda l/s Media	Demanda l/s Máxima
1982	1.871	-	-	-
1986	2.093	80	1,94	2,91
1989	2.279	80	2,11	3,17
1990	2.341	80	2,17	3,25
1995	2.672	80	2,47	3,71
2000	3.026	80	2,80	4,20
2005	3.400	80	3,15	4,72
2010	3.791	80	3,51	5,27
2015	4.186	80	3,88	5,81

2.2.1.7 Población, Dotación y Demanda de la Comuna de Tierra Amarilla

Los datos censales de la comuna se resumen en el Cuadro N° 18 donde Cd = ciudad, Pb = poblado y R = población rural dispersa, agrícola o minera.

CUADRO N° 18

DATOS CENSALES DE LA COMUNA DE TIERRA AMARILLA

Distritos / Poblados	Clase	Censo del Año 1952	1960	1970	1982
Tierra Amarilla	R	2.361	3.132	2.719	806
Tierra Amarilla	Cd	1.476	1.830	3.593	5.161
Lomas Bayas	R	91	0	19	72
Las Juntas	R	340	331	248	220
San Antonio	R	208	340	557	344
Los Loros	R	102	173	82	111
Los Loros	Pb	261	269	358	464
Elisa de Bordos	R	646	586	411	240
Pabellón	R	258	181	139	132
Comuna de Tierra Amarilla	-	5.743	6.842	8.126	7.550
Población Urbana	-	1.476	1.830	3.593	5.161
Población Rural	-	4.267	5.012	4.533	2.389

Se observa que el poblado de Los Loros se ha incluído entre la población rural debido a su tamaño y características agrícolas.

A continuación se calcula en el Anexo Demandas de Agua la proyección de la población de Tierra Amarilla por métodos analíticos. En el Cuadro N° 19 se resumen los resultados.

CUADRO Nº 19

PROYECCIONES DE LA POBLACION DE TIERRA AMARILLA

	PROYECCION					
Año	Lineal	Parabó-lica	Poten-cial	Geomé-trica	Logarít-mica	Logís-tica
1952	1.201	1.356	1.300	1.432	1.013	1.476
1960	2.238	2.124	2.345	2.040	2.540	2.156
1970	3.533	3.354	3.483	3.175	3.751	3.324
1982	5.088	5.226	4.718	5.399	4.756	5.161
1985	5.477	5.762	5.012	6.166	4.962	5.670
1986	5.606	5.947	5.108	6.445	5.028	5.841
1990	6.125	6.715	5.490	7.692	5.277	6.532
1995	6.773	7.743	5.957	9.597	5.562	7.383
2000	7.420	8.847	6.413	11.973	5.822	8.193
2005	8.068	10.025	6.860	14.937	6.061	8.937
2010	8.716	11.279	7.299	18.635	6.282	9.598
2015	9.364	12.608	7.730	23.249	6.488	10.168

El desarrollo agrícola del valle, con el uso del riego por goteo, determinará un crecimiento de la población que se amortiguará con el tiempo, esto permite eliminar las proyecciones que den resultados iguales o menores que la de variación lineal. La proyección geométrica lleva a resultados excesivos, por lo que quedan sólo como posibles las proyecciones parabólicas y logísticas. Considerando el efecto frenante al crecimiento que significa la existencia de la ciudad de Copiapó a pocos kilómetros de distancia, se adopta la proyección logística.

Sobre la proyección de la población de Tierra Amarilla se tienen los estudios de SENDOS y de I.Kodama H. En el Cuadro N° 20 se resumen las cifras de dichos estudios y del presente.

CUADRO N° 20

PROYECCIONES DE POBLACION DE TIERRA AMARILLA

Año	SENDOS		Isamu	Presente
	Copiadas	Calculadas	Kodama	estudio
1975	4.457	4.457	-	-
1980	5.199	5.210	-	-
1982	-	5.528	-	5.161
1985	6.012	6.021	6.318	5.670
1986	-	6.189	6.446	5.841
1990	6.874	6.874	6.954	6.532
1995	7.754	7.749	7.590	7.383
2000	8.622	8.625	8.227	8.193
2005	9.478	9.478	8.863	8.937
2010	-	10.290	9.500	9.598
2015	-	11.044	10.136	10.168

Como en los casos anteriores la proyección SENDOS sugiere la proyección logística : $P_t = K(1-be^{at})^{-1}$. Con las poblaciones de los años 75, 90 y 05 para intervalos de 15 años se obtiene :

$K = 15.512$ $\qquad$ $b = -2,48$ $\qquad$ $a = -0,04533$

para llenar las cifras de la columna "calculadas". La proyección de la firma Isamu Kodama H. corresponde a una ley lineal.

Se puede apreciar la semejanza de las cifras finales y con ello se confirma la adopción de la proyección logística del presente estudio. Se adoptan aqui las mismas cifras de dotación de consumo, de pérdidas y de factor de día de máximo que para Copiapó, con ello se calcula la demanda en el Cuadro N° 21.

CUADRO N° 21

DEMANDA DE AGUA DE LA CIUDAD DE TIERRA AMARILLA

Año	Población	Dotación l/d.hab		Pérdidas	Demanda l/s	
		Consumo	Producc.	%	Media	Máxima
1986	5.841	150	268	44	18,12	27,18
1989	6.359	174	290	40	21,34	32,02
1990	6.532	174	268	35	20,26	30,39
1995	7.383	174	249	30	21,28	31,92
2000	8.193	174	249	30	23,61	35,42
2005	8.937	174	249	30	25,76	38,63
2010	9.598	174	249	30	27,66	41,49
2015	10.168	174	249	30	29,30	43,96

Para distribuir la demanda de la ciudad de Tierra Amarilla se dispone de la clasificación de los arranques suministrados por la Dirección Regional SENDOS de Atacama según el Cuadro N° 24.

CUADRO N° 22

ARRANQUES DE LA RED DE AGUA POTABLE

DE LA CIUDAD DE TIERRA AMARILLA EN 1986

Clasificación Arranques	Arranques Totales	Arranques por Diámetro (en mm)						
		13	19	25	38	50	75	100
Residencial	1.287	1.251	24	4	5	2	1	-
Comercial	38	37	1	-	-	-	-	-
Industrial	3	3	-	-	-	-	-	-
Fiscal	3	1	2	-	-	-	-	-
Especiales	38	2	-	-	-	-	-	36
Totales	1.369	1.294	27	4	5	2	1	36

Con estos valores y procediendo como se hizo con Copiapó se obtiene el Cuadro N° 23.

CUADRO N° 23

DISTRIBUCION DE LA DEMANDA DE TIERRA AMARILLA EL AÑO 1986

Tipo de Arranque	Número Arranques Equivalentes 13 mm							Total Arranq.	%
	13	19	25	38	50	75	100		
Residencial	1.251	36	8	15	8	6	-	1.324	79,76
Comercial	37	2	-	-	-	-	-	39	2,35
Industrial	3	-	-	-	-	-	-	3	0,18
Fiscal	1	3	-	-	-	-	-	4	0,24
Especiales	2	-	-	-	-	-	288	290	17,47
Totales	1.294	41	8	15	8	6	288	1.660	100,00

Considerando para la población rural un crecimiento paralelo a Tierra Amarilla a partir de la cifra del censo del año 1982. Con una dotación única de 80 l/d.hab. y el factor de día máximo de 1,5, en el Cuadro N° 24 se resume el cálculo de la demanda de agua de la población rural, agrícola y minera.

CUADRO N° 24

DEMANDA DE AGUA DE LA POBLACION RURAL

DE LA COMUNA DE TIERRA AMARILLA

Año	Población N°	Dotación l/d.hab	Demanda l/s Media	Demanda l/s Máxima
1982	2.389	-	-	-
1986	2.704	80	2,50	3,76
1989	2.944	80	2,73	4,09
1990	3.024	80	2,80	4,20
1995	3.418	80	3,16	4,75
2000	3.792	80	3,51	5,27
2005	4.137	80	3,83	5,75
2010	4.443	80	4,11	6,17
2015	4.707	80	4,36	6,54

2.2.1.8 Demanda de Agua potable en el Valle del Río Copiapó

La demanda de agua potable en el valle del río Copiapó corresponde a la población del valle y a la población de Chañaral con sus agregados de Barquito y Puerto Flamenco, ya que la captación está en el río Copiapó.

En el Cuadro N° 25 se resumen y totalizan las cifras anteriores.

CUADRO Nº 25

DEMANDA DE AGUA POTABLE EN EL VALLE DEL RIO COPIAPO

Año	Aducción Caldera y Chañaral			Copiapó		Tierra Amarilla		Totales l/s		
	Invierno	Verano						Invierno	Verano	
	Media	Media	Máxima	Media	Máxima	Media	Máxima	Media	Media	Máxima
1986	54,19	82,85	95,71	240,58	360,87	20,62	30,94	315,03	344,05	487,58
1989	56,22	85,82	99,40	290,27	435,41	24,07	36,11	370,56	400,16	570,92
1990	56,90	86,81	100,63	276,03	414,04	23,06	34,59	355,99	385,90	549,26
1995	60,63	92,62	107,74	292,89	439,34	24,44	36,67	377,96	409,95	583,75
2000	65,65	101,24	117,97	331,70	497,56	27,12	40,69	424,47	460,06	656,22
2005	70,66	110,02	128,39	372,74	559,11	29,59	44,38	472,99	512,35	731,88
2010	75,67	118,96	139,04	415,58	623,38	31,77	47,66	523,02	566,34	810,08
2015	80,69	128,09	149,90	458,84	688,26	33,66	50,50	573,19	620,59	888,66

Los gastos calculados suponen 24 horas de captación.

2.2.2 Demanda de Agua de la Industria y la Mineria en el Valle de Copiapó

Como ya quedó expresado en el punto 1, la pequeña industria ubicada en el radio urbano de las ciudades de Copiapó y de Tierra Amarilla, se abastecen de la red de distribución de agua potable con arranques de mayor diámetro, y sus consumos quedan incluidos en el 14,64% y 20,24% de la demanda no residencial de ambas ciudades respectivamente.

La Empresa Nacional de Minería (ENAMI) que tiene en funcionamiento las plantas de tratamiento de minerales: Hernán Videla Lira en Paipote y Manuel Antonio Matta en Tierra Amarilla informó de sus necesidades en la forma siguiente :

CUADRO Nº 26

DEMANDA DE AGUA DE ENAMI

Planta de Tratamiento	Demanda en 1986	Demanda en 2 años	Demanda en 5 años
Hernán Videla Lira	42 l/s	50 l/s	90 l/s
Manuel Antonio Matta	45 l/s	50 l/s	65 l/s

Consumo durante 24 horas al día.

La ENAMI tiene registrados 3 derechos con gastos autorizados de 70 l/s, 90 l/s y 36 l/s y además, en trámite, un cuarto derecho con gasto solicitado de 24 l/s.

En el Cuadro Nº 27 se detallan los derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas en la hoya del río Copiapó con fines diferentes a riego se-

gún el censo realizado por la Oficina Regional de la Dirección General de Aguas en el mes de Agosto del año 1985 y actualizada al 1° de Septiembre de 1986.

CUADRO N° 27

DERECHOS DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS SUBTERRANEAS

EN LA HOYA DEL RIO COPIAPO CON FINES DIFERENTES A RIEGO

CENSO DE 08.85 ACTUALIZADO A 09.86

N°	CONCESIONARIO	UBICACION	DERECHOS EN l/s		
			Conce-didos	En Trámite	Clandestinos
1	SENDOS	Cancha Rayada	130	-	-
	SENDOS	Copiapó Pl.Maipú	30	-	-
	SENDOS	Copiapó	40	-	-
	SENDOS	Copiapó	60	-	-
	SENDOS	Nantoco	80	-	-
	SENDOS		40	-	-
	SENDOS		60	-	-
	SENDOS	Placilla Sierralta	-	70	-
	SENDOS	Placilla Sierralta	-	240	-
	SENDOS	Sta.Elvira	-	175	-
	SENDOS	Recinto ENDESA	-	40	
2	COEMIN *	Qda. Cerrillos	30	-	-
	COEMIN	Qda. Cerrillos	75	-	-
	COEMIN	Qda. Cerrillos	75	-	-
	COEMIN	Planta COEMIN	-	70	-
	COEMIN	PLANTA COEMIN	-	100	-

* : Cía. Explotadora y Exploradora Chilena-Rumana Ltda.

Continuación Cuadro N° 27

N°	CONCESIONARIO	UBICACION	DERECHOS EN l/s Concedidos	En Trámite	Clandestinos
3	ENAMI	Paipote	70	-	-
	ENAMI	Paipote	90	-	-
	ENAMI	Paipote	36	-	-
	ENAMI	Paipote La Florida	-	24	-
4	Cía.Min.y Com.Hochschild S	Copiapó Ojanco	70	-	-
5	Cía.Min. Ojos del Salado	Pta.P.Aguirre C.	20	-	-
6	Cía.Minera San José	P.Tierra Amarilla	20	-	-
7	Cía.Minera Agustinas	Puntilla Bateas	15	-	-
8	Cía.Explot.Minas S.Andrés	Elisa de Bordos	10	-	-
9	Soc. Minera La Condesa	Callejón Palomar	40	-	-
10	Soc.Minera Pta.del Cobre	Punta del Cobre	-	25	-
11	Planta Elisa de Bordos	Elisa de Bordos	-	-	10
12	Asociación Minera	San Fernando	-	-	60
13	Dirección de Riego	Elisa de Bordos	-	-	12
14	Regimiento Infantería	Copiapó	-	-	20
15	Raúl Castellón M.	Copiapó	17	-	-
16	Raimundo Ibaceta Leiva	Viñita Blanca	-	3	-
17	Masso e Hijos y Cía.Ltda	Cerro Imán	-	40	-
	Masso e Hijos y Cía.Ltda	Cerro Imán	-	28	-
18	Luis Padilla Grellet	Valle Fértil	5	-	-
19	Luis Rissi Ronseco	S. Las Chilenas	-	100	-
20	Manuel A.Rivadeneira	Copiapó	15	-	-
			1.028	915	102
	- SENDOS		- 440	525	-
MINERIA E INDUSTRIA DEMANDA AGUA SUBTERRANEA			588	390	102

La información antes indicada se complementa con los resultados de una encuesta realizada en la zona, durante la realización de los estudios, cuyo resultado se incluye en el Capítulo 11, Cuadro 11.9 del apartado Hidrogeología General del Valle, Tomo II.

BIBLIOGRAFIA

CORFO-INSCONSULT (1983). Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos en el valle de Copiapó. Buenos Aires, Argentina.

GOMEZ, P (1979) Riegos a presión, aspiración y goteo. 2ª edición Editorial AEDOS. Barcelona, España.

INIA - CORFO (1983) Modelo de distintos agroclimáticos regionales. Valle del río Copiapó. Santiago, Chile.

KLEIMAN P. y TORRES, J (1962) Recursos de agua del valle de Copiapó. Santiago, Chile.

NIEMEYER, H (1981) Descripción de la hoya hidrográfica del río Copiapó. En "Contribución Arqueológica Nº 2". Dirección de Bibiliotecas, Archivos y Museos. Museo Regional de Atacama.

Nuñez, P. (1985) Desarrollo agrícola del valle de Copiapó entre 1963 y 1985. Tesis Universidad Católica de Chile, Facultad de Geografía Santiago, Chile.

ANEXOS

Demandas de Agua

1.- Tasa de evapotranspiración y necesidades de lavado de cultivos y frutales, por distrito agropecuario según el MODAR (INIA-CORFO, 1983)

2.A Distribución relativa y tasas de riego mensuales por rubro y sectores (m3/ha)

2.B Demandas de aguas actuales por rubro y sector (m3/ha)

3.- Demanda de agua potencial mensual por rubro y sector (m3/ha)

4.- Proyección de población por métodos analíticos.

USO CONSUMO Y NECESIDADES DE LAVADO DE SALES PARA ALGUNOS CULTIVOS
(por distrito agroclimatico y por calidad de aguas)

DISTRITO AGROCLIMATICO 4

CONDUCTIVIDAD ELECTRICA DEL AGUA DE RIEGO (mmhos/cm a 25 gC)= 0.5

CULTIVO	ETR	NL 100%	NL 75%	NL 50%	NRL 100%	NRL 75%	NRL 50%	NTA 100%	NTA 75%	NTA 50%
FREJOL	4007	10017	1926	1027	2.50	0.48	0.26	14023	5933	5034
MAIZ	7532	6074	1743	1058	0.81	0.23	0.14	13605	9275	8589
PAPA	6862	4972	1492	927	0.72	0.22	0.14	11834	8354	7789
TRIGO	4222	571	347	245	0.14	0.08	0.06	4793	4569	4467
CEBADA	4222	414	245	174	0.10	0.06	0.04	4636	4467	4396
ALFALFA	10947	6026	1654	958	0.56	0.15	0.09	16873	12501	11905
CIRUELO	7818	7107	2443	1515	0.91	0.31	0.19	14924	10260	9333
MANZANO	8440	5553	2425	1476	0.66	0.29	0.17	13993	10865	9916
CEREZO	8440	7673	2758	1681	0.91	0.33	0.20	16113	11198	10121
NARANJO	8932	5876	2567	1561	0.66	0.29	0.17	14807	11498	10493
DURAZNO	7818	6304	2677	1602	0.81	0.34	0.20	14122	10495	9419
OLIVO	5705	2161	851	530	0.38	0.15	0.09	7866	6556	6235
VID	5641	5128	1156	662	0.91	0.20	0.12	10769	6797	6303
TOMATE	5359	1540	800	540	0.29	0.15	0.10	6899	6159	5899
CEBOLLA	4338	3498	889	555	0.81	0.20	0.13	7835	5226	4892
ALGODON	8588	878	520	377	0.10	0.06	0.04	9466	9108	8964

SIGNIFICADO DE LAS COLUMNAS Y SIMBOLOS

ETR : USO CONSUMO ANUAL DEL CULTIVO (m3/ha).
NL : NECESIDAD DE AGUA A ADICIONAR AL USO CONSUMO PARA MANTENER LA SALINIDAD DEL SUELO A NIVELES QUE PERMITAN OBTENER EL 100%,75% Y 50% DE LOS RENDIMIENTOS POTENCIALES (m3/ha).
NRL : NECESIDADES DE LAVADO EXPRESADAS COMO PORCENTAJE DEL USO CONSUMO. DADO UN CIERTO NIVEL DE SALINIDAD
NTA : NECESIDADES TOTALES DE AGUA SIN CONSIDERAR EFICIENCIA DE RIEGO (ETR+NL), m3/ha).
NSIL : NO SE PUEDE LAVAR.
NSRL : NO SE RECOMIENDA LAVAR.

USO CONSUMO Y NECESIDADES DE LAVADO DE SALES PARA ALGUNOS CULTIVOS
(por distrito agroclimatico y por calidad de aguas)

DISTRITO AGROCLIMATICO 4

CONDUCTIVIDAD ELECTRICA DEL AGUA DE RIEGO (mmhos/cm a 25 gC)= 1.5

CULTIVO	ETR	NL 100%	NL 75%	NL 50%	NRL 100%	NRL 75%	NRL 50%	NTA 100%	NTA 75%	NTA 50%
FREJOL	4007	NSPL	150251	6326	NSPL	NSRL	1.58	4007	NSRL	10333
MAIZ	7532	NSPL	9739	4413	NSPL	1.29	0.59	7532	17271	11944
PAPA	6862	NSPL	7918	3812	NSPL	1.15	0.56	6862	14780	10674
TRIGO	4222	2346	1247	833	0.56	0.30	0.20	6568	5469	5055
CEBADA	4222	1545	833	571	0.37	0.20	0.14	5767	5055	4793
ALFALFA	10847	NSPL	7136	3492	NSPL	0.66	0.32	10847	17983	14339
CIRUELO	7818	NSPL	19544	7422	NSPL	2.50	0.95	7818	27361	15239
MANZANO	8440	NSPL	17108	6806	NSPL	2.03	0.81	8440	25548	15246
CEREZO	8440	NSPL	23887	8394	NSPL	NSRL	0.99	8440	NSRL	16824
NARANJO	8932	NSPL	18104	7203	NSPL	2.03	0.81	8932	27036	16134
DURAZNO	7818	NSPL	25492	8143	NSPL	NSRL	1.04	7818	NSRL	15961
OLIVO	5705	26742	3641	1954	NSRL	0.64	0.34	NSRL	9346	7653
VID	5641	NSPL	5876	2596	NSPL	1.04	0.46	5641	11517	8337
TOMATE	5359	10863	3421	2030	2.03	0.64	0.38	16222	8780	7389
CEBOLLA	4338	NSPL	4518	2236	NSPL	1.04	0.52	4338	8056	6573
ALGODON	8588	3311	1777	1239	0.39	0.21	0.14	11899	10364	9026

SIGNIFICADO DE LAS COLUMNAS Y SIMBOLOS

ETR : USO CONSUMO ANUAL DEL CULTIVO (m3/ha).

NL : NECESIDAD DE AGUA A AGREGAR AL USO CONSUMO PARA MANTENER LA SALINIDAD DEL SUELO A NIVELES QUE PERMITAN OBTENER EL 100%, 75% Y 50% DE LOS RENDIMIENTOS POTENCIALES (m3/ha).

NRL : NECESIDADES DE LAVADO EXPRESADAS COMO PORCENTAJE DEL USO CONSUMO. PARA UN DESEADO NIVEL DE SALINIDAD.

USO CONSUMO Y NECESIDADES DE LAVADO DE SALES PARA ALGUNOS CULTIVOS
(por distrito agroclimatico y por calidad de aguas)

DISTRITO AGROCLIMATICO 5

CONDUCTIVIDAD ELECTRICA DEL AGUA DE RIEGO (mmhos/cm a 25 pC)= 0.5

CULTIVO	ETR	NL 100%	NL 75%	NL 50%	NRL 100%	NRL 75%	NRL 50%	NTA 100%	NTA 75%	NTA 50%
FREJOL	4170	10424	2005	1069	2.50	0.48	0.26	14593	6174	5239
MAIZ	7938	6401	1837	1115	0.81	0.23	0.14	14339	9775	9052
PAPA	7213	5227	1568	975	0.72	0.22	0.14	12440	8781	8188
TRIGO	4596	821	378	267	0.14	0.08	0.06	5217	4974	4863
CEBADA	4596	451	267	190	0.10	0.06	0.04	5047	4863	4786
ALFALFA	11591	6439	1767	1024	0.56	0.15	0.09	18030	13357	12614
CIRUELO	8326	7569	2602	1613	0.91	0.31	0.19	15894	10927	9939
MANZANO	8982	5909	2581	1570	0.66	0.29	0.17	14891	11563	10552
CEREZO	8982	8165	2935	1789	0.91	0.33	0.20	17147	11917	10771
NARANJO	9648	6347	2772	1687	0.66	0.29	0.17	15995	12420	11334
DURAZNO	8326	6714	2851	1706	0.81	0.34	0.20	15040	11177	10032
OLIVO	6186	2343	923	575	0.38	0.15	0.09	8529	7109	6761
VID	5993	5448	1228	703	0.91	0.20	0.12	11441	7221	6696
TOMATE	5707	1640	852	575	0.29	0.15	0.10	7346	6558	6282
CEBOLLA	4634	3737	949	593	0.81	0.20	0.13	8370	5583	5226
ALGODON	9066	927	549	398	0.10	0.06	0.04	9993	9615	9464

SIGNIFICADO DE LAS COLUMNAS Y SIMBOLOS

ETR : USO CONSUMO ANUAL DEL CULTIVO (m3/ha).
NL : NECESIDAD DE AGUA A ADICIONAR AL USO CONSUMO PARA MANTENER LA SALINIDAD DEL SUELO A NIVELES QUE PERMITAN OBTENER EL 100%, 75% Y 50% DE LOS RENDIMIENTOS POTENCIALES (m3/ha).
NRL : NECESIDADES DE LAVADO EXPRESADAS COMO PORCENTAJE DEL USO CONSUMO. DADO UN CIERTO NIVEL DE SALINIDAD
NTA : NECESIDADES TOTALES DE AGUA SIN CONSIDERAR EFICIENCIA DE RIEGO (ETR+NL),(m3/ha).
NS%L : NO SE PUEDE LAVAR.
NS%L : NO SE RECOMIENDA LAVAR.

USO CONSUMO Y NECESIDADES DE LAVADO DE SALES PARA ALGUNOS CULTIVOS
(por distrito agroclimatico y por calidad de aguas)

DISTRITO AGROCLIMATICO 5

CONDUCTIVIDAD ELECTRICA DEL AGUA DE RIEGO (mmhos/cm a 25 gC)= 1

CULTIVO	ETR	NL 100%	NL 75%	NL 50%	NRL 100%	NRL 75%	NRL 50%	NTA 100%	NTA 75%	NTA 50%
FREJOL	4170	NSPL	7721	2876	NSPL	1.85	0.69	4170	11891	7045
MAIZ	7938	66146	4782	2594	NSRL	0.60	0.33	NSRL	12719	10531
PAPA	7213	37964	4007	2254	NSRL	0.56	0.31	NSRL	11220	9467
TRIGO	4596	1436	824	567	0.31	0.18	0.12	6032	5420	5163
CEBADA	4596	999	567	396	0.22	0.12	0.09	5595	5163	4932
ALFALFA	11591	28976	4169	2246	2.50	0.36	0.19	40567	15760	13837
CIRUELO	8326	166510	7569	4003	NSRL	0.91	0.48	NSRL	15894	12528
MANZANO	8982	34546	7244	3806	NSRL	0.81	0.42	NSRL	16226	12789
CEREZO	8982	179640	8720	4469	NSRL	0.97	0.50	NSRL	17702	13451
NARANJO	9648	37106	7780	4088	NSRL	0.81	0.42	NSRL	17428	13735
DURAZNO	8326	69379	8672	4291	NSRL	1.04	0.52	NSRL	16998	12617
OLIVO	6186	7544	2171	1268	1.22	0.35	0.20	13730	8357	7454
VID	5993	119860	3089	1594	NSRL	0.52	0.27	NSRL	9082	7587
TOMATE	5707	4602	2002	1279	0.81	0.35	0.22	10309	7709	6986
CEBOLLA	4634	38613	2388	1359	NSRL	0.52	0.29	NSRL	7022	5992
ALGODON	9066	2065	1170	832	0.23	0.13	0.09	11131	10236	9898

SIGNIFICADO DE LAS COLUMNAS Y SIMBOLOS

ETR : USO CONSUMO ANUAL DEL CULTIVO (m3/ha).
NL : NECESIDAD DE AGUA A ADICIONAR AL USO CONSUMO PARA MANTENER LA SALINIDAD DEL SUELO A NIVELES QUE PERMITAN OBTENER EL 100%, 75% Y 50% DE LOS RENDIMIENTOS POTENCIALES (m3/ha).
NRL : NECESIDADES DE LAVADO EXPRESADAS COMO PORCENTAJE DEL USO CONSUMO.
[illegible]

DADO UN CIERTO NIVEL DE SALINIDAD
NTA : NECESIDADES TOTALES DE AGUA SIN CONSIDERAR EFICIENCIA DE RIEGO (ETR+NL),(m3/ha).
NSPL : NO SE PUEDE LAVAR.
NSRL : NO SE RECOMIENDA LAVAR.

USO CONSUMO Y NECESIDADES DE LAVADO DE SALES PARA ALGUNOS CULTIVOS
(por distrito agroclimatico y por calidad de aguas)

DISTRITO AGROCLIMATICO 7

CONDUCTIVIDAD ELECTRICA DEL AGUA DE RIEGO (mmhos/cm a 25 gC)= 0.5

CULTIVO	ETR	NL 100%	NL 75%	NL 50%	NRL 100%	NRL 75%	NRL 50%	NTA 100%	NTA 75%	NTA 50%
FREJOL	4599	11496	2211	1179	2.50	0.48	0.26	16095	6809	5778
MAIZ	8656	6981	2004	1216	0.81	0.23	0.14	15637	10660	9872
PAPA	7876	5707	1712	1064	0.72	0.22	0.14	13583	9588	8942
TRIGO	4820	651	396	280	0.14	0.08	0.06	5471	5216	5100
CEBADA	4820	473	280	199	0.10	0.06	0.04	5292	5100	5019
ALFALFA	12489	6938	1904	1103	0.56	0.15	0.09	19427	14392	13592
CIRUELO	9103	8275	2845	1764	0.91	0.31	0.19	17378	11947	10867
MANZANO	9826	6464	2824	1718	0.66	0.29	0.17	16290	12650	11544
CEREZO	9826	8933	3211	1957	0.91	0.33	0.20	18759	13037	11783
NARANJO	10360	6815	2977	1811	0.66	0.29	0.17	17175	13336	12171
DURAZNO	9103	7341	3117	1865	0.81	0.34	0.20	16443	12220	10968
OLIVO	6600	2500	985	613	0.38	0.15	0.09	9100	7585	7213
VID	6543	5948	1341	768	0.91	0.20	0.12	12491	7884	7311
TOMATE	6059	1741	904	611	0.29	0.15	0.10	7799	6963	6669
CEBOLLA	4919	3967	1008	629	0.81	0.20	0.13	8885	5926	5547
ALGODON	9811	1003	595	430	0.10	0.06	0.04	10814	10406	10241

SIGNIFICADO DE LAS COLUMNAS Y SIMBOLOS

ETR : USO CONSUMO ANUAL DEL CULTIVO (m3/ha).
NL : NECESIDAD DE AGUA A ADICIONAR AL USO CONSUMO PARA MANTENER LA SALINIDAD DEL SUELO A NIVELES QUE PERMITAN OBTENER EL 100%,75% Y 50% DE LOS RENDIMIENTOS POTENCIALES (m3/ha).
NRL : NECESIDADES DE LAVADO EXPRESADOS COMO PORCENTAJE DEL USO CONSUMO. DADO UN CIERTO NIVEL DE SALINIDAD
NTA : NECESIDADES TOTALES DE AGUA SIN CONSIDERAR EFICIENCIA DE RIEGO (ETR+NL),(m3/ha).
NSPL : NO SE PUEDE LAVAR.
NSRL : NO SE RECOMIENDA LAVAR.

USO CONSUMO Y NECESIDADES DE LAVADO DE SALES PARA ALGUNOS CULTIVOS
(por distrito agroclimatico y por calidad de aguas)

DISTRITO AGROCLIMATICO 7

CONDUCTIVIDAD ELECTRICA DEL AGUA DE RIEGO (mmhos/cm a 25 gC)= 1

CULTIVO	ETR	NL 100%	NL 75%	NL 50%	NRL 100%	NRL 75%	NRL 50%	NTA 100%	NTA 75%	NTA 50%
FREJOL	4599	NSPL	8516	3171	NSPL	1.85	0.69	4599	13114	7770
MAIZ	8656	72133	5214	2829	NSRL	0.60	0.33	NSRL	13870	11465
PAPA	7876	41451	4375	2461	NSRL	0.56	0.31	NSRL	13251	10337
TRIGO	4820	1506	864	595	0.31	0.18	0.12	6326	5683	5415
CEBADA	4820	1048	595	415	0.22	0.12	0.09	5867	5415	5235
ALFALFA	12489	31221	4492	2420	2.50	0.36	0.19	43710	16981	14939
CIRUELO	9103	182050	8275	4376	NSRL	0.91	0.48	NSRL	17378	13479
MANZANO	9826	37792	7924	4164	NSRL	0.81	0.42	NSRL	17750	13990
CEREZO	9826	196520	9540	4889	NSRL	0.97	0.50	NSRL	19366	14715
NARANJO	10360	39844	8354	4390	NSRL	0.81	0.42	NSRL	18714	14749
DURAZNO	9103	75854	9482	4692	NSRL	1.04	0.52	NSRL	18584	13735
OLIVO	6600	8049	2316	1352	1.22	0.35	0.20	14649	8916	7552
VID	6543	130860	3373	1740	NSRL	0.52	0.27	NSRL	9916	8283
TOMATE	6059	4886	2126	1358	0.81	0.35	0.22	10944	8184	7417
CEBOLLA	4919	40988	2535	1442	NSRL	0.52	0.29	NSRL	7454	6361
ALGODON	9811	2235	1266	900	0.23	0.13	0.09	12046	11077	10711

SIGNIFICADO DE LAS COLUMNAS Y SIMBOLOS

ETR : USO CONSUMO REAL DEL CULTIVO (m3/ha).
NL : NECESIDAD DE AGUA A ADICIONAR AL USO CONSUMO PARA MANTENER LA SALINIDAD DEL SUELO A NIVELES QUE PERMITAN OBTENER EL 100%,75% Y 50% DE LOS RENDIMIENTOS POTENCIALES (m3/ha).
NRL : NECESIDADES DE LAVADO EXPRESADAS COMO PORCENTAJE DEL USO CONSUMO.
NTA : NECESIDADES TOTALES DE AGUA SIN CONSIDERAR EFICIENCIA DE RIEGO (ETR+NL).(m3/ha).

USO CONSUMO Y NECESIDADES DE LAVADO DE SALES PARA ALGUNOS CULTIVOS
(por distrito agroclimatico y por calidad de aguas)

DISTRITO AGROCLIMATICO 11

CONDUCTIVIDAD ELECTRICA DEL AGUA DE RIEGO (mmhos/cm a 25 gC)= 0.5

CULTIVO	ETR	NL 100%	NL 75%	NL 50%	NRL 100%	NRL 75%	NRL 50%	NTA 100%	NTA 75%	NTA 50%
FREJOL	4927	12317	2369	1263	2.50	0.48	0.26	17243	7295	6190
MAIZ	9169	7394	2122	1288	0.81	0.23	0.14	16563	11291	10457
PAPA	8301	6073	1822	1133	0.72	0.22	0.14	14454	10203	9513
TRIGO	5385	728	443	313	0.14	0.08	0.06	6112	5827	5698
CEBADA	5385	528	313	223	0.10	0.06	0.04	5912	5698	5607
ALFALFA	13352	7418	2035	1179	0.56	0.15	0.09	20769	15387	14531
CIRUELO	9568	8698	2990	1854	0.91	0.31	0.19	18265	12557	11422
MANZANO	10327	6794	2967	1805	0.66	0.29	0.17	17120	13294	12132
CEREZO	10327	9388	3375	2057	0.91	0.33	0.20	19714	13701	12384
NARANJO	11114	7312	3194	1943	0.66	0.29	0.17	18425	14307	13056
DURAZNO	9568	7716	3277	1961	0.81	0.34	0.20	17283	12844	11528
OLIVO	7134	2702	1065	663	0.38	0.15	0.09	9836	8199	7797
VID	6887	6260	1411	808	0.91	0.20	0.12	13147	8298	7695
TOMATE	6717	1930	1002	677	0.29	0.15	0.10	8647	7719	7394
CEBOLLA	5467	4409	1120	699	0.81	0.20	0.13	9876	6587	6166
ALGODON	10515	1075	637	461	0.10	0.06	0.04	11590	11152	10976

SIGNIFICADO DE LAS COLUMNAS Y SIMBOLOS

ETR : USO CONSUMO ANUAL DEL CULTIVO (m3/ha).
NL : NECESIDAD DE AGUA A ADICIONAR AL USO CONSUMO PARA MANTENER LA SALINIDAD DEL SUELO A NIVELES QUE PERMITAN OBTENER EL 100%,75% Y 50% DE LOS RENDIMIENTOS POTENCIALES (m3/ha).
NRL : NECESIDADES DE LAVADO EXPRESADAS COMO PORCENTAJE DEL USO CONSUMO, DADO UN CIERTO NIVEL DE SALINIDAD
NTA : NECESIDADES TOTALES DE AGUA SIN CONSIDERAR EFICIENCIA DE RIEGO (ETR+NL),(m3/ha).
NSPL : NO SE PUEDE LAVAR.
NSRL : NO SE RECOMIENDA LAVAR.

USO CONSUMO Y NECESIDADES DE LAVADO DE SALES PARA ALGUNOS CULTIVOS
(por distrito agroclimatico y por calidad de aguas)

DISTRITO AGROCLIMATICO 11

CONDUCTIVIDAD ELECTRICA DEL AGUA DE RIEGO (mmhos/cm a 25 gC)= 1

CULTIVO	ETR	NL 100%	NL 75%	NL 50%	NRL 100%	NRL 75%	NRL 50%	NTA 100%	NTA 75%	NTA 50%
FREJOL	4927	NSRL	9124	3398	NSRL	1.85	0.69	4927	14050	8324
MAIZ	9169	76408	5523	2996	NSRL	0.60	0.33	NSRL	14692	12165
PAPA	8381	44109	4656	2619	NSRL	0.56	0.31	NSRL	13037	11000
TRIGO	5385	1683	965	665	0.31	0.18	0.12	7067	6349	6049
CEBADA	5385	1171	665	464	0.22	0.12	0.09	6555	6049	5849
ALFALFA	13352	33379	4803	2588	2.50	0.36	0.19	46730	18154	15939
CIRUELO	9568	191350	8698	4600	NSRL	0.91	0.48	NSRL	18265	14167
MANZANO	10327	39717	8320	4376	NSRL	0.81	0.42	NSRL	18654	14702
CEREZO	10327	206530	10026	5138	NSRL	0.97	0.50	NSRL	20352	15464
NARANJO	11114	42744	8963	4709	NSRL	0.81	0.42	NSRL	20076	15823
DURAZNO	9568	79729	9966	4932	NSRL	1.04	0.52	NSRL	19534	14499
OLIVO	7134	8700	2503	1462	1.22	0.35	0.20	15834	9637	8596
VID	6887	137730	3550	1832	NSRL	0.52	0.27	NSRL	10436	8718
TOMATE	6717	5417	2357	1506	0.81	0.35	0.22	12133	9073	8222
CEBOLLA	5467	45558	2818	1603	NSRL	0.52	0.29	NSRL	8285	7070
ALGODON	10515	2395	1357	965	0.23	0.13	0.09	12910	11872	11480

SIGNIFICADO DE LAS COLUMNAS Y SIMBOLOS

USO CONSUMO Y NECESIDADES DE LAVADO DE SALES PARA ALGUNOS CULTIVOS
(por distrito agroclimatico y por calidad de aguas)

DISTRITO AGROCLIMATICO 12

CONDUCTIVIDAD ELECTRICA DEL AGUA DE RIEGO (mmhos/cm a 25 gC)= 0.5

CULTIVO	ETR	NL 100%	NL 75%	NL 50%	NRL 100%	NRL 75%	NRL 50%	NTA 100%	NTA 75%	NTA 50%
FREJOL	5842	14604	2808	1498	2.50	0.48	0.26	20446	8650	7339
MAIZ	10635	8576	2462	1494	0.81	0.23	0.14	19211	13096	12128
PAPA	9822	7118	2135	1327	0.72	0.22	0.14	16940	11958	11150
TRIGO	6807	920	560	396	0.14	0.08	0.06	7727	7367	7203
CEBADA	6807	667	396	281	0.10	0.06	0.04	7474	7203	7088
ALFALFA	15799	8777	2408	1396	0.56	0.15	0.09	24575	18207	17194
CIRUELO	11181	10164	3494	2167	0.91	0.31	0.19	21345	14674	13347
MANZANO	12056	7931	3464	2108	0.66	0.29	0.17	19987	15520	14163
CEREZO	12056	10960	3940	2401	0.91	0.33	0.20	23015	15995	14457
NARANJO	13227	8702	3801	2312	0.66	0.29	0.17	21929	17028	15539
DURAZNO	11181	9017	3829	2291	0.81	0.34	0.20	20197	15009	13472
OLIVO	8454	3202	1262	786	0.38	0.15	0.09	11656	9716	9240
VID	7991	7264	1637	938	0.91	0.20	0.12	15255	9628	8928
TOMATE	8113	2331	1211	818	0.29	0.15	0.10	10444	9324	8931
CEBOLLA	6730	5427	1379	861	0.81	0.20	0.13	12157	8109	7591
ALGODON	12386	1266	751	543	0.10	0.06	0.04	13652	13137	12929

SIGNIFICADO DE LAS COLUMNAS Y SIMBOLOS

ETR : USO CONSUMO ANUAL DEL CULTIVO (m3/ha).
NL : NECESIDAD DE AGUA A ADICIONAR AL USO CONSUMO PARA MANTENER LA SALINIDAD DEL SUELO A NIVELES QUE PERMITAN OBTENER EL 100%,75% Y 50% DE LOS RENDIMIENTOS POTENCIALES (m3/ha).
NRL : NECESIDADES DE LAVADO EXPRESADAS COMO PORCENTAJE DEL USO CONSUMO. DADO UN CIERTO NIVEL DE SALINIDAD
NTA : NECESIDADES TOTALES DE AGUA SIN CONSIDERAR EFICIENCIA DE RIEGO (ETR+NL), (m3/ha).
NSPL : NO SE PUEDE LAVAR.
NSRL : NO SE RECOMIENDA LAVAR.

USO CONSUMO Y NECESIDADES DE LAVADO DE SALES PARA ALGUNOS CULTIVOS
(por distrito agroclimatico y por calidad de aguas)

DISTRITO AGROCLIMATICO 12

CONDUCTIVIDAD ELECTRICA DEL AGUA DE RIEGO (mmhos/cm a 25 gC)= 1

CULTIVO	ETR	NL 100%	NL 75%	NL 50%	NRL 100%	NRL 75%	NRL 50%	NTA 100%	NTA 75%	NTA 50%
FRIJOL	5042	NSPL	10818	4029	NSPL	1.85	0.69	5842	16659	9870
MAIZ	10633	88621	6406	3475	NSRL	0.60	0.33	NSRL	17041	14110
PAPA	9022	51696	5457	3069	NSRL	0.56	0.31	NSRL	15279	12892
TRIGO	6807	2127	1220	840	0.31	0.18	0.12	8934	8027	7647
CEBADA	6807	1400	840	587	0.22	0.12	0.09	8287	7647	7394
ALFALFA	15799	39496	5683	3062	2.50	0.36	0.19	55295	21481	18860
CITRUSLO	11181	223610	10164	5375	NSRL	0.91	0.48	NSRL	21345	16556
MANZANO	12056	46367	9722	5108	NSRL	0.81	0.42	NSRL	21778	17164
CEREZO	12056	241110	11704	5998	NSRL	0.97	0.50	NSRL	23760	18053
NARANJO	13227	50073	10667	5605	NSRL	0.81	0.42	NSRL	23894	18832
DURAZNO	11181	93171	11646	5763	NSRL	1.04	0.52	NSRL	22027	16944
OLIVO	8454	10310	2966	1732	1.22	0.35	0.20	18764	11420	10180
VID	7991	159810	4119	2125	NSRL	0.52	0.27	NSRL	12109	10116
TOMATE	8113	6543	2847	1819	0.81	0.35	0.22	14656	10960	9932
CEBOLLA	6730	56083	3469	1974	NSRL	0.52	0.29	NSRL	10199	8704
ALGODON	12386	2821	1598	1136	0.23	0.13	0.09	15207	13904	13522

SIGNIFICADO DE LAS COLUMNAS Y SIMBOLOS

ETR : USO CONSUMO ANUAL DEL CULTIVO (m3/ha).
NL : NECESIDAD DE AGUA A ADICIONAR AL USO CONSUMO PARA MANTENER LA SALINIDAD DEL SUELO A NIVELES QUE PERMITAN OBTENER EL 100%,75% Y 50% DE LOS RENDIMIENTOS POTENCIALES (m3/ha).
NRL : NECESIDADES DE LAVADO EXPRESADAS COMO PORCENTAJE DEL USO CONSUMO. DADO UN CIERTO NIVEL DE SALINIDAD
NTA : NECESIDADES TOTALES DE AGUA SIN CONSIDERAR EFICIENCIA DE RIEGO (ETR+NL),(m3/ha).
NSPL : NO SE PUEDE LAVAR.
NSRL : NO SE NECESITA LAVAR.

Anexo Nº 2-A

DISTRIBUCION RELATIVA Y TASAS DE RIEGO MENSUALES POR RUBRO Y SECTORES EN m^3/Ha

RUBRO	Sector	MESES E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Tasa de riego anual(2)
	% (1)	12%	10%	9%	9%	6%	4%	5%	5%	7%	10%	11%	12%	100%
Hortalizas	I	2.242	1.869	1.682	1.682	1.122	748	935	935	1.309	1.869	2.056	2.242	18.694
	II	2.039	1.699	1.530	1.530	1.020	679	850	850	1.190	1.699	1.869	2.039	16.994
	III	1.681	1.401	1.261	1.261	841	559	701	701	981	1.401	1.541	1.681	14.010
	IV	1.824	1.520	1.368	1.368	912	609	759	759	1.063	1.520	1.672	1.824	15.196
	V	1.713	1.428	1.285	1.285	857	571	714	714	999	1.428	1.571	1.713	14.278
	VI	1.632	1.360	1.224	1.224	816	544	680	680	954	1.360	1.496	1.632	13.602
	% (1)	12%	10%	9%	7%	5%	3%	5%	6%	8%	11%	11%	13%	100%
Praderas	I	5.191	4.326	3.893	3.028	2.163	1.298	2.163	2.595	3.461	4.758	4.758	5.622	43.25
	II	4.719	3.932	3.540	2.753	1.966	1.180	1.966	2.359	3.146	4.325	4.325	5.111	39.322
	III	3.952	3.294	2.964	2.306	1.647	988	1.647	1.976	2.635	3.623	3.623	4.281	38.936
	IV	4.246	3.538	3.184	2.477	1.769	1.062	1.769	2.122	2.831	3.892	3.892	4.600	36.382
	V	4.091	3.409	3.068	2.387	1.705	1.023	1.705	2.046	2.727	3.750	3.750	4.432	34.093
	VI	3.922	3.268	2.942	2.288	1.634	981	1.1634	1.961	2.615	3.595	3.395	4.249	32.684
	% (1)	18%	14%	11%	-	-	-	-	3%	7%	12%	16%	19%	100%
Vides	I	2.582	2.008	1.578	-	-	-	-	430	1.004	1.721	2.295	2.724	14.342
	II	2.347	1.825	1.434	-	-	-	-	391	913	1.565	2.086	2.477	13.038
	III	2.025	1.575	1.238	-	-	-	-	339	788	1.350	1.800	2.138	11.251
	IV	2.229	1.733	1.362	-	-	-	-	372	867	1.486	1.981	2.352	12.352
	V	2.161	1.681	1.321	-	-	-	-	360	841	1.441	1.921	2.281	12.007
	VI	2.150	1.672	1.314	-	-	-	-	360	836	1.433	1.911	2.269	11.944
	% (1)	14%	12%	11%	8%	5%	4%	3%	3%	6%	9%	11%	14%	100%
Frutales	I	5.011	4.294	3.937	2.864	1.790	1.432	1.074	1.074	2.148	3.222	3.937	5.011	35.794
	II	4.556	3.905	3.579	2.603	1.627	1.302	976	976	1.952	2.929	3.579	4.556	32.540
	III	3.828	3.281	3.007	2.187	1.367	1.094	820	820	1.640	2.461	3.007	3.828	27.340
	IV	4.426	3.794	3.478	2.529	1.581	1.265	949	949	1.897	2.846	3.478	4.426	31.618
	V	4.246	3.639	3.337	2.427	1.517	1.213	910	910	1.820	2.730	3.337	4.246	30.332
	VI	4.603	3.946	3.617	2.631	1.644	1.315	987	987	1.973	2.958	3.617	4.604	32.882
Matorrales	(3)	255,5	255,5	255,5	255,5	255,5	255,5	255,5	255,5	255,5	255,5	255,5	255,5	3.066
Vegas	(3)	416,7	416,7	416,7	416,7	416,7	416,7	416,7	416,7	416,7	416,7	416,7	416,3	5.000

Fuente: Elaboración IPLA

(1) : Porcentaje de la tasa anual correspondiente a cada mes del año.

(2) : Corresponde a la suma de las tasas mensuales por ha.

(3) : Se estimó un valor medio uniforme a través del año.

ANEXO 2-B

DEMANDAS DE AGUA ACTUALES POR RUBRO Y SECTOR (m3/m)

Rubro	Sectores	Has	DEMANDAS MENSUAL POR RUBRO (m^3)												Demanda Anual Total (m^3)
			E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Hortaliza	I	3,1	6.953	5.794	5.214	5.214	3.478	2.319	2.899	2.899	4.058	5.794	6.376	6.953	57.951
	II	120,5	245.699	204.730	184.365	184.365	122.910	81.820	102.425	102.425	143.396	204.731	225.216	245.695	2.047.777
	III	66,3	111.451	92.886	83.604	83.604	55.758	37.062	46.476	46.476	65.040	92.886	102.169	111.451	928.863
	IV	1.600,7	2.918.077	2.433.064	2.189.757	2.189.757	1.459.838	974.827	1.214.931	1.214.931	1.701.544	2.433.064	2.676.370	2.918.077	24.324.237
	V	912,0	1.562.256	1.302.336	1.171.920	1.171.920	781.584	520.752	651.168	651.168	911.088	1.302.336	1.432.752	1.562.256	13.021.536
	VI	415,5	678.096	565.080	508.572	508.572	339.048	226.032	282.540	282.540	396.387	565.080	621.588	678.096	5.651.631
Pradarus	I	6,3	32.703	27.254	24.526	19.076	13.627	8.177	13.627	16.349	21.804	29.975	29.975	35.420	272.513
	II	62,0	292.578	243.784	219.480	170.686	121.892	73.160	121.892	146.258	195.052	268.150	268.150	316.882	2.437.964
	III	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	IV	7,7	32.694	27.243	24.517	19.073	13.621	8.177	13.621	16.339	21.799	29.968	29.968	35.421	272.441
	V	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	VI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vides	I	513,2	1.325.082	1.030.506	809.830	-	-	-	-	220.676	515.253	883.217	1.177.794	1.397.956	7.360.314
	II	1.430,5	3.357.383	2.610.663	2.051.337	-	-	-	-	559.326	1.306.047	2.238.733	2.984.021	3.543.349	18.650.859
	III	1.806,1	3.657.353	2.844.608	2.235.952	-	-	-	-	612.268	1.423.207	2.438.235	3.250.980	3.857.828	20.320.431
	IV	102,9	229.364	178.326	140.150	-	-	-	-	38.279	89.214	152.909	203.845	242.021	1.274.108
	V	837,3	1.809.406	1.407.501	1.106.073	-	-	-	-	301.428	704.169	1.206.549	1.608.453	1.909.882	10.053.461
	VI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Frutales	I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	II	13,0	59.228	50.765	46.527	33.839	21.151	16.926	12.688	12.688	25.376	38.077	46.527	59.228	423.020
	III	145,7	557.739	478.042	438.120	318.646	199.172	159.396	119.474	119.474	238.948	358.568	438.120	557.739	3.983.438
	IV	20,0	88.520	75.880	69.560	50.580	31.620	25.300	18.980	18.980	37.940	56.920	69.560	88.520	632.360
	V	15,0	63.690	54.585	50.055	36.405	22.755	18.195	13.650	13.650	27.300	40.950	50.055	63.690	454.980
	VI	192,3	885.156	758.816	695.549	505.941	3016.141	252.875	189.800	189.800	379.408	568.823	695.550	885.350	6.323.209
Matorrales	I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	II	160,4	40.982	40.982	40.982	40.982	40.982	40.982	40.982	40.982	40.982	40.982	40.982	40.983	40.983
	III	26,5	6.771	6.771	6.771	6.770	6.770	6.770	6.771	6.771	6.771	6.771	6.771	6.771	81.249
	IV	47,5	12.136	12.136	12.136	12.136	12.136	12,136	12.136	12.136	12.136	12.136	12.137	12.137	145.635
	V	626,0	159.943	159.943	159.943	159.943	159.943	159.943	159.943	159.943	159.943	159.943	159.943	159.943	1.919.316
	VI	1.964,1	501.823	501.828	501.828	501.828	501.828	501.828	501.828	501.828	501.827	501.827	501.827	501.827	6.021.931
Vegas	I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	II	69,5	28.961	28.961	28.961	28.961	28.961	28.961	28.961	28.961	28.960	28.960	28.960	28.932	347.500
	III	38,9	16.210	16.210	16.210	16.210	16.210	16.210	16.210	16.209	16.209	16.209	16.209	16.194	194.500
	IV	74,5	31.044	31.044	31.044	31.044	31.044	31.044	31.044	31.044	31.044	31.045	31.045	31.014	372.500
	V	77,0	32.086	32.086	32.086	32.086	32.086	32.086	32.086	32.086	32.086	32.086	32.086	32.086	385.032
	VI	223,5	93.132	93.132	93.132	93.132	93.132	93.132	93.132	93.133	93.133	93.133	93.133	93.043	1.117.859

ANEXO Nº 3

DEMANDAS DE AGUA POTENCIAL MENSUAL POR RUBRO Y SECTOR(m^3/m)

Rubro	Sectores	Has	DEMANDAS MENSUAL POR RUBRO (m^3)												Demanda Anual Total (m^3)
			E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Hortaliza	I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	II	4,8	9.787	8.155	7.344	7.344	4.896	3.259	4.080	4.080	5.712	8.155	8.971	9.787	81.571
	III	5,8	9.750	8.126	7.314	7.314	4.878	3.242	4.065	4.065	5.690	8.126	8.938	9.750	81.258
	IV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	V	14,4	24.667	20.563	18.504	18.504	12.341	8.222	10.282	10.282	14.386	20.563	22.622	24.667	205.603
	VI	22,4	36.557	30.464	27.418	27.418	18.278	12.186	15.232	15.232	21.369	30.464	33.510	36.557	304.685
Praderas	I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	II	36,0	169.884	141.552	127.440	99.108	70.776	42.480	70.776	84.924	113.256	156.700	156.700	183.996	1.415.592
	III	52,8	208.666	173.923	156.499	121.757	86.962	52.166	86.962	104.333	139.128	191.291	191.291	226.037	1.739.021
	IV	14,4	61.142	50.947	45.849	35.669	25.474	15.293	25.474	30.557	40.766	56.045	56.045	66.240	509.501
	V	756,5	3.090.750+	2.575.499+	2.317.874	1.803.378	1.288.128	772.877	1.288.128	1.545.753	2.060.249	2.833.125	2.833.125	3.348.376	25.757.262
	VI	245,5	962.851	802.294	722.261	561.704	401.147	240.836	401.147	481.426	641.983	882.572	882.572	1.043.129	8.023.922
Vides	I	750,1	1.936.758	1.506.201	1,183.658	-	-	-	-	322.543	753.100	1.290.923	1.721.480	2.043.272	10.757.935
	II	1.825,4	4.286.561	3.333.180	2.619.058	-	-	-	-	353.229	714.122	1.667.503	2.858.316	4.523.993	23.812.603
	III	2.637,0	5.339.925	4.153.275	3.264.606	-	-	-	-	893.943	2.077.956	3.559.950	4.746.600	5.637.906	29.674.161
	IV	2.075,7	4.626.735	3.597.188	2.827.103	-	-	-	-	772.160	1.799.632	3.084.632	4.111.962	4.882.047	25.701.317
	V	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	VI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Frutales	I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	II	12,2	55.583	47.641	43.664	31.757	19.984	15.884	11.907	11.907	23.815	35.734	43.664	55.583	396.988
	III	41,6	159.245	136.490	125.091	90.979	56.867	45.510	34.112	34.112	68.224	102.378	125.091	159.245	1.137.344
	IV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	V	85,6	363.458	311.498	285.647	207.751	129.856	103.833	77.896	77.896	155.792	233.688	285.647	363.458	2.596.419
	VI	511,2	2.353.054	2.017.195	1.849.010	1.314.967	840.413	672.228	504.554	504.554	1.008.598	1.512.130	1.849.010	2.353.565	16.809.278

ANEXO Nº 4

PROYECCION DE POBLACIONES POR METODOS ANALITICOS

DATOS CENSALES (t=0 PARA 1945)

AÑO	1952	1960	1970	1982
t (años)	7	15	25	37
LOCALIDAD	POBLACION SEGUN CENSO (hab)			
CHAÑARAL	2531	5.150	9.051	10.661
CALDERA	1.448	2.797	3.163	4.356
COPIAPO	22.105	34.198	48.058	69.116
TIERRA AMARILLA	1.476	1.830	3593	5.161

1.- PROYECCION LINEAL

$$P_t = P_0 + at$$

LOCALIDAD	RECTA REPRESENTATIVA	r
CHAÑARAL	$P_t = 996 + 278,66t$	0.978
CALDERA	$P_t = 1054 + 89,87t$	0.973
COPIAPO	$P_t = 10.726 + 1554,4t$	0.9986
TIERRA AMARILLA	$P_t = 294 + 129,57t$	0.986

LOCAL.	1952	1960	1970	1982	1985	1986	1990	1995	2.000	2.005	2010	2015
CHAÑARAL	2947	5.176	7963	11.307	12.143	12421	13 536	14929	16 323	17.716	19109	20503
CALDERA	1.683	2 402	3300	4379	4649	4738	5098	5547	5997	6446	6895	7.345
COPIAPO	21.607	34.043	49.587	68 240	72.903	74.458	80.675	88.448	96 220	103 992	111.764	119.536
T. AMAR.	1.261	2.238	3.533	5 038	5 477	5606	6 125	6773	7420	8068	8 716	9.364

2.- PROYECCION PARABOLICA

$$P_t = a + bt + ct^2$$

RESOLVIENDO

$$\begin{vmatrix} 4 & \Sigma t & \Sigma t^2 \\ \Sigma t & \Sigma t^2 & \Sigma t^3 \\ \Sigma t^2 & \Sigma t^3 & \Sigma t^4 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} a \\ b \\ c \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \Sigma P_t \\ \Sigma P_t t \\ \Sigma P_t t^2 \end{vmatrix}$$ se obtiene

LOCALIDAD	EXPRESION
CHAÑARAL	$P_t = -1.152 + 539,9t - 5,89t^2$
CALDERA	$P_t = 682 + 135,07t - 1,02t^2$
COPIAPO	$P_t = 13 551 + 1210,97t + 7,74t^2$
TIERRA AMARILLA	$P_t = 843 + 62,86t + 1,50t^2$

LOCAL.	1952	1960	1970	1982	1985	1986	1990	1995	2000	2005	2010	2015
CHAÑARAL	2339	5622	8.666	10 766	11.026	11.089	11.224	11.127	10736	10 051	9 072	7.798
CALDERA	1 578	2479	3423	4.285	4.455	4.508	4.698	4.889	5.030	5 120	5.159	5.147
COPIAPO	22 407	33 457	48 662	68 951	74 372	76 210	83 716	93 446	103 364	114.069	124.961	136.239
T. AMAR.	1356	2124	3354	5226	5762	5947	6 715	7743	8847	10 025	11 279	12 608

3.- PROYECCION POTENCIAL

$$P_t = a t^b$$

APLICANDO LOGARITMO $\quad \text{Log } P_t = \text{Log } a + b \text{ Log } t$

LOCALIDAD	RECTA REPRESENTATIVA	r
CHAÑARAL	$P_t = 452,89\ t^{0,897}$	0,993
CALDERA	$P_t = 445,74\ t^{0,632}$	0,981
COPIAPO	$P_t = 5776,45\ t^{0,672}$	0.994
TIERRA AMARILLA	$P_t = 288,07\ t^{0,774}$	0,956

LOCAL	1952	1960	1970	1982	1985	1986	1990	1995	2000	2005	2010	2015
CHAÑARAL	2596	5145	8138	11 589	12 407	12635	13791	15158	16 512	17 853	19 182	20 50[illegible]
CALDERA	1 523	2466	3 405	4362	4 532	4654	4936	5275	5603	5919	6 226	6 52[illegible]
COPIAPO	21 373	35 678	50 298	65 468	68 991	70 146	74.677	80 159	85 463	90 612	95 622	100 5[illegible]
T. AMAR	1.300	2345	3483	4718	5012	5108	5490	5957	6413	6 860	7299	773[illegible]

4.- PROYECCION GEOMETRICA

$$P_t = P_o (1+a)^t$$

Aplicando logaritmo $\quad \text{Log } P_t = \text{Log } P_o + t \text{ Log } (1+a)$

Se reduce a una regresión lineal donde $t = 0$ para

LOCALIDAD	RECTA REPRESENTATIVA	r
CHAÑARAL	$P_t = 3.071 \times 1,0484^t$	0.943
CALDERA	$P_t = 1714 \times 1,0338^t$	0.933
COPIAPO	$P_t = 23\,660,82 \times 1.0379^t$	0.991
TIERRA AMARILLA	$P_t = 1432 \times 1,045^t$	0,985

LOCAL	1952	1960	1970	1982	1985	1986	1990	1995	2000	2005	2010	2015
CHAÑARAL	3071	4484	7196	12695	14630	15339	18 534	23 480	29 746	37.683	47.739	60 4[illegible]
CALDERA	1714	2238	3123	4658	5148	5323	6682	7185	8487	10 026	11 845	139[illegible]
COPIAPO	23661	31852	46 186	72 138	80645	83 698	97 110	116 938	140.813	169.524	204.184	245 8[illegible]
T. AMAR.	1432	2040	3175	5399	6166	6445	7692	9 597	11.973	14 937	18 635	23 2[illegible]

5.- PROYECCION LOGARITMICA

$$P_t = a + b \log t$$

Se reduce a una regresión lineal en escala semilogarítmica, $t=0$ p[illegible]

LOCALIDAD	EXPRESION	r
CHAÑARAL	$P_t = -14,535 + 6.777,89 \text{ Log } t$	0,991
CALDERA	$P_t = -3923 + 2175,53 \text{ Log } t$	0,981
COPIAPO	$P_t = -71\,590 + 36\,438,68 \text{ Log } t$	0.975
TIERRA AMARILLA	$P_t = -6411 + 2987,64 \text{ Log } t$	0.947

LOCAL	1952	1960	1970	1982	1985	1986	1990	1995	2000	2005	2010	2015
CHAÑARAL	2307	5770	8518	10798	11266	11415	11980	12626	13216	13758	14261	14728
CALDERA	1483	2595	3477	4209	4359	4407	4588	4796	4985	5159	5320	5470
COPIAPO	18956	37570	52345	64605	67119	67920	70959	74432	77602	80519	83219	85733
T.AMAR	1013	2540	3751	4756	4962	5028	5277	5562	5822	6061	6282	6488

6.- PROYECCION LOGISTICA

$$P_t = K(1 - b\,e^{at})^{-1}$$

Para el cálculo de las constantes K, b y a se necesitan las poblaciones de 3 años equidistantes. Usando los censos de los años 52 y 82, se estima una población para el año 67 con la expresión:

$P_{67} = P_{60}\left(\frac{P_{70}}{P_{60}}\right)^{0,7}$, que equivale a suponer una variación geométrica entre los años 60 y 70.

Se aplica la función para: $P_1 = P_{52}$ con $t_1 = 0$

$P_2 = P_{67}$ con $t_2 = 15$

$P_3 = P_{82}$ con $t_3 = 30$

LOCALIDAD	P 1967(est)	EXPRESION
CHAÑARAL	7642	$11395(1+3,5\,e^{-0,131})^{-1}$
CALDERA	3048	(*)
COPIAPO	43395	$110274(1+3,99\,e^{-0,0634})^{-1}$
TIERRA AMARILLA	2935	$12500(1+7,47\,e^{-0,0553})^{-1}$

(*) NO ES APLICABLE YA QUE $1448 \times 4356 - 3048^2 < 0$

LOCAL	1952	1960	1970	1982	1985	1986	1990	1995	2000	2005	2010	2015
CHAÑARAL	2531	5113	8553	10661	10889	10948	11126	11254	11321	11357	11375	11385
CALDERA	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
COPIAPO	22105	32415	48488	69116	73892	75421	81167	87436	92648	96853	100165	102723
T.AMAR.	1476	2156	3324	5161	5270	5841	6532	7333	8193	8937	9598	10168

HIDROGEOLOGIA

GENERAL DEL VALLE

3.1. Introducción

Una serie de circunstancias han coincidido en los últimos años, para transformar radicalmente la agricultura del valle del río Copiapó.

Lo más importante es, sin duda, la apertura de Chile frente a los mercados externos de la fruta, pero a ella se suman la incorporación de nuevos sistemas de riego y el descubrimiento de un clima privilegiado que permite cosechas adelantadas y, por lo tanto, mayores precios. Coincide también con esto un ciclo hidrológico de años húmedos, que se extiende en Copiapó desde 1981 y ha significado abundancia de agua para el regadío.

Actualmente se tiene plantadas 4700 há de parronales en todo el valle, de las cuales cerca de 3000 há se riegan con aguas subterráneas.

Naturalmente que este explosivo aumento en la demanda de agua preocupa, más aún en un valle como el del río Copiapó que se ubica en medio de la aridez del desierto.

Sobre estas bases no hay duda lo necesario e importante que es el presente estudio, orientado al análisis y evaluación de los recursos hidrogeológicos del valle del río Copiapó, el cual pretende llegar a determinar las condiciones de existencia de las aguas subterráneas y su mejor manejo para el aprovechamiento más conveniente.

3.2. Objeto del Estudio

El objeto del estudio que aquí se presenta es analizar las condiciones generales de existencia y funcionamiento del agua subterránea en el valle del río Copiapó, y obtener los antecedentes necesarios para implementar el conjunto de modelos hidrogeológicos que representarán el comportamiento de los embalses subterráneos.

El texto que sigue a continuación se ha denominado Hidrogeología General del Valle, y constituye una síntesis del estudio hidrogeológico de detalle que se ha desarrollado en los 6 sectores en que se ha dividido el valle. En él se presenta la metodología y antecedentes empleados, sumada a una visión resumida de las características geométricas e hidráulicas del embalse subterráneo, las características de la napa, las de calidad química y el funcionamiento y balance del embalse subterráneo.

Adicionalmente se presenta un Catastro Actualizado de Pozos, que incluye, fuera de las características propias de cada pozo, la situación de derechos de agua que tiene. Formando parte del catastro se presenta un conjunto de 8 planos con la ubicación de los pozos.

3.3. Antecedentes Empleados

El valle del río Copiapó dispone de una importante cantidad de antecedentes respecto de las aguas subterráneas. Aparte de los estudios realizados con anterioridad, quizás el más importante de los antecedentes sean los casi 300 pozos perforados a lo largo del valle, que muestran realmente el comportamiento de los embalses subterráneos.

Estos antecedentes, sin duda valiosos, se complementan con un valiosísimo control de niveles de la napa subterránea medidos en piezómetros, que lleva a cabo la DGA desde hace largo tiempo. Estos son los que permiten conocer cómo han reaccionado los embalses subterráneos a lo largo del tiempo frente a diferentes estímulos, y son la base para la calibración y ajuste de los modelos hidrogeológicos que se implementarán en el valle.

En el capítulo que sigue se detalla los antecedentes empleados en la confección del presente estudio, divididos en Estudios Anteriores, Estadísticas de Control de Recursos Hídricos y los trabajos de terreno que forman parte de este estudio.

3.3.1. Estudios Anteriores

Los estudios anteriores más importantes son los siguientes:

a) Estudio Hidrogeológico del Sector Nantoco-Copiapó para el mejoramiento Integral del Servicio de Agua Potable de Copiapó, ALAMOS Y PERALTA Ingenieros Consultores Ltda., ISAMU KODAMA Ingenieros Civiles Consultores, SENDOS, Junio 1986.

   El estudio ha sido realizado por nuestra firma como subcontratistas de ISAMU KODAMA Ingenieros Civiles Consultores, que se encuentra estudiando para SENDOS el Mejoramiento Integral del Servicio de Agua Potable de Copiapó.

   El trabajo realizado ha consistido, en síntesis, en un Estudio Hidrogeológi

co Regional del embalse subterráneo del sector Nantoco-Copiapó. El objeto de él fue analizar la situación de las aguas subterráneas en el área, para luego proponer los sitios más adecuados para perforar pozos para el abastecimiento de agua potable e indicar los riesgos involucrados. El estudio tiene una estructura muy similar a la del que se presenta aquí, siguiendo ambos la metodología clásica de un estudio hidrogeológico.

b) Plan Maestro de Acción Inmediata para el Desarrollo de los Recursos de Agua y Suelo del valle de Copiapó, Uri Hammer y Asoc., Dirección de Riego-MOP, Junio 1980.

Se trata de un completo estudio de los recursos hídricos del valle, que se basa tanto en informes previos como en una importante campaña de terreno. Cabe destacar el trabajo realizado para el estudio de las pérdidas y recuperaciones en el río, que incluye 5 corridas de aforo.

La hidrogeología la aborda a escala 1:50.000, abarcando el sector que va desde la Puerta hasta Angostura. De particular interés son las pruebas de bombeo realizadas expresamente para el estudio y la encuesta realizada para conocer los volúmenes bombeados en esa época.

c) Informe Hidrológico e Hidrogeológico de la Hoya del río Manflas del Copiapó, Estancia Hacienda Manflas, INYGE, Diciembre 1985.

El estudio realiza un buen análisis de los recursos hídricos e hidrogeológicos del sector bajo del río Manflas, afluente cordillerano del río Copiapó. Son interesantes los antecedentes recopilados sobre los pozos perforados en el área, así como en los valles de los ríos Pulido y Jorquera, y el análisis que se hace sobre el funcionamiento del embalse subterráneo.

d) Tasa de Riego de Uso Racional y Beneficioso y Rol de Regantes del Valle Copiapó, Domingo Queirolo, DGA-MOP, Diciembre 1977.

El informe presenta con gran detalle el Rol de Regantes que usan las aguas del río Copiapó y sus afluentes y determina la tasa de riego de uso racional y beneficioso a partir de los antecedentes existentes, como también un detallado análisis cartográfico del uso agrícola del suelo separado por cultivos y diferenciando las fuentes de abastecimiento de agua.

De interés para la hidrogeología son las estadísticas de caudales aforados en vertientes y canales que emplean las recuperaciones del río, las superficies de riegos a la fecha y una detallada relación del bombeo a los embalses subterráneos en la temporada Abril 1976 - Marzo 1977. Estas cifras son las que permitirán, junto a las de otros informes, conocer el funcionamiento histórico de los acuíferos.

e) Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos en el Valle de Copiapó, Dirección de Riego-MOP, Julio 1969. Gastón Mahave M. y equipo.

El estudio es un completo análisis de los recursos hídricos y de suelos, orientado a lograr un mejor aprovechamiento agrícola del valle.

Respecto de la hidrogeología destaca el análisis de la calidad química de las aguas, que se basa en un amplio conjunto de análisis químicos hechos expresamente para el estudio, los antecedentes y evaluación de pérdidas y recuperaciones en el río y un análisis detallado del sistema de riego.

f) Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos en el Valle de Copiapó. CORFO-ITALCONSULT Argentina, 2 tomos, Diciembre 1963.

Es un completo estudio del valle, que abarca el conjunto de aspectos relacionado con el aprovechamiento de las aguas.

En cuanto a la hidrogeología, se cuenta con bastante información de los numerosos pozos que en esa época perforó CORFO en el valle. Particularmente inte

resantes son el análisis de calidad de agua, la evaluación del agua perdida en las vegas y la completa información sobre las pruebas de bombeo realizadas, con los valores de transmisividad y almacenamiento que de ellas se deducen.

g) Recursos de Agua del Valle de Copiapó, CORFO, P. Kleiman y J. Jones, Marzo 1962.

Estudio de recursos hídricos orientado a mejorar las condiciones de riego. Tiene valiosos antecedentes de aforos en el río hechos para determinar pérdidas y recuperaciones.

3.3.2. Estadísticas de Control de Recursos Hídricos

Se refiere a la información que sistemáticamente han recopilado instituciones tales como la DGA, CORFO y otras sobre los recursos hídricos del valle.

De interés para el análisis de las aguas subterráneas son las siguientes:

- Estadística de Niveles Estáticos de la Napa Subterránea en el valle del río Copiapó.
  Esta labor se ha venido realizando, en algunos pozos, desde 1961, y continúa hasta hoy. Inicialmente llevada a cabo por CORFO, actualmente las mediciones las raliza la DGA mensualmente.
- Perfiles Estratigráficos, Habilitación y Curvas de Agotamiento de los Pozos Perforados.
  Estos se han obtenido fundamentalmente de los archivos de la DGA en Santiago y los expedientes que se presentan a este organismo para la solicitud de Derechos de Aguas de cada pozo. También han colaborado algunas empresas perforistas con sus antecedentes, gentileza que agradecemos y valoramos.
- Catastro de Pozos CORFO, 1971, y Catastro de Pozos Región de Atacama, DGA-MOP, Marzo 1973.
  Tomando como base estas publicaciones, y a través de una extensa campaña de terreno, se ha actualizado el catastro de pozos a Febrero de 1987.
- Catastro de Derechos de Aprovechamientos de Aguas Subterráneas concedidas, en

trámite y sin conceder en la Hoya Hidrográfica del río Copiapó, DGA-MOP, Agosto 1985.

De aquí y otros listados posteriores, se ha determinado la situación de Derechos de Aguas de cada pozo en el valle hasta Febrero de 1987.

- Análisis Químicos de Aguas Subterráneas y Superficiales hechos por la DGA y SENDOS.

  De ellos se ha extraído gran parte de la información empleada en el análisis de la calidad química de las aguas del valle.

- Aforos realizados por la DGA y Dirección de Riego en Canales y en el río Copiapó.

  Estos antecedentes se han usado principalmente para conocer los caudales aflorados por vertientes y estudiar pérdidas por infiltración desde canales.

3.3.3 Trabajos propios del Presente Estudio

Sin duda que todos los antecedentes son valiosos, pero, a juicio nuestro, los más importantes son aquellos que puedan recogerse en terreno específicamente para los fines que se persiguen.

En el presente estudio se ha desarrollado una amplia campaña de terreno, que se ha llevado a cabo fundamentalmente en el período Diciembre 1986 - Enero 1987. En lo que se refiere a hidrogeología exclusivamente, los trabajos desarrollados son los siguientes:

a) Prospección Geofísica y Mecánica

Esta labor la ha realizado también nuestra firma, aunque bajo un contrato diferente al de la Modelación de los Recursos Hídricos.

a.1) Prospección Geofísica

Con el objeto de conocer la geometría de los embalses subterráneos del valle, se ha llevado a cabo una completa campaña de geofísica de resistividad eléctrica. Esta ha consistido en la ejecución de un total de 217 sondajes eléctricos, que se han distribuido a lo largo del valle en forma relativamente uniforme.

Se ha realizado 87 perfiles geofísicos, los primeros localizados en los ríos Manflas, Jorquera y Pulido, afluentes del río Copiapó, y el último en la Angostura del río Copiapó, unos 13 Km. aguas arriba de su desembocadura en el mar.

Los objetivos específicos de la geofísica han sido:

- Determinar la ubicación del basamento rocoso.
- Estimar la posición del nivel estático de la napa.
- Diferenciar, a grandes rasgos, los diferentes estratos que componen el relleno del valle.
- Describir posibles capas de arcilla en el relleno, que pudieran generar napas confinadas.

a.2) Prospección Mecánica

La baja densidad de pozos en la parte baja del valle, en el tramo Piedra Colgada Angostura, ha hecho necesaria la perforación de un conjunto de piezómetros para medir en ellos los niveles estáticos de la napa y estudiar la estratigrafía del relleno.

Con estos fines se perforó 14 piezómetros de profundidades variables entre 5 y 15 metros, profundidad dada por la ubicación del nivel estático, los cuales fueron habilitados en 2 pulgadas con tubos ranurados de PVC.

Estos piezómetros han permitido conocer los niveles estáticos en sectores poco explorados del valle, particularmente en los costados del tramo Piedra Colgada-Hacienda Margarita, y en todo el sector Monte Amargo-María Isabel.

b) Medición de Niveles Estáticos y Conductividades

Para conocer simultáneamente las características de la napa en todo el valle, se llevó a cabo una intensa labor de terreno que contempló lo siguiente:

- Identificación de cada pozo, predio, propietario, tipo de uso y características de los equipos con que ha sido habilitado.

- Ubicación de cada pozo en los planos escala 1:5.000 hechos en 1966 por la Dirección de Riego. La presentación se ha hecho a escalas 1:10.000 y 1:20.000, que se han obtenido como reducción de los planos originales.

- Medición, siempre que fue posible, de los niveles estáticos de cada pozo del valle.

- Medición, siempre que fue posible, de la conductividad eléctrica de las aguas de cada pozo del valle, para tener un índice de la calidad química de las aguas subterráneas.

- Encuesta de los volúmenes bombeados desde cada pozo, considerando tipo de uso (Agua Potable, Industrial o Regadío), superficies cultivadas, tipos de cultivos, métodos de riego, horas de bombeo mensuales y caudales extraídos. Esta labor se ha desarrollado tanto en terreno, pozo por pozo, como también en las oficinas que tienen en Copiapó los grandes productores agrícolas del valle.

3.4. Actualización del Catastro de Pozos

Previo al análisis hidrogeológico de los antecedentes disponibles, es necesario conocer la ubicación y principales características de los pozos y norias que han explorado y emplean el recurso subterráneo.

Como una primera labor se ha realizado la actualización del catastro de pozos. Ella se ha basado en los siguientes antecedentes.

- Catastro CORFO de 1971
- Catastro de pozos de la Región de Atacama, DGA, 1983
- Catastro de pozos del sector Nantoco-Copiapó, incluído dentro del estudio desarrollado por nuestra firma para ISAMU KODAMA en Junio de 1986. Ref (1)
- Expedientes de la DGA con solicitudes para obtener Derechos de Aprovechamiento de Aguas Subterráneas.
- Catastro de Derechos de Aprovechamiento de Aguas Subterráneas en la hoya del río Copiapó, DGA, 1985, y listados anexos actualizando la información a Febrero de 1987.
- Curvas de Descarga y Perfiles de Habilitación de pozos entregados por empresas perforistas.
- Una extensa campaña de terreno para localizar los pozos en planos escala 1:5.000, salvo el área de los afluentes al río Copiapó donde no se dispone más que de la plancheta 1:50.000 del IGM que se ha ampliado a escala 1:25.000.

Todo esto se ha traducido en un listado con las principales características de los pozos catastrados, incluyendo la situación de derechos de aguas. Este listado se presenta en el Anexo 1 y se complementa con un conjunto de 8 planos que muestra la ubicación de los pozos. que se encuentran en los Tomos Anexos 2 al 7. Estos se detallan como se indica a continuación en el Cuadro 4-1

CUADRO N° 4-1

DETALLE DE LAS CARACTERISTICAS DE LOS PLANOS BASE

LAMINA N°	SECTOR	ESCALA
1	Ríos Manflas, Jorquera y Pulido	1:25.000
2	Embalse Lautaro-La Puerta	1:10.000
3a	La Puerta - Mal Paso	1:10.000
3b	La Puerta - Mal Paso	1:10.000
4a	Mal Paso - Copiapó	1:10.000
4b	Mal Paso - Copiapó	1:10.000
5	Copiapó - Piedra Colgada	1:20.000
6	Piedra Colgada - Angostura	1:20.000

Todas estas láminas, salvo la N° 1, son reducciones del plano escala 1:5.000 que existe del valle y fue hecho en 1966 por la Dirección de Riego. Las reducciones se han hecho acorde con el grado de detalle de la información existente, ajustándose a formatos normalizados. La lámina N° 1 corresponde a una ampliación de la plancheta IGM 1:50.000, que es la cartografía existente para la parte alta del valle, aguas arriba del Embalse Lautaro.

El total de pozos catastrados en el valle del río Copiapó llega a 290, incluyendo entre ellos a los 14 piezómetros perforados con motivo del presente estudio. De ellos se explotan 107, en tanto que 40 de los pozos sin uso se emplean para el control período de niveles de la napa.

CUADRO N° 4-2

EMPLEO DE POZOS POR TIPO DE USO Y SECTOR,
EN EL VALLE DEL RIO COPIAPO A FEBRERO 1987

SECTOR	NUMERO DE POZOS			
	A. POTABLE	INDUSTRIAL	RIEGO	TOTAL
Ríos Manflas, Jorquera y Pulido	-	-	3	3
Lautaro-La Puerta	4	-	25	29
La Puerta-Mal Paso	1	2	23	26
Mal Paso-Copiapó	7	12	2	21
Copiapó-Piedra Colgada	3	2	16	21
Piedra Colgada-Angostura	2	1	4	7
TOTAL	17	17	73	107

3.5. Estudio Geológico

3.5.1. Objetivo Principal

El principal objetivo de este estudio geológico ha sido obtener el adecuado conocimiento de la geología regional del valle del río Copiapó, desde sus tributarios principales en las cabeceras (ríos Jorquera, Pulido y Manflas), hasta su desembocadura en el mar de Chile.

Lo anterior, para los efectos de conocer las condiciones de borde, la geometría acuífera y la génesis del sistema hidrogeológico que se ha estudiado en el valle del Copiapó.

3.5.1.2. Recopilación y Análisis de Información Existente

Se ha recopilado toda la información existente que posee interés para los efectos de este estudio geológico, resultando relevante los siguientes estudios y publicaciones:

a) Antecedentes Generales sobre la Evolución del Litoral de Chile del Norte durante el Plioceno y el Cuaternario - R. Paskoff, 1967, U. de Chile.

b) Los Cambios Climáticos Plio-Cuaternarios en la Franja Costera de Chile Semi-Arido - R. Paskoff, 1967, U. de Chile.

c) Geología de las Hojas Copiapó y Ojos del Salado - K. Segerstrom, 1968, Instituto de Investigaciones Geológicas, Boletín N° 24.

d) Le Chili Semi-Aride - R. Paskoff, 1970, Bordeaux, Francia.

e) Cordillera de la Costa entre Chañaral y Caldera, Carta Geológica de Chile, Escala 1:100.000 - M. Mercado, 1978, Instituto de Investigaciones Geológicas.

f) Hidrogeología del Copiapó desde La Puerta hasta Angostura - Agua Ingenieros Consultores Ltda., 1979, en Plan Maestro Valle del río Copiapó, Dirección de Riego, Ministerio de Obras Públicas.

G) Evolución Geomorfológica del Desierto de Atacama entre los 26° y 33° de Latitud Sur; Revisión Cronológica - J. Naranjo y R. Paskoff, 1980, Revista Geológica de Chile.

H) Hoja Vallenar y parte Norte de La Serena, Carta Geológica de Chile, Escala 1:250.000 - R. Moscoso, P. Nasi y P. Salinas, 1982, SERNAGEOMIN.

I) Estudio Hidrogeológico del Valle de Copiapó, Sector Nantoco-Copiapó, Alamos y Peralta Ingenieros Consultores Ltda., para Ingenieros Civiles Consultores Ltda., SENDOS 1986.

J) Hojas Taltal y Chañaral, Carta Geológica de Chile, escala 1:250.000 - J. Naranjo y A. Puig, 1984, SERNAGEOMIN.

El estudio y análisis de la información indicada precedentemente, ha permitido establecer la base general para el estudio de geología de detalle para hidrogeología de los distintos sectores en que se ha planteado el estudio del valle del río Copiapó.

Otro antecedente importante que se ha tenido presente y utilizado en este estudio geológico, corresponde a fotografías aéreas verticales en pares estereoscópicos a escala 1:60.000, con las cuales se realizó un estudio fotogeológico de todo el valle del Copiapó, el que fue controlado en el terreno.

La cartografía utilizada ha sido a escala 1:50.000 del Instituto Geográfico Militar: escala 1:25.000 correspondiente a una ampliación de la anterior, y escala 1:10.000 de la Comisión Nacional de Riego.

3.5.2. Geología Regional

3.5.2.1. Rocas Sedimentarias y Volcánicas

Las rocas más antiguas que afloran en el área estudiada, corresponden a cuarcitas, esquistos y filitas correlacionables con la Formación El Toco; su edad es Paleozoico. Afloran restringidas a la zona oeste del área estudiada, en la terraza de abrasión marina del sector costero, aproximadamente entre María Isabel y Angostura, en ambos costados del valle, y relativamente alejados de su eje. Se ha definido estas rocas como basamento metasedimentario.

En el sector de Las Juntas de los ríos Jorquera, Pulido y Manflas, aflora la formación La Ternera, de edad Triásico, y origen continental, constituida por conglomerados, lavas básicas, areniscas, brechas y carbón.

De edad Jurásico y origen marino, se encuentra en el valle del Copiapó la formación Lautaro definida en el sector del Embalse de igual nombre. Las rocas asignables a esta formación son volcanitas y sedimentitas hacia la base; areniscas fosilíferas rojas y pardo amarillentas con intercalaciones de caliza, conglomerado, lutita fisible y andesitas en la parte media; lava andesítica con intercalaciones de brecha, conglomerado tobáceo y escasas capas de areniscas fosilífera, en la parte superior.

La formación Punta del Cobre, la más antigua del Neocomiano aflora restringida al sector de Tierra Amarilla, en el Valle de Copiapó. Esta constituida por rocas andesíticas y de albita y cuarzo.

Le sigue en edad, Neocomiano Medio, las formaciones Abundancia y Nantoco, que afloran también en el valle del Copiapó hacia aguas arriba de la formación anterior, extendiéndose ampliamente hacia el sur. Está compuesta por calizas con intercalaciones de rocas clásticas.

Continuando hacia aguas arriba, y decreciendo en edad, Neocomiano Superior, afloran las formaciones Totoralillo y Pabellón, en las localidades de igual nombre en el valle del Copiapó. Corresponden a limolitas calcáreas de grano fino la formación Totoralillo y a caliza la formación Pabellón.

Desde el área de Copiapó y hacia la costa, se encuentran afloramientos de la formación Bandurrias de edad neocomiana. Está constituida principalmente por rocas volcánicas andesíticas.

En el valle del río, aguas arriba del Pabellón y hasta Hornitos, aflora la formación Cerrillos, de origen continental y edad Cretácico Inferior, está constituida por conglomerados con algunas intercalaciones de areniscas en la mitad inferior; la parte superior está compuesta principalmente por lava andesítica, toba y brecha.

De edad Cretácico Superior a Terciario Inferior, aflora en la localidad de Hornitos y Quebrada Buenos Aires la formación Hornitos, constituida por rocas del tipo tobas ignimbríticas, conglomerado arenoso con lentes de arenisca y yeso, flujos de ceniza silícica y lavas.

De edad Terciario Superior a Cuaternario Inferior, existen en el área del valle de Copiapó, extensos depósitos continentales de grava, arena y marginalmente ceniza volcánica. Los afloramientos más importantes se encuentran en la superficie de abrasión marina que existe en la zona costera y que se extiende hacia el interior hasta la localidad de San Pedro.

Hacia aguas arriba, estos sedimentos, denominado en la geología de detalle que forma parte del presente estudio (Escala 1:20.000), Sedimentos Antiguos (SA), han sido erodados quedando solo algunos remanentes hasta la ciudad de Copiapó.

Hacia el este de Copiapó, en el sector de Paipote y hasta la localidad de Quebrada Cerrillos, vuelven a aflorar, principalmente en el costado derecho del

valle, los mismos sedimentos que se encuentran en la terraza de abrasión marina de la zona costera.

En la literatura consultada, estos sedimentos antiguos han sido denominados Depósitos de Terrazas Altas, y también "mantling gravels" y "fringing gravels", de edad Plio-Pleistoceno.

Otros sedimentos que existen depositados en el área, corresponden a aquellos relacionados con el escurrimiento del agua. En este capítulo se diferencian fundamentalmente en función de el grado de participación que ha tenido el agua.

Sedimentos aluviales - depositados en el fondo de los valles fluviales por la acción principalmente del río Copiapó y sus tributarios, engranado con depósitos laterales. Su granulometría varía desde bloques y bolones, en las cabeceras, hasta limos y arcillas en los sectores cercanos a Angostura.

Llanuras aluviales - corresponden a sedimentos depositados en valles tributarios del valle del Copiapó; poseen una pendiente poco pronunciada con respecto al valle principal, y una extensión considerable. El escurrimiento de agua es esporádico pero importante en caudal, pues drenan cuencas mayores. Este tipo de sedimentos tiene una selección regular y tamaños variables entre bolones y arcillas.

Conos de deyección - son aportes sedimentarios de pequeñas quebradas tributarias a los valles principales. Generan depósitos que se interdigitan en sus extremos distales con los depósitos aluviales y de llanuras aluviales. Se depositan en superficies que poseen una pendiente relativamente mayor que aquella del valle donde tributan. Su génesis corresponde generalmente a corrientes de barro, con una sedimentación heterogénea y caótica, por lo que poseen tamaños desde bloques hasta arenas y limos, con clastos angulosos a subangulosos.

3.5.2.2. Rocas Intrusivas y de Metamorfismo de Contacto

La actividad plutónica se ha desarrollado en esta área desde el Neocomiano. En el valle del Copiapó aflora en el sector entre Totoralillo y Pabellón, en pórfido andesítico de grano grueso que intruye la formación Pabellón, descrita anteriormente.

De edad Cretácico Superior a Terciario Inferior, es la roca metamórfica de contacto que aflora en el valle del Copiapó entre Tierra Amarilla y Paipote. Su litología corresponde a rocas marinas calcáreas metamorfoseadas por intrusiones plutónicas.

Estas intrusiones plutónicas corresponden al Batolito Andino, de similar edad, de extensión preferencial norte sur, que afloran en una franja muy ancha, desde Copiapó a Caserón aproximadamente, en ambos costados del valle del Copiapó. Su litología corresponde principalmente a granodiorita.

3.5.2.3. Estructura

En la cuenca de Copiapó existen importantes estructuras que poseen cierta incidencia en la génesis de los aparatos y sistemas sedimentarios no consolidado cuaternarios.

- Pliegues - El mas relevante en el valle del Copiapó, es el anticlinorio de Tierra Amarilla, el que generó tres miembros anticlinales estructurados en "echelón" hacia el norte.

  Otro pliegue importante es el amplio sinclinorio de Venado, que cruza el valle del Copiapó cerca de la localidad de Hornitos.

- Fallas - Asociadas al valle del Copiapó, existen varias fallas importantes, siendo la de mayor relevancia, la que corre paralela al valle del Copiapó desde aguas arriba de Nantoco hasta más al norte de Paipote, es decir, posee esta falla una corrida del orden de 16 kilómetros en el área de estudio.

Fallas transversales con respecto al valle mismo, existen en la localidad de Goyo Díaz, entre el embalse Lautaro y San Antonio.

Ambos sistemas de fallas corresponden a fallas normales, donde el bloque descendido es el ubicado al oeste o nor-oeste.

En la parte sur de la cuenca, existe una falla inversa con inclinación pronunciada hacia el nor-oeste desde el río Jorquera al río Manflas. Posee una corrida de al menos 35 kilómetros.

- Lineamientos - Se ha detectado importantes lineamientos, especialmente en el valle del Copiapó, los que podrían estar asociados fallas. Esto ha podido inferirse en el estudio de la geología de sub-superficie que se verá en capítulo posterior.

5.2.4. Historia Geológica

La evolución geomorfológica que ha experimentado el país entre los 26° y 33° de latitud sur, ha sido descrita en la literatura geológica, como eventos desarrollados en varias fases o etapas principales.

A continuación se describe en forma resumida las principales cinco fases, a través de las cuales se explica la geología, geomorfología y paisaje que presenta el área del valle del río Copiapó, a partir de las formas existentes en el Terciario.

ETAPA 1: Elaboración de una Topografía Madura

En el Terciario esta parte del territorio nacional correspondía a una penillanura cuyos remanentes pueden actualmente reconocerse a cotas considerables por sobre los valles actuales entre las cordilleras de Los Andes y de la Costa; esta planicie o penillanura extensamente descrita en la literatura geológica referida al Terciario, tal vez no habría alcanzado un desarrollo total, por cuanto en dicho plano es dable conocer la presencia de ciertos desniveles.

ETAPA 2: Fase de Erosión Activa

La formación de la Cordillera de Los Andes se explica como ligada a una tectónica mayor de tipo compresivo a través de fallas inversas de muy fuerte rechazo y produciendo la deformación de unidades de rocas preexistentes; algunas de las fallas indicadas estarían selladas por manifestaciones volcánicas del Terciario Medio (Oligo - Mioceno).

Este fuerte alzamiento produce una nueva situación de pendientes, a la cual debió adaptarse la red de drenaje existente, y se produce una fuerte erosión vertical por los cauces de aguas que excavaron su lecho hasta cotas de más de 100 metros bajo el nivel actual del mar en sectores próximos a la desembocadura. Esta incisión vertical que dió origen a los valles de orientación general E-O, se habría

producido en varias etapas como un proceso discontínuo, ya que en los flancos de estos valles se pueden apreciar terrazas rocosas.

Una incisión tan profunda de la peniplanicie terciaria, se habría producido por una situación de nivel de mar mucho más bajo que el actual y por la existencia de condiciones hidrometeorológicas favorables para un aporte de aguas suficiente como para excavar las rocas y transportar los sedimentos al mar en cantidades significativas.

ETAPA 3: Relleno General

La labor de los ríos se invierte significativamente en esta etapa, en la cual los ríos colmatan progresivamente los cauces labrados en la etapa anterior con potentes rellenos detríticos, tanto en el sector de la Cordillera de la Costa como en la de Los Andes; estos depósitos detríticos se asocian con las Gravas de Atacama.

Su espesor alcanzaría varios cientos de metros y están constituidos por gravas de selección mala a regular, con rodados y bolones bien redondeados. Habrían existido condiciones para la generación de cuencas cerradas donde se depositaron secuencias más finas de tipo lacustre, con las cuales se interdigitarían las facies más gruesas de las Gravas de Atacama. Este relleno, típicamente continental, engranaría con sedimentos de origen marino descritos como pertenecientes al Piso de Coquimbo, del Mioceno Medio a Superior.

ETAPA 4: Proceso de Pedimentación

En esta etapa se habría producido una erosión de las Gravas de Atacama producto de la acción lateral de los ríos en condiciones de semiaridez. Sobre la base de determinaciones radiométricas hechas en ignimbritas que estarían sellando la superficie del pedimento formado al final de esta etapa, ésta sería de edad Mioceno Superior.

ETAPA 5: Etapa de Reincisión

Durante el Cuaternario se habrían dado las condiciones para que los cauces de los ríos desarrollaran nuevamente una incisión de tipo vertical en el relleno de los valles, proceso geológico que se habría debido tanto a causas de origen tectónico como a una regresión del mar. Esta reincisión del paisaje habría actuado discontinuamente durante el Cuaternario y hasta la época actual, como lo estarían atestiguando los incipientes niveles de terrazas que exhibe el valle del Copiapó.

3.5.3. Geología de Sub-Superficie

3.5.3.1. Antecedentes

Para el estudio, reconocimiento y definición de la Geología de Sub-superficie en el valle del río Copiapó, se ha tenido acceso a la información que entregan los sondajes construídos en el valle. El número de estos alcanza a 290.

Por otra parte, dado que estos sondajes son insuficientes como para cubrir adecuadamente el área a estudiar, se realizó una campaña de prospección geofísica, a través del método de resistividad eléctrica, mediante el cual es posible determinar la profundidad a que se encuentra la roca impermeable, y además, permite conocer la existencia de distintos estratos que sobreyacen a esta roca fundamental, así como la existencia de facies sedimentarias distintas, especialmente aquellas relacionadas con depósitos sedimentarios aportados por quebradas tributarias, o por condiciones lacustrinas.

En esta campaña geofísica, se realizó 224 Sondeos Eléctricos Verticales con separación electródica (AB) de hasta 2.000 metros.

3.5.3.2 Geología de Sub-Superficie

La potencia de los sedimentos que se ha prospectado es enteramente variable según sea el sector que se considere por cuanto además de existir un basamento rocoso de topografía irregular, existen también sedimentos antiguos, los que se exponen en los flancos del valle, y pueden subyacer a sedimentos más recientes y/o actuales.

En los Estudios Hidrogeológicos por sector se incluyen varios perfiles transversales del valle. Estos han sido realizados sobre la base de la información que se obtuvo en la campaña geofísica, así como de las sucesivas interpretaciones y reinterpretaciones que se ha hecho de los antecedentes medidos en el terreno, con el propósito de mostrar tanto la potencia del relleno sedimentario como la topografía del basamento rocoso inferida sobre la base de las prospecciones geofísicas realizadas y de algunos sondajes que alcanzaron la roca.

En el Plano N° 2 se incluye un perfil longitudinal de todo el valle del Copiapó, en el cual se distingue claramente la posición del basamento rocoso, así como el espesor de los sedimentos que los sobreyacen.

En general, las profundidades a que se encuentra el basamento rocoso, es aquella detectada por los sondeos eléctricos verticales y extrapolaciones de las pendientes de los cerros, donde aflora la roca fundamental en superficie.

Se incluyen planos adecuados a cada sector de estudio del valle, donde se muestra la profundidad del basamento rocoso y el espesor de sedimentos a través de curvas de iso-profundidad y curvas isopacas.

En síntesis, se ha detectado las siguientes unidades geológicas principales en subsuperficie:

1) Relleno sedimentario correspondiente a la llanura aluvial del cauce actual del río Copiapó de resistividad muy alta en los sectores en que se encuentra seco, y baja en los sectores donde se encuentra saturado.

2) Relleno sedimentario lateral, tanto el aportado por las quebradas laterales como el coluvio derivado del piedemonte existente en las márgenes del valle y que en general tiene resistividades más bien bajas. Este relleno se interdigita con el relleno correspondiente a los de la llanura aluvial.

3) Relleno correspondiente a los niveles inferiores de los sedimentos antiguos (Gravas de Atacama), compuesto por fracciones gruesas. Su resistividad es comparativamente más alta que aquella medida en los sedimentos saturados que la sobreyacen.

4) Unidad asociada a aportes de las quebradas tributarias, principalmente del tipo de conos de deyección, los cuales poseen una granulometría más bien gruesa, con baja selección y redondeamiento, y se interdigitan con los sedimentos descritos en las unidades anteriores. Su resistividad es relativamente alta.

5) Roca Fundamental. Corresponde a un complejo de rocas antiguas; su paleorelieve es irregular lo cual hace variar la potencia del relleno sedimentario. Su resistividad alcanza valores constantes en el entorno a los 1000 ohm/metro.

3.5.4. Resultados

Los resultados del estudio geológico se han entregado en los capítulos precedentes, donde se ha descrito sucintamente la génesis de las unidades reconocidas, en lo que se ha denominado geología de superficie y geología de subsuperficie.

Por otra parte, se ha trazado la cartografía geológica necesaria para definir las condiciones geológicas en que se encuentra enmarcado el sistema hidrogeológico de cada uno de los sectores en que se ha dividido el valle del río Copiapó.

Esta cartografía corresponde a planos a escala 1:25.000, que representan lo siguiente:

- Plano Geológico (N° 2), donde se ha trazado el contacto entre la roca fundamental y los rellenos sedimentarios.

- Plano de Isoprofundidad (N° 3), donde se ha trazado las curvas de igual profundidad de la roca fundamental con respecto al nivel del mar.

- Plano de Isópacas (N° 5), donde se ha trazado las curvas que representan igual espesor de los sedimentos reconocidos.

3.6. Características Geométricas del Embalse Subterráneo

3.6.1. Antecedentes Empleados

Para analizar estas características se tuvo en cuenta tres elementos principales y que son:

- Levantamiento hidrogeológico superficial
- Perfiles estratigráficos de sondeos existentes
- Campaña de Geofísica con 87 Perfiles y 218 Sondeos Eléctricos

El levantamiento hidrogeológico superficial se realizó a escala 1.50.000 y 1:20.000 de acuerdo con la cartografía disponible. Dado que el valle fué dividido en seis sectores, se hizo un plano hidrogeológico particular para cada sector. En los Tomos Anexos 2 al 7 de cada uno de ellos puede apreciarse el contenido de estos mapas, en el cual se diferenció los distintos materiales de acuerdo con su edad, origen y permeabilidad. Esto de acuerdo con lo indicado en el apartado 5.1 de este informe.

Estos mapas delimitan los bordes laterales del valle, por medio del contacto entre la roca y el relleno detrítico. Se considera que sólo este último es el que conforma el embalse subterráneo objeto del presente estudio.

Los perfiles estratigráficos de los Sondeos, fueron obtenidos del catastro de pozos, el cual se incluye en el Anexo 1 de este informe. Particularmente importantes han sido las profundidades totales alcanzadas, la profundidad a la que se encuentra la roca basal y la posición de los principales acuíferos atravesados durante la perforación. Todos estos antecedentes se ubicaron en los planos base y luego se proyectaron en un perfil longitudinal del río, plano que se adjunta a este informe. Tal y como puede apreciarse, los sondeos rara vez alcanzan los 100 metros de

profundidad, siendo por lo general de 50 ó 70 mts. De ellos ha podido obtenerse los espesores mínimos de acuíferos, los espesores que superan la profundidad de los pozos, se han obtenido de la campaña de geofísica de resistividad. En cada uno de los sectores en que se ha dividido el valle, se confeccionó un plano con la ubicación de los pozos que poseían estratigrafía y se procedió a dibujar la estratigrafía de cada sondeo en dicho plano. Este es un documento gráfico de extraordinaria importancia que sirve para formarse una idea precisa de los materiales que se han encontrado en cada uno de los sitios con información dentro del embalse subterráneo en estudio.

Campaña de Geofísica Dado que se contaba con muy escasa información relativa al contacto de fondo entre el relleno detrítico y la roca basal se efectuó una intensa campaña de 218 sondeos eléctricos distribuídos en 87 perfiles transversales al valle, los que cubren desde los ríos Manflas, Jorquera y Pulido hasta el sector de Angostura.

Se ha considerado como final del valle a Angostura, puesto que allí termina prácticamente el relleno detrítico. Estos sondeos eléctricos han permitido en primer lugar, diferenciar grandes capas de diferente litología en sentido vertical, y en segundo lugar han precisado la cota del fondo del relleno o el inicio de la roca basal. Estos antecedentes junto con el levantamiento hidrogeológico superficial han hecho posible definir el embalse subterráneo en sus tres dimensiones, configurando la disposición estereométrica del mismo. El contraste que se obtiene entre la resistividad del material detrítico saturado y la roca basal es muy nítido y ha permitido precisar la posición de ésta.

3.6.2. Metodología de Análisis

Para definir los bordes laterales y de fondo del embalse subterráneo, se ha hecho un empleo conjunto de los antecedentes antes descritos.

Particularmente en cada perfil de geofísica, se procedió a efectuar una interpretación primera de la disposición en vertical de los distintos materiales en cada sondeo eléctrico. Posteriormente se efectuó una correlación entre los distintos sondeos de un mismo perfil, para definir la continuidad de los materiales y poder así configurar un esquema de capas sucesivas. En la práctica rara vez se pasó de dos ó tres capas, que corresponden a rellenos detríticos de diferentes características.

Una vez hecha esta correlación se procedió a encajar el perfil con los bordes laterales definidos en el levantamiento hidrogeológico superficial de modo de obtener una continuidad de la roca basal, en todo el perfil transversal y luego dispuestas sobre ésta las c de material detrítico.

Una vez terminada esta operación, se procedía a comparar con la disposición estratigráfica encontrada en los sondeos mecánicos para que la interpretación concordase con la realidad. En caso de haber diferencia significativas se procedía a efectuar un nuevo encaje de los sondeos eléctricos hasta conseguir un correcto ajuste.

Dado que la imprecisión de los resultados de un sondeo eléctrico no va más allá de un 20%, se ha actuado en consecuencia. De tal modo que cuando existía dudas sobre la posición de la roca se ha preferido asumirla un 20% más cercano a la superficie, ello con el objeto de no llegar a espesores máximos muy alejados de la realidad y en especial

para no considerar un embalse subterráneo sobrevalorado. De acuerdo con lo anterior, se debe considerar que los espesores de rellenos detríticos, se encuentran minimizados, es decir por el lado de la seguridad. Esto significa que podrían ser aún superiores.

En cuanto a las capas de material detrítico que se han diferenciado, en general se refieren a tres, un relleno antiguo más compacto que da resistividades mayores que 100 omhs metro y menos que 250 omhs metro, un relleno más moderno con mayor almacenamiento y que da valores entre 30 y 100 ohms metro; finalmente un relleno lateral mal clasificado con matriz arcillo-limosa que da valores de resistividad entre 10 y 50 ohms/m

3.6.3. Presentación de los Resultados

Dado que se trata de llegar a una visión estereométrica, lo más precisa posible de la geometría del embalse subterráneo, se ha procurado entregar los resultados en documentos gráficos que se explican por sí solos.

Así se configuró un total de 87 perfiles transversales al río Copiapó y sus afluentes Manflas, Jorquera y Pulido. Además se confeccionó un perfil longitudinal. Estos perfiles definen a lo largo y ancho del valle la forma del relleno detrítico. Los perfiles transversales se encuentran incluídos en cada uno de los informes por sectores incluídos en los Tomos Anexos 2 al 7, correspondientes a los seis sectores en que fué dividido el valle del río Copiapó, de acuerdo con el siguiente detalle:

SECTOR	PERFILES
Manflas, Jorquera, Pulido	1 al 15
Lautaro - La Puerta	16 al 26
La Puerta - Mal Paso	27 al 51
Mal Paso - Copiapó	52 al 64
Copiapó - Piedra Colgada	65 al 75
Piedra Colgada - Angostura	76 al 87

La inspección de cada uno de ellos es suficientemente explícita como para definir gráficamente las características geométricas.

A modo de resumen se incluye un cuadro en que se colocan los anchos máximos y mínimos en cada sector, asi como los espesores máximos y mínimos.

SECTOR	ANCHURA (Mts) MAXIMA	MINIMA	ESPESOR (Mts) MAXIMA	MINIMA
Manflas-Jorquera-Pulido	2.000	200	700	40
Lautaro - La Puerta	1.750	250	550	50
La Puerta - Malpaso	1.500	250	400	70
Malpaso - Copiapó	3.000	750	500	200
Copiapó - Piedra Colgada	5.000	750	600	130
Piedra Colgada-Angostura	10.000	1.800	500	150

Por otra parte se confeccionó en cada sector dos mapas; a saber: uno con isocurvas que indican la cota a que se encuentra la roca basal y otro también de isocurvas que indica el espesor del relleno detrítico en cada punto. Ambos elementos al abarcar todo el valle son un valioso aporte al conocimiento de la geometría del acuífero, como también un elemento de trabajo para la construcción de pozos en el valle en un futuro. Los planos se explican por si solos.

Todos estos elementos han permitido determinar los volúmenes de embalse subterráneo por sector, como también los volúmenes de agua embalsados. El total del volumen embalsado alcanza a los 5.756 Mm^3, cifra de por si muy importante y digna de ser tenida en cuenta para cualquier programa de explotación del embalse subterráneo. El cuadro adjunto expresa los volúmenes de acuífero y de agua por sectores.

VOLUMENES DE ACUIFERO Y EMBALSADO POR SECTORES

SECTOR	VOLUMEN ACUIFERO Mm^3	VOLUMEN AGUA Mm^3
Manflas - Jorquera Pulido	7.036	704
Lautaro - La Puerta	2.653	265
La Puerta - Mal Paso	4.828	485
Mal Paso - Copiapó	7.225	723
Copiapó - Piedra Colgada	15.212	1.521
Piedra Colgada - Angostura	20.584	2.058
Total Valle	57.558	5.726

3. 6.4. Interpretación Hidrogeológica

El valle del río Copiapó está conformado por un relleno aluvial detrítico, permeable que yace sobre la roca basal impermeable.

La historia geológica del valle es tal que ha dado lugar a estructuras del tipo hörst y graben, siendo estas últimas las que al estar rellenadas por material aluvial, dan origen a los mayores espesores del acuífero, hasta 500 metros. Por el contrario en las zonas de hörst, los espesores llegan al mínimo, obteniéndose valores de 40 a 80 metros.

En cuanto al relleno se diferencian tres tipos de distinta permeabilidad a saber: Un relleno aluvial detrítico antiguo que en parte puede estar cementado, es de permeabilidad media a alta y en algunos sectores se encuentra directamente sobre la roca basal, puede alcanzar espesores de hasta 200 ó 300 metros.

Un relleno detrítico más moderno de permeabilidad alta a muy alta compuesto de gravas, arenas y bolones, con espesores comprendidos entre 100 y 250 metros.

Unas intercalaciones de material aluvial, producto de los acarreos de las quebradas laterales que han producido capas de material de permeabilidad media, entremedio de las anteriores.

El embalse subterráneo formado por estos tres tipos de materiales conforma una sola unidad y es de naturaleza libre, es decir, no existen acuíferos confinados. La continuidad de permeabilidades es tanto en sentido vertical como horizontal. De acuerdo con ello se tiene que en el sentido longitudinal del valle existe un escurrimiento de agua subterránea desde aguas arriba hacia aguas abajo a lo largo de todo el valle.

Los estrechamientos dan lugar a dismimución de transmisibilidad con el consiguiente nacimiento de vertientes, los que se manifiestan, tanto en la existencia de vegetación freatófita, como en recuperaciones del caudal superficial del río.

El hecho de que no existen lechos impermeables ha puesto en comunicación directa al río y al acuífero, como también a la zona de riego con el acuífero. Estos dos hechos implican la existencia de infiltraciones o recargas desde ambos sistemas al embalse subterráneo.

El sector de Angostura puede considerarse como el límite poniente del embalse subterráneo, porque allí se termina la existencia de un relleno detrítico.

El volumen de agua embalsada, clasifica al acuífero del valle del río Copiapó como uno de los embalses subterráneos más importantes del país, y capaces de ser explotados con un criterio de regulación hiperanual.

3.7 Características Hidráulicas del Embalse Subterráneo

Por características hidráulicas del embalse subterráneo se entiende su capacidad de transmitir y almacenar agua. Estas capacidades se reflejan en los valores de los coeficientes de Transmisividad y de Almacenamiento, y sólo es posible conocerlos mediante ensayos de terreno.

El capítulo que sigue describe cómo se han obtenido estos parámetros y se analizan los valores obtenidos.

3.7.1. Antecedentes Empleados

Los antecedentes disponibles para el conocimiento de las características hidráulicas del relleno permeable son escasos, pese a la gran cantidad de pozos existentes en el valle. Esto se debe a que las pruebas de bombeo de caudal constante son escasas y tampoco, para las de caudal variable, se dispone normalmente de los registros con los datos recogidos durante la prueba. Generalmente se tiene para cada pozo su curva de agotamiento, es decir la relación Caudal-Nivel de agua en el pozo, que se obtiene de la prueba de Caudal Variable. Esto no existe en muchos casos para los pozos más antiguos del valle, donde se ha tenido como único antecedente su Caudal Específico expresado en litros por segundo por metro deprimido (l/s/m). El caudal específico corresponde a la relación caudal bombeado - depresión, y se calcula como la división del máximo caudal bombeado por la depresión de nivel que se produce en el pozo al bombear ese caudal. El procedimiento seguido es discutible ya que puede obtenerse diferentes valores para el caudal específico, según sea el par de valores caudal bombeado/depresión que se considere. Al respecto hay diferentes opiniones, y se ha argumentado que sería más correcto trabajar con un valor promedio del caudal específico. Teniendo en consideración lo anterior se ha calculado los caudales específicos a partir de los máximos caudales de bombeo en cada pozo, debido a que éste ha sido el procedimiento seguido con los pozos más antiguos del valle, de los cuales se conserva hoy en día sólo el dato del caudal específico y no su

curva de agotamiento.

Se ha procedido entonces a recopilar toda la información disponible sobre caudales específicos, transmisividad y almacenamiento. Las fuentes empleadas han sido las siguientes:

- Curvas de Agotamiento de Pozos, obtenidas de archivos de la D.G.A. en Santiago, (en el caso de pozos más antiguos), de los expedientes para tramitación de Derechos de Aguas y de las empresas perforistas.

- Valores del caudal específico sacados del catastro CORFO (1971), (ref.10), el informe de Uri Hammer (1980) (Ref.6), el informe ITALCONSULT(1963)(Ref.12) y de los antecedentes de la Dirección de Riego sobre los pozos perforados por esa repartición.
- Valores de transmisividad, extraídos del informe ITALCONSULT (Ref.12), el informe Uri Hammer, (Ref.6), algunas pruebas de caudal constante hechas por SENDOS en sus pozos del Recinto A.P. Vicuña, en la ciudad de Copiapó, y algunas pruebas de caudal constante aportadas directamente por empresas perforistas.

3.7.2. Metodología de Análisis

Con la información recopilada se ha realizado primeramente los planos de Caudales Específicos. Posteriormente, y dada la escasez de datos directos de transmisividad, se ha establecido una relación entre transmisividad y caudal específico.

Teóricamente, de acuerdo a la ecuación de Theis, las depresiones producidas en un acuífero por el bombeo de un pozo vienen dadas por:

$$d = \frac{Q}{4 \pi T} \cdot \mathrm{Log}_e \frac{(2{,}25 \cdot T \cdot t)}{r^2 \cdot s}$$

Donde:

d = depresión, respecto del nivel estático, en un punto alejado r metros del pozo bombeado (m).

Q = Caudal bombeado (m^3/seg).

T = Transmisividad (m^3/seg/m)

t = Tiempo desde el inicio del bombeo (seg)

r = Distancia del punto considerado al pozo de bombeo (m)

S = Coeficiente de almacenamiento °/₀ 1)

Esta fórmula es válida para un pozo que penetra el embalse subterráneo hasta la roca basal y un acuífero homogeneo, de extensión infinita y sin fuentes de recarga, ni siquiera el escurrimiento natural de la napa. No considera, por otra parte, pérdidas de carga en la entrada al pozo o, dicho de otra manera, se trata de pozos 100% eficientes.

Recordando los términos de la ecuación y cambiando las unidades se llega a:

$$T = C \cdot \frac{Q}{d} \quad (m^3/día/m); \ \frac{Q}{d} \text{ en } (l/s/m)$$

$$\text{con } C = \frac{86,4}{4\pi} \ \text{Log}_e \ \frac{(2,25 \cdot T \cdot t)}{r^2 \cdot S}$$

Se ha evaluado C para diferentes valores de T, t y S, observándose que, por estar incluídos dentro de un logaritmo, su valor es relativamente constante. Como ejemplo se ha considerado un pozo de 12" de diámetro (r = 0,15 m), una prueba de bombeo de 24 horas de duración y un acuífero con transmisividad T = 1000 (m^3/día/m) y coeficiente de almacenamiento 10%, que es el más típico de acuíferos libres como los encontrados en el Valle de Copiapó. En este caso C = 116,8, valor que baja a C = 112,1 si la prueba dura sólo 12 horas o bien si el coeficiente de almacenamiento fuera en realidad 20%. Por su parte, si la transmisividad sube a T = 10.000 (m^3/día/m), con los datos originales se tiene C = 132,7, cifra que llega a C = 127,9 si t = 12 horas o el almacenamiento llega al 20%.

En síntesis, la transmisividad y el caudal específico se relacionan teóricamente a través de una relación

$$T = C \cdot \frac{Q}{d}$$

donde C es una constante que puede fluctuar entre 100 y 140 aproximadamente para situaciones comunes en acuíferos libres. T debe expresarse en (m^3/día/m) y $\frac{Q}{d}$ en (l/s/m).

Esta relación, no obstante, no refleja la realidad, al considerar el pozo 100% eficiente. En efecto, las pérdidas de carga en la entrada del agua al pozo suelen ser de importancia, pérdidas que se originan en el paso del agua a través del filtro anular y tubo ranurado que forman un pozo. Luego, como en la determinación de la transmisividad no afectan prácticamente estas pérdidas, ya que se trabaja con diferencias de niveles deprimidos, mientras que en el caudal específico el cuociente es directamente un nivel deprimido que incluye las pérdidas de entrada, la relación deducida debe ser corregida.

Con este fin se ha graficado todos los datos de transmisividad y caudal específico disponibles en el valle. El resultado se muestra en la Figura 7-1, de la cual se ha extraído que

$$T \cong 300 \cdot \left(\frac{Q}{d}\right) \quad (m^3/día/m)$$

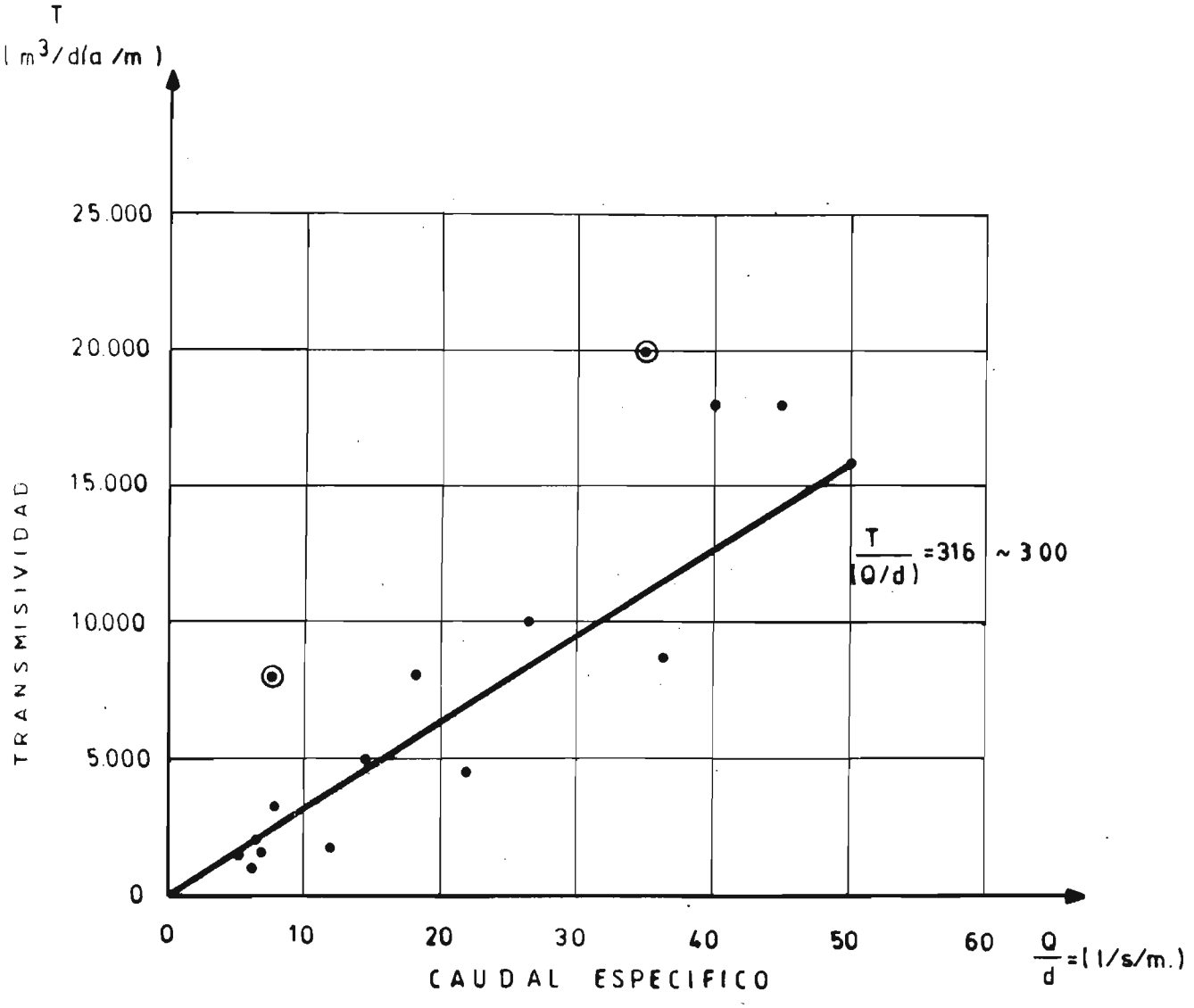
$$\frac{Q}{d} = \text{Caudal específico (l/s/m)}$$

No se ha considerado aquí algunos puntos que caen fuera de la tendencia general, para no deformar una situación promedio.

Comparando ahora el coeficiente obtenido de C = 300 con los teóricos antes señalados entre 100 y 140, se descubre que la eficiencia de los pozos del valle fluctúa entre un 30 un 50% aproximadamente.

VALLE RIO COPIAPO

RELACION TRANSMISIVIDAD - CAUDAL ESPECIFICO



⊙ = PUNTOS NO CONSIDERADOS

FIGURA 7-1

Una vez hecha la corrección por ineficiencia del pozo, es necesario considerar un segundo factor relacionado con la penetración parcial de los pozos en el acuífero.

Como antes se dijo, la ecuación de Theis supone que el pozo penetra el acuífero hasta la roca basal. Cuando esto no ocurre, es decir, el pozo no se perfora hasta la roca, la transmisividad calculada a través de una prueba de gasto constante con medición de niveles en el pozo de bombeo, es menor que la real. Esto sucede porque el pozo obtiene el agua fundamentalmente de los estratos acuíferos perforados y no otros más profundos que pueda existir, situación particularmente verídica en el entorno del pozo. El efecto, en cambio, es menos importante cuando la transmisividad se calcula con los niveles controlados en pozos de observación alejados del pozo de bombeo, porque hay una mayor proporción de acuífero involucrado, según se puede apreciar en las líneas de flujo hacia un pozo.

En resumen, lo anterior significa una corrección a los valores de transmisividad obtenidos con mediciones de niveles en el pozo de bombeo y la determinada a partir del caudal específico mediante la relación deducida anteriormente.

Para la determinación del factor de corrección, se debe tener en cuenta que la transmisividad corresponde al producto de la permeabilidad del acuífero por su espesor. Debido a que las transmisividades obtenidas de pruebas de bombeo realizadas en los diferentes pozos reflejan el comportamiento del estrato superior del acuífero, se debe agregar el aporte del estrato inferior para determinar la transmisividad del acuífero completo.

Es decir:

$$Tc = Ks \cdot e_s + Ki \cdot e_i \qquad (1)$$

en que: Tc = Transmisividad corregida (m^3/día/m)

Ks = Permeabilidad del estrato superior (m/s)

Ki = Permeabilidad del estrato inferior (m/s)

e_s = Espesor del estrato superior (m)

e_i = Espesor del estrato inferior (m)

Por otro lado, se considera que la permeabilidad del estrato inferior corresponde a un tercio de la del estrato superior, lo que se debe a la existencia de materiales de granulometría menor en el primero. Esto se traduce en las siguientes relaciones.

$$K_i = \frac{1}{3} K_s \qquad (2)$$

(2) en (1)

$$T_c = K_s \cdot e_s + \frac{1}{3} T_s \cdot e_i$$

$$T_c = K_s \cdot e_s + \frac{1}{3} K_s \cdot \frac{e_i}{e_s}$$

$$T_c = T_s \left(1 + \frac{1}{3} \frac{e_i}{e_s}\right)$$

Dado que Ts es el valor de la transmisividad medida a través de pruebas de bombeo, el factor de corrección por penetración parcial es

$$C = \left(1 + \frac{1}{3} \frac{e_i}{e_s}\right)$$

Los valores correspondientes a los espesores de ambos estratos son obtenidos de los planos de isoespesor saturado y de la profundidad total del pozo menos el nivel estático de la napa al momento de realizarse la prueba.

3.7.3. Presentación de los Resultados

Los resultados obtenidos se presenta en el Anexo N° 5, con los valores de Caudal Específico y Transmisividad de los diferentes pozos. Estos valores se han llevado a planos y se presentan, para cada sector, en los tomos correspondiente.

Normalmente se observa que la transmisividad no baja de los 1000 (m^3/día/m), superando los valores máximos los 60.000 (m^3/día/m). En líneas generales se puede decir que las transmisividades del valle son entre medias y altas, encontrándose zonas de baja transmisividad, inferior a 1000 (m^3/día/m), sólo en la parte más

baja del valle, en el sector Hacienda Margarita-María Isabel. Para un análisis más detallado se recomienda revisar los comentarios de cada sector individual.

Respecto del coeficiente de almacenamiento, se cuenta con muy poca información. Los datos disponibles, que se presentan en el Cuadro 7-1 a continuación, señalan cifras entre 0,16 y 11%. Por la naturaleza libre descubierta en los embalses subterráneos investigados, cabe esperar que este coeficiente se ubique entre 10 y 20%.

CUADRO N° 7-1

COEFICIENTES DE ALMACENAMIENTO

COORDENADA	POZO N°	CONSTRUCTOR	S%
27°20' - 70°10'	A-6	CORFO-368	3,0
	A-8	CORFO-328	3,0
	A-9	CORFO-404	6,4 - 11,0
	A-11	CORFO-362	0,8
	C-11	-	0,19
27°40' - 70°10'	B-4	-	0,16

3.8. Características de la Napa

Las características de la napa quedan representadas por la profundidad del nivel estático, su variación estacional y la forma de la superficie piezométrica. Tradicionalmente se ha incluído aquí también la calidad química, aspecto que en este caso se ha preferido tratar aparte para hacer un análisis más completo.

En el capítulo que sigue se describe lo realizado en torno a los aspectos antes señalados.

3.8.1. Profundidad del Nivel Estático

3.8.1.1. Antecedentes Empleados

Para conocer la profundidad del nivel estático se realizó una amplia campaña de terreno entre Diciembre de 1986 y Enero de 1987. En ella se controló el nivel de 172 pozos y norias a lo largo del valle, incluídos los piezómetros construídos recientemente en la parte baja del valle y los pozos de observación que controla periódicamente la D.G.A.

Pese a que la cantidad de información recogida es plenamente adecuada para la escala de trabajo empleada, cabe indicar que una mayor cantidad de datos se habría podido obtener de no impedirlo la instalación de las bombas en algunos pozos.

3.8.1.2. Metodología de Análisis

Los niveles estáticos referidos al nivel de terreno se han puesto en planos, a diferentes escalas según fuera el sector estudiado, para luego trazar sobre ellos las curvas de isoprofundidad del nivel estático. Este trazado se ha apoyado en los datos puntuales de cada pozo, pero se ha basado en la superposición de la superficie piezométrica a la del terreno. De este modo se cubren zonas con poca información y las curvas trazadas son coherentes con la forma y posición de la superficie piezométrica.

3.8.1.3. Resultados Obtenidos

Los resultados obtenidos se presentan en el Plano N° 6, láminas 1 a la 6, denominado. Isoprofundidad del Nivel Estático. Para el valle como un conjunto se puede señalar que, para Diciembre 1986 - Enero 1987, la situación de niveles estáticos era la siguiente:

a) Los niveles más profundos, cercanos a los 55 metros, se presentan en el curso bajo de los ríos Jorquera y Pulido, poco aguas arriba de su confluencia con el río Manflas para formar el río Copiapó.

b) Para la fecha considerada, existen en el Valle de Copiapó amplias zonas de vegas. Normalmente estas se desarrollan sólo en la caja del río, en sectores de niveles poco profundos, menores de 10 metros.

Los sectores donde se ha detectado vegas son los siguientes:

- San Antonio y el tramo Los Loros-La Puerta, en el sector Embalse Lautaro-La Puerta.
- Cerrillos-Nantoco en el sector La Puerta-Mal Paso.
- Copiapó, frente a la ciudad, en el sector Mal Paso-Copiapó.
- Piedra Colgada, en el sector Copiapó-Piedra Colgada.
- San Pedro y Hacienda Margarita-María Isabel, en el sector Piedra Colgada-Angostura.

No hay vegas en la zona de los afluentes al río Copiapó, los ríos Manflas, Jorquera y Pulido. Cabe señalar que se ha denominado vegas a las áreas donde la profundidad del nivel estático no supera 1 metro bajo la superficie del terreno.

Una descripción más detallada de la profundidad de niveles se presenta en el análisis que se hace para cada sector, y que se entrega en los Tomos Anexos 2 al 7.

3.8.2. Superficie Piezométrica y Sentido de Escurrimiento de las Aguas Subterráneas

3.8.2.1. Antecedentes Empleados

Se denomina superficie piezométrica a la superficie de la napa subterránea, que se obtiene dando cota respecto de una referencia única al nivel del agua medido dentro de pozos y norias.

Los antecedentes empleados para conocer la superficie piezométrica son los niveles estáticos medidos en la campaña de terreno hecha en Diciembre de 1986 y Enero de 1987, la misma empleada para conocer la profundidad del nivel estático, y la cota de terreno de cada pozo, extraída de los planos escala 1:5.000 con la ubicación de los pozos. Cabe señalar que no se comete un error apreciable al obtener las cotas de terreno de esta manera por las siguientes razones.

- El gradiente hidráulico de la napa, en general alto, no afecta la forma de la superficie piezométrica si la cota de terreno tiene un error de más menos 50 centímetros como es el que se obtiene de los planos 1:5.000.

- El menor error que podría lograrse en las isopiezas producto de cotas de pozos mas precisas, es insignificante frente al error que induce la densidad de la información existente. En efecto, la densidad de pozos, aunque suficiente para la escala en que se ha trabajado, difícilmente permite para las isopiezas una precisión de más menos 1 metro en las zonas con mayor información, la que puede bajar a más menos 5 metros o inferior en tramos como La Puerta-Hornitos donde no hay ningún pozo a lo largo de 5 km.

3.8.2.2. Metodología de Análisis

Partiendo de los antecedentes antes mencionados se ha calculado la cota piezométrica de cada pozo, como la diferencia entre su cota de terreno y la profundidad medida del nivel estático respecto del terreno. Estas cotas piezométricas se

han puesto luego en planos con los pozos ubicados y, por interpolación entre puntos, se ha obtenido las curvas isopiezas, que son las que representan la superficie piezométrica. En el trazado de las isopiezas se ha respetado la perpendicularidad al contacto roca-acuífero, para cumplir con la teoría del flujo subterráneo que señala que las isopiezas son perpendiculares a las líneas de flujo y que el borde impermeable es la línea de flujo nulo.

3.8.2.3. Presentación de los Resultados

Los resultados obtenidos se presentan en el Plano N° 7, láminas 1 a la 6, que se incluyen en los tomos 5 al 10 de este informe, con el estudio hidrogeológico por sectores.

En líneas generales se puede decir lo siguiente:

a) Básicamente las isopiezas se disponen perpendiculares al eje longitudinal del valle, lo que significa que el escurrimiento subterráneo es más que nada paralelo al eje del valle.

b) Los gradientes hidráulicos a lo largo del valle son muy variables, dependiendo del ancho del valle, la permeabilidad de los sedimentos y los caudales subterráneos que circulan en cada sector. No obstante, para Diciembre 1986 - Enero 1987, no se ha detectado gradientes inferiores a 0,1 % ni superiores a 2,5 %.

3.8.3. Variaciones del Nivel Estático

3.8.3.1. Antecedentes Empleados

Para conocer las variaciones del nivel estático de la napa, la DGA controla, desde hace varios años, una amplia red de piezómetros, en los cuales mide mes a mes el nivel estático. A fines de 1986 se estaba controlando 39 piezómetros a lo largo de todo el valle. La longitud de los registros es variable, existiendo pozos que se miden incluso desde 1961. En esa época, y hasta 1974, el con-

trol de niveles lo llevó a cabo la CORFO. Posteriormente se ha encargado de ello la DGA.

3.8.3.2. Metodología de Análisis

Los antecedentes señalados se han graficado en limnigramas, tanto los pozos con registros interrumpidos como aquellos que se miden hoy en día. Luego se ha localizado los limnigramas en planos con la ubicación de pozos, identificando los pozos con su gráfico respectivo.

3.8.3.3. Presentación de los Resultados

Las variaciones del nivel estático se presentan en el Plano N° 8, láminas 1 a la 6, entregadas en los Tomos Anexos 2 al 7.

a) Prácticamente todo el valle muestra un comportamiento similar, con los niveles históricos más profundos a fines de 1980 y los más superficiales en 1984 ó 1985. Un poco diferente es el caso de los pozos ubicados aguas abajo de Piedra Colgada, que presentan sus niveles mínimos en 1983 y los máximos en 1985 y 1986.

Respecto de la zona que está aguas arriba del embalse Lautaro, no se dispone de registros suficientemente largos como para dar una opinión.

b) Las máximas variaciones de nivel observadas se han dado en el sector La Puerta-Mal Paso, donde se ha registrado más de 35 metros de diferencia entre los máximos y mínimos niveles controlados.

c) Las amplitudes de variación son diferentes a lo largo del valle, viéndose generalmente atenuadas en los sectores donde hay vegas.

3.3. Calidad Química

3.3.1. Calidad Química de Aguas Subterráneas

3.3.1.1. Antecedentes Empleados

Para el estudio de la calidad química de las aguas subterráneas se contó con los análisis de pozos efectuados por la Dirección General de Aguas (DGA) y SENDOS. Dichos análisis químicos se han efectuado en forma esporádica, de manera que la DGA ha recogido datos entre los años 1969-1973 y 1978-1985, y SENDOS entre los años 1978-1982. El año con mayor cantidad de datos disponibles es el 78; le siguen los años 69, 80 y 79. Por otra parte, algunos pozos del valle cuentan con información de a lo menos 4 años dentro del período considerado.

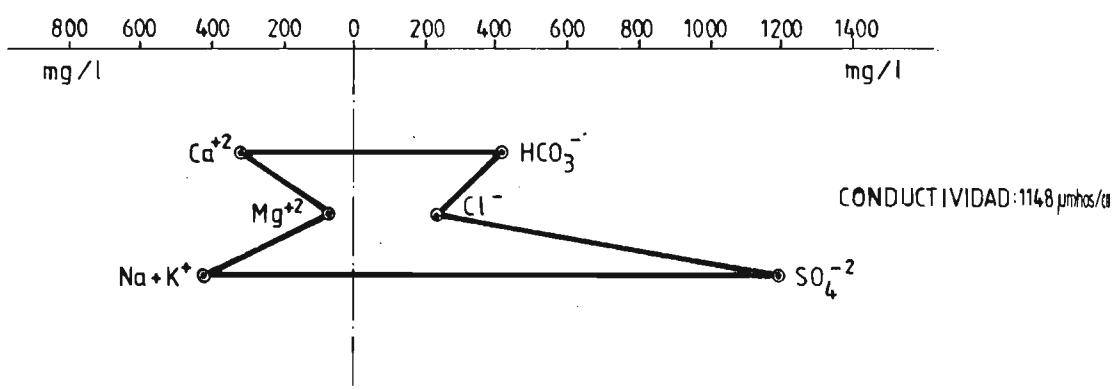
La calidad de la información utilizada se aprecia en las diferencias porcentuales entre la suma de miliequivalentes por litro de cationes y aniones. En general, resultó bastante aleatoria por cuanto algunos años presentan un rango bastante amplio en las variaciones. Aún así puede afirmarse, con bastante certeza, que los datos recogidos en los años 1969 y 1980 son de menor calidad que los del resto analizado. La mayor parte de los datos del año 1969 presentan variaciones cercanas al 20%, en tanto los del 80 próximas, en promedio, al 5%. Por su parte, los años 78, 72, 73, 81 y 82 son los más confiables pues rara vez superan el 2 ó 3%.

Se ha recopilado, entonces, la información considerada más relevante dentro del estudio, y que cuenta con una cantidad de datos suficiente como para sintetizar la distribución de la calidad de aguas en el valle del río Copiapó. Según lo anterior, se consideraron los iones HCO_3^-, CO_3^{-2}, Cl^-, $SO4^{-2}$, Ca^{+2}, Mg^{+2}, Na^+ y K^+. También se analizó la clasificación USSL de aguas para riego, (ver la sección normas, Capítulo 4 sobre Normas de Calidad) de los datos de pozos y el contenido de Boro de dichas aguas.

3.9.1.2. Metodología de Análisis

Los datos señalados anteriormente se han expresado en un sistema único de medida, ya que la información original emplea diferentes unidades para indicar las concentraciones de los iones presentes en el agua analizada. Se ha elegido como unidad los milígramos por litro (mg/l) por ser la más conocida y en la que se expresan los límites establecidos por las normas.

Se han utilizado todos los datos disponibles en la confección de tablas, en las que se ha resumido la información considerada relevante. Esto significa tabular la concentración de HCO_3^-, Cl^-, SO_4^{-2}, Ca^{+2}, Mg^{+2}, $Na^+ + K^+$ y CO_3^{-2} y la conductividad de cada pozo para todos los años que se posea dicha estadística. La información así recogida, se ha vertido en planos con la ubicación de los pozos del área en estudio, empleando una variación de los diagramas de Stiff para representar la concentración de los parámetros de interés. El diagrama de Stiff que se ha usado es del tipo que se muestra en el esquema que sigue.



El diagrama permite establecer zonas con aguas subterráneas de características químicas similares, y además complementar el conocimiento de los mecanismos de recarga y movimiento de la napa. Por otra parte, entrega una buena idea acerca de la variación de la calidad química a lo largo del valle y también de la variación temporal.

Con el objeto de analizar la variación de la calidad química a lo largo del valle se han graficado diferentes parámetros, de los años en que se cuenta con una mayor cantidad de datos. Los años considerados fueron el 69, 78, 79 y 80, presentándose detalladamente los datos recopilados en el Anexo 2.

Se graficó la concentración de los iones HCO_3^-, Cl^-, Ca^{+2}, Mg^{+2} y $Na^+ + K^+$, de cada pozo a partir de la zona de San Antonio, siguiendo hacia aguas abajo hasta la desembocadura del río Copiapó. La escala utilizada varió en un rango de 0-500 (mg/l). Por el ión sulfato y la conductividad se empleó una escala de 0 a 3500 unidades, 0-3500 (mg/l) para el SO_4^{-2} y 0-3500 (umhos/cm) para la conductividad.

Este segundo procedimiento permite además apoyar la configuración de la distribución temporal de las aguas subterráneas. Los planos con los diagramas de Stiff entregan una idea por sectores de dicha situación. Por su parte, los gráficos permiten una comparación eficaz de la variación de la calidad química en cuatro años para todo el valle.

El principal objeto de la graficación de dichos valores, consiste en establecer la distribución espacial de la calidad química - de aguas subterráneas - a lo largo del valle.

Se ha generado un listado con la información de los diagramas, de manera de apoyar su comprensión con cifras exactas. En dicho listado, que se adjunta en el Anexo 2, figuran los siguientes datos: Pozo, Coordenada, Zona, Concentración del ión HCO_3, Cl, SO4, Ca, Mg, Na + K en (mg/l), Conductividad en (umhos/cm), Clasificación USSL y contenido de Boro en (mg/l). Cabe destacar que se ha hecho hincapié en la confiabilidad de los datos que merezcan dudas, y se hayan utilizado en la descripción general del valle. Esto se ha llevado a cabo mediante el cálculo de la diferencia (porcentual) entre la suma de aniones y cationes de cada muestra. No se ha podido comprobar mediante la razón conductividad - % de sólidos disueltos, debido a que los análisis no contienen datos de los sólidos en solución.

3.9.1.3. Presentación de los Resultados

De los planos de calidad química de cada sector, que lleva el N° .11, diagramas de Stiff y los gráficos que contienen dicha información para 4 años que se presentan en las Figuras 9-1 a 9-4, puede inferirse lo siguiente:

- Las aguas subterráneas son, predominantemente, sulfatadas-sódicas o sulfatadas-cálcicas.
- Los iones, en general, tienen una pequeña amplitud de variación. Estas son menores al interior del valle y mayores hacia la desembocadura.

  Asimismo, las aguas cercanas a los cerros son, invariablemente de mayor concentración iónica que la de los pozos cercanos al lecho del río.
- Existen 3 zonas de alta concentración iónica que son: los pozos A-13 y A-14 del sector Nantoco, algunos pozos de San Fernando, al llegar a la ciudad de Copiapó, y aquellos comprendidos entre Chamonate y Angostura. Los pozos B-1 y B-2 de Bodega presentan también una elevada concentración de los iones analizados. Tomando en cuenta que los planos de calidad química en que se han representado los diagramas de Stiff no denotan la presencia de una zona de concentración elevada para la zona de Bodega, es que se ha desechado la información de los citados pozos B-1 y B-2.
- Las aguas de menor concentración iónica son las de los pozos del fundo San Antonio; los pozos A-7 - B-1 y A-1 de Nantoco y desde el C-4 de Tierra Amarilla hasta Paipota. Hay que considerar que dichas aguas sólo exceden la norma de potabilidad en lo que respecta al sulfato. En cuanto a su aptitud para registro, son bastante salinas lo cual representa una dificultad para riego de los suelos cuyo drenaje sea restringido.
- En general, las variaciones temporales de la calidad en el valle alcanzan como mucho al 30%. A pesar de ello sucede que, en algunos pozos de diferente localización a lo largo del valle, el sulfato experimenta un aumento de concentración desde el año 69 al 78-79 para declinar hacia el 80-82. Por su parte, el Bicarbonato disminuye su concentración gradualmente a partir del año 69. Los otros niveles permanecen invariables. Esto último podría estar relacionado con la variación de niveles que ha experimentado la napa, que alcanzó el punto más bajo el año 1980, recuperándose luego a partir de 1981.

La variación de la concentración de las especies iónicas está relacionada con la conductividad de las aguas, debido a que esta última depende directamente de la cantidad total de iones disociados. En consideración a esto último, se analizarán los datos entregados por los planos con diagramas de stiff.

- Los pozos del sector Piedra Colgada-Angostura se caracterizan por altos niveles de todos los iones. Esto se refleja por valores de la conductividad entre 2500 y 3000 (umhos/cm). La concentración iónica es aún mayor hacia el sector de Monte Amargo.

- El sector Copiapó- Piedra Colgada presenta variaciones graduales e importantes de la conductividad. En Copiapó tiene aguas subterráneas cuya conductividad alcanza a 1600 (umhos/cm), llegando ocasionalmente a 2500 unidades a la altura de Piedra Colgada.

- En la zona Mal Paso-Copiapó hay 2 sectores claramente diferenciables. El primero se ubica entre Mal Paso y el Fundo Escorial. En él la conductividad varía entre 1100 y 1400 (umhos/cm). A la altura de Tierra Amarilla declina hasta 1200 ($\frac{umhos}{cm}$), para ascender paulatinamente a 1600 unidades en el sector de La Chimba.

- La Puerta-Mal Paso cuenta con muy pocos datos. La conductividad de la zona varía desde 1200 ($\frac{umhos}{cm}$), en el sector de La Puerta, hasta los 1400 en Villa María, para mantenerse constante hasta Mal Paso. (Los datos corresponden a pozos cercanos al lecho del río).

- Lautaro-La Puerta presenta conductividades que van desde 800 ($\frac{umhos}{cm}$) en el Tranque de Noche hasta 1300 en la zona de Los Loros.

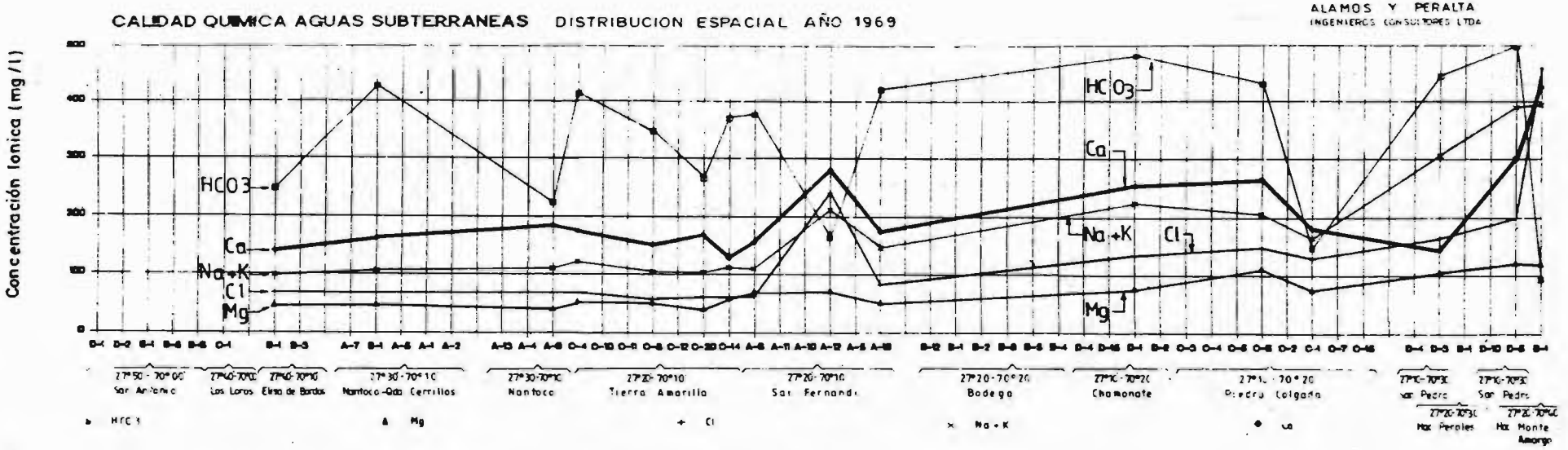
Similares resultados se obtuvieron en el informe "Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos en el Valle de Copiapó" de 1969; que fue realizado por el Ministerio de Obras Públicas y Transportes, la DGA y la Dirección de Riego. (Ref.11) En el se da cuenta de una zona de salinidad uniforme, del orden de 1400 (micromhos/cm), que abarca desde Elisa de Bordos hasta San Fernando. Otra en que la salinidad sube apreciablemente, comprendida entre San Fernando y el fundo Los Angeles, en Piedra Colga-

da. Y un tercer sector, entre el fundo Los Angeles y María Isabel, cuya conductividad es muy elevada.

Por su parte, el informe del mismo nombre realizado por la CORFO e ITALCONSULT-Argentina en el año 1963, (Ref.12) señala una zona de aguas subterráneas de calidad bastante uniforme entre la localidad de Cerrillos y Paipote. Además, atribuye el aumento del contenido de sólidos, aguas abajo de Paipote, a la mezcla de las aguas del valle con las de la quebrada del mismo nombre.

En conclusión, los items más importantes de las aguas subterráneas del valle son el contenido de sulfatos y la conductividad. Los sulfatos mantienen una concentración constante de 500 (mg/l) hasta San Fernando, ascienden hasta 800 en Bodega-Chamonate, y logran los 1000 (mg/l) aproximadamente, entre Piedra Colgada y Monte Amargo.

Aunque existan pocos datos confiables respecto de la hidroquímica del valle del río Manflas, sus aguas han resultado apropiadas para regar. Según esto, es probable que las aguas subterráneas posean calidad similar, pero inferior, a la de las superficiales.


CALIDAD QUIMICA AGUAS SUBTERRANEAS DISTRIBUCION ESPACIAL AÑO 1969
Concentración Iónica (mg/l)
HCO3
Ca
Na+K
Cl
Mg
Bodega
Chamonate
Piedra Colgada
Tierra Amarilla
San Fernando
Nantoco
Los Loros
Elisa de Bordos
Nantoco-Gdo Cerrillos
Hac Perales
Hac Monte Amargo

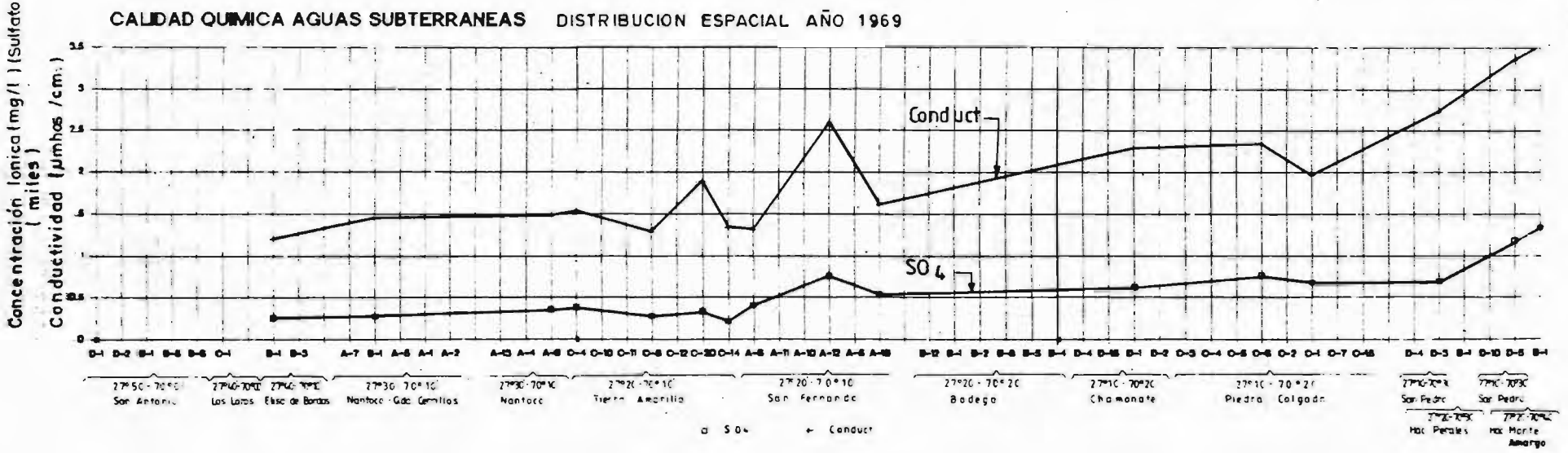
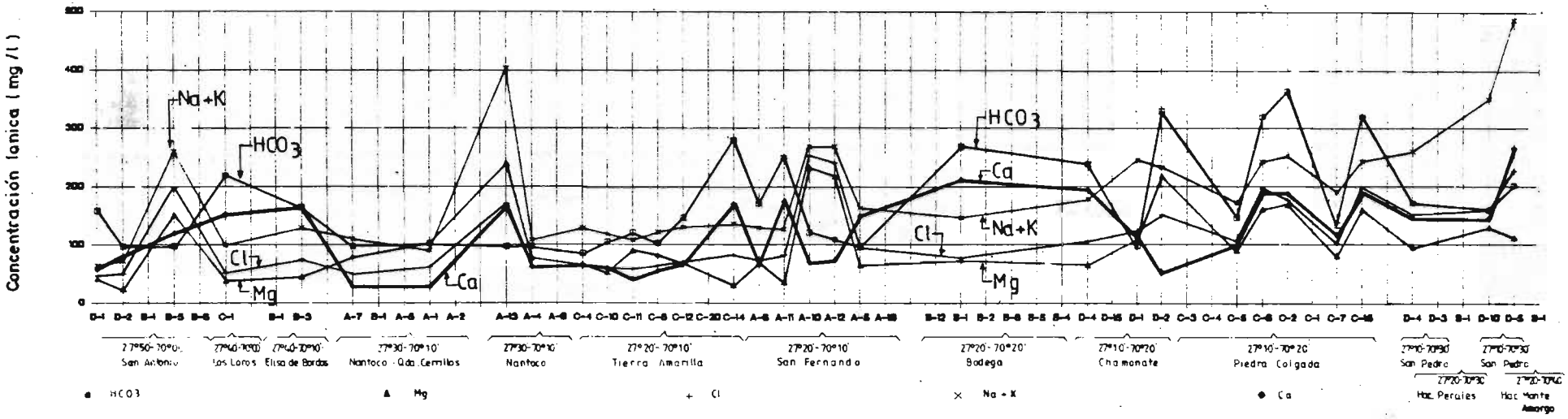

CALIDAD QUIMICA AGUAS SUBTERRANEAS DISTRIBUCION ESPACIAL AÑO 1969
Concentración Iónica (mg/l) (Sulfato)
(miles)
Conductividad (µmhos/cm.)
Conduct
SO4
Bodega
Chamonate
Piedra Colgada
Tierra Amarilla
San Fernando
Nantoco
Los Loros
Elisa de Bordos
Nantoco-Gdo Cerrillos
Hac Perales
Hac Monte Amargo

FIGURA 9.1

CALIDAD QUIMICA AGUAS SUBTERRANEAS DISTRIBUCION ESPACIAL AÑO 1978



CALIDAD QUIMICA AGUAS SUBTERRANEAS DISTRIBUCION ESPACIAL AÑO 1978

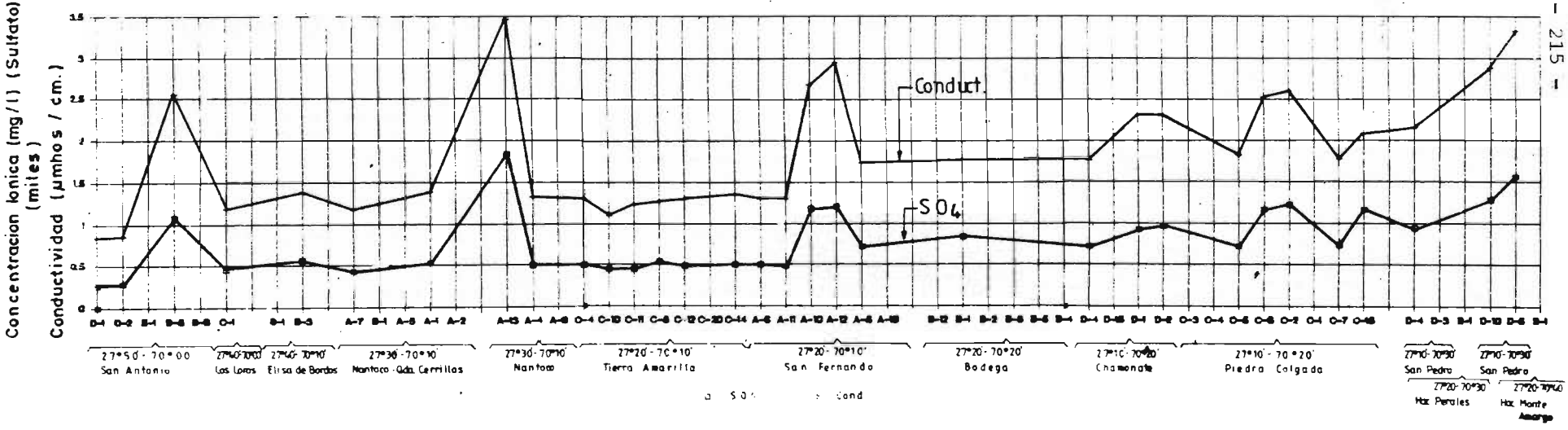
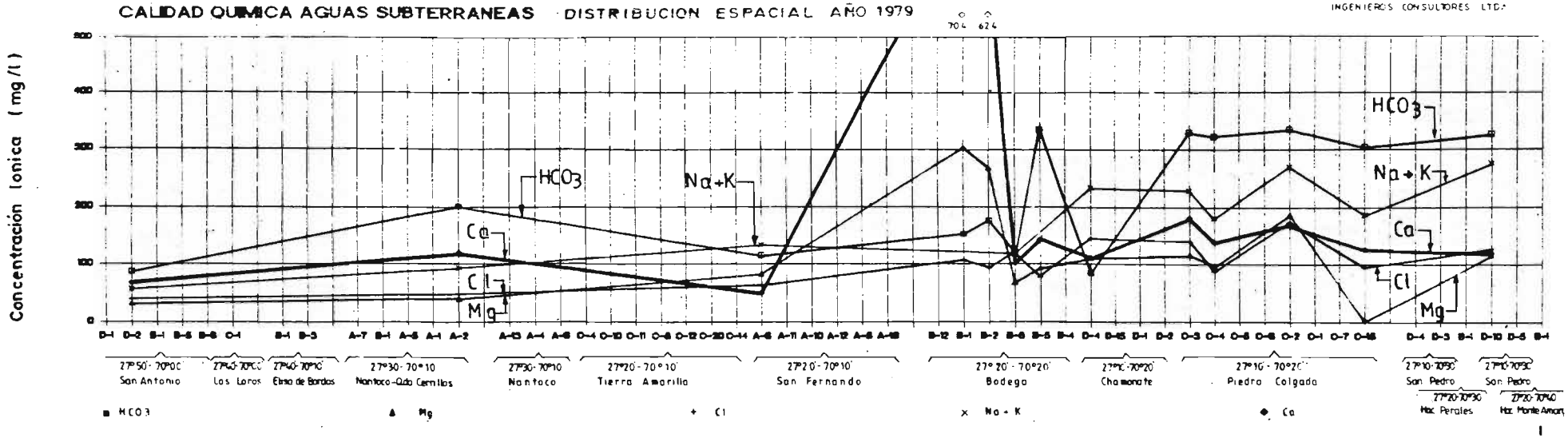


FIGURA 9.2


CALIDAD QUIMICA AGUAS SUBTERRANEAS DISTRIBUCION ESPACIAL AÑO 1979
Concentración Iónica (mg/l)
HCO3
Na+K
Ca
Cl
Mg
704
624
27°50' - 70°00' San Antonio
27°40' - 70°00' Los Loros
27°40' - 70°10' Elisa de Bordos
27°30' - 70°10 Nantoco-Qda Cerrillos
27°30' - 70°10 Nantoco
27°20' - 70°10' Tierra Amarilla
27°20' - 70°10' San Fernando
27°20' - 70°20' Bodega
27°10' - 70°20' Chamonate
27°10' - 70°20' Piedra Colgada
27°10' - 70°30' San Pedro
27°10' - 70°30' San Pedro
27°20' - 70°30' Hac. Perales
27°20' - 70°40' Hac. Monte Amargo
HCO3
Mg
Cl
Na + K
Ca

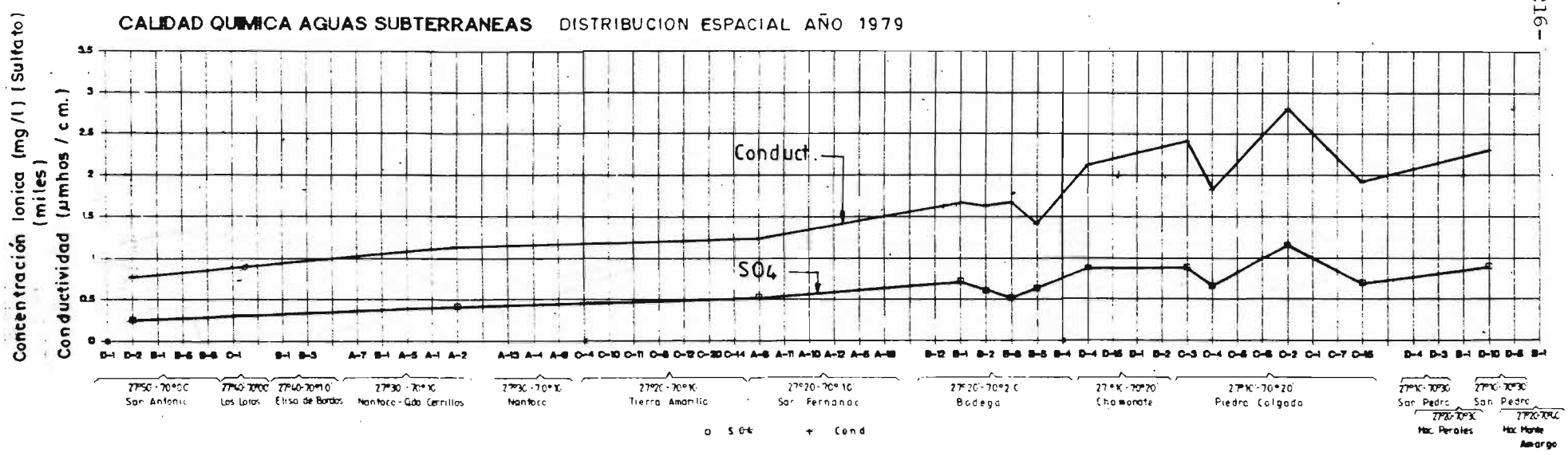
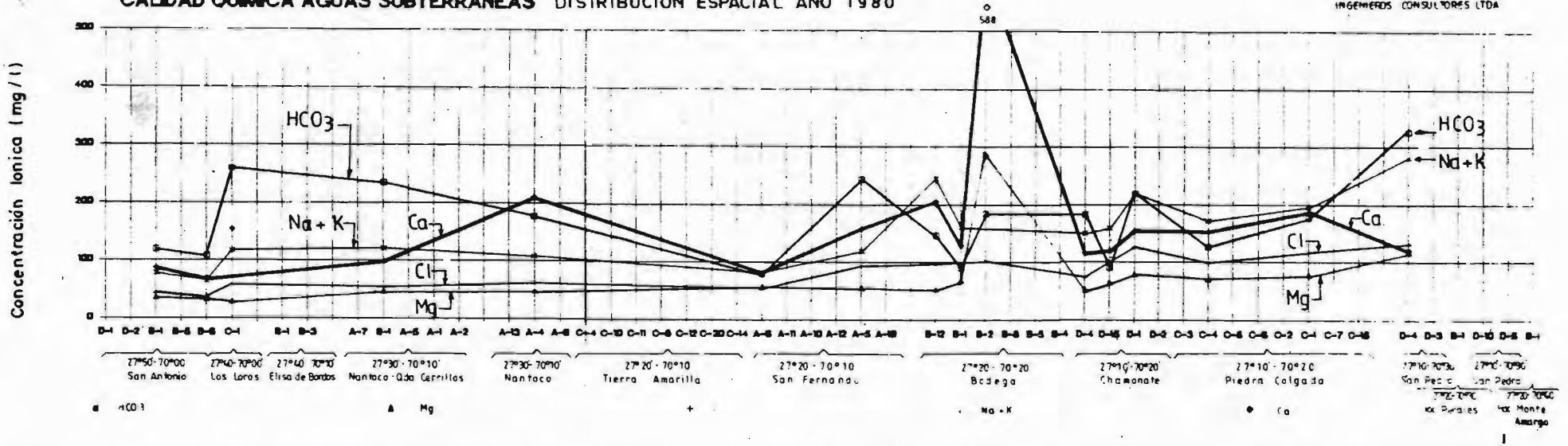

CALIDAD QUIMICA AGUAS SUBTERRANEAS DISTRIBUCION ESPACIAL AÑO 1979
Concentración Iónica (mg/l) (Sulfato) (miles)
Conductividad (µmhos / c.m.)
Conduct.
SO4
27°50' - 70°00' San Antonio
27°40' - 70°00' Los Loros
27°40' - 70°10' Elisa de Bordos
27°30' - 70°10' Nantoco - Qda Cerrillos
27°30' - 70°10' Nantoco
27°20' - 70°10' Tierra Amarilla
27°20' - 70°10' San Fernando
27°20' - 70°20' Bodega
27°10' - 70°20' Chamonate
27°10' - 70°20' Piedra Colgada
27°10' - 70°30' San Pedro
27°10' - 70°30' San Pedro
27°20' - 70°30' Hac. Perales
27°20' - 70°40' Hac. Monte Amargo
SO4
Cond

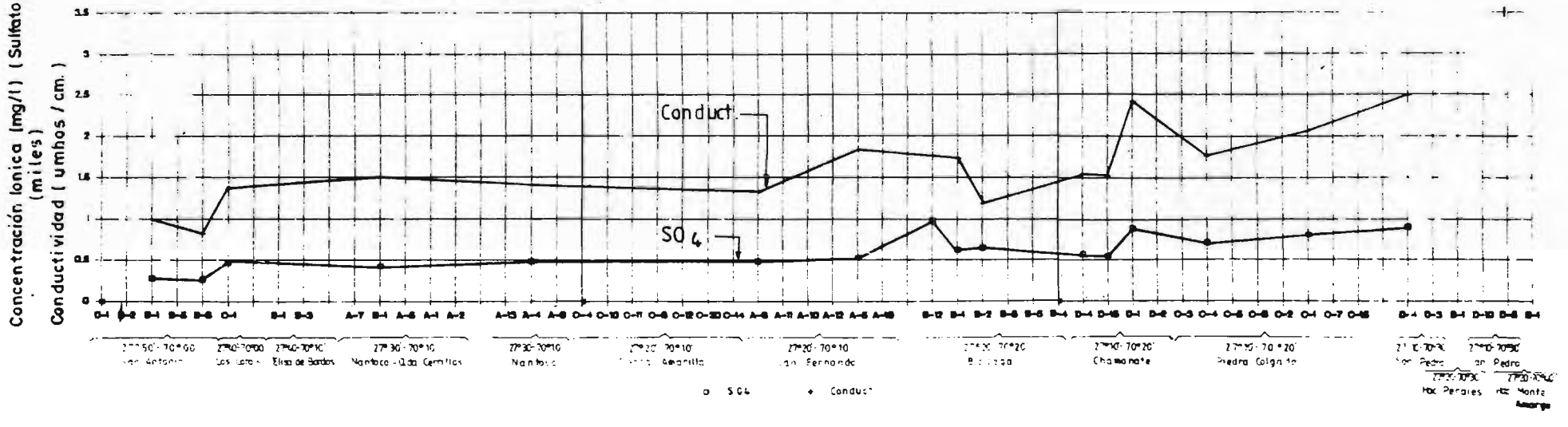
FIGURA 9.3

CALIDAD QUIMICA AGUAS SUBTERRANEAS DISTRIBUCION ESPACIAL AÑO 1980

ALAMOS Y PERALTA
INGENIEROS CONSULTORES LTDA



CALIDAD QUIMICA AGUAS SUBTERRANEAS DISTRIBUCION ESPACIAL AÑO 1980



3.9.1.4. Calidad Química Encontrada frente a Normas Existentes al Respecto

3.9.1.4.1 Resumen de las Normas

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

Las fuentes empleadas para elaborar el resumen que se presenta a continuación son las siguientes:

- Norma Chilena de Agua Potable NCh 409/1.Of.84
- Water Quality Sourcebook A guide to Water Quality Parameters, Water Quality Branch, Minister of supply and Services Canada, Ottawa, 1979.
- Calidad Química de las Aguas de la IV Región, Proyecto CHI-535, Investigación de Recursos Hidráulicos en la IV Región, Abril 1979.

3.9.1.4.2 Normas de Potabilidad de Agua para la Bebida y Usos Domésticos

En general, se denomina potable aquella agua que puede ser consumida por el hombre sin perjuicio de su salud. Para el caso de este estudio, se ha considerado la Norma Chilena relativa al contenido iónico de los elementos más importantes disueltos en el agua. La normalización ha sido diseñada por el INN a través del documento Nch 409, correspondiente al año 1984. En líneas generales han de considerarse potables aquellas aguas que no sobrepasan los límites establecidos y no potables las que sobrepasan alguno de los límites máximos.

Bicarbonato y Carbonato

Los primeros compuestos a los que se refieren las normas son los iones Bicarbonato y Carbonato. Estas se establecen en base a criterios de alcalinidad (la alcalinidad es la capacidad del agua para neutralizar un ácido y se expresa en equivalentes de $CaCO_3$). Generalmente se acepta en cantidades dentro de un rango de 30 a 500 (mg/l).

El Carbono inorgánico, átomo componente de carbonatos, Bicarbonatos y Acido Carbónico del sistema acuoso, pueden obtenerse del contacto del agua con rocas carbonatadas (limolitas y dolomitas).

Cloruros

Los cloruros se encuentran principalmente en depósitos sulfáticos y calcáreos. También podrían incorporarse al curso natural de las aguas, si se utilizaran en desinfectantes para la agricultura o procesos industriales en los que haya que controlar el crecimiento de microorganismos.

La mayoría de los usos domésticos, agrícolas e industriales, requieren concentraciones menores a 250 (mg/l). Aún así, se ha comprobado su inocuidad en concentraciones de hasta 600 (mg/l).

Las aguas que contienen grandes cantidades de cloruro y presentan también calcio y magnesio, son altamente corrosivas (para metales). Por su parte, algunos cultivos frutales son sensibles ante elevadas concentraciones de cloruro.

Sulfatos

La mayor parte de las rocas sedimentarias contienen un alto porcentaje de sulfatos. Las formas más habituales de dichos depósitos son $Ca\ SO_4 \cdot 2\ H_2O$ y $Ca\ SO_4$. Por su parte, la materia orgánica oxidada puede contribuir a aumentar el contenido de sulfatos disueltos en agua.

La norma chilena permite un contenido máximo de 250 (mg/l). Sobre los 500 (mg/l) el agua adquiere mal gusto y tiene efectos laxantes. Además, se podrían producir incrustaciones en las tuberías de algunas industrias, cuyas aguas tengan concentraciones superiores a los 200 (mg/l) de sulfato cálcico. También debe considerarse que los sulfatos pueden corroer el concreto.

Calcio

El calcio, junto al magnesio, es el principal responsable de la dureza del agua. Puede disolverse de muchas rocas, principalmente de las silícicas. Estas son los píroxienos, anfíboles y depósitos sedimentarios de calcita y dolomita, yeso y apatita.

Se aceptan límites máximos de 200 (mg/l) prefiriendo aquellas aguas que no superen los 75 (mg/l), aunque se ha comprobado que sobre los 1800 (mg/l) no causan daño alguno. El ganado puede ingerir agua con contenidos cercanos a los 1000 (mg/l), pero no debe contener sobre los 700 (mg/l) de magnesio.

El límite establecido se basa sobre todo en la dureza de las aguas para la industria y no en consideraciones médicas pues el calcio no es tóxico.

Magnesio

El magnesio del agua se obtiene principalmente de minerales ferromagnésicos de rocas ígneas y sedimentarias de $Ca\ Mg\ (CO_3)_2$. No posee carácter tóxico y es beneficioso para el sistema nervioso y corazón. La norma existente propone un máximo de 125 (mg/l). Cabe considerar que el agua cuyo contenido magnésico supera los 500(mg/l), puede resultar laxante para aquella gente no habituada a su consumo.

Potasio

El potasio constituye aproximadamente un 2,5% de la corteza terrestre. A pesar de ello, no se halla en grandes concentraciones en el agua, debido a que es difícil de lixiviar de las rocas que lo poseen. Se distribuye en grandes cantidades en feldespatos, micas y arcillas minerales.
No se ha establecido un límite para el potasio, principalmente porque es un nutriente esencial para plantas y animales. Aún así afecta al sistema nervioso y digestivo humano en concentraciones superiores a los 2000 (mg/l).

Los límites industriales establecen un rango inferior a los 50 (mg/l) para la suma de las concentraciones de sodio y potasio. Esto porque pueden corroer, incrustarse, etc.

Sodio

El sodio generalmente se encuentra asociado al potasio. En la mayor parte de los casos el contenido sódico de aguas subterráneas es superior al de las superficiales.

El sodio proviene de las rocas ígneas: arcillas, minerales, feldespatos y minerales evaporíticos como halita (NaCl) y mirabilita ($No_2SO4 . 10 H_2O$).

Se reconoce como agua potable aquella que no excede los 270 (mg/l) de sodio. En concentraciones superiores podría producir trastornos cardíacos, renales y circulatorios.

Este elemento podría formar suelos alcalinos, no convenientes para fines agrícolas.

3.1.4.3 Calidad del Agua para Regadío

Hay recomendaciones generales respecto de la influencia de la calidad química en la productividad de los suelos de cultivo. Ellos se han diseñado en base a las características más importantes de las aguas para riego, que son:

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

Se puede distinguir la siguiente clasificación en forma general:

CARACTERISTICAS	AGUAS APTAS PARA CULTIVO	AGUAS NO APTAS PARA CULTIVO
Sólidos Disueltos	Menos de 500 (mg/l)	Más de 8000 (mg/l)
Elementos Tóxicos (Boro)	Menos de 0,33 (mg/l)	Más de 3,75 (mg/l)
Bicarbonato Sódico	Menos de 75 (mg/l)	Más de 150 (mg/l)
Relación de Calcio al total de cationes	$<$ 35%	$>$ 35%

Con el fin de conocer los posibles riesgos de salinización y sodificación a que están sometidos los suelos de riego, se ha propuesto un diagrama de clasificación de aguas, elaborado por el laboratorio de salinidad de los Estados Unidos (USSL). Esta se basa en la agrupación en cuatro clases según la conductividad y cuatro según el índice de absorción de sodio (SAR), que se agrupan como se muestra en el diagrama de la Figura 9-5.

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

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

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

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

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

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

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

a) Agua baja en sodio (S1): Puede usarse en la mayoría de los suelos con baja probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable.

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

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

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

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

CLASIFICACION DEL AGUA PARA RIEGO

SEGUN EL USSL

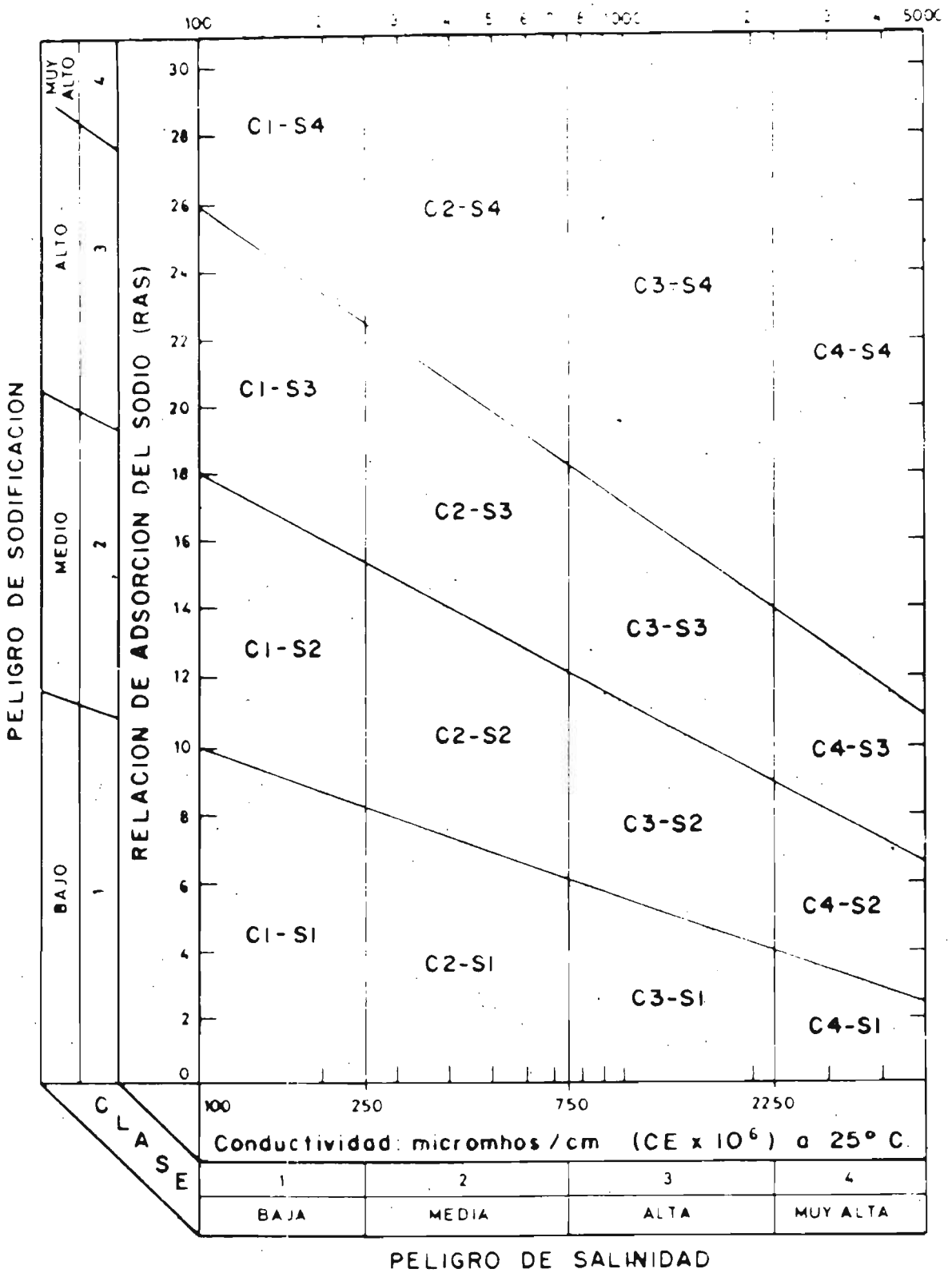


FIGURA 9-5

Efecto de la Concentración de Boro en la Calidad de las Aguas

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

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

Existe una clasificación propuesta por Scotfield en 1936, que se refiere a los límites permisibles de boro para aguas de riego, según el tipo de cultivos, (Tabla N° 2).

TABLA N° 2

LIMITES PERMISIBLES DE BORO PARA AGUAS DE RIEGO

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

3.1.4.4 Calidad del Agua para la Ganadería

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

3.1.4.5 Calidad del Agua para la Industria

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

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

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

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

3.9.1.4.6 Calidad Química y Posibles Usos del Agua

El sulfato excede ampliamente la norma potabilidad, alcanzando valores de hasta 1800 (mg/l). Aparentemente, todas las zonas del valle presentan dicha característica. Lo anterior incidiría en el mal gusto del agua y en la incrustación de las tuberías de industrias. Un alto contenido de sulfatos tiene también efectos laxantes para aquellos no acostumbrados a su consumo. La presencia de este ión en tales concentraciones puede deberse a un gran depósito de rocas sedimentarias probablemente de $Ca\ SO4\ .\ 2\ H_2O$ y/o $Ca\ SO4$.

El calcio, en general, no excede la norma, excepto el año 69 que es el de menor confiabilidad para el análisis. Cabe destacar el alto contenido cálcico de las aguas de los pozos B-1 y B-2 de Bodega. Estas son excesivamente duras y podrían incrustar tuberías. Aún así dichos datos no se considerarán relevantes, por los motivos expuestos en la presentación de los resultados.

El magnesio se encuentra en proporciones de 0 a 300 (mg/l), excediendo la norma de potabilidad en las zonas anteriormente especificadas como las de mayor concentración iónica, es decir, el sector Chamonate-Angostura y algunos sectores del valle cercanos a los cerros. Dichas aguas adquieren mal sabor, son excesivamente duras para usos industriales y producen efectos laxantes en aquellas personas no habituadas a su consumo.

Por su parte los iones, bicarbonato, cloruro y sodio, jamás exceden la norma potable.

Se han recopilado los datos en lo concerniente a la clasificación de las aguas subterráneas con fines de riego, la información se presenta en detalle en el Anexo 2. En base a esto se deduce que su utilización para cultivos presentará dificultades en suelos cuyo drenaje sea restringido. Ello debido a que las aguas son muy salinas. Entonces, los suelos requerirán un control adecuado de la salinidad. Por otra parte, el bajo contenido sódico permite usarlas en la mayoría de los suelos, con baja probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable.

El informe de Julio de 1969, de la Dirección de Riego del Ministerio de Obras Pú

blicas y Transportes: "Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos en el Valle de Copiapó"(Ref 11), Clasifica $C_3 - S_1$ las aguas entre Elisa de Bordos y el Fundo Los Angeles en Piedra Colgada.

También reconoce una zona clasificada como $C_4 - S_2$ entre el Fundo Los Angeles y María Isabel. Similares son los resultados obtenidos en los análisis SENDOS y la DGA, que figuran en las tablas ya referidas que se presentan en el Anexo 2, y han sido discutidos en el párrafo anterior. Se ha dicho que tales aguas son muy salinas. Aún así, el informe referido las considera aceptables para cultivos locales, siendo menos apropiado para los fines el uso de aquellas clasificadas $C_4 - S_2$. Esto no significa que haya de descartarse la posibilidad de utilizarlas en tomates o alfalfa. Cultivos que han dado excelentes resultados en dicha zona.

Parece ser que la concentración de boro alcanzado por las aguas, es bastante alta en relación a las normas que se refieren a la toxicidad de las aguas de riego. Basta para ello con analizar los datos tabulados para los años 1969, 78, 79 y 80. A pesar de lo último no se han detectado problemas de esa índole, al aplicar las aguas en el riego de diversos cultivos.

3.9.2.3. Presentación de los Resultados y Posibles Usos del Agua Superficial

Es importante destacar que las aguas superficiales son utilizadas, exclusivamente con fines agrícolas, pese a ser de mejor calidad que las subterráneas para el consumo humano. Es por esto que los usos se referirán tan sólo a la calidad del agua para cultivo.

La comparación de las muestras de distintas épocas, permite reconocer tres tramos del río bien definidos. Esto, en lo que respecta exclusivamente a la conductividad y SAR (razón de absorción de sodio).

En el primer sector, desde Pastillo hasta San Fernando, 83 (km), las condiciones químicas de las aguas son prácticamente constantes. Su clasificación, casi en el límite de moderada a alta conductividad (1000 ($\frac{\mu mhos}{cm}$)) y su baja razón de absorción de sodio (fluctúa entre 1,29 y 2,16), la hacen un agua apta para ser empleada en la agricultura local. La concentración de boro en el agua varía entre 0 y 3,0 (mg/l) (el promedio es de 0,88 (mg/l)), permitiendo el riego de todo tipo de cultivos, con excepción de aquellas zonas situadas en las cercanías de Los Loros. Estos debieran ser tolerantes a concentraciones elevadas de boro.

En el segundo sector, desde San Fernando hasta las Vegas de Monte Amargo, vale decir en 38 (km) aproximadamente, las curvas de salinidad y SAR ascienden ostensiblemente. Este incremento se atribuye al aporte subterráneo de la quebrada de Paipote; a la concentración de sales que sufre el agua en las vegas y a los desechos de la ciudad (ver el cambio en la pendiente de las curvas de salinidad y SAR, de los gráficos de la Figura 9-6.

La salinidad asciende desde 993 a 4063 ($\frac{\mu mhos}{cm}$), en el promedio de los 3 datos considerados. El SAR a su vez lo hace, en promedio, entre 1,59 y 4,64. Según ello, se han clasificado $C_3 - S_1$ las aguas desde San Fernando hasta Piedra Colgada, y $C_4 - S_2$ las del sector aguas abajo de la última localidad. Por lo tanto, las aguas aún aptas para el cultivo de especies locales, serán las que rieguen sectores entre San Fernando y Piedra Colgada. El resto de las aguas del segundo sector

19.2. Calidad Química de Aguas Superficiales

19.2.1 Antecedentes Empleados

Para el estudio de la calidad química de las aguas superficiales, se contó con los antecedentes de los siguientes informes: 1. "Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos en el Valle del Río Copiapó", de la Dirección de Riego del Ministerio de Obras Públicas, que data de Agosto de 1969. (Ref.11)

2. "Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos en el Valle de Copiapó", de la CORFO e Italconsult-Argentina del año 1963. (Ref.12)

3. "Estadística de Análisis Químicos y de Sedimento, III Región", de la Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas, efectuado en Julio de 1978. (Ref.9)

19.2.2 Metodología de Análisis

Se ha graficado la distribución de la conductividad y SAR (razón de absorción de sodio) de aguas superficiales a lo largo del valle. Este diagrama contiene, en la Figura 9.6, los resultados de los análisis efectuados en el informe N° 1 ya referido, y aquellos obtenidos de la graficación de las estadísticas publicadas el año 78. Lo último tiene por objeto discriminar entre aquellas observaciones que tengan un caracter particular o general, respecto de la calidad de aguas de riego. La información vertida en los gráficos, permite reconocer aguas de riego de diferente calidad a lo largo del valle.

También se ha recopilado los valores de SAR y la clasificación USSL (ver las normas de calidad de aguas), de los informes de los años 1969 y 1978. Se ha incluído además la concentración de boro de las aguas, medidas en las estadísticas del 78. En el anexo 2 se presentan los datos de la conductividad y la información referida respecto del SAR, clasificación USSL y boro.

sin dejar de ser útiles en el agro, estarán restringidas a ser usadas en cultivos como alfalfa, tomates y otros con mayor tolerancia a las sales.

Las aguas de este sector varían su concentración de boro entre 0,87 y 2,68 (mg/l). Ello incidirá en que puedan utilizarse para el riego de cultivos semitolerantes al boro, mientras no sobrepasen los 2 (mg/l), y en cultivos tolerantes si son inferiores a 3 (mg/l) y superiores a 2 (mg/l).

Las aguas del tercer sector, desde Monte Amargo a la desembocadura, presentan condiciones desfavorables para la agricultura. Ello debido a que la conductividad y SAR, que acusan un ritmo ascendente aguas abajo de Monte Amargo, varían entre 4063 y 6339 ($\frac{\mu mhos}{cm}$), y 4,64 y 20,72, respectivamente (es el promedio de los datos de los tres años considerados, para las localidades extremas de la zona). Dicho fenómeno se refleja por el aumento de las pendientes de las curvas de conductividad y SAR, de Figura 9.6. La concentración de boro de estas aguas es tan alta, que solo podrán utilizarse para el riego de cultivos tolerantes.

INDICE GENERAL DEL ESTUDIO

TOMO I — MODELO DE RECURSOS HIDRICOS :

CONSTRUCCION, AJUSTE Y OPERACION DEL MODELO

TOMO II — ESTUDIOS BASICOS :

HIDROLOGIA
DEMANDAS DE AGUA
HIDROGEOLOGIA GENERAL DEL VALLE

TOMO ANEXO 1 — Estadísticas Hidrológicas
Infraestructura de Riego
Planos de Uso Actual y Potencial del Suelo

TOMO ANEXO 2 — Estudio Hidrogeológico Detallado del Sector Piedra Colgada - Angostura

TOMO ANEXO 3 — Estudio Hidrogeológico Detallado del Sector Copiapó - Piedra Colgada

TOMO ANEXO 4 — Estudio Hidrogeológico Detallado del Sector Malpaso - Copiapó

TOMO ANEXO 5 — Estudio Hidrogeológico Detallado del Sector La Puerta - Malpaso

TOMO ANEXO 6 — Estudio Hidrogeológico Detallado del Sector Embalse Lautaro - La Puerta

TOMO ANEXO 7 — Estudio Hidrogeológico Detallado del Sector Manflas, Jorquera y Pulido

TOMO ANEXO 8 — Modelo de Recursos Hídricos :
Listados de los Modelos
Resultados de las Pasadas de Ajuste

TOMO II : ESTUDIOS BASICOS

INDICE

Página

1.HIDROLOGIA

1.1 Introducción 1

1.2 Régimen de Precipitacion 1

1.2.1 Recopilación y Análisis de Antecedentes 1
1.2.2 Relleno de Estadísticas 6
1.2.3 Análisis de Homogeneidad 11
1.2.4 Duración General de la Precipitación Anual 12
1.2.5 Variación Estacional de la Precipitación Mensual 13
1.2.6 Caracterización del Régimen Pluviométrico 19

1.3 Régimen de Caudales 20

1.3.1 Recopilación y Análisis de Antecedentes 20
1.3.2 Relleno y Ampliación de las Estadísticas 29
1.3.3 Régimen Natural 31
1.3.4 Crecidas 41
1.3.5 Estudio de la Homogeneidad de las Estadísticas 44
1.3.6 Caracterización del Régimen de Caudales 44

1.4 Hidrología Estocástica 46

1.4.1 Introducción 46
1.4.2 Metodología de Generación de Caudales 46
1.4.3 Generación de las Series 52

1.5 Conclusiones y Recomendaciones 55

1.5.1 Conclusiones 55
1.5.2 Recomendaciones 59

INDICE

Página

2. DEMANDAS DE AGUA

2.1 DEMANDAS DE AGUA PARA RIEGO 61

2.1.1 Introducción 61

2.1.2 Caracterización Agroclimática 64

2.1.2.1 Clima 64
2.1.2.2 Suelos 72

2.1.3 Demandas de Agua 75

2.1.3.1 Uso Actual del Suelo 75
2.1.3.2 Uso Potencial del Suelo 83
2.1.3.3 Demanda de Agua Actual 87
2.1.3.4 Demandas de Agua Potenciales 108

2.2 DEMANDAS DE AGUA POTABLE, INDUSTRIA Y MINERIA

2.2.1 Agua Potable 110

2.2.1.1 Población y Dotación de Chañaral 110
2.2.1.2 Demanda de Agua de Chañaral 114
2.2.1.3 Población y Dotación de Caldera 118
2.2.1.4 Demanda de Agua del Distrito de Caldera 122
2.2.1.5 Demanda en la Captación de Cancha Rayada 124
2.2.1.6 Población, Dotación y Demanda en la Comuna de Copiapó 124
2.2.1.7 Población, Dotación y Demanda en la Comuna de Tierra Amarilla 134
2.2.1.8 Demanda de Agua Potable en el Valle del río Copiapó 139

2.2.2 Demandas de Agua de la Industria y la Minería 141

BIBLIOGRAFIA 145

INDICE

Página

ANEXOS DEMANDAS DE AGUAS 146

ANEXO Nº 1 : Tasas de evaporación y necesidades de lavado Cultivos y frutales según MODAR 147

ANEXO Nº 2-A : Distribución Relativa y Tasas de Riego por Rubro y Sector 157

ANEXO Nº 2-B : Demandas de Aguas Actuales por Rubro y Sector 158

ANEXO Nº 3 : Demandas de Aguas Potenciales por Rubro y Sector 159

ANEXO Nº 4 : Proyección de Poblaciones por Métodos Analíticos 160

3. HIDROGEOLOGIA GENERAL DEL VALLE

3.1 Introducción 163

3.2 Objeto del Estudio 164

3.3 Antecedentes Empleados 165

3.3.1 Estudios Anteriores 165
3.3.2 Estadísticas de Control de Recursos Hídricos 168
3.3.3 Trabajos Propios del Presente Estudio 169

3.4 Actualización del Catastro de Pozos 172

3.5 Estudio Geológico 175

3.5.1 Objetivo Principal 175
3.5.2 Geología Regional 177
3.5.3 Geología de Sub-superficie 184
3.5.4 Resultados 186

INDICE

	Página
3.6 Características Geométricas del Embalse Subterráneo	188
3.6.1 Antecedentes Empleados	188
3.6.2 Metodología de Análisis	190
3.6.3 Presentación de Resultados	191
3.6.4 Interpretación Hidrogeológica	193
3.7 Características Hidráulicas del Embalse Subterráneo	195
3.7.1 Antecedentes Empleados	195
3.7.2 Metodología de Análisis	196
3.7.3 Presentación de Resultados	201
3.8 Características de la Napa	203
3.8.1 Profundidad del Nivel Estático	203
3.8.2 Superficie Piezométrica	205
3.8.3 Variación del Nivel Estático	206
3.9 Calidad Química	208
3.9.1 Calidad Química de Aguas Subterráneas	208
3.9.2 Calidad Química de Aguas Superficiales	230
3.10 Funcionamiento del Embalse Subterráneo	233
3.10.1 Entradas de Agua al Acuífero	233
3.10.2 Salidas de Agua desde el Acuífero	236
3.11 Balance Hídrico del Embalse Subterráneo	239
3.11.1 Entradas de Agua al Acuífero	239
3.11.2 Salidas de Agua desde el Acuífero	250
3.11.3 Balance Hídrico	263

INDICE

		Página
ANEXOS HIDROGEOLOGIA GENERAL DEL VALLE		
ANEXO 1 :	Catastro de Pozos del Valle del río Copiapó	266
ANEXO 2 :	Antecedentes para el Estudio de Calidad Química de Aguas Subterráneas y Superficiales	281
ANEXO 3 :	Niveles Estáticos y Conductividades Medidos en Diciembre de 1986 y Enero de 1987	294
ANEXO 4 :	Encuesta de Volúmenes Bombeados en 1986	308
ANEXO 5 :	Valor del Caudal Específico y Transmisividades	324

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Estudio Hidrogeológico del Sector Nantoco - Copiapó para el Mejoramiento Integral del Servicio de Agua Potable de Copiapó, ALAMOS Y PERALTA Ingenieros Consultores Ltda., ISAMU KODAMA Ingenieros Civiles Consultores - SENDOS, Junio 1986.

2. Informe Hidrológico e Hidrogeológico de la Hoya del río Manflas del Copiapó, Estancia Hacienda Manflas, INYGE, Diciembre 1985.

3. Catastro de Derechos de Aprovechamiento de Aguas Subterráneas Concedidas, en Trámite y sin Solicitar en la Hoya Hidrográfica del río Copiapó. Dirección General de Aguas - M.O.P., Agosto 1985.

4. Balance Hídrico Nacional, Regiones III y IV. IPLA, Dirección General de Aguas - M.O.P., 1984.

5. Catastro de Pozos de la Región de Atacama. Dirección General de Aguas - M.O.P., Mayo 1983.

6. Plan Maestro de Acción Inmediata para el Desarrollo de los Recursos de Agua y Suelo de Valle de Copiapó. Región de Atacama. Uri Hammer y Asociados, Dirección de Riego - M.O.P., 1980.

7. Tasa de Riego de Uso Racional y Beneficioso y Rol de Regantes del Valle de Copiapó. Domingo Queirolo Díaz, Dirección General de Aguas - M.O.P., Diciembre 1977.

8. Proyecto Mejoramiento Servicio de Agua Potable de Copiapó. Factibilidad. Tomo I. J.V.C., SENDOS - M.O.P, Noviembre 1979.

9. Estadísticas de Análisis Químicos y de Sedimentos 3a. Región. Dirección General de Aguas - M.O.P., Julio 1978.

10. Catastro de Pozos al 31 de Mayo de 1971. Hoya Nº 302 Copiapó. Departamento de Recursos Hidráulicos - CORFO, 1971.

11. Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos en el Valle de Copiapó. Gastón Mahave y otros - Dirección de Riego - M.O.P, Julio 1969.

12. Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos en el Valle de Copiapó. Relación General, 2 Tomos, ITALCONSULT Argentina, CORFO, Diciembre 1963.

13. Recursos de Agua del Valle de Copiapó. P. Kleiman y J. Torres, CORFO, Marzo 1962.

14. Antecedentes Generales sobre la Evolución del Litoral de Chile del Norte durante el Plioceno y el Cuaternario. R. Pascoff, Universidad de Chile, 1967.

15. Los Cambios Climáticos Plio-Cuaternarios en la Franja Costera de Chile Semi-árido. R. Pascoff, Universidad de Chile, 1967.

16. Geología de las Hojas Copiapó y Ojos del Salado. K. Segerstrom, IIG - Boletín Nº 24, 1968.

17. Le Chili Semi-aride. R. Pascoff, Bordeaux - Francia, 1970.

18. Cordillera de la Costa entre Chañaral y Caldera. Carta Geológica de Chile Escala 1:100.000. M. Mercado, IIG, 1978.

19. Evolución Geomorfológica del Desierto de Atacama entre los 26º y 33º de Latitud Sur. Revisión Cronológica. J.Naranjo y R.Pascoff, Revista Geológica de Chile, 1980.

20. Hojas Vallenar y parte Norte de La Serena. Carta Geológica de Chile Escala 1:250.000. R.Moscoso, P.Nasi, P.Salinas, SERNAGEOMIN, 1982.

21. Hojas Taltal y Chañaral. Carta Geológica de Chile Escala 1:250.000. J.Naranjo y A.Puig, SERNAGEOMIN.

22. Norma Chilena de Agua Potable NCh 409/1 Of.84.

23. Water Quality Sourcebook. A Guide to Water Quality Parameters. R.N.McNeely, V.P.Neimanis and L.Dwyer, Water Quality Branch, Minister of Supply and Services Canada, Ottawa, Canada, 1979.

24. Calidad Química de las Aguas de la IV Región. Proyecto CHI-535, Investigación de Recursos Hidráulicos en la IV Región, SERPLAC - DGA - ONU - CORFO, Abril 1979.

25. Las Necesidades de Agua de los Cultivos. Estudio FAO Riego y Drenaje Nº 24. J.Doorenbos y W.O.Pruitt, FAO - ONU, 1986.

26. Estudio Hidrogeológico del Valle del río Choapa. Sector Salamanca - Cuncumen. Informe Final. Anexo Nº 3 de 4. Análisis y Resultados de las Infiltraciones por Regadío. ALAMOS Y PERALTA Ingenieros Consultores Ltda., ANACONDA CHILE S.A., Noviembre 1982.

27. Antecedentes del Catastro Vitivinícola y Declaraciones al 31 de Diciembre de 1985. Valle de Copiapó. Uva Vinífera y Uva de Mesa. Sin autor, sin fecha.

HIDROLOGIA

1.1 INTRODUCCION

El presente estudio tiene por objeto proporcionar la información básica necesaria para la formulación del modelo, materia del presente trabajo, del Valle del río Copiapó.

Asimismo, generar, mediante técnicas de hidrología estocástica, series de datos de entrada al modelo cuyas probabilidades hidrológicas sean conocidas.

Para el cumplimiento de dicha labor se ha efectuado un análisis del régimen de caudales, basado en la información recogida y procesada.

También se ha efectuado un análisis de la precipitación observada, con el único objeto de caracterizar el respectivo régimen.

1.2 REGIMEN DE PRECIPITACION

1.2.1 Recopilación y Análisis de Antecedentes

En la cuenca del río Copiapó hay 8 estaciones que registran precipitación pluvial y una que mide la nieve. Además se ha incluído las estaciones Caldera y La Pampa (Huasco), pues, su información es útil para los fines del presente estudio. Se tiene así un total de 11 estaciones, cuyo detalle es el siguiente:

- Copiapó	D.M.C.
- Copiapó en Jardín	D.G.A.
- Jorquera en La Guardia	D.G.A.
- Los Loros en Retén	D.M.C. y D.G.A.
- Hacienda Manflas	D.G.A.
- Torín en el Potro	D.G.A.
- Pasto Grande	D.G.A.
- Embalse Lautaro	D.M.C. - D.G.A.

- Caldera	D.M.C.
- Elibor Campamento	D.G.A.
- La Pampa	D.M.C.

Considerando que el registro común para 4 estaciones importantes se inicia en el año 1933, el estudio del régimen de precipitación se efectuará con la estadística que se inicia dicho año.

En el Tomo Anexo Nº1,apartado Pluviometría, se dan a conocer los Cuadros A1-1 a A1-12 con las estadísticas pluviométricas mensuales observadas.

La estación Copiapó está a cargo de la D.M.C. y opera a partir del año 1870. En 1971 fue trasladada a Chamonate, lugar cercano al anterior. En adelante la estación se denominará Copiapó Chamonate en este informe.

- Copiapó en Jardín, instalada por la D.G.A., opera desde Enero de 1971.

- Jorquera en La Guardia, instalada por la D.G.A. en Octubre de 1966.

- Los Loros en Retén. Instalada y operada por la D.M.C. desde 1933 hasta Septiembre de 1967, fecha de instalación y operación por la D.G.A. de nueva estación, cercana a la anterior.

- Hacienda Manflas instalada por la D.G.A. a partir de Julio de 1966.

- Torín en el Potro. Nivómetro, instalada por la D.G.A. en Abril de 1968.

- Pasto Grande, instalada por la D.G.A. en Agosto de 1966.

- Embalse Lautaro fue instalada en 1930 por la D.M.C., institución que la operó hasta 1966, fecha en que la D.G.A. la reinstaló en un lugar cercano al interior.

- Caldera. Instalada en 1900 y operada por la D.M.C. hasta el año 1970.

- Elibor en Campamento. Instalada por la D.G.A. en el año 1978.

- La Pampa instalada en el año 1918, operada por la D.M.C.

La ubicación general de las estaciones se da a conocer en la Figura 2-1. En la Figura 2-2 se presenta un diagrama de barras con la ubicación, fecha de instalación, período de registro e institución que controla la estación.

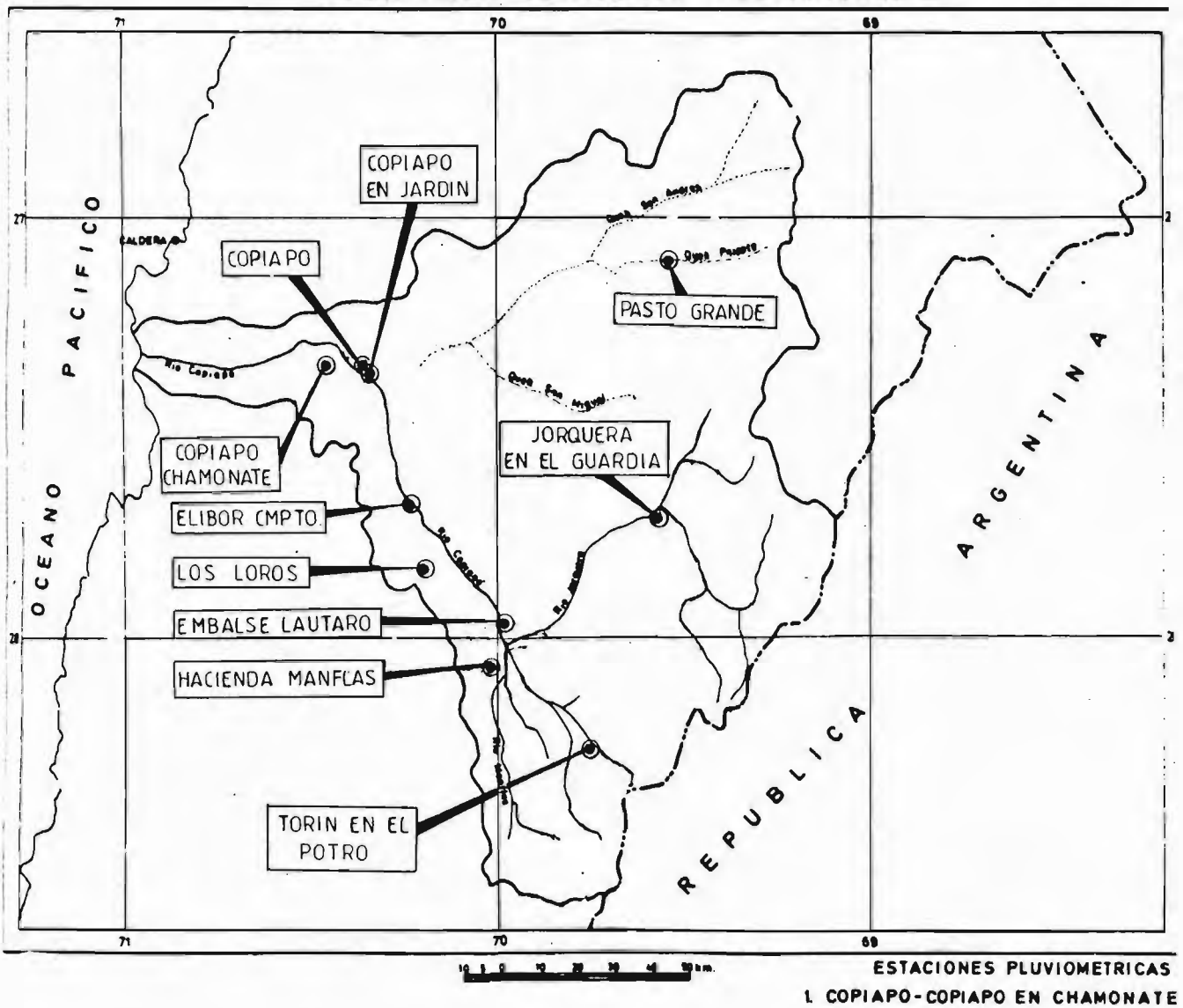
Se puede apreciar que la distribución espacial de las estaciones no es muy adecuada para el estudio pluviométrico de la cuenca. Así, por ejemplo, dos estaciones están en la ciudad de Copiapó y dos en la Zona Alta, relativamente próximas entre ellas.

Por otra parte, sólo tres estaciones disponen registros extensos: Copiapó en Chamonate, Embalse Lautaro y Los Loros en Retén. El resto tienen registros del orden de 20 años.

Considerando la baja densidad de las estaciones mencionadas y la necesidad de caracterizar en mejores condiciones la hoya, se ha incluído en el estudio las estaciones Caldera y La Pampa, aunque se encuentran fuera de los límites de la cuenca.

CUENCA RIO COPIAPO

UBICACION ESTACIONES PLUVIOMETRICAS



ESTACIONES PLUVIOMETRICAS

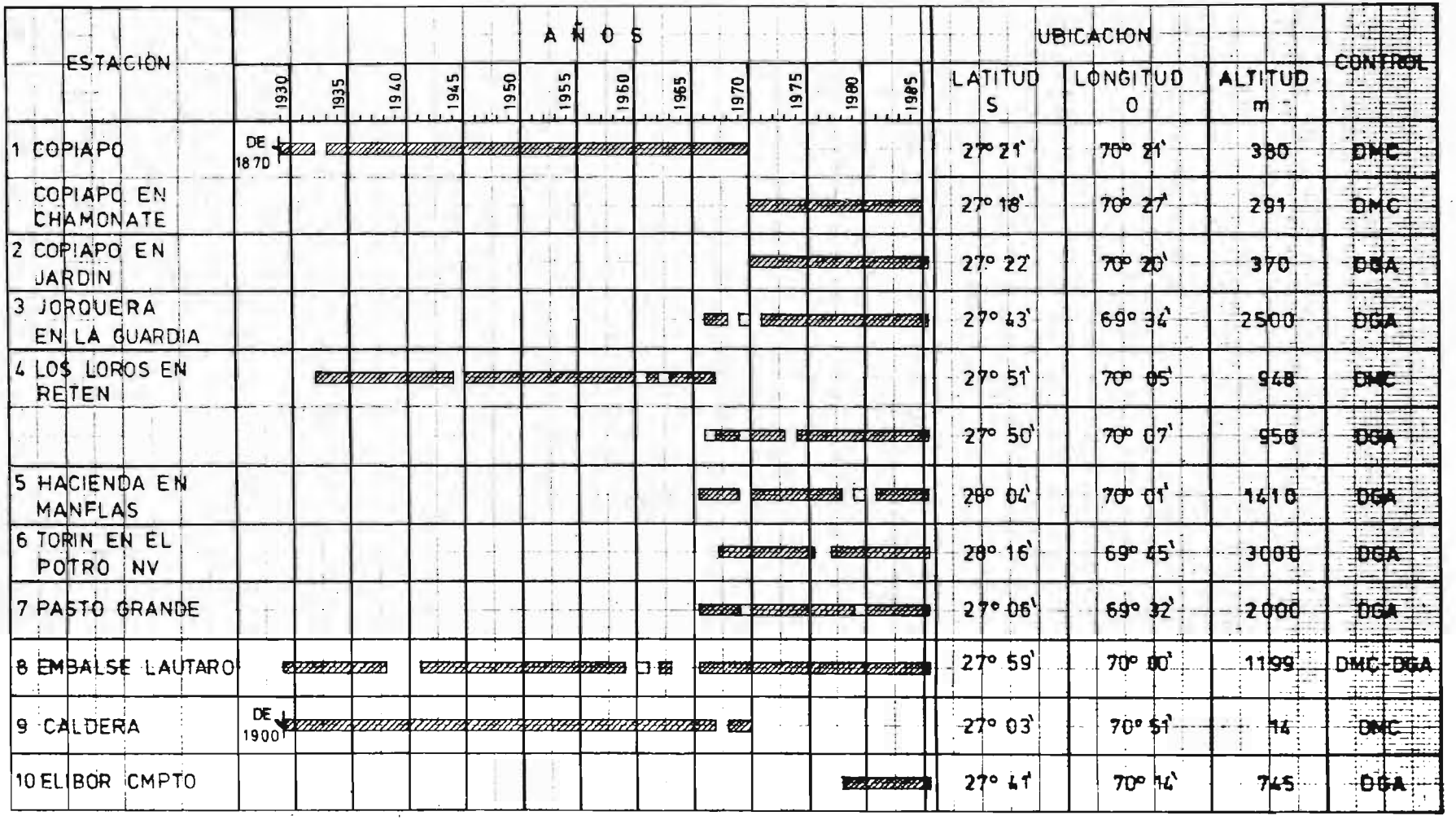
1. COPIAPO-COPIAPO EN CHAMONATE
2. COPIAPO EN JARDIN
3. JORQUERA EN LA GUARDIA
4. LOS LOROS EN RETEN
5. HACIENDA EN MANFLAS
6. TORIN EN EL POTRO NV
7. PASTO GRANDE
8. EMBALSE LAUTARO
9. CALDERA
10. ELIBOR EN CAMPAMENTO

FIGURA 2-1

HOYA DEL RIO COPIAPO

ESTACIONES PLUVIOMETRICAS

DIAGRAMA DE BARRAS



ESTACION	UBICACION LATITUD S	LONGITUD O	ALTITUD m	CONTROL
1 COPIAPO	27° 21'	70° 21'	380	DMC
COPIAPO EN CHAMONATE	27° 18'	70° 27'	291	DMC
2 COPIAPO EN JARDIN	27° 22'	70° 20'	370	DGA
3 JOROQUERA EN LA GUARDIA	27° 43'	69° 34'	2500	DGA
4 LOS LOROS EN RETEN	27° 51'	70° 05'	948	DMC
	27° 50'	70° 07'	950	DGA
5 HACIENDA EN MANFLAS	28° 04'	70° 01'	1410	DGA
6 TORIN EN EL POTRO NV	28° 16'	69° 45'	3000	DGA
7 PASTO GRANDE	27° 06'	69° 32'	2000	DGA
8 EMBALSE LAUTARO	27° 59'	70° 00'	1199	DMC-DGA
9 CALDERA	27° 03'	70° 51'	14	DMC
10 ELIBOR CMPTO	27° 41'	70° 14'	745	DGA

▨ = INFORMACION COMPLETA

□ = INFORMACION INCOMPLETA

FIG. 2 - 2

1.2.2 Relleno de las Estadísticas

Se ha procedido al relleno de los años sin información de las estaciones Copiapó, Caldera, Embalse Lautaro y Los Loros en Retén. Para este efecto se ha empleado el método de los promedios ponderados, cuya expresión es la siguiente:

$$Px = \frac{\overline{P}x}{3} * \left[\frac{PA}{\overline{P}A} + \frac{PB}{\overline{P}B} + \frac{PC}{\overline{P}C} \right]$$

Donde:

Px = Precipitación Anual Investigada
PA, PB y PC = Precipitación registrada en las otras 3 estaciones en el año sin datos.

$\overline{P}x$, $\overline{P}A$, $\overline{P}B$, $\overline{P}C$ = Precipitación Media Anual de cada una de las estaciones en estudio.

El relleno de las estaciones Jorquera en La Guardia y Hacienda Manflas, dada la similitud de sus valores medios y su desviación estándar, se efectuó multiplicando el valor observado por la relación de sus promedios. Igual procedimiento se empleó para rellenar el año 1970 de la Estación Pasto Grande, relacionándola con Jorquera.

En el Cuadro 2-1 se da a conocer el valor de la precipitación anual observada de cada una de las estaciones, consideradas en el presente estudio y en el Cuadro 2-2 el registro de precipitación anual rellenada.

CUADRO 2-1

PRECIPITACION ANUAL OBSERVADA
VARIAS INSTITUCIONES
mm

	COPIAPO D.M.C.	CALDERA D.M.C.	EMBALSE LAUTARO	LOS LOROS D.G.A.	PASTO GRANDE	JORQUERA GUARDIA	HACIENDA MANFLAS	COPIAPO JARDIN	ELIBOR TORIN EN CMPTO EL POTRO
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1933		13.40	13.60	11.00					
1934	25.90	13.50	33.70	94.20					
1935	33.00	30.70	13.00	19.10					
1936	24.40	26.10	39.00	38.00					
1937	12.40	10.30	35.50	28.00					
1938	40.70	28.50	60.00	49.00					
[illegible]	[illegible]	20.10		51.90					
1940	73.50	81.20		107.10					
1941	36.60	58.00		107.40					
1942	57.10	40.40	50.20	73.80					
1943	34.00	64.40	66.80	48.20					
1944	22.50	29.50	69.30	87.60					
1945	0.00	4.30	0.40						
1946	32.80	30.90	28.00	40.00					
1947	1.50	1.40	14.70	1.80					
1948	6.50	7.70	29.80	26.00					
1949	42.60	28.20	65.20	50.90					
1950	16.50	28.50	23.50	27.00					
1951	0.40	7.70	1.10	3.20					
1952	27.80	45.30	64.60	82.00					
1953	21.20	9.70	70.50	70.50					
1954	17.00	34.80	25.00	25.00					
1955	7.10	13.20	3.50	0.00					
1956	4.00	3.90	0.40	11.00					
1957	4.70	22.20	17.00	9.00					
1958	6.70	11.20	14.50	13.50					
1959	5.60	20.70	15.00	38.00					
1960	0.00	1.60		0.00					
1961	12.00	26.50	22.00	22.00					
1962	29.40	24.90		49.00					
1963	13.60	21.40	56.00	-					
1964	2.00	2.40		10.00					
1965	20.40	45.20		24.50					
1966	4.00	3.60	0.00	5.90	0.00		2.80		
1967	14.10	23.30	3.00	32.10	55.00	44.00	55.10		
1968	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		115.00
1969	19.40	10.10	21.20	32.70	0.00		49.80		30.00

CUADRO 2-1
(contin.)

1970	0.00	3.00	0.50	28.20	-	12.00				25.00
1971	4.80		34.50	24.50	17.00	-	32.00	5.50		60.00
1972	14.60		59.50	56.00	39.00	74.00	109.00	12.50		185.00
1973	7.50		17.50	0.00	13.00	18.50	15.00	8.50		35.00
1974	3.00		8.00		54.00	19.50	17.50	2.60		85.00
1975	2.50		39.00	14.00	39.00	50.00	49.50	6.00		80.00
1976	3.10		21.50	29.00	20.50	54.00	36.50	8.30		-
1977	11.70		27.50	14.00	12.00	20.00	13.50	12.50		-
1978	0.00		0.00	0.00	18.00	12.00	5.50	0.00	0.00	55.00
1979	15.10		4.50	3.90	29.00	14.00		0.50	5.50	50.00
1980	29.30		62.00	81.00	97.50	114.50	89.00	36.50	63.90	160.00
1981	5.00		20.00	19.00	48.50	74.00		10.00	0.00	70.00
1982	0.50		6.50	9.80	19.00	34.50	22.00	2.10	4.50	85.00
1983	42.60		127.50	115.00	75.00	159.80	123.00	45.00	79.00	285.00
1984	27.30		89.00	93.60	35.00	109.00	127.00	32.70	52.00	240.00
1985	3.00		8.50	12.50	0.00	11.60	9.00	6.20	6.00	20.00

CUADRO 2-2

PRECIPITACION ANUAL RELLENADA
VARIAS INSTITUCIONES
mm

	COPIAPO D.M.C.	CALDERA D.M.C.	EMBALSE LAUTARO	LOS LOROS D.G.A.	PASTO GRANDE	JORQUERA GUARDIA	HACIENDA MANFLAS	COPIAPI JARDIN	ELIBOR CMPTO	TORIN EN EL POTRO
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
1933	7.30	13.40	13.60	11.00						
1934	25.90	13.50	33.70	94.20						
1935	33.00	30.70	13.00	19.10						
1936	24.40	26.10	39.00	38.00						
1937	12.40	10.30	35.50	28.00						
1938	40.70	28.50	60.00	49.00						
1939	27.50	20.10	41.70	51.90						
1940	73.50	81.20	113.40	107.10						
1941	36.60	58.00	80.40	107.40						
1942	57.10	40.40	50.20	73.80						
1943	34.00	64.40	66.80	48.20						
1944	22.50	29.50	69.30	87.60						
1945	0.00	4.30	0.40	2.30						
1946	32.80	30.90	28.00	40.00						
1947	1.50	1.40	14.70	1.80						
1948	6.50	7.70	29.80	26.00						
1949	42.60	28.20	65.20	50.90						
1950	16.50	28.50	23.50	27.00						
1951	0.40	7.70	1.10	3.20						
1952	27.80	45.30	64.60	82.00						
1953	21.20	9.70	70.50	70.50						
1954	17.00	34.80	25.00	25.00						
1955	7.10	13.20	3.50	0.00						
1956	4.00	3.90	0.40	11.00						
1957	4.70	22.20	17.00	9.00						
1958	6.70	11.20	14.50	13.50						
1959	5.60	20.70	15.00	38.00						
1960	0.00	1.60	0.00	0.00						
1961	12.00	26.50	22.00	22.00						
1962	29.40	24.90	43.80	49.00						
1963	13.60	21.40	56.00	41.10						
1964	2.00	2.40	5.30	10.00						
1965	20.40	45.20	40.10	24.50						
1966	4.00	3.60	5.80	5.90	0.00	3.00	2.80			
1967	14.10	23.30	3.00	32.10	55.00	44.00	55.10			
1968	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			115.00
1969	19.40	10.10	21.20	32.70	0.00	54.10	49.80			30.00

CUADRO 2 - 2

(contin.)

1970	0.00	3.00	0.50	28.20	19.30	12.00	11.10			25.00
1971	4.80		34.50	24.50	17.00	34.70	32.00	5.50		80.00
1972	14.60		59.50	56.00	39.00	74.00	109.00	12.50		185.00
1973	7.50		17.50	0.00	13.00	18.50	15.00	8.50		35.00
1974	3.00		8.00	9.80	54.00	19.50	17.50	2.60		85.00
1975	2.50		39.00	14.00	39.00	50.00	49.50	6.00		80.00
1976	3.10		21.50	29.00	20.50	54.00	36.50	8.30		-
1977	11.70		27.50	14.00	12.00	20.00	13.50	12.50		-
1978	0.00		0.00	0.00	18.00	12.00	5.50	0.00	0.00	55.00
1979	15.10		4.50	3.90	29.00	14.00	12.90	0.50	5.50	50.00
1980	29.30		62.00	81.00	97.50	114.50	89.00	36.50	63.90	180.00
1981	5.00		20.00	19.00	48.50	74.00	68.20	10.00	0.00	70.00
1982	0.50		6.50	9.80	19.00	34.50	22.00	2.10	4.50	85.00
1983	42.60		127.50	115.00	75.00	159.80	123.00	45.00	79.00	285.00
1984	27.30		89.00	93.60	35.00	109.00	127.00	32.70	52.00	240.00
1985	3.00		8.50	12.50	0.00	11.60	9.00	6.20	6.00	20.00
PROM	16.5	22.3	32.3	34.8	29.5	45.7	42.2	12.6	26.4	101.3
D.S	15.9	18.3	29.7	31.7	26.3	42.4	40.8	13.9	32.9	79.8

[ ] : RELLENO

1. Relleno de Est. Copiapó y Caldera DMC, Emb. Lautaro y Los Loros, se efectúo por el método del módulo pluviométrico.

2. Relleno de Est. Jorquera en la Guardia y Hacienda Manflas, se realizó manteniendo la relación entre los valores medios de ambas estaciones.

3. Pasto Grande en 1970, se rellenó con el mismo criterio indicado en el punto 2 anterior, usando la Estación Hacienda Manflas.

1.2.3 Análisis de Homogeneidad

El análisis de la consistencia y homogeneidad de las series de precipitación, de las distintas estaciones de la cuenca, se realizó por el método de las curvas dobles acumuladas.

, recomendable emplear dicho método, mediante patrones formados por el mayor número posible de estaciones. Esta situación no se produce en el presente estudio, dadas las condiciones de las estadísticas disponibles indicadas anteriormente.

Se ha podido observar que al formar patrones con las estaciones de mayor longitud, las curvas presentan quiebres importantes.

En definitiva se optó por elaborar dos patrones, uno para la zona baja de la cuenca formado por Copiapó en Chamonate y Caldera, y otro para la zona alta formado por Los Loros en Retén y Embalse Lautaro.

En las Figuras A1-1 a A1-2 del Tomo Anexo Nº1, apartado Pluviometría,se dan a conocer las curvas de las estaciones Copiapó y Caldera vs el patrón de la Zona baja, respectiva-mente. Se aprecia que los quiebres no son muy significativos.

Por otra parte las Figuras A1-3 a A1-6 del Tomo Anexo Nº1, apartado Pluviometría, contienen las curvas de las estaciones Los Loros, Embalse Lautaro, Hacienda Manflas y Pasto Grande vs patrón de la Zona alta. Las dos primeras estaciones no presentan quiebres muy significativos.

Las estaciones Copiapó en Jardín y Elibor en Campamento, tienen registros de precipitación muy cortos, por lo cual no han sido consideradas en este análisis.

En consecuencia, de acuerdo a los resultados obtenidos, se ha estimado conveniente realizar los estudios de frecuencias y otros para la

caracterización del régimen de precipitación, basado en los registros originales previamente rellenados, considerando continuas las estadísticas de Copiapó en Chamonate, Los Loros en Retén y Embalse Lautaro.

1.2.4 Duración General de la Precipitación Anual

Los estudios de frecuencia realizados en la hoya del río Copiapó por Uri Hammer y Asociados en 1980 (Ref.6), demuestran que la distribución de Gumbel da un buen ajuste para las estadísticas de Copiapó en Chamonate, Embalse Lautaro y Los Loros en Retén.

Se aplicó este método para todas las estaciones de la cuenca, incluso Caldera y las de Copiapó en Jardín y Elibor en Campamento, a pesar de que estas dos últimas tienen registros inferiores a 20 años. Esto con el objeto de facilitar el trazado de las isoyetas. Las Figuras A1-7 a A1-15 del Tomo Anexo Nº1, apartado Pluviometría, muestran la bondad del ajuste logrado con la función de Gumbel.

El cuadro "Probabilidades de Excedencia" resume los aspectos principales del análisis de frecuencia a nivel anual.

CUADRO PROBABILIDADES DE EXCEDENCIA

Prob. Exc. %	PRECIPITACION ANUAL mm ESTACIONES PLUVIOMETRICAS								
	CALDERA	COPIAPO EN JARDIN	COPIAPO CHAMONATE	ELIBOR CAMPAMENTO	LOS LOROS	EMBALSE LAUTARO	HACIENDA MANFLAS	PASTO GRANDE	JORQUERA
95	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80	7	0	3	0	5	6	4	5	6
50	20	11	14	22	29	28	37	26	40
20	38	26	30	61	61	57	80	55	85
P20/P50	1.9	2.4	2.1	2.8	2.1	2.0	2.2	2.1	2.1

Estos resultados permiten la construcción de las isoyetas de probabilidades de excedencia 20, 50 y 80%, que se muestran en las Figuras 2-3 a 2-5 respectivamente.

El trazado de isoyetas en la zona alta de la cuenca se complementó con información obtenida del estudio "Balance Hidrológico Nacional Regiones III y IV" (Ref.4).
Las curvas de probabilidad 20% de la zona alta, se obtuvieron amplificando las curvas 50% por la razón P20/P50 resultante. De acuerdo a los valores presentados en el cuadro mencionado es del orden de 2,0. En este caso se supone que el gradiente pluviométrico se mantiene aproximadamente constante en el rango de probabilidades considerado, lo que parece razonable. El criterio indicado, es coincidente con lo señalado en el informe citado anteriormente (Ref.4), donde las curvas de probabilidad 20% se obtienen amplificando las isoyetas de la lluvia media anual.

1.2.5 Variación Estacional de la Precipitación Mensual

El área del proyecto se caracteriza por la existencia, en general, de muchos meses en el año, sin precipitación. Así, en estaciones con registros cortos, es difícil construir curvas de variación estacional, de alguna validez.

Por tanto, para el análisis de variación estacional, se ha considerado aceptable caracterizar este régimen mediante la estación Copiapó en Chamonate para la parte baja de la cuenca y la estación Embalse Lautaro en la parte alta. En ambos casos las estadísticas tienen una extensión superior a 50 años. Se puede observar en esos registros que la precipitación se concentra principalmente en el lapso comprendido entre Mayo y Septiembre y que la probabilidad de excedencia 50% es cercana a cero.

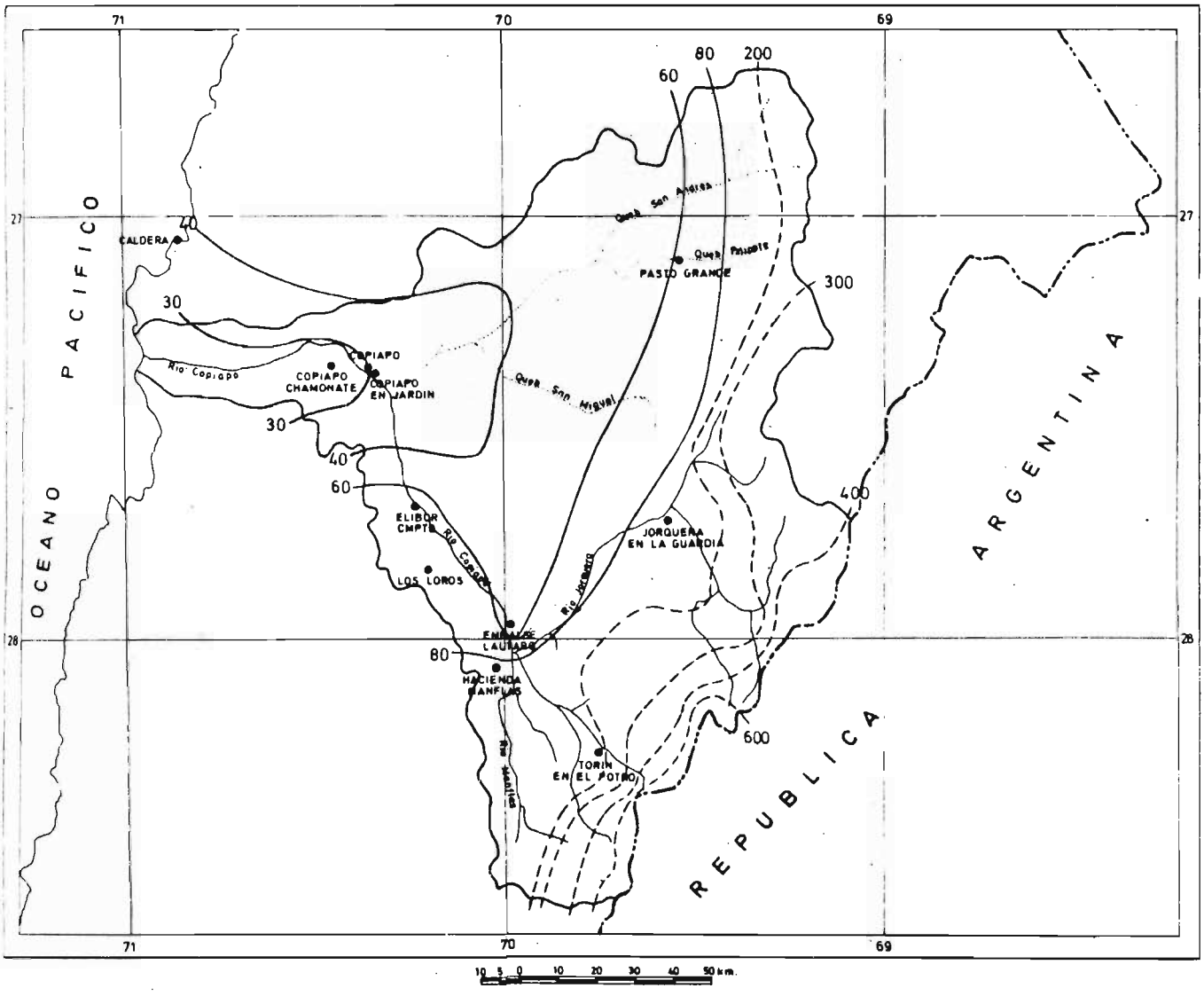
En las Figuras 2-6 y 2-7 se muestran las curvas de variación estacional calculadas para probabilidades de excedencia de 5%, 10% y 20%.

FIGURA 2 - 3

CUENCA RIO COPIAPO

ISOYETAS ANUALES PROBABILIDAD EXCEDENCIA 20%

mm



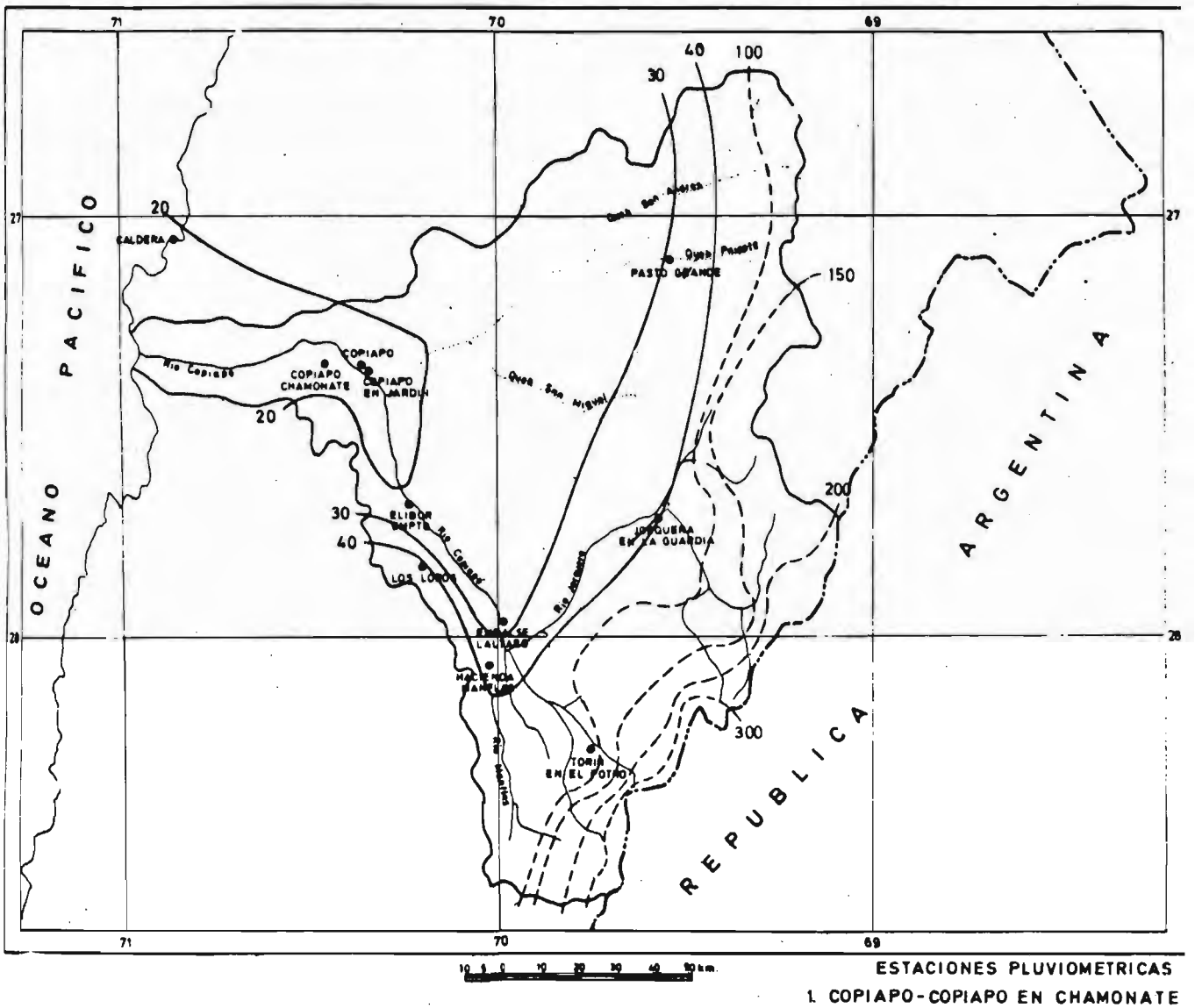
---: ISOYETAS BASADAS EN ESTUDIO BALANCE HIDROLOGICO NACIONAL REGIONES III Y IV, ADOPTADA LA RELACION $P_{20}/P_{50} = 2,0$

FIGURA 2-4

CUENCA RIO COPIAPO

ISOYETAS ANUALES PROBABILIDAD EXCEDENCIA 50 %

m/m



--: ISOYETAS EXTRAIDAS DEL BALANCE HIDROLOGICO NACIONAL REGIONES III Y IV.

ESTACIONES PLUVIOMETRICAS

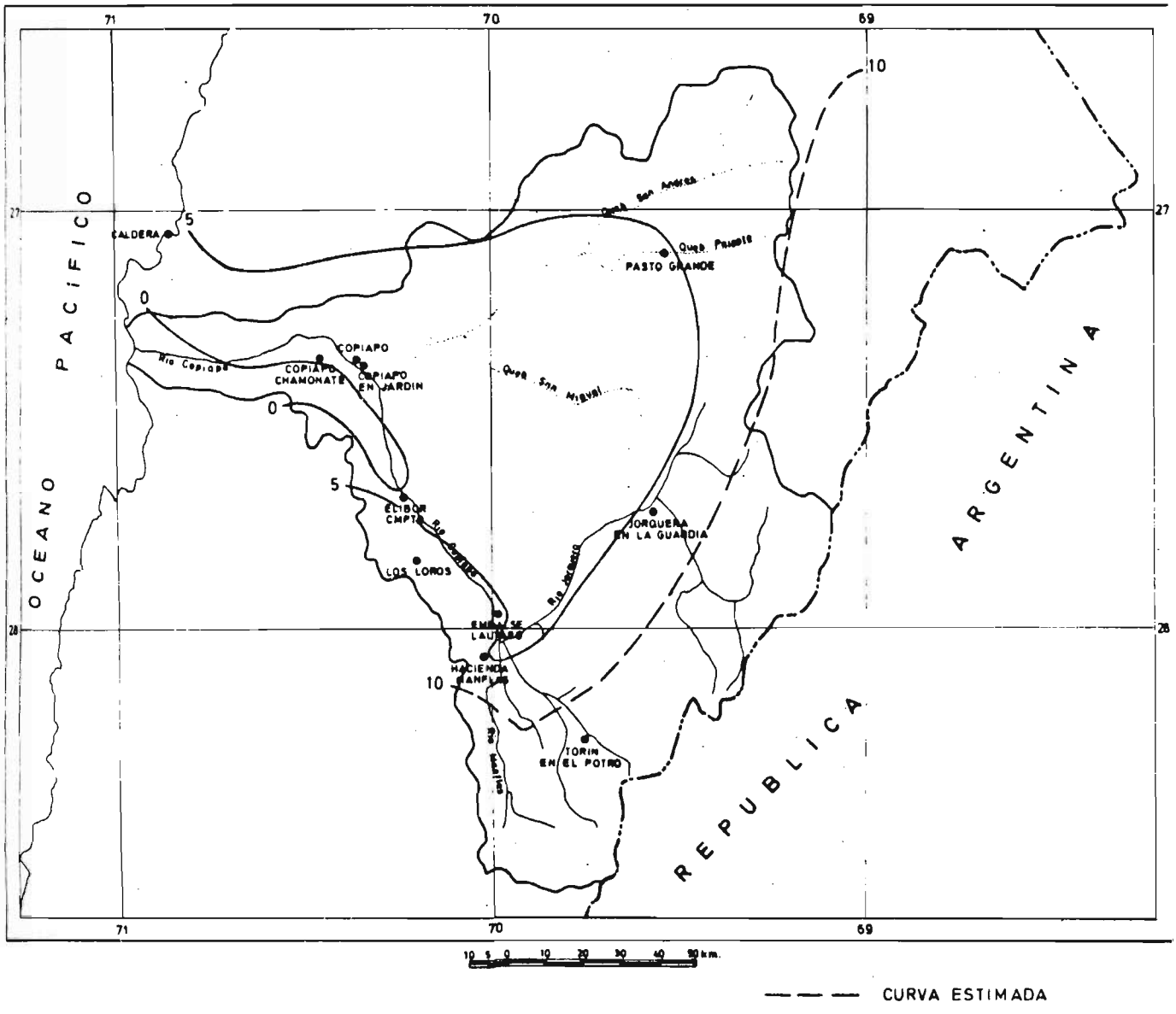
1. COPIAPO-COPIAPO EN CHAMONATE
2. COPIAPO EN JARDIN
3. JORQUERA EN LA GUARDIA
4. LOS LOROS EN RETEN
5. HACIENDA EN MANFLAS
6. TORIN EN EL POTRO NV
7. PASTO GRANDE
8. EMBALSE LAUTARO
9. CALDERA
10. ELIBOR EN CAMPAMENTO

FIGURA 2 - 5

CUENCA RIO COPIAPO

ISOYETAS ANUALES PROBABILIDAD EXCEDENCIA 80 %

mm



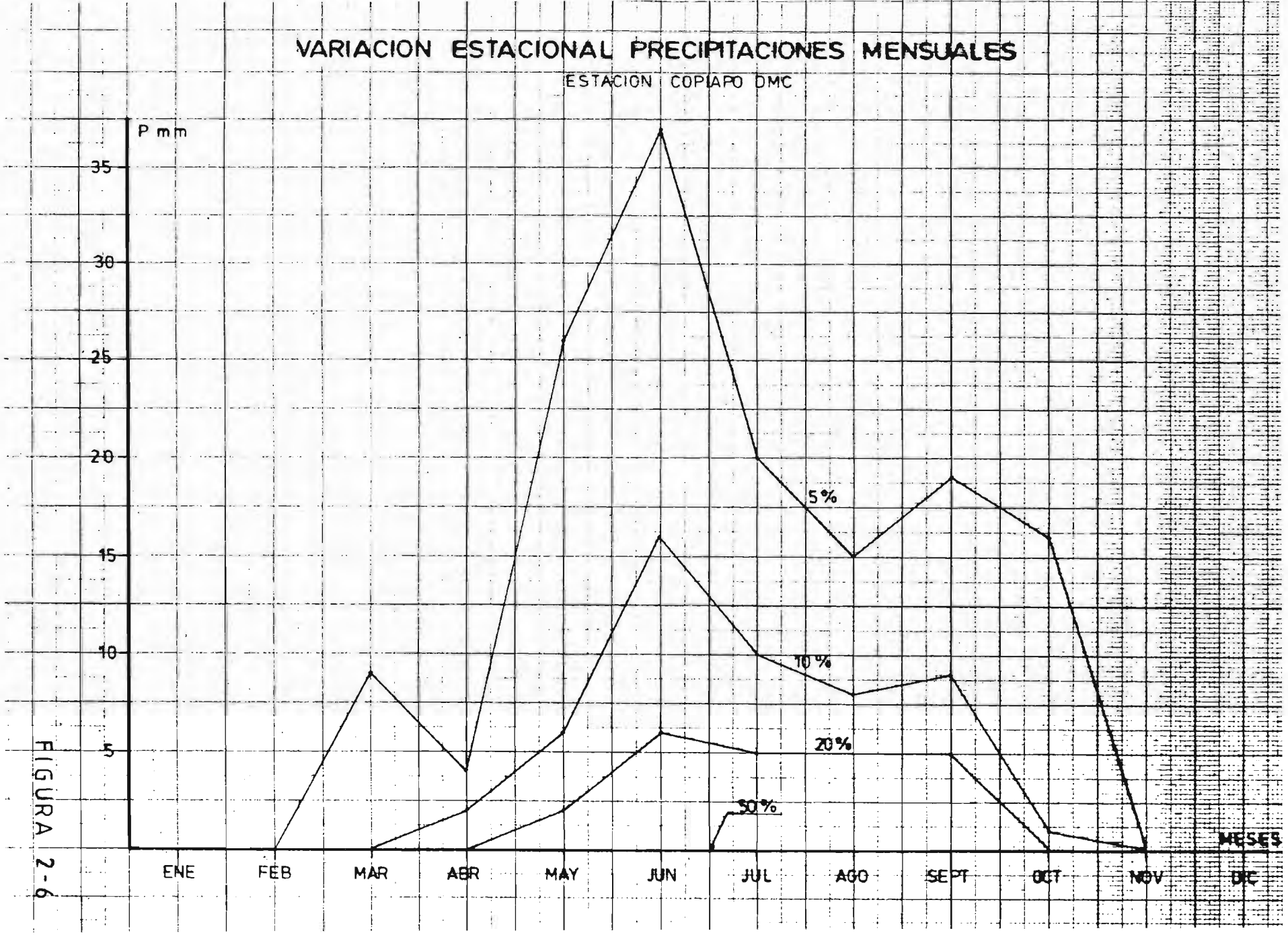

VARIACION ESTACIONAL PRECIPITACIONES MENSUALES
ESTACION COPIAPO DMC
P mm
35
30
25
20
15
10
5
5%
10%
20%
50%
MESES
ENE
FEB
MAR
ABR
MAY
JUN
JUL
AGO
SEPT
OCT
NOV
DIC

FIGURA 2-6

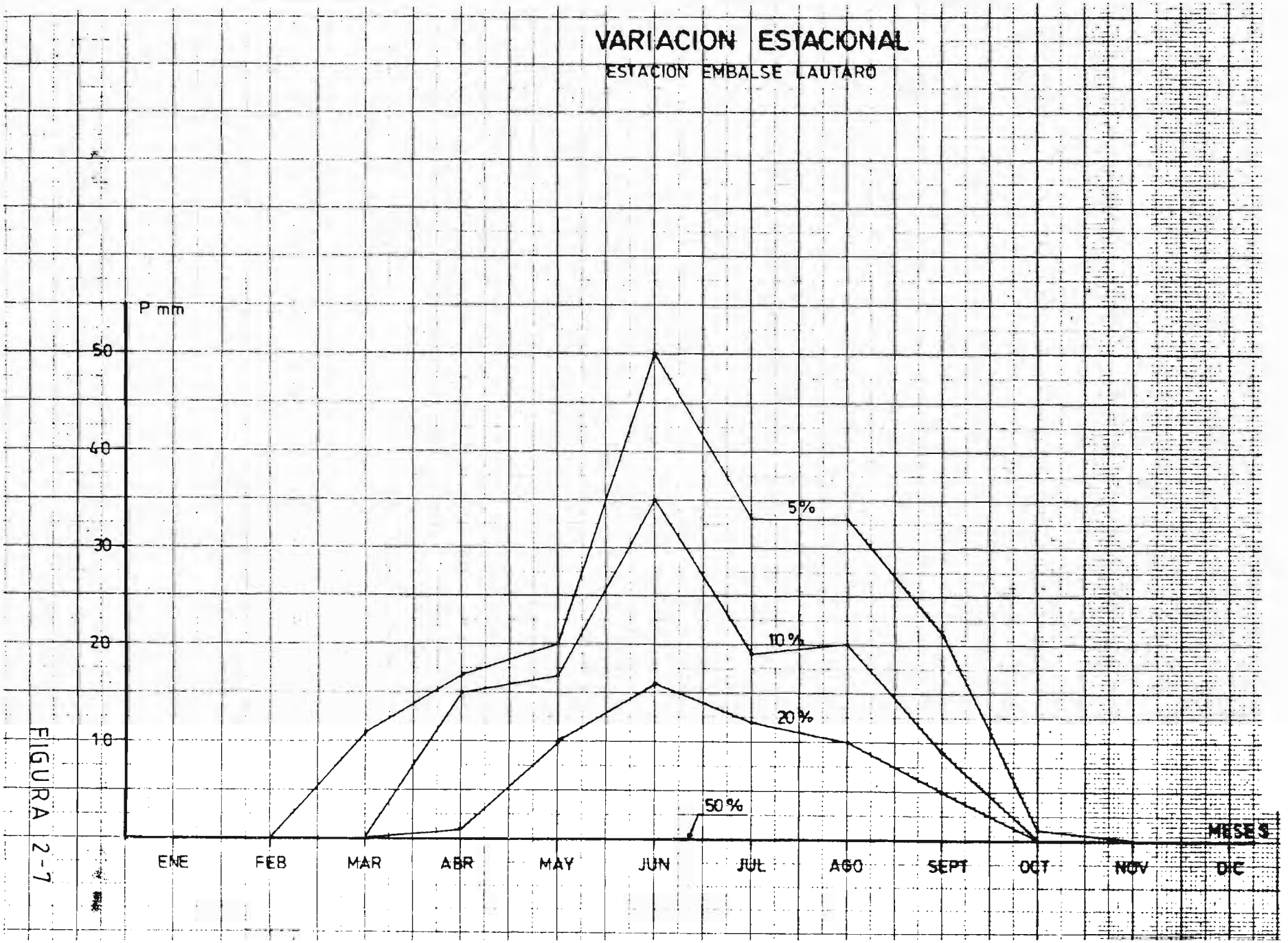

VARIACION ESTACIONAL
ESTACION EMBALSE LAUTARO
P mm
50
40
30
20
10
5%
10%
20%
50%
MESES
ENE
FEB
MAR
ABR
MAY
JUN
JUL
AGO
SEPT
OCT
NOV
DIC

FIGURA 2-7

1.2.6 Caracterización del Régimen Pluviométrico

El régimen pluviométrico de la cuenca del río Copiapó se caracteriza en el presente estudio con los antecedentes presentados en este capítulo y aquellos que se encuentran en el apartado de Pluviometría del Tomo Anexo Nº1. Estos son:

- Cuadros A1-1 al A1-12 con la Precipitación Mensual Observada.

- Cuadro 2-1, con un resumen de la Precipitación Anual Observa-da.

- Cuadro 2-2, con un resumen de la Precipitación Anual Rellenada, Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de la Precipitación.

- Figuras A1-7 a A1-15, con la Duración General de la Precipitación Anual.

- Figuras 2-6 y 2-7 con la Variación Estacional de la Precipitación Mensual de las estaciones Copiapó y Embalse Lautaro.

- Figuras 2-3 a 2-5 con las Isoyetas Anuales de Probabilidad 20%, 50% y 80% respectivamente.

1.3 REGIMEN DE CAUDALES

1.3.1 Recopilación de Antecedentes y Análisis

La información fluviométrica disponible comprende principalmente los caudales medidos en 10 estaciones hidrométricas, cuya ubicación y período de control se dan a conocer en las Figuras 3-1 y 3-2.

De este conjunto de estaciones, de acuerdo a estudios de la D.G.A., ocho de ellas se han categorizado como primarias y dos secundarias. Estas últimas son las del río Copiapó en Pastillo y río Copiapó en Copiapó.

Esta información puede resumirse como sigue:

- **Río Jorquera en Vertedero. Signado con el número 1.**

La estación se encuentra ubicada antes de la confluencia de los ríos Jorquera, Manflas y Pulido y nacimiento del río Copiapó y registra una parte importante del recurso de agua disponible.

Fue instalada en el año 1941. Funcionó hasta el 1948 con limnímetro, posteriormente lo ha hecho con limnígrafo.

La estadística procesada comprende el período Mayo de 1942-Diciembre de 1984, con interrupciones, principalmente en los períodos 1951-1952 y 1961-1963.

Estudios realizados revelan que la estación en general es buena y las curvas de descarga analizadas son estables.

Por los antecedentes estudiados, la estación ha sido caracterizada como

HOYA DEL RIO COPIAPO

UBICACION ESTACIONES FLUVIOMETRICAS

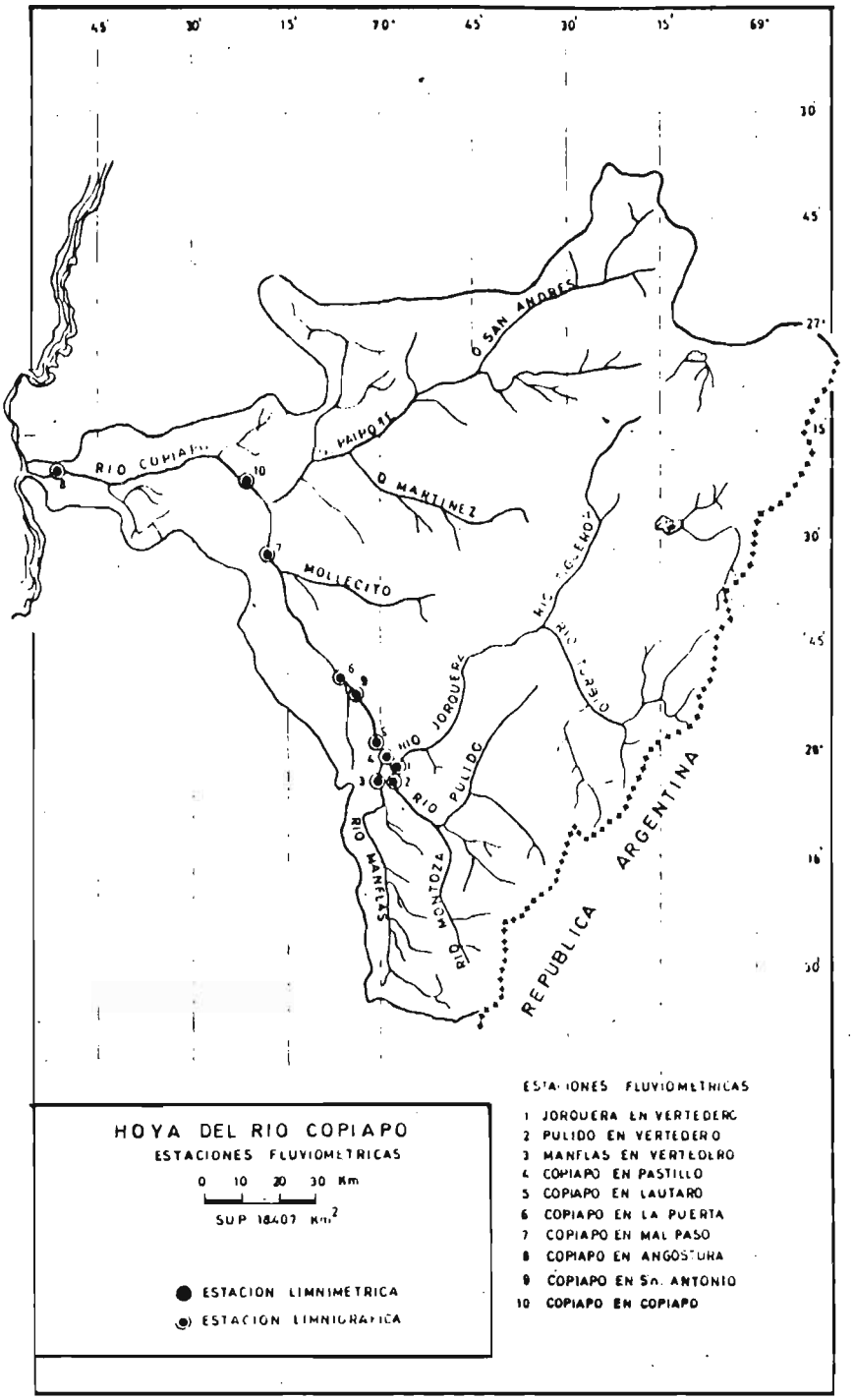


FIGURA 3-1

HOYA DEL RIO COPIAPO

ESTACIONES FLUVIOMETRICAS
PERIODO DE CONTROL

ESTACION	FECHA INST. ESTAC.	AÑOS										UBICACION			
		1941	1945	1950	1955	1960	1965	1970	1975	1980	1985	LATITUD S	LONGITUD O	ALTITUD m.	AREA Km.²
1.- JORQUERA EN VERTEDERO.	1941 Lm.											28° 02'	69°58'	1250	4.150
2.- PULIDO EN VERTEDERO	1941 Lm.											28°03'	69°58'	1310	2.108
3.- MANFLAS EN VERTEDERO	1941 Lm.											28°04'	69°59'	1550	1.180
4.- COPIAPO EN PASTILLO	1927 Lm.	Suspendida desde año. 31-52.										28°03'	69°59'	1300	7.467
5.- COPIAPO EN EMBALSE.	1931 Lm.	Suspend. año. 39-46										27°59	70°01'	950	7.496
6.- COPIAPO EN LA PUERTA	1927 Lm.	Suspend año. 31-46										27°48'	70°08'	758	8.348
7.- COPIAPO EN MAL PASO.	1929 Lm.	Suspend año 31-46										27°31'	70°17'	431	10.186
8.- COPIAPO EN ANGOSTURA	1963 Lg.											27° 20'	70°54'	48	18.329
9.- COPIAPO EN SAN ANTONIO	1927 Lm.	Suspendida desde año 30 hasta año 67										27°52'	70°05'	850	7.316
10.- COPIAPO EN COPIAPO	1983 Lg	Instalada en Enero de 1983										27°31'	70°16'	365	

■ = INFORMACION COMPLETA ▭ = INFORMACION INCOMPLETA

FIGURA 3-2

primaria.

- Río Pulido en Vertedero. Número 2

La estación está ubicada antes de su confluencia con el río Copiapó, aguas arriba del Embalse Lautaro. Tiene características similares a las del río Jorquera.

Fue instalada el año 1941, con limnímetro. De 1948 a la fecha tiene limnígrafo.

Se dispone de registros procesados en el lapso comprendido entre Noviembre del año 1942 y Diciembre de 1984, con interrupciones parciales en los años 1943 y 1957 a 1963.

La estación se considera como primaria.

- Río Manflas en Vertedero. Número 3.

La estación se encuentra ubicada antes de su confluencia con el río Copiapó.

Fue instalada el año 1941, con limnímetro, equipada con limnígrafo en Enero de 1948.

Hay registros procesados de Julio de 1942 a Diciembre de 1984 con algunas interrupciones en los años 1944 a 1948; 1957 a 1964 y 1966.

La hoya del río Manflas aporta recursos de agua inferiores a los ríos Jorquera y Pulido.

La estación tiene características similares a las comentadas anteriormente, por lo cual se considera como primaria.

- Río Copiapó en Pastillo. Número 4.

La estación se encuentra ubicada en el río Copiapó, a continuación de la confluencia de sus tributarios Jorquera, Pulido y Manflas.

La hoya hidrográfica intermedia entre éstas y la estación, es pequeña. Fue instalada con limnímetro en Octubre de 1927 y suspendido en Diciembre de 1930, reiniciándose su operación en Agosto de 1952. En Febrero de 1953 la estación fue equipada con limnígrafo.

El período de registro de la estadística procesada comprende el lapso Octubre 1927 y Agosto de 1930 y Agosto de 1952 a Diciembre de 1984.

En los años 1952, 1959 a 1964, 1980, 1983 y 1984 la estadística presenta algunos meses sin registro.

El estudio de la red hidrométrica de la III Región de la D.G.A. concluye que la ubicación de la estación no sería apropiada en consideración a que el río no tiene un cauce suficientemente definido y en ocasiones presenta escurrimiento por un segundo brazo que no es controlado. Por ésto, y además considerando que la suma de los registros del río Jorquera, Pulido y Manflas permite reproducir los caudales en Copiapó en Pastillo, se ha considerado la estación como secundaria.

- Copiapó en By-Pass Embalse Lautaro. Número 5.

La estación está ubicada aguas abajo del Embalse Lautaro. Mide las entregas de agua de dicha obra al río Copiapó. En el mes de Septiembre de 1931 se iniciaron las lecturas limnimétricas y aforos y en Mayo de 1963 la estación fue equipada con un limnígrafo.

El registro procesado de la estación comprende dos períodos: Septiembre 1931 a

Mayo de 1938 y Septiembre de 1948 a Diciembre de 1984. En ambos casos no hay registros en algunos meses.

La estación Copiapó en by-pass Embalse Lautaro es la que dispone de información fluviométrica de mayor extensión en la hoya del río Copiapó. Sin embargo, se considera que esta información no es de calidad aceptable en un período muy prolongado.

La estación se considera primaria a la red, en atención a que se encuentra ubicada aguas abajo de una obra que modifica el régimen natural del río.

- **Río Copiapó en La Puerta. Número 6**

La estación en La Puerta se encuentra ubicada aproximadamente 17 km aguas abajo del Embalse Lautaro. Se instaló en Octubre de 1927, con limnímetro. La estación fue equipada con limnígrafo en Diciembre de 1963.

Se considera la estación muy importante, pues, por la condición del lecho, permite cuantificar convenientemente el recurso de agua disponible en el valle de Copiapó.

Existen dos períodos de registros de la estación; uno de Octubre de 1927 a Junio de 1930 y otro de Julio de 1947 a Octubre de 1986. En ambos casos la información prácticamente presenta registros completos.

La estación se ha calificado como primaria dentro de la red de la cuenca.

- **Río Copiapó en Mal Paso. Número 7**

La estación se encuentra ubicada a unos 38 Km aguas abajo de Copiapó en La Puerta, dentro de una zona de riego importante y antes de la bocatoma del canal del mismo nombre. Fue instalada en Julio de 1929, con limnímetro. En Junio de 1962 fue equipada con un limnígrafo.

Se dispone de un registro procesado de Julio de 1929 a Julio de 1930, sin interrupciones y otro de Octubre de 1947 a Diciembre de 1984 con algunos meses sin registros. La estación no operó desde Julio de 1930 a Octubre de 1947.

Se ha observado que, en general, ha habido problemas con el funcionamiento del limnígrafo hasta el año 1980.

La estación del río Copiapó en Mal Paso, se considera de importancia para cuantificar el recurso de agua para riego de la cuenca, por lo cual ha sido calificada como primaria.

- Río Copiapó en Angostura. Número 8

La estación está ubicada cerca de la desembocadura del río Copiapó en el mar. Se instaló en Abril de 1963, con limnígrafo.

Se dispone de registros procesados de Abril de 1963 a Diciembre de 1984. La estación ha operado en forma continua hasta la fecha. Se considera de fundamental importancia para estudios de balance hídrico en la cuenca.

- Río Copiapó en San Antonio. Número 9

La estación se encuentra ubicada entre el Embalse Lautaro y La Puerta. Fue instalada en Octubre de 1927 con limnímetro. Fue suspendida en Junio de 1929 y reinstalada con limnígrafo en el mes de Junio de 1968.

Se dispone de dos registros procesados; uno de Octubre de 1927 a Junio de 1929 y otro de Junio de 1968 a Diciembre de 1984. En ambos casos la estadística está completa.

La estación ha sido calificada como de segundo orden.

- Río Copiapó en ciudad de Copiapó. Número 10

La estación fue instalada en Enero de 1983, con limnígrafo. Se considera de segundo orden.

En el apartado de Fluviometría del Tomo Anexo Nº1 se presentan las estadísticas observadas de las 10 estaciones mencionadas anteriormente, en los cuadros numerados del A2-1 al A2-10.

Las estadísticas presentadas en este párrafo fueron obtenidas de la D.G.A., las cuales están procesadas hasta 1984. Sin embargo, como para efectos de modelación son muy importantes los últimos años, cuando se ha tenido altos caudales, se ha calculado en forma preliminar las estadísticas señaladas hasta Abril de 1987.

Los caudales que se miden periódicamente, a través de las 10 estaciones hidrométricas mencionadas, no corresponden a las condiciones naturales de escurrimiento del río Copiapó. Por el contrario los gastos medidos están influenciados por factores de diversa naturaleza, a saber, extracciones de agua para riego, intercambio entre la napa subterránea y superficial, funcionamiento del Embalse Lautaro, las pérdidas y recuperaciones producidas en diferentes tramos del río, etc.

Las estaciones de aguas arriba del Embalse tales como las de Jorquera, Pulido y Manflas, disponen de registros a partir de 1942, sin embargo presentan interrupciones importantes y en algunos casos de varios años. La estación del río Copiapó en Pastillo, ubicada aguas abajo de las anteriores, permite medir el agua que entra al embalse. Sin embargo, las mediciones se inician el año 1952, habiendo años sin información.

Las cuatro estaciones indicadas de acuerdo al estudio crítico realizado por la D.G.A., han funcionado en forma irregular en algunos casos.

La estación río Copiapó en by-pass Embalse Lautaro es la que dispone de un registro de mayor extensión en la hoya en estudio. Puede medir las entregas del Embalse al río Copiapó. No obstante, la estadística no es apropiada para los efectos del presente estudio. En efecto, en el informe de Uri Hammer y Asociados (Ref.6) se dan a conocer las deficiencias que presenta dicha información.

La estación río Copiapó en La Puerta, registra caudales del año 1947 hasta 1986, sin interrupciones. Está ubicada en una sección del río en la que el valle se estrecha, produciéndose un afloramiento rocoso. En tal caso, se puede afirmar que, prácticamente toda el agua escurre superficialmente, no habiendo casi escurrimiento subterráneo. En consecuencia, esta sección presenta muy buenas condiciones para medir la totalidad del recurso de agua disponible en el valle.

La estación del río Copiapó en Mal Paso mide caudales en forma continua a partir de 1947. Se dispone de una estadística hasta Abril de 1987. Sin embargo está muy influenciado por los turnos, las pérdidas o recuperaciones y otros factores. Además, no registra el escurrimiento del agua subterránea.

La estación hidrométrica del río Copiapó en Angostura fue instalada en 1963 y la de Copiapó, el año 1983.

Para el río Copiapó en San Antonio se dispone de información continuada a partir de 1968. La instalación de la estación tuvo por objeto evaluar las recuperaciones en el río, en el tramo comprendido entre esta estación y La Puerta.

De lo anteriormente expuesto se deduce que la estación de La Puerta, es la que reúne las mejores condiciones para estudiar el recurso de agua del valle, por lo cual se empleará como básica en el presente estudio, en conjunto con las aguas arriba.

1.3.2 Relleno y Ampliación de las Estadísticas

Se ha procedido a rellenar la estadística de los ríos Jorquera, Pulido, Manflas, Pastillo, La Puerta y Mal Paso. Los registros actuales se han complementado, mediante los procedimientos tradicionales, tales como correlaciones y regresiones, tanto mensuales como anuales. En este último caso el gasto medio anual es el de un año hidrológico, definido de Mayo a Abril.

Si una estadística presenta un mes sin información este se ha rellenado con el promedio de los meses inmediatamente próximos, verificando previamente la existencia de alguna precipitación trascendente producida en los meses respectivos. En los casos que hay más de un mes sin datos, se hicieron correlaciones mensuales, de dos en dos, de las estaciones mencionadas, determinando rectas de regresión, y potencial mediante el método de los mínimos cuadrados.

Previo a la determinación de las curvas de regresión se efectuaron las siguientes operaciones:

- Inspección visual de los puntos trazados a fin de determinar los que, en forma evidente, se encontraban fuera de la tendencia general.

-Definición de las funciones de regresión

- Análisis de la tendencia general de las curvas de regresión, dibujando en un sólo gráfico el conjunto mensual de ellas.

- Determinación de las funciones definitivas para el cálculo del relleno.

La definición de las funciones elegidas, comprenden rectas y curvas combinadas con rectas. En este último caso se tomó en consideración la tendencia de los puntos bajos hacia el orden o su alejamiento de él.

Los puntos de tangencia de las rectas en las curvas se determinan teniendo presente la posición de los puntos altos, previamente servidos los puntos bajos.

Los gráficos de los caudales de Pulido vs Manflas muestran, en la mayoría de ellos, que el Manflas registra gastos entre 50 y 250 l/s para valores cero del Pulido.

Por otra parte las curvas Manflas vs Jorquera y Pulido + Manflas + Jorquera vs La Puerta tienden a pasar por el origen.

Las correlaciones mensuales Copiapó en Pastillo vs suma de sus afluentes indican que entre Nov. y Mayo hay recuperaciones en el tramo de 200 a 400 l/s y de Abril a Octubre hay pérdidas de 25 a 600 l/s.

En todos los casos analizados se eligieron las funciones de mejor coeficiente de correlación.

El relleno de las estadísticas se efectuó basado en las funciones que se dan a conocer en los mismos cuadros rellenados.

La estadística del río Copiapó en Pastillo se extendió para el período 1942 - 1952.
En La Puerta, se hizo un relleno del período 1930-1941 considerando la precipitación y la variación de los caudales naturales, materia que se analiza en el párrafo relativo al Régimen Natural.

También se hicieron rellenos, de la estación La Puerta de 1942 a 1946 empleando las funciones indicadas en el mismo cuadro.

En los Cuadros A2-16 al A2-20 del apartado Fluviometría del Tomo Anexo Nº1 se presentan las estadísticas rellenadas de las estaciones Pulido, Manflas, Jorquera, Pastillo y Mal Paso, analizadas en este párrafo.

En las Figuras A2-1 a A2-45 y Cuadros A2-11 a A2-15 del Tomo Anexo Nº1, apartado Fluviometría, se dan a conocer las curvas de regresión a que se ha hecho referencia en este párrafo.

1.3.3 Régimen Natural

El gasto medido en La Puerta no corresponde al del escurrimiento natural, principalmente por las extracciones de agua en secciones de aguas arriba y el funcionamiento del Tranque Lautaro.

Los Estatutos y Reglamento de la Asociación de Canalistas del río Copiapó y sus afluentes, que se remontan al siglo pasado, disponen turnos para el uso del agua de riego.

El área comprendida entre el Tranque Lautaro y Copiapó, se ha dividido en 9 distritos cada uno de los cuales, en general, tiene derecho a tomar todo el río o parte de él durante un cierto tiempo, salvo algunas excepciones.

La zona de aguas arriba del Tranque también está sometida a turno, pero con diferentes modalidades. La estación La Puerta se encuentra prácticamente al final del tercer distrito, a los cuales corresponde un turno de dos días cada catorce días, lapso durante el cual el río reduce en forma importante su caudal. No hay información acerca de los gastos extraídos por los canales. Sin embargo, este dato puede obtenerse de los limnigramas respectivos. En ellos se observa claramente la reducción de la altura de escurrimiento del río en esos días. Esta información se ha obtenido desde el año 1964, fecha de instalación del instrumento, hasta Diciembre de 1973, cuando cambió el régimen de turnos.

De acuerdo con la información verbal proporcionada por el Director de la D.G.A. de la III Región Sr. Nildo Pedemonte, comenzó a aplicarse en Enero de 1974 una nueva modalidad de turnos, por la cual se entregó un gasto continuo de 300 l/s hasta fines de 1983. Desde esta fecha hasta el presente se distribuye un caudal de 500 l/s a los tres distritos.

Desde Julio de 1947, hasta fines de 1963, la estación estuvo equipada con limnímetro. En este caso, el consumo de agua, entre el Tranque Lautaro y La Puerta se ha calculado mediante la recta de regresión obtenida del gráfico volumen efectivo consumido versus volumen medido en la estación de Aforo. Considerando la recuperación producida en dicho tramo, estimada en 20%, el volumen efectivo corresponde al 80% del calculado en los limnigramas.

En el año 1939 se dió término a la construcción del Embalse Lautaro. Su capacidad máxima es de 40 millones de metros cúbicos. Esta obra ha funcionado en forma irregular hasta el presente. Así en el período Noviembre de 1940 a Junio de 1950 el embalse almacenó volúmenes importantes de agua, llenándose en Marzo de 1944 con funcionamiento del vertedero de rebase que, junto a Diciembre de 1987, han sido las únicas oportunidades en que éste lo ha hecho. Ateniéndose a lo expresado en el informe Kleiman-Torres de 1962 (Ref.13), durante el lapso 1952 a 1962 no ha sido posible disponer de excedentes de agua en forma consistente para almacenar en el Tranque Lautaro, debido a la sequía de 10 años durante la década. Asimismo se da a conocer que la compuerta Caterpillar de emergencia, por defecto de su sistema de accionamiento, se ha mantenido abierta, sin permitir el almacenamiento de agua. Aparentemente esta situación se ha mantenido, por lo menos hasta 1970. En efecto, en el año 1966 se creó un Comité Interministerial, destinado a abordar el problema de regadío del valle de Copiapó, tomando como base el Embalse Lautaro como obra de regulación. La labor de habilitación de esta obra correspondió a la Dirección de Riego.

La Dirección de Riego controla las mediciones del embalse de Julio de 1972 hasta el presente, información que, junto a otras de interés, da a conocer a diversas instituciones y usuarios mediante boletines mensuales. De la información que se dispone se desprende que la obra, desde 1952 hasta fines de 1980, prácticamente no ha prestado servicio de regulación del caudal. A partir de 1981 se inicia un período de mayor precipitación, que ha permitido llenar el embalse en Mayo de 1985. Desde dicho mes se inicia un proceso sostenido de descenso del nivel del embalse, registrándose 17 millones de metros cúbicos, en

el mes de Abril de 1987. A fines de 1987 volvió a llenarse el embalse a tal punto que entró en funciones el vertedero de descarga, sin que hubiera mayores problemas.

Para el cálculo del consumo de agua proveniente del embalse, se ha empleado como información básica la registrada por las instituciones anteriormente mencionadas. El período sin información, comprendido entre Julio de 1950 y Junio de 1972, se completó haciendo un balance de la suma de los caudales de los ríos Jorquera, Pulido, Manflas y Pastillo, con el caudal medido en La Puerta.

En el apartado de Fluviometría del Tomo Anexo Nº1 se caracteriza el estado del Embalse Lautaro a través de los Cuadros A2-21, de Volumen Embalsado, y A2-22, de Volumen Afluente y Efluente, y A2-23, de caudal afluente y efluente.
Otro caudal que debería considerarse para el recuento del recurso natural del valle, es el debido a las pérdidas por evaporación. Aguas arriba de La Puerta se pierde una parte importante del caudal del río en Las Vegas de la localidad de Los Loros, las cuales se desarrollan en la caja del río, en una longitud de unos 11 km desde San Antonio hasta La Puerta. Se ha estimado que la pérdida de agua por concepto de evaporación directa y evapotranspiración es de unos 105 l/s.

También cabe mencionar el uso de agua subterránea. Hasta 1983 o 1984 se ha empleado en forma muy accidental, por lo cual no se considera relevante su inclusión en el cálculo del régimen natural en La Puerta.

El régimen natural del río Copiapó en La Puerta se determinó entonces agregando, mes a mes, el caudal observado al extraído por los turnos y, al resultado de esta operación, se ha hecho la suma algebraica de los gastos producidos por la regulación del embalse, o sea, suma de los caudales afluentes y resta de los efluentes.

En el período hidrológico 1930-1941, el régimen natural se rellenó considerando la lluvia y el caudal observado en los períodos posteriores. En el año 1930,

que fue muy lluvioso, la estadística de Copiapó (D.M.C.) registró 73 mm de agua caída siendo el año normal del orden de 20 mm, segunda en orden de precedencia de la máxima.

No hay información de otras estaciones de la zona alta de la misma fecha, sin embargo, los datos existentes demuestran que generalmente, la lluvia aumenta de mar a cordillera.

La lluvia registrada en la estación La Pampa, en la Hoya del río Huasco, ubicada a una altitud de 1200 m, es de 227,5 mm. En orden de magnitud es la segunda en orden de importancia de la serie histórica, siendo más alta la de 424 mm registrada el año 1919. A este respecto puede observarse que hay bastante similitud entre el régimen de precipitación de 1930 con el de 1984. Teniendo presente que la diferencia del caudal entre los años 1983 y 1984 en régimen natural, es de 2,26 m^3/s y que el caudal medio extraído por el turno de riego en 1929 es de 0,31 m^3/s, se tiene que el caudal medio anual de Copiapó en La Puer-ta el año 1930 es de 7,94 m^3, obtenido como el caudal medio observado en 1929 más el caudal del turno de riego más la diferencia de caudales entre los años 1983 y 1984.

En el Cuadro A2-24 del Tomo Anexo Nº1, apartado Fluviometría, se presenta el detalle del cálculo hecho mes a mes para obtener los caudales de régimen natural del río Copiapó en La Puerta. En el Cuadro 3-1 y Figura 3-3 de este capítulo se presenta los resultados obtenidos en forma resumida, mientras que en la Figura 3-4 y Cuadro 3-2 se muestra la variación estacional del los caudales.

En las Figuras A2-48 a A2-59 del apartado Fluviometría del Tomo Anexo Nº1 se grafica las Curvas de Duración de los Caudales Medios Mensuales del río Copiapó en La Puerta en régimen natural. Finalmente, en la Figura 3-5 de este capítulo se presenta la Curva de Duración General de los caudales medios anuales.

Para obtener el régimen natural de los ríos Jorquera, Pulido, Manflas y Pastillo debe considerarse un caudal debido a los turnos de 40 l/s para cada

CUADRO 3-1
RIO COPIAPO EN LA PUERTA
REGIMEN NATURAL
AÑO HIDROLOGICO
CAUDAL MEDIO m3/s

AÑO	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	PROM
1928	4.57	5.52	5.31	4.32	3.25	3.39	3.39	3.45	3.44	3.36	3.15	3.17	3.86
1929	4.13	4.87	4.66	4.26	3.98	4.01	4.54	5.69	10.15	7.33	6.99	7.57	5.68
1930	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.92
1931	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.56
1932	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.23
1933	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.33
1934	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.69
1935	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.06
1936	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.05
1937	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.59
1938	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.13
1939	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.52
1940	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.01
1941	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.42
1942	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.57
1943	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.81
1944	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.43
1945	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.43
1946	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.46
1947	2.53	2.33	2.60	2.59	2.34	1.94	1.95	2.35	2.96	2.78	2.58	2.05	2.42
1948	2.33	2.30	2.36	2.49	2.53	2.26	2.42	3.38	4.16	4.61	4.00	6.75	3.30
1949	3.34	2.86	2.85	3.34	3.01	3.45	4.66	4.41	4.06	4.91	4.53	4.66	3.84
1950	4.85	4.58	3.31	3.08	2.74	2.59	2.24	3.29	3.32	3.13	2.75	2.65	3.21
1951	2.64	2.33	2.15	2.23	1.97	2.01	2.30	1.53	1.94	2.16	2.77	2.37	2.20
1952	2.25	2.05	1.94	2.02	2.49	3.30	2.44	2.71	2.98	4.12	3.33	2.34	2.66
1953	2.56	2.16	2.05	2.23	2.13	2.09	2.11	3.27	3.64	5.49	2.91	2.62	2.77
1954	2.87	2.47	2.58	1.92	2.14	2.78	1.99	1.93	2.25	2.62	2.67	2.32	2.38
1955	2.67	1.93	1.72	1.82	2.07	2.06	2.08	1.83	1.92	1.83	1.58	1.61	1.93
1956	2.24	1.91	1.81	1.37	1.55	1.51	1.43	1.37	1.04	1.36	1.33	1.26	1.52
1957	1.66	1.73	1.46	1.51	1.38	1.36	1.24	1.15	1.23	1.85	1.99	1.55	1.51
1958	1.82	1.74	1.86	1.94	1.59	1.39	1.22	1.15	1.22	1.52	1.91	1.13	1.54
1959	1.35	1.29	1.40	1.23	1.22	0.95	0.94	0.96	1.99	1.24	0.93	0.94	1.20
1960	1.41	1.22	1.38	1.33	1.10	1.11	1.01	1.06	1.21	1.61	1.25	1.08	1.23
1961	1.49	1.49	1.48	1.30	1.32	1.36	1.41	1.57	1.12	1.81	1.39	1.31	1.42
1962	1.56	1.49	1.59	1.54	1.40	1.66	2.12	1.98	2.31	2.32	1.98	1.94	1.82
1963	1.99	2.33	2.07	1.52	1.74	2.20	2.29	1.70	0.97	1.23	1.62	2.31	1.83
1964	1.29	1.79	1.77	1.63	1.30	1.49	1.51	0.98	1.03	1.16	1.26	1.58	1.40
1965	1.90	1.78	1.78	1.68	1.69	1.94	2.27	3.43	3.49	2.53	2.05	2.57	2.26
1966	2.80	2.18	2.44	2.44	2.20	2.01	1.60	1.42	1.02	1.73	1.58	1.51	1.91
1967	1.94	1.78	1.90	1.79	1.44	1.34	1.47	1.41	1.39	1.57	1.60	1.52	1.60
1968	1.83	1.68	1.59	1.46	1.45	1.53	0.91	1.12	1.25	1.43	1.31	1.28	1.40
1969	1.61	1.16	1.36	1.41	1.24	1.21	0.85	0.84	0.83	0.92	0.71	0.79	1.08
1970	1.32	0.91	1.11	1.12	1.07	0.90	0.86	0.77	0.83	0.96	0.80	0.74	0.95
1971	0.97	1.37	0.99	1.16	0.91	0.89	0.85	0.80	1.37	1.15	0.84	1.23	1.04
1972	0.90	1.24	1.15	1.13	1.52	1.91	2.01	2.65	3.24	3.30	3.35	2.59	2.08
1973	2.29	2.55	2.17	2.63	2.37	2.13	1.94	2.12	2.22	2.24	2.48	2.40	2.30
1974	2.51	2.57	2.21	2.00	2.14	1.82	2.01	3.09	1.39	1.96	2.01	1.74	2.12

CUADRO 8-1 (cont.)

AÑO	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	PROM
1975	1.85	1.79	1.88	1.84	1.80	1.65	1.56	1.72	1.70	1.65	1.69	1.63	1.73
1976	1.[illegible]	1.[illegible]	1.67	1.66	1.65	1.58	1.27	1.31	1.37	1.36	1.56	1.60	1.54
1977	1.37	1.02	1.33	1.14	1.25	1.24	1.31	1.40	1.75	1.62	1.45	1.53	1.37
1978	1.52	1.44	1.22	1.09	1.06	1.07	1.12	1.15	1.36	1.35	1.33	1.33	1.25
1979	1.40	1.50	1.16	1.36	1.15	1.12	0.98	0.82	0.82	0.81	0.88	1.50	1.13
1980	1.13	1.23	1.15	1.17	1.22	1.67	2.04	2.54	4.19	4.20	3.39	2.72	2.22
1981	2.73	2.69	2.69	2.68	2.78	2.59	1.96	2.60	2.94	3.02	2.72	2.57	2.66
1982	2.81	2.47	2.21	2.08	2.36	2.21	2.29	2.99	3.65	3.84	3.78	3.87	2.88
1983	3.11	3.23	3.72	3.01	3.26	4.32	5.36	7.38	9.58	8.34	7.72	5.44	5.37
1984	6.21	5.60	6.45	6.11	6.21	6.15	9.80	12.15	10.45	8.24	7.63	6.30	7.61
1985	8.56	6.40	4.80	4.35	3.90	3.35	2.07	2.45	3.20	3.71	3.13	3.29	4.10
1986	3.47	3.87	3.47	3.20	2.06	2.01	1.76	2.93	4.07	4.11	3.87	3.69	3.21

INDICES PERIODO 1947-1986

	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	PROM
PROM	2.37	2.20	2.12	2.04	1.97	2.00	2.04	2.34	2.54	2.64	2.42	2.31	2.25
DESV	1.43	1.16	1.06	0.99	0.96	1.01	1.54	2.02	2.05	1.79	1.57	1.41	1.28
MAX	8.56	6.40	6.45	6.11	6.21	6.15	9.80	12.15	10.45	8.34	7.72	6.75	7.61
MIN	0.90	0.91	0.99	1.09	0.91	0.89	0.85	0.77	0.82	0.81	0.71	0.74	0.95

[ ] : RELLENOS

AÑO	MES	CORRELACION	
1928	MAYO A ABRIL	VOL. TURNO EFECTIVO+CAUDAL MEDIDO Yte=71,12+0,052 Ymx10^3xm3	
1929	MAYO A ABRIL	VOL. TURNO EFECTIVO+CAUDAL MEDIDO Yte=71,12+0,052 Ymx10^3xm3	
1930 A 1941	PROMEDIO ANUAL	VER INFORME, PARRAFO : "RELLENO Y AMPLIACION DE LA ESTADISTICA", PAGINA 2-26 Y SIGUIENTES.	
1942 A 1946		CORR. ANUAL LA PUERTA VS AFLUENTES REG. NAT.	CUADRO Nº 23
1947	MAYO Y JUNIO	CORR. MENSUAL LA PUERTA VS AFLUENTES REG. NAT.	CUADRO Nº 25
1947 A 1986		CAUDAL MEDIDO+CAUDAL TURNO+REGULAC. EMBALSE	CUADRO Nº 37

ALAMOS Y PERALTA
INGENIEROS CONSULTORES LTDA.

LA PUERTA vs. TIEMPO

CAUDAL MEDIO ANUAL NATURAL (m^3/s) vs. AÑO

AÑO HIDROLOGICO 1928 - 1985

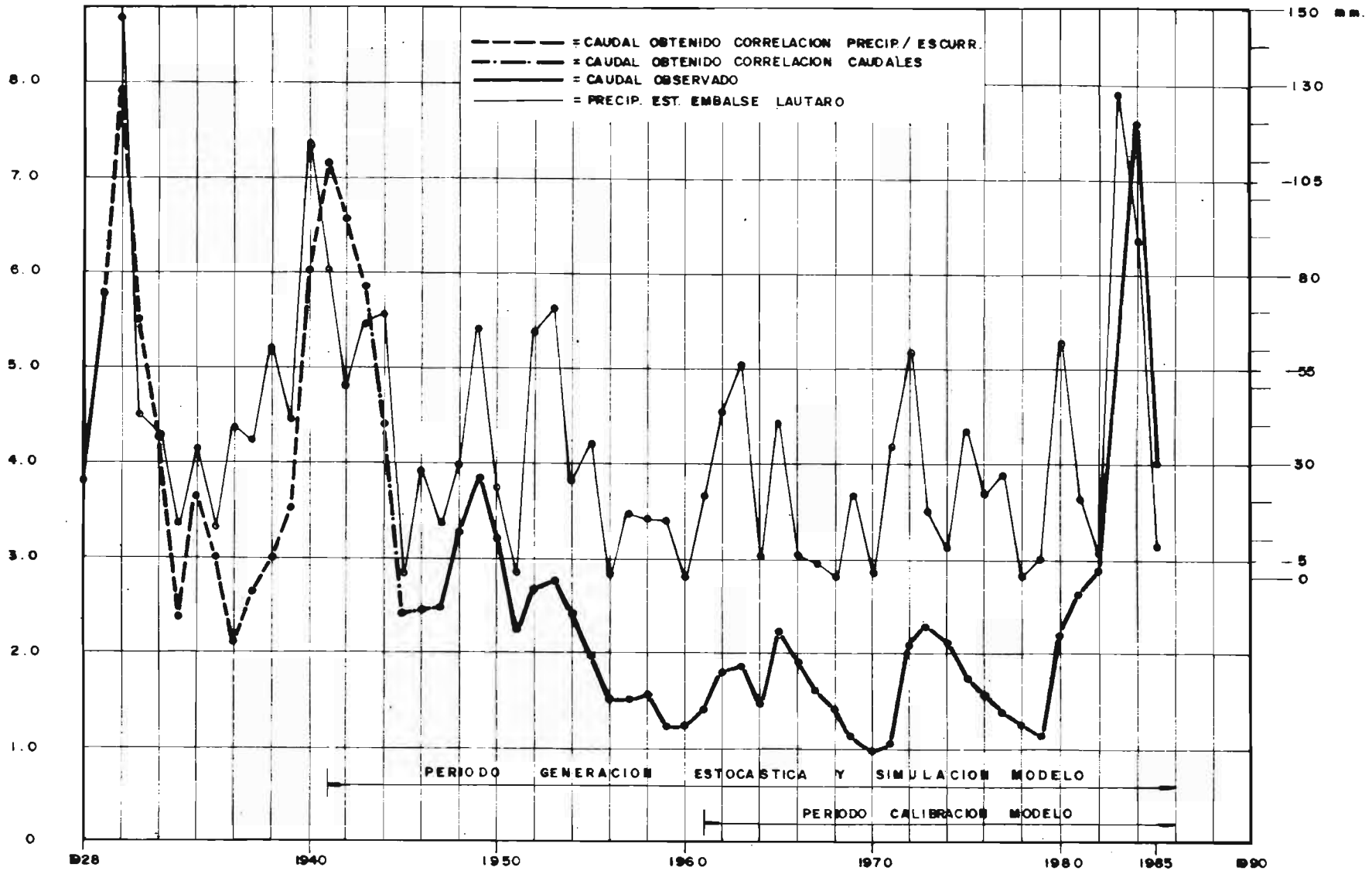


FIGURA 3-3

CUADRO 3-2

YARIACION ESTACIONAL CAUDAL MEDIO MENSUAL (m3/s)

ESTACION COPIAPO EN LA PUERTA-REGIMEN NATURAL

	PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA					
MES	5%	10%	20%	50%	80%	95%
MAYO	5.0	3.8	2.9	1.95	1.4	1.08
JUNIO	4.6	3.5	2.6	1.9	1.4	1.08
JULIO	4.25	3.3	2.6	1.85	1.37	1.12
AGOSTO	3.8	3.05	2.5	1.74	1.26	1.11
SEPTIEMBRE	3.55	2.9	2.4	1.68	1.23	1.05
OCTUBRE	3.85	3	2.4	1.8	1.24	0.93
NOVIEMBRE	4.4	2.6	2.29	1.85	1.12	0.85
DICIEMBRE	5.0	3.3	3	1.71	1.1	0.82
ENERO	5.5	4.05	3.5	1.8	1.07	0.85
FEBRERO	6.8	4.7	3.65	2	1.3	0.95
MARZO	5	3.8	3.15	1.88	1.3	0.81
ABRIL	5.8	4.1	2.65	1.82	1.35	0.88

CURVA DE VARIACION ESTACIONAL

COPIAPO EN LA PUERTA - REGIMEN NATURAL

PERIODO 1947 - 1985

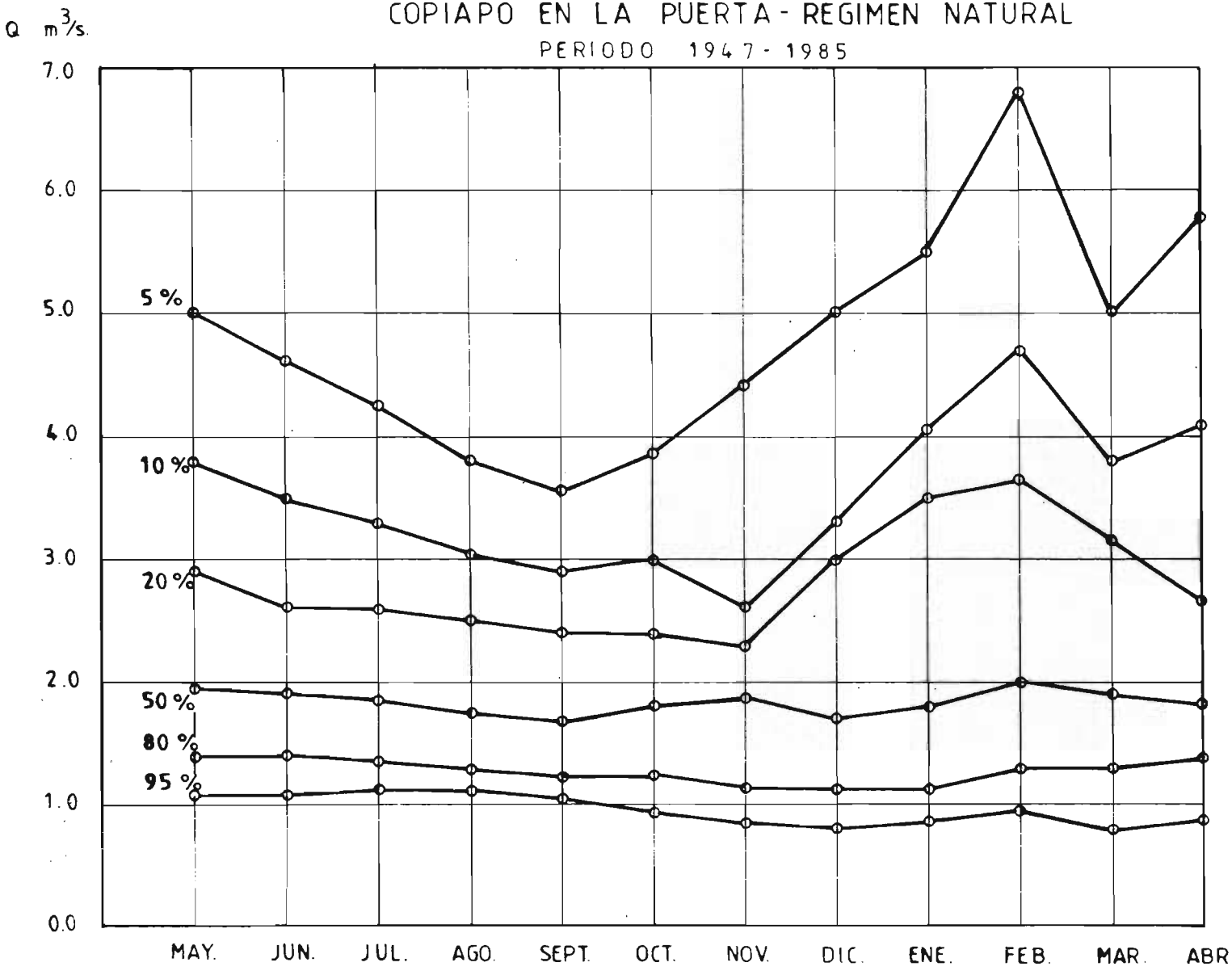


FIGURA 3-4

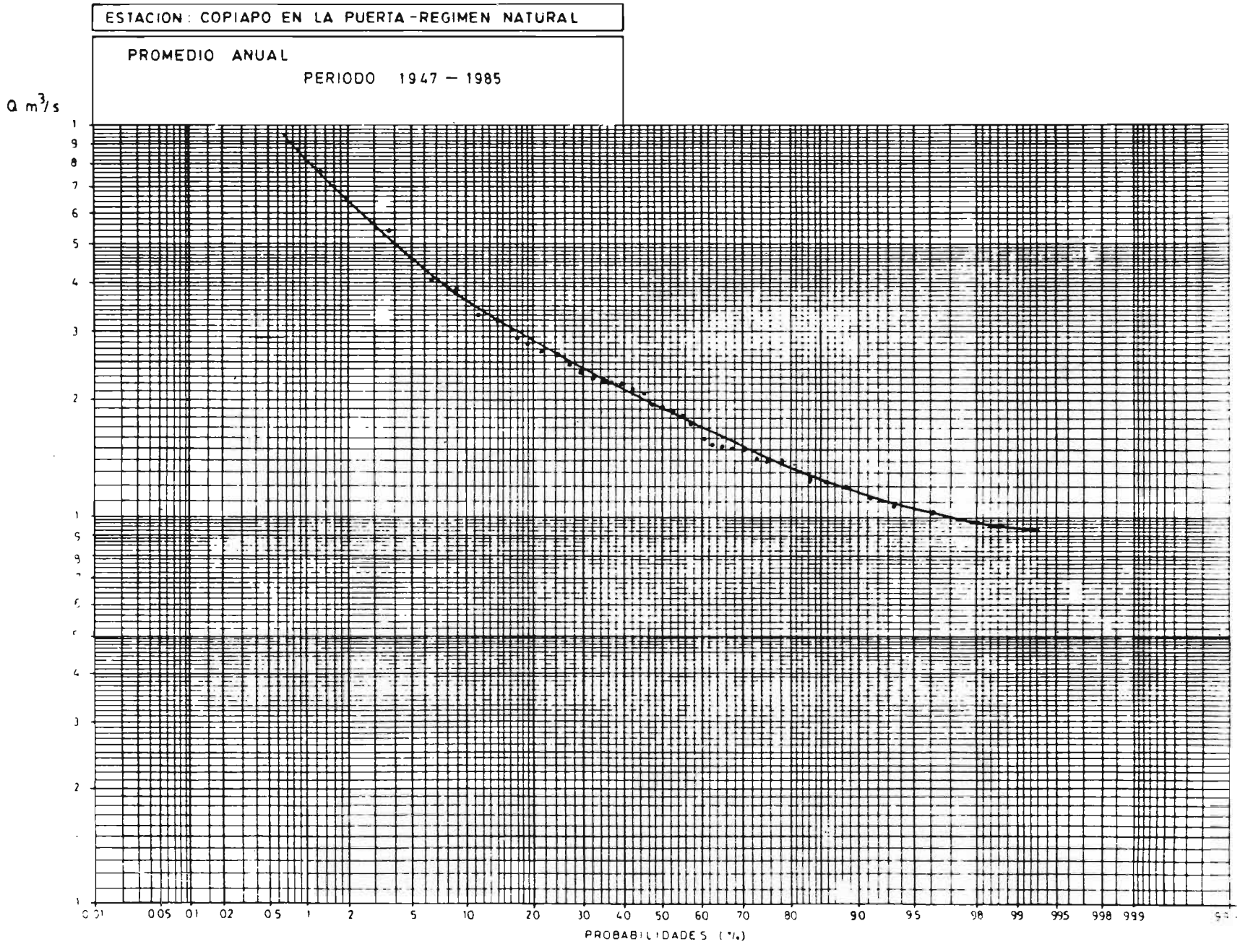

ESTACION: COPIAPO EN LA PUERTA-REGIMEN NATURAL
PROMEDIO ANUAL
PERIODO 1947 — 1985
Q m³/s
PROBABILIDADES (%)

FIGURA 3.5

uno de ellos, desde 1942 a 1982 inclusive, y 100 l/s para cada uno desde el año 1983, información proporcionada verbalmente por el Director de la D.G.A. de la III Región Sr. Nildo Pedemonte.

Desde 1931 hasta 1939 se observa un período de baja precipitación. Los años 1940 y 1941 son lluviosos, pero inferiores a 1930. De acuerdo con esta información y la tendencia de la serie histórica de caudales, 1946-1987, se comprende que el año 1941 debería corresponder a un caudal alto, pero inferior al de 1930 y los años 1931 a 1939 a caudales bajos.

1.3.4 Crecidas

La información de que se dispone acerca de las crecidas producidas en el valle de Copiapó es muy escasa e imprecisa. En general estas se producen principalmente en la alta Cordillera de la hoya del río Copiapó y en la quebrada de Paipote.

Durante los últimos 50 años no se tiene conocimiento que el valle, del Embalse Lautaro al mar, haya sido afectado por alguna crecida proveniente de las nacientes del río Copiapó. Sin embargo se han observado varias crecidas escurrir por la quebrada de Paipote y zonas de aguas abajo, con características más bien de aluviones producidos por un frente de mal tiempo que de crecidas propiamente tales, pues simultáneamente no se produjo el mismo fenómeno en otras áreas de la cuenca. Estos aluviones, cuya duración es del orden de 3 a 5 horas, se han producido durante los años 1938, 1943, 1957, 1965, 1985 y 1987, siendo el de mayor caudal el de 1957, estimado en 80 m^3/s.

Atendiendo a las nacientes del río Copiapó, cabe referirse a la información conocida a partir del año 1940, fecha de término del Embalse Lautaro, desde la cual se inició su llenado el cual culminó el 28 de Marzo de 1944, oportunidad en que funcionó el vertedero. La información de la Dirección de Riego no consigna el caudal de rebase. Al parecer, este fue de poca magnitud y duración ya que, por razones de explotación de la obra, se hizo descender el nivel del

lago accionando la compuerta de emergencia a menos de su capacidad de evacuación, que no supera los 100 m^3/s a plena carga. La importancia de la crecida que podría haberse producido no se revela en los caudales observados en los afluentes.

Con posterioridad a la fecha indicada, hay un período relativamente seco, con interrupciones en los años 1972, 1980, 1983, 1984 y 1987. En Diciembre de este último año nuevamente hubo rebases en el Embalse Lautaro que, de acuerdo a informaciones verbales, habrían llegado a totalizar 28 m^3/s, de los cuales 16 m^3/s pasaban por el evacuador de crecidas mientras que el resto lo hacía por la compuerta de fondo.

En cuanto a los caudales máximos instantáneos más significati-vos registrados en los limnígrafos, sus valores son los siguientes :

CAUDALES DE CRECIDA m^3/s

ESTACIONES

Pulido en Vertedero		Copiapó en Pastillo	
Fecha	Caudal	Fecha	Caudal
7-II-72	12,5	20-XII-72	8,34
11-IV-80	8,03	20- I -73	9,05
6-II-81	10,40	12-IV -80	8,98
23-IV-83	31,70	13- I -81	9,02
11 -I-85	6,80	I-VII-83	32,80

Cabe hacer presente que el 14 de Mayo de 1985 se produjo una crecida instantánea en el río Manflas, al parecer debido al vaciado repentino del agua acumulada en el glaciar del río seco de Los Tronquitos. Esta crecida destruyó las estaciones fluviométricas del río Manflas y del río Copiapó en Pastillo, por lo cual el gasto respectivo no quedó registrado. Debido a la crecida el Embalse Lautaro almacenó en el día 5 millones de m^3, lo que equivale a un caudal medio aproximadamente 60 m^3/s, producido por el vaciado repentino del agua acumulada en el glaciar. Esta situación debe tenerse presente pues, en el futuro, en caso de encontrarse el embalse lleno a plena capacidad, se puede

producir una crecida peligrosa en el valle.

En el mes de Marzo de 1987, una Comisión de la D.G.A. integrada por el Ing. Sr. Fernando Escobar C. y los Técnicos-Andinistas, Sres. Jorge Quinteros M., Alberto Peralta R. y Antonio Vergara M., hicieron un estudio de la alta Cordillera del río Copiapó, especialmente del glaciar del río Seco de Los Tronquitos y del río Manflas. En la estación de aforo Manflas en Vertedero la comisión, empleando el método de cálculo Area-Pendiente (Slope-Area), estimó la crecida en unos 1000 m^3/s.

1.3.5 Estudio de Homogeneidad de la Estadística

Se hizo un estudio de Consistencia y Homogeneidad de las estadísticas previamente rellenadas y ampliadas, empleando el método de las Curvas Doble Acumulada, del caudal natural anual de las estaciones del río Copiapó en La Puerta versus la suma de Jorquera, Pulido y Manflas y del caudal observado del Pastillo vs esta última suma, en el cual ambas variables están afectadas por el mismo sistema de turnos. En estos casos, se obtiene prácticamente una recta. En el apartado de Fluviometría del Tomo Anexo Nº1 se dan a conocer estas curvas másicas en las Figuras A2-46 y A2-47.

1.3.6 Caracterización del Régimen de Caudales

El régimen de caudales se ha caracterizado, para el escurrimiento observado, rellenado, extendido y homogeneizado de acuerdo a una serie de antecedentes que se presentan en este capítulo y en el Tomo Anexo Nº1, apartado Fluviometría. Estos son :

- Cuadros A2-1 al A2-10 con las estadísticas observadas de caudales. Año Calendario.

- Cuadros A2-16 al A2-20 con las estadísticas rellenadas de los ríos

Pulido, Manflas, Jorquera en Vertedero y del río Copiapó en Pastillo y Mal Paso. Año Hidrológico.

- Cuadros 3-1 y A2-24 con los caudales en régimen natural del río Copiapó en La Puerta.

- Figura 3-3 con la variación histórica de los caudales medios anuales en régimen natural del río Copiapó en La Puerta, incluyendo las precipitaciones anuales en el Embalse Lautaro.

- Figura 3-5 con la Duración General del caudal medio anual del río Copiapó en La Puerta.

- Figura 3-4 con la Variación Estacional del caudal medio mensual del río Copiapó en La Puerta.

Las Figuras 3-5 y 3-4 se han elaborado basadas en los caudales indicados y graficados en papel Log-Normal, empleando la fórmula de Allen Hazen.

1.4 HIDROLOGIA ESTOCASTICA

1.4.1 Introducción

El objeto de generar series de caudales es conocer la respuesta del sistema frente a condiciones hidrológicas diferentes a las que se ha registrado hasta la fecha.

Ahora bien, dada la situación hidrológica del río Copiapó, en que la variación estacional del caudal mensual es poco relevante, se ha considerado que el enfoque más adecuado es efectuar la generación estocástica basado en el caudal medio anual.

La serie histórica de los caudales registrados en un río es sólo una muestra estadística de la secuencia de los caudales que podrían escurrir en cualquier intervalo de tiempo y lo más probable es que dicha secuencia no se repita en magnitud y ordenamiento de ella.

Por dicho motivo, y con el objeto de mejorar la seguridad en el análisis del recurso hídrico disponible en la cuenca del río Copiapó, se ha considerado conveniente generar series de valores de una determinada extensión previamente establecida. Cada serie generada representa en consecuencia, una muestra de la población total de series de caudales que pueden escurrir por el río.

1.4.2 Metodología de Generación de Caudales

En la generación de caudales se supone que hay una componente determinística, que se define a partir de la serie histórica, en este caso la suma de caudales de los ríos Manflas, Jorquera y Pulido, y una componente aleatoria.

La parte determinística refleja el fenómeno de la "persistencia", que se define

como la dependencia que existe entre pares de valores separados en "K" unidades, en este caso años, y su grado se mide por el coeficiente de autocorrelación.

Asimismo, se postula que la serie generada debe tener la misma media y desviación estandar que la histótica. La generación estocástica se ha efectuado utilizando el modelo de Markov de orden 1, en el cual se tiene la siguiente expresión:

$$Y_i = \bar{X} + r * (Y_{i-1} - \bar{X}) + t_i * \sigma_x * (1 - r^2)^{1/2}$$

En que:

Y_i = Caudal medio anual sintético del año i

$\bar{X}$ = Promedio de los caudales medios anuales históricos

r = Coeficiente de autocorrelación entre los caudales históricos.

σ_x = Desviación estándar de los caudales anuales históricos.

t_i = Variable aleatoria correspondiente a una distribución normal, con media 0 y desviación estándar 1.

La generación estocástica, tal como se dijo, produce una serie de valores normalmente distribuídos con parámetros μ y σ idénticos a la de la serie histórica. Esto obliga, para que sea aplicable el método, a generar una variable que pueden no ser los caudales directamente, sino una función de ellos. Para averiguar qué variable generar se postuló 2 distribuciones de probabilidades diferentes y se las probó por medio del test de ajuste X^2. Las distribuciones de probabilidades probadas son la normal y la log-normal.

Los cuadros 4-1 y 4-2 muestran los resultados del test X^2 suponiendo distribuciones normal y log-normal, respectivamente. De allí se deduce que los caudales se ajustan mejor a una distribución log-normal que a una normal. Además, para un nivel de confianza del 1%, los datos se ajustan a la log-normal.

Por lo tanto, en la generación estocástica se ha considerado la distribución Log Normal, siendo X_i = Log q_i.

La distribución Log-Normal representa bien los gastos no extremos. Como la función objetivo está fundamentalmente ligada a los gastos no extremos, resulta que la modelación es apropiada.

En este caso, Y_i representa el logaritmo del caudal generado en el año i. Los parámetros estadísticos se determinan a partir de los logaritmos de la serie histórica de caudales.

Los números aleatorios t_i deben estar normalmente distribuídos. Para la generación de ellos se empleó la Transformación de Box-Müller, la que expresa que si se tiene 2 números aleatorios R_1 y R_2, distribuídos en forma rectangular, se puede obtener dos números independientes N1 y N2 distribuídos normalmente (media 0 y desviación estándar 1) como sigue:

$$N1 = (-2 \text{ Log } R_1)^{1/2} * \text{Cos } (2\pi R_2)$$

$$N2 = (-2 \text{ Log } R_1)^{1/2} * \text{Sin } (2\pi R_2)$$

Las series de valores "t_i" obtenidos, se deben ajustar de modo que cumplan exactamente las condiciones indicadas, para lo cual se ha efectuado la corrección mediante la relación siguiente:

CUADRO 4-1

TEST χ^2 - DIST. NORMAL

SUMA MANFLAS JORQUERA Y PULIDO

RANGO Q	Z	Ø(Z)	O_i	P_{Normal}	e_i	$(O_i - e_i)^2 / e_i$
0,5	- 1,31		0	0,0951	4,28	4,28
1	- 1,04		0	0,0541	2,43	2,43
1,5	- 0,76		6	0,0744	3,35	2,10
2	- 0,48		15	0,092	4,14	28,48
2,5	- 0,21		4	0,101	4,55	0,07
3	0,07		4	0,111	5,00	0,20
3,5	0,35		6	0,109	4,90	0,24
4	0,62	0,7324	2	0,096	4,30	1,23
4,5	0,90	0,8159	2	0,084	3,76	0,82
5	1,18	0,8810	1	0,065	2,93	1,27
5,5	1,45	0,9265	0	0,046	2,05	2,05
6	1,73	0,9582	1	0,032	1,43	0,13
6,5	2,00	0,9772	0	0,019	0,86	0,86
7	2,28	0,9887	1	0,012	0,52	0,44
7,5	2,56	0,9948	2	0,006	0,27	11,08
8	2,83	0,9977	0	0,003	0,13	0,13
8,5	3,11	0,9990	0	0,001	0,06	0,06
9	3,38	0,9997	1	0,007	0,03	31,36
			0			
			45			$\chi^2_c = 79,58$

G-L = 19 - 1 - 2 = 16

$P(\chi^2_{16} > 38,58) = 0,005$

$\bar{Q} = 2,875 \ (m^3/s)$

Esto significa que los datos no siguen una distribución normal ni siquiera al 0,5% de significación.

$\sigma_Q = 1,808$

CUADRO 4-2

TEST χ^2 - DIST. LOG NORMAL

SUMA MANFLAS, JORQUERA Y PULIDO

X = RANGO LOG Q	Z	Ø (Z)	O_i	P_{Normal}	e_i	$(O_i - e_i)^2/e_i$
0	- 1,66		0			
0,2	- 1,29	0,0985	4	0,0985	4,43	0,04
0,4	- 0,92	0,1788	2	0,0803	3,61	0,72
0,6	- 0,56	0,2877	13	0,1089	4,90	13,39
0,8	- 0,19	0,4247	3	0,137	6,17	1,63
1,0	0,18	0,5714	4	0,147	6,60	1,02
1,2	0,55	0,7088	7	0,1374	6,18	0,11
1,4	0,92	0,8212	4	0,1124	5,06	0,22
1,6	1,29	0,9015	3	0,0803	3,61	0,10
1,8	1,66	0,9515	1	0,05	2,25	0,69
2,0	2,03	0,9788	2	0,0273	1,23	0,48
> 2,2	2,40		2	0,0212	0,95	1,16
			45			$\chi^2_c = 19,57$

G.L = 11 - 1 - 2 = 8

$\bar{X} = 0,901$ $\qquad P(\chi^2_8 > 20,09) = 0,01$

$\sigma_X = 0,542$

Esto significa que los datos siguen una distribución log-normal a un nivel de significación del 1%.

$$t'_i = \frac{t_i - \bar{t}_i}{\sigma_t}$$

Una vez generados los valores Y_i se ha ajustado de acuerdo a los estadígrafos de los logaritmos X_i de la serie histórica, mediante la expresión.

$$Y'_i = \frac{\sigma_x}{\sigma_y} * (Y_i - \bar{Y}) + \bar{X}$$

Posteriormente se transforman los logaritmos Y_i en caudales Q_i y finalmente se corrigen estos valores generados, de modo que su media coincida con la serie histórica, emp' ando la expresión:

$$Q'_i = \frac{\bar{q}}{Q} \quad Q_i$$

en que:

$\bar{q}$ = Media de la serie de caudales medios anuales históricos

Q = Media de la serie de caudales medios anuales generados

Q_i = Caudal medio anual generado

1.4.3 Generación de las Series

Tomando como base lo indicado anteriormente se ha generado 50 series de 50 años cada una. Esto se ha hecho a partir de la serie histórica de caudales medios anuales de la estadística "Suma Manflas, Jorquera y Pulido" con 45 años de longitud, promedio Q = 2,875 (m^3/s) y desviación standard igual a 1,808 (m^3/s).

Los caudales de las series generadas se han graficado y se presentan en el Tomo Anexo Nº1. A partir de estos esquemas se ha hecho un análisis comparativo con los caudales históricos, los cuales se grafican en la Figura 4-1 adjunta.

Primeramente se ha hecho un análisis visual de los gráficos de cada serie generada, seleccionando aquellas que han presentado un conjunto de años secos consecutivos. Se ha tomado como año seco aquel que presenta caudales inferiores a 1,8 (m^3/s), cifra que se ha elegido por coincidir aproximadamente con los años en que los niveles de la napa descienden.

La estadística observada, cuyos caudales se grafican en la Figura 4-1 muestra que en el período 1956-1980 se produjo una serie de años secos, interrumpido sólo en 1966 y 1972 que fueron años más lluviosos. Partiendo de este lapso de 25 años se ha determinado los períodos secos de la misma duración entre las series de caudales generadas. Luego se ha calculado el volumen total escurrido para el período seco de cada serie, cifras que se presentan en el Cuadro 4-3 para los 6 casos más críticos.

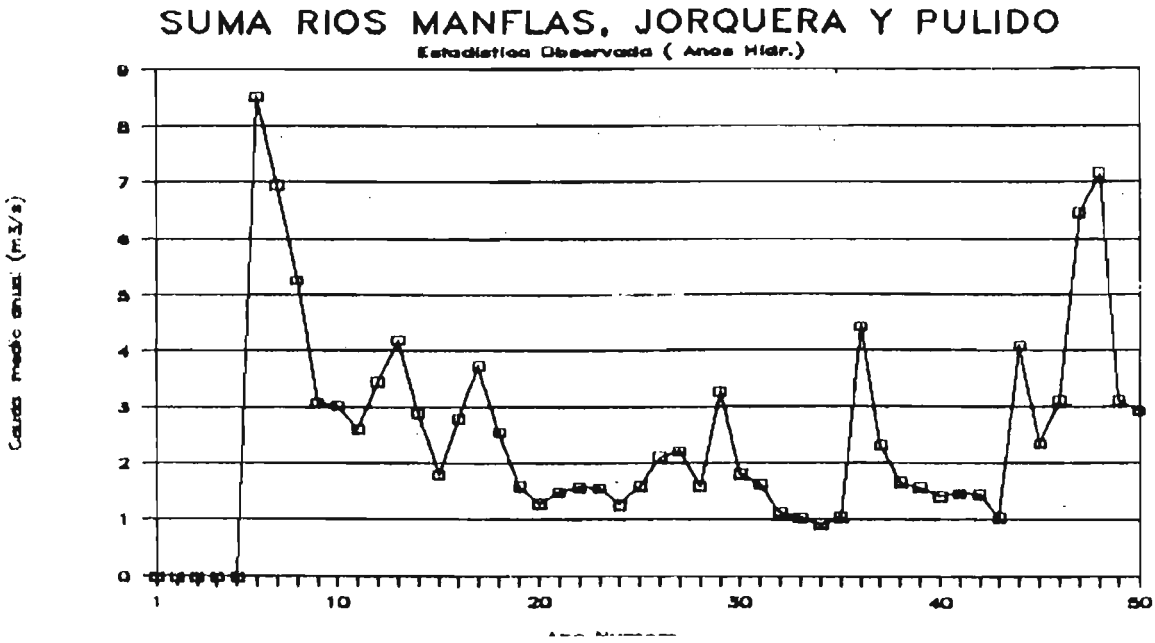

SUMA RIOS MANFLAS, JORQUERA Y PULIDO
Estadistica Observada (Anos Hidr.)
Caudal medio anual (m3/s)
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
1
10
20
30
40
50

FIGURA 4.1

CUADRO 4-3

VOLUMENES ESCURRIDOS EN UN PERIODO SECO DE 25 AÑOS

SERIE GENERADA Nº	VOLUMEN ESCURRIDO (Mm^3)
3	1.455
7	1.437
11	1.296
16	1.325
27	1.845
45	1.501
SERIE HISTORICA	1.337

En este cuadro se descubre que sólo dos de las 50 series generadas presentan un período seco más crítico que el observado. Sin embargo, los volúmenes escurridos en esos casos llegan, en el peor de los casos, a ser sólo un 3% menores a los de la estadística observada.

Haciendo un análisis probabilístico de los volúmenes escurridos se obtiene, de acuerdo a la fórmula de Weibull, que la probabilidad de tener una situación más crítica que la históricamente observada sería sólo un 6%.

En síntesis, de acuerdo a los resultados de la generación estocástica, la estadística medida estaría representando una situación de sequía muy poco probable. En consecuencia, simular una condición hidrológica como la histórica debiera dar una gran seguridad respecto de que es poco probable que haya sequías más exigentes.

1.5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1.5.1 Conclusiones

A. Pluviometría

- El estudio de la pluviometría en la hoya del río Copiapó se ha efectuado basado en estadísticas de 10 estaciones de registros de lluvia y una de nieve. Dos de esas, las estaciones de Caldera y La Pampa, se encuentran ubicadas fuera de dicha cuenca, pero han sido incluídas por ser de interés para el análisis. Dicha red es controlada por diversas instituciones.

- La información mencionada presenta deficiencias para el estudio siendo la red pluviométrica de baja densidad.

- El régimen de precipitación de la hoya en estudio presenta características propias de las zonas desérticas, teniendo gran influencia en el escurrimiento la lluvia altiplánica.

- En general, la precipitación se produce entre Mayo y Septiembre habiendo muchos meses, y aún años completos, con precipitación nula. Los valores anuales presentan gran dispersión.

- Se han trazado isoyetas de probabilidad anuales de excedencia de 20, 50 y 80%, las cuales revelan un incremento de la pluviosidad hacia la cordillera, siendo más importante en el área de los ríos de cabecera que en la quebrada de Paipote.

- Por falta de información no es posible determinar isoyetas representativas de la parte más alta de la cuenca.

B. Fluviometria

- La información fluviométrica disponible para el estudio comprende los caudales medidos en 10 estaciones fluviométricas, todas provistas de limnígrafo.

- El recurso de agua del valle de Copiapó proviene principalmente de sus ríos de cabecera que son el Jorquera, Pulido y Manflas, de los cuales el Pulido es el que aporta el mayor caudal.

- A continuación de los 3 ríos mencionados se encuentra ubicada la estación río Copiapó en Pastillo, la que teóricamente debería registrar el recurso de agua utilizable del valle. Aguas abajo de la estación está el Embalse Lautaro.

- El caudal medido en los ríos de cabecera mencionados, están influenciados por los turnos de riego que se efectúan en Zonas de aguas arriba.

- Normalmente el río Copiapó no recibe aportes de otros afluentes en su recorrido hasta el mar. En épocas de gran pluviosidad cordillerana por la quebrada de Paipote, la mayor del área y usualmente seca, escurre un caudal muy importante por un período corto de tiempo.

- En el año 1939 se dió término a la construcción del Embalse Lautaro, el cual permite almacenar 40 millones de m^3. La obra ha funcionado en forma irregular hasta la fecha. De Noviembre de 1940 a Junio de 1950, el embalse almacenó volúmenes importantes de agua llenándose en Marzo de 1944, con funcionamiento de vertedero. Desde 1952 hasta fines de 1980, el embalse no ha prestado servicio de regulación. En Mayo de 1985 el embalse se llenó nuevamente.

- El embalse Lautaro fue operado y mantenido por la Dirección de Riego del M.O.P. hasta el año 1952, fecha de entrega de la obra a la Asociación de Canalistas y sus afluentes.

- Hay registros del funcionamiento del Embalse Lautaro, llevados por la Dirección de Riego desde los inicios de la obra hasta Junio de 1950. En el lapso 1950 a 1972 no hay información. La Dirección de Riego controla las mediciones del embalse desde Julio de 1972 hasta el presente, incluyendo las importantes filtraciones que se han observado al pie de la presa del embalse.

- Aguas abajo del Embalse Lautaro se encuentran ubicadas las 7 estaciones restantes del sistema hidrométrico. Entre estas, por las condiciones del lecho, la más importante para medir el recurso del valle es la del río Copiapó en La Puerta.

- El caudal medio anual del río Copiapó en La Puerta, de 39 años de la serie histórica, escurrimiento natural-año hidrológico, es de 2,23 m^3/s. Entre 1947 y 1954 es de 2,86 m^3/s, de 1955 a 1979 1,57 m^3/s y de 1980 a 1985 4,13 m^3/s.

- Para el reparto del agua entre el Embalse Lautaro y la ciudad de Copiapó, se han definido nueve zonas denominadas distritos, los cuales, cada uno de ellos, tiene derecho al uso del río, en general, dos días cada 14 días.

- Entre la estación La Puerta y el Embalse Lautaro, la zona de riego comprende los distritos 1 a 3.

- El agua subterránea juega un papel de gran importancia en el uso del recurso en el valle del río Copiapó, sin embargo, aguas arriba de La Puerta, se ha empleado en forma importante sólo a partir de 1984.

- Hay una pérdida significativa de agua por evaporación y evapotranspiración a lo largo del lecho del río Copiapó. Aguas arriba en La Puerta, principalmente en un tramo de 11 Km en Zona de Vegas, las pérdidas se han estimado en 105 l/s.

- El cálculo del escurrimiento natural del río Copiapó en La Puerta se efectuó sumando al caudal observado el extraído por los turnos de riego,

estimados previamente, y al resultado de esta operación se han sumado algebraicamente los gastos producidos por la regulación del embalse.

- Las condiciones hidrológicas de la hoya estudiada y la insuficiencia de información no permiten determinar la relación precipitación-escurrimiento y extender por este medio la estadística observada.

- La información acerca de las crecidas producidas en el valle de Copiapó es escasa e incierta.

C. Hidrología Estocástica

- Para el estudio de la hidrología estocástica del modelo se ha considerado que el enfoque más adecuado a la situación hidrológica del río Copiapó es generar una serie estocástica basada en el caudal anual de la suma de los ríos Manflas, Jorquera y Pulido, año hidrológico Mayo a Abril con 45 años, ininterrumpidos de observación.

- Se supone que la componente determinística de la serie generada tiene la misma media y desviación estándar que la serie histórica, un adecuado coeficiente de autocorrelación y una componente aleatoria que está normalmente distribuída.

- Para la generación estocástica se empleó el modelo de Markov de orden 1.

- Se consideró conveniente elaborar 50 unidades de generación estocástica de 50 años cada una.

- El modelo simulará con la serie histórica de caudales debido a que, según las series generadas, es poco probable la ocurrencia de una sequía como la registrada históricamente.

1.5.2 Recomendaciones

D. Pluviometría

-En general, promover la coordinación de la acción de las diversas instituciones que actualmente están encargadas de la operación y mantenimiento de la red pluviométrica del valle Copiapó.

- Diseñar una red equilibrada de estaciones de modo que sirva para los fines de planificación del recurso.

- Reactivar, en lo posible, la estación Caldera, suspendida el año 1971, pues permite tener información de la Zona Baja de la cuenca.

E. Fluviometría

- En el análisis crítico de la Red Fluviométrica Nacional III-IV Región, Septiembre 1982, de BF Ingenieros Civiles, se hacen completas recomendaciones respecto a la red necesaria y su implementación en el valle de Copiapó.

Otras recomendaciones podrían ser las siguientes:

- Continuar haciendo las mediciones de los niveles y volúmenes del Embalse Lautaro, que actualmente ejecuta la Dirección de Riego, que han sido muy útiles en el presente y lo seguirán siendo en el futuro.

-Promover la ejecución de los estudios y trabajos que sean necesarios para evitar la pérdida de agua por evaporación y evapotranspiración que

actualmente se producen en el lecho del río Copiapó.

- Procurar la cuantificación del caudal extraído por los turnos.

- Promover la ejecución de mediciones y estudios de crecidas en el Valle de Copiapó.

DEMANDAS DE AGUA

2.- DEMANDAS DE AGUA

I N D I C E

Pág.Nº

2.1	**DEMANDAS DE AGUA PARA RIEGO**	61
2.1.1	**Introducción**	61
2.1.2	**Características Agroclimáticas**	64
	2.1.2.1 Clima	64
	2.1.2.2 Suelos	72
2.1.3	**Demandas de Agua**	75
	2.1.3.1 Uso Actual del Suelo	75
	2.1.3.2 Uso Potencial del Suelo	83
	2.1.3.3 Demanda de Agua Actual	87
	2.1.3.4 Demandas de Agua Potenciales	108
2.2	**DEMANDAS DE AGUA POTABLE, INDUSTRIAL Y MINERA**	110
2.2.1	**Agua Potable**	110
	2.2.1.1 Población y Dotación de Chañaral	110
	2.2.1.2 Demanda de Agua de Chañaral	114
	2.2.1.3 Población y Dotación de Caldera	118
	2.2.1.4 Demanda de Agua del Distrito de Caldera	122
	2.2.1.5 Demanda en la Captación de Cancha Rayada	124
	2.2.1.6 Población, Dotación y Demanda de la Comuna de Copiapó	124
	2.2.1.7 Población y Dotación y Demanda de la Comuna de Tierra Amarilla	134
	2.2.1.8 Demanda de Agua Potable en el Valle del Río Copiapó	139
2.2.2	**Demanda de Agua de la Industria y la Mineria en el Valle de Copiapó**	141
BIBLIOGRAFIA		145

ANEXOS DEMANDAS DE AGUA

- Tasas de evapotranspiración y necesidades de lavado de cultivos y frutales, según MODAR.

- Distribución relativa y tasas de riego mensuales por rubro y sector

- Demanda de agua actual por rubro y sector

- Demanda de agua potencial mensual por rubro y sector

- Proyección de poblaciones por métodos analíticos

2.1 DEMANDAS DE AGUA PARA RIEGO

2.1.1 Introducción

Los terrenos de uso agrícola del Valle Copiapó han adquirido gran significación en los últimos 5 años, por sus favorables condiciones de clima para la explotación de rubros de alta rentabilidad y creciente demanda en el mercado externo, específicamente la producción de uva de mesa.

Por tratarse de un Valle de condición de extrema aridez, el uso agrícola de sus terrenos sólo es factible suministrándole agua artificialmente a través del riego, de acuerdo a las necesidades de los cultivos.

El objetivo del presente capítulo, es definir la cantidad de agua que requieren cada uno de los rubros agrícolas de importancia dentro del Valle, en función de las condiciones de cultivos que caracterizan a los seis sectores en que se dividió el Valle para efectos de operación del modelo hidrogeológico.

La cantidad de agua demandada por un determinado rubro, se conoce como tasa de riego.

En la evaluación de la tasa de riego por rubro productivo, intervienen los siguientes factores:

- calidad y salinidad del suelo
- condiciones climatológicas
- evapotranspiración del cultivo
- eficiencia y métodos de riego

A continuación se desarrolla una caracterización del Valle en términos agrológicos, con el objeto de definir el entorno que determina variaciones en las demandas de agua en un mismo rubro, pero que es cultivado en distintas zonas, entre Piedra Colgada y el embalse Lautaro, que es dónde se concentra casi la totalidad del área agrícola en estudio.

Las secciones en que se ha dividido el valle se han denominado sectores, término bajo el cual se identifican las siguientes unidades de análisis:

- Sector VI : Piedra Colgada a Desembocadura
- Sector V : Copiapó a Piedra Colgada
- Sector IV : Mal Paso a Copiapó
- Sector III : La Puerta a Mal Paso
- Sector II : Embalse Lautaro a La Puerta
- Sector I : Embalse Lautaro hacia arriba

Así configurada el área donde se evaluarán las demandas de agua actuales y potenciales, éstas variarán de acuerdo a agrupaciones de especies que ocupan dichos suelos las cuales son:

- vid de mesa
- frutales
- hortalizas, que se consideran como representativas de los cultivos anuales, incluídos cereales
- praderas
- matorrales
- vegas

La estructura productiva del área cultivada actualmente y su distribución geográfica, en conjunto con las prácticas de riego utilizados por los agricultores del Valle del río Copiapó, determinan la demanda total actual por agua de riego.

La demanda de agua potencial o futura, se calcula , teniendo presente las condiciones edafológicas y agroclimáticas de los suelos, que hoy no se utilizan intensamente, y considerando que cada zona debe ser cultivadas con los rubros que representen la máxima productividad de cada área, como respuestas a los altos costos de producción que enfrentan los productores del valle, especialmente el valor del suelo, la administración del agua de riego y la mano de obra, factores que hoy limitan la expansión del uso agrícola de los suelos del valle.

2.1.2 Caracterización Agroclimática

2.1.2.1 Clima

El valle de Copiapó se caracteriza por poseer un tipo climático desértico marginal bajo, en el cual la altitud no alcanza a actuar como elemento limitante de las temperaturas (INIA,1983). La penetración al interior del valle de la influencia marítima, explica el hecho que entre Caldera y la ciudad de Copiapó no existan diferencias significativas en las temperaturas registradas en cada comuna.

Hacia el interior del valle las temperaturas máximas van aumentando progresivamente, en tanto que las mínimas presentan un comportamiento opuesto, vale decir, son mayores en Caldera, bajan en Copiapó y vuelven a subir en Lautaro (Queirolo, 1977).

De la desembocadura hacia el interior del valle se da un relativo influjo oceánico hasta más o menos la ciudad de Copiapó. La camanchaca se introduce hacia el interior , cubriendo el Valle principal y las áreas adyacentes hasta las 9 a 10 horas en verano y hasta cerca del mediodía en invierno. Por ello la temperatura media en Copiapó es de 15.5°C, con un promedio que varía entre 13°C en invierno y 20°C en verano (Cuadro N°1).

El regimen pluviométrico es otoñal e invernal en más de un 80%, y cuyo nivel fluctúa entre 20 y 30 mm desde la desembocadura hacia lo más alto de valle (Manflas, Jorquera y Pulido), según se observa en los registros históricos presentados en el cuadro N° 2.

Si bien la media de las precipitaciones es mayor hacia el interior del valle, éstas son irregulares e históricamente presentan una tendencia a la disminución, de acuerdo a observaciones recibidas por Queirolo (1977).

CUADRO N° 1

TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES Y MEDIAS DE LAS MAXIMAS Y DE LAS MINIMAS MENSUALES (°C)

	COPIAPO (CHAMONATE)			EMB. LAUTARO 1976		
	MEDIA DE :			MEDIA DE :		
Mes	Media	Máx.	Mín.	Media	Máx.	Mín.
Enero	20,3	28,9	12,4	23,5	30,7	16,3
Febrero	20,0	29,1	12,4	22,8	30,9	14,8
Marzo	18,2	27,4	10,7	22,5	31,2	13,9
Abril	15,4	24,4	8,5	20,7	29,1	12,2
Mayo	13,0	21,8	6,2	19,4	26,7	12,0
Junio	11,2	20,1	4,5	18,8	26,6	10,9
Julio	11,2	20,2	4,0	17,7	25,9	9,4
Agosto	12,0	21,5	4,9	16,4	24,7	8,1
Septiembre	13,5	23,2	6,2	18,4	27,3	9,4
Octubre	14,9	24,8	7,4	19,1	28,6	9,5
Noviembre	17,0	26,2	9,5	20,5	30,0	11,0
Diciembre	18,8	27,8	11,2	22,6	31,7	13,4
Media Anual	15,5	24,6	8,2	20,2	28,6	11,7

Fuente: Niemeyer (1981).

CUADRO Nº 2

SERIE HISTORICA DE PRECIPITACIONES ANUALES (mm)
POR ESTACIONES PLUVIOMETRICAS

AÑO	ESTACION PLUVIOMETRICA				
	Caldera	Copiapó	L.Loros	E. Lautaro	L.Guardia
1914	43,6	26,9			
1915	2,7	8,2			
1916	0,0	3,2			
1917	1,3	2,5			
1918	16,1	21,0			
1919	22,3	50,0			
1920	11,7	6,0			
1921	10,6	18,0			
1922	9,6	30,0			
1923	14,0	15,0			
1924	7,2	0,0			
1925	5,5	6,7			
1926	16,6	42,6			
1927	80,0	94,5			
1928	54,0	45,1			
1929	68,4	84,6			
1930	105,1	73,1			
1931	40,9	31,4			
1932	79,5	44,1			
1933	13,4	s/i	11,0	13,6	
1934	13,5	25,9	94,2	33,7	
1935	30,7	33,0	19,1	13,0	
1936	26,1	24,4	38,0	39,0	
1937	10,3	12,4	28,0	42,0	
1938	28,5	40,7	49,0	s/i	
1939	20,1	27,5	51,9	s/i	
1940	81,1	73,5	107,1	s/i	
1941	58,0	36,6	107,4	s/i	
1942	40,4	57,1	73,8	50,2	
1943	64,4	34,0	48,2	66,8	
1944	29,5	23,5	87,5	69,3	
1945	4,3	0,0	s/i	0,4	
1946	30,9	32,8	40,0	28,0	
1947	1,6	1,5	1,8	14,7	
1948	7,7	6,5	26,0	29,8	
1949	28,2	42,6	50,9	65,2	

AÑO	ESTACION PLUVIOMETRICA					
	Caldera	Copiapó	L.Loros	E.Lautaro	L.Guardia	Manflas
1950	28,5	16,5	27,0	23,5		
1951	7,7	0,4	0	1,1		
1952	45,3	27,8	82,0	64,6		
1953	9,7	21,2	70,5	70,5		
1954	34,8	17,0	25,0	25,0		
1955	13,2	7,1	0	3,5		
1956	3,9	4,0	11,0	0,4		
1957	22,2	4,7	9,0	17,0		
1958	11,2	6,7	13,5	14,5		
1959	20,7	5,6	38,0	s/i		
1960	1,6	0,0	0	s/i		
1961	26,5	12,0	s/i	s/i		
1962	24,9	24,9	49,0	s/i		
1963	21,4	13,6	s/i	56,0		
1964	2,4	2,0	10,0	s/i		
1965	45,2	20,4	24,5	s/i		
1966	3,6	4,0	5,9	s/i		
1967	23,3	14,1	32,1	3,0	44,4	55,1
1968	s/i	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1969	10,1	19,4	31,0	21,2	s/i	49,8
1970	3,0	0,0	28,2	0,5	s/i	s/i
1971	suprim	4,8	26,0	34,5	s/i	32,0
1972	"	14,6	60,0	59,5	74,0	109,0
1973	"	7,5	19,5	17,5	18,5	15,0
1974	"	3,0	2,8	9,0	19,5	17,5
1975	"	2,5	34,1	39,0	50,0	49,5
1976	"	3,1	29,0	21,5	54,0	36,5
1977	"	11,7	14,0	27,5	20,0	13,5
1978	"	0	0	0,1	12,0	5,5
1979	"	15,1	3,9	4,5	14,0	s/i
1980	"	29,3	77,0	62,0	114,5	s/i
P estadística	23,9	22,2	14,6	28,0	38,2	34,9
P desde 1933	22,3	16,8	34,6	27,8	--	--

P = Promedio anual de precipitación

El área de estudio que comprende todo el Valle, hasta la desembocadura, para efectos del análisis s sectores, definidos entre los siguientes topónimos:

I Embalse Lautaro hacia arriba
II Embalse Lautaro a la Puerta
III La Puerta a Mal Paso
IV Mal Paso a Copiapó
V Copiapó a Piedra Colgada
VI Piedra Colgada a desembocadura

El comportamiento del clima local va a tener mayor o menor grado de influencia sobre el uso actual y potencial del valle, y por ende, en la demanda total de agua.

A continuación se desarrolla una descripción del valle, de acuerdo a los sectores definidos.

a) Sector I : Embalse Lautaro hacia arriba

La primera sección del valle está constituída por la confluencia de dos quebradas, que dan origen a condiciones locales diferentes; éstas son Manflas, Juntas y Pulido. Del embalse hacia arriba, las temperaturas y radiación son extremas , así como la condición de aridez.

El área de Manflas, presenta una radiación directa muy alta, temperaturas medias de 38° a 40°C en el mes de Enero, con un nivel de humedad no superior al 75%. Por la configuración topográfica del lugar es una zona encerrada protegida de los vientos.

En Juntas, el valle es más abierto que en Manflas, donde se forma una zona de alta luminosidad y vientos persistentes durante la tarde y la noche. En Pulido , a diferencia de Manflas, el Valle es más recto,y se estima que presenta niveles de humedad y temperaturas semejantes, aún cuando no existen mediciones meteorológicas al respecto. Las precipitaciones medias anuales del sector I fluctúan entre 35 y 38 mm/año de ocurrencia muy irregular.

b) Sector II : Embalse Lautaro a La Puerta

Al comienzo de esta sección, especialmente entre La Puerta y Los Loros, se forma un valle estrecho, muy árido y rocoso, en consecuencia, con una alta capacidad temperadora debido a la radiación incidente, que llega a ser un 24% superior en Lautaro en comparación a Copiapó. El fenómeno anterior, radica en que en esta zona la nubosidad es escasa, debido a la acción de los vientos y a la vez, a la sinuosidad del valle que dificulta su desplazamiento (Queirolo, 1977).

Esta zona constituye la parte alta del Valle, de precordillera; con alturas que van desde los 900 a los 1.500 m.s.n.m., entre Los Loros y Lautaro, aun cuando este desnivel no afecta en forma significativa las condiciones de temperatura del lugar.

La temperatura máxima del mes más cálido es de 30,2°C y se registra en Enero, en tanto que la mínima es 5,3°C (INIA,1983).

El sector II se caracteriza por la persistencia de vientos del S.W.W. denominados "De Travesía", con excepción de una zona más abrigada y menos ventosa que se da en Los Loros.

En algunas zonas del sector II, tales como entre Los Loros y Amolanas, en verano suelen soplar los vientos con gran violencia por la tarde, especialmente a cierta altura. Mientras que en la noche es frecuente el "Terral", que corre en dirección opuesta al anterior, pero más moderado y escaso en las alturas (Nuñez,1985).

c) Sector III : La Puerta a Mal Paso.

Este sector medio del valle se caracteriza por la presencia diaria de vientos, y nubosidad matinal; las tardes son asoleables y con vientos más persistentes, que domina de SWW, denominados "Vientos De Travesía" (Nuñez,1985).

La temperatura mensual máxima es en Febrero (20,5°C) y la mínima en Julio (12,4°C). Aunque no es frecuente la ocurrencia de heladas, existen tres meses bajo riesgo, los cuales son Junio , Julio y Agosto; a pesar de ello, en ningún mes del año se aprecia que existe receso en el desarrollo vegetativo natural.

Todos los meses del año son secos, con un déficit hídrico de 1.300 mm (Nuñez,1985).

Las condiciones agroclimáticas de este sector, hacen imposible el cultivo de secano.

Las condiciones de alta radiación y reflexión de los cerros rocosos que cierran el área, hacen que aquí se den las cosechas más tempranas de uva de mesa ; siendo las variedades Cardinal y Thomson Seedles, las primeras uvas en entrar al mercado , cuya cosecha,en la temporada 1985/86, comenzó a mediados de Octubre.

d) Sector IV : Mal Paso a Copiapó.

Se caracteriza por presentar un nivel medio de humedad y bajas temperaturas hasta el mediodía. El nivel de radiación directa es menor que el sector III, debido fundamentalmente a la mayor nubosidad. Es un sector de cosechas tardías dentro del valle.

e) Sector V : Copiapó a Piedra Colgada.

Este sector recibe una gran influencia marítima, reflejada en un clima nublado, baja variación de las temperaturas y alta humedad relativa. Desde el punto de vista de interés agrícola se distinguen dos secciones dentro de este sector:

La sección Copiapó-Toledo, presentan en general, gran desarrollo de la vegetación natural y se caracteriza porque durante la mayor parte de la noche y hasta las 9 o 10 horas en verano está cubierta con nubosidad, producto de la penetración de la camanchaca oceánica:

En esta sección se producen heladas tardías que eventualmente afectan la producción agrícola. Por estas condiciones climáticas esta sección se clasifica como de cosechas tardías, con respecto a los sectores más interiores del Valle.

La sección Toledo-Piedra Colgada, presenta un escaso desarrollo vegetativo natural, debido a limitaciones moderadas a severas en cuanto a suelo y clima, las que configuran una condición de aridez, que eventualmente posibilitaría el cultivo de algunas especies hortícolas y frutales de hojas persistentes y vides, pero con restricciones en cuanto a su productividad esperada (INIA, 1983). Por su alta nubosidad y heladas tardías, también se clasifica esta sección como de cosechas tardías.

f) Sector VI : Piedra Colgada a Desembocadura.

En esta área, constituída por la faja costera, se caracteriza por presentar un tipo climático de desierto con nublados abundantes, con precipitaciones casi nulas y alta nubosidad. Esta última, según Nuñez (1985),es similar en los puertos de Chañaral, Caldera y Huasco; 97 a 102 días cubiertos en el año.

La acción reguladora del mar permite que Caldera tenga una media térmica anual de 16,1°C, con poca variación, semejante a las demás localidades costeras. El valor medio de la humedad relativa, oscila entre 73 y 75%.

En esta zona , por condiciones salinidad y altos índices de aridez (Queirolo 1977), presenta un desarrollo de vegetación cultivada o nativa, prácticamente nulo.

Básicamente, la demanda total de agua en este sector está constituído por elementos no agrícolas, tales como el centro de consumo de Caldera, Bahía Inglesa y Chañaral, los cuales satisfacen su consumo de agua con recursos provenientes de Copiapó.

2.1.2.2 Suelos

Los suelos del Valle son de origen aluvial, poco profundos y con un alto grado de heterogeneidad a través del perfil. De acuerdo a un estudio de suelos realizado por ITALCONSULT (1963), predomina la fracción arena, que se caracteriza por registrar un bajo contenido de materia orgánica.

Según Queirolo (1977), de las 18.159,22 ha que abarca el valle Copiapó, 8.548,71 ha son arables, de los cuales sólo un 50% no tendrían limitaciones para el cultivo de frutales, correspondientes a capacidad de uso Ir y IIr.

CUADRO N° 3
SUPERFICIE POR CAPACIDAD DE USO

Capacidad	Superficie (Ha)
I	994,70
II	3.085,76
III	2.383,65
IV	2.084,60
Sub-total suelos agrícolas sin limitación =	8.548,71
VI	1.821,80
VII	5.024,76
VIII	1.817,50
Indirectamente productivos	304,65
Subtotal : suelos agrícolas con limitaciones moderadas a graves	8.968,71
Superficie total valle	18.159,22

Fuente : Queirolo,D (1977). Tasa de Riego de uso racional y beneficios del valle Copiapó

A continuación se describirán las características generales de los suelos de cada sector en que ha sido dividido el valle para efectos del presente estudio:

a) Sector I : Embalse Lautaro hacia arriba

Este sector está constituído por una sección de topografía más suave que se extiende desde el embalse Lautaro hasta Juntas, aquí el Valle es de mayor amplitud con suelos en general de buena calidad, (capacidad de uso II y III), de pedregosidad moderada.

En Juntas confluyen las quebradas de Manflas y Pulido, que se caracterizan por ser de topografía accidentada , de pendientes fuertes, y áreas de mayor amplitud, discontínuas, con suelos de buena calidad, pedregosos, aptas para ser explotadas.

b) Sector II

Son suelos de formación aluvial, muy heterogéneos, pero donde existen, zonas con suelos de muy buena calidad (de capacidad de uso I,II y III), alternadas con zonas pedregosas y de suelos poco profundos o rocosos.

Los suelos de buena calidad , son profundos (más de 0,80 m) de textura media, de pendientes uniformes sin problemas de drenaje y de permeabilidad moderada, de clases de capacidad de uso I a III, ocupando un 27% de la superficie total del sector, el 73% restante se clasifica en clases V a VIII (Nuñez 1985).

c) Sector III y IV

En los sectores III y IV, entre Copiapó y La Puerta, los suelos son más delgados y muy permeables. Presentan un alto grado de heterogeneidad, alternándose sectores pedregosos y de suelos poco profundos con sectores de suelos de mejor calidad, profundos, de regular permeabilidad y buena fertilidad natural.

La limitación de los suelos en términos de sus capacidades de uso indica que un 54% son suelos clase V a VIII, un 11% clase III y IV, en tanto que un 35% son suelos sin limitaciones, clase I y II.

d) Sector V y VI

En los sectores V y VI, vale decir de Copiapó a Piedra Colgada y de allí a desembocadura, se caracterizan por presentar problemas de salinidad, de conductibilidad eléctrica mayor a 4 mmhos/cm a 25°C y pH entre 7,1 y 8,5. Allí más del 63% corresponde a suelos V a VII, un 5% de suelos III y IV, y un 32% de capacidad de uso I y II.

En las antiguas haciendas Toledo y Bodega es habitual observar concreciones, calcáreas superficiales, que evidencian el alto contenido de sales, así como resulta fácil identificar los síntomas del daño a nivel foliar, por la típica necrosis en los bordes de las hojas.

De acuerdo a observaciones de Nuñez (1985), el grado de salinidad es creciente de Copiapó a la costa, principalmente a partir de Piedra Colgada, vale decir, en el sector VI. En esta área los suelos por lo general tienen una profundidad efectiva superior a 1,0 cm, encontrándose los mejores en Bodega (ribera sur), Toledo y Chamonate, en el sector V.

2.1.3 Demandas de Agua

2.1.3.1 Uso Actual del Suelo

Las condiciones agroclimáticas del Valle de Copiapó, posibilitan sólo agricultura de riego debido a los altos índices de aridez, por lo tanto la intensidad de cultivo en el valle está en directa relación con el desarrollo de la tecnología de riego y drenaje incorporado a los sistemas de producción. La evolución del uso del suelo ha ido desde la ganadería extensiva en 1963, con trashumancia de la masa ganadera de la cordillera al valle, a una sustitución por superficies cultivadas de hortalizas y cerales, los cuales predominan hacia 1977; cultivos que si bien utilizan sistemas de riego tradicionales, para su uso se deben manejar ciertos principios básicos de regadío.

Según observaciones de Queirolo, las hortalizas y los cereales concentraban, en 1977, el 50% de la superficie cultivada en el valle, frente a un 15% de praderas y un 35% de frutales.

A partir de esa fecha comenzaron a registrarse cambios importantes en el uso del suelo agrícola, con la introducción del cultivo de uva de mesa de exportación, especialmente a partir de 1978.

A fines de la década del 70, las áreas plantadas con vid de mesa sustituían a los cultivos de hortalizas y cereales; a partir de 1980, se integran nuevas áreas a la superficie total de suelo agrícola, gracias a la introducción del sistema de riego por goteo, el cual permite regar sectores marginales con limitaciones moderadas a graves, diferentes pendientes, topografías accidentadas y economía en el gasto de agua (Nuñez,1985).

Los nuevos sectores que se han incorporado, por lo general corresponden a los "piedmonts" constituídos por conos aluviales, que conforman microclimas más abrigados y por ende, de producción más temprana. El éxito de los agricultores del Valle está directamente relacionado con la precocidad de sus cosechas, ya que como productores del Hemisferio Sur llegan a los mercados externos con primores de fruta, cuando países del Hemisferio Norte no han entrado en producción aún, enfrentándose a altos precios y relativos bajos volúmenes de uva.

Desde 1985 a la fecha, predomina en la estructura productiva del valle, el cultivo de uva de mesa, el cual ocupa el fondo del Valle y varios de los conos aluviales que allí desembocan (Nuñez,1985).

Los cambios en el uso del suelo a partir de 1978 ocurrieron fundamentalmente en base a la sustitución de cultivos anuales por uva de mesa, de acuerdo a la mayor rentabilidad de este último rubro. Sin embargo, desde 1980 la expansión de las plantaciones de vid en Copiapó, se ha realizado en base a la adaptación de suelos improductivos clase VIII en el área de Tierra Amarilla hacia la cordillera y, de clases IIIs y IVs de Copiapó a la costa (Nuñez,1985; Encuesta Agrícola IPLA,1986).

a) Sector I :

Este sector corresponde a una de las áreas agrícolas de mayor interés del Valle, dada la precocidad y calidad de la uva de exportación que allí se produce.

Hasta 1980 sus tierras se destinaban a la ganadería bovina y caprina, con empastadas artificiales y en menor escala, siembras de cereales. Actualmente es posible ver allí grandes extensiones de parronales, que cubren el lecho del Valle y las laderas más uniformes,

pues las concepciones técnicas sobre limitaciones de los suelos para cultivos , han cambiado radicalmente debido a la rentabilidad de la uva de mesa de exportación.

El sector I tiene actualmente, una superficie cultivada de 522,6 ha, distribuídas en 10 predios, que tienen como principal objetivo la producción de uva de mesa, registrándose en la temporada 85/86 la siguiente estructura productiva:

Hortalizas	3,1	ha
Praderas	6,3	ha
Vides	513,2	ha
Total	522,6	ha

Los parronales abarcan más del 98% de la superficie productiva de este sector, complementándose sólo a nivel casero con otros rubros hortícolas.

b) Sector II :

En el sector II comienza la gran zona agrícola del río Valle Copiapó en que las plantaciones de uva de mesa son el rubro principal , cubriendo un 77% del suelo agrícola cultivado en la temporada 85/86.

En esta sección del valle la cubierta vegetal presenta una mayor diversidad, dado que las condiciones agroclimáticas y de suelo son menos extremas que en el sector I.

Las hortalizas y praderas, son cultivadas con el objetivo de autoabastecerse de los alimentos necesarios, dadas las dificultades de acceso a los centros proveedores de Copiapó.

En esta zona, se desarrolla vegetación nativa identificada como matorrales y vegas. Los matorrales son asociaciones de plantas leñosas y herbáceas de escaso follaje, que dan una pobre cobertura del suelo. Las vegas corresponden a vegetación, freatófita de abundante crecimiento aéreo, dado que obtienen la dotación de agua que requieren directamente de las napas freáticas.

Ambos tipos de vegetación natural se han considerado en el uso actual del Valle, ya que su consumo de agua influirá sobre la demanda de agua total del Valle.

En la temporada 1985/86, el uso actual del suelo es el siguiente:

Hortalizas	120,5
Praderas	62,0
Vides	1.430,5
Frutales	13,0
Matorral	160,4
Vegas	69,5
Total	1.855,9

La superficie directamente productiva es de 1.626 ha, concentrados en 55 predios; vale decir, el tamaño promedio de las explotaciones es de 34 ha por predio, siendo la vid de mesa, el principal rubro de producción.

c) Sector III :

En este sector los cultivos anuales fueron reemplazado definitivamente por los parronales de uva de mesa, además de incorporar a ésta área, zonas marginales por la distancia al río, o bien, por

condiciones de topografía como es el caso de los parronales en Elisa de Bordo.

Lo anterior se debe a las ventajas agroclimáticas que presenta este sector, las que fueron descritas en secciones precedentes, la rentabilidad de los parronales es creciente del sector III hacia lo más alto del Valle.

Las estructura productiva de este sector es similar al anterior, según lo detallado a continuación, en base a las áreas cultivadas en la temporada 85/86, y las superficies con algún tipo de vegetación nativa.

Hortalizas	66,3	ha
Vides	1.806,1	ha
Frutales	145,7	ha
Matorral	26,5	ha
Vegas	38,9	ha
Total	2.083,5	ha

d) Sector IV :

En el uso del suelo el cultivo de uva de mesa pierde importancia relativa con respecto a las demás especies anuales y frutales, siendo las hortalizas el rubro más significativo debido a la existencia de gran número de predios de tamaños pequeños que mantienen huertos caseros. Por estas características, este sector podría considerarse, como de transición en términos del uso del suelo.

La estructura productiva actual es la que se resume a continuación:

Hortalizas	1.600,7	ha
Praderas	7,7	ha
Vides	102,9	ha
Frutales	20,0	ha
Matorral	47,5	ha
Vegas	74,5	ha
Total	1.853,3	ha

Las 1.731,3 ha de suelo cultivado comercialmente en la actualidad, se concentran en 324 predios, de los cuales 230 son predios agrícolas rurales y, los 94 restantes se encontrarían dentro del límite urbano.

En este sector todavía existen grandes áreas que no han sido integradas al uso agrícola. Una extensión importantes es la constituída por la zona adyacente a la fundición Paipote, cuyas lluvias ácidas provocan daños en los materiales de los parronales.

e) Sector V :

La primera sección de este sector es la que actualmente se cultiva, pero paulatinamente se ha ido extendiendo hacia la costa el suelo agrícola de esta zona.

En esta zona se encuentra más del 60% de los pequeños agricultores del Valle, los cuales por restricciones de capital se dedican principalmente a los cultivos anuales (hortalizas y cereales) y en menor medida, a la fruticultura .

Durante la temporada 1985/86, el uso actual del suelo de este sector es:

Hortalizas	573,0 ha
Vides	837,3 ha
Frutales	15,0 ha
Matorrales	626,0 ha
Vegas	77,0 ha
Total	2.128,3 ha

En el sector V se registrarían 1.425,3 ha directamente productivas en 151 predios que presentan la mayor diversidad en cuanto a rubros cultivados con respecto a los otros sectores del Valle. Ello se explica por su cercanía a la ciudad de Copiapó y otros centros de consumo, tales como Caldera y Chañaral.

f) Sector VI :

El sector de Piedra Colgada hacia la Costa aun no ha desarrollado todo su potencial productivo, pues se trata de zonas de cosechas más tardías que las secciones más altas del Valle. Otra limitante de cultivo que deberán enfrentar futuros productores agrícolas de este sector es la salinidad del suelo; si bien con un adecuado manejo del agua de riego no se constituiría en barrera para la explotación agrícola de esos suelos.

Se puede decir que de Copiapó a la costa, los rubros principales son productos de mercado interno, que abastecen la III Región (hortalizas, frutas subtropicales); esto es especialmente válido para el sector VI, ya que en la temporada 85/86 la superficie productiva del total de los 28 predios que existen en el sector VI, era la siguiente :

Hortalizas	415,5 ha
Frutales	192,3 ha
Matorrales	1.964,1 ha
Vegas	223,5 ha
Total	2.795.4 ha

Entre las especies frutales del sector V, figuran los Olivos con 130 ha con un solo propietario y 20 ha de otros frutales subtropicales como Palto, Chirimoyo y Lúcuma; correspondientes a huertos caseros que entregan pequeños volúmenes de producto al mercado regional.

RESUMEN USO ACTUAL DEL SUELO

En el cuadro N° 4 , se indica el uso actual del suelo del valle del río Copiapó durante la temporada 1985/86 por sectores.

CUADRO N° 4

Uso Actual del Suelo (temporada 1985/86)

por sectores, Valle del río Copiapó

Superficie por Rubro (ha)

Sector	Hortalizas	Praderas	Vides	Frutales	Matorral	Vegas	Total
I	3,1	6,3	513,2	-	-	-	522,6
II	120,5	62,0	1.430,5	13,0	160,4	69,5	1.855,9
III	66,3	-	1.806,1	145,7	26,5	38,9	2.083,5
IV	1.600,7	7,7	102,9	20,0	47,5	74,5	1.853,3
V	573,0	-	837,3	15,0	626,0	77,0	2.128,3
VI	415,5	-	192,3	-	1.964,1	223,5	2.795,4
Totales	2.779,1	76,0	4.690,0	386,0	2.824,5	483,4	11.239,0

2.1.3.2 Uso Potencial del Suelo

El uso potencial del suelo del valle Copiapó, indica la situación futura esperada, en base a las tendencias y espectativas de producción actuales; la cual fué determinada por el INIA en 1983, a través de un estudio denominado MODAR que establece un modelo de adaptabilidad de los cultivos a cada sector del valle de Copiapó.

El estudio MODAR se basa en un análisis de los requerimientos agroclimáticos de los cultivos, se establecieron doce variables que explican en alta proporción la adaptación y productividad de los cultivos en la región. Dentro de estas variables están: período libre de heladas, sumas de temperaturas, temperaturas máximas y mínimas, período de receso vegetativo, horas de frío, períodos secos y húmedos e índices de humedad del verano e invierno.

Computacionalmente confrontaron las variables agroclimáticas (valor promedio) con los requerimientos de las especies asignándole un puntaje creciente en la medida que aumenta el grado de coincidencia variable - requerimiento. Para este objeto se usa un sistema normalizado entre 0 y 1. El valor 0 se asigna cuando está más allá de los límites de tolerancia de este con el valor óptimo para la especie.

Una vez confrontados todos los requerimientos de especie, se calculó un puntaje único que resume en un sólo índice todas las limitantes que el clima le impone al cultivo. Este puntaje agroclimáctico permite ordenar las especies, dentro de cada distrito, con un criterio de jerarquización de acuerdo a grado de adaptación.

En la asignación de los puntajes agroclimáticos, se considera que el desarrollo óptimo de un determinado cultivo involucra requerimientos específicos de suelo y clima.

Es asi como se asume que el suelo es el elemento de sustentación, física y a la vez, proveedor de nutrientes; el clima provee de agua y energía.

A continuación en el cuadro N° 5 se presenta un resumen de la información básica consignada por el INIA como los requerimientos de hortalizas, praderas, frutales y vides.

CUADRO N° 5
Requerimientos de los rubros Productivos

	Hortalizas	Praderas	Frutales	Vides
clima:				
temperatura óptima para el desarrollo (°C)	15-18	10-20	23-27	10
temperatura tolerable para el desarrollo (°C)	5-24	9-26	10-39	10-35
suelo:				
profundidad (cm)	sobre 40	sobre 80	sobre 50	sobre 40
textura	muy gruesa a fina	muy gruesa a fina	muy gruesa a fina	muy gruesa a muy fina
pH	5,6-8,4	5,6-8,4	5,6-8,4	5,6-8,4
drenaje	bueno a imperfecto	bueno a imperfecto	bueno a imperfecto	bueno a imperfecto
salinidad	poco tolerantes	moderadamente tolerantes	poco tolerantes	moderadamente tolerantes
pedregosidad (%)	5-15	5-15	5-15	5-50
pendiente (%)	2-5	2-10	2-10	2-10

Fuente : INIA - CORFO (1983) Estudio MODAR, Valle del río Copiapó.

En ella se considera la integración a las zonas de cultivo, de áreas con limitaciones leves, según el estudio MODAR (INIA-CORFO, 1983); además de comtemplar la sustitución de cultivos por las alternativas más rentables que hoy se conocen para el Valle. Así por ejemplo, los huertos de hortalizas tienden desde la década del 70, a ser reemplazados por parronales de vid de mesa , dado los resultados económicos de cada rubro y la escasez de los recursos tierra y agua de riego en el Valle.

En el cuadro N° 6 se presenta un resumen de la estructura productiva potencial o esperada por sector, donde la superficie de vid de mesa incluye además de la información del MODAR, las actuales plantaciones y las extensiones de terreno ya preparadas para plantaciones de vides vistas en terreno, más las superficies de los Bienes Nacionales próximos a licitarse y que corresponden a predios con aptitud para vides, con una superficie total de aproximadamente 214,4 ha.

Cuadro N° 6
Uso Potencial del Suelo
Por sector Valle de Copiapó

	SUPERFICIE POR RUBRO (ha)				
SECTOR	Hortalizas	Praderas	Vides	Frutales	Total
I	-	-	750,1	-	750,1
II	4,8	36,0	1.826,4	12,2	1.879,4
III	5,8	52,8	2.637,0	41,6	2.737,2
IV	-	14,4	2.075,7	-	2.090,1
V	14,4	755,5	2.067,5	85,6	2.923,0
VI	22,4	245,5	-	511,2	779,1
Total	47,4	1.104,2	9.356,7	650,6	11.158,9

Fuente : Base estudio MODAR. INIA-CORFO, 1983
Encuesta : IPLA, 1986
Elaboración : IPLA

De las 11.578,0 ha que actualmente tienen cobertura vegetal (rubro comercial o matorrales y vegas),las 8.270 ha cultivadas representan la mayor parte potencial disponible (11.158,9 ha), en las que se daría una sustitución de cultivos al competir por el uso del suelo y en otros casos, se le eliminaría la demanda de agua improductiva de matorrales y vegas.

Según el estudio MODAR (INIA-1983), si la rentabilidad de los parronales y de otros frutales soportara las inversiones necesarias para habilitar áreas con limitaciones moderadas a severas, se agregarían las unidades de manejo que se detallan a continuación:

	Sector	Vides (ha)	Frutales (ha)
	I	S/información	S/información
	II	307,5	50,0
	III	250,0	10,0
	IV	235,0	-
	V	1.802,5	727,5
	VI	1.612,5	1.687,5
Total		4.207,5	2.475,0

Lo anterior significaría que las superficies de cultivo aumentarán casi en un 100% en el caso de vides y un 400% en el caso de frutales. Si se compara con la evolución de la superficie de cultivo desde 1960, en adelante y teniendo en cuenta que estos nuevos terrenos no permitirían obtener un resultado económico similar a las plantaciones existentes, o a las consideradas en el uso potencial del suelo (Cuadro N° 6); se estima que es improbable la integración y cultivo de estas unidades, por tanto no se han incluído para el cálculo de la demanda potencial total de agua para el uso potencial (Anexo Demandas de Agua).

2.1.3.3 Demandas de Agua Actual

A) Evapotranspiración

En la determinación de las necesidades de agua de cada rubro se debe considerar el clima, los suelos, los cultivos que constituyen dicho rubro, y los métodos de riego.

Se utilizan diversos métodos para evaluar la evapotranspiración de los cultivos a partir de variables climáticas, a las cuales queda supeditada la elección de la fórmula de cálculo de demanda hídrica.

La evapotranspiración por cultivo de acuerdo al análisis de doce variables climáticas, a través del método de Penman y Turc modificado, fué determinada por un estudio realizado por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) en 1983. Dentro de las variables estudiadas están : período libre de heladas, suma de temperaturas, temperaturas máximas y mínimas, período de receso vegetativo, horas de frío, períodos secos y húmedos, índices de humedad. En el modelo de unidades agroecológicas descrita por INIA en su documento denominado MODAR,(Modelo de diagnóstico Agroecológico Regional) se determinan además los niveles de lavado necesarios para mantener rendimientos de 75 a 50% del potencial productivo (Anexo Demandas de Agua).

El método de Penman modificado tiene dos términos: el de la energía (radiación) y el aerodinámico (viento y humedad). En condiciones ventosas y, especialmente en las regiones áridas, el término aerodinámico pasa a ser más importante y, por consiguiente, éste método daría una mayor correlación entre el valor de evapotranspiración calculado y el valor de terreno.

A la demanda hídrica por uso de agua para el crecimiento del tejido vegetal, (ETR) se deben agregar las necesidades de lavado (NRL), que se requieran para mantener niveles de rendimientos entre 75 y 50% de los rubros productivos; las cuales también fueron estimadas por el MODAR, según el suelo y el cultivo.

Los niveles de lavado necesarios dependen de la salinidad del suelo y del agua de riego. Según la encuesta de terreno, la salinidad del suelo alcanza niveles de 1,5 mmhos/cm en el sector V, debido especialmente a la presencia de sulfatos y cloratos, aunque son sales de sodio. En Bodega y Toledo, el pH del agua de riego varía entre 7,6 y 7,3.

El agua de riego no recibe ningún tratamiento; el suelo en cambio se aplica el principio de dilusión de la concentración salina, manteniendo un bulbo húmedo de mayor volumen que el ocupado por el sistema radicular.

Actualmente se encuentra generalizada la práctica de aplicar un 10 - 20% más del agua necesaria para el cultivo; dicho superavit se destina al manejo de sales y también como un margen de seguridad ante un mayor gradiente hídrico derivado de los vientos persistentes o de temperaturas mayores que la media.

Para efectos del estudio, se consideraron niveles de salinidad de 1,0 a 1,5 mmhos/cm en el sector VI, entre Piedra Colgada y desembocadura; y niveles de 0,5 a 1,0 mmhos/cm para los sectores restantes comprendidos desde Piedra Colgada hacia la Cordillera (II,III,V y VI).

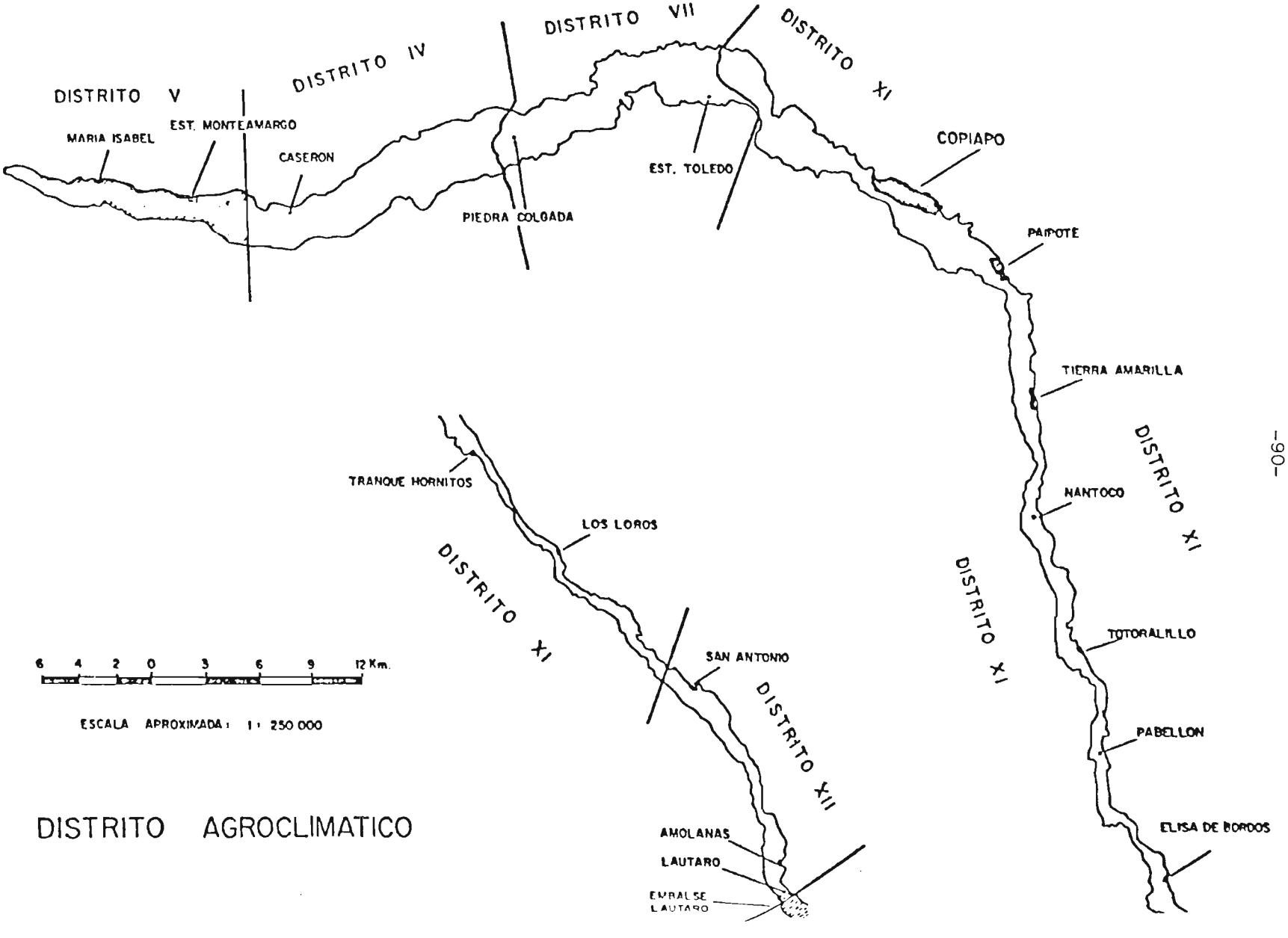
Se debe tener presente que la concentración salina de los suelos del Valle, aumenta en sentido Oriente a Poniente, siendo menor en el Embalse Lautaro y mayor en Santa Isabel.

En el cuadro 7 se presentan las demandas netas por rubro y necesidades de lavado para obtener un 75 y un 50% del rendimiento potencial de los cultivos, que en promedio asegurarían un 62,5% de rendimiento, frente a un rango de salinidad promedio por distrito agroclimático analizado en el MODAR (figura 1).

CUADRO Nº 7
Demandas Netas por rubros y dos niveles de lavado de sales por distritos agroclimáticos en m^3/ha

DISTRITO	ETR Y NTA	HORTALIZAS 1)		PRADERAS 2)		VIDES		FRUTALES 3)	
5	CE(mmhos)	1,0	1,5	1,0	1,5	1,0	1,5	1,0	1,5
	ETR	5.170	5.170	11.591	11.591	5.993	5.993	9.648	9.648
	NTA 75%	6.078	9.513	15.764	19.291	9.109	12.226	17.467	29.233
	NTA 50%	5.765	7.522	13.793	15.300	7.611	8.750	13.700	17.463
	NTA 62,5%	5.921	8.517	14.778	17.271	8.360	10.488	15.581	23.348
	NTAx1,0-1,5	7.219		16.024		9.424		19.464	
4	CE(mmhos)	0,5	1,0	0,5	1,0	0,5	1,0	0,5	1,0
	ETR	4.848	4.848	10.847	10.847	5.641	5.641	8.932	8.932
	NTA 75%	5.696	6.957	12.474	14.752	6.769	8.574	11.522	16.167
	NTA 50%	5.478	6.084	11.823	12.908	6.318	7.164	10.450	12.683
	NTA 62,5%	5.587	6.521	12.149	13.830	6.543	7.869	10.986	14.425
	NTAx0,5-1,0	6,054		12.990		7.206		12.705	
7	CE (mmhos)	0,5	1,0	0,5	1,0	0,5	1,0	0,5	1,0
	ETR	5.489	5.489	12.489	12.489	6.543	6.543	10.360	10.360
	NTA 75%	6.450	7.877	14.362	16.985	7.582	9.945	13.364	18.752
	NTA 50%	6.120	6.887	13.613	14.862	7.328	8.310	12.121	14.711
	NTA 62,5%	6.285	7.382	13.987	15.923	7.590	9.127	12.743	16.731
	NTAx0,5-1,0	6.833		14.955		8.358		14.737	
11	CE(mmhos)	0,5	1,0	0,5	1,0	0,5	1,0	0,5	1,0
	ETR	6.092	6.092	13.352	13.352	6.887	6.887	11.114	11.114
	NTA 75%	7.158	8.742	15.088	18.159	8.264	10.468	14.337	20.116
	NTA 50%	6.853	7.645	14.554	15.889	7.713	8.746	13.003	15.782
	NTA 62,5%	7.005	8.192	14.821	17.024	7.998	9.607	13.670	17.949
	NTAx0,5-1,0	7.598		15.922		8.802		15.809	
12	CE (mmhos)	0,5	1,0	0,5	1,0	0,5	1,0	0,5	1,0
	ETR	7.421	7.421	15.799	15.799	7.991	7.991	13.227	13.227
	NTA 75%	8.720	10.649	18.169	21.487	9.588	12.146	17.063	23.941
	NTA 50%	8.274	9.313	17.221	18.861	8.950	10.149	15.470	18.782
	NTA 62,5%	8.497	9.981	17.695	20.174	9.269	11.148	16.270	21.361
	NTAx0,5-1,0	9.239		18.935		10.209		18.816	

1) Hortalizas : corresponde a los valores promedios de Tomates y Cebollas del MODAR (incluye cereales)
2) Praderas : se consideraron los valores de alfalfa del MODAR
3) Frutales : Corresponden a los valores de Naranjos del MODAR
Fuente : INIA - CORFO (1983) MODAR. Valle del río Copiapó



DISTRITO AGROCLIMATICO

A continuación se describen las demandas netas por sector y rubro productivo, a partir de la información básica generada por INIA, resumida en el cuadro N° 3.

a) Sectores I y II :

El nivel de salinidad es bajo y luego las demandas netas (NTA) asumidas a partir de la información con respecto al distrito 12 se estiman con 0,5 mmhos/cm para los sectores I y II (cuadro 8).

Para el sector I se considera un incremento en la demanda de un 10% superior al sector II, basado en el mayor gradiente hídrico a que se encuentran sometidos los cultivos debido a las extremas condiciones de aridez, temperaturas y radiación directa, descritos en la sección 2.1.

Cuadro N° 8

Demanda neta de agua (NTA) por rubro

Sectores I y II

RUBRO	NTA (m^3/ha) 1)	
	Sector II	Sector I
Hortalizas	8.497	9.347
Praderas	17.695	19.465
Vides	9.269	10.196
Frutales	16.270	17.897

1) NTA = ETR + NRL,(NRL=necesidad de lavado)

Fuente: Elaboración IPLA

b) Sector III :

b) Sector III :

El nivel de salinidad del suelo es bajo, por lo que se considera que las demandas enfrentan un nivel de conductividad eléctrica en la solución del suelo, de 0,5 mmhos/cm del distrito 11 del MODAR. (Cuadro N° 7).

En el cuadro N° 9 se resumen las demandas netas por rubro para este sector, las cuales son menos exigentes que en los sectores I y II.

Cuadro N° 9
Demanda neta de agua (NTA)
por rubro
Sector III

RUBRO	NTA (m^3/ha)1)
Hortalizas	7.005
Praderas	14.821
Vides	7.998
Frutales	13.670

1) NTA = ETR + NRL

Fuente : Elaboración IPLA

c) Sector IV :

El nivel de salinidad del suelo aumenta ostensiblemente con respecto a los sectores precedentes; luego se asumió que las demandas netas de los rubros, corresponden al promedio entre los niveles de salinidad de 0,5 y 1,0 mmhos/cm del distrito 11 del MODAR (Ver cuadro N°7).

En el cuadro N° 10 se resumen las demandas netas por rubros para este sector.

Cuadro N° 10

Demanda neta de agua (NTA)

Por rubro

Sector IV

RUBRO	NTA (m^3/ha) 1)
hortalizas	7.598
praderas	15.922
vides	8.802
frutales	15.809

(1) : NTA = ETR + NRL

Fuente : Elaboración IPLA

d) Sector V :

Este sector absorve parte del distrito 11 y la totalidad del 7 del MODAR Figura 1.

Se estima que un 40% de la superficie del sector corresponde a las características del distrito 11.

En cuanto a la salinidad del suelo se asume que corresponde al promedio de ambos distritos, en tanto que la evapotranspiración del cultivo, se ha construído en base a la tasa proporcional de cada distrito involucrado en el sector V (cuadro 11).

Cuadro N° 11

Demanda neta de agua (NTA) por rubros

Sector V

	NTA (m^3/ha) (1)		
RUBRO	40%	60%	Total
hortalizas	3.039	4.100	7.139
praderas	6.369	8.973	15.342
vides	3.521	5.015	8.536
frutales	6.324	8.842	15.166

(1) NTA = ETR + NRL

Fuente : Elaboración IPLA

e) Sector VI :

El sector VI corresponde a los distritos 4 y 5 del MODAR; de donde se estima que el distrito 4 abarca un 60% de la superficie agrícola, y el 40% restante correspondería a parte del distrito 5.

Este sector es el que presenta los mayores niveles de salinidad del Valle; habiéndose registrado a través de las encuestas de terreno, niveles de 1,5 mmhos/cm en las plantaciones de vid de mesa en valle Dorado (Bodega).

La demanda neta para el área correspondiente al distrito 4 del INIA, se estimó en un nivel medio de 1,0 mmhos/cm ; mientras que para el área del distrito 5 se considera un promedio de 1,0-1,5 mmhos/cm (cuadro 12).

CUADRO Nº 12

Demanda de agua (NTA) por rubro

Sector VI

	NTA (m^3/ha) (1)		
RUBRO	60% : 1,0 mmhos/cm	40% :1,0-1,5 mmhos/cm	Total
Hortalizas	3.913	2.888	6.801
Praderas	8.298	6.410	14.708
Vides	4.721	3.770	8.491
Frutales	8.655	7.786	16.441

(1) NTA = ETR + NRT

Fuente : Elaboración IPLA.

Del análisis anterior, se tienen los niveles de demanda de agua por rubro y sector, que se resumen en el cuadro N° 13, los cuales constituyen la base de datos para el cálculo de demanda total actual, según el uso del suelo y su potencial hortofrutícola.

Cuadro N° 13

Resumen de demandas

De agua por rubros y sectores (m^3/ha)

	SECTORES					
RUBRO	I	II	III	IV	V	VI
Hortalizas	9.347	8.497	7.005	7.598	7.139	6.801
Praderas	19.465	17.695	14.821	15.922	15.342	14.708
Vides	10.196	9.269	7.998	8.802	8.536	8.491
Frutales	17.897	16.270	13.670	15.809	15.166	16.441

B) Métodos de Riego y Eficiencias

En la evapotranspiración del cultivo no es de gran incidencia el método de riego empleado cuando se trata de sistemas tecnificados, como el riego por goteo, no así en sistemas tradicionales como el riego por surco, borde o por tendido; ni en los casos de riego frecuente o cuando la cubierta del suelo sea baja.

Por consiguiente, las ventajas de un método con respecto a otro no quedan determinados por las diferencias de volumen de agua aplicado, sino por la eficacia con que se satisfacen las necesidades del cultivo y de lavado de sales.

A través de la encuesta de terreno se detectó que en general, existe un mal manejo del recurso agua a nivel predial, ya que en opinión de los agricultores del valle, no se dispone de la tecnología apropiada para establecer un manejo del agua de riego a nivel predial.

Actualmente, el 80% de la superficie cultivada con vid de mesa se riega con equipos por goteo, un 17% se riega por surco y el 3% restante aún se riega por borde, siendo estos tres sistemas de eficiencia relativa decreciente.

El 100% de la superficie cultivada con hortalizas, se riega por surco, mientras que el trigo se riega por borde.

- Sistemas de Riego Utilizados en el Valle del Río Copiapó

a) Riego por Surcos

El riego por surcos, es uno de los métodos más universalmente usados en los cultivos hilerados y frutales. Cuando las pendientes no son excesivas, los surcos se construyen en el sentido de la inclinación del terreno, cuando las pendientes son muy pronunciadas se emplean los surcos en contorno para evitar la erosión del suelo.

Los aspectos principales que se deben considerar en la construcción de los surcos para riego son: la pendiente del terreno, las características físicas del suelo, el caudal de agua disponible y el cultivo que se va a sembrar; estos factores determinan la longitud y el espaciamiento entre surcos y el caudal máximo de agua que deben darse a cada uno de los surcos, sin causar erosión. Las pendientes usuales son de 0 a 15%, su mejor operación es con pendientes menores a 1%. La longitud máxima depende de la velocidad de infiltración del suelo y del gasto máximo permisible, que a su vez está relacionada con la pendiente y el grado de erodabilidad del suelo; mientras menor sea el grado de infiltración y mayor el caudal de agua permisible, mayor podrá ser la longitud del surco (suelos pesados admiten surcos de mayor longitud y gastos mayores.)

El riego por surco se utiliza en los cultivos de trigo, frutales y, en menor medida, parronales de uva de mesa. En estos últimos, la tendencia es a implementar sistemas de riego por goteo en las nuevas plantaciones, pero sin que ello implique que plantaciones establecidas y que actualmente se riegan por sistemas tradicionales, cambien sus riegos a sistemas técnificados porque se produce un stress de adaptación del sistema radicular que provocaría mermas no siempre superables.

Cuando se tiene un parronal con riego por surco, se observa que las plantas alcanzan un gran desarrollo lateral de sus raíces, dado por el tipo de mejoramiento del sistema de riego. Además, entre un riego y otro, normalmente la planta es sometida a un stress hídrico suave cuando está próxima al riego siguiente, debido a que nunca los métodos de predicción de riego son eficientes, es más, comunmente se utiliza para ello el sistema calendario, o bien la simple observación, prescindiendo de estaciones meteorológicas y baterías de tensiómetros en el predio a regar.

Riego por Derrame

Entre otros sistemas de riego tradicional utilizados en el Valle, se cuentan los riegos tipo derrame, por bordes o por tendido.

El riego por bordes imperaba hasta la década de 1960 y se llevaba a cabo entre dos bordes o pequeños terraplenes distanciados según la cantidad de agua disponible y que por lo general se construían en el sentido de la mayor pendiente del terreno.

A lo largo de estos bordes se colocaban pequeños diques perpendiculares a ellos (trabas), cuya función era desviar hacia el centro las aguas que tendían a desplazarse por las orillas.

Este tipo de regadío fue introducido en el valle en el tiempo de los Incas, y dada la topografía del valle, puede considerarse el más adecuado (Kleiman y Torres, 1962-91).

El riego por tendido es muy poco usado en el valle debido a que presenta grandes dificultades de operación al aplicarse con bajos volúmenes de agua como es lo usual en la zona. Básicamente se utiliza este método

para el riego de pre-siembra de cereales, y consiste en ubicar acequias en los sectores más altos de la parcela, los cuales al momento de regar se van "taqueando" en la medida del avance del agua, produciéndose el desbordamiento y la inundación de los campos adyacentes.

b) Métodos de Riego Tecnificado

- Riego por Goteo

El de riego por goteo se ha introducido con gran fuerza en el Valle y es el método más utilizado para regar parronales del curso medio y superior- si bien su implementación no data más allá del año 1979, siendo los cuatro últimos períodos de gran apogeo de dicho sistema (Agrícola El Sauce 1986).

El procedimiento del riego por goteo se ha concebido como una manera de entregar agua a las plantas en cantidad suficiente, pero sólo la estrictamente necesaria para que tengan un desarrollo óptimo. Así se consigue un ahorro del recurso en términos bastantes superiores al que permiten los sistemas de riego tradicionales. (Gómez,1979).

En Copiapó, el riego por goteo no es aplicable a otros cultivos por varias razones, entre las que cabe mencionar dos: sólo conviene implementarlo para aquellos cultivos muy rentables y que tienen una plantación ordenada con número bajo de plantas por hectárea (Gómez,1979); Agrícola El Sauce,1986) características que adolecen los cultivos de tipo extensivos y las hortalizas en el valle, los cuales deben competir con la zona cerealera y hortícola por excelencia de la región central y sur del país; y en segundo término, este sistema mecanizado de riego no es recomendable para suelos salinos, porque se produce acumulación de sales en la periferia del terreno humedecido que rodea a cada planta. Dichos

suelos, al oeste de la ciudad de Copiapó, son los que actualmente se utilizan para cultivar ambos rubros agrícolas.

Otra desventaja es que la distribución de tuberías y mangueras en el terreno impide el flujo de maquinaria de trabajo en el sentido de la plantación, por lo que estos implementos deben ser generalmente retirados, para permitir la circulación de la maquinaria

Finalmente, como este tipo de riego no funciona óptimamente con agua sin filtrar, constituye una ventaja el poder contar con agua de relativamente buena calidad, de modo no incluir en el costo total de la instalación costos adicionales por sistemas de filtración extras al que estos traen inicialmente. En el área de estudio, esta agua proviene de la napa subterránea, lo que le asegura mejor calidad que si fuera de origen superficial.

- Eficiencia de Riego

Las necesidades de riego brutas, denominadas tasas de riego, están directamente relacionadas con la eficiencia de aplicación del riego; las cuales normalmente se expresan en porcentajes, y corresponde a la relación existente entre la cantidad real de agua almacenada en la rizosfera, directamente disponible para el cultivo y el lavado de sales, y la cantidad total de agua aplicada al suelo.

Los datos sobre la eficiencia de aplicación del riego revisten considerable importancia, pero al mismo tiempo resultan difíciles de estimar. Cuando las estimaciones son demasiado altas, traen consigo un déficit de agua durante los años de lluvias medias y durante los períodos de utilización máxima del agua en la mayoría de los años, lo que se traduce en una capacidad demasiado reducida del sistema de riego. Cuando son dema-

siado bajas, el resultado será una reducción de la superficie posible de regarse, una capacidad excesiva del sistema de riego y probablemente un desperdicio del agua de riego. No obstante, lo más corriente es el primer caso.

En el cuadro N° 14 se presentan datos sobre las eficiencias relativas detectadas en terreno, donde se expone el nivel medio actual de eficiencias logradas a nivel predial, según el sistema de riego, y los niveles de eficiencias potencialmente logrables con un mejoramiento de cada método de riego.

Cuadro N° 14

Eficiencias de riego actuales y Potenciales, segun el método de riego

Método de Riego	Eficiencia de Riego (%)	
	Actual	Potencial
Tendido y Borde	45-55	65
Surco	50-60	70
Goteo	80-85	95

Fuente : Encuesta IPLA (1986)

La eficiencia de riego de una región está directamente relacionada con la disponibilidad del recurso agua de riego. Dadas las condiciones de aridez del Valle Copiapó, se espera que allí tiendan a mejorar las eficiencias de riego a futuro, básicamente en términos del manejo de cada método.

C) Tasas de Riego

La tasa de riego por rubro está constituída por las necesidades de agua de los cultivos y de lavado de las sales, lo que se ha denominado en la sección 3.3.1 como NTAx (cuadro N° 8), la cual depende de los rubros productivos, así como del sector donde éstos se desarrollen.

Las necesidades de agua totales (NTAx) se deben corregir por el factor asignado al método de riego que se emplee. Así por ejemplo; los parronales tienen una necesidad de agua total de 8.802 m^3/ha en el sector IV, y cuando son regados con equipo de goteo alcanzan una eficiencia de riego de un 80% ; entonces el volumen de agua a aplicar por riego será :

$$\text{Tasa de riego} = \frac{NTAx}{Ef} \ (m^3/ha) \text{ anuales}$$

$$= \frac{8.802}{0,8}$$

$$= 11.003 \ m^3/ha \text{ anuales}$$

Para el cálculo de las tasas de riego se asumen los métodos de riego de mayor uso por rubro en el valle; se sabe que actualmente más del 80% de la superficie plantada con vid de mesa se riega por goteo (Efic = 80%), un 17% se riega por surco (Efic. = 50%) y el 3% restante se riega por borde (Efic = 0,45). Por tanto en la vid de mesa de los sectores IV a VI se ha ponderado la tasa de riego, total del valle, por la proporción de superficie regada con cada método con su respectiva eficiencia.

Para hortalizas, praderas y frutales, se tiene un solo método de riego, por rubro, de tal forma que se utiliza una eficiencia de referencia para el total de la superficie cultivada con cada de especies (cuadro N° 15).

Cuadro N° 15

Tasas de riego anual por rubro y sector (m^3/ha/año)

RUBRO	Método de riego	Tasa de Riego por Sector					
		I	II	III	IV	V	VI
Hortalizas	Surco	18.694	16.994	14.010	15.196	14.278	13.602
Praderas	Borde o Tendido	43.256	39.322	32.936	35.382	34.093	32.684
Vides	Goteo	12.745	11.586	9.998	11.003	10.670	10.614
	Surco	20.392	18.538	15.996	17.604	17.072	16.982
	Borde	22.658	20.598	17.773	19.560	18.969	18.869
	Tasa ponderada(1)	14.342	13.038	11.251	12.382	12.007	11.994
Frutales	Surco	35.794	32.540	27.340	31.618	30.332	32.882
Matorrales(2)	-	3.066	3.066	3.066	3.066	3.066	3.066
Vegas(3)	-	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000

Fuente: Elaboración IPLA

(1): Tasa ponderada = 0,80 tasa goteo+0,17*tasa surco+0,003*tasa borde

(2): valor medio, base Doorenbos, F.(1976).

(3): valor medio, base Queirolo,D.(1977)

Se considera que de 1977 a la fecha han habido cambios significativos en la distribución mensual de la demanda hídrica anual, por tanto se han utilizado como base de cálculo las proporciones propuestas por Queirolo (Cuadro N° 16).

Cuadro N° 16
Distribución relativa de la tasa
De riego anual por rubro %

Meses	RUBRO			
	Hortalizas	Praderas	Vides	Frutales
Enero	12	12	18	14
Febrero	10	10	14	12
Marzo	9	9	11	11
Abril	9	7	-	8
Mayo	6	5	-	5
Junio	4	3	-	4
Julio	5	5	-	3
Agosto	5	6	3	3
Septiembre	7	8	7	6
Octubre	10	11	12	9
Noviembre	11	11	16	11
Diciembre	12	13	19	14
TOTAL	100	100	100	100

Fuente : Queirolo, D.(1977)

El riego por goteo en parronales ha ampliado el período de riego de 8 a 11 meses en la actualidad, pero estos 3 meses adicionales no resultan significativos ya corresponden a meses de invierno, con baja dotación, y se usan para abonos disueltos en el riego, de tal modo de mejorar la acumulación de reservas de la planta en el período invernal.

Las demandas anuales de riego por rubro productivo y sector se calculan en base a la información del cuadro N° 15 y de la cual se presenta un resumen de la demanda de agua en el cuadro N° 17.

En el cuadro N° 18 se presentan las demandas mensuales de riego por sector, en base al producto entre la tasa de riego por rubro y la superficie que actualmente ocupa éste en el valle. El detalle de esta información se encuentra en el Anexo Demandas de Agua.

Cuadro N° 17

Demandas actuales anuales por rubro y sector

Valle Copiapó (m^3/año)

RUBROS	DEMANDAS DE AGUA ANUALES (m^3/año)													
	Sector I		Sector II		Sector III		Sector IV		Sector V		Sector VI		Total	Total
	Ha	m^3/año	Ha	m^3/año	Ha	m^3/año	Ha	m^3/año	Ha	m^3/año	Ha	m^3/año	Ha	m^3/año
Hortalizas	3,1	57.951	120,5	2.047.777	66,3	928.863	1.600,7	24.324.237	912	13.021.536	415,5	5.651.631	3.118,1	46.031.995
Praderas	6,3	272.513	62,0	2.437.964	-	-	7,7	272.441	-	-	-	-	76,0	2.982,918
Vides	513,2	7.360.314	1.430,5	18.650.859	1.806,1	20.320.431	102,9	1.274.108	837,3	10.053.461	-	-	4.690,0	57.659.173
Frutales	-	-	13,0	423.020	145,7	3.983.438	20,0	632.360	15,0	454.980	192,3	6.323.209	386,0	11.817.007
Matorrales	-	-	160,4	491.786	26,5	81.249	47,5	145.635	626,0	1.919.316	1.964,1	6.021.931	2.824,5	8.659.917
Vegas	-	-	69,5	347.500	38,9	194.500	74,5	372.500	77,0	385.000	223,1	1.117.500	483,4	2.417.000
TOTAL	522,6	7.690.778	1.855,9	24.398.906	2.083,5	25.508.481	1.853,3	27.021.281	2467,3	25.834.293	2.795,0	19.114.271	11.577,6	129.568.010

Fuente : Elaboración IPLA (Ver anexo)

CUADRO N° 18

DEMANDAS DE AGUA ACTUAL POR MESES Y SECTORES

	Sectores						
Meses	I	II	III	IV	V	VI	Total Meses
Enero	1.364.738	4.024.831	4.349.524	3.311.835	3.627.381	58.212	18.836.521
Feb.	1.063.554	3.179.885	3.438.517	2.757.693	2.956.451	1.918.856	5.314.956
Marzo	839.570	2.571.649	2.780.655	2.467.164	2.520.077	1.799.081	12.978.201
Abril	24.290	458.833	425.230	2.302.590	1.400.354	1.609.473	6.220.770
Mayo	17.105	335.896	277.910	1.548.259	996.368	1.250.149	4.425.687
Junio	10.496	241.849	219.438	1.051.484	730.976	1.073.867	3.328.110
Julio	16.526	306.948	188.931	1.290.712	856.847	1.067.301	3.777.265
Agosto	239.924	890.640	801.198	1.331.709	1.158.275	1.067.300	5.489.046
Sept.	541.115	1.739.813	1.750.175	1.893.677	1.834.586	1.370.755	9.130.121
Oct.	918.986	2.819.633	2.912.669	2.716.043	2.741.864	1.728.863	13.838.058
Nov.	1.214.145	3.593.857	3.814.249	3.022.249	3.283.288	1.912.098	16.840.562
Dic.	1.440.329	4.235.069	4.549.983	3.327.190	3.727.826	2.158.316	19.438.713
Total x Sector	7.690.778	24.398.906	25.508.481	27.021.281	25.834.293	19.114.271	129.568.010

Fuente : Elaboración IPLA (Ver anexo)

2.1.3.4 Demandas de Agua Potencial

La demanda de agua que a futuro podría presentarse en el Valle estaría en función de los siguientes factores:

- Uso del Suelo
- Métodos de Riego
- Eficiencias de Aplicación

Se estima que el uso potencial del suelo del Valle es el descrito en el cuadro N° 6 donde se mantiene y acentúa la primacía del cultivo de vid de mesa, sobre los cultivos restantes, en cuyo caso el principal método de riego es el tecnificado, con sistemas por goteo, siempre que las condiciones de clima, topografía y disponibilidad de agua lo permitan.

Se asume que dada la rentabilidad de los rubros restantes, estos mantendrán sus sistemas de riego por métodos tradicionales; donde las hortalizas se regarían por surco y las empastadas por bordes, según las tendencias actuales.

Además del cambio en el uso del suelo, y dada la limitada disposibilidad de agua cabe esperar que los agricultores eleven el nivel de las eficiencias de riego alcanzadas, en base al creciente costo de aplicación de agua de riego. Por tanto, las eficiencias que cabría esperar serían las siguientes:

Método	Eficiencia
Goteo	0,90
Surco	0,70
Borde	0,65

Aplicando el uso potencial del suelo (Cuadro N° 6) las demandas netas definidas por cada rubro (cuadro N°13), los niveles de eficiencias antes mencionados, y la distribución relativa de la tasa indicada en el cuadro N°16, se obtiente la demanda de agua potencial por meses y sectores señalada en el cuadro N°19.

CUADRO N°19

DEMANDA DE AGUA POTENCIAL POR MESES Y SECTORES EN m^3/mes

	Sectores						
Meses	I	II	III	IV	V	VI	Total Meses
Enero	1.936.758	4.521.815	5.717.586	4.687.877	7.946.742	3.352.452	28.163.240
Feb.	1.506.201	3.530.528	4.471.814	3.648.135	6.383.027	2.849.953	22.389.658
Marzo	1.183.658	2.797.506	3.553.510	2.872.952	5.353.192	2.598.689	18.359.507
Abril	-	138.209	220.050	35.669	2.029.633	1.934.089	4.357.209
Mayo	-	24.880	148.707	25.474	1.430.324	1.259.838	2.889.223
Junio	-	61.623	100.918	15.293	884.932	925.250	1.988.016
Julio	-	86.763	125.139	25.474	1.376.306	920.933	2.534.615
Agosto	322.543	815.033	1.036.453	802.717	2.378.231	1.001.212	6.356.189
Sept.	753.100	1.810.286	2.290.998	1.840.398	3.969.195	1.671.950	12.335.927
Oct.	1.290.923	3.057.905	3.861.745	3.140.535	6.066.644	2.425.166	19.842.918
Nov.	1.721.480	4.018.205	5.071.920	4.168.007	7.113.062	2.765.092	24.857.766
Dic.	2.043.272	4.773.359	4.919.025	4.948.287	8.452.469	3.433.251	28.569.663
Total x Sector	10.757.935	25.636.112	31.517.865	26.210.818	53.383.757	25.137.885	172.647.931

Fuente : Elaborado por IPLA (1986) (Ver anexo)

En el anexo N° 2 se presentan las demandas de agua mensuales por sector y por rubro, que cabría esperar a futuro, según la potencialidad de suelo y clima del Valle; sin considerar los volúmenes de agua disponibles actualmente y a futuro.

En la determinación de las demandas de agua potenciales, se asume que debido al creciente valor del suelo del valle, a futuro se eliminarán las áreas de vegas y matorrales , ya que demandan recursos escasos y de alto valor (tierra y agua), constituyéndose en áreas improductivas.

2.2 DEMANDAS DE AGUA POTABLE, INDUSTRIAL Y MINERA

En los puntos anteriores se han determinado los consumos agrícolas, corresponde entonces tratar ahora los consumos de Agua Potable, Industriales y Mineros.

Aunque la ciudad de Chañaral no pertenece al valle, su abastecimiento se obtiene de sondajes ubicados cerca de Copiapó, por lo que se le debe incluir en la demanda de agua.

Con excepción de la demanda minera, todos los servicios industriales se ubican en los centros poblados (Copiapó, Tierra Amarilla, Caldera, Chañaral, etc.) y se abastecen a través de las redes de distribución de agua potable, normalmente con arranques de mayor diámetro que los domésticos.

Para la evaluación de la demanda de agua potable se debe calcular la proyección de las poblaciones y dotaciones.

2.2.1 Agua Potable

2.2.1.1 Población y Dotación de Chañaral

La población de Chañaral según los censos es :

1930 - 2.930
1940 - 2.980
1952 - 2.531
1960 - 5.150
1970 - 9.051
1982 - 10.661

Se observa que sólo son utilizados los 4 últimos para no falsear la ley de crecimiento. Se aplican a continuación métodos analíticos para obtener las cifras del Cuadro N° 1, según se indican en el Anexo Demandas de Agua

CUADRO N° 1

PROYECCIONES DE POBLACION DE CHAÑARAL

	P R O Y E C C I O N					
Año	Lineal	Parabólica	Potencial	Geométrica	Logarítmica	Logística
1952	2.947	2.339	2.596	3.071	2.307	2.531
1960	5.176	5.622	5.145	4.484	5.770	5.113
1970	7.963	8.666	8.138	7.196	8.518	8.558
1982	11.307	10.766	11.569	12.695	10.798	10.881
1985	12.143	11.026	12.407	14.630	11.266	10.889
1986	12.421	11.089	12.685	15.339	11.415	10.948
1990	13.536	11.224	13.791	18.534	11.980	11.126
1995	14.929	11.127	15.158	23.480	12.626	11.254
2000	16.323	10.736	16.512	29.746	13.216	11.321
2005	17.716	10.051	17.853	37.683	13.758	11.357
2010	19.109	9.072	19.182	47.739	14.261	11.375
2015	20.503	7.798	20.501	60.478	14.728	11.385

Como puede observarse en el cuadro anterior, las proyecciones lineal y potencial son equivalentes y presentan un crecimiento moderado. La proyección parabólica presenta un decrecimiento a partir del año 1990 y debe desecharse. La proyección geométrica presenta un crecimiento explo-

sentan un crecimiento exiguo, por lo que también deben desecharse.

Sobre la proyección de la población de Chañaral se tienen los estudios siguientes :

a) de SENDOS en su publicación N° 19.76 elaborada por el Departamento de Planificación y el Comité de Desarrollo Institucional, basada en el estudio del CELADE (Centro Latinoamericano de Demografía).

b) de HIDROSAN Ingenieros Consultores, en su estudio realizado el año 1984 "Mejoramiento del Abastecimiento de Agua Potable de la Provincia de Chañaral".

c) de ICC-CONIC Ingenieros Consultores en su estudio en elaboración sobre el mejoramiento de la red de distribución del agua potable de Chañaral.

En el cuadro N° 2 se resumen las cifras de población de los 3 estudios, más la proyección lineal del cuadro anterior, para facilitar su comparación. Los estudios b) y c) son también de proyección lineal por lo que no hubo problema para completar las cifras desde los años 1982 al 2015. El estudio a) de SENDOS debió asimilarse a una curva como se indica a continuación.

Si se calcula el crecimiento quinquenal de la población se constata que este crece hasta el período 90-95 para decrecer a continuación. Esta característica es la de la curva logística $P_t = K(1-be^{at})^{-1}$, tomando los valores de población de los años 75,90 y 05 se determinaron las constantes :

$$K = 38.566 \qquad b = -2,45 \qquad a = -0,04437$$

y con ellos se calculó la columna respectiva del cuadro siguiente.

CUADRO Nº 2

PROYECCIONES DE POBLACION DE CHAÑARAL

Año	SENDOS		HIDROSAN	ICC-CONIC	Presente
	Copiadas	Calculad.			estudio
1975	11.173	11.173	-	-	-
1980	12.982	13.012	-	-	-
1982	-	13.787	11.323*	10.619*	10.661*
1983	-	14.183	12.095	10.896	11.585
1985	14.963	14.988	12.691	11.451	12.143
1986	-	15.396	12.989	11.728	12.421
1990	17.063	17.063	14.181	12.838	13.536
1995	19.206	19.192	15.672	14.224	14.929
2000	21.320	21.323	17.162	15.611	16.323
2005	23.405	23.405	18.652	16.998	17.716
2010	-	25.391	20.142	18.384	19.109
2013	-	26.520	21.036	19.217	19.943
2015	-	27.242	21.632	19.771	20.503

(*) : Cifras del censo de 1982.

Se puede observar en el cuadro anterior que la proyección SENDOS es bastante optimista ya que para 1982 predice 13.787 habitantes y el censo contabilizó sólo 10.661, con un error del 23% a sólo 12 años del censo del año 70.

Parece que HIDROSAN trabajó con cifras preliminares del censo del año 82 y esto modificó la recta de la regresión lineal, generando las diferencias con las cifras del presente estudio.

Las cifras de ICC-CONIC corresponden a un desplazamiento paralelo de la recta de regresión lineal para calzar con la cifra del censo del año 82.

Aceptando en definitiva la proyección lineal del presente trabajo como cifras de población, nos queda determinar la población flotante de verano, las dotaciones de producción y de consumo y el factor de día de máximo consumo. Para ello se utilizarán los valores determinados por HIDROSAN Ingenieros Consultores en el estudio mencionado anteriormente.

a) La población flotante se estima en un 10% de la población estable el año 1983 creciendo un 0,5% anual.

b) La dotación de consumo se estima en 150 l/día*hab. Las pérdidas en un 25% y por consiguiente, la dotación de producción en 200 l/día*-hab.

c) El factor de día máximo se estima en 1,25.

2.2.1.2 Demanda de Agua de Chañaral

Con los datos obtenidos, se confecciona el Cuadro N° 3 con la demanda de la ciudad de Chañaral.

Para obtener la demanda de la cañería de aducción debe agregarse el consumo de Barquito y del balneario de Puerto Flamenco. Siguiendo los valores de HIDROSAN, se tiene :

a) Barquito demanda 4 l/s en invierno y 5,2 l/s en verano

b) Puerto Flamenco tenía 123 viviendas en 1983.

Se supone un crecimiento paralelo al de Chañaral y 0,4 habitantes por vivienda en invierno y 6 hab/viv en verano.

En el Cuadro N° 4 se calcula la demanda de estas poblaciones y de la cañería de aducción.

CUADRO Nº 3

DEMANDA DE AGUA DE CHAÑARAL

Año	Dotación Consumo l/d.h	Pérdidas %	Dotación Producc. l/d.h	Invierno Población	Invierno Demanda Med.l/s	Verano Población	Verano Demanda Med.l/s	Verano Demanda Máx.l/s
1986	150	25	200	12.421	28,75	13.849	32,06	40,07
1990	150	25	200	13.536	31,33	15.363	35,56	44,45
1995	150	25	200	14.929	34,56	17.318	40,09	50,11
2000	150	25	200	16.323	37,78	19.343	44,78	55,97
2005	150	25	200	17.716	41,01	21.436	49,62	62,03
2010	150	25	200	19.109	44,23	23.600	54,63	68,29
2015	150	25	200	20.503	47,46	25.834	59,80	74,75

CUADRO Nº 4

DEMANDA DE LA CAÑERIA DE ADUCCION DE CHAÑARAL

Año	Puerto Flamenco						Barquito		Demanda Cañería Aducción		
	Dotación	Invierno		Verano			Inv.	Ver.	Invierno	Verano	
	Producc. l/d.hab	Pobl.	Demanda Med.l/s	Pobl.	Demanda Med.l/s	Demanda Máx.l/s	Dem. l/s	Dem. l/s	Demanda Med.l/s	Demanda Med.l/s	Demanda Máx.l/s
1986	200	55	0,13	836	1,94	2,42	4,00	5,20	32,88	39,20	47,69
1990	200	60	0,14	929	2,15	2,69	4,00	5,20	35,47	42,91	52,34
1995	200	66	0,15	1.050	2,43	3,04	4,00	5,20	38,71	47,72	58,35
2000	200	73	0,17	1.174	2,72	3,40	4,00	5,20	41,95	52,70	64,57
2005	200	79	0,18	1.303	3,02	3,77	4,00	5,20	45,19	57,84	71,00
2010	200	85	0,20	1.436	3,32	4,16	4,00	5,20	48,43	63,15	77,65
2015	200	92	0,21	1.573	3,64	4,55	4,00	5,20	51,67	68,64	84,50

2.2.1.3 Población y Dotación de Caldera

La población de Caldera, según los censos, es :

1930 - 1.574
1940 - 1.525
1952 - 1.370
1960 - 2.715
1970 - 3.151
1982 - 4.187

Se observa que para obtener una ley de crecimiento sólo pueden usarse los 4 últimos.

Se aplican a continuación métodos analíticos para obtener las cifras del Cuadro N° 5, según se detalla en el Anexo Demandas de Agua. Considerando que toda la población del distrito se alimenta en alguna forma de la misma cañería, y que la población dispersa es solo un 3% de la de la ciudad, se realiza la proyección del distrito.

t	P
1952	1.448
1960	2.797
1970	3.163
1982	4.356

CUADRO Nº 5

PROYECCION DE POBLACION DE CALDERA

DISTRITO

	P R O Y E C C I O N				
Año	Lineal	Parabólica	Potencial	Geométrica	Logarítmica
1952	1.683	1.578	1.523	1.714	1.483
1960	2.402	2.479	2.466	2.238	2.595
1970	3.300	3.423	3.405	3.123	3.477
1982	4.379	4.285	4.362	4.658	4.209
1985	4.649	4.455	4.582	5.148	4.359
1986	4.738	4.508	4.654	5.323	4.407
1990	5.098	4.698	4.936	6.082	4.588
1995	5.547	4.889	5.275	7.185	4.796
2000	5.997	5.030	5.603	8.487	4.985
2005	6.446	5.120	5.919	10.026	5.159
2010	6.895	5.159	6.226	11.845	5.320
2015	7.345	5.147	6.525	13.992	5.470

Como puede apreciarse en el cuadro anterior, la proyección parabólica presenta su máximo el año 2010 comenzando a decrecer y presenta además hasta esa fecha un crecimiento exiguo, por lo que debe desecharse. La proyección logarítmica también debe desecharse por su crecimiento demasiado pesimista. A la inversa, la proyección geométrica llega a valores excesivos, si consideramos que se trata sólo de la población estable, por lo que se elimina.

Con las consideraciones anteriores quedan como posibles las proyecciones lineal y potencial. Considerando que para el tamaño de la población no

es prudente suponer crecimiento de rendimiento inferior al aritmético, eliminamos la proyección potencial que da valores menores y dejamos como más probable la proyección lineal.

Sobre la proyección de la población de Caldera se tienen dos estudios, ya individualizados en lo referido a Chañaral, de SENDOS y de HIDROSAN.

En el Cuadro N° 6 se resumen las cifras de los estudios mencionados y del presente trabajo para su comparación.

CUADRO N° 6

PROYECCIONES DE POBLACION DE CALDERA

Año	SENDOS		HIDROSAN	Presente
	Copiadas	Calculadas		Estudio
1975	3.504	3.504	-	-
1980	3.709	3.720	-	-
1982	-	3.808	4.187*	4.356*
1983	-	3.852	4.277	4.471
1985	3.933	3.942	4.458	4.649
1986	-	3.988	4.549	4.738
1990	4.171	4.171	4.911	5.098
1995	4.414	4.405	5.363	5.547
2000	4.653	4.645	5.816	5.997
2005	4.888	4.888	6.269	6.446
2010	-	5.135	6.722	6.895
2013	-	5.284	6.993	7.165
2015	-	5.348	7.173	7.345

Si se observan los incrementos de población quinquenales de la proyección SENDOS se constata que ellos crecen desde 1975 hasta el año 2000, decreciendo a continuación. Para una ley de crecimiento de estas características utilizamos la curva logística $P_t = k(1-be^{at})^{-1}$. Tomando las poblaciones de los años 75, 90 y 05 que tienen intervalos de 15 años se obtiene :

$$k = 11.567 \qquad b = -2,3 \qquad a = -0,017373$$

y con ellos los valores de la columna "calculados".

La proyección de población de HIDROSAN es lineal por lo que fue fácil el cálculo de los valores que faltaban.

La diferencia entre las cifras de HIDROSAN con las del presente estudio se producen porque las primeras se refieren a la ciudad y las segundas al distrito.

La proyección de SENDOS queda un 10% por debajo de la cifra del censo del año 82, por lo que es pesimista y por lo tanto, peligrosa de adoptarla y se dejan los valores del presente estudio.

Como en el caso de Chañaral, para la población flotante, dotación y pérdidas se adoptan las cifras indicadas por HIDROSAN en el estudio anteriormente individualizado.

a) El censo del año 82 contabilizó 2.651 viviendas que, con 6 habitantes medios cada una, determina una capacidad habitacional de 15.906 habitantes que se supone igual a la población de verano. Esta cifra corresponde a que la población flotante de verano es 2,72 veces la población estable de los censos, y este factor se mantiene en el tiempo.

b) Se considera que en invierno, debido a las condiciones climáticas, también existe una población flotante igual al 30% de la de verano.

c) Se adopta una dotación de consumo de 150 l/día.hab.

d) Las pérdidas son el 30%, bajan al 25% el año 1990 y el 20% a partir del año 1995.

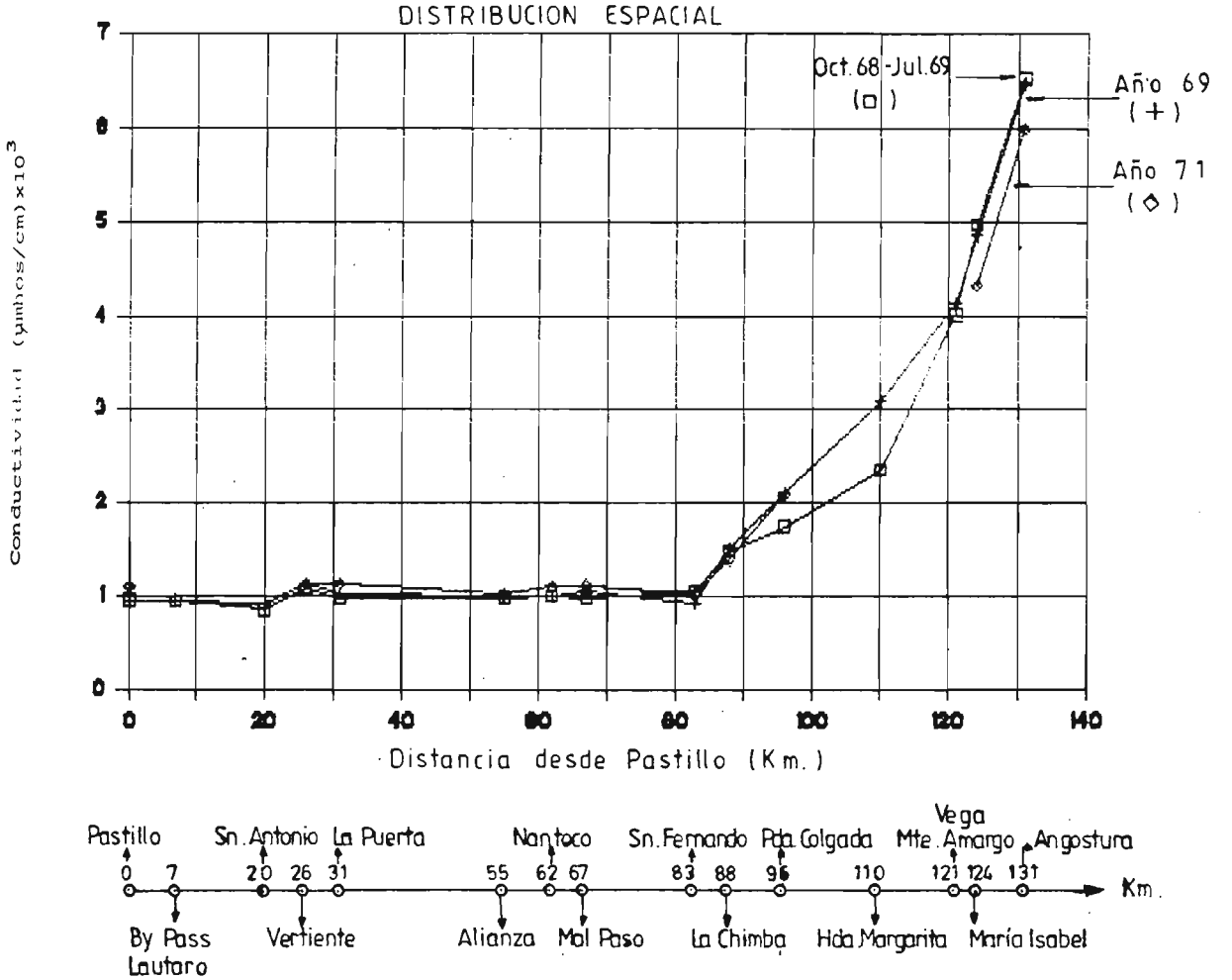
e) El factor de consumo máximo diario se fija en 1.1.

2.2.1.4 Demanda de Agua del Distrito de Caldera

En el Cuadro N° 7 se calcula la demanda del distrito de Caldera con los datos anteriores.

CALIDAD QUIMICA DE AGUAS SUPERFICIALES

DISTRIBUCION ESPACIAL



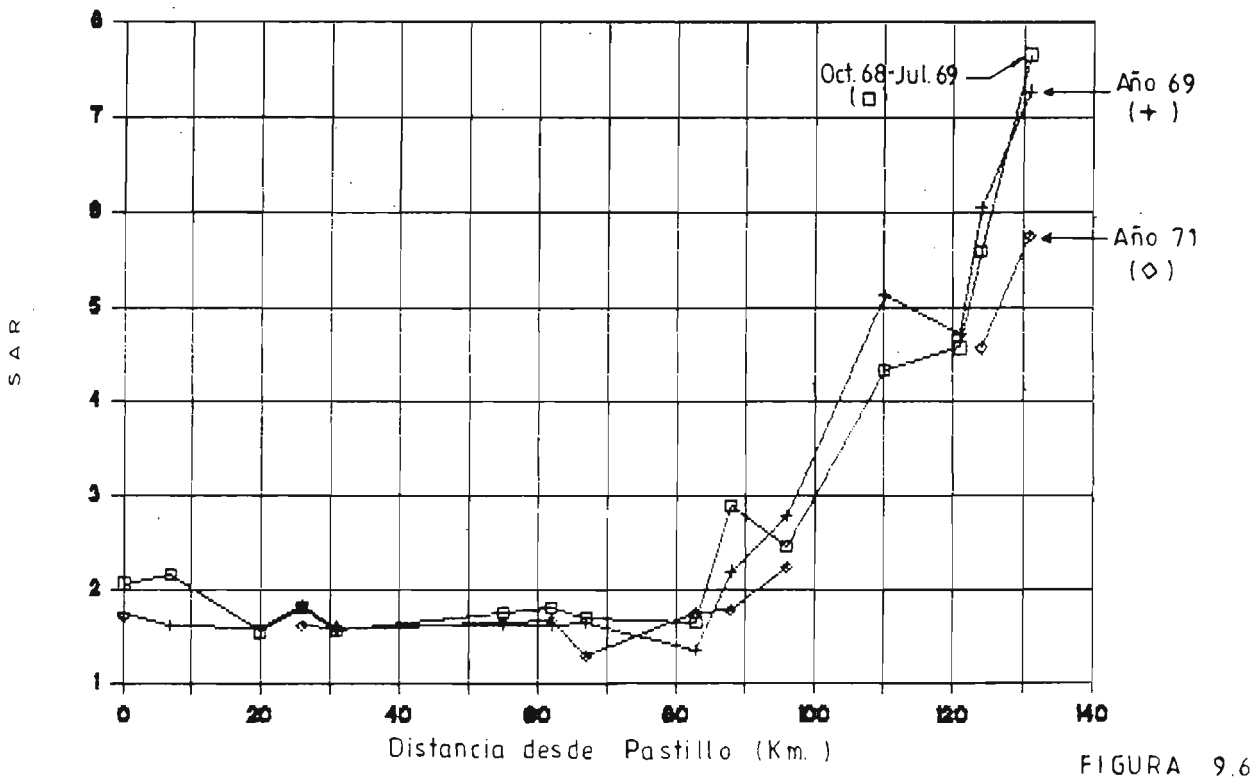


FIGURA 9.6

10. Funcionamiento del Embalse Subterráneo

En los capítulos precedentes se ha descrito e ilustrado el comportamiento del embalse subterráneo a través de las variables que lo caracterizan. Corresponde ahora integrar todos estos elementos para conocer cómo funciona el acuífero y poder definir la mejor forma de explotarlo.

A continuación se describe las fuentes de recarga y descarga, o entradas y salidas, del acuífero, las que luego se cuantificarán en la medida de lo posible, en el capítulo del Balance Hídrico del Embalse Subterráneo. En la Figura 10-1 se presenta un esquema de funcionamiento del acuífero.

10.1 Entradas de Agua al Acuífero

Estas se producen básicamente por cuatro conceptos, que son:

- Recarga Lateral desde Acuíferos Vecinos
- Infiltraciones de Riego
- Infiltraciones del río Copiapó
- Infiltraciones Directas de Lluvias
- Infiltraciones por Pérdidas desde la Red de A.P.
- Infiltraciones desde el Embalse Lautaro

Más en detalle estos elementos se refieren a lo siguiente:

a) Recarga Lateral desde Acuíferos Vecinos

Estos se refieren a dos tipos de recarga lateral: la que proviene del escurrimiento subterráneo del acuífero aguas arriba del sector estudiado y aquella que entregan subterráneamente las quebradas que llegan al valle del río Copiapó.

La primera depende de la situación del embalse subterráneo de aguas arriba. Normalmente su valor es relativamente constante, tanto mensual como anualmente, variando lentamente frente a los cambios de la hidrología superficial debido a la inercia que tienen los embalses subterráneos.

ALAMOS Y PERALTA
INGENIEROS CONSULTORES LTDA.

ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DEL EMBALSE SUBTERRANEO DE:

VALLE DEL RIO COPIAPO

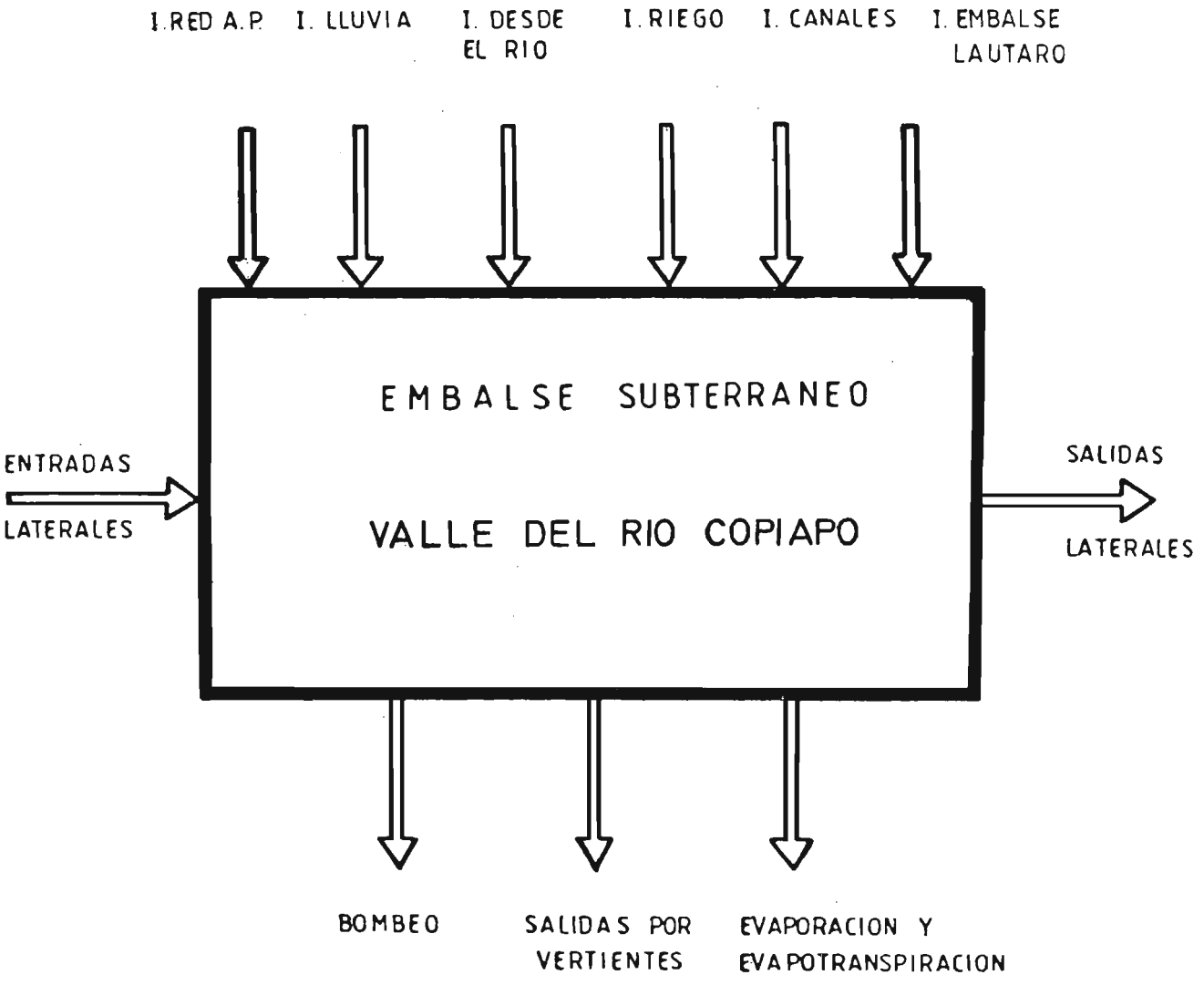


FIGURA 10.1

Las recargas subterráneas desde quebradas pequeñas están muy influídas por el régimen de lluvias, y corresponden al drenaje de las aguas lluvias que se infiltran en el relleno permeable bajo sus cauces. Por su origen, esta recarga es tan esporádica como las lluvias que las provocan.

Por otro lado, las quebradas de mayores dimensiones deberían aportar caudales pequeños pero constantes, es el caso de Quebradas como Calquis, Cerrillos, Paipote, Chamonate, entre otras.

b) Infiltraciones Riego

Corresponde a uno de los factores de recarga más importantes en el área y puede dividirse en dos según la etapa de regadío en que se produce la infiltración.

En primer lugar se tiene las infiltraciones provenientes por pérdidas en canales, tanto en los principales que no estén revestidos como en toda la red de distribución secundaria.

El otro tipo de infiltraciones son aquellas que ocurran a nivel predial, por la percolación profunda de parte del exceso de agua aplicada al riego. Este tipo de infiltraciones depende de la textura del suelo, el método de riego y su eficiencia. En el valle del río Copiapó la eficiencia del regadío, que ocupa el goteo y el riego de tipo tradicional, es superior al de otras zonas del país con mayor abundancia de agua.

c) Infiltraciones del río Copiapó

Estas constituyen, junto con las infiltraciones de regadío la principal fuente de recarga del acuífero.

Ahora bien, esta recarga se produce en sectores donde la profundidad del nivel estático permite la infiltración, lo que junto a la buena comunicación hidráulica existente entre el río y el acuífero permite que éste infiltre caudales importantes.

d) Infiltraciones Directas de Lluvias

En el área de estudio las lluvias son tremendamente esporádicas y escasas. Por esto se ha considerado irrelevante su aporte al acuífero, particularmente por su irregularidad en el tiempo.

e) Infiltraciones por Pérdidas de la Red de A.P.

Es un hecho que la mayoría de las redes de agua potable tienen un cierto porcentaje de pérdidas. Estas pérdidas se generan normalmente en fugas desde las redes de distribución, que son difícilmente detectables cuando los caudales perdidos son pequeños.

Se ha considerado importante incluir el aporte que estas pérdidas significan para el acuífero, ya que en el valle se localizan poblados significativos como son la ciudad de Copiapó y la localidad de Tierra Amarilla.

f) Infiltraciones del Embalse Lautaro

Una importante fuente de recarga del acuífero está constituída por las infiltraciones del Embalse Lautaro. Estas dependen del volumen embalsado, que normalmente ha sido bastante bajo salvo en los últimos 4 años, a partir de 1983, período en que se ha tenido almacenados volúmenes importantes. El efecto de las infiltraciones se refleja claramente en algunos piezómetros de control ubicados justo aguas abajo del muro, cuyo nivel baja sensiblemente cuando el embalse tiene poca agua.

3.10.2 Salidas de Agua desde el Acuífero

Las descargas del acuífero son las siguientes:

- Descarga Lateral hacia Acuíferos Vecinos
- Descarga por Evaporación y Evapotranspiración en zonas de Nivel Estático Alto.
- Descarga por Bombeo
- Descarga por Vertientes

Su significado se explica a continuación:

a) Descarga Lateral hacia Acuíferos Vecinos

En forma análoga a las entradas laterales, las descargas laterales son los caudales subterráneos que el embalse subterráneo entrega a los acuíferos que se hallan aguas abajo de él.

En este caso no habría descargas laterales, ya que toda el agua subterránea estaría aflorando a la superficie en la localidad de Angostura, unos 13 Km. aguas arriba de la desembocadura del río Copiapó en el Océano.

b) Descarga por Evaporación y Evapotranspiración

Donde la napa presenta altos niveles estáticos, se producen descargas tanto por evaporación directa como evapotranspiración de la vegetación natural que se alimenta con las aguas del acuífero, llamadas freatófitas.

En el valle del río Copiapó existen numerosas zonas con estas características, normalmente circunscritas a la caja del río en las áreas de altos niveles estáticos. Para la temporada 1986/87 se ha observado que esto ocurre en las siguientes zonas:

- San Antonio y Los Loros - La Puerta, en el sector Embalse Lautaro-La Puerta.
- Cerrillos y Nantoco, en el sector La Puerta - Mal Paso.
- Ciudad de Copiapó, en el sector Mal Paso - Copiapó
- Piedra Colgada, en el sector Copiapó - Piedra Colgada
- San Pedro y tramo Hacienda Margarita - Santa Isabel, en el sector Piedra Colgada - Angostura.

La cuantificación de los volúmenes descargados por este concepto es muy difícil, aunque se ha hecho diversas aproximaciones. Estas se analizan y presentan en el capítulo del Balance Hídrico.

c) Descarga por Bombeo

Como se sabe, el agua subterránea representa una importantísima fuente de abastecimiento en el valle del río Copiapó. Por uso se puede clasificar para Agua Potable, Industria y Regadío.

El Agua Potable se abastece fundamentalmente de pozos ubicados en el sector Mal Paso-Copiapó y localidades rurales del área. Actualmente se abastece Caldera y Chañaral con los pozos del Rec. A.P. Cancha Rayada, en la salida poniente de la ciudad de Copiapó, que corresponde al sector Copiapó-Piedra Colgada. En una fecha próxima estos pozos dejarán de funcionar al ser reemplazados por otros ubicados en el Rec. A.P. Vicuña, localizado en la ciudad de Copiapó.

La industria, representada esencialmente por plantas concentradoras de minerales, se abastece casi exclusivamente con aguas subterráneas. Casi todas estas plantas se localizan en el sector Mal Paso-Copiapó.

El regadío está empleando cada vez más las aguas subterráneas en Copiapó, normalmente para regar parronales mediante la técnica del goteo. En este caso las zonas más explotadas son Lautaro-La Puerta, La Puerta-Mal Paso y Copiapó-Piedra Colgada.

d) Descargas por Vertientes

Asociada a las zonas con altos niveles estáticos se encuentran las vertientes, que corresponde a los afloramientos de la napa cuando no puede seguir escurriendo en forma subterránea.

Las vertientes se emplean actualmente para el abastecimiento de algunos canales, particularmente los que se encuentran aguas abajo de la ciudad de Copiapó, que sólo tienen derechos eventuales sobre las aguas del río Copiapó.

1.11. Balance Hídrico del Embalse Subterráneo

En este capítulo se cuantificarán las entradas y salidas de agua hacia y desde el embalse subterráneo del valle del río Copiapó. Su evaluación se hecho basado en la información disponible que es limitada. Por esto el grado de precisión de las cifras que se presenta queda restringido a la calidad de los antecedentes empleados.

Debido al carácter general de este capítulo, en cada punto se hará una exposición del método de cálculo aplicado y un resumen de los resultados obtenidos en los diferentes sectores en que fue dividido el valle.

Según esta división, el valle está compuesto por seis sectores. Los cuales se presentan a continuación:

Sector I	:	Ríos Manflas, Jorquera, Pulido y Copiapó hasta antes del embalse Lautaro
Sector II	:	Desde antes del embalse Lautaro hasta La Puerta.
Sector III	:	Desde La Puerta hasta Mal Paso
Sector IV	:	Desde Mal Paso hasta la ciudad de Copiapó
Sector V	:	Desde Copiapó hasta Piedra Colgada
Sector VI	:	Desde Piedra Colgada hasta Angostura.

Cada uno de estos seis sectores fue estudiado hidrogeológicamente por separado. Lo que se presenta en seis tomos independientes numerados del 5 al 10

1.11.1 Entradas de Agua al Acuífero

Como se ha dicho en el capítulo anterior corresponden a:

- Recarga Lateral desde Acuíferos Vecinos
- Infiltraciones de Riego
- Infiltraciones de Ríos

- Infiltraciones Directas de Lluvias
- Infiltraciones por Pérdidas de la Red de Agua Potable
- Infiltraciones desde el Embalse Lautaro

a) Recarga Lateral desde Acuíferos Vecinos

Al estudiar el valle del río Copiapó sin separarlo en sectores independientes se produce recargas laterales desde los acuíferos de los valles de los ríos Manflas, Jorquera y Pulido. A esta recarga se debería sumar el volumen aportado por las quebradas laterales como las de Paipote, Cerrillos, Calqui y Llano de Chamonate. En un principio estas últimas no se considerarán por la inexistencia de datos que permitan su cálculo. Se debe tener en cuenta que este valor no es de importancia frente a la magnitud de la recarga desde los acuíferos nombrados inicialmente.

Para cuantificar esta recarga se ha empleado la relación:

$$Q = T \cdot i \cdot L \ (m^3/s)$$

con T = Transmisividad del relleno ($m^3/s/m$)
i = Gradiente Hidráulico de la Napa (°/1)
L = Ancho del Valle (m)

En cada caso la fórmula se ha evaluado utilizando antecedentes de transmisividad entregados por los pozos del sector, de gradiente hidráulico entregado por el plano de curvas isopiezométricas correspondiente y de ancho del valle entregado por el plano de geología de cada valle.

Basándose en estos antecedentes la recarga lateral del acuífero asciende a 25.92 Mm^3/año, la que se desglosa de la siguiente forma.

CUADRO N° 11.1

RECARGA LATERAL DEL VALLE
DEL RIO COPIAPO

ACUIFERO APORTANTE	VOL. ANUAL Mm^3
Río Jorquera	15.39
Río Pulido	4.16
Río Manflas	6.37
T O T A L	25.92

b) Infiltraciones de Riego

Evaluar las infiltraciones de riego es una labor realmente compleja por la gran cantidad de factores involucrados.

Un conocimiento acabado del fenómeno involucra un extenso trabajo de terreno, con aforos diferenciales en canales y a la entrada y salida de predios seleccionados para conocer los volúmenes infiltrados.

Es por esto que se ha realizado corridas de aforos diferenciales en algunos canales del sector, las que junto a un estudio sobre tasas de riego y superficies cultivadas realizado para este informe permitieron calcular las infiltraciones del riego con la precisión requerida.

Es necesario aclarar previamente que, por sus excelentes condiciones climáticas, el valle de Copiapó se cultiva todo el año, variando levemente las superficies cultivadas mes a mes. Esta regularidad de cultivos no se debe sólo al clima favorable, sino también al régimen bastante parejo a lo largo del año del río Copiapó.

En el valle del río Copiapó el riego se efectúa a través de una extensa red de canales, que se reparten el agua del río de acuerdo a los derechos de cada canal según un sistema de repartición horaria de caudales expresados en litros por segundo. Cuando el río trae mayores recursos que los derechos establecidos, se aumenta proporcionalmente el agua repartida. En cambio, en algunos canales, cuando el río trae menos agua, el déficit se cubre con el bombeo de aguas subterráneas desde un conjunto de pozos que administra la Junta de Vigilancia.

Todo lo descrito anteriormente, corresponde al regadío de los terrenos con derechos sobre aguas superficiales. En el caso de los terrenos sin derechos de aguas superficiales, se tiene regadío con aguas subterráneas bombeadas desde pozos profundos.

El cálculo del volumen anual infiltrado por concepto de riego se ha realizado dividiéndolo en tres temas:

- Infiltraciones por Regadío Predial
- Infiltraciones desde Canales Matrices
- Infiltraciones desde la Red Secundaria

Cada uno de los cuales se ha basado en estudios realizados en terreno y en informes relacionados que se habían desarrollado con anterioridad al presente estudio.

Infiltraciones por Regadío Predial

Para determinar el volumen anual infiltrado por concepto de regadío a nivel predial se realizaron una serie de estudios previos de uso actual del suelo y tasas de riego. En estos se dividieron los cultivos en cuatro grandes rubros: Hortalizas, Vides, Frutales y Praderas. Para cada uno de ellos y para cada sector del valle se determinó la infiltración producida por su regadío.

El cálculo del volumen infiltrado se realizó bajo las siguientes consideraciones y supuestos.

- Para los terrenos regados por medio de goteo, todo el exceso de agua aplicado al cultivo percola.
- En los terrenos regados por surcos o bordes, el exceso de agua aplicado a los cultivos se divide en partes iguales entre escurrimiento superficial y percolación.
- Las eficiencias de los sistemas de riego son las siguientes: Goteo 80%, Surcos 50% y Bordes 45%.
- Los cultivos de vides son regados en un 80% por goteo, en un 17% por surcos y en un 3% por bordes, valores que corresponden al promedio del valle.
- Los cultivos de Hotalizas se riegan en un 100% por surcos, las praderas en un 100% por bordes y los frutales en un 50% por surcos y un 50% por bordes.

Así basándose en los datos de uso actual de suelos, tasas de riego y en las consideraciones anteriores se determinó el volumen anual infiltrado por concepto de riego a nivel predial, el que asciende a 23,37 Mm^3/año y se desglosa de la siguiente forma.

El Cuadro 11.2 entrega, por sector y para cada rubro de cultivo, el volumen infiltrado.

CUADRO N° 11.2

VOLUMEN INFILTRADO POR REGADIO

PREDIAL EN EL VALLE DE COPIAPO

(Mm^3/año)

SECTOR	HORTALIZAS	VIDES	FRUTALES	PRADERAS	TOTAL
I	0.01	1.37	0	0.07	1.45
II	0.45	4.65	0.1	0.6	5.80
III	0.20	3.77	0.99	0	4.96
IV	4.876	0.215	0.136	0.063	5.29
V	1.642	1.836	0.098	0	3.576
VI	1.428	0	0.863	0	2.291
TOTAL	8.606	11.841	2.187	0.733	23.367

Infiltraciones en Canales Matrices

La determinación del volumen infiltrado por la red de canales matrices es un problema complejo. Esto se debe a la gran cantidad de factores que influyen en la infiltración desde éstos, por nombrar algunos; Tipo de terreno que atraviesa, intermitencia de uso, caudal que lleva, limpieza de las aguas, profundidad del nivel estático del embalse subterráneo, etc.

Esta gran cantidad de incógnitas sólo pueden ser resueltas si se realizan aforos diferenciales en cada canal. Debido a la imposibilidad de realizar aforos diferenciales en cada uno de los canales del valle, se ha elegido canales representativos de cada sector. En ellos se realizó los aforos y se determinó la tasa de infiltración.

Por otro lado se utiliza la información entregada por otros informes, en los cuales se determinó tasas de infiltración en canales de características simila

res a las del valle de Copiapó.

Para la determinación de los caudales entrantes a cada canal se utilizó información de caudales aforados por la D.G.A., de los derechos de cada canal y de la estadísticas fluviométrica del río Copiapó en diferentes lugares.

En el Cuadro 11.3 se entrega los volúmenes anuales infiltrados desde la red de canales matrices para cada sector del valle.

CUADRO N° 11.3

VOLUMENES INFILTRADOS DESDE CANALES

MATRICES EN EL VALLE DE COPIAPO

SECTOR	VOL. INFILTRADO (Mm^3)
I	1.61
II	3.09
III	5.1
IV	5.32
V	6.30
VI	5.70
TOTAL	27.12

Infiltración en la Red Secundaria

Este es un tema de difícil cuantificación debido por una parte a la variabilidad de los caudales que circulan por los canales como también el hecho de que no es constante su funcionamiento.

Sobre la base de experiencias aisladas y teniendo presente que los trazados de estos canales van por lechos en general permeables, se ha adoptado una cifra similar a la infiltración por regadío predial de los sectores regados por medio de surcos o bordes. Esto significa considerar un valor de 13.78 Mm^3/año como infiltración en la red de canales secundaria. Este valor se desglosa tal como se indica en el Cuadro N° 11.4

CUADRO N° 11.4

INFILTRACION EN CANALES SECUNDARIOS
DEL VALLE DEL RIO COPIAPO

SECTOR	VOL. INFILTRADO Mm^3
I	0.55
II	2.33
III	1.3
IV	5.1
V	2.2
VI	2.3
T O T A L	13.78

En resumen, y de acuerdo con la discusión precedente, se obtiene un total de ingresos al acuífero por concepto de infiltración por el sistema de riego ascendente a 64.27 Mm^3/año que se desglosa como sigue:

Infiltración en Canales Matrices	27.12	Mm^3/año
Infiltración en Canales Secundarios	13.78	Mm^3/año
Infiltración por Regadío Predial	23.37	Mm^3/año
T O T A L	64.27	Mm^3/año

c) Infiltraciones del río Copiapó y Afluentes

Sobre las infiltraciones del río Copiapó y sus afluentes se ha hablado en detalle en el Tomo Anexo N°1 en el apartado llamado "Infraestructura de Riego".

Tal como se indica en éste, se ha realizado una corrida de aforos diferenciales a lo largo del río Copiapó y sus Afluentes. Además de estos resultados, se recopilaron antecedentes de estudios anteriores realizados en el valle, en especial del estudio de Uri Hammer (Ref.6) y el de Kleiman y Torres (Ref. 13)

Así, basado en los resultados y antecedentes descritos se llegó a las siguientes conclusiones:

- En el sector I, se considera que en el río Jorquera no hay infiltraciones ni recuperaciones. En los ríos Manflas y Pulido hay infiltraciones de importancia y en el río Copiapó entre Estación Pastillo y Embalse Lautaro no hay recuperaciones ni infiltraciones. Todas estas afirmaciones están basadas en aforos diferenciales.

- En el sector II, el río Copiapó no tiene infiltraciones de importancia a lo largo de su recorrido. Este se puede dividir en dos tramos. El primero entre el Embalse Lautaro y San Antonio con alternancia de infiltraciones y recuperaciones de poca importancia, y el segundo con grandes recuperaciones comprendidas entre San Antonio y La Puerta.

- En el sector III las infiltraciones a lo largo del tramo se determinaron esta

dísticamente como 0,3 veces el caudal en La Puerta.

- En el sector IV no hay infiltraciones debido a la existencia del canal matriz Mal Paso que es revestido y que capta todo el caudal del río.
- En el sector V el río Copiapó tiene condiciones favorables para infiltrar en el tramo comprendido entre la ciudad de Copiapó y Toledo. Durante 1986 las aguas del río Copiapó en la ciudad fueron captadas íntegramente por los canales de riego, no escurriendo agua por el río en el tramo nombrado, y por lo tanto no existiendo infiltraciones.
- En el sector VI sólo se producen recuperaciones a lo largo del tramo, las que se deben a niveles estáticos altos y a la profundización del cauce del río.

Por último, los resultados obtenidos para las infiltraciones se entregan en el Cuadro N° 11.5.

CUADRO N° 11.5

INFILTRACIONES DESDE EL RIO COPIAPO Y SUS AFLUENTES

SECTOR	VOL. INFILTRADO (Mm^3/año)
I	6.95
II	0.00
III	16.56
IV	0.00
V	0.00
VI	0.00
T O T A L	23.51

d) Infiltraciones Directas de Lluvias

En el área de estudio las lluvias son tremendamente esporádicas y escasas. Por esto, se ha considerado irrelevante su aporte al acuífero, particularmente por su irregularidad en el tiempo.

e) Infiltraciones por Pérdidas en la Red de Agua Potable

En el valle del río Copiapó existen centros poblados de magnitud considerable, los que son abastecidos por redes de agua potable que tienen pérdidas generadas normalmente por fugas pequeñas que son difícilmente detectables.

No se ha estudiado en concreto las pérdidas de estas redes, pero estadísticas actuales señalan para otras ciudades de Chile que un buen servicio de agua potable pierde por lo menos un 30% del agua producida.

En este caso se supondrá que un 15% del agua producida infiltra hacia la napa, ya que parte del 30% señalado se pierde por otras causas.

Considerando que la producción de agua potable en el valle alcanza a 9.65 Mm^3/año la infiltración hacia la napa significa un valor anual de 1.45 Mm^3.

f) Infiltraciones del Embalse Lautaro

En el Tomo Anexo N° 1 se estudia detalladamente el fenómeno de infiltración desde el embalse Lautaro. Basándose en la estadística entregada se puede concluir que en el año 1986 el caudal continuo infiltrado es de 1.44 m^3/s, valor que corresponde al promedio de las infiltraciones de los 5 primeros meses del año. Este caudal corresponde a un volumen anual infiltrado de 45,41 Mm^3.

3.11.2 Salidas de Aguas desde el Acuífero

Como se ha dicho antes, éstas se producen por los siguientes factores:

- Descarga Lateral Hacia Acuíferos Vecinos
- Descarga por Evaporación y Evapotranspiración en zonas de Nivel Estático Alto.
- Descarga por Vertientes
- Descarga por Bombeo.

a) Descarga Lateral hacia Acuíferos Vecinos

En el valle de Copiapó se produce una situación particular en lo que respecta a la salida de las aguas subterráneas. Inmediatamente después de la hacienda María Isabel se produce una angostura del valle, quedando éste formado sólo por la caja del río.

Debido a esta formación, las aguas subterráneas se ven obligadas a aflorar en forma de vertientes, aportando su caudal al río. De esta forma la descarga lateral se produce en forma superficial y no subterránea.

La magnitud de esta descarga está directamente relacionada con los caudales aforados en el río Copiapó en Angostura. Magnitud que fue calculada dentro del punto correspondiente a Descargas por Vertientes.

b) Descargas por Evaporación y Evapotranspiración en Zonas de Nivel Estático Alto

Las descargas por este concepto ocurren en sectores con niveles estáticos de la napa cercanos a la superficie. Naturalmente este fenómeno es variable como lo son los niveles de ésta, de modo que no se puede dar un valor característico y único. Pese a lo anterior, como la evaporación y evapotranspiración puede llegar a ser un factor importante en la descarga del acuífero, se evaluó su magnitud basándose en datos de la profundidad de la napa y la evaporación real de la vegetación freatófita.

Debido a la falta de evaporímetros de bandeja en cada sector del valle, la evapotranspiración potencial de cada uno se ha determinado a partir de la evapotranspiración potencial medida en bandeja en la zona alta del valle y a las evapotranspiraciones reales para un mismo cultivo de cada sector del valle y del sector alto. Datos entregados en el Tomo 3 "Demandas de Agua".

Para la evaluación de la descarga por evapotranspiración se ha dividido según el tipo de vega que la genera. Se ha definido 3 tipos diferentes de vegas, las tipo A, donde la profundidad de la napa está comprendida entre 0 y 1 mt., las tipo B, con profundidades de la napa comprendidas entre 1.0 y 2.5 mts. y las tipo C, con profundidades comprendidas entre 2.5 y 5.0 mts.

La determinación de las superficies abarcadas por cada sector se realizó basándose en los planos de isoprofundidad de Diciembre de 1986. Por otro lado, los coeficientes de cultivos se determinaron para cada sector usando como referencia los datos entregados por la FAO en su publicación "Las Necesidades de Agua de los Cultivos". Adoptándose un Kc = 1.0 para los sectores tipo A, Kc = 0.7 para los tipo B y Kc = 0.5 para los tipo C.

Sólo en el sector VI se consideró vegas tipo A y B, despreciándose las tipo C por ser suelos más arenosos, con la consiguiente disminución de capilaridad. En este sector los coeficientes de cultivos adoptados son Kc = 1.0 par vegas tipo A y Kc = 0.5 para vegas tipo B.

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto se construyó el Cuadro 11.6 que resume, por sector y por tipo de vega los totales descargados por este concepto.

CUADRO N° 11.6

VOLUMENES EVAPORADOS Y EVAPOTRANSPIRADOS

POR ZONAS DE NIVEL ESTATICO ALTO

(Mm^3/año)

SECTOR	VEGA TIPO			
	A	B	C	TOTAL
I	0.0	0.0	0.0	0.0
II	3.77	2.39	5.07	11.23
III	3.18	1.02	3.92	8.12
IV	1.5	0.0	0.0	1.5
V	1.7	2.7	2.5	6.9
VI	12.5	8.8	-	21.3
TOTAL	22.65	14.91	11.49	49.05

c) Descargas por Vertientes

A lo largo del valle existen sectores en los cuales se producen descargas del acuífero subterráneo en forma de vertientes. Es así como se ven vertientes de importancia en los siguientes sectores del valle:

- Tramo Piedra Colgada-Angostura
- Antes de Piedra Colgada
- Ciudad de Copiapó
- Nantoco
- La Puerta

Estas vertientes se deben a la existencia de algún impedimento para el normal escurrimiento de las aguas subterráneas, lo que obliga al embalse subterráneo a subir sus niveles estáticos.

La valoración de estas descargas se hizo mediante aforos en los canales que éstas alimentan y directamente en el río. Los resultados obtenidos se resumen en el Cuadro N° 11.7.

CUADRO N° 11.7

DESCARGAS POR VERTIENTES EN EL VALLE DEL RIO COPIAPO

SECTOR	VOL. DESCARGADO (Mm^3/año)
I	0.0
II	43.48
III	0.95
IV	6.24
V	15.1
VI	16.8
T O T A L	82.57

d) Descargas por Bombeo

El bombeo es, en este caso, la única perturbación artificial del acuífero y tiene como objeto suplir la falta de recursos superficiales en el abastecimiento de las demandas de Agua Potable, Industria y Regadío.

En el capítulo que sigue se describe la metodología seguida para conocer los volúmenes bombeados y las características de los usos que se da al agua subterránea. En el anexo 4 se presenta un detalle del uso que se da a cada pozo.

d.1) Agua Potable

En el valle del río Copiapó, gran parte de la demanda de Agua Potable se genera en la ciudad de Copiapó y localidades vecinas como Tierra Amarilla y sectores rurales aledaños. Asimismo estas demandas se suplen, como es lógico, con pozos cercanos a los centros de consumo, lo que significa que el bombeo para Agua Potable se concentre prácticamente todo en el área Mal Paso-Copiapó.

La excepción a lo dicho anteriormente lo constituye el abastecimiento de las ciudades de Caldera, Chañaral y localidades costeras ubicadas entre ambas. Pese a estar Caldera a 70 km. de Copiapó y Chañaral a 190 km, la mala calidad química de las aguas subterráneas locales ha obligado a construir una aducción desde Copiapó para dotar de agua potable a estos poblados. Esta aducción se abastece actualmente de los pozos del Recinto A.P. Cancha Rayada, en la salida poniente de la ciudad de Copiapó. SENDOS ha descubierto, sin embargo, que incluso estas aguas se alejan peligrosamente de las normas de potabilidad, por lo que ha construído nuevas captaciones y estanques para el abastecimiento de la aducción en el Recinto A.P. Vicuña, ubicado en la ciudad de Copiapó, junto al río. Esto significa que, a partir de 1987, prácticamente todo el consumo de agua potable del valle y localidades costeras, será suplido por pozos del sector Mal Paso-Copiapó

Para conocer los volúmenes bombeados por pozo, se ha encuestado directamente a los encargados de SENDOS. Esta repartición no dispone de un sistema de control de volúmenes extraídos, por lo que ha debido hacerse una estimación a partir del conocimiento que ellos tienen de los caudales que entrega cada pozo y las horas

de funcionamiento diario. Los pozos funcionan normalmente todos los días del año. La información señalada se presenta a continuación en el Cuadro N° 11.8

CUADRO N° 11.8

VOLUMENES BOMBEADOS PARA AGUA POTABLE EN 1986 (ANUAL) EN EL VALLE DEL RIO COPIAPO

POZO	RECINTO A.P.	LOCALIDAD QUE ABASTECE	CAUDAL (l/s)	FUNCIONAMIENTO (Hr/día)	VOL. BOMBEO (Mm^3)
27°20-70°20' A6	Nantoco	T. Amarilla y localidades vecinas hasta Copiapó	45	24	1,42
27°20-70°20' A9	Nantoco		18	18	0,43
27°20-70°10' A19	Placilla Sierralta	Ciudad de Copiapó	240	24	7,57
27°20-70°10' A37	Placilla Sierralta				
27°20-70°10' A38	Placilla Sierralta				
27°20-70°10' A39	Placilla Sierralta				
27°20-70°10 A24	Rosario	Pob. Rosario	18	10	0,24
27°20-70°20' B1	Cancha Rayada	Aducción Caldera-Chañaral	15	10	0,20
27°20-70°20' B2	Cancha Rayada		15	24	0,47
27°20-70°20' B12	Cancha Rayada		40	24	1,26
			TOTAL		11,59

No se ha considerado aquí las extracciones que se hacen en los Loros y otros pozos particulares para el abastecimiento de agua potable, porque los volúmenes son realmente poco significativos.

Se ha comparado las cifras del Cuadro 11.8 con las entregadas en este tomo, en el apartado sobre Demandas de Agua, comprobándose una razonable similitud. En efecto allí el cuadro N° 25 indica para 1986 una demanda total de 315 (l/s) en Invierno y 344 (l/s) en Verano. Esto significa un caudal medio anual de 322 (l/s), equivalente a un volumen de 10,20 (Mm^3/año), cifra sólo 14% inferior a los 11,59 (Mm^3/año) del Cuadro N° 11.8, diferencia que se puede atribuir a las pérdidas que siempre existen en las redes de agua potable.

d.2) Industria

En su mayor parte el consumo de agua industrial se destina a la minería y, en particular, a plantas de molienda y concentración de minerales. Estas se ubican en su mayoría en el sector Mal Paso-Copiapó.

El consumo de agua en las plantas de concentración fluctúa, de acuerdo a los resultados de una encuesta realizada en terreno, entre 1,75 y 3 m^3 por tonelada de mineral tratada. No obstante no se requiere como agua fresca más que la mitad de este volumen, ya que el resto se recupera del tranque de relaves.

Mediante la información de la encuesta se ha obtenido directamente el consumo de algunas plantas. En las plantas no encuestadas se ha hecho una estimación a través de la cantidad de mineral tratado, información que se ha obtenido indirectamente a través de las plantas consultadas. En estos casos se ha supuesto que el volumen de agua fresca necesaria llega a 2,50 m^3/Ton. En el cuadro 11.9 se presenta los volúmenes bombeados en 1986 para usos industriales. Allí se indica también la cantidad de mineral tratado y si la información proviene de la encuesta o de estimaciones.

CUADRO N° 11.9

VOLUMENES BOMBEADOS PARA INDUSTRIA EN 1986

EN EL VALLE DEL RIO COPIAPO

POZO	PLANTA	PROPIETARIO	MINERAL TRATADO (Ton/mes)	VOL. BOMBEO ANUAL (m^3)
2740 - 7010 B1	Elisa de Bordos	Cía. Minera San Andrés		144.000 (E)
2740 - 7010 B2	Elisa de Bordos			
2730 - 7010 A7	Qda. Cerrillos	COEMIN		740.000 (E)
2720 - 7010 C4	P.A. Cerda	Cía. Minera Ojos del Salado		96.000 (E)
2720 - 7010 C13	P.A. Cerda			504.000 (E)
2720 - 7010 C10	T. Amarilla	Cía. Minera San Andrés	10.000 (*)	300.000 (E)
2720 - 7010 C5	Fund. H. Videla Lira.	ENAMI	-	620.000 (E)
2720 - 7010 C14	"			970.000 (E)
2720 - 7010 C18	T. Amarilla	Cía. Min. San José	30.000 (*)	900.000 (E)
2720 - 7010 A21	M.A. Matta	ENAMI	50.000	270.000 (E)
2720 - 7010 A22	M.A. Matta			270.000 (E)
2720 - 7010 A27	San Fernando	Cía. Min. San Esteban	4.500	135.000 (*)
2720 - 7010 A32	Farah	Cía. Min. Providencia	3.000	200.000 (*)

CUADRO N° 11.9

VOLUMENES BOMBEADOS PARA INDUSTRIA EN 1986

EN EL VALLE DEL RIO COPIAPO

Continuación

POZO	PLANTA	PROPIETARIO	MINERAL TRATADO (Ton/mes)	VOL. BOMBEO ANUAL (m^3)
2720 - 7010 A40	Catalán	Soc. Minera Indiana	600	36.000 (E)
2720 - 7010 A48	Castellón	Marcelo Castellón		48.000 (E)
2720 - 7020 B9	Ojancos	Sali Hochschill	40.000 (*)	1.300.000 (E)
			TOTAL	6.533.000

Origen Información: (E) = Encuesta
(*) = Estimación

d3) Regadío

Hoy en día el riego con aguas subterráneas en el valle del río Copiapó se aplica casi exclusivamente a parronales, normalmente empleando la técnica del goteo. No obstante existe una serie de pozos destinados a suplir el déficit de recursos superficiales en años de sequía. Estos son pozos que dependen de diferentes comunidades de agua y la Junta de Vigilancia del río Copiapó, y se encuentran entre Cerrillos, poco aguas arriba de Mal Paso, y San Pedro aguas abajo de Piedra Colgada. Actualmente estos pozos no funcionan, no lo hacen desde 1981 cuando se inició la actual época de abundancia de agua superficial.

Teniendo esto en claro, se describe a continuación la forma cómo se ha determinado los volúmenes bombeados para el año 1986 y los valores obtenidos para cada pozo.

El punto de partida ha sido, como en los casos anteriores, una amplia encuesta llevada a cabo en terreno. En la encuesta se ha consultado, entre otros aspectos, las características del equipo de bombeo, uso del agua, cultivos y superficies regadas, técnicas de riego, horas de riego mensual, meses de riego y caudales bombeados. Normalmente el dato más fidedigno ha sido la superficie regada, el tipo de cultivo y la técnica de riego, sin ser posible en muchos casos obtener buena información sobre horas y meses de riego y, menos aún, respecto del caudal bombeado. No obstante se ha tenido una valiosa cooperación de parte de los grandes productores de uva en el valle, que han permitido complementar la encuesta con la siguiente información:

- El riego de los parronales se hace fundamentalmente mediante goteo.
- El goteo está diseñado para funcionar una cantidad determinada de horas al día, en función de la evaporación medida diariamente en evaporímetros de bandeja. Cada uno de los grandes productores tiene al menos un evaporímetro por predio, llevando un cuidadoso control día a día.
- Los goteros están en general diseñados para entregar un caudal de 4 (lt/hora) y se instala normalmente 3.000 goteros por hectárea. Esto significa que la capacidad de goteo se eleva a 12 (m^3/hora).
- Para saber el número de horas a regar cada día debe aplicarse una fórmula que relacione la evaporación de bandeja con las necesidades de riego. Una de estas fórmulas es la presentada por Tosso (Revista Tecnología y Agricultura N° 31, Octubre - Noviembre y Diciembre de 1984) que indica que:

$$NR = \frac{K \times EB \times Ka \times Ne}{Ks \times E_u}$$

donde NR = Necesidad de riego (mm/día)

K = Coeficiente de cultivo, que toma los siguientes valores para vides regados por goteo.

PORCENTAJE DE LA ESTACION DE CRECIMIENTO

	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
K	0,15	0,25	0,35	0,55	0,60	0,55	0,40	0,25	0,15	0,15

EB = Evaporación de bandeja (mm/día)

Ka = Coeficiente que considera la evaporación desde el suelo y evapotranspiración de las malezas, del agua aplicada por el goteo. Para vides en parronal Ka = 0,94.

Ne = Coeficiente que indica el exceso de agua que hay que aplicar para evitar la acumulación de sales en torno a la planta. Normalmente se agrega un 10% más de agua, lo que significa Ne = 1,1.

Ks = Factor que expresa la capacidad de almacenamiento del agua en el suelo. Toma los siguientes valores según Tosso.

TIPO DE SUELO	ARENA GRUESA O GRAVA EN EL SUBSUELO	ARENAS	TEXTURAS MEDIAS	LIMOS Y ARCILLAS
Ks	0,85	0,90	0,95	1,0

Eu = Factor de uniformidad, que depende de las características de descarga de los goteros, sus variaciones frente a cambios de presión. Un buen diseño debe considerar Eu = 0,9.

Aplicando estos coeficientes se llega a:

$$NR = K \times EB \times 1,35$$

suponiendo un suelo de arena gruesa.

Se tiene algunos datos de evaporación de bandeja recopilados por productores del valle. Como ejemplo se hace el cálculo con la información facilitada por CORPORA S.A. de su predio en Amolanas, en las cercanías del Embalse Lautaro.

CUADRO N° 11.10

NECESIDADES DE RIEGO EN 1986 DE UN PREDIO

EN AMOLANAS-VALLE DEL RIO COPIAPO

MES	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	TOTAL Anual
EB (mm/día)	* 6,8	* 6,0	5,19	4,11	5,00	5,50	8,00	8,30	9,80	11,2	11,1	* 9,1	
K	0,15	-	-	-	0,20	0,30	0,45	0,50	0,60	0,50	0,40	0,25	
NR (mm/día)	1,35	-	-	-	1,35	2,23	4,86	5,60	7,94	7,56	6,00	3,07	
NR (m^3/há/mes)	405	-	-	-	405	669	1458	1680	2382	2268	1800	921	11.988
Horas de riego necesarias por (Há/mes)	34	-	-	-	34	56	122	140	199	189	150	77	1.001

* Valores estimados.

Esta cifra es bastante similar a la que se presenta en el estudio de Demandas de Agua de este informe. Por esta razón y lo detectado en terreno respecto del conocimiento que se tiene de los volúmenes bombeados, se ha decidido emplear las tasas de riego señaladas las cuales se han deducido, como se ha indicado en el informe pertinente, de un modelo desarrollado por IREN llamado MODAR. De esta manera los volúmenes bombeados se han extraído de las tasas de riego señaladas y

las superficies abastecidas por cada pozo, según la información recogida en la encuesta de terreno.En el Cuadro N° 11.11 se entrega, por sector, el volumen anual bombeado con fines de riego. Entregándose además el volumen total bombeado con este objeto. En el Anexo 4 se presenta el detalle por pozo de la superficie cultivada que riega y el tipo de cultivo correspondiente.

CUADRO N° 11.11

VOLUMENES BOMBEADOS PARA RIEGO

SECTOR	VOL. BOMBEADO (Mm^3/año)
I	2,11
II	7,52
III	8,72
IV	0,72
V	6,10
VI	2,25
TOTAL	27,49

Con lo que se puede concluir que el volumen total bombeado desde el acuífero es de 38.2 Mm^3/año, el que se desglosa en la siguiente forma:

- Bombeo para Agua Potable 11,59 Mm^3/año
- Bombeo para Industria y Minería 6,53 Mm^3/año
- Bombeo para Riego 27,49 Mm^3/año

3.11.3 Balance Hídrico

El Balance Hídrico corresponde a la integración de todos los factores de recarga y descarga cuantificados anteriormente, lo que se expresa en la relación

RECARGA - DESCARGA = VARIACION DE ALMACENAMIENTO

Como naturalmente esta relación varía de un período a otro, se ha hecho el cálculo para la situación existente en el año 1986.

Se ha determinado que las variaciones de almacenamiento son nulas, debido a que los niveles controlados durante 1986 no presentan una variación sinificativa con respecto a los del año anterior.

En el cuadro siguiente se presenta, los resultados del balance hídrico:

BALANCE HIDRICO ANUAL PARA EL EMBALSE SUBTERRANEO DEL RIO COPIAPO

FACTOR	VOLUMEN (Mm^3)
Entradas	
Recarga Lateral	25,92
Inf. Canales Matrices	27,12
Inf. Canales Secundarios	13,78
Inf. Riego	23,37
Inf. Río Copiapó y Afluentes	23,51
Inf. Lluvias	0,00
Inf. Pérdidas de la red de Agua Potable	1,45
Inf. Embalse Lautaro	45,41
TOTAL	160,56

Salidas	
Descarga Lateral	0,00
Evaporación y Evapotranspiración.	49,05
Vertientes	82,57
Bombeo	45,61
TOTAL	177,23
Variación de Almacenamiento	
Calculada	- 16,67
Observada (aprox.)	0,00

Como se ve, la diferencia existente entre las variaciones de almacenamiento calculada y observada es pequeña en relación a la magnitud de los volúmenes en movimiento, aproximadamente un 10% de los valores de entradas o salidas del acuífero.

Este error se considera aceptable en este tipo de balances, en especial si se considera todas las suposiciones realizadas en cada cálculo.

Se debe tener en cuenta que existen dos factores que tienen gran influencia en los resultados del balance; por el lado de las entradas, las infiltraciones del Embalse Lautaro y por el lado de las salidas, las descargas por vertientes. Ambos factores, debido a la magnitud de los volúmenes anuales en movimiento, controlan en gran parte el resultado del Balance.

Respecto a los otros factores que componen el balance se puede decir que los que tienen mayores supuestos para su cálculo, como son las entradas y salidas laterales, tienen poca incidencia en el resultado. En cambio factores como la infiltración de riego, volúmenes bombeados y evaporación desde vegas, que han sido calculadas con una mayor precisión, tienen una incidencia mayor en los resultados del balance.

Por último, el error obtenido en la variación de almacenamiento, se puede deber al cálculo de las entradas laterales, las que están influídas por el error cometido en la determinación de la transmisividad del punto de ingreso. Además sólo se consideró las entradas laterales desde los acuíferos ubicados hacia aguas arriba, despreciando las entradas desde quebradas laterales. Estas últimas pueden aportar un caudal pequeño con respecto a los volúmenes en movimiento de este balance, pero suficiente como para disminuir el error cometido en éste. Haciendo una estimación basada en la variación de la calidad química de las aguas subterráneas en las cercanías de la descarga de la quebrada de Paipote, se tiene que ésta descargaría un volumen anual de 1 Mm^3/año. Lo que generalizando a las demás quebradas laterales que aportan al valle, podría tenerse unos 3 o 4 Mm^3/año de aporte adicional al acuífero.

El error obtenido se deba además a la acumulación de los errores cometidos en cada supuesto que se realizó en cada uno de los cálculos efectuados.

Al analizar el resultado del balance general del valle del río Copiapó, se ve que la metodología y los supuestos utilizados en los cálculos de éste son correctos. Ahora bien, en algunos de los balances parciales desarrollados en los Tomos Anexos 2 al 7 existen diferencias entre las entradas y salidas de cada acuífero, diferencias que se compensan al considerar sólo un embalse subterráneo. Esto se puede deber a errores en las transmisividades utilizadas en los cálculos de cada una.

ANEXO 1: CATASTRO DE POZOS DEL VALLE DEL RIO COPIAPO

ALAMOS Y PERALTA Ingenieros Consultores Ltda.

CATASTRO DE POZOS VALLE DEL RIO COPIAPO A FEBRERO DE 1987

COORDENADA	Nº	PREDIO	DUEÑO	CONSTRUCTOR	EXPEDIENTE	DERECHOS	F.INICIO	F.TERMINO	PROFUND PERF. (m)	HABILITACION HASTA (m)	HABILITACION DIAM. (pulg)	ACUIFERO PRINCIPAL DE (m)	ACUIFERO PRINCIPAL A (m)	ACUIFERO PRINCIPAL MATERIAL	PRUEBA DE BOMBEO CAUDAL (l/s)	PRUEBA DE BOMBEO DEP. (m)	PRUEBA DE BOMBEO Q.ESP. (l/s/m)	PRUEBA DE BOMBEO TIEMPO (hrs.)	PRUEBA DE BOMBEO NIV.EST (m)	PRUEBA DE BOMBEO FECHA	COTA (msnm)	USO
		SECTOR MANFLAS, JORQUERA, PULIDO Y JUNTAS																				
2800-6950	A-1	Hacienda Pulido	Tur.y Hot.Cabo de Hornos	SAACOL 779	M-III-090	En Tramite		8-85	90.0	90.0	12	21.5	88.6	b,a,r,A	80.0	5.0	15.9		23.0		1240.0	O
	A-2	Fundo La Junta	Alfonso Prohens	CAPTAGUA 2039	M- 3-170	Con D.A.		8-79	85.0	85.0	12	58.0	83.0	r,a,b,A	45.0	20.8	2.2		21.1		1230.0	R
	A-3	Hacienda Manflas	Agro 7 Amigos Ltda.	CELTAC 1860	M-III-077	Con D.A.	17-07-84	4-10-84	60.0	60.0	12	6.4	60.0	r,gv,a	120.0	8.6	14.0		7.7	4-10-84	1180.0	O
	A-4	Fundo Pastillo	Alfonso Prohens	CAPTAGUA	M- 3-224	Con D.A.		1-81	80.2	80.0	12	55.1	79.0	b,a,A	55.0	16.2	3.4		19.7		1150.0	R
	A-5	Fundo Rodeo	Alfonso Prohens	CAPTAGUA 2431	M-III-107	Con D.A.		19-01-86	100.0	100.0	12	47.0	98.0	rgr,agr,af,A	127.0	3.7	34.5		48.1	19-01-86	1260.0	O
	A-6	Hacienda Manflas	Agro 7 Amigos Ltda.	CAPTAGUA 2450	M-III-139	Con D.A.	10-01-86	21-01-86	81.2	80.0	12	32.0	68.0	r,af,b,pA	100.0	5.6	17.9	24.0	27.0	18-02-86	1230.0	R
	A-7	Hacienda Pulido	Tur.y Hot.Cabo de Hornos			En Tramite															1245.0	
	A-8	Hacienda Pulido	Tur.y Hot.Cabo de Hornos			En Tramite															1245.0	
	A-9	Hacienda Pulido	Tur.y Hot.Cabo de Hornos																			
2800-6950	C-1	Hacienda Manflas	Soc.Agr.Manflas		M-III-132	Con D.A.															1450.0	
	C-2	Hacienda Manflas	Soc.Agr.Manflas		M-III-134	Con D.A.															1300.0	
2800-6950	D-1	Iglesia Colorada	Agroandina																		1600.0	O
	D-2	Iglesia Colorada	Agroandina																		1560.0	
	D-3	Quebrada Seca	Lincoyán Cruz	SAACOL 802	M-III-167	Con D.A.			63.7	63.7	12	12.0	48.8	agr,am,af,A	100.0	31.2	3.2		10.8		1500.0	O
	D-4	Quebrada Seca	Agroandina	SAACOL 817	M-III-208	En Tramite		08-86	80.0	80.0	12	23.0	61.0	b,agr,r,pA	95.0	11.0	8.7		22.0	08-86	1530.0	
	D-5	Los Hornos	Tur.y Hot.Cabo de Hornos	SAACOL																		

TOTAL DE POZOS DEL SECTOR : 16.0

CATASTRO DE POZOS VALLE DEL RIO COPIAPO A FEBRERO DE 1987

COORDENADA	Nº	PREDIO	DUEÑO	CONSTRUCTOR	EXPEDIENTE	DERECHOS	F.INICIO	F.TERMINO	PROFUND PERF. (m)	HABILITACION HASTA (m)	HABILITACION DIAM. (pulg)	ACUIFERO PRINCIPAL DE (m)	ACUIFERO PRINCIPAL A (m)	ACUIFERO PRINCIPAL MATERIAL	PRUEBA DE BOMBEO CAUDAL (l/s)	PRUEBA DE BOMBEO DEP. (m)	PRUEBA DE BOMBEO Q.ESP. (l/s/m)	PRUEBA DE BOMBEO TIEMPO (hrs.)	PRUEBA DE BOMBEO NIV.EST (m)	PRUEBA DE BOMBEO FECHA	COTA (msnm)	USO
		SECTOR EMBALSE LAUTARO - LA PUERTA																				
ZONA LAUTARO - SAN ANTONIO																						
2750-6950	C-1	Embalse Lautaro	DGA - Obs.	CORFO																	1110.5	O
	C-2	Embalse Lautaro	DGA - Obs.																			O
	C-3	Embalse Lautaro	Alfonso Prohens	CAPTAGUA 2427	M-III-064	Con D.A.	04.09.85	11.11.85	70.0	70.0	12	16.0	50.0	agr,r,gv,b	60.0	22.7	2.6	44.0	4.0	8-11-85	1148.0	O
	C-4	Embalse Lautaro	Alfonso Prohens	CAPTAGUA 2420	M-III-069	Con D.A.	25-07-85	11-10-85	70.0	70.0	12	11.0	69.0	a,r,b,A	60.0	4.3	14.0	24.0	4.2	05-09-85	1135.5	
2750-7000	D-1	Hacienda Amolanas	CORPORA	CORFO 492		Con D.A.															1095.7	R
	D-2	Quebrada Calquis	Sucesion Grossi	D. de Riego	M- 3-178	Con D.A.			60.0	60.0	13-12	22.0	50.0	a,r,b,A	120.0	7.0	17.1		22.0		1070.5	O
	D-3	Amolanas (Mallorca)	Alfonso Prohens	D. de Riego	M- 3-116	Con D.A.	4-06-74	7-05-74	60.0	60.0	12	10.0	42.0	a,r	140.0	3.0	46.7		10.0	7-09-74	1085.0	R
	D-4	Quebrada Calquis	CODELPA	SAACOL 775	M-III-096	Con D.A.	7-10-85	09-85	80.0	80.0	16-12	27.9	75.5	r,agr,b	103.0	17.6	5.9	8.0	24.4	09-85	1081.5	R
	D-5	Quebrada Calquis	CODELPA	SAACOL 773	M-III-045	En Tramite		06-85	80.0	80.0	12-10	38.5	77.7	b,af,r,gv	41.0	15.0	2.7		38.5	06-85	1086.0	
	D-6	Amolanas	CORPORA - Pesenti	CAPTAGUA	M-III-073	Con D.A.		6-05-86	57.0	57.0	8				85.0	5.4	15.9		3.6	6-05-86	1089.2	
	D-7	Amolanas - Fundo Tabilo	CODELPA		M-III-122	Con D.A.															1086.8	R
	D-8	Amolanas	CODELPA	SAACOL 759	M-III-041	Con D.A.	4-09-84	6-09-84	60.0	60.0	12	15.0	55.0	agr,r,gv	104.0	5.9	17.6		8.1	6-09-84	1110.5	R
	D-9	Amolanas	CORPORA	CAPTAGUA 2329	M-III-050	Con D.A.	9-09-84	14-05-85	75.5	75.0	12-14	6.9	44.2	r,a,gv,A	150.0	6.0	25.0	26.0	7.0	10-09-84	1097.8	R
	D-10	Amolanas (Mallorca)	Alfonso Prohens	CAPTAGUA 2451	M-III-058	Con D.A.		18-04-85	70.0	70.0	15-12	15.0	70.0		128.0	6.0	21.3		15.0	18-04-85	1084.2	
	D-11	Fundo Amolanas	CODELPA	CAPTAGUA																	1104.2	
	D-12	Amolanas (Mallorca)	Alfonso Prohens	CAPTAGUA	M-III-070																1080.3	
	D-13	Amolanas (Mallorca)	CODELPA	SAACOL 774	M-III-076	En Tramite																
2750-7000	B-1	Vegas El Giro-Sn Antonio	Reid Dorn Henderson			Sin D.A.															988.0	R--O
	B-2	Pueblo San Antonio	Comision Sequia			Sin D.A.															1008.0	O
	B-3	Fundo La Capilla	Alfonso Kong		M- 3-183	Con D.A.															1008.2	
	B-4	Vina del Cerro	Domingo Guggiana	HIDROSAN 201	M-III-051	Con D.A.	22-03-80	23-03-80	60.0	60.0	10	24.0	53.0	a,r,A	42.0	4.0	10.5	24.0	24.0	23-03-80	1017.8	R
	B-5	Fundo El Carmen	Domingo Guggiana		M- 3-177	Con D.A.															1005.0	R
	B-6	Fundo Santa Rosa	Reid Dorn Henderson		M- 3-163	Con D.A.															974.0	R
	B-7	Fundo Casa Rosada	Magalhaes y Prohens		M- 3-167	Con D.A.			66.0	66.0	12	20.0	65.0	a,r,gv,A	70.0	22.5	3.1		7.5		962.5	R
	B-8	Fundo Palo Blanco	Sucesion Pessenti Hnos.	CAPTAGUA 2155	M- 3-176	Con D.A.	12-04-81	5-05-86	80.0	80.0	12	38.8	73.2	r,af,A,am	80.0	30.0	2.7		13.5	5-05-86	987.0	R
	B-9	Fundo San Antonio	Domingo Guggiana		M- 3-177	Con D.A.															1002.5	
	B-10	Hijuela La Capilla	Pedro Grossi		M- 3-180	D.A. Prov.															1013.0	
	B-11	Valle Hermoso	CORPORA	CELZAC 1830	M-III-034	Con D.A.	15-08-83	4-10-83	70.0	70.0	12-10	19.0	65.2	b,A,r	80.0	2.0	40.0		11.7	4-10-83	1028.5	R
	B-12	Valle Hermoso	Exportadora Rio Blanco	CAPTAGUA 2507	M-III-168	En Tramite	5-10-86	14-11-86	50.0	50.0	10	20.0	49.0	rgr,gv,a,A	35.0	18.0	1.9	24.0	11.3	14-11-86		
	B-13	Vina del Cerro	Alfonso Kong	CELZAC																	1014.4	
	B-14	Vina del Cerro	Sergio Ruiz Tagle																		1005.4	

CATASTRO DE POZOS VALLE DEL RIO COPIAPO A FEBRERO DE 1987

COORDENADA	Nº	PREDIO	DUEÑO	CONSTRUCTOR	EXPEDIENTE	DERECHOS	F.INICIO	F.TERMINO	PROFUND PERF. (m)	HABILITACION HASTA (m)	HABILITACION DIAM. (pulg)	ACUIFERO PRINCIPAL DE (m)	ACUIFERO PRINCIPAL A (m)	ACUIFERO PRINCIPAL MATERIAL	PRUEBA DE BOMBEO CAUDAL (l/s)	PRUEBA DE BOMBEO DEP. (m)	PRUEBA DE BOMBEO Q.ESP. (l/s/m)	PRUEBA DE BOMBEO TIEMPO (hrs.)	PRUEBA DE BOMBEO NIV.EST (m)	PRUEBA DE BOMBEO FECHA	COTA (msnm)	USO
ZONA LOS LOROS																						
2750-7000	A-1	Los Perales - Apachetas	Antonio Jiron	A Mano	M-III-140	En Tramite	13-08-86	20-08-86	12.0	12.0	40				8.0			3.5	0.6	20-08-86	945.0	
	A-2	Apachetas	Jaime Prohens	CAPTAGUA 2432	M-III-097	Con D.A.	9-01-86	5-05-86	71.0	71.0	12	45.0	70.0	af,agr,A,gv	80.0	20.0	4.0	24.0	11.0	5-05-86	956.4	R
2740-7000	C-1	Escuela Los Loros	Ministerio de Educacion	D. de Riego	M- 3-264	Con D.A.	28-01-71	28-03-71	42.0	42.0	12-10	23.0	39.0	a,r,b	27.0	2.0	13.5		21.0	28-03-71	954.5	P-O
	C-2	Hornitos - Qda.Bs.Aires	Manuel Jorquera		M-III-129	Con D.A.															820.0	
	C-3	Buen Retiro	Alfonso Prohens	D. de Riego	M- 3-115	Con D.A.	21-12-71	22.03.72	62.0	62.0	12	18.0	57.0	a,r,b,	90.0	17.5			11.5	22-03-82	905.0	R
	C-4	Fundo La Puerta	Alfonso Prohens	CAPTAGUA 2051	M- 3-160	En Tramite	9-07-79	25-10-79	75.3	75.0	12-10	10.0	74.0	b,gv,af,A	77.5	35.0	2.2	12.0	35.0	25-10-79	880.0	P-O
	C-5	Pueblo Los Loros	SENDOS		M-III-025	Con D.A.															954.8	P
	C-6	Pueblo Los Loros	Soc.Agricola Sacramento	A Mano	M-III-032	Con D.A.	7-03-84		27.0	27.0	1.70 mts				28.0	2.0	14.0		19.5		954.0	P
	C-7	Chacra San Francisco	Andreu Nicolas Patino			Sin D.A.															952.5	
	C-8	Fundo La Laguna	CORFORA		M-III-084	Con D.A.		16-07-85	70.0	70.0	12	37.0	68.0		75.0	12.0	6.3	24.0	12.1	16-07-85	946.4	R
	C-9	Fundo El Puerte	Mario y Ciro Holvoet		M-III-081	En Tramite															935.0	
	C-10	Parcela el Quinto	Carmen Olivares	CAPTAGUA 2489	M-III-193	En Tramite		17-06-86	36.0	36.0	8	28.0	35.0		6.5	15.0	0.4		8.8	17-06-86	948.8	R

TOTAL DE POZOS DEL SECTOR : 43.0

CATASTRO DE POZOS VALLE DEL RIO COPIAPO A FEBRERO DE 1987

COORDENADA	Nº	PREDIO	DUENO	CONSTRUCTOR	EXPEDIENTE	DERECHOS	F.INICIO	F.TERMINO	PROFUND PERF. (m)	HABILITACION HASTA (m)	DIAM. (pulg)	ACUIFERO PRINCIPAL DE (m)	A (m)	MATERIAL	PRUEBA DE BOMBEO CAUDAL (l/s)	DEP. (m)	Q.ESP. (l/s/m)	TIEMPO (hrs.)	NIV.EST (m)	FECHA	COTA (msnm)	USO
		SECTOR LA PUERTA - MALPASO																				
ZONA ELISA DE BORDOS																						
2740-7010	D-1	Hornitos	Guillermo Rojas																		791.5	O
	D-2	Hornitos	Adolfo Munoz	A Mano																	791.5	
	D-3	Hornitos	Parceleros Hornitos	CORFO 1143		Sin D.A.	4-09-73		96.0	96.0	14	60.5	94.0	rgr,A,a,	50.0	9.0	5.6		57.0	4-09-73	805.0	
	D-4	Hornitos	Carlos Torres																			
2740-7010	B-1	Elisa de Bordos	Cia. Minera San Andres	CELIAC 301	M- 3-114	Con D.A.	27-02-61	26-05-61	81.5	78.8	13	53.8	78.8	a,r,A	18.0	4.0	4.5		57.0	26-05-61	750.0	P
	B-2	Elisa de Bordos	Cia. Minera San Andres	CELIAC 1245		Sin D.A.	5-10-72	18-11-72	81.0	81.0	10	30.0	80.0	r,a,A	30.0	2.0	15.0		65.6	18-11-72	751.5	P
	B-3	Elisa de Bordos	Abel Bouchon - Obs. DGA	D. de Riego		Sin D.A.															747.8	O
	B-4	Villa Maria - Hornitos	Soc.del Nte.Exp.Pruticola	CELIAC 1988		?	10-09-86	4-10-86	73.5	73.5	6-3	56.0	72.5	agr,r	2.2	33.0	0.1		22.8	4-10-86	712.3	P-O
	B-5	Villa Maria - Hornitos	Soc.del Nte.Exp.Pruticola	CORFO	M- 3-148	Con D.A.															711.5	R
	B-6	Parcela 17-B Hornitos	Soc.Agricola del Inca	CELIAC 1909	M-III-116	Con D.A.	2-07-85	17-08-85	60.0	60.0	13	30.2	59.0	r,a,gv	100.0	8.8	11.4		28.2	17-08-85	779.5	
	B-7	Parcela 15 Hornitos	Soc.Agricola del Inca		M- 3-175	Con D.A.															770.5	
	B-8	Parcela 27 Hornitos	Abel Bouchon		M- 3-162	Con D.A.															748.8	R
	B-9	Parcela 24 Hornitos	Peppi y Cabrini	SAACOL 596	M- 3-166	Con D.A.	11-79		75.0	75.0	14	48.0	72.0	agr,A,r	70.0	2.1	33.3	12.0	50.9	21-11-79	754.0	R
	B-10	Hacienda Hornitos	Soc.del Nte.Exp.Pruticola	CAPTAGUA 2398	M-III-202	En Tramite	5-09-84	8-11-84	75.0	75.0	12	11.4	67.0	b,r,a	83.0	5.1	16.3		8.9	20-11-84	731.8	R
	B-11	Parcela 23 Hornitos	Soc.Agricola del Inca	CELIAC 1874	M-III-117	Con D.A.	17-10-84	19-12-84	60.0	60.0	12	21.3	57.3	r,a,gv	100.0	1.8	57.1		18.3	19-12-84	754.0	
	B-12	Parcela 18 Hornitos	Oscar Prohens	CAPTAGUA 2399	M-III-059	Con D.A.	21-09-84	17-11-84	80.2	80.0	12	35.0	78.5	r,a,b,A	50.0	10.0	5.0	27.0	28.2	17-11-84	778.0	
	B-13	Parcela 22 Hornitos	Soc.Agr.El Sol de Copiapo	CAPTAGUA 2404	M-III-048	Con D.A.	7-01-85	13-02-85	79.0	79.0	12-10	26.0	61.0	rgr,b,A	70.0	4.5	15.7	24.0	22.0	13-02-85	766.0	
	B-14	Villa Maria - Hornitos	Soc.del Nte.Exp.Pruticola	CAPTAGUA 2328	M-III-203	En Tramite	13-06-84	11-08-84	75.0	75.0	12	37.0	74.0	a,r,gv,A	105.0	14.0	7.5		22.0	20-11-84	709.6	R
	B-15	Pabellon Alto	Manuel Jorquera		M-III-078	En Tramite															701.0	R

CATASTRO DE POZOS VALLE DEL RIO COPIAPO A FEBRERO DE 1987

COORDENADA	Nº	PREDIO	DUEÑO	CONSTRUCTOR	EXPEDIENTE	DERECHOS	F.INICIO	F.TERMINO	TIMO	PROFUND PERF. (m)	HABILITACION HASTA (m)	DIAM. (pulg)	ACUIFERO PRINCIPAL DE (m)	A (m)	MATERIAL	PRUEBA DE BOMBEO CAUDAL (l/s)	DEP. (m)	Q.ESP. (l/s/m)	TIEMPO (hrs.)	NIV.EST (m)	FECHA	COTA (msnm)	USO
ZONA PABELLON																							
2730-7010	D-1	Pabellon	DGA-Observacion	CORFO																		651.5	
	D-2	Reser. Cora Nº5 Pabellon	Juan Carlos Araya		M- 3-181	Con D.A.																666.0	
	D-3	Reser. Cora Nº5 Pabellon	Juan Carlos Araya		M- 3-218	Con D.A.	3-80			100.0	100.0	12-10	60.0	100.0		60.0	8.9	6.7		46.5	3-80	658.6	
	D-4	Jotabeche	Soc.del Nte.Exp.Fruticola	CAPTAGUA 2060	M-III-052	Con D.A.	30-08-79	30-10-79	-79	94.0	94.0	12	46.4	84.4	r,a,gv,A	85.0	6.2	13.6	24.0	45.0	30-10-79	636.7	R
	D-5	Parcela 36 Jotabeche	M.Luisa Correa	CAPTAGUA 2122	M-III-053		16-06-80	25-08-80	-80	80.0	80.0	12	42.2	79.0	a,gv,A	80.0	18.7	4.3	24.0	36.2	25-08-80	619.0	R
	D-6	Totoralillo	Soc.del Nte.Exp.Fruticola	CELIAC 1995		Sin D.A.	8-09-86	4-11-86	-86	60.0	60.0	12	22.2	58.0	b,gv,agr	52.0	1.4	37.1		23.6	4-11-86	619.0	R
	D-7	Pabellon	Manuel Jorquera		M-III-078	En Tramite																697.0	
	D-8	Pabellon	Agro 7 Amigos	CAPTAGUA 2428	M-III-219	En Tramite				80.0	80.0		34.0	78.0	a,gv,agr,b	60.0	3.5	17.3		26.1	6-05-86	681.0	
	D-9	Jotabeche	FRUTANEX																			633.1	R
	D-10	Parcela 38 Jotabeche	FRUTANEX	SAACOL 639	M- 3-171	Con D.A.	8-80			79.0	80.0	14-12	41.5	78.0	a,gv,rgr	55.0	22.5	2.4	10.0	43.5	8-80	625.7	
	D-11	Fundo Alianza	Agricola Alianza Ltda.	CELIAC 1974																		622.2	
	D-12	Fundo Alianza	Agricola Alianza Ltda.	SAACOL 758	M- 3-216	Con D.A.	6-09-84			70.0	70.0	12	13.0	68.0	r,a,b	70.0	6.1	11.5		6.9	9-84	603.7	R
	D-13	Fundo Alianza	Agricola Alianza Ltda.	SAACOL 757	M- 3-216	D.A. Prov.	16-08-84	8-84	4	60.0	60.0	12	12.0	55.0	r,agr,A	70.0	5.2	13.5		6.0	8-84	602.9	
	D-14	Fundo Alianza	Agricola Alianza Ltda.	SAACOL 767	M-III-047	Con D.A.	11-84			80.0	80.0	14-8	11.0	78.7	r,a,gv,agr	100.0	46.9	2.1	15.0	3.1	11-84	598.1	
	D-15	Fundo Alianza	Agricola Alianza Ltda.		M-III-093																	615.3	
																							R
ZONA QUEBRADA CERRILLOS																							
2730-7010	B-1	Quebrada Cerrillos	Suc.Ronseco - Obs. DGA	CORFO 412	M-III-082	Con D.A.	6-06-62	7-03-63	-63	126.0	116.0	14-10	35.6	88.0	r,a,A	141.0	5.1	27.9		30.0	30-01-63	595.7	
	B-2	Quebrada Cerrillos	COEMIN	CELIAC 1828	M-III-094	En Tramite	11-06-83	5-08-83	-83	65.6	65.6	12	16.2	62.3	b,r,a,A	75.0	5.0	15.0		16.0	5-08-83	596.0	
	B-3	Cerrillos	Soc.Agricola El Inca	CELIAC 1902	M-III-061	Con D.A.	9-01-85	26-02-85	-85	60.0	60.2	12	12.0	58.0	r,af,gv	60.0	2.1	28.2		1.9	26-02-85	593.3	
	B-4	Quebrada Cerrillos	AGROFRIO LTDA.																			600.0	
	B-5	Quebrada Cerrillos	AGROFRIO LTDA.		M-III-173																	600.0	
	B-6	Quebrada Cerrillos	AGROFRIO LTDA.																				

CATASTRO DE POZOS VALLE DEL RIO COPIAPO A FEBRERO DE 1987

COORDENADA	Nº	PREDIO	DUEÑO	CONSTRUCTOR	EXPEDIENTE	DERECHOS	F.INICIO	F.TERMINO	PROFUND PERF. (m)	HABILITACION HASTA (m)	HABILITACION DIAM. (pulg)	ACUIFERO PRINCIPAL DE (m)	ACUIFERO PRINCIPAL A (m)	ACUIFERO PRINCIPAL MATERIAL	PRUEBA DE BOMBEO CAUDAL (l/s)	PRUEBA DE BOMBEO DEP. (m)	PRUEBA DE BOMBEO Q.ESP. (l/s/m)	PRUEBA DE BOMBEO TIEMPO (hrs.)	PRUEBA DE BOMBEO NIV.EST (m)	PRUEBA DE BOMBEO FECHA	COTA (msnm)	USO
ZONA MANTOCO																						
2730-7010	A-1	Parcela N.8 Mantoco	Justino Castillo	CORPO 587	M- 3-059	Con D.A.	21-06-66	2-09-66	36.0	32.0	10	10.0	25.0	r,a,b,pA	34.0	2.3	14.8	72.5	6.1	30-08-76	548.8	O
	A-2	Parcela N.4 Mantoco Pach.	Com. Mac. Sequia	Dir. de Riego		Sin D.A.				47.4	12				55.0	19.7	2.8	24.0	4.3	8-05-70	535.5	
	A-3	Canal Mal Paso	Com. Mac. Sequia	Dir. de Riego		Sin D.A.			53.0	50.0	11	12.5	43.0	r,a,A,b	77.5	6.7	11.7		5.4		528.0	O
	A-4	Vivero Fiscal	Com. Mac. Sequia	Dir. de Riego		Sin D.A.															526.2	
	A-5	Parcela N.10 Mantoco	J. Manuel Quiroga	Dir. de Riego					29.0	25.8	6								11.5	15-10-70	555.7	
	A-6	H. de Menores	SENDOS 976	Dir. de Riego	M- 3-186	Con D.A			50.0	32.0	12	14.0	32.0	a,r,b,	95.0	8.8	10.8		13.2		525.0	P
	A-7	Qda. Cerrillos	COEMIN	CELZAC 1224	M-III-063	Con D.A	22-04-72	8-07-72	82.5	77.0	10	3.3	74.0	a,gv,agr	6.5	13.5		10.0	29.6	29-09-72	592.7	I
	A-8	Cerrillos	Comunidad Mantoco	Dir. de Riego			27-11-78	5-01-79	49.0	49.0	10	15.0	44.0	a,gv,	84.0	18.4	4.6		13.4	5-01-79	565.5	
	A-9	H. de Menores	SENDOS 977	Dir. de Riego	M- 3-186	Con D.A			37.0	35.0	12	17.0	35.0	a,r,b	85.0	9.7	8.8		14.3		523.0	P
	A-10	Parcela N.18 y 19 Mantoco	Theo Lingua		M- 3-199	Con D.A			50.0	50.0	10	8.0	45.0		60.0	5.0	12.0		5.0	10-11-79	529.0	
	A-11	Quebrada de Mantoco	CODELPA	SAACOL 772			30-04-85	30-04-85	60.0	60.0	16	7.0	57.0	r,agr,b	135.0	7.9	17.1	26.0	1.6	30-04-85	544.5	
	A-12	Punta Bateas	Cia. Minera Agustina	SAACOL 642	M- 3-208	Con D.A.	10-80	10-80	40.2	40.2	10	21.8	37.0	a,r	15.0	5.3	2.8	10.0	22.7	10-10-80	516.0	
	A-13	Parcela N.1 Mantoco	Humberto Labra		M- 3-215	D.A.Prov.			11.5						12.5	1.2	10.4		0.5	21-11-83	528.8	R
	A-14	Parcela N.5 Mantoco	Juan Pdo. Silva	A Mano	M- 3-220	Con D.A.	21-11-83	21-11-83	11.5	11.5					12.5				0.5		538.0	
	A-15	Pdo. Sta. Laura Mantoco	Jose Piazzoli y Otros		M- 3-172	Con D.A.															557.0	

TOTAL DE POZOS DEL SECTOR : 55.0

ALAMOS Y PERALTA Ingenieros Consultores Ltda.

CATASTRO DE POZOS VALLE DEL RIO COPIAPO A FEBRERO DE 1987

COORDENADA	Nº	PREDIO	DUEÑO	CONSTRUCTOR	EXPEDIENTE	DERECHOS	F.INICIO	F.TERMINO	PROFUND PERF. (m)	HABILITACION HASTA (m)	HABILITACION DIAM. (pulg)	ACUIFERO PRINCIPAL DE (m)	ACUIFERO PRINCIPAL A (m)	ACUIFERO PRINCIPAL MATERIAL	PRUEBA DE BOMBEO CAUDAL (l/s)	PRUEBA DE BOMBEO DEP. (m)	PRUEBA DE BOMBEO Q.ESP. (l/s/m)	PRUEBA DE BOMBEO TIEMPO (hrs.)	PRUEBA DE BOMBEO NIV.EST (m)	PRUEBA DE BOMBEO FECHA	COTA (msnm)	USO
		SECTOR MALPASO - COPIAPO																				
ZONA TIERRA AMARILLA - PAIPOTE																						
2720-7010	C-1	Fund. Paipote P4	ENAMI N.4	CORFO 262		Sin D.A.	16-10-57	21-11-57	38.0	36.3	16	30.8	36.2	a,f,r	29.2	7.8	3.8	65.0	27.0	18-11-57	444.0	
	C-2	Fund. Paipote Florida	ENAMI Pozo Corfo	CORFO 305		Sin D.A.	14-08-58	13-05-59	170.0	40.4	14	28.0	41.8	a,gr,r	25.0				25.7	9-05-59	446.0	
	C-3	Fund. Paipote Florida	ENAMI N. 3	CORFO 254		Sin D.A.	8-07-57	13-08-58	169.6	41.8	16	27.0	41.0	r,a,gr,f	50.0	2.0	25.0	40.0	23.0	29-09-57	444.0	
	C-4	Planta P. Aguirre Cerda	Cia.Min.Ojos del Salado	CELZAC 281	M- 3-113	Con D.A.		6-01-61	36.0	34.4	10-8	18.0	32.0	r,a,r f.pA	13.0	0.4	35.2		14.5	4-01-61	504.0	I
	C-5	Fund. Paipote P1	ENAMI N.1 (Cop 26)	CORFO 439	M- 3-246	En Tramite	14-01-63	24-04-63	49.5	45.8	12	33.0	43.5	r,a,A	45.0	5.6	7.7	7.0	28.9	22-04-63	446.0	I
	C-6	Chacra Alcaparrosa	Patricio Ascui	UNICEF		Sin D.A.															479.0	
	C-7	Fund. Paipote	ENAMI N.5	CORFO 477		Sin D.A.	10-03-64	10-11-64	110.0	60.2	12	49.6	58.0	a,m,r,pA	47.0	9.4	4.9	11.0	41.9	9-11-64	442.0	
	C-8	Fdo. El Buitron	Belinop Sfeir	CORFO 535			8-06-65	20-08-65	49.0	42.9	14	25.6	41.4	a,f,A,r	80.0	5.0	16.0	48.0	11.7	6-08-65	468.0	
	C-9	Fdo. Palermo	DGA - Obs.	CORFO 603			8-09-66	4-10-66	16.2	16.1	6	9.1	15.1	r,gv,a m,f,pA					8.8	3-10-66	496.0	O
	C-10	Tierra Amarilla (Parque)	Com. Nac. Sequia	Dir. de Riego		Sin D.A.				46.5	12				108.0	8.5	12.6	31.0	12.0	8-05-70	496.0	I
	C-11	Tierra Amarilla(Terawaki)	Com. Nac. Sequia	Dir. de Riego		Sin D.A.				53.0	12				108.0	8.6	12.5	30.0	12.0	8-05-70	488.0	
	C-12	El Crucero	Com. Nac. Sequia	Dir. de Riego		Sin D.A.			50.5	50.0	11	19.0	40.0	r,a,b,pA	50.0	15.2	3.3	16.0	14.0		461.0	
	C-13	Ojos del Salado	Planta P. Aguirre Cerda																		505.0	I
	C-14	Paipote Enami	ENAMI P.Cop. 30	CELZAC 1232	M- 3-112	D.A.Prov.	17-08-72	8-09-72	48.0	48.0	10	37.0	46.1	r,gv,a,pA	30.0	2.2	13.9		33.8		446.0	I
	C-15	Paipote Enami	ENAMI P.Cop. 29	CELZAC 1233	M- 3-112	D.A.Prov.	17-08-72	10-09-72	65.0	65.0	10	50.0	62.0	p gv,a,pA	17.0	7.2	2.4		47.8		455.0	
	C-16	Punta Negra	DGA - Obs.	CORFO 1345				28-08-84	42.5	42.5	6	31.0	42.0	gv,pA,p r					30.0		443.0	O
	C-17	Alcaparrosa	DGA - Obs.	CORFO 1358				15-09-74	27.0	25.0		14.5	24.5	gv,a,pA,p r					13.9		468.0	O
	C-18	Parque Tierra Amarilla	Cia. Minera San Jose	HIDROSAN	M- 3-179	Con D.A.			50.0	50.0	16	28.0	49.0	r m,gv,a	20.0	2.7	7.4		20.5		495.0	I
	C-19	Paipote Enami	ENAMI P.Cop. 28																		455.0	
	C-20	Paipote Enami	ENAMI P.Cop. 24																		445.0	
	C-21	Fdo. Vinita	Coop. Minera Agustina		M- 3-234	En Tramite																

CATASTRO DE POZOS VALLE DEL RIO COPIAPO A FEBRERO DE 1987

COORDENADA	Nº	PREDIO	DUENO	CONSTRUCTOR	EXPEDIENTE	DERECHOS	F.INICIO	F.TERMINO	PROFUND PERF. (m)	HABILITACION HASTA (m)	HABILITACION DIAM. (pulg)	ACUIFERO PRINCIPAL DE (m)	ACUIFERO PRINCIPAL A (m)	ACUIFERO PRINCIPAL MATERIAL	PRUEBA DE BOMBEO CAUDAL (l/s)	PRUEBA DE BOMBEO DEP. (m)	PRUEBA DE BOMBEO Q.ESP. (l/s/m)	PRUEBA DE BOMBEO TIEMPO (hrs.)	PRUEBA DE BOMBEO NIV.EST (m)	PRUEBA DE BOMBEO FECHA	COTA (msnm)	USO
ZONA SAN FERNANDO - COPIAPO																						
2720-7010	A-1	Plazuela Sierralta	DOS 74	DOS 74		Sin D.A.	17-02-58	8-05-58	51.2	33.5	8	34.0	35.0	r,a	18.0	2.6	7.0	14.0	9.5	7-05-58	406.6	
	A-2	Plazuela Sierralta	DOS 75	DOS 75		Sin D.A.	14-07-53	22-09-53	45.4	44.5	8	38.5	43.0	r,a,R	13.7	2.0	6.8	4.0	9.3	22-09-53	407.0	
	A-3	Plazuela Sierralta	DOS 202	R. Hucke			19-10-59	26-11-59	38.5	38.0	16	20.6	37.8	r,gr,a,pA	40.0	10.7	3.7	36.0	10.6	20-11-59	404.5	
	A-4	Plazuela Sierralta	DOS 203	R. Hucke		Sin D.A.	27-11-59	13-01-60	39.6	39.4	16	28.5	38.6	b,r,a,gr	17.0	10.2	1.6	36.0	9.9	6-01-60	405.0	
	A-5	Plazuela Sierralta	DOS 285	R. Hucke			14-01-60	19-07-60	33.1	32.8	16	17.0	33.0	r,a,b,pA	8.0	15.6	0.5		10.4	18-02-60		
	A-6	Pueblo S. Fernando	Comunidad San Fernando	CORFO 368		Sin D.A.	24-09-60	27-05-61	75.0	70.0	16	29.5	48.0	r,a,b	105.0	2.4	43.7	24.0	27.9	13-11-68	427.0	
	A-7	Pueblo S. Fernando	Comunidad San Fernando	CORFO 395		Sin D.A.	31-05-61	9-06-61	35.5	35.4	12-10	30.0	35.5	a,r,gv					27.9	7-06-61	427.0	
	A-8	Coop. Agr. S. Fdo.	DGA - Obs.	CORFO 328			18-05-59	10-10-61	78.0	78.0	14-6	57.0	62.0	a,gv,r	58.0	8.0	7.3	124.0	29.5	27-09-61	429.0	
	A-9	Fdo. Vinita S. Fdo.	Angel Revello	CORFO 404		Sin D.A.	18-10-61	4-05-62	73.0	35.0	20-14	24.0	34.0	a,r,b	40.0	7.7	5.2	50.0	20.6	30-04-62	419.0	
	A-10	Chacra Villa Angela	Osvaldo Pellegrini	CORFO 385	226-3	D.A.Prov.	3-04-62	20-07-62	72.7	51.0	14	37.4	48.8	a,r	55.0	3.0	18.3	48.0	27.0	12-07-62	427.0	
	A-11	Pueblo S. Fernando	Comunidad San Fernando	CORFO 362		Sin D.A.	16-05-60	13-08-60	184.0	64.8	14	27.5	40.0	a,gr,r,pA	105.0	1.7	60.6	24.0	25.2	13-11-68	425.0	
	A-12	Parcela S. Miguel	Victorio Ghiglino	CORFO 405	223-3	Con D.A.	23-06-62	20-10-62	82.0	48.0	16	31.0	43.0	r,gr,t,a,gr,m,pA	47.0	9.6	4.9	96.0	30.7	9-10-62	428.0	
	A-13	Parcela Sr. Newmann	Sr. Newmann	UNICEF																	398.0	
	A-14	Parque El Pretil	Municip. de Copiapo	CORFO 413			29-10-62	21-03-63	54.0	37.0	14-12	7.0	35.0	a,r,A	60.0	2.2	27.2	48.0	6.3	18-03-63	404.0	
	A-15	Plazuela Sierralta	DOS 743	DOS 743		Sin D.A.		10-65	100.0	100.0	16-14	70.0	83.0	a,f,gv	110.0	18.6	6.0		11.5	21-10-65	406.5	O
	A-16	Plazuela Sierralta	DOS 744	DOS 744		Sin D.A.		3-66	103.2	103.2	16	70.0								7-03-66		
	A-17	Pueblo S. Fernando	DGA - Obs.	CORFO 606			6-10-66	26-10-66	47.5	47.5	6	37.0	47.0	r,f,a,pA					29.4	26-10-66	435.0	O
	A-18	Pueblo S. Fernando	DGA - Obs.	CORFO 613			27-10-66	11-11-66	28.9	28.8	6	26.7	28.9	r,a,A					20.4	11-11-65	421.0	O
	A-19	Plazuela Sierralta	DOS 745	DOS 745	M- 3-184	Con D.A.			105.0	104.4	16	21.7	57.7		70.0	1.5	47.0	12.0	19.9	25-11-80	405.0	P
	A-20	Plazuela Puren	Martin Romero	Dir. de Riego		Sin D.A.															431.0	
	A-21	Qda. Paipote	ENAMI Cop 31	CELZAC 1234	M- 3-112	D.A.Prov.	16-08-72	14-09-72	70.0	70.0	10	46.0	68.5	gv,a,p,r	65.0	1.2	56.0		42.4	14-09-72	440.0	I
	A-22	Qda. Paipote	ENAMI Cop 32	CELZAC 1252	M- 3-112	D.A.Prov.	12-11-72	16-12-72	71.0	71.0	10	47.0	70.0	r,a,gr,pA	66.0	2.8	23.8		41.0	16-12-72	439.0	I
	A-23	Qda. Paipote	ENAMI Cop 33	CELZAC 1253	M- 3-112	D.A.Prov.	13-11-72	18-11-72	71.0	71.0	10	40.0	70.0	gv,a,gr,p,r	60.0	1.5	40.5		36.5	18-12-72	435.0	
	A-24	Panamericana Sur	SENDOS - Rec.A.P.Rosario	CORFO 1359	M-III-092	Con D.A.															388.0	P
	A-25	Cruce Paipote	Pascual Ghiglino			Sin D.A.															439.0	
	A-26	Fdo. Santa Isabel	Agro 7 Amigos Ltda.	Dir. de Riego	M- 3-164	Con D.A.			90.0	74.0	12	40.0	65.0	a,r,b,pA	70.0	3.9	20.5		40.6	20-10-77	443.0	R
	A-27	Callejon El Inca	A.Versalovic	A Mano																	405.0	I
	A-28	Fdo. Vinita Blanca	Coop. Minera Agustina		M- 3-227	D.A.Prov.															428.0	
	A-29	Prop. Versalovic	Com. San Fernando	Dir. de Riego		Sin D.A.			46.5	41.4	10	22.4	41.0	a,gv,b,A	52.0	5.1	10.2		24.3	28-01-78	415.0	
	A-30	Vinita Azul	Juan Callegari	SAACOL 601	M- 3-217	Con D.A.			60.0	60.0	14	39.0	58.0	a,m,gv,r,b,ch,A	70.0	3.6	19.4	12.0	22.9	30-01-80	407.0	
	A-31	Vinita Azul	Juan Marco	SAACOL 641	M- 3-231	Con D.A.															402.0	
	A-32	Vinita Azul	Jorge Parah		M- 3-235	Con D.A.															398.0	I
	A-33	Vinita Blanca	Hector R. Vallejos	SAACOL 655	M- 3-244	Con D.A.			70.0	70.0	12	34.1	70.0	a,gr,a,f,gv,A	40.0	19.1	2.1	8.0	28.0	18-02-81	416.0	
	A-34	Recinto Militar	Regimiento Inf. N.23	Dir. de Riego		Sin D.A.	24-10-74	16-04-75	50.0	42.0	12	15.0	41.0	a,r,pA	22.0	20.5	1.1		10.5	16-04-75		
	A-35	Vinita Azul	Cesar Miranda	A Mano																	402.0	
	A-36	Copiapo - Calle Maipu	SENDOS	HIDROSAN	M-III-024	Con D.A.	18-12-81	20-01-82	60.0	60.0	14	12.0	42.0	a,r,b,A	32.0	28.0	1.1	48.0	8.0	20-01-82	382.0	
	A-37	Placilla Sierralta	SENDOS N.6	SAACOL	M- 3-184	Con D.A.	13-04-82	25-07-82	60.0	56.5		19.1	51.5	gv,a,m,a,f,r,gr	77.0	6.1	12.7	29.0	16.5	22.07.82	405.0	P
	A-38	Placilla Sierralta	SENDOS N.746	CAPTAGUA	M- 3-184	Con D.A.		11-10-80	51.2	37.6	16	21.0	33.5		60.0	3.6	16.7	12.0	20.0	11-10-80	405.0	P
	A-39	Placilla Sierralta	SENDOS N.1515	CAPTAGUA	M- 3-184	Con D.A.	5-06-80	24-08-80	85.0	85.0	12-14	21.0	85.0	a,r,gv,pA	70.0	9.0	7.8	24.0	18.5	19-08-80	404.0	P
	A-40	Callejon Ricardo Vallejo	Soc.Minera Indiana																		415.0	I
	A-41	Vinita El Datil	Octavio Vallejos																		409.0	
	A-42	Rec. A.P. Vicuna	SENDOS N.1793	SAACOL			28-11-85	25-03-86	70.0	70.0	12	18.0	68.0	r,a,b,pA	70.0	7.6	9.2	48.0	7.9	22-03-86	395.0	

CATASTRO DE POZOS VALLE DEL RIO COPIAPO A FEBRERO DE 197

COORDENADA Nº	PREDIO	DUEÑO	CONSTRUCTOR	EXPEDIENTE	DERECHOS	F.INICIO	F.TRMINO	PROFUND PERF. (m)	HABILITACION HASTA (m)	HABILITACION DIAM. (pulg)	ACUIFERO PRINCIPAL DE (m)	ACUIFERO PRINCIPAL A (m)	ACUIFERO PRINCIPAL MATERIAL	PRUEBA DE BOMBEO CAUDAL (l/s)	DEP. (m)	Q.ESP. (l/s/m)	TIEMPO (hrs.)	NIV.EST (m)	FECHA	COTA (msnm)	USO
A-43	Rec. A.P. Vicuna	SENDOS N.1794	SAACOL																	386.0	
A-44	Rec. A.P. Vicuna	SENDOS N.1795	SAACOL			26-09-85	5-4-86	70.0	70.0	12	22.0	68.0	gv,r,a,b	60.0	12.3	4.9	48.0	9.3	3-04-86	394.0	
A-45	Rec. A.P. Vicuna	SENDOS N.1796	SAACOL			30-08-85	31-0-85	60.0	60.0	12	20.0	57.0	a,gv,r,A	70.0	3.5	20.2	26.0	0.7	29-10-85	386.0	
A-46	Rec. A.P. Vicuna	SENDOS N.1797	SAACOL			27-01-86	6-4-86	66.5	66.5	12	17.0	49.0	r,b,gv,a,A	50.0	5.0	10.1	48.0	8.3	2-04-86	393.0	
A-47	Parcela 121 San Fernando	Mario Godoy	CAPTAGUA																	419.0	
A-48	Planta Castellon	Marcelo Castellon	A Mano	M- 3-214	Con D.A.			23.0						17.0	2.3	7.4	8.0	10.5	3-10-83	396.0	0
A-49	Villa La Selva	Com. Agua - Chimba			Sin D.A.																

TOTAL DE POZOS DEL SECTOR : 70.0

CATASTRO DE POZOS VALLE DEL RIO COPIAPO A FEBRERO DE 1987

COORDENADA	Nº	PREDIO	DUEÑO	CONSTRUCTOR	EXPEDIENTE	DERECHOS	F.INICIO	F.TERMINO	PROFUND PERF. (m)	HABILITACION HASTA (m)	HABILITACION DIAM. (pulg)	ACUIFERO PRINCIPAL DE (m)	ACUIFERO PRINCIPAL A (m)	ACUIFERO PRINCIPAL MATERIAL	PRUEBA DE BOMBEO CAUDAL (l/s)	PRUEBA DE BOMBEO DEP. (m)	PRUEBA DE BOMBEO Q.ESP. (l/s/m)	PRUEBA DE BOMBEO TIEMPO (hrs.)	PRUEBA DE BOMBEO NIV.EST (m)	PRUEBA DE BOMBEO FECHA	COTA (msnm)	USO
		SECTOR COPIAPO - PIEDRA COLGADA																				
ZONA LA CHIMBA - BODEGA																						
2720-7020	B-1	Rec. A.P. Cancha Rayada	DOS 841	SAACOL	M- 3-185	Con D.A.	11-06-80	22-08-70	76.0	64.0	16	25.8	66.0	r,a,b,pA	77.0	4.6	16.8	36.0	25.8	17-08-70	355.0	P
	B-2	Rec. A.P. Cancha Rayada	DOS 840	SAACOL	M- 3-185	Con D.A.	24-08-70	18-10-70	70.0	64.0	16	26.5	46.0	r,a,b,pA	70.0	5.5	10.9	24.0	26.5	16-10-70	354.0	P
	B-3	Miguel Araya (Bodega)	CORA																			
	B-4	Parcela N.14 (Bodega)	Guillermo Rojas	CORFO	M- 3-174	Con D.A.			60.0	60.0	16	30.0	57.0	b,r,a,gr,pA	80.0	3.0	26.7		33.0		345.0	R
	B-5	Lagunas Estabilizadoras	Com. Bodega	CORFO 1159		Sin D.A.															345.0	
	B-6	Fundo Renacer (Bodega)	Soc.Agr.Valle Dorado	CORFO 1266	M- 3-234	Con D.A.		23-11-73	60.0	60.0	12	32.0	58.0	gv,r,b,A	85.0	13.7	6.2		31.3	23-11-73	336.0	R
	B-7	Panamericana Sur	DGA - Obs.					26-09-74	20.0	20.0	6	9.5	19.5	gv,a,pA,p r					5.7	26-09-74	384.0	O
	B-8	La Chimba	DGA - Obs.					4-09-74	42.5	42.5	6	31.8	41.8	b,p,gv,p a,pA					29.0	4-09-74	351.3	O
	B-9	Planta Ojanco	Sali Hochschild	CELZAC 1297	M- 3-077	Con D.A.	9-11-73	20-02-74	55.1	55.1	12	2.5	55.1	a,f,r,gv,A,a gr	90.0	7.3	12.4		0.7	20-04-74	374.0	I
	B-10	Tranque Nochero-Chimba	Com. Agua - Chimba			Sin D.A.			48.0	29.4	12	3.0	19.0	a,gv,b	34.0	8.9	3.8		1.1	27-07-75	363.0	
	B-11	Parcela 4 Bodega	Soc.Agr.Valle Dorado																			
	B-12	Rec. A.P. Cancha Rayada	SENDOS		M-III-022	Con D.A.			75.0	75.0	16	35.0	70.0	r,a,gv	60.0	5.0			32.0		356.5	P
	B-13	Carretera con Viel	Manuel Rivadeneira	A Mano	M- 3-226	Con D.A.			24.0						18.2	1.5	12.0		17.3	5-01-84	370.0	
	B-14	Panamericana Norte	Jorge Cid y Hnos.		M-III-002																	
	B-15	Parcela Bodega	Domingo Guggiana	CELZAC 1981	M-III-120	Con D.A.	19-07-86	14-09-86	65.0	60.2	12	28.2	60.2	r,gv,a	60.0	2.9			27.9	14-09-86	333.0	R
	B-16	Fundo Renacer (Bodega)	Eduardo Guggiana	CRUZAT	M- 3-234	Con D.A.	4-79		60.0	60.0	12	36.0	60.0	a,A,r,gv	43.0				30.8		336.0	
	B-17	Parcela 16 Bodega	Patricio Rojas	CELZAC 1957	M-III-114	Con D.A.	5-09-85	27-10-85	60.0	58.0	13-12	33.0	58.0	a,r,gv	110.0	16.3			31.7	27-10-85	341.5	
	B-18	Parcela N.4 (Bodega)	J. Tellerin y A. Santos		M-III-169	Con D.A.															343.0	R
	B-19	Rec. A.P. Cancha Rayada	SENDOS N.3																		355.5	
	B-20	Res. Cora Nº4 Toledo	Soc.Agr.Valle Dorado	CELZAC 1905	M-III-095	Con D.A.	16-03-85	26-05-85	60.3	59.3	12	21.3	54.0	A,agr,r	120.0	9.5			22.0	26-05-85	327.5	R
	B-21	Parcela 4 Bodega	Soc.Agr.Valle Dorado	CELZAC 1969			14-02-86	3-05-86	60.0	58.0	12	30.0	58.0	a,gv,r	80.0	6.0			28.3	3-05-86	335.5	
	B-22	Parcela 10 Bodega	Soc.Agr.Melinka	CELZAC 1970	M-III-098	En Tramite	2-05-86	21-06-86	54.0	51.5	12	31.1	51.5	r,a,gv	60.0	19.7			30.4	21-06-86	341.5	
																					332.5	

CATASTRO DE POZOS VALLE DEL RIO COPIAPO A FEBRERO DE 1987

COORDENADA	Nº	PREDIO	DUEÑO	CONSTRUCTOR	EXPEDIENTE	DERECHOS	F.INICIO	F.TERMINO	PROFUND PERF. (m)	HABILITACION HASTA (m)	HABILITACION DIAM. (pulg)	ACUIFERO PRINCIPAL DE (m)	ACUIFERO PRINCIPAL A (m)	ACUIFERO PRINCIPAL MATERIAL	PRUEBA DE BOMBEO CAUDAL (l/s)	PRUEBA DE BOMBEO DEP. (m)	PRUEBA DE BOMBEO Q.ESP. (l/s/m)	PRUEBA DE BOMBEO TIEMPO (hrs.)	PRUEBA DE BOMBEO NIV.EST (m)	PRUEBA DE BOMBEO FECHA	COTA (msnm)	USO
ZONA BODEGA - CHAMONATE																						
2710-7820	D-1	Parcelas 1 y 2 Chamonate	Juan Diaz y Luis Salas	CORFO 364	M- 3-111	D.A.Prov.	30-09-60	21-01-61	70.5	62.0	14	32.5	40.5	A,r,a	47.0	14.3			14.8		304.5	
	D-2	Parcela 4 Chamonate	Raquel Porcile	D. de Riego	225-3	D.A.Prov.	59	59	98.0						71.0	9.5			8.5	59	299.0	
	D-3	Pichincha	Comuneros Pichincha	CORFO 453		Sin D.A.	17-06-63	19-06-64	99.9	74.5	16	17.4	50.4	r,agr,A	110.0	6.9	17.3	48.0	15.7	12-06-64	319.5	
	D-4	Hacienda Bodega	DGA - Obs.	CORFO 618			14-11-66	30-11-66	28.5	28.2	6	21.2	27.2	r,a,gv					21.5	30-11-66	330.0	O
	D-5	Pichincha	Comuneros Pichincha			Sin D.A.															318.0	
	D-6	Parcela 15 Bodega	Ramon Tagle	CORFO 1253	M-III-066	Con D.A.	18-01-85	28-01-85	60.0	58.0	14	32.6	58.0	b.rgr,Aagr	55.0				29.4	28-01-85	337.0	R
	D-7	Chamonate		CORFO 1293					50.0	48.0	14	25.2	48.0	am,agr,b	20.0	11.6			20.4	16-05-74	312.0	
	D-8	Parcela 22 Aeropuerto	DGA - Obs.	CORFO 1316					27.5	27.0	8	17.0	27.0	r,am					16.7	6-05-74	300.7	O
	D-9	Parcela 22 Toledo	Soc. Agricola Chamonate	CAPTAGUA 2135	M- 3-228	Con D.A.	26-02-81		50.0	50.0	12	29.0	48.0	r,a,A,gv	55.0	10.0		24.0	24.5		303.5	
	D-10	Res.Cora Nº6 Toledo	UNIAGRI (Pozo 1)		M- 3-168	Con D.A.															318.5	R
	D-11	Res.Cora Nº6 Toledo	UNIAGRI (Pozo 4)		M- 3-168	Con D.A.															320.5	
	D-12	Parcela 6 Pichincha	Rodrigo Moreno																			
	D-13	Parcela 14 Bodega	Guillermo Rojas	CORFO	M- 3-174	Con D.A.			60.0	60.0	14	30.0	57.0	r,af,agr,A	80.0			6.0	33.0		333.0	R
	D-14	Pichincha	Antonio Squeo			Sin D.A.															324.5	R
	D-15	Pichincha	Antonio Squeo																		327.5	R
	D-16	Carpa 4 Pichincha	Emilio Silva		M- 3-149	Con D.A.																
	D-17	Camino a Cerro Iman	Renato Porcile (Observ.)																		307.5	
	D-18	Res.Cora Nº6 Bodega	UNIAGRI (Pozo 3)	CAPTAGUA 2433	M-III-141	En Tramite	1-86		65.0	65.0	12	20.0	63.0		100.0	4.0		24.0	15.6		318.0	R
	D-19	Res.Cora Nº6 Bodega	UNIAGRI (Pozo 2)	CELZAC 1968	M-III-141	En Tramite	11-02-86	25-04-86	60.0	58.0	12	16.5	58.0	a,r,gv	130.0	7.0			15.5	25-04-86	317.5	R
	D-20	Res.Cora Nº6 Bodega	UNIAGRI (Pozo 5)	CAPTAGUA 2474	M-III-160	En Tramite	4-86		65.0	65.0	14	19.0	64.0		130.0	6.0		36.0	14.7		315.0	
	D-21	Parcela 11 Bodega	Ana Maria Figari	CELZAC 1964	M-III-115	Con D.A.	11-11-85	21-01-86	60.0	58.0	12	25.6	58.0	gv,a	100.0	4.6			24.9	21-01-86	331.0	

CATASTRO DE POZOS VALLE DEL RIO COPIAPO A FEBRERO DE 1987

COORDENADA	Nº	PREDIO	DUENO	CONSTRUCTOR	EXPEDIENTE	DERECHOS	F.INICIO	F.TERMINO	PROFUND PERF. (m)	HABILITACION HASTA (m)	HABILITACION DIAM. (pulg)	ACUIFERO PRINCIPAL DE (m)	ACUIFERO PRINCIPAL A (m)	ACUIFERO PRINCIPAL MATERIAL	PRUEBA DE BOMBEO CAUDAL (l/s)	PRUEBA DE BOMBEO DEP. (m)	PRUEBA DE BOMBEO Q.ESP. (l/s/m)	PRUEBA DE BOMBEO TIEMPO (hrs.)	PRUEBA DE BOMBEO NIV.EST (m)	PRUEBA DE BOMBEO FECHA	COTA (msnm)	USO
ZONA CHAMONATE-PIEDRA COLGADA																						
2710-7020	C-1	Hacienda San Francisco	Mario Porcile	CORFO 390		D.A.Prov.			78.0	78.0	14-8	15.7	69.3	a,r,A	140.0	21.3			3.8		274.0	
	C-2	Parcela 9 Chamonate	Carlos Porcile	CORFO 367	217-3	D.A.Prov.															285.0	
	C-3	Parcela 5 Chamonate	Renato Porcile	CORFO 427	231-3	D.A.Prov.	22-05-64	25-09-64	52.0	50.5	12	15.5	50.5	r,a,A,gv	83.0	2.9	31.3	48.0	10.1		295.5	
	C-4	Hacienda Toledo	Comuneros Toledo	CORFO 534					49.0	44.9	14-12	13.0	33.8	gv,af,A,agr	93.0	4.7			10.8	27-08-65	293.7	
	C-5	Callejon Toledo	Guillermo Stein	CORFO 545	M- 3-061	Con D.A.			49.0	45.0	12	12.0	45.0	a,r,gv,pA	87.0	7.8			9.2	7-12-65	288.7	R
	C-6	Parcela 8 Chamonate	Gabriela Porcile	CORFO 561	238-3	Con D.A.	27-01-66	7-04-66	43.8	40.8	12	19.8	40.8	a,r,A,gv	70.0	11.0	5.9	22.0	7.0		288.0	
	C-7	Fundo Santa Luisa 2	Agricola San Esteban	CORFO 566	244-3	D.A.Prov.			49.5	46.5	12	15.0	46.5	A,r,agr,am	64.0	22.8			4.2	28-06-66	267.0	
	C-8	Hacienda Toledo	DGA - Obs.	CORFO 619					20.5	20.0	8	10.0	20.0	a,gv					9.5	14-06-74	287.8	O
	C-9	Hacienda Toledo	Comuneros Toledo			Sin D.A.			50.0	48.0	14	12.0	48.0	af,rgr,A	120.0	17.5			10.5	15-08-73	284.0	
	C-10	Camino a Cerro Iman	DGA - Obs.	CORFO 1344					22.5	22.0	8	11.0	21.5	a,r,A					10.9	10-04-74	290.5	O
	C-11	Camino a Cerro Iman	Agustin Vergottini	SAACOL 636	M- 3-210	Con D.A.			60.0	56.0	12-10	18.0	56.0	af,r,A,gv	50.0	18.9		12.0	15.1	13-09-80		I
	C-12	Hacienda Toledo	Sociedad Vasangel S.A.	SAACOL 613					50.0	44.8	14	15.0	44.8	a,r,A	60.0	17.6		14.0	12.5	27-04-80	291.0	R
	C-13	Hacienda Toledo	Sociedad Vasangel S.A.						50.0	48.0	14	23.0	48.0	r,gv,a,A	100.0	17.5			19.0	16-05-73	287.0	
	C-14	Parcela 38 Toledo	Soc.Gustavo Morales		M- 3-245	Con D.A.	15-08-81	4-10-81	70.0	65.2	12-10	19.0	65.2	r,A,b,gv	100.0	7.0			10.5	4-10-81	280.0	R
	C-15	Fundo Santa Luisa 1	Mario Porcile	D. de Riego	M- 3-233	Con D.A.	7-05-75	21-08-75	50.0	50.0	12	6.5	38.5	af,r,agr,b	95.0	15.5			5.5	21-08-75	254.0	
	C-16	Vegas Piedra Colgada	Fernando Santelices	A Mano	M- 3-211	Con D.A.			8.6						26.7				4.0		257.0	
	C-17	Fundo San Juan	Soc.Agr.Piedra Colgada		M- 3-222	En Tramite															251.0	
	C-18	Chamonate (Pz 14)	DGA - Obs.	DRILLCO			12-86		7.6	7.6	2			af,limo					5.2		282.0	O
	C-19	Piedra Colgada (Pz 13)	DGA - Obs.	DRILLCO			12-86		7.8	7.8	2			af,limo					2.2		263.5	O
	C-20	Fundo El Carmen (Pz 12)	DGA - Obs.	DRILLCO			12-86		6.1	6.1	2			af					3.9		248.0	O
	C-21	Fundo El Carmen P.Colg.	Soc.Agricola Rosaex	CELZAC 1982	M-III-179	En Tramite	17-07-86	3-09-86	50.0	48.0	16	9.0	48.0	af,rgr,r,gv,A	80.0	9.8			4.1	3-09-86	289.0	
	C-22	Fundo El Carmen P.Colg.	Soc.Agricola Rosaex	CELZAC 1977	M-III-185	En Tramite	7-05-86	13-07-86	50.0	48.5	16	5.4	48.5	b,r,agr,A	100.0	13.8			0.8	13-07-86	248.0	R

TOTAL DE POZOS DEL SECTOR : 66.0

CATASTRO DE POZOS VALLE DEL RIO COPIAPO A FEBRERO DE 1987

COORDENADA	Nº	PREDIO	DUEÑO	CONSTRUCTOR	EXPEDIENTE	DERECHOS	F.INICIO	F.TERMINO	PROFUND PERF. (m)	HABILITACION HASTA (m)	HABILITACION DIAM. (pulg)	ACUIFERO PRINCIPAL DE (m)	ACUIFERO PRINCIPAL A (m)	ACUIFERO PRINCIPAL MATERIAL	PRUEBA DE BOMBEO CAUDAL (l/s)	PRUEBA DE BOMBEO DEP. (m)	PRUEBA DE BOMBEO Q.ESP. (l/s/m)	PRUEBA DE BOMBEO TIEMPO (hrs.)	PRUEBA DE BOMBEO NIV.EST (m)	PRUEBA DE BOMBEO FECHA	COTA (msnm)	USO
		SECTOR PIEDRA COLGADA - ANGOSTURA																				
ZONA PIEDRA COLGADA - SAN PEDRO																						
2710-7030	D-1	Fundo San Pedro	Comunidad Parceleros	D. de Riego																	220.0	
	D-2	Fundo San Pedro	Cia.Agr. y Gan. Hornitos	D. de Riego	198-3	Con D.A.															220.0	
	D-3	Fundo Los Angeles	Raul Barrionuevo	CORFO 375	215-3	D.A.Prov.	25-01-61	3-06-61	81.5	52.0	14	15.2	46.0	r,A,a,	70.0	10.0	7.0	32.0	4.0	25-05-61	240.0	
	D-4	Fundo San Juan	Soc.Agr.Piedra Colgada	CORFO 422	M- 3-045	Con D.A.	22-08-62	6-01-63	70.3	42.8	14	12.8	42.6	A,a,r,pA	72.0	5.7			5.3	16-12-62	246.0	P
	D-5	Fundo Marquesado	Cia.Agr.y Gan.Hornitos	CORFO 493	198-3	Con D.A.	5-12-64	15-05-65	49.9	47.0	16	17.0	34.0	pA,r,a,b	75.0	18.7			4.8	14-05-65	207.0	R
	D-6	Fundo Dos Hermanas	Camila Aguirre	CORFO 565	M- 3-4	D.A.Prov.	30-06-66	15-06-66	46.5	43.5	14	6.6	43.5	A,r,a,b	118.0	13.5			4.0	15-06-66	236.0	
	D-7	San Pedro	DGA - Obs.	CORFO 608			20-10-66	27-1066	13.0	12.0	6	6.0	12.0	A,rf,pa					5.8	28-10-66	212.0	O
	D-8	Fundo San Juan	DGA - Obs.	CORFO 611			29-10-66	4-11-66	11.5	11.5	6	4.5	10.5	af,A,gv					3.4	4-11-66	240.0	O
	D-9	Fdo.Los Angeles(Matadero)	Gustavo Morales y Hnos.																			I
	D-10	Fundo Los Olivos	Maria Prohens		M- 3-146	Con D.A.															209.5	R
	D-11	La Puntilla	Cia.Agr.y Gan.Hornitos		M- 3-161	D.A. Prov.															230.0	R
	D-12	San Pedro	Maria Prohens	D. de Riego	M- 3-144	Con D.A.	29-10-74	3-07-75	80.0	50.0	12	6.0	25.0	r,a,b,A	50.0	21.0			6.0	3-07-75	246.0	
	D-13	Reserva San Pedro	Patricio Olivares	SAACOL		En Tramite															229.0	
	D-14	Parcela San Pedro	Morales y Otros			Sin D.A.																
	D-15	Reserva San Pedro	Patricio Olivares			En Tramite															224.0	
	D-16	Hacienda Perales	Soc. Agricola V y C	SAACOL	M-III-102	Sin D.A.															218.0	
	D-17	San Pedro (Pz 11)	DGA - Obs.	DRILLCO			12-86		6.5	6.5	2			af,					2.7		213.0	O

CATASTRO DE POZOS VALLE DEL RIO COPIAPO A FEBRERO DE1987

COORDENADA	Nº	PREDIO	DUENO	CONSTRUCTOR	EXPEDIENTE	DERECHOS	F.INICIO	F.TERMINO	PROFUND PERF. (m)	HABILITACION HASTA (m)	HABILITACION DIAM. (pulg)	ACUIFERO PRINCIPAL DE (m)	ACUIFERO PRINCIPAL A (m)	ACUIFERO PRINCIPAL MATERIAL	PRUEBA DE BOMBEO CAUDAL (l/s)	PRUEBA DE BOMBEO DEP. (m)	PRUEBA DE BOMBEO Q.ESP. (l/s/m)	PRUEBA DE BOMBEO TIEMPO (hrs.)	PRUEBA DE BOMBEO NIV.EST (m)	PRUEBA DE BOMBEO FECHA	COTA (msnm)	USO
ZONA HACIENDA MARGARITA - HACIENDA MARIA ISABEL																						
2720-7030	B-1	Hacienda Perales	Soc. Agricola V y C	CORFO 507	M- 3-2	Con D.A.																R
	B-2	Hacienda Perales	Soc. Agricola V y C	SAACOL	M-III-102																212.0	
	B-3	Hacienda Perales	Soc. Agricola V y C	SAACOL	M-III-102																205.0	
																						P
2720-7030	A-1	Hacienda Margarita	DGA - Obs.	CORFO 614			7-11-66	10-11-66	13.0	12.8	6	5.8	11.8	A,a,gv					4.0	10-11-66	189.0	0
	A-2	Hacienda Margarita	Sucesion A. Cervino	CORFO 580	239-3	D.A.Prov.															199.0	
	A-3	Pdo. Valle Fertil	Ana Aguirre de Cood	CORFO 438	230-3	D.A.Prov.															184.0	
	A-4	Hacienda Margarita																			198.0	
	A-5	Hda. Perales (Pz-10)	DGA - Obs.	DRILLCO			12-86		5.0	5.0	2			agr,am,gv					2.0		198.5	0
	A-6	Margarita (Pz-9)	DGA - Obs.	DRILLCO			12-86		5.0	5.0	2			limo					3.5		193.0	0
	A-7	Valle Fertil (Pz-7)	DGA - Obs.	DRILLCO			12-86		7.3	7.3	2			af,limo					5.6		168.0	0
	A-8	San Camilo (Pz-8)	DGA - Obs.	DRILLCO			12-86		11.9	11.9	2			af,a					6.3		164.0	0
2720-7040	A-1	Hda. Maria Isabel	DGA - Obs.	DOS 205																	105.0	0
	A-2	Hda. Maria Isabel	DGA - Obs.	CORFO 449																	89.0	0
	A-3	Hda. Maria Isabel (Pz-3)	DGA - Obs.	DRILLCO			12-86		9.2	9.2	2			af,					2.3		105.0	0
	A-4	Hda. Maria Isabel (Pz-4)	DGA - Obs.	DRILLCO			12-86		12.5	12.5	2			a,af					2.3		119.0	0
	A-5	Hda. Maria Isabel (Pz-1)	DGA - Obs.	DRILLCO			12-86		7.0	7.0	2			limo					1.2		95.0	0
2720-7040	B-1	Monte Amargo		DOS 204																	134.0	
	B-2	Totoralillo		DOS 301																	148.5	
	B-3	Totoralillo		DOS 302																	148.0	
	B-4	Totoralillo		DOS 309																	147.0	
	B-5	San Camilo (Pz-6)	DGA - Obs.	DRILLCO			12-86		10.9	10.9	2			af,gv					6.7		157.0	0
	B-6	Punta Picazo (Pz-5)	DGA - Obs.	DRILLCO			12-86		14.4	14.4	2			af					10.4		149.0	0
	B-7	Monte Amargo (Pz-2)	DGA - Obs.	DRILLCO			12-86		11.4	11.4		2			af				9.2		133.0	0

TOTAL DE POZOS DEL SECTOR : 40.0

TOTAL DE POZOS EN EL VALLE : 290.0

ANEXO N° 2

ANTECEDENTES EN EL ESTUDIO DE LA CALIDAD
QUIMICA DE AGUAS SUBTERRANEAS Y SUPERFICIALES

A2.1 ANALISIS QUIMICOS DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS DEL VALLE DEL RIO COPIAPO HECHOS EN LOS AÑOS 1969, 78, 79 y 80.

ALAMOS Y PERALTA Ingenieros Consultores Ltda.

CALIDAD QUIMICA DE AGUAS SUBTERRANEAS DEL VALLE DEL RIO COPIAPO

Coord.	Pozo	Ubicacion	HCO3	Cl	SO4	Ca	Mg	Na + K	Conduct.	Clasif.	B
Ano 69											
2750-7000	D-1	SAN ANTONIO									
	D-2										
	B-1										
	B-5										
	B-6										
2740-7000	C-1	LOS LOROS									
2740-7010	B-1	ELISA DE BORDOS	247.13	69.48	257.44	140.08	48.03	99.04	1200	C3-S1	0
	B-3										
2730-7010	A-7	NANTOCO									
	B-1	QUEBRADA CERRILLOS	426.53	69.48	277.61	162.32	49.86	107.09	1450	C3-S1	0
	A-5	NANTOCO									
	A-1										
	A-2										
2730-7010	A-13	NANTOCO									
	A-4										
	A-9		224.4	67.71	357.82	184.77	41.71	110.63	1478	C3-S1	0
2720-7010	C-4	TIERRA AMARILLA	413.1	69.48	385.2	175.15	54.96	122.265	1534	C3-S1	0
	C-10										
	C-11										
	C-8		345.98	57.43	277.61	152.91	53.02	105.53	1283	C3-S1	0
	C-12										
	C-20		265.44	60.62	334.77	168.74	41.59	104.33	1890	C3-S1	0
	C-14		369.17	60.97	215.2	129.26	59.34	112.37	1339	C3-S1	0
2720-7010	A-6	SAN FERNANDO	375.88	62.39	403.45	156.11	71.38	110.81	1311	C3-S1	0
	A-11										
	A-10										
	A-12		164.75	240.9	763.68	281.36	72.72	211.45	2592	C4-S1	0
	A-5										
	A-19		419.82	83.31	535.53	175.35	53.02	147.55	1618	C3-S1	0
2720-7020	B-12	BODEGA									
	B-1										
	B-2										
	B-8										
	B-5										
	B-4										
2710-7020	D-4	CHAMONATE									
	D-15										
	D-1		480.23	135.42	626.79	254.91	78.31	224.71	2287	C3-S1	0
	D-2										
2710-7020	C-3	PIEDRA COLGADA									
	C-4										
	C-5										
	C-6		429.58	149.24	763.68	266.53	114.26	207.05	2343	C4-S1	1.2
	C-2										
	C-1		148.88	129.75	681.04	181.76	75.63	165.65	1960	C3-S1	0
	C-7										
	C-15										

CALIDAD QUIMICA DE AGUAS SUBTERRANEAS DEL VALLE DEL RIO COPIAPO

Coord.	Pozo	Ubicacion	HCO3	Cl	SO4	Ca	Mg	Na + K	Conduct.	Clasif.	B
2710-7030	D-4	SAN PEDRO									
	D-3		443	165.2	694.03	145.29	106.77	305.55	2734	C4-S1	1.35
2720-7030	B-1	HAC.MARIA ISABEL									
2710-7030	D-10	SAN PEDRO									
	D-5		496.7	199.94	1176.74	302.6	123.3	388.72	3347	C4-S2	0
2720-7040	B-1	HAC.MARIA ISABEL	93.97	458.72	1335.23	424.85	121.36	392.63	3654	C4-S2	0

ALAMOS Y PERALTA Ingenieros Consultores Ltda.

CALIDAD QUIMICA DE AGUAS SUBTERRANEAS DEL VALLE DEL RIO COPIAPO

Coord.	Pozo	Ubicacion	HCO3	Cl	SO4	Ca	Mg	Na + K	Conduct.	Clasif.	B
Ano 78											
2750-7000	D-1	SAN ANTONIO	158.65	46.09	270.41	58.12	41.71	64.81	850	C3-S1	2.54
	D-2		97.63	51.05	290.1	76.95	24.2	73.16	859	C3-S1	1.12
	B-1										
	B-5		97.63	197.81	1080.68	120.44	152.44	259.63	2557	C4-S1	5.5
	B-6										
2740-7000	C-1	LOS LOROS	219.67	52.82	460.13	153.71	39.28	100.22	1188	C3-S1	3.3
2740-7010	B-1	ELISA DE BORDOS									
	B-3		164.75	75.86	560.51	166.13	46.69	129.58	1390	C3-S1	2.84
2730-7010	A-7	NANTOCO	97.63	49.63	430.35	29.06	81.11	111.11	1175	C3-S1	3
	B-1	QUEBRADA CERRILLOS									
	A-5	NANTOCO									
	A-1		103.73	62.75	530.25	29.06	105.67	92.03	1381	C3-S1	3.46
	A-2										
2730-7010	A-13	NANTOCO	97.63	171.58	1840.99	166.13	240.77	402.86	3464	C4-S2	5.5
	A-4		97.63	62.75	500.47	62.32	78.55	108.35	1325	C3-S1	3.16
	A-9										
2720-7010	C-4	TIERRA AMARILLA	85.42	67.34	499.51	63.13	67.12	128.84	1295	C3-S1	1.8
	C-10		105.43	57.43	445.24	60.72	53.63	118.86	1096	C3-S1	1.8
	C-11		122.04	59.2	450.52	41.48	90.84	108.35	1237	C3-S1	2.84
	C-8		103.73	64.16	540.33	56.11	83.05	122.4	1275	C3-S1	1.28
	C-12		146.45	69.54	490.39	66.53	68.83	129.97	1292	C3-S1	3
	C-20										
	C-14		280.7	82.6	500.5	170.3	32	136.82	1365	C3-S1	2.54
2720-7010	A-6	SAN FERNANDO	170.86	72.67	500.47	66.53	68.83	130.75	1296	C3-S1	3.78
	A-11		250.18	82.6	480.3	174.35	36.85	127.14	1303	C3-S1	3.6
	A-10		122.04	253.82	1180.5	70.54	233.35	269.08	2680	C4-S1	6.12
	A-12		109.84	240.71	1200.75	74.55	218.64	269.08	2952	C4-S1	4.24
	A-5		97.63	92.17	720.45	149.7	65.54	163.69	1736	C3-S1	4.24
	A-19										
2720-7020	B-12	BODEGA									
	B-1		269.1	77.64	840.53	213.23	74.18	146.5	1775	C3-S1	1.9
	B-2										
	B-8										
	B-5										
	B-4										
2710-7020	D-4	CHAMONATE	237.98	105.64	720.45	195.19	66.27	177.97	1760	C3-S1	5.02
	D-15										
	D-1		97.63	125.14	920.74	112.02	110.53	246.14	2312	C4-S1	4.72
	D-2		329.51	151.73	960.6	53.91	218.64	233.42	2299	C4-S1	5.34
2710-7020	C-3	PIEDRA COLGADA									
	C-4										
	C-5		146.45	105.64	720.45	99.6	90.84	172.55	1830	C3-S1	5.34
	C-6		320.36	195.68	1157.52	187.78	161.36	243.06	2535	C4-S1	2.84
	C-2		363.77	177.25	1219.96	187.78	168.54	253.37	2603	C4-S1	3.46
	C-1										
	C-7		134.24	102.1	740.62	116.23	81.11	189.79	1782	C3-S1	3.6

CALIDAD QUIMICA DE AGUAS SUBTERRANEAS DEL VALLE DEL RIO COPIAPO

Coord.	Pozo	Ubicacion	HCO3	Cl	SO4	Ca	Mg	Na + K	Conduct.	Clasif.	B
	C-15		320.36	195.68	1157.52	187.78	161.36	243.06	2093	C3-S1	2.32
2710-7030	D-4	SAN PEDRO	170.86	151.73	940.43	145.29	96.31	259.51	2169	C3-S1	4.4
	D-3										
2720-7030	B-1	HAC.MARIA ISABEL									
2710-7030	D-10	SAN PEDRO	158.65	158.11	1280.96	145.29	130.23	351.89	2888	C4-S2	6.9
	D-5		201.37	227.59	1560.98	265.73	112.97	487.57	3324	C4-S2	7.2
2720-7040	B-1	HAC.MARIA ISABEL									

ALAMOS Y PERALTA Ingenieros Consultores Ltda.

CALIDAD QUIMICA DE AGUAS SUBTERRANEAS DEL VALLE DEL RIO COPIAPO

Coord.	Pozo	Ubicacion	HCO3	Cl	SO4	Ca	Mg	Na + K	Conduct.	Clasif.	B
Ano 79											
2750-7000	D-1	SAN ANTONIO									
	D-2		87.26	39.35	263.2	67.74	32.47	56.33	762	C3-S1	1.32
	B-1										
	B-5										
	B-6										
2740-7000	C-1	LOS LOROS									
2740-7010	B-1	ELISA DE BORDOS									
	B-3										
2730-7010	A-7	NANTOCO									
	B-1	QUEBRADA CERRILLOS									
	A-5	NANTOCO									
	A-1										
	A-2		201.37	48.21	420.26	121.44	40.25	93.94	1136	C3-S1	2.38
2730-7010	A-13	NANTOCO									
	A-4										
	A-9										
2720-7010	C-4	TIERRA AMARILLA									
	C-10										
	C-11										
	C-8										
	C-12										
	C-20										
	C-14										
2720-7010	A-6	SAN FERNANDO	115.94	62.39	535.53	50.1	83.78	133.66	1229	C3-S1	1.78
	A-11										
	A-10										
	A-12										
	A-5										
	A-19										
2720-7020	B-12	BODEGA									
	B-1		153	108	721	704	304		1661		
	B-2		176	94	610	624	268		1631		
	B-8		122.04	65.58	520.16	102.2	69.68	118.24	1680		
	B-5		335.61	76.93	640.24	143.89	93.63	146.54	1412	C3-S1	0
	B-4										
2710-7020	D-4	CHAMONATE	85.43	146.05	880.39	112.02	112.24	235.44	2133		
	D-15										
	D-1										
	D-2										
2710-7020	C-3	PIEDRA COLGADA	329.51	140.74	890.48	181.16	117.95	229.34	2420	C4-S1	4.56
	C-4		323.41	88.27	660.41	139.28	96.92	181.42	1820	C3-S1	3.94
	C-5										
	C-6										
	C-2		335.61	175.12	1157.77	169.94	187.87	270.37	2810	C4-S1	4.1
	C-1										
	C-7										

CALIDAD QUIMICA DE AGUAS SUBTERRANEAS DEL VALLE DEL RIO COPIAPO

Coord.	Pozo	Ubicacion	HCO3	Cl	SO4	Ca	Mg	Na + K	Conduct.	Clasif.	B
	C-15		305.1	95.01	700.27	127.25	4.62	187.09	1920		
2710-7030	D-4	SAN PEDRO									
	D-3										
2720-7030	B-1	HAC.MARIA ISABEL									
2710-7030	D-10	SAN PEDRO	326.46	127.62	900.56	121.44	117.34	276.51	2310		
	D-5										
2720-7040	B-1	HAC.MARIA ISABEL									

ALAMOS Y PERALTA Ingenieros Consultores Ltda.

CALIDAD QUIMICA DE AGUAS SUBTERRANEAS DEL VALLE DEL RIO COPIAPO

Coord.	Pozo	Ubicacion	HCO3	Cl	SO4	Ca	Mg	Na + K	Conduct.	Clasif.	B
Ano 80											
2750-7000	D-1	SAN ANTONIO									
	D-2										
	B-1		120.21	43.96	282.42	88.18	37.45	78.95	994	C3-S1	3.3
	B-5										
	B-6		108.62	36.87	274.73	70.94	33.08	65.06	824	C3-S1	2.64
2740-7000	C-1	LOS LOROS	259.34	57.07	470.21	155.11	30.4	118.06	1359	C3-S1	2.25
2740-7010	B-1	ELISA DE BORDOS									
	B-3										
2730-7010	A-7	NANTOCO									
	B-1	QUEBRADA CERRILLOS	234.93	54.59	430.35	99.4	48.28	121.78	1494	C3-S1	0.83
	A-5	NANTOCO									
	A-1										
	A-2										
2730-7010	A-13	NANTOCO									
	A-4		176.96	60.62	490.39	210.22	49	109.14	1397	C3-S1	2.32
	A-9										
2720-7010	C-4	TIERRA AMARILLA									
	C-10										
	C-11										
	C-8										
	C-12										
	C-20										
	C-14										
2720-7010	A-6	SAN FERNANDO	79.33	55.66	490.38	82.56	58.49	82.1	1321	C3-S1	1
	A-11										
	A-10										
	A-12										
	A-5		244.08	94.3	530.25	158.32	57.03	120.26	1830	C3-S1	3.32
	A-19										
2720-7020	B-12	BODEGA	147	98	980	206	54	246			
	B-1		91.53	92.52	620.55	129.46	68.22	160.68	1723	C3-S1	0.17
	B-2		184	102	650	588	288		1180		
	B-8										
	B-5										
	B-4										
2710-7020	D-4	CHAMONATE	183.06	73.03	570.6	116.63	53.3	150.48	1545	C3-S1	1.6
	D-15		90.31	86.14	554.75	120.24	66.27	159.55	1520	C3-S1	2.5
	D-1		219.67	126.2	890.48	155.11	79.65	218.17	2413	C4-S2	2.65
	D-2										
2710-7020	C-3	PIEDRA COLGADA									
	C-4		126.31	98.55	715.65	153.51	71.74	171.83	1768	C3-S2	3.62
	C-5										
	C-6										
	C-2										
	C-1		177.57	117.69	806.9	186.97	78.55	194.91	2064	C3-S1	5.41
	C-7										

CALIDAD QUIMICA DE AGUAS SUBTERRANEAS DEL VALLE DEL RIO COPIAPO

Coord.	Pozo	Ubicacion	HCO3	Cl	SO4	Ca	Mg	Na + K	Conduct.	Clasif.	B
	C-15										
7010-7030	D-4	SAN PEDRO	326.46	131.17	900.56	121.44	117.34	281.51	2500		
	D-3										
7020-7030	B-1	HAC.MARIA ISABEL									
7010-7030	D-10	SAN PEDRO									
	D-5										
7020-7040	B-1	HAC.MARIA ISABEL									

A2.2 ANTECEDENTES DE CALIDAD QUIMICA DE LAS AGUAS SUPERFICIALES DEL VALLE DEL RIO COPIAPO.

ALAMOS Y PERALTA Ingenieros Consultores Ltda.

CLASIFICACION DE LAS AGUAS SUPERFICIALES DEL RIO COPIAPO
VALORES PROMEDIO DE 6 MUESTREOS REALIZADOS ENTRE OCTUBRE DE 1968 Y JULIO DE 1969

Km	Lugar	Conduct.	SAR	Clasif.
0	Pastillo	956	2.06	C3-S1
7	By-Pass Lautaro	941	2.16	C3-S1
20	San Antonio	850	1.55	C3-S1
26	Vertiente Los Loros	1075	1.81	C3-S1
31	La Puerta	968	1.56	C3-S1
55	Alianza	984	1.75	C3-S1
62	Nantoco	1000	1.8	C3-S1
67	Mal Paso	967	1.7	C3-S1
83	San Fernando	1045	1.65	C3-S1
88	La Chimba	1481	2.89	C3-S1
96	Piedra Colgada	1742	2.45	C3-S1
110	Hacienda Margarita	2353	4.34	C4-S2
121	Vega Monte Amargo	4006	4.57	C4-S2
124	Maria Isabel	4975	5.58	C4-S2
131	Angostura	6537	7.67	F/C *

FUENTE:Aprovechamiento de Recursos Hidraulicos en el valle de Copiapo,Dir. de Riego, MOP,Julio 1969, Cuadro N*8,Pag.68.
*F/C:fuera de clasificacion.

ESTADISTICA DEL ANO 1969

Km	Lugar	Conduct.	SAR	Clasif.	Boro
0	Pastillo	947	1.74	C3-S1	0.87
7	By-Pass Lautaro	952	1.62	C3-S1	0.91
20	San Antonio	922	1.58	C3-S1	0.94
26	Vertiente Los Loros	1124	1.84	C3-S1	1.01
31	La Puerta	1020	1.59	C3-S1	0.66
55	Alianza	996	1.62	C3-S1	0.48
62	Nantoco	1000	1.63	C3-S1	0.53
67	Mal Paso	1057	1.64	C3-S1	0.6
83	San Fernando	920	1.35	C3-S1	0
88	La Chimba	1508	2.2	C3-S1	0.87
96	Piedra Colgada	2115	2.79	C3-S1	0.94
110	Hacienda Margarita	3083	5.12	C4-S2	2.63
121	Vega Monte Amargo	4120	4.71	C4-S2	2.68
124	Maria Isabel	4850	6.04	C4-S2	3.15
131	Angostura	6480	7.29	F/C *	4.01

FUENTE:Estadistica de Analisis Quimico de Aguas y Sedimento,III Region, DGA, MOP, Julio 1978
*F/C:fuera de clasificacion.

ALAMOS Y PERALTA Ingenieros Consultores Ltda.

CLASIFICACION DE LAS AGUAS SUPERFICIALES DEL RIO COPIAPO

ESTADISTICA DEL ANO 1971

Km	Lugar	Conduct.	SAR	Clasif.	Boro
0	Pastillo	1110	1.72	C3-S1	1.5
7	By-Pass Lautaro	S/I	S/I		S/I
20	San Antonio	S/I	S/I		S/I
26	Vertiente Los Loros	1123	1.62	C3-S1	3
31	La Puerta	1128	1.6	C3-S1	1.25
55	Alianza	1023	1.65	C3-S1	0.8
62	Nantoco	1094	1.67	C3-S1	0.85
67	Mal Paso	1117	1.29	C3-S1	1.7
83	San Fernando	1015	1.76	C3-S1	0.8
88	La Chimba	1392	1.77	C3-S1	2
96	Piedra Colgada	2086	2.24	C3-S1	2.2
110	Hacienda Margarita	S/I	S/I		S/I
121	Vega Monte Amargo	S/I	S/I		S/I
124	Maria Isabel	4320	4.57	C4-S2	1.5
131	Angostura	6000	5.76	F/C *	3

FUENTE:Estadistica de Analisis Quimico de Aguas y Sedimento,III Region, DGA, MOP, Julio 1978

*F/C:fuera de clasificacion.

**S/I:sin informacion.

ANEXO 3: NIVELES ESTATICOS Y CONDUCTIVIDADES MEDIDOS EN DICIEMBRE DE 1986 Y ENERO 1987

NIVELES ESTATICOS Y CONDUCTIVIDADES DE POZOS
Segun la Encuesta hecha en terreno en Diciembre de 1986 y Enero de 1987

COORDENADA	N°	PREDIO	DUENO	NIV.EST (m.)	CONDUCT. (umhos/cm)	C.TERRENO m.s.n.m.	C.PIEZOM. m.s.n.m
ZONA MANFLAS,JORQUERA,PULIDO Y JUNTAS							
2800-6950	A-1	Hacienda Pulido	Tur.y Hot.Cabo de Hornos	47.00		1240.0	1193.0
	A-2	Fundo La Junta	Alfonso Prohens	47.56		1230.0	N.D.
	A-3	Hacienda Manflas	Agricola Manflas Ltda.	23.34		1180.0	1156.7
	A-4	Fundo Pastillo	Alfonso Prohens	19.65		1150.0	1130.4
	A-5	Fundo Rodeo	Alfonso Prohens	53.62		1260.0	1206.4
	A-6	Hacienda Manflas	Agro 7 Amigos Ltda.		580.0	1230.0	
	A-7	Hacienda Pulido	Tur.y Hot.Cabo de Hornos	51.57	340.0	1245.0	1193.4
	A-8	Hacienda Pulido	Tur.y Hot.Cabo de Hornos	53.95	380.0	1245.0	1191.1
	A-9	Hacienda Pulido	Tur,y Hot.Cabo de Horno				
2800-6950	C-1	Hacienda Manflas	Soc.Agr.Manflas	24.97		1450.0	1425.0
	C-2	Hacienda Manflas	Soc.Agr.Manflas	28.44	520.0	1300.0	1271.6
2800-6950	D-1	Iglesia Colorada	Agroandina	9.10	440.0	1600.0	1590.9
	D-2	Iglesia Colorada	Agroandina	29.53	550.0	1560.0	1530.5
	D-3	Quebrada Seca	Lincoyàn Cruz	9.07	440.0	1500.0	1490.9
	D-4	Quebrada Seca	Agroandina	20.89		1530.0	1509.1
	D-5	Los Hornos	Tur.y Hot.Cabo de Hornos				

ALAMOS Y PERALTA Ingenieros Consultores Ltda.

NIVELES ESTATICOS Y CONDUCTIVIDADES DE POZOS
Segun la Encuesta hecha en terreno en Diciembre de 1986 y Enero de 1987

COORDENADA	N°	PREDIO	DUENO	NIV.EST (m.)	CONDUCT. (umhos/cm)	C.TERRENO m.s.n.m.	C.PIEZOM. m.s.n.m
ZONA LAUTARO - SAN ANTONIO							
2750-6950	C-1	Embalse Lautaro	DGA-Observacion	1.28	680.0	1110.5	1109.2
	C-2	Embalse Lautaro	Alfonso Prohens	10.04		1148.0	1138.0
	C-3	Embalse Lautaro	Alfonso Prohens			1135.5	
	C-4	Embalse Lautaro	DGA - Obs.	1.07	400.0	1109.5	1108.4
2750-7000	D-1	Hacienda Amolanas	Comunidad Amolanas		600.0	1095.7	
	D-2	Quebrada Calquis	Sucesion Grossi			1070.5	
	D-3	Amolanas (Mallorca)	Alfonso Prohens	6.90	620.0	1085.0	1078.1
	D-4	Quebrada Calquis	CODELPA	29.59	800.0	1081.5	N.D.
	D-5	Quebrada Calquis	CODELPA	26.35		1086.0	1059.7
	D-6	Amolanas	CORPORA - Pesenti	4.33	560.0	1089.2	1084.9
	D-7	Amolanas	CODELPA	5.32	640.0	1086.8	N.D.
	D-8	Amolanas	CODELPA		640.0	1110.5	
	D-9	Amolanas	CORPORA	5.58	680.0	1097.8	1092.2
	D-10	Amolanas (Mallorca)	Alfonso Prohens	2.82		1084.2	1081.4
	D-11	Fundo Amolanas	CODELPA	4.66		1104.2	1099.5
	D-12	Amolanas (Mallorca)	Alfonso Prohens	1.07		1080.3	1079.2
	D-13	Amolanas (Mallorca)	Codelpa				
2750-7000	B-1	Vegas El Giro-Sn Antonio	Reid Dorn	8.93	820.0	988.0	N.D.
	B-2	Pueblo San Antonio	Comision Sequia			1008.0	
	B-3	Fundo La Capilla	Alfonso Kong	8.67		1008.2	999.5
	B-4	Vina del Cerro	Hauva y Fernandez	9.66	800.0	1017.8	1008.1
	B-5	Fundo El Carmen	Domingo Guggiana	8.33	670.0	1005.0	996.7
	B-6	Fundo Santa Rosa	Reid Dorn Henderson	9.89	700.0	974.0	N.D.
	B-7	Fundo Casa Rosada	Magalhaes y Prohens		640.0	962.5	
	B-8	Fundo Palo Blanco	Sucesion Pessenti Hnos.	5.91		987.0	981.1
	B-9	Fundo San Antonio	Domingo Guggiana		720.0	1002.5	
	B-10	Hijuela La Capilla	Pedro Grossi	10.08		1013.0	1002.9
	B-11	Valle Hermoso	CORPORA	8.88	700.0	1028.5	1019.6
	B-12	Valle Hermoso	Exportadora Rio Blanco		790.0		
	B-13	Vina del Cerro	Alfonso Kong	8.14		1014.4	1006.3
	B-14	Vina del Cerro	Sergio Ruiz Tagle		700.0	1005.4	

ALAMOS Y PERALTA Ingenieros Consultores Ltda.

NIVELES ESTATICOS Y CONDUCTIVIDADES DE POZOS
Segun la Encuesta hecha en terreno en Diciembre de 1986 y Enero de 1987

COORDENADA	N°	PREDIO	DUENO	NIV.EST (m.)	CONDUCT. (umhos/cm)	C.TERRENO m.s.n.m.	C.PIEZOM. m.s.n.m
ZONA LOS LOROS							
2750-7000	A-1	Los Perales - Apachetas	Antonio Jiron	1.00	1200.0	945.0	944.0
	A-2	Apachetas	Alfonso Prohens	13.12	680.0	956.4	943.3
2740-7000	C-1	Escuela Los Loros	Ministerio de Educacion	21.60	1100.0	954.5	932.9
	C-2	Hornitos	Manuel Jorquera	38.20		820.0	781.8
	C-3	Buen Retiro	Alfonso Prohens	19.6	790.0	905.0	N.D.
	C-4	Fundo La Puerta	Alfonso Prohens	-0.4	760.0	880.0	880.4
	C-5	Pueblo Los Loros	SENDOS			954.8	
	C-6	Pueblo Los Loros	Soc.Agricola Sacramento	24.27	1020.0	954.0	929.7
	C-7	Chacra San Francisco	Andreu Nicolas Patino			952.5	
	C-8	Fundo La Laguna	CORPORA		800.0	946.4	
	C-9	Fundo El Fuerte	Mario y Ciro Holvoet	8.54	950.0	935.0	926.5
	C-10	Parcela el Quinto	Carmen Olivares	7.88	1340.0	948.8	940.9

ALAMOS Y PERALTA Ingenieros Consultores Ltda.

NIVELES ESTATICOS Y CONDUCTIVIDADES DE POZOS
Segun la Encuesta hecha en terreno en Diciembre de 1986 y Enero de 1987

COORDENADA	N°	PREDIO	DUENO	NIV.EST (m.)	CONDUCT. (umhos/cm)	C.TERRENO m.s.n.m.	C.PIEZOM. m.s.n.m
ZONA ELISA DE BORDOS							
2740-7010	D-1	Hornitos	Guillermo Rojas			791.5	
	D-2	Hornitos	Adolfo Munoz				
	D-3	Hornitos	Parceleros Hornitos			805.0	
2740-7010	B-1	Elisa de Bordos	Cia. Minera San Andres	17.5	840.0	750.0	732.5
	B-2	Elisa de Bordos	Cia. Minera San Andres	14.2		751.5	N.D.
	B-3	Elisa de Bordos	Direccion de Riego	17.3	680.0	747.8	730.5
	B-4	Villa Maria - Hornitos	Soc.del Nte.Exp.Fruticola	25.17		712.3	687.1
	B-5	Villa Maria - Hornitos	Soc.del Nte.Exp.Fruticola		910.0	711.5	
	B-6	Parcela 17-B Hornitos	Soc.Agricola del Inca	23.16	900.0	779.5	N.D.
	B-7	Parcela 15 Hornitos	Guillermo Rojas	29.94		770.5	740.6
	B-8	Parcela 27 Hornitos	Isidoro Quiroga			748.8	
	B-9	Parcela 24 Hornitos	Peppi y Cabrini	22.82	890.0	754.0	731.2
	B-10	Hacienda Hornitos	Soc.del Nte.Exp.Fruticola		740.0	731.8	
	B-11	Parcela 23 Hornitos	Soc.Agricola del Inca			754.0	
	B-12	Parcela 18 Hornitos	Oscar Prohens			778.0	
	B-13	Parcela 22 Hornitos	Soc.Agr.El Sol de Copiapo	27.43		766.0	738.6
	B-14	Villa Maria - Hornitos	Soc.del Nte.Exp.Fruticola		990.0	709.6	
	B-15	Pabellon Alto	Manuel Jorquera		870.0	701.0	
	B-16	Hornitos	Abel Bouchon	17.5	980.0		

ALAMOS Y PERALTA Ingenieros Consultores Ltda.

NIVELES ESTATICOS Y CONDUCTIVIDADES DE POZOS
Segun la Encuesta hecha en terreno en Diciembre de 1986 y Enero de 1987

COORDENADA	N°	PREDIO	DUENO	NIV.EST (m.)	CONDUCT. (umhos/cm)	C.TERRENO m.s.n.m.	C.PIEZOM. m.s.n.m
ZONA PABELLON							
2730-7010	C-1	Jotabeche	Sergio Ruiz Tagle				
2730-7010	D-1	Pabellon	D6A-Observacion	25.59		651.5	625.9
	D-2	Reser. Cora N°5 Pabellon	Juan Carlos Araya	12.02	940.0	666.0	654.0
	D-3	Reser. Cora N°5 Pabellon	Juan Carlos Araya		960.0	658.6	
	D-4	Jotabeche	Soc.del Nte.Exp.Fruticola		900.0	636.7	
	D-5	Parcela 38 Jotabeche	FRUTANEX			615.3	
	D-6	Totoralillo	Sergio Ruiz Tagle	23.6	920.0	619.0	595.4
	D-7	Pabellon	Manuel Jorquera	39.45	920.0	697.0	657.6
	D-8	Pabellon	Sucesion Morales	32.75	990.0	681.0	648.3
	D-9	Jotabeche	FRUTANEX			633.1	
	D-10	Jotabeche	FRUTANEX	30.33	920.0	625.7	595.4
	D-11	Jotabeche-Qda.El Marmol	CODELPA			593.5	
	D-12	Jotabeche	Cia.Minera El Bronce	11.42		603.7	592.3
	D-13	Jotabeche	Cia Minera El Bronce	10.00		602.9	592.9
	D-14	Fundo Alianza	Soc.Procesadora El Bronce	9.37	900.0	598.1	N.D.
	D-15	Parcela 36 Jotabeche	M.Luisa Correa		920.0	615.3	
	D-16	Fundo Alianza	Soc.Procesadora El Bronce	4.61	700.0	593.5	588.9
	D-17	Fundo Alianza	Soc.Procesadora El Bronce	8.4	920.0	596.2	N.D.
ZONA QUEBRADA CERRILLOS							
2730-7010	B-1	Quebrada Cerrillos	Sucesion Ronseco	17.91	760.0	595.7	577.8
	B-2	Quebrada Cerrillos	COEMIN	11.88	1070.0	596.0	584.1
	B-3	Cerrillos	Soc.Agricola El Inca			593.3	
	B-4	Quebrada Cerrillos	AGROFRIO LTDA.	24.8		600.0	575.2
	B-5	Quebrada Cerrillos	AGROFRIO LTDA.	24.6	1010.0	600.0	575.4
	B-6	Quebrada Cerrillos	AGROFRIO LTDA.	64.2			

ALAMOS Y PERALTA Ingenieros Consultores Ltda.

NIVELES ESTATICOS Y CONDUCTIVIDADES DE POZOS
Segun la Encuesta hecha en terreno en Diciembre de 1986 y Enero de 1987

COORDENADA	N°	PREDIO	DUENO	NIV.EST (m.)	CONDUCT. (umhos/cm)	C.TERRENO m.s.n.m.	C.PIEZOM. m.s.n.m
ZONA NANTOCO							
2730-7010	A-1	Parcela N.8 Nantoco	Justino Castillo	3.48	500.0	548.8	545.3
	A-2	Parcela N.4 Nantoco Pach.	Com. Nac. Sequia	2.01	1180.0	535.5	533.5
	A-3	Canal Mal Paso	Com. Nac. Sequia	1.53	880.0	528.0	526.5
	A-4	Vivero Fiscal	Com. Nac. Sequia		1440.0	526.2	
	A-5	Parcela N.10 Nantoco	J. Manuel Quiroga	4.19	2160.0	555.7	551.5
	A-6	H. de Menores	SENDOS 976	10.13		525.0	N.D.
	A-7	Qda. Cerrillos	COEMIN			592.7	
	A-8	Cerrillos	Com. de Agua			565.5	
	A-9	H. de Menores	SENDOS 977			523.0	
	A-10	Parcela N.18 y 19 Nantoco	Theo Lingua	2.30	680.0	529.0	526.7
	A-11	Quebrada de Nantoco	CODELPA	0.37		544.5	544.1
	A-12	Punta Bateas	Cia. Minera Agustina			516.0	
	A-13	Parcela N.1 Nantoco	Humberto Labra	2.50		528.8	526.3
	A-14	Parcela N.5 Nantoco	Juan Fdo. Silva			538.0	
	A-15	Fdo. Sta. Laura Nantoco	Jose Piazzoli y Otros	4.23		557.0	552.8

ALAMOS Y PERALTA Ingenieros Consultores Ltda.

NIVELES ESTATICOS Y CONDUCTIVIDADES DE POZOS
Segun la Encuesta hecha en terreno en Diciembre de 1986 y Enero de 1987

COORDENADA	N°	PREDIO	DUENO	NIV.EST (m.)	CONDUCT. (umhos/cm)	C.TERRENO m.s.n.m.	C.PIEZOM. m.s.n.m
ZONA TIERRA AMARILLA - PAIPOTE							
2720-7010	C-1	Fund. Paipote P4	ENAMI N.4			444.0	
	C-2	Fund. Paipote Florida	ENAMI Pozo Corfo	23.29		446.0	422.7
	C-3	Fund. Paipote Florida	ENAMI N. 3	22.44	1490.0	444.0	421.6
	C-4	Planta P. Aguirre Cerda	Cia.Min.Ojos del Salado	12.50		504.0	N.D.
	C-5	Fund. Paipote P1	ENAMI N.1 (Cop 26)			446.0	
	C-6	Chacra Alcaparrosa	Patricio Ascui	4.34	1360.0	479.0	474.7
	C-7	Fund. Paipote	ENAMI N.5	22.39		442.0	419.6
	C-8	Fdo. El Buitron	Belinop Sfeir	7.90	1380.0	468.0	460.1
	C-9	Fdo. Palermo	DGA - Obs.	8.47	900.0	496.0	487.5
	C-10	Tierra Amarilla A -Parque	Com. Nac. Sequia	8.35		496.0	487.7
	C-11	Tierra Amarilla B -Teraw.	Com. Nac. Sequia	5.69	880.0	488.0	482.3
	C-12	El Crucero	Com. Nac. Sequia	11.83	1160.0	461.0	449.2
	C-13	Ojos del Salado	Planta P. Aguirre Cerda			505.0	
	C-14	Paipote Enami	ENAMI P.Cop. 30			446.0	
	C-15	Paipote Enami	ENAMI P.Cop. 29			455.0	
	C-16	Punta Negra	DGA - Obs.	23.45		443.0	419.6
	C-17	Alcaparrosa	DGA - Obs.	7.95		468.0	460.1
	C-18	Parque Tierra Amarilla	Cia. Minera San Jose			495.0	
	C-19	Paipote Enami	ENAMI P.Cop. 28			455.0	
	C-20	Paipote Enami	ENAMI P.Cop. 24	23.57		445.0	421.4
	C-21	Fdo. Vinita	Coop. Minera Agustina				

ALAMOS Y PERALTA Ingenieros Consultores Ltda.

NIVELES ESTATICOS Y CONDUCTIVIDADES DE POZOS
Segun la Encuesta hecha en terreno en Diciembre de 1986 y Enero de 1987

COORDENADA	N°	PREDIO	DUENO	NIV.EST (m.)	CONDUCT. (umhos/cm)	C.TERRENO m.s.n.m.	C.PIEZOM. m.s.n.m
ZONA SAN FERNANDO - COPIAPO							
2720-7010	A-1	Plazuela Sierralta	DOS 74			406.6	
	A-2	Plazuela Sierralta	DOS 75			407.0	
	A-3	Plazuela Sierralta	DOS 202			404.5	
	A-4	Plazuela Sierralta	DOS 203			405.0	
	A-5	Plazuela Sierralta	DOS 285				
	A-6	Pueblo S. Fernando	Comunidad San Fernando	23.91		427.0	403.1
	A-7	Pueblo S. Fernando	Comunidad San Fernando	24.01	1380.0	427.0	403.0
	A-8	Coop. Agr. S. Fdo.	DGA - Obs.	25.39		429.0	403.6
	A-9	Fdo. Vinita S. Fdo.	Angel Revello	16.00	1320.0	419.0	403.0
	A-10	Chacra Villa Angela	Osvaldo Pellegrini	24.02		427.0	403.0
	A-11	Pueblo S. Fernando	Comunidad San Fernando	21.44		425.0	403.6
	A-12	Parcela S. Miguel	Victorio Ghiglino	15.21		428.0	412.8
	A-13	Parcela Sr. Newmann	Sr. Newmann	8.02	2800.0	398.0	390.0
	A-14	Parque El Pretil	Municip. de Copiapo			404.0	
	A-15	Plazuela Sierralta	DOS 743	10.09		406.5	396.4
	A-16	Plazuela Sierralta	DOS 744				
	A-17	Pueblo S. Fernando	DGA - Obs.	27.70		435.0	407.0
	A-18	Pueblo S. Fernando	DGA - Obs.	18.89		421.0	402.1
	A-19	Plazuela Sierralta	DOS 745			405.0	
	A-20	Plazuela Puren	Martin Romero			431.0	
	A-21	Qda. Paipote	ENAMI Cop 31			440.0	
	A-22	Qda. Paipote	ENAMI Cop 32			439.0	
	A-23	Qda. Paipote	ENAMI Cop 33			435.0	
	A-24	Panamericana Sur	SENDOS - Rec.A.P.Rosario			388.0	
	A-25	Cruce Paipote	Pascual Ghiglino			439.0	
	A-26	Fdo. Santa Isabel	M.Vergara y P.Bustamante			443.0	
	A-27	Callejon El Inca	A.Versalovic			405.0	
	A-28	Fdo. Vinita Blanca	Coop. Minera Agustina	21.76		428.0	406.2
	A-29	Prop. Versalovic	Com. San Fernando			415.0	
	A-30	Vinita Azul	Juan Callegari	12.60	1050.0	407.0	394.4
	A-31	Vinita Azul	Juan Marco	9.58	1320.0	402.0	392.4
	A-32	Vinita Azul	Jorge Farah	9.07	1460.0	398.0	388.9
	A-33	Vinita Blanca	Hector R. Vallejos	15.30		416.0	400.7
	A-34	Recinto Militar	Regimiento Inf. N.23				
	A-35	Vinita Azul	Cesar Miranda	10.28	1960.0	402.0	391.7
	A-36	Copiapo - Calle Maipu	SENDOS	7.04	2200.0	382.0	375.0
	A-37	Placilla Sierralta	SENDOS N.6			405.0	
	A-38	Placilla Sierralta	SENDOS N.746			405.0	
	A-39	Placilla Sierralta	SENDOS N.1515			404.0	
	A-40	Callejon Ricardo Vallejo	Soc.Minera Indiana	13.85	1010.0	415.0	401.2
	A-41	Vinita El Datil	Octavio Vallejos	8.82	2170.0	409.0	N.D.
	A-42	Rec. A.P. Vicuna	SENDOS N.1793			395.0	
	A-43	Rec. A.P. Vicuna	SENDOS N.1794	-0.33		386.0	386.3
	A-44	Rec. A.P. Vicuna	SENDOS N.1795	8.16		394.0	385.8
	A-45	Rec. A.P. Vicuna	SENDOS N.1796			386.0	

NIVELES ESTATICOS Y CONDUCTIVIDADES DE POZOS
Segun la Encuesta hecha en terreno en Diciembre de 1986 y Enero de 1987

COORDENADA	N°	PREDIO	DUENO	NIV.EST (m.)	CONDUCT. (umhos/cm)	C.TERRENO m.s.n.m.	C.PIEZOM. m.s.n.m
	A-46	Rec. A.P. Vicuna	SENDOS N.1797			393.0	
	A-47	Parcela 121 San Fernando	Mario Godoy	15.46	3500.0	419.0	403.5
	A-48	Planta Castellon	Marcelo Castellon	10.87	1900.0	396.0	N.D.

NIVELES ESTATICOS Y CONDUCTIVIDADES DE POZOS
Segun la Encuesta hecha en terreno en Diciembre de 1986 y Enero de 1987

COORDENADA	N°	PREDIO	DUENO	NIV.EST (m.)	CONDUCT. (umhos/cm)	C.TERRENO m.s.n.m.	C.PIEZOM. m.s.n.m
ZONA LA CHIMBA - BODEGA							
2720-7020	B-1	Rec. A.P. Cancha Rayada	DOS 841	26.88	1600.0	355.0	N.D.
	B-2	Rec. A.P. Cancha Rayada	DOS 840	28.54	1560.0	354.0	N.D.
	B-3	Miguel Araya (Bodega)	CORA				
	B-4	Parcela N.14 (Bodega)	Guillermo Rojas		1900.0	345.0	
	B-5	Lagunas Estabilizadoras	Com. Bodega	31.46		345.0	313.5
	B-6	Fundo Renacer (Bodega)	Soc.Agr.Valle Dorado		1530.0	336.0	N.D.
	B-7	Panamericana Sur	DGA - Obs.			384.0	
	B-8	La Chimba	DGA - Obs.	26.85		351.3	324.5
	B-9	Planta Ojanco	Sali Hochschild			374.0	
	B-10	Tranque Nochero-Chimba	Com. Agua - Chimba			363.0	
	B-11	Villa La Selva	Com. Agua - Chimba	0.02	2.8	332.5	311.2
	B-12	Rec. A.P. Cancha Rayada	SENDOS			356.5	
	B-13	Carretera con Viel	Manuel Rivadeneira	15.71	1460.0	370.0	354.3
	B-14	Panamericana Norte	Jorge Cid y Hnos.				
	B-15	Parcela Bodega	Domingo Guggiana	27.81	1650.0	333.0	N.D.
	B-16	Fundo Renacer (Bodega)	Eduardo Guggiana	28.53	1420.0	336.0	307.5
	B-17	Parcela 16 Bodega	Patricio Rojas	31.10	1970.0	341.5	310.4
	B-18	Parcela N.4 (Bodega)	J. Tellerin y A. Santos		1420.0	343.0	N.D.
	B-19	Rec. A.P. Cancha Rayada	SENDOS N.3	25.72		355.5	329.8
	B-20	Res. Cora N°4 Toledo	Soc.Agr.Valle Dorado			327.5	
	B-21	Parcela 4 Bodega	Soc.Agr.Valle Dorado	26.86		335.5	308.6
	B-22	Parcela 10 Bodega	Soc.Agr.Melinka	29.66	1330.0	341.5	311.8
	B-23	Parcela 4 Bodega	Soc.Agr.Valle Dorado			335.5	

ALAMOS Y PERALTA Ingenieros Consultores Ltda.

NIVELES ESTATICOS Y CONDUCTIVIDADES DE POZOS
Segun la Encuesta hecha en terreno en Diciembre de 1986 y Enero de 1987

COORDENADA	N°	PREDIO	DUENO	NIV.EST (m.)	CONDUCT. (umhos/cm)	C.TERRENO m.s.n.m.	C.PIEZOM. m.s.n.m
ZONA BODEGA - CHAMONATE							
2710-7020	D-1	Parcelas 1 y 2 Chamonate	Juan Diaz y Luis Salas	14.26	1220.0	304.5	290.2
	D-2	Parcela 4 Chamonate	Raquel Porcile	9.01	1040.0	299.0	290.0
	D-3	Pichincha	Comuneros Pichincha			319.5	
	D-4	Hacienda Bodega	DGA - Obs.	22.42		330.0	307.6
	D-5	Pichincha	Comuneros Pichincha			318.0	
	D-6	Parcela 15 Bodega	Ramon Tagle	31.16	1920.0	337.0	N.D.
	D-7	Chamonate	Emilio Silva		1240.0	312.0	
	D-8	Parcela 22 Aeropuerto	DGA - Obs.	10.56		300.7	290.1
	D-9	Parcela 22 Toledo	Soc. Agricola Chamonate	12.43	1100.0	303.5	291.1
	D-10	Res.Cora N°6 Toledo	UNIAGRI (Pozo 1)	17.28	1730.0	318.5	N.D.
	D-11	Res.Cora N°6 Toledo	UNIAGRI (Pozo 4)	16.86		320.5	303.6
	D-12	Parcela 6 Pichincha	Rodrigo Moreno				
	D-13	Parcela 14 Bodega	Guillermo Rojas	26.58	2100.0	333.0	N.D.
	D-14	Pichincha	Antonio Squeo	19.18	1800.0	324.5	
	D-15	Pichincha	Antonio Squeo	29.33	1620.0	327.5	
	D-16	Carpa 4 Pichincha	Emilio Silva				
	D-17	Camino a Cerro Iman	Renato Porcille (Observ.)	15.10		307.5	
	D-18	Res.Cora N°6 Bodega	UNIAGRI (Pozo 3)	16.52	1720.0	318.0	N.D.
	D-19	Res.Cora N°6 Bodega	UNIAGRI (Pozo 2)	16.77	1500.0	317.5	N.D.
	D-20	Res.Cora N°6 Bodega	UNIAGRI (Pozo 5)			315.0	
	D-21	Parcela 11 Bodega	Ana Maria Figari	23.85	2000.0	331.0	307.2
	D-22	Carpa 4 Pichincha	Renato Porcile			310.5	

ALAMOS Y PERALTA Ingenieros Consultores Ltda.

NIVELES ESTATICOS Y CONDUCTIVIDADES DE POZOS
Segun la Encuesta hecha en terreno en Diciembre de 1986 y Enero de 1987

COORDENADA	N°	PREDIO	DUENO	NIV.EST (m.)	CONDUCT. (umhos/cm)	C.TERRENO m.s.n.m.	C.PIEZOM. m.s.n.m
ZONA CHAMONATE-PIEDRA COLGADA							
2710-7020	C-1	Hacienda San Francisco	Mario Porcile	3.22	840.0	274.0	270.8
	C-2	Parcela 9 Chamonate	Carlos Porcile	3.48	1700.0	285.0	281.5
	C-3	Parcela 5 Chamonate	Renato Porcile			295.5	
	C-4	Hacienda Toledo	Comuneros Toledo	8.12	1440.0	293.7	285.6
	C-5	Callejon Toledo	Guillermo Stein	7.97	1110.0	288.7	
	C-6	Parcela 8 Chamonate	Gabriela Porcile		2160.0	288.0	
	C-7	Fundo Santa Luisa 2	Agricola San Esteban	4.36		267.0	262.6
	C-8	Hacienda Toledo	DGA - Obs.	5.93	1200.0	287.8	
	C-9	Hacienda Toledo	Comuneros Toledo			284.0	
	C-10	Camino a Cerro Iman	DGA - Obs.	5.24	1800.0	290.5	
	C-11	Camino a Cerro Iman	Agustin Vergottini	5.21	1420.0		
	C-12	Hacienda Toledo	Sociedad Vasangel S.A.	11.24	1500.0	291.0	N.D.
	C-13	Hacienda Toledo	Sociedad Vasangel S.A.	6.48		287.0	
	C-14	Parcela 38 Toledo	Soc.Gustavo Morales			280.0	
	C-15	Fundo Santa Luisa 1	Mario Porcile	7.73	1500.0	254.0	246.3
	C-16	Vegas Piedra Colgada	Fernando Santelices	1.37	1300.0	257.0	255.6
	C-17	Fundo San Juan	Soc.Agr.Piedra Colgada	7.36	1780.0	251.0	243.6
	C-18	Chamonate (Pz 14)	DGA - Obs.	5.55	4800.0	282.0	276.5
	C-19	Piedra Colgada (Pz 13)	DGA - Obs.	2.20		263.5	261.3
	C-20	Fundo El Carmen (Pz 12)	DGA - Obs.	3.86	5000.0	248.0	244.1
	C-21	Fundo El Carmen P.Colg.	Soc.Agricola Rosaex			289.0	
	C-22	Fundo El Carmen P.Colg.	Soc.Agricola Rosaex	1.00	1970.0	248.0	247.0
						246.0	

NIVELES ESTATICOS Y CONDUCTIVIDADES DE POZOS
Segun la Encuesta hecha en terreno en Diciembre de 1986 y Enero de 1987

COORDENADA	N°	PREDIO	DUENO	NIV.EST (m.)	CONDUCT. (umhos/cm)	C.TERRENO m.s.n.m.	C.PIEZOM. m.s.n.m
ZONA PIEDRA COLGADA - SAN PEDRO							
2710-7030	D-1	Fundo San Pedro	Comunidad Parceleros	1.58		220.0	
	D-2	Fundo San Pedro	Cia.Agr. y Gan. Hornitos	3.73	1580.0	220.0	
	D-3	Fundo Los Angeles	Raul Barrionuevo	3.00	1850.0	240.0	237.0
	D-4	Fundo San Juan	Soc.Agr.Piedra Colgada	5.25	1880.0	246.0	240.8
	D-5	Fundo Marquesado	Cia.Agr.y Gan.Hornitos	3.51	1700.0	207.0	203.5
	D-6	Fundo Dos Hermanas	Camila Aguirre	3.22	1620.0	236.0	
	D-7	San Pedro	DGA - Obs.	3.42		212.0	208.6
	D-8	Fundo San Juan	DGA - Obs.	2.65		240.0	237.4
	D-9	Fdo.Los Angeles(Matadero)	Gustavo Morales y Hnos.	5.17	3000.0		
	D-10	Fundo Los Olivos	Maria Prohens	4.58	1320.0	209.5	
	D-11	La Puntilla	Cia.Agr.y Gan.Hornitos		2000.0	230.0	
	D-12	San Pedro	Maria Prohens			246.0	
	D-13	Reserva San Pedro	Patricio Olivares			229.0	
	D-14	Parcela San Pedro	Morales y Otros				
	D-15	Reserva San Pedro	Patricio Olivares	1.60	960.0	224.0	222.4
	D-16	Hacienda Perales	Soc. Agricola V y C	3.49	1220.0	218.0	214.5
	D-17	San Pedro (Pz 11)	DGA - Obs.	2.67	4800.0	213.0	210.3
	d-18	Fdo.Los Olivos	Jaime Moreno	3.1	2180.0		

NIVELES ESTATICOS Y CONDUCTIVIDADES DE POZOS

Segun la Encuesta hecha en terreno en Diciembre de 1986 y Enero de 1987

COORDENADA	N°	PREDIO	DUENO	NIV.EST (m.)	CONDUCT. (umhos/cm)	C.TERRENO m.s.n.m.	C.PIEZOM. m.s.n.m
ZONA HACIENDA MARGARITA - HACIENDA MARIA ISABEL							
2720-7030	B-1	Hacienda Perales	Soc. Agricola V y C				
	B-2	Hacienda Perales	Soc. Agricola V y C			212.0	
	B-3	Hacienda Perales	Soc. Agricola V y C	3.62	2160.0	205.0	
	B-4	Hacienda Perales	Soc. Agricola V y C	6.52	2220.0		
						202.5	
2720-7030	A-1	Hacienda Margarita	DGA - Obs.	3.31		189.0	185.7
	A-2	Hacienda Margarita	Sucesion A. Cervino	3.96	1430.0	199.0	195.0
	A-3	Fdo. Valle Fertil	Ana Aguirre de Cood	5.19	1100.0	184.0	178.8
	A-4	Hacienda Margarita	Obs.	1.79	2210.0	198.0	196.2
	A-5	Hda. Perales (Pz-10)	DGA - Obs.	2.03	3200.0	198.5	196.5
	A-6	Margarita (Pz-9)	DGA - Obs.	3.66	2340.0	193.0	189.3
	A-7	Valle Fertil (Pz-7)	DGA - Obs.	5.58	3800.0	168.0	
	A-8	San Camilo (Pz-8)	DGA - Obs.	6.25	4800.0	164.0	157.8
2720-7040	A-1	Hda. Maria Isabel	DGA - Obs.			105.0	
	A-2	Hda. Maria Isabel	DGA - Obs.			89.0	
	A-3	Hda. Maria Isabel (Pz-3)	DGA - Obs.	2.31	3900.0	105.0	102.7
	A-4	Hda. Maria Isabel (Pz-4)	DGA - Obs.	6.55	4600.0	119.0	112.5
	A-5	Hda. Maria Isabel (Pz-1)	DGA - Obs.	1.19	6600.0	95.0	93.8
2720-7040	B-1	Monte Amargo		9.07	2800.0	134.0	124.9
	B-2	Totoralillo		9.06		148.5	139.4
	B-3	Totoralillo		8.48	1500.0	148.0	139.5
	B-4	Totoralillo		8.34		147.0	138.7
	B-5	San Camilo (Pz-6)	DGA - Obs.	6.83	4000.0	157.0	150.2
	B-6	Punta Picazo (Pz-5)	DGA - Obs.	10.38	3800.0	149.0	138.6
	B-7	Monte Amargo (Pz-2)	DGA - Obs.	9.28	4900.0	133.0	123.7

ANEXO 4: ENCUESTA DE VOLUMENES BOMBEADOS EN 1986.

VOLUMENES BOMBEADOS DESDE POZOS

Segun la Encuesta hecha en terreno en Diciembre de 1986 y Enero de 1987

COORDENADA	N°	PREDIO	DUENO	VOL.BOMB. (m3/ano)	SUP.REGADA (Ha)	USO
ZONA MANFLAS,JORQUERA,PULIDO Y JUNTAS						
2800-6950	A-1	Hacienda Pulido	Tur.y Hot.Cabo de Hornos	s/u		
	A-2	Fundo La Junta	Alfonso Prohens		50.0	Vina - Durazno
	A-3	Hacienda Manflas	Agro 7 Amigos Ltda.			
	A-4	Fundo Pastillo	Alfonso Prohens		50.0	Vina
	A-5	Fundo Rodeo	Alfonso Pronens	s/u		
	A-6	Hacienda Manflas	Agro 7 Amigos Ltda.		70.0	Vina
	A-7	Hacienda Pulido	Tur.y Hot.Cabo de Hornos	s/u		
	A-8	Hacienda Pulido	Tur.y Hot.Cabo de Hornos	s/u		
	A-9	Hacienda Pulido	Tur.y Hot.Cabo de Hornos	s/u		
2800-6950	C-1	Hacienda Manflas	Soc.Agr.Manflas	s/u		
	C-2	Hacienda Manflas	Soc.Agr.Manflas	s/u		
2800-6950	D-1	Iglesia Colorada	Agroandina	s/u		
	D-2	Iglesia Colorada	Agroandina	s/u		
	D-3	Quebrada Seca	Lincoyán Cruz	s/u		
	D-4	Quebrada Seca	Agroandina	s/u		
	D-5	Los Hornos	Tur.y Hot.Cabo de Hornos	s/u		

SUPERFICIE TOTAL CULTIVADA DEL SECTOR 170.0

NUMERO TOTAL DE POZOS EN USO DEL SECTOR 3

VOLUMENES BOMBEADOS DESDE POZOS
Segun la Encuesta hecha en terreno en Diciembre de 1986 y Enero de 1987

COORDENADA	N*	PREDIO	DUENO	VOL.BOMB. (m3/ano)	SUP.REGADA (Ha)	USO
ZONA LAUTARO - SAN ANTONIO						
2750-6950	C-1	Embalse Lautaro	DGA-Observacion	s/u		
	C-2	Embalse Lautaro	DGA - Obs.	s/u		
	C-3	Embalse Lautaro	Alfonso Prohens			
	C-4	Embalse Lautaro	Alfonso Prohens	s/u		
2750-7000	D-1	Hacienda Amolanas	CORPORA		17.6	Vina
	D-2	Quebrada Calquis	Sucesion Grossi	s/u		
	D-3	Amolanas (Mallorca)	Alfonso Prohens		41.0	Vina
	D-4	Quebrada Calquis	CODELPA		70.0	Vina
	D-5	Quebrada Calquis	CODELPA	s/u		
	D-6	Amolanas	CORPORA - Pesenti	s/u		
	D-7	Amolanas	CODELPA		100.0	Vina
	D-8	Amolanas	CODELPA		40.0	Vina
	D-9	Amolanas	CORPORA		86.3	Vina
	D-10	Amolanas (Mallorca)	Alfonso Prohens	s/u		
	D-11	Fundo Amolanas	CODELPA	s/u		
	D-12	Amolanas (Mallorca)	Alfonso Prohens	s/u		
	D-13	Amolanas (Mallorca)	CODELPA	s/u		
2750-7000	B-1	Vegas El Giro-Sn Antonio	Reid Dorn Henderson		18.0	Vina
	B-2	Pueblo San Antonio	Comision Seguia	s/u		
	B-3	Fundo La Capilla	Alfonso Kong	s/u		
	B-4	Vina del Cerro	Domingo Guggiana		40.0	Vina
	B-5	Fundo El Carmen	Domingo Guggiana		70.0	Vina
	B-6	Fundo Santa Rosa	Reid Dorn Henderson		40.0	Vina
	B-7	Fundo Casa Rosada	Magalhaes y Prohens		19.0	Vina
	B-8	Fundo Palo Blanco	Sucesion Pessenti Hnos.		40.0	Vina
	B-9	Fundo San Antonio	Domingo Guggiana		?	
	B-10	Hijuela La Capilla	Pedro Grossi		?	
	B-11	Valle Hermoso	CORPORA		20.6	Vina
	B-12	Valle Hermoso	Exportadora Rio Blanco		?	
	B-13	Vina del Cerro	Alfonso Kong	s/u		
	B-14	Vina del Cerro	Sergio Ruiz Tagle		?	

VOLUMENES BOMBEADOS DESDE POZOS
Segun la Encuesta hecha en terreno en Diciembre de 1986 y Enero de 1987

COORDENADA	N#	PREDIO	DUENO	VOL.BOMB. (m3/ano)	SUP.REGADA (Ha)	USO
ZONA LOS LOROS						
2750-7000	A-1	Los Perales - Apachetas	Antonio Jiron	s/u		
	A-2	Apachetas	Alfonso Prohens		28.0	Vina
2740-7000	C-1	Escuela Los Loros	Ministerio de Educacion			A.Potable
	C-2	Hornitos - Qda.Bs.Aires	Manuel Jorquera	s/u		
	C-3	Buen Retiro	Alfonso Prohens		14.0	Vina
	C-4	Fundo La Puerta	Alfonso Prohens			A.Potable
	C-5	Pueblo Los Loros	SENDOS			A.Potable
	C-6	Pueblo Los Loros	Soc.Agricola Sacramento			A.Potable
	C-7	Chacra San Francisco	Andreu Nicolas Patino			
	C-8	Fundo La Laguna	CORPORA		18.5	Vina
	C-9	Fundo El Fuerte	Mario y Ciro Holvoet			
	C-10	Parcela el Quinto	Carmen Olivares		5.0	Vina
		SUPERFICIE TOTAL CULTIVADA DEL SECTOR			668.0	
		NUMERO TOTAL DE POZOS EN USO DEL SECTOR			25	

VOLUMENES BOMBEADOS DESDE POZOS

Segun la Encuesta hecha en terreno en Diciembre de 1986 y Enero de 1987

COORDENADA	N*	PREDIO	DUENO	VOL.BOMB. (m3/ano)	SUP.REGADA (Ha)	USO
ZONA ELISA DE BORDOS						
2740-7010	D-1	Hornitos	Soc.Agricola del Inca	s/u		
	D-2	Hornitos	Adolfo Munoz	s/u		
	D-3	Hornitos	Parceleros Hornitos	s/u		
	D-4	Hornitos	Carlos Torres	s/u		
2740-7010	B-1	Elisa de Bordos	Cia. Minera San Andres	72000.0		Ind.-A.Potable
	B-2	Elisa de Bordos	Cia. Minera San Andres	72000.0		Ind.-A.Potable
	B-3	Elisa de Bordos	Abel Bouchon - Obs. DGA	s/u		
	B-4	Villa Maria	Soc.del Nte.Exp.Fruticola			A.Potable
	B-5	Villa Maria	Soc.del Nte.Exp.Fruticola		35.2	Vina
	B-6	Parcela 17-B Hornitos	Soc.Agricola del Inca		?	
	B-7	Parcela 15 Hornitos	Soc.Agricola del Inca	s/u		
	B-8	Parcela 27 Hornitos	Abel Bouchon		45.0	Vina
	B-9	Parcela 24 Hornitos	Peppi y Cabrini		12.0	Vina
	B-10	Hacienda Hornitos	Soc.del Nte.Exp.Fruticola		51.0	Vina
	B-11	Parcela 23 Hornitos	Soc.Agricola del Inca		?	
	B-12	Parcela 18 Hornitos	Oscar Prohens		?	
	B-13	Parcela 22 Hornitos	Soc.Agr.El Sol de Copiapo	s/u		
	B-14	Hacienda Hornitos	Soc.del Nte.Exp.Fruticola		51.7	Vina
	B-15	Pabellon Alto	Manuel Jorquera		40.0	Vina

VOLUMENES BOMBEADOS DESDE POZOS

Segun la Encuesta hecha en terreno en Diciembre de 1986 y Enero de 1987

COORDENADA	N°	PREDIO	DUENO	VOL.BOMB. (m3/ano)	SUP.REGADA (Ha)	USO
ZONA PABELLON						
2730-7010	D-1	Pabellon	DGA-Observacion	s/u		
	D-2	Reser. Cora N°5 Pabellon	Juan Carlos Araya		45.0	Vina
	D-3	Reser. Cora N°5 Pabellon	Juan Carlos Araya		40.0	Vina
	D-4	Jotabeche	Soc.del Nte.Exp.Fruticola		56.6	Vina
	D-5	Parcela 36 Jotabeche	M.Luisa Correa		93.4	Vina
	D-6	Totoralillo	Soc.del Nte.Exp.Fruticola	s/u		
	D-7	Pabellon	Manuel Jorquera		60.0	Vina
	D-8	Pabellon	Agro 7 Amigos Ltda.		?	
	D-9	Jotabeche	FRUTANEX	s/u		
	D-10	Parcela 38 Jotabeche	FRUTANEX		27.0	Vina
	D-11	Fundo Alianza	Agricola Alianza Ltda.	s/u		
	D-12	Fundo Alianza	Agricola Alianza Ltda.	s/u		
	D-13	Fundo Alianza	Agricola Alianza Ltda.	s/u		
	D-14	Fundo Alianza	Agricola Alianza Ltda.		50.0	Vina
	D-15	Fundo Alianza	Agricola Alianza Ltda.		?	
ZONA QUEBRADA CERRILLOS						
2730-7010	B-1	Quebrada Cerrillos	Suc.Ronseco - Obs. DGA	s/u		
	B-2	Quebrada Cerrillos	COEMIN	s/u		
	B-3	Cerrillos	Soc.Agricola El Inca	s/u		
	B-4	Quebrada Cerrillos	AGROFRIO LTDA.	s/u		
	B-5	Quebrada Cerrillos	AGROFRIO LTDA.	s/u		
	B-6	Quebrada Cerrillos	AGROFRIO LTDA.	s/u		

SUPERFICIE TOTAL CULTIVADA DEL SECTOR 606.9

NUMERO TOTAL DE POZOS EN USO DEL SECTOR 21

VOLUMENES BOMBEADOS DESDE POZOS
Segun la Encuesta hecha en terreno en Diciembre de 1986 y Enero de 1987

COORDENADA	N*	PREDIO	DUENO	VOL.BOMB. (m3/ano)	SUP.REGADA (Ha)	USO
ZONA NANTOCO						
2730-7010	A-1	Parcela N.8 Nantoco	Justino Castillo	s/u		
	A-2	Parcela N.4 Nantoco Pach.	Com. Nac. Sequia	s/u		
	A-3	Canal Mal Paso	Com. Nac. Sequia	s/u		
	A-4	Vivero Fiscal	Com. Nac. Sequia	s/u		
	A-5	Parcela N.10 Nantoco	J. Manuel Quiroga	146.0		
	A-6	H. de Menores	SENDOS 976	420000.0		A.Potable
	A-7	Qda. Cerrillos	COEMIN	740000.0		Industrial
	A-8	Cerrillos	Com. de Agua	s/u		
	A-9	H. de Menores	SENDOS 977	1400000.0		A.Potable
	A-10	Parcela N.18 y 19 Nantoco	Theo Lingua	s/u		
	A-11	Quebrada de Nantoco	CODELPA	s/u		
	A-12	Punta Bateas	Cia. Minera Agustina	s/u		
	A-13	Parcela N.1 Nantoco	Humberto Labra	140000.0	12.0	Vina
	A-14	Parcela N.5 Nantoco	Juan Fdo. Silva			
	A-15	Fdo. Sta. Laura Nantoco	Jose Piazzoli y Otros	s/u		

VOLUMENES BOMBEADOS DESDE POZOS

Segun la Encuesta hecha en terreno en Diciembre de 1986 y Enero de 1987

COORDENADA	N°	PREDIO	DUENO	VOL.BOMB. (m3/ano)	SUP.REGADA (Ha)	USO
ZONA TIERRA AMARILLA - PAIPOTE						
2720-7010	C-1	Fund. Paipote P4	ENAMI N.4	s/u		
	C-2	Fund. Paipote Florida	ENAMI Pozo Corfo	s/u		
	C-3	Fund. Paipote Florida	ENAMI N. 3	s/u		
	C-4	Planta P. Aguirre Cerda	Cia.Min.Ojos del Salado	96000.0		Industrial
	C-5	Fund. Paipote P1	ENAMI N.1 (Cop 26)			
	C-6	Chacra Alcaparrosa	Patricio Ascui	s/u		
	C-7	Fund. Paipote	ENAMI N.5	s/u		
	C-8	Fdo. El Buitron	Belinop Sfeir	s/u		
	C-9	Fdo. Palermo	DGA - Obs.	s/u		
	C-10	Tierra Amarilla A -Parque	Com. Nac. Sequia	400000.0		Industrial
	C-11	Tierra Amarilla B -Teraw.	Com. Nac. Sequia	s/u		
	C-12	El Crucero	Com. Nac. Sequia	s/u		
	C-13	Ojos del Salado	Planta P. Aguirre Cerda	504000.0		Industrial
	C-14	Paipote Enami	ENAMI P.Cop. 30	900000.0		Industrial
	C-15	Paipote Enami	ENAMI P.Cop. 29			
	C-16	Punta Negra	DGA - Obs.	s/u		
	C-17	Alcaparrosa	DGA - Obs.	s/u		
	C-18	Parque Tierra Amarilla	Cia. Minera San Jose	700000.0		Industrial
	C-19	Paipote Enami	ENAMI P.Cop. 28	s/u		
	C-20	Paipote Enami	ENAMI P.Cop. 24	s/u		
	C-21	Fdo. Vinita	Coop. Minera Agustina	s/u		

VOLUMENES BOMBEADOS DESDE POZOS
Segun la Encuesta hecha en terreno en Diciembre de 1986 y Enero de 1987

COORDENADA	N*	PREDIO	DUENO	VOL.BOMB. (m3/ano)	SUP.REGADA (Ha)	USO
ZONA SAN FERNANDO - COPIAPO						
2720-7010	A-1	Plazuela Sierralta	DOS 74	s/u		
	A-2	Plazuela Sierralta	DOS 75	s/u		
	A-3	Plazuela Sierralta	DOS 202	s/u		
	A-4	Plazuela Sierralta	DOS 203	s/u		
	A-5	Plazuela Sierralta	DOS 285	s/u		
	A-6	Pueblo S. Fernando	Comunidad San Fernando	s/u		
	A-7	Pueblo S. Fernando	Comunidad San Fernando	s/u		
	A-8	Coop. Agr. S. Fdo.	DGA - Obs.	s/u		
	A-9	Fdo. Vinita S. Fdo.	Angel Reveilo	s/u		
	A-10	Chacra Villa Angela	Osvaldo Pellegrini	s/u		
	A-11	Pueblo S. Fernando	Comunidad San Fernando	s/u		
	A-12	Parcela S. Miguel	Victorio Ghiglino	s/u		
	A-13	Parcela Sr. Newmann	Sr. Newmann	s/u		
	A-14	Parque El Pretil	Municip. de Copiapo	s/u		
	A-15	Plazuela Sierralta	DOS 743	s/u		
	A-16	Plazuela Sierralta	DOS 744	s/u		
	A-17	Pueblo S. Fernando	DGA - Obs.	s/u		
	A-18	Pueblo S. Fernando	DGA - Obs.	s/u		
	A-19	Plazuela Sierralta	DOS 745	1875000.0		A.Potable
	A-20	Plazuela Puren	Martin Romero			
	A-21	Qda. Paipote	ENAMI Cop 31	270000.0		Industrial
	A-22	Qda. Paipote	ENAMI Cop 32	270000.0		Industrial
	A-23	Qda. Paipote	ENAMI Cop 33	s/u		
	A-24	Panamericana Sur	SENDOS - Rec.A.P.Rosario	240000.0		A.Potable
	A-25	Cruce Paipote	Pascual Ghiglino			
	A-26	Fdo. Santa Isabel	Agro 7 Amigos Ltda.		25.0	Vina
	A-27	Callejon El Inca	Cia.Minera San Esteban	81000.0		Industrial
	A-28	Fdo. Vinita Blanca	Coop. Minera Agustina	s/u		
	A-29	Prop. Versalovic	Com. San Fernando	s/u		
	A-30	Vinita Azul	Juan Callegari	s/u		
	A-31	Vinita Azul	Juan Marco	s/u		
	A-32	Vinita Azul	Jorge Farah	200000.0		Industrial
	A-33	Vinita Blanca	Hector R. Vallejos	s/u		
	A-34	Recinto Militar	Regimiento Inf. N.23			
	A-35	Vinita Azul	Cesar Miranda	s/u		
	A-36	Copiapo - Calle Maipu	SENDOS	s/u		
	A-37	Placilla Sierralta	SENDOS N.6	1875000.0		A.Potable
	A-38	Placilla Sierralta	SENDOS N.746	1875000.0		A.Potable
	A-39	Placilla Sierralta	SENDOS N.1515	1875000.0		A.Potable
	A-40	Callejon Ricardo Vallejo	Soc.Minera Indiana	36000.0		Industrial
	A-41	Vinita El Datil	Octavio Vallejos			
	A-42	Rec. A.P. Vicuna	SENDOS N.1793	s/u		
	A-43	Rec. A.P. Vicuna	SENDOS N.1794	s/u		
	A-44	Rec. A.P. Vicuna	SENDOS N.1795	s/u		
	A-45	Rec. A.P. Vicuna	SENDOS N.1796	s/u		

VOLUMENES BOMBEADOS DESDE POZOS

Segun la Encuesta hecha en terreno en Diciembre de 1986 y Enero de 1987

COORDENADA N*	PREDIO	DUENO	VOL.BOMB. (m3/ano)	SUP.REGADA (Ha)	USO
A-46	Rec. A.P. Vicuna	SENDOS N.1797	s/u		
A-47	Parcela 121 San Fernando	Mario Godoy	s/u		
A-48	Planta Castellon	Marcelo Castellon	48000.0		Industrial
A-49	Villa La Selva	Com. Agua La Chimba	s/u		

SUPERFICIE TOTAL CULTIVADA DEL SECTOR 37.0

NUMERO TOTAL DE POZOS EN USO DEL SECTOR 21

VOLUMENES BOMBEADOS DESDE POZOS

Segun la Encuesta hecha en terreno en Diciembre de 1986 y Enero de 1987

COORDENADA	N*	PREDIO	DUENO	VOL.BOMB. (m3/ano)	SUP.REGADA (Ha)	USO
ZONA LA CHIMBA - BODEGA						
2720-7020	B-1	Rec. A.P. Cancha Rayada	DOS B41	200000.0		A.Potable
	B-2	Rec. A.P. Cancha Rayada	DOS B40	470000.0		A.Potable
	B-3	Miguel Araya (Bodega)	CORA			
	B-4	Parcela N.14 (Bodega)	Guillermo Rojas		40.0	Vina
	B-5	Lagunas Estabilizadoras	Com. Bodega	s/u		
	B-6	Fundo Renacer (Bodega)	Soc.Agr.Valle Dorado		50.0	Vina
	B-7	Panamericana Sur	DGA - Obs.	s/u		
	B-8	La Chimba	DGA - Obs.	s/u		
	B-9	Planta Ojanco	Sali Hochschild	1300000.0		Industrial
	B-10	Tranque Nochero-Chimba	Com. Agua - La Chimba	s/u		
	B-11	Parcela 4 Bodega	Soc.Agr.Valle Dorado	s/u		
	B-12	Rec. A.P. Cancha Rayada	SENDOS	1260000.0		A.Potable
	B-13	Carretera con Viel	Manuel Rivadeneira	s/u		
	B-14	Panamericana Norte	Jorge Cid y Hnos.			
	B-15	Parcela Bodega	Domingo Guggiana		100.0	Vina
	B-16	Fundo Renacer (Bodega)	Eduardo Guggiana	s/u		
	B-17	Parcela 16 Bodega	Patricio Rojas	s/u		
	B-18	Parcela N.4 (Bodega)	J. Tellerin y A. Santos		6.0	Vina
	B-19	Rec. A.P. Cancha Rayada	SENDOS N.3	s/u		
	B-20	Parcela 4 Bodega	Soc.Agr.Valle Dorado		50.0	Vina
	B-21	Parcela 4 Bodega	Soc.Agr.Valle Dorado	s/u		
	B-22	Parcela 10 Bodega	Soc.Agr.Melinka	s/u		

VOLUMENES BOMBEADOS DESDE POZOS

Segun la Encuesta hecha en terreno en Diciembre de 1986 y Enero de 1987

COORDENADA	N*	PREDIO	DUENO	VOL.BOMB. (m3/ano)	SUP.REGADA (Ha)	USO
ZONA BODEGA - CHAMONATE						
2710-7020	D-1	Parcelas 1 y 2 Chamonate	Juan Diaz y Luis Salas	s/u		
	D-2	Parcela 4 Chamonate	Raquel Porcile	s/u		
	D-3	Pichincha	Comuneros Pichincha	s/u		
	D-4	Hacienda Bodega	DGA - Obs.	s/u		
	D-5	Pichincha	Comuneros Pichincha	s/u		
	D-6	Parcela 15 Bodega	Ramon Tagle		60.0	Vina
	D-7	Chamonate				
	D-8	Parcela 22 Aeropuerto	DGA - Obs.	s/u		
	D-9	Parcela 22 Toledo	Soc. Agricola Chamonate	s/u		
	D-10	Res.Cora N*6 Toledo	UNIAGRI (Pozo 1)		70.0	Vina
	D-11	Res.Cora N*6 Toledo	UNIAGRI (Pozo 4)	s/u		
	D-12	Parcela 6 Pichincha	Rodrigo Moreno			
	D-13	Parcela 14 Bodega	Guillermo Rojas		91.0	Vina
	D-14	Pichincha	Antonio Squeo		22.5	Vina
	D-15	Pichincha	Antonio Squeo		22.5	Vina
	D-16	Carpa 4 Pichincha	Emilio Silva			
	D-17	Camino a Cerro Iman	Renato Porcille (Observ.)			
	D-18	Res.Cora N*6 Bodega	UNIAGRI (Pozo 3)		70.0	Vina
	D-19	Res.Cora N*6 Bodega	UNIAGRI (Pozo 2)		70.0	Vina
	D-20	Res.Cora N*6 Bodega	UNIAGRI (Pozo 5)	s/u		
	D-21	Parcela 11 Bodega	Ana Maria Figari	s/u		
	D-22	Carpa 4 Pichincha	Renato Porcile			

VOLUMENES BOMBEADOS DESDE POZOS

Segun la Encuesta hecha en terreno en Diciembre de 1986 y Enero de 1987

COORDENADA	N*	PREDIO	DUENO	VOL.BOMB. (m3/ano)	SUP.REGADA (Ha)	USO
ZONA CHAMONATE-PIEDRA COLGADA						
2710-7020	C-1	Hacienda San Francisco	Mario Porcile	s/u		
	C-2	Parcela 9 Chamonate	Carlos Porcile	s/u		
	C-3	Parcela 5 Chamonate	Renato Porcile	s/u		
	C-4	Hacienda Toledo	Comuneros Toledo	s/u		
	C-5	Callejon Toledo	Guillermo Stein		10.0	Vina
	C-6	Parcela 8 Chamonate	Gabriela Porcile	s/u		
	C-7	Fundo Santa Luisa 2	Agricola San Esteban	s/u		
	C-8	Hacienda Toledo	DGA - Obs.	s/u		
	C-9	Hacienda Toledo	Comuneros Toledo			
	C-10	Camino a Cerro Iman	DGA - Obs.	s/u		
	C-11	Camino a Cerro Iman	Agustin Vergottini			Industrial
	C-12	Hacienda Toledo	Sociedad Vasagel S.A.		32.0	Vina
	C-13	Hacienda Toledo	Sociedad Vasagel S.A.			
	C-14	Parcela 38 Toledo	Soc.Gustavo Morales		49.0	Hortalizas
	C-15	Fundo Santa Luisa 1	Mario Porcile	s/u		
	C-16	Vegas Piedra Colgada	Fernando Santelices			
	C-17	Fundo San Juan	Soc.Agr.Piedra Colgada	s/u		
	C-18	Chamonate (Pz 14)	DGA - Obs.			
	C-19	Piedra Colgada (Pz 13)	DGA - Obs.	s/u		
	C-20	Fundo El Carmen (Pz 12)	DGA - Obs.	s/u		
	C-21	Fundo El Carmen P.Colg.	Soc.Agricola Rosaex			
	C-22	Fundo El Carmen P.Colg.	Soc.Agricola Rosaex		40.0	Hortalizas

SUPERFICIE TOTAL CULTIVADA DEL SECTOR 783.0

NUMERO TOTAL DE POZOS EN USO DEL SECTOR 21

VOLUMENES BOMBEADOS DESDE POZOS

Segun la Encuesta hecha en terreno en Diciembre de 1986 y Enero de 1987

COORDENADA	N*	PREDIO	DUENO	VOL.BOMB. (m3/ano)	SUP.REGADA (Ha)	USO
ZONA PIEDRA COLGADA - SAN PEDRO						
2710-7030	D-1	Fundo San Pedro	Comunidad Parceleros			
	D-2	Fundo San Pedro	Cia.Agr. y Gan. Hornitos			
	D-3	Fundo Los Angeles	Raul Barrionuevo	s/u		
	D-4	Fundo San Juan	Soc.Agr.Piedra Colgada			A.Potable
	D-5	Fundo Marquesado	Cia.Agr.y Gan.Hornitos		30.0	Hortalizas
	D-6	Fundo Dos Hermanas	Camila Aguirre			
	D-7	San Pedro	DGA - Obs.	s/u		
	D-8	Fundo San Juan	DGA - Obs.	s/u		
	D-9	Fdo.Los Angeles(Matadero)	Gustavo Morales y Hnos.			Industrial
	D-10	Fundo Los Olivos	Maria Prohens		100.0	Olivos - Hort.
	D-11	La Puntilla	Cia.Agr.y Gan.Hornitos		12.0	Trigo
	D-12	San Pedro	Maria Prohens			
	D-13	Reserva San Pedro	Patricio Olivares	s/u		
	D-14	Parcela San Pedro	Morales y Otros			
	D-15	Reserva San Pedro	Patricio Olivares			
	D-16	Hacienda Perales	Soc. Agricola V y C	s/u		
	D-17	San Pedro (Pz 11)	DGA - Obs.	s/u		

VOLUMENES BOMBEADOS DESDE POZOS

Segun la Encuesta hecha en terreno en Diciembre de 1986 y Enero de 1987

COORDENADA	N*	PREDIO	DUENO	VOL.BOMB. (m3/ano)	SUP.REGADA (Ha)	USO
ZONA HACIENDA MARGARITA - HACIENDA MARIA ISABEL						
2720-7030	B-1	Hacienda Perales	Soc. Agricola V y C		6.0	Hortalizas
	B-2	Hacienda Perales	Soc. Agricola V y C	s/u		
	B-3	Hacienda Perales	Soc. Agricola V y C	s/u		
	B-4	Hacienda Perales	Soc. Agricola V y C			A.Potable
2720-7030	A-1	Hacienda Margarita	DGA - Obs.	s/u		
	A-2	Hacienda Margarita	Sucesion A. Cervino	s/u		
	A-3	Fdo. Valle Fertil	Ana Aguirre de Coco	s/u		
	A-4	Hacienda Margarita				
	A-5	Hda. Perales (Pz-10)	DGA - Obs.	s/u		
	A-6	Margarita (Pz-9)	DGA - Obs.	s/u		
	A-7	Valle Fertil (Pz-7)	DGA - Obs.	s/u		
	A-8	San Camilo (Pz-8)	DGA - Obs.	s/u		
2720-7040	A-1	Hda. Maria Isabel	DGA - Obs.	s/u		
	A-2	Hda. Maria Isabel	DGA - Obs.	s/u		
	A-3	Hda. Maria Isabel (Pz-3)	DGA - Obs.	s/u		
	A-4	Hda. Maria Isabel (Pz-4)	DGA - Obs.	s/u		
	A-5	Hda. Maria Isabel (Pz-1)	DGA - Obs.	s/u		
2720-7040	B-1	Monte Amargo				
	B-2	Totoralillo				
	B-3	Totoralillo				
	B-4	Totoralillo				
	B-5	San Camilo (Pz-6)	DGA - Obs.			
	B-6	Punta Picazo (Pz-5)	DGA - Obs.			
	B-7	Monte Amargo (Pz-2)	DGA - Obs.			

SUPERFICIE TOTAL CULTIVADA DEL SECTOR 148.0

NUMERO TOTAL DE POZOS EN USO DEL SECTOR 7

A N E X O N° 5

VALORES DE CAUDAL

ESPECIFICO Y TRANSMISIVIDADES

ALAMOS Y PERALTA Ingenieros Consultores Ltda.

CARACTERISTICAS HIDRAULICAS DEL EMBALSE SUBTERRANEO

COORDENADA	Nº	PREDIO	CAUD.ESP. (l/s/m)	CAUDAL BOMBEO (l/s)	HABILIT. HASTA (m)	ESP.TOTAL ACUIFERO (m)	ESP.SAT POZO (m)	ESP.SAT ACUIFERO (m)	TRANSMISIVIDAD ADOPTADA (m2 dia/m)
		SECTOR MANFLAS, JORQUERA, PULIDO Y JUNTAS							
2300-6950	A-1	Hacienda Pulido	15.9	90.0	90.0	290.0	67.1	267.0	7.200
	A-2	Fundo La Junta	2.2	45.0	95.0	190.0	63.9	168.9	1.100
	A-3	Hacienda Manflas	14.0	120.0	80.0	580.0	52.3	572.3	16.800
	A-4	Fundo Pastillo	3.4	55.0	80.0	400.0	60.4	380.4	2.550
	A-5	Fundo Rodeo	34.5	127.0	110.0	310.0	51.9	261.9	20.700
	A-6	Hacienda Manflas	17.9	100.0	80.0	290.0	53.0	263.0	10.740
	A-7	Hacienda Pulido				300.0		300.0	
	A-8	Hacienda Pulido				320.0		320.0	
	A-9	Hacienda Pulido				300.0		300.0	
2500-6950	C-1	Hacienda Manflas				200.0		200.0	
	C-2	Hacienda Manflas				160.0		160.0	
2500-6950	D-1	Iglesia Colorada							
	D-2	Iglesia Colorada							
	D-3	Quebrada Seca	3.2	100.0	67.7		52.9	250.0 ?	1.920
	D-4	Quebrada Seca	9.7	95.0	90.0		59.0	250.0 ?	5.220
	D-5	Los Hornos				260.0		260.0	

CARACTERISTICAS HIDRAULICAS DEL EMBALSE SUBTERRANEO

COORDENADA	N°	PREDIO	CAUD.ESP. (l/s/m)	CAUDAL BOMBEO (l/s)	HABILIT. HASTA (m)	ESP.TOTAL ACUIFERO (m)	ESP.SAT POZO (m)	ESP.SAT ACUIFERO (m)	TRANSMISIVIDAD ADOPTADA (m3/dia/m)
		SECTOR EMBALSE LAUTARO - LA PUERTA							
		ZONA LAUTARO - SAN ANTONIO							
2750-6950	C-1	Embalse Lautaro				500.0		500.0	
	C-2	Embalse Lautaro				500.0		500.0	
	C-3	Embalse Lautaro	2.6	60.0	70.0	190.0	66.0	186.0	1.300
	C-4	Embalse Lautaro	14.0	60.0	70.0	350.0	65.8	345.8	11.200
2750-7000	D-1	Hacienda Amolanas				480.0		480.0	
	D-2	Quebrada Calquis	17.1	120.0	60.0	400.0	38.0	378.0	18.000
	D-3	Amolanas (Mallorca)	46.7	140.0	60.0	440.0	50.0	390.0	20.000
	D-4	Quebrada Calquis	5.9	103.0	80.0	440.0	55.6	415.6	5.000
	D-5	Quebrada Calquis	2.7	41.0	80.0	440.0	41.5	401.5	3.250
	D-6	Amolanas	15.9	85.0	57.0	490.0	53.4	486.4	17.000
	D-7	Amolanas - Fundo Tabilo				400.0		400.0	
	D-8	Amolanas	17.6	104.0	60.0	480.0	51.9	471.9	19.000
	D-9	Amolanas	25.0	150.0	75.0	470.0	68.0	463.0	18.000
	D-10	Amolanas (Mallorca)	21.3	128.0	70.0	490.0	55.0	475.0	19.000
	D-11	Fundo Amolanas				350.0		350.0	
	D-12	Amolanas (Mallorca)				370.0		370.0	
	D-13	Amolanas (Mallorca)				340.0		340.0	
2750-7000	B-1	Vegas El Giro-San Antonio				220.0		220.0	
	B-2	Pueblo San Antonio				210.0		210.0	
	B-3	Fundo La Capilla				200.0		200.0	
	B-4	Vina del Cerro	10.5	42.0	60.0	250.0	36.0	226.0	7.900
	B-5	Fundo El Carmen				210.0		210.0	
	B-6	Fundo Santa Rosa				160.0		160.0	
	B-7	Fundo Casa Rosada	3.1	70.0	66.0	100.0	58.5	92.5	1.300
	B-8	Fundo Palo Blanco	2.7	80.0	80.0	240.0	66.5	226.5	1.600
	B-9	Fundo San Antonio				210.0		210.0	
	B-10	Hijuela La Capilla				220.0		220.0	
	B-11	Valle Hermoso	40.0	80.0	70.0	440.0	58.3	428.3	17.000
	B-12	Valle Hermoso	1.9	35.0	50.0		38.7		
	B-13	Vina del Cerro				230.0		230.0	
	B-14	Vina del Cerro				210.0		210.0	

ALAMOS Y PERALTA Ingenieros Consultores Ltda.

CARACTERISTICAS HIDRAULICAS DEL EMBALSE SUBTERRANEO

COORDENADA	N°	PREDIO	CAUD.ESP. (l/s/m)	CAUDAL BOMBEO (l/s)	HABILIT. HASTA (m)	ESP.TOTAL ACUIFERO (m)	ESP.SAT POZO (m)	ESP.SAT ACUIFERO (m)	TRANSMISIVIDAD ADOPTADA (m3/dia/m)
ZONA LOS LOROS									
2750-7000	A-1	Los Perales - Apachetas		8.0	12.0	40.0	11.4	39.4	
	A-2	Apachetas	4.0	80.0	71.0	70.0	60.0	59.0	1.200
2740-7000	C-1	Escuela Los Loros	13.5	27.0	42.0	45.0	21.0	24.0	4.000
	C-2	Hornitos - Qda.Bs.Aires				220.0		220.0	
	C-3	Buen Retiro		90.0	62.0	130.0	50.5	118.5	
	C-4	Fundo La Puerta	2.2	77.5	75.0	100.0	40.0	65.0	1.000
	C-5	Pueblo Los Loros				45.0		45.0	
	C-6	Pueblo Los Loros	14.0	28.0	27.0	40.0	7.5	20.5	8.000
	C-7	Chacra San Francisco				70.0		70.0	
	C-8	Fundo La Laguna	6.3	75.0	70.0	160.0	57.9	147.9	3.500
	C-9	Fundo El Fuerte				150.0		150.0	
	C-10	Parcela el Quinto	0.4	6.5	36.0	50.0	27.2	41.2	250

CARACTERISTICAS HIDRAULICAS DEL EMBALSE SUBTERRANEO

INGENIERIA	N°	PREDIO	CAUD.ESP. (l/s/m)	CAUDAL BOMBEO (l/s)	HABILIT. HASTA (m)	ESP.TOTAL ACUIFERO (m)	ESP.SAT POZO (m)	ESP.SAT ACUIFERO (m)	TRANSMISIVIDAD ADOPTADA (m3/dia/m)
		SECTOR LA PUERTA - MALPASO							
ZONA ELISA DE BORDOS									
ZMA-7010	D-1	Hornitos				400.0		400.0	
	D-2	Hornitos				280.0		280.0	
	D-3	Hornitos	5.6	50.0	96.0	230.0	39.0	173.0	3.300
	D-4	Hornitos				170.0		170.0	
ZMA-7010	B-1	Elisa de Bordos	4.5	18.0	78.8	450.0	21.5	397.0	6.300
	B-2	Elisa de Bordos	15.0	30.0	81.0	450.0	15.5	384.5	20.000
	B-3	Elisa de Bordos				480.0		480.0	
	B-4	Villa Maria - Hornitos	0.1	2.2	73.5	170.0	50.7	147.2	100
	B-5	Villa Maria - Hornitos				170.0		170.0	
	B-6	Parcela 17-B Hornitos	11.4	100.0	60.0	300.0	31.9	271.8	7.700
	B-7	Parcela 15 Hornitos				340.0		340.0	
	B-8	Parcela 27 Hornitos				480.0		480.0	
	B-9	Parcela 24 Hornitos	33.3	70.0	75.0	400.0	24.1	345.1	30.000
	B-10	Hacienda Hornitos	16.3	83.0	75.0	230.0	66.1	221.1	9.000
	B-11	Parcela 23 Hornitos	57.1	100.0	60.0	400.0	41.8	381.8	17.000
	B-12	Parcela 18 Hornitos	5.0	50.0	80.0	310.0	51.8	291.5	3.900
	B-13	Parcela 22 Hornitos	15.7	70.0	75.0	350.0	57.0	338.0	13.200
	B-14	Villa Maria - Hornitos	7.5	105.0	75.0	140.0	57.0	113.0	4.500
	B-15	Pabellon Alto				150.0		150.0	

ALAMOS Y PERALTA Ingenieros Consultores Ltda.

CARACTERISTICAS HIDRAULICAS DEL EMBALSE SUBTERRANEO

COORDENADA	N°	PREDIO	CAUD.ESP. (l/s/m)	CAUDAL BOMBEO (l/s)	HABILIT. HASTA (m)	ESP.TOTAL ACUIFERO (m)	ESP.SAT POZO (m)	ESP.SAT ACUIFERO (m)	TRANSMISIVIDAD ADOPTADA (m3/dia/m)
ZONA PABELLON									
2730-7010	D-1	Pabellon				160.0		160.0	
	D-2	Reser. Cora N°5 Pabellon				40.0		40.0	
	D-3	Reser. Cora N°5 Pabellon	6.7	60.0	100.0		53.6	100?	4.000
	D-4	Jotabeche	13.6	85.0	94.0	480.0	49.0	200.0	8.200
	D-5	Parcela 36 Jotabeche	4.3	30.0	90.0	130.0	43.8	93.8	2.600
	D-6	Totoralillo	37.1	52.0	60.0	240.0	36.4	160.4	20.000
	D-7	Pabellon				150.0		150.0	
	D-8	Pabellon	17.3	60.0	80.0	80.0	53.9	53.9	5.200
	D-9	Jotabeche				540.0		240.0	
	D-10	Parcela 38 Jotabeche	2.4	55.0	80.0	520.0	36.5	176.0	1.440
	D-11	Fundo Alianza				280.0		280.0	
	D-12	Fundo Alianza	11.5	70.0	70.0	220.0	63.1	213.1	7.000
	D-13	Fundo Alianza	13.5	70.0	60.0	220.0	54.0	214.0	7.300
	D-14	Fundo Alianza	2.1	100.0	80.0	270.0	76.9	266.9	1.300
	D-15	Fundo Alianza				280.0		280.0	
ZONA QUEBRADA CERRILLOS									
2730-7010	B-1	Quebrada Cerrillos	27.9	141.0	116.0	220.0	86.1	190.1	12.500
	B-2	Quebrada Cerrillos	15.0	75.0	65.6	210.0	49.6	194.0	8.100
	B-3	Cerrillos	28.2	60.0	60.2	250.0	58.3	248.1	
	B-4	Quebrada Cerrillos				210.0		210.0	
	B-5	Quebrada Cerrillos				210.0		210.0	
	B-6	Quebrada Cerrillos				210.0		210.0	

ALAMOS Y PERALTA Ingenieros Consultores Ltda.

CARACTERISTICAS HIDRAULICAS DEL EMBALSE SUBTERRANEO

COORDENADA	N°	PREDIO	CAUD.ESP. (l/s/m)	CAUDAL BOMBEO (l/s)	HABILIT. HASTA (m)	ESP.TOTAL ACUIFERO (m)	ESP.SAT POZO (m)	ESP.SAT ACUIFERO (m)	TRANSMISIVIDAD ADOPTADA (m3/dia/m)
ZONA NANTOCO									
2730-7010	A-1	Parcela N.8 Nantoco	14.8	34.0	32.0	240.0	25.9	232.9	14.800
	A-2	Parcela N.4 Nantoco Pach.	2.8	55.0	47.4	120.0	43.1	115.7	1.700
	A-3	Canal Mal Paso	11.7	77.5	50.0	260.0	44.7	254.7	7.700
	A-4	Vivero Fiscal				290.0		290.0	
	A-5	Parcela N.10 Nantoco			25.8	210.0	14.3	198.5	
	A-6	H. de Menores	10.8	95.0	32.0	310.0	18.9	196.8	13.000
	A-7	Qda. Cerrillos		6.5	77.0	300.0	47.4	270.4	
	A-8	Cerrillos	4.5	84.0	49.0	160.0	35.6	146.6	4.000
	A-9	H. de Menores	8.8	85.0	35.0	310.0	20.3	195.7	10.600
	A-10	Parcela N.18 y 19 Nantoco	12.0	60.0	50.0	290.0	45.1	185.0	7.200
	A-11	Quebrada de Nantoco	17.1	135.0	60.0	160.0	58.4	153.4	7.700
	A-12	Punta Bateas	2.8	15.0	40.2	310.0	17.5	187.3	3.000
	A-13	Parcela N.1 Nantoco	10.4	12.5		250.0		249.5	
	A-14	Parcela N.5 Nantoco		12.5	11.5	130.0	11.0	129.5	
	A-15	Fdo. Sta. Laura Nantoco				160.0		160.0	

ALAMOS Y PERALTA Ingenieros Consultores Ltda.

CARACTERISTICAS HIDRAULICAS DEL EMBALSE SUBTERRANEO

COORDENADA	N°	PREDIO	CAUD.ESP. (l/s/m)	CAUDAL BOMBEO (l/s)	HABILIT. HASTA (m)	ESP.TOTAL ACUIFERO (m)	ESP.SAT POZO (m)	ESP.SAT ACUIFERO (m)	TRANSMISIVIDAD ADOPTADA (m3/dia/m)
		SECTOR MALPASO - COPIAPO							
ZONA TIERRA AMARILLA - PAIPOTE									
2720-7010	C-1	Fund. Paipote P4	3.8	29.2	36.3	190.0	9.3	163.0	6.800
	C-2	Fund. Paipote Florida		25.0	40.4	180.0	14.7	154.3	
	C-3	Fund. Paipote Florida	25.0	50.0	41.8	180.0	18.8	157.0	20.000
	C-4	Planta P. Aguirre Cerda	35.2	13.0	34.4	180.0	15.9	165.5	10.500
	C-5	Fund. Paipote P1	7.7	45.0	45.8	180.0	1[illegible].9	151.1	7.000
	C-6	Chacra Alcaparrosa				280.0		280.0	
	C-7	Fund. Paipote	4.9	4[illegible].0	60.2	180.0	18.3	138.1	4.400
	C-8	Fdo. El Buitron	15.0	80.0	42.9	290.0	31.2	278.3	14.400
	C-9	Fdo. Palermo			16.1	200.0	7.3	191.2	
	C-10	Tierra Amarilla (Parque)	12.6	108.0	46.5	300.0	34.5	285.0	11.700
	C-11	Tierra Amarilla(Terawaki)	12.5	108.0	53.0	240.0	41.0	229.0	9.4[illegible]
	C-12	El Crucero	3.3	50.0	50.0	260.0	36.0	246.0	2.900
	C-13	Ojos del Salado				150.0		150.0	
	C-14	Paipote Enami	13.9	30.0	48.0	150.0	34.2	115.2	13.900
	C-15	Paipote Enami	2.4	17.0	65.0	180.0	17.2	172.2	2.500
	C-16	Punta Negra			42.5	180.0	12.5	15[illegible].0	
	C-17	Alcaparrosa			25.0	280.0	11.1	268.1	
	C-18	Parque Tierra Amarilla	7.4	20.0	50.0	310.0	29.5	28[illegible].5	8.200
	C-19	Paipote Enami				180.0		180.0	
	C-20	Paipote Enami				180.0		180.0	
	C-21	Fdo. Vinita				210.0		210.0	

CARACTERISTICAS HIDRAULICAS DEL EMBALSE SUBTERRANEO

MENADA	N°	PREDIO	CAUD.ESP. (l/s/m)	CAUDAL BOMBEO (l/s)	HABILIT. HASTA (m)	ESP.TOTAL ACUIFERO (m)	ESP.SAT POZO (m)	ESP.SAT ACUIFERO (m)	TRANSMISIVIDAD ADOPTADA (m3/dia/m)
N° SAN FERNANDO - COPIAPO									
DW-[illegible]	A-1	Plazuela Sierralta	7.0	18.0	33.5	480.0	24.0	470.5	13.100
	A-2	Plazuela Sierralta	6.8	13.7	44.5	520.0	35.2	510.7	11.100
	A-3	Plazuela Sierralta	3.7	40.0	38.0	480.0	27.4	469.4	10.500
	A-4	Plazuela Sierralta	1.6	17.0	39.4	480.0	29.5	470.1	3.000
	A-5	Plazuela Sierralta	0.5	8.0	32.8	520.0	22.4	509.6	1.350
	A-6	Pueblo S. Fernando	43.7	105.0	70.0	290.0	42.1	262.1	12.000
	A-7	Pueblo S. Fernando			35.4	280.0	7.5	252.1	
	A-8	Coop. Agr. S. Fdo.	7.3	58.0	78.0	280.0	48.5	250.5	5.200
	A-9	Fdo. Vinita S. Fdo.	5.2	40.0	35.0	300.0	14.4	279.4	10.400
	A-10	Chacra Villa Angela	18.3	55.0	51.0	240.0	24.0	217.0	17.500
	A-11	Pueblo S. Fernando	60.6	105.0	64.8	290.0	39.6	264.8	16.500
	A-12	Parcela S. Miguel	4.9	47.0	48.0	90.0	17.3	55.3	3.000
	A-13	Parcela Sr. Newmann				440.0		440.0	
	A-14	Parque El Pretil	27.2	60.0	37.0	520.0	30.7	513.7	20.000?
	A-15	Plazuela Sierralta	6.0	110.0	100.0	480.0	88.5	488.5	4.200
	A-16	Plazuela Sierralta			103.2	480.0		480.0	
	A-17	Pueblo S. Fernando			47.5	240.0	18.1	210.6	
	A-18	Pueblo S. Fernando			28.8	380.0	8.4	359.6	
	A-19	Plazuela Sierralta	47.0	70.0	104.4	480.0	84.5	460.1	10.500
	A-20	Plazuela Puren				100.0		100.0	
	A-21	Qda. Paipote	56.0	65.0	70.0	220.0	27.6	177.6	15.000
	A-22	Qda. Paipote	27.8	66.0	71.0	220.0	30.0	179.0	6.400
	A-23	Qda. Paipote	40.5	60.0	71.0	220.0	34.5	183.5	10.800
	A-24	Panamericana Sur				390.0		390.0	
	A-25	Cruce Paipote				230.0		230.0	
	A-26	Fdo. Santa Isabel	20.5	70.0	74.0	210.0	33.4	169.4	5.500
	A-27	Callejon El Inca				240.0		240.0	
	A-28	Fdo. Vinita Blanca				230.0		230.0	
	A-29	Prop. Versalovic	10.2	52.0	41.4	550.0	17.1	525.7	20.000?
	A-30	Vinita Azul	19.4	70.0	60.0	550.0	37.1	527.1	20.000?
	A-31	Vinita Azul				490.0		490.0	
	A-32	Vinita Azul				480.0		480.0	
	A-33	Vinita Blanca	2.1	40.0	70.0	400.0	42.0	372.0	2.400
	A-34	Recinto Militar	1.1	22.0	42.0	230.0	31.5	219.5	1.000
	A-35	Vinita Azul				540.0		540.0	
	A-36	Copiapo - Calle Maipo	1.1	22.0	60.0	150.0	52.0	142.0	600
	A-37	Placilla Sierralta	12.7	77.0	56.5	480.0	40.0	463.5	16.200
	A-38	Placilla Sierralta	16.7	60.0	37.6	480.0	17.6	460.0	20.000?
	A-39	Placilla Sierralta	7.8	70.0	85.0	480.0	66.5	461.5	5.700
	A-40	Callejon Ricardo Vallejo				360.0		360.0	
	A-41	Vinita El Datil				470.0		470.0	
	A-42	Rec. A.P. Vicuna	9.2	70.0	70.0	450.0	62.1	442.1	8.800
	A-43	Rec. A.P. Vicuna				440.0		440.0	
	A-44	Rec. A.P. Vicuna	4.9	60.0	70.0	440.0	60.7	430.7	4.500

CARACTERISTICAS HIDRAULICAS DEL EMBALSE SUBTERRANEO

COORDENADA N°	PREDIO	CAUD.ESP. (l/s/m)	CAUDAL BOMBEO (l/s)	HABILIT. HASTA (m)	ESP.TOTAL ACUIFERO (m)	ESP.SAT POZO (m)	ESP.SAT ACUIFERO (m)	TRANSMISIVIDAD ADOPTADA (m3/dia/m)
A-45	Rec. A.P. Vicuna	20.2	70.0	60.0	440.0	59.3	439.3	6.000
A-46	Rec. A.P. Vicuna	10.1	50.0	66.5	430.0	58.2	421.7	9.000
A-47	Parcela 121 San Fernando				290.0		290.0	
A-48	Planta Castellon	7.4	17.0		440.0		429.5	
A-49	Villa La Selva				340.0		340.0	

ALAMOS Y PERALTA Ingenieros Consultores Ltda.

CARACTERISTICAS HIDRAULICAS DEL EMBALSE SUBTERRANEO

COORDENADA	N#	PREDIO	CAUD.ESP. (l/s/m)	CAUDAL BOMBEO (l/s)	HABILIT. HASTA (m)	ESP.TOTAL ACUIFERO (m)	ESP.SAT POZO (m)	ESP.SAT ACUIFERO (m)	TRANSMISIVIDAD ADOPTADA (m3/dia/m)
		SECTOR COPIAPO - PIEDRA COLGADA							
ZONA LA CHIMBA - BODEGA									
2720-7020	B-1	Rec. A.P. Cancha Rayada	16.8	77.0	64.0	380.0	38.2	354.2	11.800
	B-2	Rec. A.P. Cancha Rayada	10.9	70.0	64.0	380.0	37.5	353.5	11.500
	B-3	Miguel Araya (Bodega)				380.0		380.0	
	B-4	Parcela N.14 (Bodega)	26.7	80.0	60.0	380.0	27.0	347.0	
	B-5	Lagunas Estabilizadoras				230.0		230.0	
	B-6	Fundo Renacer (Bodega)	6.2	85.0	60.0	205.0	28.7	173.7	
	B-7	Panamericana Sur			20.0	340.0	14.3	334.3	
	B-8	La Chimba			42.5	400.0	12.5	371.0	
	B-9	Planta Ojanco	12.4	90.0	55.1	340.0	54.4	339.3	5.700
	B-10	Tranque Nochero-Chimba	3.8	34.0	29.4	340.0	29.3	338.9	5.000
	B-11	Parcela 4 Bodega				210.0		210.0	
	B-12	Rec. A.P. Cancha Rayada	10.0	60.0	75.0	380.0	43.0	346.0	12900
	B-13	Carretera con Viel	12.0	16.2		340.0		322.7	
	B-14	Panamericana Norte				440.0		440.0	
	B-15	Parcela Bodega	20.3	60.0	66.2	250.0	32.3	222.1	20000
	B-16	Fundo Renacer (Bodega)	10.9	43.0	66.0	205.0	29.2	174.2	12300
	B-17	Parcela 16 Bodega		110.0	58.0	370.0	26.3	336.3	
	B-18	Parcela N.4 (Bodega)				220.0		220.0	
	B-19	Rec. A.P. Cancha Rayada				380.0		380.0	
	B-20	Res. Cora N#4 Toledo		120.0	59.3	205.0	37.3	183.0	
	B-21	Parcela 4 Bodega	12.7	80.0	58.0	205.0	29.7	176.3	12300
	B-22	Parcela 10 Bodega	3.1	60.0	51.5	220.0	31.2	189.7	4000

ALAMOS Y PERALTA Ingenieros Consultores Ltda.

CARACTERISTICAS HIDRAULICAS DEL EMBALSE SUBTERRANEO

COORDENADA	N°	PREDIO	CAUD.ESP. (l/s/m)	CAUDAL BOMBEO (l/s)	HABILIT. HASTA (m)	ESP.TOTAL ACUIFERO (m)	ESP.SAT POZO (m)	ESP.SAT ACUIFERO (m)	TRANSMISIVIDAD ADOPTADA (m3/dia/m)
ZONA BODEGA - CHAMONATE									
2711-7020	D-1	Parcelas 1 y 2 Chamonate	3.3	47.0	62.0	710.0	47.3	695.3	5000
	D-2	Parcela 4 Chamonate	7.5	71.0		740.0		731.5	11250
	D-3	Pichincha	17.3	110.0	74.5	100.0	58.9	84.4	10.500
	D-4	Hacienda Bodega			29.2	310.0	6.7	298.5	
	D-5	Pichincha				80.0		80.0	
	D-6	Parcela 15 Bodega	12.9	55.0	59.0	220.0	29.6	190.6	12500
	D-7	Chamonate	1.5	20.0	49.0	320.0	27.6	299.6	1300
	D-8	Parcela 22 Aeropuerto			27.0	320.0	10.3	303.3	
	D-9	Parcela 22 Toledo	5.5	55.0	50.0	300.0	25.5	275.5	8300
	D-10	Res.Cora N°6 Toledo				100.0		100.0	
	D-11	Res.Cora N°6 Toledo				120.0		120.0	
	D-12	Parcela 6 Pichincha							
	D-13	Parcela 14 Bodega		80.0	60.0	220.0	27.0	187.0	
	D-14	Pichincha				270.0		270.0	
	D-15	Pichincha				280.0		280.0	
	D-16	Carpa 4 Pichincha				300.0		300.0	
	D-17	Camino a Cerro Tren				340.0		340.0	
	D-18	Res.Cora N°6 Bodega	25.4	100.0	65.0	150.0	49.4	134.4	20000
	D-19	Res.Cora N°6 Bodega	18.9	130.0	58.0	190.0	42.5	174.5	19000
	D-20	Res.Cora N°6 Bodega	21.6	130.0	65.0	190.0	50.3	175.3	19500
	D-21	Parcela 11 Bodega	21.5	100.0	58.0	320.0	33.2	295.2	20000

CARACTERISTICAS HIDRAULICAS DEL EMBALSE SUBTERRANEO

COORDENADA	N°	PREDIO	CAUD.ESP. (l/s/m)	CAUDAL BOMBEO (l/s)	HABILIT. HASTA (m)	ESP.TOTAL ACUIFERO (m)	ESP.SAT POZO (m)	ESP.SAT ACUIFERO (m)	TRANSMISIVIDAD ADOPTADA (m3/dia/m)
ZONA CHAMONATE-PIEDRA COLGADA									
7710-7020	C-1	Hacienda San Francisco		140.0	78.0	370.0	74.7	366.3	
	C-2	Parcela 9 Chamonate				300.0		300.0	
	C-3	Parcela 5 Chamonate	31.3	83.0	50.5	580.0	40.4	569.9	15.700
	C-4	Hacienda Toledo		93.0	44.9	440.0	34.1	425.2	
	C-5	Callejon Toledo		87.0	45.0	450.0	35.8	440.8	
	C-6	Parcela 8 Chamonate	5.9	70.0	40.8	240.0	33.8	232.0	5.000
	C-7	Fundo Santa Luisa 2		64.0	46.5	210.0	42.7	205.8	
	C-8	Hacienda Toledo			20.0	480.0	10.5	470.5	
	C-9	Hacienda Toledo		120.0	48.0	360.0	37.5	349.5	
	C-10	Camino a Cerro Iman			22.0	300.0	11.1	289.1	
	C-11	Camino a Cerro Iman	2.6	50.0	56.0	300.0	40.5	284.5	[illegible]
	C-12	Hacienda Toledo		60.0	44.8	470.0	32.4	457.6	
	C-13	Hacienda Toledo	5.7	100.0	48.0	520.0	29.0	501.0	11000
	C-14	Parcela 38 Toledo	20.9	100.0	65.2	410.0	54.7	399.5	20000
	C-15	Fundo Santa Luisa 1	6.5	95.0	50.0	180.0	44.5	174.5	6200
	C-16	Vegas Piedra Colgada		26.7		170.0		166.0	
	C-17	Fundo San Juan				200.0		200.0	
	C-18	Chamonate (Pz 14)			7.6	320.0	2.4	314.8	
	C-19	Piedra Colgada (Pz 13)			7.8	300.0	5.1	297.9	
	C-20	Fundo El Carmen (Pz 12)			6.1	190.0	2.7	196.1	
	C-21	Fundo El Carmen P.Colg.	3.4	80.0	46.0	190.0	43.9	185.9	3000
	C-22	Fundo El Carmen P.Colg.	7.2	100.0	48.5	190.0	47.7	189.2	5800

ALAMOS Y PERALTA Ingenieros Consultores Ltda.

CARACTERISTICAS HIDRAULICAS DEL EMBALSE SUBTERRANEO

COORDENADA	N°	PREDIO	CAUD.ESP. (l/s/m)	CAUDAL BOMBEO (l/s)	HABILIT. HASTA (m)	ESP.TOTAL ACUIFERO (m)	ESP.SAT POZO (m)	ESP.SAT ACUIFERO (m)	TRANSMISIVIDAD ADOPTADA (m3 dia/m)
		SECTOR PIEDRA COLGADA - ANGOSTURA							
ZONA PIEDRA COLGADA - SAN PEDRO									
2710-7000	D-1	Fundo San Pedro	7.7			310.0		310.0	7000
	D-2	Fundo San Pedro	6.4			170.0		170.0	1900
	D-3	Fundo Los Angeles	7.0	70.0	52.0	360.0	48.0	356.0	6.300
	D-4	Fundo San Juan	13.3	72.0	42.8		37.5		14000
	D-5	Fundo Marquesado	8.3	75.0	47.0	240.0	42.2	235.2	3800
	D-6	Fundo Dos Hermanas	6.5	118.0	43.5	220.0	39.5	216.0	6000
	D-7	San Pedro			12.0	310.0	6.2	304.2	
	D-8	Fundo San Juan			11.5	260.0	8.2	256.7	
	D-9	Fdo.Los Angeles(Matadero)							
	D-10	Fundo Los Olivos				250.0		250.0	
	D-11	La Puntilla				180.0		180.0	
	D-12	San Pedro		50.[illegible]	50.0		44.0		
	D-13	Reserva San Pedro				150.0		150.0	
	D-14	Parcela San Pedro							
	D-15	Reserva San Pedro				140.0		140.0	
	D-16	Hacienda Perales				160.0		160.0	
	D-17	San Pedro (Pz 11)			6.5	180.0	3.8	177.3	

CARACTERISTICAS HIDRAULICAS DEL EMBALSE SUBTERRANEO

COORDENADA	N°	PREDIO	CAUD.ESP. (l/s/m)	CAUDAL BOMBEO (l/s)	HABILIT. HASTA (m)	ESP.TOTAL ACUIFERO (m)	ESP.SAT POZO (m)	ESP.SAT ACUIFERO (m)	TRANSMISIVIDAD ADOPTADA (m3/dia/m)
ZONA HACIENDA MARGARITA - HACIENDA MARIA ISABEL									
2720-7020	B-1	Hacienda Perales	5.7			250.0		250.0	1700
	B-2	Hacienda Perales				200.0		200.0	
	B-3	Hacienda Perales				160.0		160.0	
						250.0		250.0	
2720-7030	A-1	Hacienda Margarita			12.8	240.0	8.8	234.0	
	A-2	Hacienda Margarita	1.2			160.0		160.0	700
	A-3	Fdo. Valle Fertil	1.4			510.0		510.0	1000
	A-4	Hacienda Margarita				170.0		170.0	
	A-5	Hda. Perales (Pz-10)			5.0	160.0	3.0	155.0	
	A-6	Margarita (Pz-9)			5.0	160.0	1.5	155.5	
	A-7	Valle Fertil (Pz-7)			7.3	490.0	1.7	484.4	
	A-8	San Camilo (Pz-8)			11.9	440.0	5.6	433.7	
2720-7040	A-1	Hda. Maria Isabel	0.05			250.0		250.0	100
	A-2	Hda. Maria Isabel				170.0		170.0	
	A-3	Hda. Maria Isabel (Pz-3)			9.2	285.0	6.9	293.7	
	A-4	Hda. Maria Isabel (Pz-4)			12.5	310.0	10.2	307.7	
	A-5	Hda. Maria Isabel (Pz-1)			7.0	230.0	5.8	229.8	
2720-7040	B-1	Monte Amargo				270.0		270.0	
	B-2	Totoralillo				280.0		280.0	
	B-3	Totoralillo	2.5			290.0		290.0	1000.0
	B-4	Totoralillo				280.0		280.0	
	B-5	San Camilo (Pz-6)			10.9	480.0	4.2	477.3	
	B-6	Punta Picazo (Pz-5)			14.4	250.0	4.1	239.6	
	B-7	Monte Amargo (Pz-2)		af	11.4	220.0	2.1	210.8	